

Международный консорциум «Электронный университет»

*Московский государственный университет экономики,
статистики и информатики*

Евразийский открытый институт

**А.П. Пятибратов, Л.П. Гудыно,
А.А. Кириченко**

**Вычислительные машины,
сети и телекоммуникационные
системы**

*Учебно-методический комплекс
под редакцией профессора Пятибратова А.П.*

Москва, 2009

УДК 004
ББК 32.973.202
П 994

Авторы:

Пятибратов Александр Петрович, доктор технических наук, профессор
Гудыно Лев Петрович, кандидат технических наук, доцент
Кириченко Александр Аполлонович, кандидат технических наук, профессор.

П 994 **Пятибратов А.П., Гудыно Л.П., Кириченко А.А.**
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ, СЕТИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ: Учебно-методический комплекс. – М.: Изд. центр ЕАОИ. 2009. – 292 с.

ISBN 978-5-374-00108-2

Излагаются принципы построения, архитектура, функциональная и структурная организация, основные устройства и звенья вычислительных машин, сетей и телекоммуникационных систем. Рассматриваются их программное обеспечение, функционирование и перспективы развития.

Пособие предназначено для студентов и слушателей всех форм обучения с использованием дистанционных образовательных технологий, а также для преподавателей высших и средних специальных учебных заведений.

Основная цель настоящего учебно-практического пособия – познакомить студентов и специалистов, профессиональная деятельность которых связана с применением ЭВМ и компьютерных сетей, с широким кругом вопросов, касающихся принципов построения и организации функционирования компьютеров, вычислительных сетей и телекоммуникационных систем, технологии передачи и обработки информации.

УДК 004
ББК 32.973.202

ISBN 978-5-374-00108-2

© Пятибратов Александр Петрович, 2008
© Гудыно Лев Петрович, 2008
© Кириченко Александр Аполлонович, 2008
© Оформление. Евразийский открытый институт, 2008

Содержание

Введение	4
Тема 1. Принципы построения компьютера	8
1.1. История и тенденции развития вычислительной техники.....	8
1.2. Основные характеристики и классификация компьютеров.....	14
1.3. Принципы построения компьютера	20
1.4. Структурные схемы и взаимодействие устройств компьютера	22
1.5. Кодирование информации	29
1.6. Вычислительные системы	36
1.6.1. Классификация вычислительных систем	36
1.6.2. Архитектура вычислительных систем.....	40
1.6.3. Типовые структуры вычислительных систем	42
1.6.4. Кластеры.....	47
1.7. Перспективы развития компьютеров.....	50
1.7.1. Альтернативные пути развития элементной базы	52
Тест	54
Тренировочные задания к разделу 1.....	55
Тема 2. Функциональная и структурная организация ЭВМ	56
2.1. Организационное функционирование ЭВМ с магистральной архитектурой	56
2.2. Организационные работы ЭВМ при выполнении задания пользователя.....	58
2.3. Центральное устройство ЭВМ	60
2.3.1. Состав, устройство и принцип действия основной памяти	60
2.3.2. Центральный процессор ЭВМ.....	64
2.3.3. Система визуального отображения информации (видеосистемы).....	71
2.4. Периферийные устройства ЭВМ	78
2.4.1. Клавиатура.....	78
2.4.2. Принтеры	80
2.4.3. Мультимедийные устройства ввода-вывода	82
2.5. Внешние запоминающие устройства (ВЗУ).....	89
2.5.1. Внешние запоминающие устройства (ЗУ) на гибких магнитных дисках.....	89
2.5.2. Накопитель на жестком магнитном диске	93
2.5.3. Стриммер	95
2.5.4. Оптические запоминающие устройства	96
2.6. Система прерываний ЭВМ.....	99
2.7. Инструментальные средства контроля и диагностики ЭВМ.....	102
Тест.....	103
Тренировочные задания к разделу 2.....	103
Тема 3. Программное обеспечение	104
3.1. Структура программного обеспечения компьютера.....	104
3.2. Операционные системы	107
3.3. Системы автоматизации программирования	113
3.4. Пакеты программ	116
3.5. Режимы работы ЭВМ.....	119
Тест.....	125
Тренировочные задания к разделу 3.....	127

Тема 4. Характеристика компьютерных сетей	128
4.1. Основные сведения о компьютерных сетях (КС)	128
4.2. Эталонная модель взаимодействия открытых систем	141
4.3. Управление доступом к передающей среде	141
4.4. Информационная безопасность в компьютерных сетях.....	150
4.5. Типы сетевой связи и тенденции их развития.....	155
4.6. Линии связи и их характеристики.....	157
4.7. Передача дискретных данных на канальном уровне	163
4.8. Передача дискретных данных на неканальном уровне.....	170
4.9. Обеспечение достоверности передачи информации	172
4.10. Маршрутизация пакетов в сетях	176
4.11. Способы коммутации в ТКС	179
4.12. Сети и технологии X.25 и Frame Relay.....	184
4.13. Сети и технологии ISDN и SDH	189
4.14. Сети и технологии АТМ.....	192
4.15. Спутниковые сети связи.....	195
Тест.....	197
Тренировочные задания к разделу 4.....	199
Тема 5. Компьютерные сети и сетевые технологии	200
5.1. Характеристика и особенности ЛКС	200
5.2. Протоколы и технологии локальных сетей.....	204
5.3. Сетевое коммуникационное оборудование локальных сетей.....	212
5.4. Программное обеспечение и функционирование ЛКС.....	218
5.5. Принципы построения, функции и типы ГКС.....	225
5.6. Сеть Internet. Семейство протоколов TCP/IP.....	231
5.7. Адресация в TP-сетях	237
5.8. Прикладные сервисы сети Internet.....	241
5.9. Клиентское программное обеспечение сети Internet.....	249
5.10. Функции, характеристики и типовая структура корпоративных компьютерных сетей (ККС).....	252
5.11. Программное обеспечение ККС	259
5.12. Сетевое оборудование ККС.....	263
5.13. Развитие компьютерных сетей и телекоммуникаций	267
5.13.1 Пути развития компьютерных сетей.....	267
5.13.2. Перспективы развития телекоммуникаций в России	270
Тест.....	275
Тренировочные задания к разделу 5.....	276
Заключение	277
Решения тренировочных заданий	279
Вопросы для повторения.....	283
Вопросы к экзамену	284
Толковый словарь	286
Список рекомендуемой литературы	290

Введение

Электронные вычислительные машины (ЭВМ), или компьютеры (от англ. compute – вычислять, подсчитывать), – одно из самых удивительных творений человека.

Простейшие устройства для облегчения счета появились в глубокой древности, несколько тысячелетий назад. По мере развития человеческой цивилизации они медленно эволюционировали, непрерывно совершенствуясь. Однако только в 40-е годы XX столетия было положено начало созданию вычислительных машин современной архитектуры и с современной логикой – современных электронных вычислительных машин. За исторически очень короткий срок компьютеры – благодаря огромным успехам электроники – проделали такой путь в своем техническом совершенствовании, масштабах применения и влияния на человеческое общество, с каким не сравнится никакое другое изобретение человечества, включая атомную энергию и космическую технику. Да и последние не могли бы получить столь мощного развития без использования достижений вычислительной техники.

Кратко характеризуя темпы развития вычислительной техники, можно сослаться на образное сравнение в журнале «Сайнтифик Америкэн» (декабрь 1982 г.): «Если бы авиапромышленность в последние 25 лет развивалась столь же стремительно, как и промышленность средств вычислительной техники, то сейчас самолет «Боинг-767» стоил бы 500 долларов, совершал бы облет земного шара за 20 минут, затрачивая при этом 5 галлонов (примерно 20 литров) топлива». Приведенные цифры весьма ярко отражают относительное снижение стоимости, рост быстродействия и повышение экономичности ЭВМ.

Компьютер в первую очередь является машиной – не существующим в природе, а созданным человеком объектом, предназначенным для умножения природных возможностей человека. В отличие от инструментов, приспособлений и механизмов компьютер, как и любая машина, не использует для своего функционирования физическую силу (энергию) человека. При работе с любой машиной человек выполняет только функцию управления.

Компьютер является особенной – вычислительной, информационной машиной, усиливающей не физические возможности человека, а его способность к вычислениям, накоплению и обработке информации, выполняющей разного рода вычисления или облегчающей этот процесс.

Основные функциональные элементы компьютера построены с помощью электронных приборов, с использованием современной наиболее развитой технологии обработки сигналов, на базе применения достижений электроники. Возможно построение вычислительных машин на другой материальной базе: история знает механические, наши современники – оптические, а футурологи предсказывают появление биологических вычислительных машин.

По способу представления информации вычислительные машины разделяют на три группы:

- аналоговые вычислительные машины (АВМ), в которых информация представлена в виде непрерывно изменяющихся переменных, выраженных какими-либо физическими величинами;
- цифровые вычислительные машины (ЦВМ), в которых информация представлена в виде дискретных значений переменных (чисел), выраженных комбинацией дискретных значений какой-либо физической величины (цифр);
- гибридные вычислительные машины, в которых используются оба способа представления информации.

Каждый из этих способов имеет свои преимущества и недостатки. Основным достоинством ЦВМ, определившим их широкое распространение и преобладание среди всех ЭВМ, является то, что точность получаемых с их помощью результатов вычислений не

зависит от точности, с которой они сами (т.е. ЦВМ) изготовлены, в отличие от АВМ. Этим объясняется и тот факт, что первое известное аналоговое вычислительное устройство – логарифмическая линейка – появилось лишь в XVII в., тогда как самыми древними цифровыми средствами для облегчения вычислений были человеческая рука и подручные предметы – камешки, палочки, косточки и т.п.: «Цифровое» приспособление для счета – абак – был известен уже древним египтянам.

Понятие «вычислительная система» (ВС) появилось позже понятия «вычислительная машина» и является более общим, т. к. в структуре ВС есть нескольких равноправных и взаимодействующих обрабатывающих устройств. Таким образом, классическая вычислительная машина представляет собой всего лишь один из возможных видов ВС – однопроцессорную ВС.



Определение

ВС – это комплекс технических средств, имеющих общее управление, предназначенный для преобразования информации и обеспечивающий автоматическую обработку данных по заданной программе.

Важную роль в развитии вычислительной техники, средств обработки информации и управляющих устройств, являющихся основой автоматизации в различных сферах человеческой деятельности, сыграло появление микропроцессоров. Неослабевающий интерес к микропроцессорам объясняется такими их свойствами, как низкая стоимость, высокая надежность, компактность и значительные вычислительные и функциональные возможности, позволяющие применять их даже там, где использование средств цифровой обработки информации ранее считалось нецелесообразным.

В любой стране достижение высоких экономических и социальных результатов в значительной степени зависит от масштабов и темпов информатизации общества, использования информационных технологий во всех сферах человеческой деятельности.



Определение

Информатизацию можно рассматривать как процесс преобразования производственно-хозяйственных, научных и социально-бытовых структур путем производства информации, необходимой для выработки и реализации решений, направленных на достижение качественно новых результатов деятельности человека, на базе внедрения и использования средств вычислительной техники, связи и информационных технологий.

Несмотря на различие процессов информатизации в различных областях человеческой деятельности, ее объединяют три составляющие: единство основных средств производства (средства вычислительной техники и информации), единство сырья (данные, подлежащие анализу и обработке), единство выпускаемой продукции (информация, используемая для управления и совершенствования деятельности человека).



ВАЖНО

Инфраструктура информатизации включает системы коммуникаций, вычислительных машин и сетей, программное обеспечение этих систем; информационные средства; систему подготовки кадров для эксплуатации аппаратного, программного и информационного обеспечения; экономические и правовые механизмы, обеспечивающие эффективное развитие процесса информатизации.

Ключевая роль в современной инфраструктуре информатизации принадлежит системам телекоммуникаций и компьютерным сетям, в которых сосредоточены новей-

шие средства вычислительной техники, информатики, связи, а также самые прогрессивные информационные технологии. Именно они обеспечивают пользователям широкий набор информационно-вычислительных услуг с доступом к локальным и удаленным машинным ресурсам, технологиям и базам данных.

По мере развития сетей с начала 70-х годов расширяется перечень предоставляемых ими услуг и повышается их уровень.

ТЕМА 1.

Принципы построения компьютера

1.1. История и тенденции развития вычислительной техники

Первые электронные вычислительные машины (ЭВМ) появились немногим более 50 лет назад. За это время микроэлектроника, вычислительная техника и вся индустрия информатики стали одними из основных составляющих мирового научно-технического прогресса. Влияние вычислительной техники на все сферы деятельности человека продолжает расширяться. В настоящее время ЭВМ используются не только для выполнения сложных расчетов, но и в управлении производственными процессами, в образовании, здравоохранении, экологии и т.д. Это объясняется тем, что ЭВМ способны обрабатывать любые виды информации: числовую, текстовую, табличную, графическую, звуковую, видеоинформацию.

Первая электронная вычислительная машина ENIAC была построена в 1946 г. в рамках одного научно-исследовательского проекта, финансируемого министерством обороны США. Годом ранее Дж. фон Нейман издал статью, в которой были изложены основные принципы построения компьютеров. В основу проекта был положен макет вычислителя, разработанный американцем болгарского происхождения Дж. Атанасовым, занимавшимся крупномасштабными вычислениями. В осуществлении проекта принимали активное участие такие крупные ученые, как К. Шеннон, Н. Виннер, Дж. фон Нейман и др. С этого момента началась эра вычислительной техники. С отставанием в 10-15 лет стала развиваться и отечественная вычислительная техника.

Математические основы автоматических вычислений к этому времени были уже разработаны (Г. Лейбниц, Дж. Буль, А.Тьюринг и др.), но появление компьютеров стало возможным только благодаря развитию электронной техники. Многократные попытки создания разного рода автоматических вычислительных устройств (от простейших счет до механических и электромеханических вычислителей) не позволяли построить надежные и экономически эффективные машины.

Появление электронных схем сделало возможным построение электронных вычислительных машин.



Определение

Электронная вычислительная машина, или компьютер – это комплекс аппаратных и программных средств, предназначенный для автоматизации подготовки и решения задач пользователей (рис. 1).

Рис. 1. Состав ЭВМ (компьютера)



Под *пользователем* понимают человека, в интересах которого проводится обработка данных. В качестве пользователя могут выступать заказчики вычислительных работ, программисты, операторы. Как правило, время подготовки задач во много раз превышает время их решения.

Компьютеры являются универсальными техническими средствами автоматизации вычислительных работ, то есть они способны решать любые задачи, связанные с преобразованием информации. Однако подготовка задач к решению на ЭВМ была и остается до настоящего времени достаточно трудоемким процессом, требующим от пользователей во многих случаях специальных знаний и навыков.

Для снижения трудоемкости подготовки задач к решению, более эффективного использования отдельных технических, программных средств и ЭВМ в целом, а также облегчения их эксплуатации каждая ЭВМ имеет специальный комплекс программных средств. Обычно аппаратные и программные средства взаимосвязаны и объединяются в одну структуру.

Структура представляет собой совокупность элементов и их связей. В зависимости от контекста различают структуры технических, программных, аппаратно-программных и информационных средств.



Определение

Часть программных средств обеспечивает взаимодействие пользователей с ЭВМ и является своеобразным «посредником» между ними. Она получила название **операционная система** и является ядром программного обеспечения ЭВМ.

Под **программным обеспечением** будем понимать *комплекс программных средств регулярного применения*, предназначенный для создания необходимого сервиса для работы пользователей.

Программное обеспечение (ПО) отдельных ЭВМ и вычислительных систем (ВС) может сильно различаться составом используемых программ, который определяется классом используемой вычислительной техники, режимами ее применения, содержанием вычислительных работ пользователей и т.п. Развитие ПО современных ЭВМ и ВС в значительной степени носит эволюционный и эмпирический характер, но можно выделить закономерности в его построении.

Рассмотрим основные вехи и тенденции развития компьютеров, их аппаратных и программных средств (табл. 1).

Таблица 1

Автоматизация подготовки и решения задач на ЭВМ

Поко- ления ЭВМ	Этапы подготовки и решения задач					
	Постановка задачи	Выбор алгоритма	Программи- рование на Вх языке	Организац. вычислит. процесса	Получение машин. программы	Решение за- дачи
I	П О	Л Ь З	О В А	Т Е	Л Ь	Аппаратура
II	П О Л	Ь З О	В А Т	Е Л Ь	Прог. средства	Аппаратура
III	П О Л Ь	З О В А Т	Е Л Ь		Програм. обеспечен.	Аппаратура
IV	П О Л Ь	З О В А Т	Е Л Ь	Програ мное обеспечен	амное ие	Аппаратура
V	ПОЛ Ь З О	ВАТЕ Л Ь	Про обеспе	граммное чение		Аппаратура
VI						

В общем случае процесс подготовки и решения задач на ЭВМ предусматривает обязательное выполнение следующей последовательности этапов:

- 1) формулировка проблемы и математическая постановка задачи;
- 2) выбор метода и разработка алгоритма решения;
- 3) программирование (запись алгоритма) с использованием некоторого алгоритмического языка;
- 4) планирование и организация вычислительного процесса – порядка и последовательности использования ресурсов ЭВМ и ВС;
- 5) формирование «машинной программы», то есть программы, которую непосредственно будет выполнять ЭВМ;
- 6) собственно решение задачи – выполнение вычислений по готовой программе.

По мере развития вычислительной техники автоматизация этих этапов идет снизу вверх.

На пути развития электронной вычислительной техники можно выделить четыре поколения ЭВМ, отличающихся элементной базой, функционально-логической организацией, конструктивно-технологическим исполнением, программным обеспечением, техническими и эксплуатационными характеристиками, степенью доступа к ЭВМ со стороны пользователей. Смене поколений сопутствовало изменение основных технико-эксплуатационных и технико-экономических показателей ЭВМ и в первую очередь таких, как быстродействие, емкость памяти, надежность и стоимость. При этом одной из основных тенденций развития было и остается стремление уменьшить трудоемкость подготовки программ решаемых задач, облегчить связь операторов с машинами, повысить эффективность использования последних. Это диктовалось и диктуется постоянным ростом сложности и трудоемкости задач, решение которых возлагается на ЭВМ в различных сферах применения.

Возможности улучшения технико-эксплуатационных показателей ЭВМ в значительной степени зависят от элементов, используемых для построения их электронных схем. Поэтому при рассмотрении этапов развития ЭВМ каждое поколение в первую очередь, как правило, характеризуется используемой элементной базой.

Основным активным элементом компьютеров **первого поколения** являлась электронная лампа, остальные компоненты электронной аппаратуры – это обычные резисторы, конденсаторы, трансформаторы. Для построения оперативной памяти уже с середи-

ны 50-х годов начали применяться специально разработанные для этой цели элементы – ферритовые сердечники с прямоугольной петлей гистерезиса. В качестве устройства ввода-вывода сначала использовалась стандартная телеграфная аппаратура (телетайпы, ленточные перфораторы, трансмиттеры, аппаратура счетно-перфорационных машин), а затем специально были разработаны электромеханические запоминающие устройства на магнитных лентах, барабанах, дисках и быстродействующие печатающие устройства.

Компьютеры этого поколения имели значительные размеры, потребляли большую мощность. Быстродействие этих машин составляло от нескольких сотен до нескольких тысяч операций в секунду, емкость памяти – несколько тысяч машинных слов, надежность исчислялась несколькими часами работы.

В этих ЭВМ автоматизации подлежал только шестой этап, так как практически отсутствовало какое-либо программное обеспечение. Все пять предыдущих этапов пользователь должен был готовить вручную самостоятельно, вплоть до получения машинных кодов программ. Трудоемкий и рутинный характер этих работ был источником большого количества ошибок в заданиях. Поэтому в ЭВМ следующих поколений появились сначала элементы, а затем целые системы, облегчающие процесс подготовки задач к решению.



На смену ламп пришли транзисторы в машинах **второго поколения** (начало 60-х годов). Компьютеры стали обладать большими быстродействием, емкостью оперативной памяти, надежностью. Все основные характеристики возросли на 1-2 порядка. Существенно были уменьшены размеры, масса и потребляемая мощность. Большим достижением явилось применение печатного монтажа. Повысилась надежность электромеханических устройств ввода-вывода, удельный вес которых увеличился. Машины второго поколения стали обладать большими вычислительными и логическими возможностями.

Особенность машин второго поколения – их дифференциация по применению. Появились компьютеры для решения научно-технических и экономических задач, для управления производственными процессами и различными объектами (управляющие машины).

Наряду с техническим совершенствованием ЭВМ развиваются методы и приемы программирования вычислений, высшей ступенью которых является появление систем автоматизации программирования, значительно облегчающих труд математиков-программистов. Большое развитие и применение получили алгоритмические языки, существенно упрощающие процесс подготовки задач к решению. С появлением алгоритмических языков резко сократились штаты программистов, поскольку составление программ на этих языках стало под силу самим пользователям.

Широкое применение алгоритмических языков (Автокоды, Алгол, Фортран и др.) и соответствующих им трансляторов, позволяющих автоматически формировать машинные программы по их описанию на алгоритмическом языке, привело к созданию библиотек стандартных программ, что позволило строить машинные программы блоками, используя накопленный и приобретенный программистами опыт. Новые программные средства здесь еще не объединялись в отдельные пакеты под общим управлением. Отметим, что временные границы появления всех этих нововведений достаточно размыты. Обычно их истоки можно обнаружить уже в недрах ЭВМ предыдущих поколений.

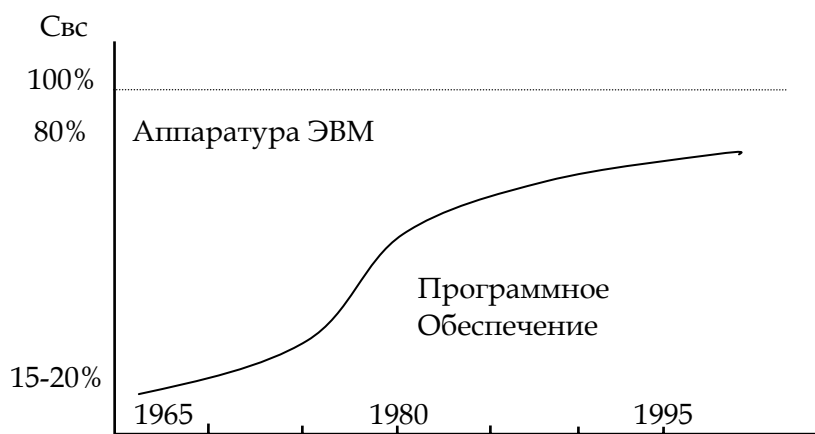
Третье поколение ЭВМ (в конце 60-х – начале 70-х годов) характеризуется широким применением интегральных схем. Интегральная схема представляет собой законченный логический и функциональный блок, соответствующий достаточно сложной транзисторной схеме. Благодаря использованию интегральных схем удалось еще более

улучшить технические и эксплуатационные характеристики машин. Вычислительная техника стала иметь широкую номенклатуру устройств, позволяющих строить разнообразные системы обработки данных, ориентированные на различные применения. Они охватывали широкий диапазон по производительности, чему способствовало также повсеместное применение многослойного печатного монтажа.

В компьютерах третьего поколения значительно расширился набор различных электромеханических устройств ввода и вывода информации. Развитие этих устройств носит эволюционный характер: их характеристики улучшаются гораздо медленнее, чем характеристики электронного оборудования.

Отличительной особенностью развития программных средств этого поколения является появление ярко выраженного программного обеспечения и развитие его ядра – операционных систем, отвечающих за организацию и управление вычислительным процессом. Именно здесь понятие «ЭВМ» все чаще стало заменяться понятием «вычислительная система», что в большей степени отражало усложнение как аппаратной, так и программной частей ЭВМ. Стоимость программного обеспечения стала расти, и в настоящее время намного опережает стоимость аппаратуры (рис. 2).

Рис. 2. Динамика изменения стоимости аппаратных и программных средств



Операционная система (ОС) планирует последовательность распределения и использования ресурсов вычислительной системы, а также обеспечивает их согласованную работу. Под ресурсами обычно понимают те средства, которые используются для вычислений: машинное время отдельных процессоров или ЭВМ, входящих в систему; объемы оперативной и внешней памяти; отдельные устройства, информационные массивы; библиотеки программ; отдельные программы как общего, так и специального применения и т.п. Интересно, что наиболее употребительные функции ОС в части обработки внештатных ситуаций (защита программ от взаимных помех, системы прерываний и приоритетов, служба времени, сопряжение с каналами связи и т.д.) были полностью или частично реализованы аппаратно. Одновременно были реализованы более сложные режимы работы: коллективный доступ к ресурсам, мультипрограммные режимы. Часть этих решений стала своеобразным стандартом и начала использоваться повсеместно в ЭВМ различных классов.

В машинах третьего поколения существенно расширены возможности по обеспечению непосредственного доступа к ним со стороны абонентов, находящихся на различных, а том числе и значительных (десятки и сотни километров) расстояниях. Удобство

общения абонента с машиной достигается за счет развитой сети абонентских пунктов, связанных с ЭВМ информационными каналами связи, и соответствующего программного обеспечения.

Например, в режиме разделения времени многим абонентам предоставляется возможность одновременного, непосредственного и оперативного доступа к ЭВМ. Вследствие большого различия инерционности человека и машины у каждого из одновременно работающих абонентов складывается впечатление, будто ему одному предоставлено машинное время.

Здесь еще в большей степени проявляется тенденция к унификации ЭВМ, созданию машин, представляющих собой единую систему. Ярким примером этой тенденции служит отечественная программа создания и развития Единой системы электронных вычислительных машин (ЕС ЭВМ).

ЕС ЭВМ представляла собой семейство (ряд) программно-совместимых машин, построенных на единой элементной базе, на единой конструктивно-технологической основе, с единой структурой, единой системой программного обеспечения и единым унифицированным набором внешних устройств.

Промышленный выпуск первых моделей ЕС ЭВМ был начат в 1972 г., при их создании были использованы все современные достижения в области электронной вычислительной техники, технологии и конструирования ЭВМ, в области построения систем программного обеспечения. Объединение знаний и производственных мощностей стран-разработчиков позволило в довольно сжатые сроки решить сложную комплексную научно-техническую проблему. ЕС ЭВМ представляла собой непрерывно развивающуюся систему, в которой улучшались технико-эксплуатационные показатели машин, совершенствовалось периферийное оборудование и расширялась его номенклатура.

Для машин **четвертого поколения** (80-е годы) характерно применение больших интегральных схем (БИС). Высокая степень интеграции способствовала увеличению плотности компоновки электронной аппаратуры, усложнению ее функций, повышению надежности и быстродействия, снижению стоимости. Это в свою очередь оказало существенное воздействие на логическую структуру ЭВМ и ее программное обеспечение. Более тесной стала связь структуры машины и ее программного обеспечения, особенно операционной системы.

В четвертом поколении с появлением в США микропроцессоров (1971 г.) возник новый класс вычислительных машин – микроЭВМ, на смену которым пришли персональные компьютеры (ПК, начало 80-х годов). В этом классе ЭВМ наряду с БИС стали использоваться сверхбольшие интегральные схемы (СБИС) 32-, а затем 64-разрядности.

Появление ПК – наиболее яркое событие в области вычислительной техники, до последнего времени самый динамично развивающийся сектор отрасли. С их внедрением решение задач информатизации общества было поставлено на реальную основу.

Основная цель использования ПК – формализация профессиональных знаний. Здесь, в первую очередь, автоматизируется рутинная часть работ (сбор, накопление, хранение и обработка данных), которая занимает более 75% рабочего времени специалистов-прикладников. Применение ПК позволило сделать труд специалистов творческим, интересным, эффективным. В настоящее время ПК используются повсеместно, во всех сферах деятельности людей. Новые сферы применения изменили и характер вычислительных работ. Так, инженерно-технические расчеты составляют не более 9-15%, в большей степени ПК теперь используются для автоматизации управления сбытом, закупками, управления запасами, производством, для выполнения финансово-экономических расчетов, делопроизводства, игровых задач и т.п.

Применение ПК позволило использовать новые информационные технологии и создавать системы распределенной обработки данных. Высшей стадией систем распределенной обработки данных являются компьютерные (вычислительные) сети различных уровней – от локальных до глобальных.

В компьютерах этого поколения продолжается усложнение технических и программных структур (иерархия управления средствами, увеличение их количества). Следует указать на заметное повышение уровня «интеллектуальности» систем, создаваемых на их основе. Программное обеспечение этих машин создает «дружественную» среду общения человека и компьютера. Оно, с одной стороны, управляет процессом обработки информации, а с другой, создает необходимый сервис для пользователя, снижая трудоемкость его рутинной работы и предоставляя ему возможность больше внимания уделять творчеству.

Подобные тенденции будут сохраняться и в ЭВМ следующих поколений. Так, по мнению исследователей [50], машины следующего столетия будут иметь встроенный в них «искусственный интеллект», что позволит пользователям обращаться к машинам (системам) на естественном языке, вводить и обрабатывать тексты, документы, иллюстрации, создавать системы обработки знаний и т.д. Все это приводит к необходимости усложнения аппаратной части компьютеров, появлению вычислительных систем на их основе, а также к разработке сложного многоэшелонного иерархического программного обеспечения систем обработки данных.

1.2. Основные характеристики и классификация компьютеров

Эффективное применение вычислительной техники предполагает, что каждый вид вычислений требует использования компьютера с определенными характеристиками.

Выбирая компьютер для решения своих задач, пользователь интересуется функциональными возможностями технических и программных модулей (как быстро может быть решена задача, насколько ЭВМ подходит для решения данного круга задач, какой сервис программ имеется в ЭВМ, возможности диалогового режима, стоимость подготовки и решения задач и т.д.). При этом пользователь интересуется не конкретной технической и программной реализацией отдельных модулей, а общими вопросами организации вычислений. Последнее включается в понятие архитектуры ЭВМ, содержание которого достаточно обширно.



Определение

Архитектура компьютера – это многоуровневая иерархия аппаратурно-программных средств, из которых строится ЭВМ.

Каждый из уровней допускает многовариантное построение и применение. Современный компьютер относится к классу открытых систем. Конкретная реализация каждого из уровней таких систем определяет особенности структурного построения, что может менять характеристики в широких пределах. Именно архитектура отражает основные принципы, положенные в основу построения компьютеров. (В последующих разделах пособия эти вопросы подробно рассматриваются.)

Детализацией архитектурного и структурного построения ЭВМ занимаются различные категории специалистов вычислительной техники. Инженеры-схемотехники

проектируют отдельные технические устройства и разрабатывают методы их сопряжения друг с другом. Системные программисты создают программы управления техническими средствами, информационного взаимодействия между уровнями, организации вычислительного процесса. Программисты-прикладники разрабатывают пакеты программ более высокого уровня, которые обеспечивают взаимодействие пользователей с ЭВМ и необходимый сервис при решении ими своих задач. Указанные специалисты рассматривают понятие архитектуры в более узком смысле. Для них наиболее важные структурные особенности сосредоточены в наборе команд ЭВМ, являющемся границей между аппаратными и программными средствами.

Пользователи ЭВМ, которые обычно не являются профессионалами в области вычислительной техники, рассматривают архитектуру через более сложные аспекты, касающиеся их взаимодействия с ЭВМ (человеко-машинного интерфейса), начиная со следующих групп характеристик ЭВМ, определяющих ее структуру:

- технические и эксплуатационные характеристики ЭВМ (быстродействие и производительность; показатели надежности, достоверности, точности; емкость оперативной и внешней памяти; габаритные размеры; стоимость технических и программных средств; особенности эксплуатации и др.);
- характеристики и состав функциональных модулей базовой конфигурации ЭВМ; возможность расширения состава технических и программных средств; возможность изменения структуры;
- состав программного обеспечения ЭВМ и сервисных услуг (операционная система или среда, пакеты прикладных программ, средства автоматизации программирования).

Важнейшими характеристиками компьютеров служат быстродействие и производительность. Эти характеристики достаточно близки, но их не следует смешивать.



Определение

Быстродействие характеризуется числом определенного типа команд, выполняемых ЭВМ за одну секунду. **Производительность** – это объем работ (например, число стандартных программ), выполняемый ЭВМ в единицу времени.

Определение характеристик быстродействия и производительности представляет собой очень сложную инженерную и научную задачу, до настоящего времени не имеющую единых подходов и методов решения. Очень часто вместо конкретных значений этих характеристик указывают только тактовую частоту микропроцессора, поскольку она непосредственно связана со скоростью вычислений.



Определение

Другой важнейшей характеристикой ЭВМ является **емкость запоминающих устройств**. Емкость памяти измеряется количеством структурных единиц информации, которое может одновременно находиться в памяти. Этот показатель позволяет определить, какой набор программ и данных может быть одновременно размещен в памяти.

Наименьшей структурной единицей информации является **бит** – одна двоичная цифра. Как правило, емкость памяти оценивается в более крупных единицах измерения – **байтах** (байт равен 8 битам). Следующими единицами измерения служат 1Кбайт = 2^{10} байта = 1024 байта; 1Мбайт = 2^{10} Кбайта = 2^{20} байта; 1Гбайт = 2^{10} Мбайта = 2^{30} байта = 2^{30} байта.

Обычно отдельно характеризуют емкости оперативной и внешней памяти. В настоящее время персональные ЭВМ могут иметь емкость оперативной памяти равную 64, 128, 256 Мбайтам и даже больше. Этот показатель очень важен для определения, какие программные пакеты и их приложения могут одновременно обрабатываться в машине.

Емкость внешней памяти зависит от типа носителя. Так, емкость одной дискеты составляет 1,2-2,8 Мбайта, в зависимости от типа дисководов и характеристик дискеты. Емкость жесткого диска и дисков DVD может достигать нескольких десятков Гбайтов, емкость компакт-диска (CD-ROM) – сотни Мбайтов (640 Мб и выше) и т.д. Емкость внешней памяти характеризует объем программного обеспечения и отдельных программных продуктов, которые могут устанавливаться в ЭВМ. Например, для установки операционной среды Windows 2000 требуется объем памяти жесткого диска более 1 Гб и не менее 64 Мб оперативной памяти ЭВМ.



Определение

Надежность – это способность ЭВМ при определенных условиях выполнять требуемые функции в течение заданного периода времени (стандарт ISO – 2382/14-78).

Высокая надежность ЭВМ закладывается в процессе ее производства. Переход на новую элементную базу – сверхбольшие интегральные схемы резко сокращает число используемых интегральных схем, а значит и число их соединений друг с другом. Хорошо продуманы компоновка компьютера и обеспечение требуемых режимов работы (охлаждение, защита от пыли). Модульный принцип построения позволяет легко проверять и контролировать работу всех устройств, проводить диагностику и устранение неисправностей.



Определение

Точность – возможность различать почти равные значения (стандарт ISO 2382/2-76). Точность получения результатов обработки в основном определяется разрядностью ЭВМ, а также используемыми структурными единицами представления информации (байтом, словом, двойным словом).

Во многих применениях ЭВМ не требуется большой точности, например, при обработке текстов и документов, при управлении технологическими процессами. В этом случае достаточно использовать 8-16-разрядные двоичные коды.

При выполнении сложных математических расчетов требуется использовать более высокую разрядность 32, 64 (и даже более). Поэтому все современные ЭВМ, включая ПК, имеют возможность работы с 32- и даже с 64-разрядными машинными словами. С помощью языков программирования этот диапазон может быть увеличен в несколько раз, что позволяет достигать очень высокой точности.



Определение

Достоверность – свойство информации быть правильно воспринятой. Достоверность характеризуется вероятностью получения безошибочных результатов. Заданный уровень достоверности обеспечивается аппаратно-программными средствами контроля самой ЭВМ. Возможны методы контроля достоверности путем решения эталонных задач и повторных расчетов. В особо ответственных случаях проводятся контрольные решения на других ЭВМ и сравнение результатов.

В настоящее время в мире произведены, работают и продолжают выпускаться миллионы вычислительных машин, относящиеся к различным поколениям, типам, клас-

сам; отличающиеся своими областями применения, техническими характеристиками и вычислительными возможностями.

Рынок современных компьютеров отличается разнообразием и динамизмом, каких еще не знала ни одна область человеческой деятельности. Каждый год стоимость вычислений сокращается примерно на 25-30%, стоимость хранения единицы информации – до 40%. Практически каждые полтора десятилетия меняется поколение машин, каждые два года – основные типы микропроцессоров, СБИС, определяющих характеристики новых ЭВМ. Такие темпы сохраняются уже многие годы.

Рынок компьютеров постоянно имеет широкую градацию классов и моделей ЭВМ. Существует большое количество классификационных признаков, по которым все это множество разделяют на группы [21,22]: по уровням специализации (универсальные и специализированные), по типоразмерам (настольные, портативные, карманные), по совместимости, по типу используемого процессора, по возможностям и назначению и др. Разделение компьютеров по поколениям, изложенное в п. 1.1, также является одним из видов классификации. Наиболее часто используют классификацию компьютеров по возможностям и назначению, а в последнее время и по роли компьютеров в сетях.

По возможностям и назначению компьютеры подразделяют на:



- *суперЭВМ* для решения крупномасштабных вычислительных задач, а также для обслуживания крупнейших информационных банков данных.

С развитием науки и техники постоянно выдвигаются новые крупномасштабные задачи, требующие выполнения больших объемов вычислений. Особенно эффективно применение суперЭВМ при решении задач проектирования, в которых натурные эксперименты оказываются дорогостоящими, недоступными или практически неосуществимыми. СуперЭВМ позволяют по сравнению с другими типами машин точнее, быстрее и качественнее решать крупные задачи, обеспечивая необходимый приоритет в разработках перспективной вычислительной техники. Дальнейшее развитие суперЭВМ связывается с использованием направления массового параллелизма, при котором одновременно могут работать сотни и даже тысячи процессоров. В настоящее время самыми мощными суперкомпьютерами планеты являются Nec Earth Simulator (35,9 TFLOP, Япония) и IBM ASCI White (7,2 TFLOP, США), установленный в Lawrence Livermore National Lab, ориентированный на разработку перспективных вооружений.

В ближайшие годы фирма IBM планирует создание еще более мощных суперЭВМ. В рамках государственного контракта (ноябрь 2002г., 290 млн. долларов) в 2004 г. должен быть построен ASCI Purple («Пурпурный») на базе 196 объединенных между собой 64-х процессорных серверов (12544 процессора). Это позволит пройти порог 100 TFLOP, 50 терабайт оперативной и 2 петабайта дисковой памяти. Затем последует Blue Gene/L, имеющий в своем составе 130 тысяч процессоров, что обеспечит пиковое быстроедействие 360 TFLOP. Использование этих систем предполагается для моделирования погоды, разработки новых видов вооружения и других крупномасштабных вычислений.

• *Большие ЭВМ* для комплектования ведомственных, территориальных и региональных вычислительных центров (министерства, государственные ведомства и службы, крупные банки и т.д.). Примером подобных машин, а точнее систем, могут служить младшие модели IBM RS/6000. Это очень мощные по производительности компьютеры, предназначенные для обеспечения научных исследований, для построения рабочих станций для работы с графикой, UNIX-серверов, кластерных комплексов.

- **Средние ЭВМ** широкого назначения для управления сложными технологическими производственными процессами (банки, страховые компании, торговые дома, издательства). ЭВМ этого типа могут использоваться и для управления распределенной обработкой информации в качестве сетевых серверов. Примером машин данного класса служит IBM AS/400 – Advanced Portable Model 3 – «бизнес-компьютеры», 64-разрядные. В этих машинах особое внимание уделяется сохранению и безопасности данных, программной совместимости и т.п.

- **Персональные и профессиональные компьютеры (ПК)**, позволяющие удовлетворять индивидуальные потребности пользователей. На базе этого класса ЭВМ строятся автоматизированные рабочие места (АРМ) для специалистов различного уровня.

- **Мобильные и карманные компьютеры.** Эта категория вычислительных средств только начинает свое бурное развитие и поэтому требует более подробного освещения. Появление микропроцессоров способствовало разработке на их основе разнообразных устройств, используемых в различных областях жизнедеятельности человека: мобильная связь, бытовая техника, авто, игровые приставки, электронные записные книжки т.п.

Невозможно дать исчерпывающую и полную классификацию подобных устройств с учетом их назначения, популярности, функциональных возможностей, размеров, мощности и т.д. Рыночный сектор этих устройств еще находится в стадии формирования, отличается большим разнообразием, мобильностью и динамикой. Аналитики предсказывают его прогрессирующее развитие на ближайшие 5-10 лет¹.

Будущее современного человека неразрывно связано с компьютерными сетями. Все ниши вычислительных устройств: от настольного компьютера до «наладонников» с узкой специализацией на всевозможные применения, – заполнены и имеют далеко не по единственному экземпляру устройств. Неудивительно, что создание компактных устройств для связи и мобильного бизнеса было подхвачено очень многими фирмами-разработчиками: Compaq, Hewlett-Packard (объединившиеся под эгидой последней), Casio, Palm Inc., Sharp, Psion, NEC, Nokia, Ericsson и др.

Появлению новых устройств способствуют следующие факторы:

- *экономические* – новые устройства успешно конкурируют со старыми, традиционными. Например, сотовая связь уверенно отвоевывает клиентов обычной телефонной связи;
- *технологические* – новые технологии обеспечивают качественно новые услуги (мобильный офис, телеконференции, предложение товаров от ближайших поставщиков и т.д.);
- *социальные* – мобильные телефоны и досуг с использованием Internet становятся стилем жизни;
- *бизнес-факторы* – бизнес требует новых типов предложений под лозунгами «Услуги в любое время и в любом месте» и предоставления каждому «Своего офиса в кармане».

Рассмотрим упрощенную градацию подобных устройств.

Ноутбуки (Notebooks). Совершенствование микропроцессоров привело к созданию мощных, дружественных и малогабаритных компьютеров, вполне способных обеспечить создание мобильного офиса различного класса с ориентацией на электронную почту, передачу факсов, доступ в Internet, например, с офиса менеджера высшего звена, практически не отличающегося от офиса с ПК настольного типа, до офиса SOHO (Small Office/Homo Office – малый офис/домашний офис).

Карманные персональные компьютеры (КПК), имеют очень широкую номенклатуру и градацию. В отдельных случаях их возможности могут не уступать возможностям

¹ <http://www.compress.ru/Article.asp?id=3264>, /Article.asp?id=3267.

среднего компьютера, в других – быть примитивными настолько, что к компьютерам их можно отнести с большой натяжкой. Чтобы не потеряться в анализе достоинств и недостатков различных моделей, очень часто рассматривают их по принадлежности к отдельным платформам, которые лежат в основе устройств и определяют спектр их приложений.

Большинство из них принадлежит к одной из трех распространенных и конкурирующих платформ: Pocket PC, Psion, Palm. Все платформы предполагают использование средств работы с текстовыми документами, программы ведения личных финансов, словари, игры и т.п. Но мощность этих средств в разных платформах сильно отличается.

Наиболее близка к настольным ПК платформа Pocket PC. Она предполагает использование упрощенного пакета Microsoft Office, поддерживает электронную почту и сотовую связь, работу с Internet. Возможно подключение MediaPlayer для прослушивания музыки с компакт-дисков. Установка MPEGplayer позволяет просматривать фильмы. Имеется и другое развитое программное обеспечение для различных применений этих устройств.

Платформа Psion поддерживает электронную почту, имеет Internet-браузер, синхронизируется с сотовыми телефонами, содержит упрощенный прошивтый язык программирования, может использовать русификаторы текста. Возможности функционального расширения ограничены.

Платформа Palm неплохо синхронизируется с записной книжкой, ежедневником, но имеет слабую поддержку почты и сотовой связи. Очень слабые возможности расширения.

• **Встраиваемые микропроцессоры**, осуществляющие автоматизацию управления отдельными устройствами и механизмами. Успехи микроэлектроники позволяют создавать миниатюрные вычислительные устройства, вплоть до однокристальных ЭВМ. Эти устройства, универсальные по характеру применения, могут встраиваться в отдельные машины, объекты, системы. Они находят все большее применение в бытовой технике (телефонах, телевизорах, электронных часах, микроволновых печах и т.д.), в городском хозяйстве (энерго-, тепло-, водоснабжении, регулировке движения транспорта и т.д.), на производстве (робототехнике, управлении технологическими процессами). Постепенно они входят в нашу жизнь, все больше изменяя среду обитания человека.

С развитием сетевых технологий все больше начинает использоваться другой классификационный признак, отражающий место и роль ЭВМ в сети. Согласно ему предыдущая классификация отражается на сетевой среде:

- мощные машины, включаемые в состав сетевых вычислительных центров и систем управления гигантскими сетевыми хранилищами информации;
- кластерные структуры;
- серверы;
- рабочие станции;
- сетевые компьютеры.

Мощные машины и системы предназначаются для обслуживания крупных сетевых банков данных и банков знаний. По характеристикам их можно отнести к классу супер-ЭВМ, но в отличие от них они являются более специализированными и ориентированными на обслуживание мощных потоков информации.

Кластерные структуры представляют собой многомашинные распределенные вычислительные системы, объединяющие под единым управлением несколько серверов. Это позволяет гибко управлять ресурсами сети, обеспечивая необходимую производительность, надежность, готовность и другие характеристики.

Серверы – это вычислительные машины и системы, управляющие определенным видом ресурсов сети. Различают файл-серверы, серверы приложений, факс-серверы, почтовые, коммуникационные, Web-серверы и др.

Термин *«рабочая станция»* отражает факт наличия в сетях абонентских пунктов, ориентированных на работу профессиональных пользователей с сетевыми ресурсами. Этот термин как бы отделяет их от ПК, обеспечивающих работу основной массы непрофессиональных пользователей, работающих обычно в автономном режиме.

Сетевые компьютеры. На базе существующих стандартных микропроцессоров появляется новый класс устройств, получивший это название. Само название говорит о том, что они предназначены для использования в компьютерных сетях. В зависимости от выполняемых функций и от контекста под этим термином понимают совершенно различные устройства от простейшего компьютера – наладонника до специализированных сетевых устройств¹.

Высокие скорости вычислений, обеспечиваемые ЭВМ различных классов, позволяют перерабатывать и выдавать все большее количество информации, что, в свою очередь, порождает потребности в создании связей между отдельно используемыми ЭВМ. Поэтому все современные компьютеры в настоящее время имеют средства подключения к сетям связи и объединения в системы.

Перечисленные типы ЭВМ, которые должны использоваться в индустриально развитых странах, образуют некое подобие пирамиды с определенным соотношением численности ЭВМ каждого слоя и набором их технических характеристик. Распределение вычислительных возможностей по слоям должно быть сбалансировано.

Требуемое количество суперЭВМ для отдельной развитой страны должно составлять 100-200, больших ЭВМ – тысячи, средних – десятки и сотни тысяч, ПЭВМ – миллионы, встраиваемых микро-ЭВМ – миллиарды.



Все используемые ЭВМ различных классов образуют машинный парк страны, жизнедеятельность которого и его информационное насыщение определяют успехи информатизации общества и научно-технического прогресса страны.

Формирование сбалансированного машинного парка является сложной политической, экономической и социальной проблемой, решение которой требует многомиллиардных инвестиций. Для этого должна быть разработана соответствующая структура: создание специальных производств (элементной базы ЭВМ, программного обеспечения и технических связей), смена поколений машин и технологий, изменение форм экономического и административного управления, создание новых рабочих мест и т.д.

1.3. Принципы построения компьютера

Основным принципом построения всех современных ЭВМ является *программное управление*. В его основе лежит представление алгоритма решения любой задачи в виде программы вычислений.



Определение

«Алгоритм – конечный набор предписаний, определяющий решение задачи посредством конечного количества операций». (Стандарт ISO 2382/1-84 г.).

Следует заметить, что строгого, однозначного определения алгоритма, равно как и однозначных методов его преобразования в программу вычислений, не существует.

¹ www.compress.ru/Article.asp?id=3267, /Article.asp?id=3270.

Принцип программного управления может быть осуществлен различными способами. Стандартом для построения практически всех ЭВМ стал способ, описанный Дж. фон Нейманом в 1945 г. при построении еще первых образцов компьютеров. Суть его заключается в следующем.

Все вычисления, предписанные алгоритмом решения задачи, должны быть представлены в виде программы, состоящей из последовательности управляющих слов – команд. Каждая команда содержит указания на конкретную выполняемую операцию, место нахождения (адреса) операндов и ряд служебных признаков. Программы и обрабатываемые ими данные должны совместно храниться в памяти ЭВМ.



Определение

Операнды – переменные, значения которых участвуют в операциях преобразования данных.

Список (массив) всех переменных (входных данных, промежуточных значений и результатов вычислений) является еще одним неотъемлемым элементом любой программы.

Для доступа к программам, командам и операндам используются их адреса. В качестве адресов выступают номера ячеек памяти ЭВМ, предназначенных для хранения объектов. Информация (командная и данные: числовая, текстовая, графическая и другая информация) кодируется двоичным кодом (цифрами 0 и 1). Поэтому различные типы информации, размещенные в памяти ЭВМ, практически не различимы, идентификация их возможна лишь при выполнении программы, согласно ее логике, по контексту.

Выполнение каждой команды программы предполагает многократное обращение к памяти (выборка команд, выборка операндов, отсылка результатов и т.п.). В первых структурах ЭВМ использовалось централизованное управление, при котором одна и та же аппаратура выполняла и основные, и вспомогательные действия. Это было оправдано для дорогих машин, но не позволяло выполнять параллельные работы. Эволюция вычислительной техники потребовала децентрализации.

Децентрализация построения и управления вызвала к жизни такие элементы, которые являются общим стандартом структур современных ЭВМ:

- модульность построения;
- магистральность;
- иерархия управления.

Модульность построения предполагает выделение в структуре ЭВМ достаточно автономных, функционально логических и конструктивно законченных устройств (процессор, модуль памяти, накопитель на жестком или гибком магнитном диске).

Модульная конструкция ЭВМ делает ее открытой системой, способной к адаптации и совершенствованию. К ЭВМ можно подключать дополнительные устройства, улучшая ее технические и экономические показатели. Появляется возможность наращивания вычислительной мощности, улучшения структуры путем замены отдельных устройств на более совершенные, изменения и управления конфигурацией системы, приспособления ее к конкретным условиям применения в соответствии с требованиями пользователей. В качестве основных средств подключения и объединения модулей в систему используются *магистралы*, или *шины*. Стандартная система сопряжения (интерфейс) обеспечивает возможность формирования требуемой конфигурации, гибкость структуры и адаптацию к изменяющимся условиям функционирования.

В современных ЭВМ принцип децентрализации и параллельной работы распространен как на периферийные устройства, так и на сами ЭВМ (процессоры). Появились

вычислительные системы, содержащие несколько вычислителей (ЭВМ или процессоры), работающие согласованно и параллельно. Внутри самой ЭВМ произошло еще более резкое разделение функций между средствами обработки. Появились отдельные специализированные процессоры, например, сопроцессоры, выполняющие обработку чисел с плавающей точкой, матричные процессоры и др.

Все существующие типы ЭВМ выпускаются *семействами*, в которых различают старшие и младшие модели. Всегда имеется возможность замены более слабой модели на более мощную. Это обеспечивается информационной, аппаратурной и программной совместимостью. Программная совместимость в семействах устанавливается по принципу «снизу-вверх», то есть программы, разработанные для ранних и младших моделей, могут обрабатываться и на старших, но не обязательно наоборот.

Модульность структуры ЭВМ требует стандартизации и унификации оборудования, номенклатуры технических и программных средств, средств сопряжения – интерфейсов, конструктивных решений, унификации типовых элементов замены, элементной базы и нормативно-технической документации. Все это способствует улучшению технических и эксплуатационных характеристик ЭВМ, росту технологичности их производства.

Децентрализация управления предполагает *иерархическую организацию структуры компьютера*. Главный или центральный модуль системы определяет последовательность работ подчиненных модулей и их инициализацию, после чего они продолжают работу по собственным программам управления. Результаты выполнения требуемых операций представляются ими «вверх по иерархии» для правильной координации всех работ. Подключаемые модули могут в свою очередь использовать специальные *шины или магистрали* для обмена управляющими сигналами, адресами и данными.

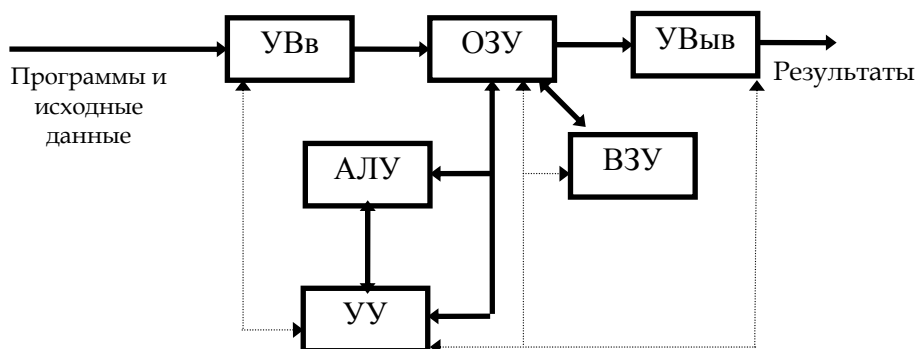
Иерархический принцип построения и управления характерен не только для структуры ЭВМ в целом, но и для отдельных ее подсистем. Например, по этому же принципу строится система памяти ЭВМ.

Децентрализация управления и структуры ЭВМ позволила перейти к более сложным *многопрограммным (мультипрограммным) режимам*. При этом в компьютере одновременно могут обрабатываться несколько программ пользователей.

1.4. Структурные схемы и взаимодействие устройств компьютера

Схема ЭВМ, отвечающая программному принципу управления, логично вытекает из последовательного характера преобразований, выполняемых человеком по некоторому алгоритму (программе). Обобщенная структурная схема ЭВМ первых поколений представлена на рис. 3.

Рис. 3. Структурная схема ЭВМ первых поколений



В любой ЭВМ имеются устройства ввода информации (УВв), с помощью которых пользователи вводят в ЭВМ программы решаемых задач и данные к ним. Введенная информация полностью или частично сначала запоминается в оперативном запоминающем устройстве (ОЗУ), а затем переносится во внешнее запоминающее устройство (ВЗУ), предназначенное для длительного хранения информации, где преобразуется в специальный информационный объект – файл.



Определение

Файл – идентифицированная совокупность экземпляров полностью описанного в конкретной программе типа данных, находящихся вне программы во внешней памяти и доступных программе посредством специальных операций¹.

При использовании файла в вычислительном процессе его содержимое переносится в ОЗУ. Затем программная информация команда за командой считывается в устройство управления.

Устройство управления (УУ) предназначается для автоматического выполнения программ путем принудительной координации всех остальных устройств ЭВМ. Цепи сигналов управления показаны на рис. 3 штриховыми линиями. Вызываемые из ОЗУ команды дешифрируются устройством управления: определяют код операции, которую необходимо выполнить следующей, и адреса операндов, принимающих участие в данной операции.

Арифметико-логическое устройство (АЛУ) выполняет арифметические и логические операции над данными. Основной частью АЛУ является операционный автомат, в состав которого входят сумматоры, счетчики, регистры, логические преобразователи и др. Он каждый раз перестраивается на выполнение очередной операции. Результаты выполнения отдельных операций сохраняются для последующего использования на одном из регистров АЛУ или записываются в память. Отдельные признаки результатов r ($r=0$, $r<0$, $r>0$ и др.) устройство управления использует для изменения порядка выполнения команд программы. Результаты, полученные после выполнения всей программы вычислений, передаются на УВыв информации. В качестве УВыв могут использоваться экран дисплея, принтер, графопостроитель и др.

Современные ЭВМ имеют достаточно развитые системы машинных операций. Например, ЭВМ типа IBM PC имеют несколько сотен различных операций (их количество зависит от типа микропроцессора). Любая операция в ЭВМ выполняется по определенной микропрограмме, реализуемой в схемах АЛУ соответствующей последовательностью сигналов управления (микрокоманд). Каждая отдельная микрокоманда – это простейшее элементарное преобразование данных типа алгебраического сложения, сдвига, перезаписи информации и т.п.



ВАЖНО

Уже в первых ЭВМ для увеличения их производительности широко применялось совмещение операций. При этом последовательные фазы выполнения отдельных команд программы (формирование адресов операндов, выборка операндов, выполнение операции, отсылка результата) выполнялись отдельными функциональными блоками. В своей работе они образовывали своеобразный конвейер, а их параллельная работа позволяла обрабатывать различные фазы целого блока команд.

Этот принцип получил дальнейшее развитие в ЭВМ следующих поколений. Но все же первые ЭВМ имели очень сильную централизацию управления, единые стандарты форматов команд и данных, «жесткое» построение циклов выполнения отдельных

¹ ГОСТ 20866 – 85.

операций, что во многом объясняет ограниченные возможности используемой в них элементной базы. Центральное УУ обслуживало не только вычислительные операции, но и операции ввода-вывода, пересылок данных между ЗУ и др. Все это позволяло в какой-то степени упростить аппаратуру ЭВМ, но сильно сдерживало рост их производительности.

В ЭВМ третьего поколения произошло усложнение структуры за счет разделения процессов ввода-вывода информации и процесса ее обработки.



Определение

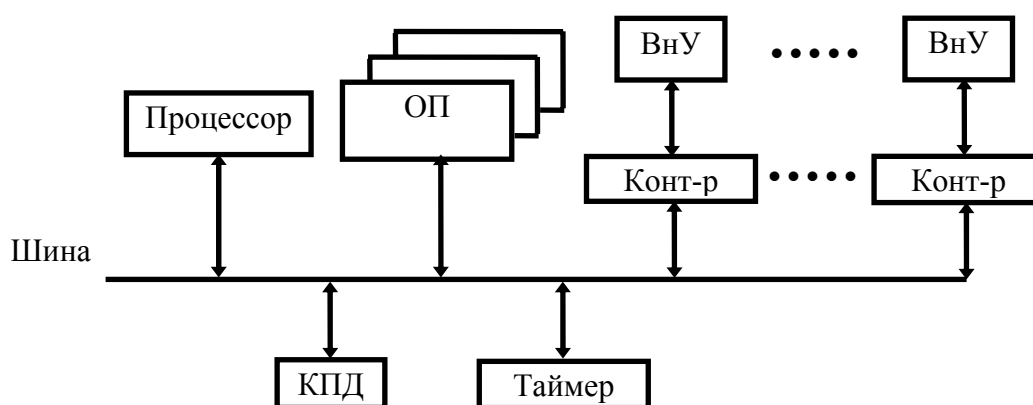
Тесно связанные устройства АЛУ и УУ получили название *процессор*.

В схеме ЭВМ появились дополнительные устройства, которые имели такие названия: процессоры ввода-вывода, устройство управления обменом информацией, канал ввода-вывода. Последнее получило наибольшее распространение применительно к большим ЭВМ. Здесь наметилась тенденция к децентрализации управления и параллельной работе отдельных устройств, что позволило резко повысить быстродействие ЭВМ в целом.

Среди каналов ввода-вывода выделяли мультиплексные каналы, способные обслуживать большое количество медленно работающих устройств ввода-вывода, и селекторные каналы, обслуживающие в многоканальных режимах скоростные внешние запоминающие устройства (ВЗУ).

В персональных компьютерах, относящихся к ЭВМ четвертого поколения, произошло дальнейшее изменение структуры (рис. 4). Соединение всех устройств в единую машину обеспечивается с помощью *общей шины*, представляющей собой линии передачи данных, адресов, сигналов управления и питания. Единая система аппаратных соединений значительно упростила структуру, сделав ее еще более децентрализованной. Все передачи данных по шине осуществляются под управлением сервисных программ.

Рис. 4. Структурная схема ПК



Ядро ПК образуют процессор, основная память (ОП), состоящая из оперативной памяти и постоянного запоминающего устройства (ПЗУ), и видеопамять.

ПЗУ предназначается для записи и постоянного хранения наиболее часто используемых программ управления.

Подключение всех внешних устройств (ВнУ), дисплея, клавиатуры, внешних ЗУ и др., обеспечивается через соответствующие адаптеры – согласователи скоростей работы сопрягаемых устройств или контроллеры – специальные устройства управления периферийной аппаратурой. Контроллеры в ПК играют роль каналов ввода-вывода. В качестве особых устройств следует выделить таймер – устройство измерения времени и контроллер прямого доступа к памяти (КПД) – устройство, обеспечивающее доступ к ОП, минуя процессор.

Способ формирования структуры ПК является достаточно логичным и естественным стандартом для данного класса ЭВМ.

Центральное место в структуре ПК занимает шина.



Определение

Шина – это общий канал связи, используемый для обмена информацией между устройствами компьютера.

В первых ПК она была представлена просто набором проводников, предназначенных для передачи данных, адресов, питания и сигналов управления. По мере развития вычислительной техники, усложнения структуры компьютеров, увеличения быстродействия устройств и объемов пересылаемых данных, насыщения периферии разнообразными устройствами, в том числе и мультимедийными, единственная шина уже не могла обеспечить эффективной работы.

В современных ПК канал взаимодействия устройств компьютера представлен объединением большого количества шин, работающих в соответствии со старыми и новыми стандартами. Сохранение старых стандартов обеспечивает совместимость, то есть возможность работы с традиционными устройствами, подключаемыми к СОМ- и LPT-портам.

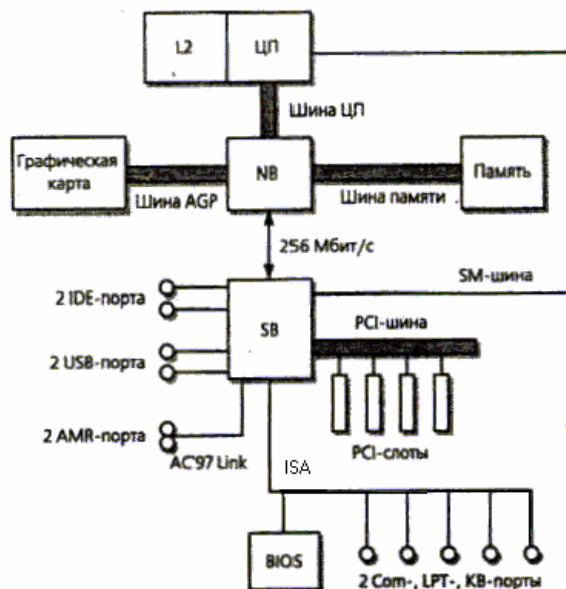


ВАЖНО

Организацию согласованной работы шин и устройств выполняют *микросхемы системной логики*, называемые чипсетом (Chipset).

Большинство наборов микросхем системной логики имеют ярко выраженную иерархическую структуру построения (рис. 5), отвечающую уровням высокоскоростных и низкоскоростных устройств ввода-вывода данных. Для последних микропроцессоров Pentium используется так называемая Hub-структура чипсета. При этом слово «hub» можно в равной степени понимать как коммутатор (устройство для соединения отдельных входов с определенными выходами) или концентратор (устройство, согласующее высокоскоростные каналы с менее скоростными).

Рис. 5. Hub-структура чипсета ПК



В структуре чипсета за работу высокоскоростных устройств ядра компьютера отвечает North Bridge, NB – *северный мост* (в некоторых наборах, например Intel 820, его называют Memory Controller Hub, MCH – **контроллер памяти**, он же и графический контроллер для управления видеосистемой через ускоренный графический порт Accelerated Graphics Port, AGP). Каналы передачи данных между процессором или двумя процессорами, видеопамью и оперативной памятью имеют пропускную способность более 1 Гбайт/с.

Низкоскоростными устройствами ввода-вывода данных управляет South Bridge, SB (*южный мост*). В наборе Intel 820 он называется I/O Controller Hub – контроллер, обслуживающий низкоскоростные устройства ввода-вывода. Именно этот порт согласовывает стандарты обмена данными по различным шинам:

- ISA (Industrial Standard Architecture – промышленная стандартная архитектура) была основной в 1981-1984 годах, несколько раз модернизировалась. Обеспечивает совместимость, надежность и скорость до 8 Мбайт/с при работе со стандартной периферией и данными 8, 16, 32 разрядности;
- MCA (Micro Channel Architecture – микроканальная архитектура, разработка фирмы IBM 1988г.) обеспечивала лучшее использование возможностей периферийных устройств;
- EISA, (Extended Industrial Standard Architecture – расширенная промышленная стандартная архитектура, разработанная в 1988 г. сообществом фирм по инициативе фирмы Compaq в ответ на MCA) обеспечивает скорости до 33,32 Мбайт/с;
- VESA (Video Electronic Standard Association, иногда обозначается как VL-Bus, VLB – разработка комитетом Vesa при инициативе фирмы Nec в 1992-1994 годах) стандарт, обеспечивающий работу видеоадаптеров с повышением качества и эффективности работы видеосистем со скоростями 128 и более Мбайт/с. На его основе обмен данными между процессором и видеоадаптером выполнялся в обход шин ввода-вывода;

- PCI (Peripheral Component Interconnect – шина взаимосвязи периферийных компонентов, спецификация фирмы Intel) является неотъемлемым атрибутом компьютеров высокого класса, начиная с 1993 года) обеспечивает передачу данных с разрядностью, равной разрядности процессора. Частота работы шины – 33 МГц, что обеспечивает при 32 разрядности $32 \text{ бит} \times 33 \text{ МГц} = 1056 \text{ Мбит/с}$, или 132 Мбайт/с. При 64 разрядности микропроцессора, например для Itanium2, скорость работы возрастает до 264 Мбайт/с;
- USB (Universal Serial Bus – универсальная последовательная шина, разработки фирмы Intel 1996-1998 гг., предназначенная для подключения нового поколения периферийных устройств: сканеров, принтеров, джойстиков, цифровых камер и др.) обеспечивает скорости передачи данных 12 Мбит/с (1,5 Мбайт/с) по 4 проводникам. Поддерживает подключение до 127 устройств. Новые версии стандарта имеют еще большие скорости. Для подключения стандартной периферии типа мыши и клавиатуры предусматривается «медленный» подканал со скоростью 1,5 Мбит/с.

Кроме перечисленных шин общего назначения на рис. 5 показаны шины, управляющие специфическими внешними устройствами:

- IDE, Integrated Drive Electronics, – интерфейс работы с жесткими дисками с интегрированным в него контроллером, с подключением до 4-х устройств со скоростями 33, 66 и даже 100 Мбайт/с;
- SCSI, Small Computer System Interface – интерфейс систем малых компьютеров, разрабатывался как альтернатива стандарту IDE с его достаточно скромными характеристиками. Новый стандарт является достаточно сложным, дорогим и уже не дисковым, а системным. Допускает последовательное подключение к основному адаптеру жестких дисков, стримеров, CD-ROM, сканеров и других устройств общим числом до 7 или 15 единиц, то есть 4 канала SCSI могут обеспечить подключение до 60 устройств. Скорость обмена данными может достигать 160 Мбайт/с;
- AC, Audio Codec, согласно спецификации AC'97, обеспечивает подключение модемов и звуковых карт для аналоговых звуковых сигналов (см. п. 2.4). Для подключения звуковых карт был разработан специальный слот AMR, Audio/Modem Riser. Цифровая обработка оцифрованных звуковых сигналов предполагается непосредственно в центральном процессоре – CPU, Central Processing Unit;
- SM – системная магистраль, используемая для мониторинга.

Следует учитывать, что все более широкое распространение получает новый стандарт последовательного интерфейса ввода-вывода Fire Wire или IEEE 1394, обеспечивающий работу со скоростями 400, 800 Мбайт/с и даже 3,2 Гбайт/с.

Уже только это перечисление шин ПК показывает, что взаимодействие устройств компьютера и организация ввода-вывода данных представляют собой сосредоточие очень многих проблем. Окончательная структура этой части компьютера еще очень далека от завершения¹.

История развития вычислительной техники показала, что самым узким местом ЭВМ является связь «процессор-память». Быстродействие памяти во многом определяет общую скорость последовательных вычислений. Поэтому мощность самых новейших микропроцессоров используется лишь на 25-30 %.

С точки зрения пользователя, желательно иметь в ЭВМ оперативную память большой емкости и высокого быстродействия. Однако одноуровневое построение памяти не позволяет одновременно удовлетворить этим двум противоречивым требованиям.

¹ <http://www.ixbt.com/editorial/10ghz-dead.shtml>, <http://www.ixbt.com/editorial/ideal-pc2.shtml>.

Поэтому память современных ЭВМ строится по многоуровневому, пирамидальному принципу.

В составе процессоров имеется *сверхоперативное запоминающее устройство* небольшой емкости, образованное несколькими десятками регистров с быстрым временем доступа, составляющим один такт процессора (наносекунды, нс). Здесь обычно хранятся данные, непосредственно участвующие в обработке.

Следующий уровень образует *кэш-память, или память блочного типа*. Она представляет собой буферное запоминающее устройство, предназначенное для хранения активных страниц объемом десятки и сотни Кбайт. В современных ПК она, в свою очередь, делится на кэш первого уровня L1 (Еп=16-64 Кбайт с временем доступа 1-2 такта процессора), кэш второго уровня L2 (Еп=128-512 Кбайт и более с временем доступа 3-5 тактов) и даже кэш третьего уровня, например, в микропроцессоре Itanium 2 (Еп=2-4 Мбайт с временем доступа 8-10 тактов). Кэш-память, как более быстродействующая, предназначена для ускорения выборки команд программы и обрабатываемых данных. Здесь возможна ассоциативная выборка данных. Основной объем программ пользователей и данных к ним размещается в оперативном запоминающем устройстве (емкость – миллионы машинных слов, время выборки – до 20 тактов процессора).

Часть машинных программ и наиболее часто используемых констант, обеспечивающих автоматическое управление вычислениями, может размещаться в *постоянном запоминающем устройстве (ПЗУ)*. На более низких уровнях иерархии находятся внешние запоминающие устройства на магнитных носителях: на жестких и гибких магнитных дисках, магнитных лентах, магнитооптических дисках и др. Их отличает более низкое быстродействие и очень большая емкость.

Организация заблаговременного обмена информационными потоками между ЗУ различных уровней при децентрализованном управлении ими позволяет рассматривать иерархию памяти как абстрактную единую виртуальную (кажущуюся) память. Согласованная работа всех уровней обеспечивается под управлением программ операционной системы. Пользователь имеет возможность работы с памятью, намного превышающей емкость ОЗУ.

Как видно из вышеизложенного, полувековая история развития ЭВТ дала не очень широкий спектр основных структур ЭВМ, которые не выходят за пределы классической структуры фон Неймана. Их объединяют следующие традиционные признаки:

- ядро ЭВМ – процессор – единственный вычислитель в структуре, дополненный каналами обмена информацией и памятью;
- линейная организация ячеек всех видов памяти фиксированного размера;
- одноуровневая адресация ячеек памяти, стирающая различия между всеми типами информации;
- внутренний машинный язык низкого уровня, при котором команды содержат элементарные операции преобразования простых операндов;
- последовательное централизованное управление вычислениями;
- достаточно примитивные возможности устройства ввода-вывода.

Классическая структура ЭВМ уже сослужила добрую службу человечеству. В ходе эволюции она была дополнена целым рядом частных доработок, позволяющих ликвидировать наиболее «узкие места» и обеспечить максимальную производительность ЭВМ в рамках достигнутых технологий. Однако, несмотря на все достигнутые успехи, классическая структура не обеспечивает возможностей дальнейшего наращивания производительности. Наметился кризис, обусловленный рядом ее существенных недостатков:

1. практически исчерпаны структурные методы повышения производительности ЭВМ;
2. плохо развиты средства обработки нечисловых данных (структуры, символы, предложения, графические образы, звук, очень большие массивы данных и др.);
3. несоответствие машинных операций операторам языков высокого уровня;
4. примитивная организация памяти ЭВМ;
5. низкая эффективность ЭВМ при решении задач, допускающих параллельную обработку и т.п.

Все эти недостатки аппаратуры приводят к чрезмерному усложнению комплекса программных средств, привлекаемого для подготовки и решения задач пользователей.

В ЭВМ будущих поколений, с использованием в них «встроенного искусственного интеллекта» предполагается дальнейшее усложнение структуры. В первую очередь это касается совершенствования процессов общения пользователей с ЭВМ (использование аудио, видео информации, систем мультимедиа и др.), обеспечения доступа к информационным хранилищам (базам данных и базам знаний) организации параллельных вычислений. Несомненно, что этому должны соответствовать новые параллельные структуры с новыми принципами их построения. Они становятся экономически более выгодными. Вероятно, подобными системами будут обслуживаться большие информационные хранилища.

1.5. Кодирование информации



Определение

Информация – это сведения об окружающем мире и протекающих в нем процессах, воспринимаемые человеком или специализированным устройством, например компьютером, для обеспечения целенаправленной деятельности.

Информация может быть по своей физической природе числовой, текстовой, графической, звуковой и др. Она также может быть постоянной (не меняющейся), переменной, случайной, вероятностной. Наибольший интерес представляет переменная информация, так как она позволяет выявить причинно-следственные связи в процессах и явлениях. Существуют различные способы оценки количества информации. Классическим является подход, использующий формулу К. Шеннона. Применительно к двоичной системе она имеет вид:

$$H = \log_2 N,$$

где H – количество информации, несущей представление о состоянии, в котором находится объект;

N – количество равновероятных альтернативных состояний объекта.

Любая информация, обрабатываемая в компьютере, должна быть представлена двоичным кодом, т.е. должна быть закодирована комбинацией цифр 0, 1. Различные виды информации (числа, тексты, графика, звук) имеют свои правила кодирования. Коды отдельных значений, относящиеся к различным видам информации, могут совпадать. Поэтому расшифровка кодированных данных осуществляется по контексту при выполнении команд программы.

Представление числовой информации в компьютере. В компьютерах используются три вида чисел: с фиксированной точкой (запятой), с плавающей точкой (запятой) и дво-

ично-десятичное представление. Точка (запятая) – это подразумеваемая граница целой и дробной частей числа.



Все современные компьютеры имеют центральный процессор или центральное процессорное устройство – CPU, Central Processing Unit, предназначенное для обработки чисел с фиксированной точкой.

Одной из важнейших его характеристик является разрядность n – количество двоичных разрядов, представляющих значение числа. Основным достоинством CPU служит простота алгоритмов выполнения операций и, соответственно, высокая скорость операций.

У чисел с фиксированной точкой в двоичном формате предполагается строго определенное место точки (запятой). Обычно это место определяется или перед первой цифрой числа или после последней цифры числа. Если точка фиксируется перед первой значащей цифрой, то это означает, что число по модулю меньше единицы. Диапазон изменения значений чисел определяется неравенством:

$$2^{-n} \leq \left| A_2 \right| \leq 1 - 2^{-n}.$$

Если точка фиксируется после последней цифры, то это означает, что n -разрядные двоичные числа являются целыми. Диапазон изменения их значений составляет:

$$0 \leq \left| A_2 \right| \leq 2^n - 1.$$

Перед самым старшим из возможных цифровых разрядов двоичного кода фиксируется его знак. Положительные числа имеют нулевое значение знакового разряда, отрицательные – единичные. Каждая цифра $\{0,1\}$ занимает один бит соответствующего n -разрядного формата.

Существенным недостатком представления чисел с фиксированной точкой служит тот факт, что аппроксимация малых чисел связана с большой относительной ошибкой. Для чисел, приближающихся по величине к максимально возможным (2^n), относительная ошибка уменьшается. Абсолютная же ошибка представления чисел с фиксированной точкой всегда лежит в одних и тех же пределах независимо от величины чисел.

Другой формой представления чисел является представление их в виде чисел с плавающей точкой (запятой). Представление чисел с плавающей точкой необходимо использовать, когда обрабатываемые числа имеют очень большой диапазон изменения. Эта ситуация типична для научно-технических расчетов (тригонометрические, экспоненты, логарифмы).



Поэтому все современные микропроцессоры в дополнение к CPU содержат математические сопроцессоры. Их обычно называют блоками или устройствами с плавающей точкой – FPU, Floating Point Unit, или числовым расширением процессора – NPX, Numeric Processor eXtension. Сочетание параллельно работающих CPU и FPU позволяет добиться большей скорости и большей точности вычислений.

Числа с плавающей точкой представляются в виде мантиссы m_a и порядка p_a , иногда это представление называют **полулогарифмической формой числа**. Например,

число $A_{10} = 373$ можно представить в виде $0.373 \cdot 10^3$, при этом $m_a = 0.373$, $p_a = 3$, основание системы счисления подразумевается фиксированным и равным 10. Для двоичных чисел A_2 в этом представлении также формируется m_a и порядок p_a при основании системы исчисления, равном 2

$$A_2 = \pm p_a; \pm m_a,$$

что соответствует записи

$$A_2 = 2^{\pm p_a} \cdot (\pm m_a).$$

Порядок числа p_a определяет положение точки (запятой) в двоичном числе. Значение порядка лежит в диапазоне $-p_a^{max} \leq p_a \leq p_a^{max}$, где величина p_a^{max} определяется числом разрядов r , отведенных для представления порядка

$$p_a^{max} = 2^r - 1.$$

Положительные и отрицательные значения порядка значительно усложняют обработку вещественных чисел. Поэтому во многих современных ЭВМ используют не прямое значение p_a , а модифицированное p'_a , приведенное к интервалу

$$0 \leq p'_a \leq 2p_a^{max}.$$

Значение p'_a носит название «характеристики числа».

Обычно под порядок (модифицированный порядок – характеристику) выделяют один байт. Старший разряд характеристики отводится под знак числа, а семь оставшихся разрядов обеспечивают изменение порядка в диапазоне

$$-64 \leq p_a \leq 63.$$

Модифицированный порядок p'_a вычисляется по зависимости

$$p'_a = p_a + 64.$$

Тем самым значения p'_a формируются в диапазоне положительных чисел

$$0 \leq p'_a \leq 127.$$

Мантисса числа m_a представляется двоичным числом, у которого точка фиксируется перед старшим цифровым разрядом, т. е.

$$0 \leq |m_a| \leq 1 - 2^{-k},$$

где k – число разрядов, отведенных для представления мантиссы.

Если

$$1/N \leq |m_a| \leq 1 - 2^{-k},$$

то старший разряд мантиссы в системе счисления с основанием N отличен от нуля. Такое число называется нормализованным. Например, $A_2 = (100; 0.101101)_2$ – нормализованное

число $A_2 = 1011.01$ или $A_{10} = 11.25$, а то же самое число $A_2 = (101;0.0101101)_2$ – число ненормализованное, так как старший разряд мантиссы равен 0.

Диапазон представления нормализованных чисел с плавающей точкой определяется

$$2^{-1} \cdot 2^{-(2^r - 1)} \leq |A_2| \leq (1 - 2^{-k}) \cdot 2^{(2^r - 1)},$$

где r и k – соответственно количество разрядов, используемых для представления порядка и мантиссы.

Третья форма представления двоичного кода – двоично-десятичная. Ее появление объясняется следующим. При обработке больших массивов десятичных чисел (например, больших экономических документов) приходится тратить существенное время на перевод этих чисел из десятичной системы счисления в двоичную для последующей обработки и обратно – для вывода результатов. Каждый такой перевод требует выполнения двух-четырёх десятков машинных команд. С включением в состав отдельных ЭВМ специальных функциональных блоков или спецпроцессоров десятичной арифметики появляется возможность обрабатывать десятичные числа напрямую, без их преобразования, что сокращает время вычислений. При этом каждая цифра десятичного числа представляется двоичной тетрадой. Например, $A_{10} = 3759 A_{2-10} = 0011\ 0111\ 0101\ 1001$. Положение десятичной точки (запятой), отделяющей целую часть от дробной, обычно заранее фиксируется. Значение знака числа отмечается кодом, отличным от кодов цифр. Например, «+» имеет значение тетрады «1100», а «-» – «1101».

Представление нечисловых видов информации. До последнего времени практически все системы связи России, системы передачи аудио- и видеоинформации, включая центральное радио и телевидение, строились на принципах передачи аналоговой информации. Это подразумевало выполнение процедур модуляции (преобразования данных в высокочастотные сигналы при передаче) и демодуляции для обратного преобразования и воспроизведения принятых данных.

С развитием микроэлектроники и компьютерных технологий все большее распространение получают цифровые системы передачи данных. В их основу положены процедуры квантования аналоговой информации по времени и величине. Значения функции $y=f(t)$ измеряются с большой точностью в моменты времени $0, \Delta t, 2\Delta t, \dots, n\Delta t$ ($\Delta t = \text{const}$). Эта последовательность дискретных измерений пересылается абоненту, у которого по ним воссоздается значение функции. Качество воспроизведения функции $y = f(t)$ при $\Delta t \rightarrow 0$ может быть очень высоким. Более подробно эти вопросы освещаются в п. 1.4.

По скорости изменения обрабатываемых цифровых данных информацию можно разделить на два вида: *статический* и *динамический*. Например, числовая, логическая и символьная информация является статической – ее значение не связано со временем. В отличие от перечисленных типов вся аудиоинформация имеет динамический характер. Она существует только в режиме реального времени, ее нельзя остановить для более подробного изучения. Если изменить масштаб времени (увеличить или уменьшить), аудиоинформация искажается. Это свойство иногда используется для получения звуковых эффектов.

Видеоинформация может быть как статической, так и динамической. Статическая видеоинформация включает текст, рисунки, графики, чертежи, таблицы и др. Рисунки делятся также на плоские – двухмерные и объемные – трехмерные.

Динамическая видеоинформация – это видео-, мульт- и слайд-фильмы. В их основе лежит последовательное экспонирование на экране в реальном масштабе времени отдельных кадров в соответствии со сценарием.

Динамическая видеоинформация используется либо для передачи движущихся изображений (анимация), либо для последовательной демонстрации отдельных кадров вывода (слайдфильмы).

Для демонстрации анимационных и слайдфильмов используются различные принципы. Анимационные фильмы демонстрируются так, чтобы зрительный аппарат человека не мог зафиксировать отдельные кадры.

При демонстрации слайд-фильмов каждый кадр экспонируется на экране столько времени, сколько необходимо для восприятия его человеком (обычно от 30 с. до 1 мин.). Слайдфильмы можно отнести к статической видеоинформации.

По способу формирования видеоизображения бывают *растровые, матричные и векторные*. Растровые видеоизображения используются в телевидении, в компьютерах практически не применяются.

Матричные изображения получили в ЭВМ наиболее широкое распространение. Изображение на экране рисуется электронным лучом точками. Информация представляется в виде характеристик значений каждой точки – пиксела (picture element), рассматриваемой как наименьшей структурной единицей изображения. Количество высвечиваемых одновременно пикселов на экране дисплея определяется его разрешающей способностью. В качестве характеристик графической информации выступают координаты точки (пиксела) на экране, цвет пиксела, цвет фона (градиация яркости). Вся эта информация хранится в видеопамяти дисплея. При выводе графической информации на печать изображение также воспроизводится по точкам.

Изображение может быть и в векторной форме. Тогда оно составляется из отрезков линий (в простейшем случае – прямых), для которых задаются начальные координаты, угол наклона и длина отрезка (может указываться и код используемой линии). Векторный способ имеет ряд преимуществ перед матричным: изображение легко масштабируется с сохранением формы, является «прозрачным», может быть наложено на любой фон и т.д.

Интенсивное развитие информационных технологий предполагает объединение самых различных систем (компьютерных, сетевых, информационных систем связи и т.п.) для решения задач формирования, хранения, обработки и преобразования данных. Способы представления информации в отдельных согласованно работающих устройствах, кодирование и преобразование в них кодов зависят от типов данных, принятых стандартов, принципов действия отдельных устройств,

Представление текстовой информации. При формировании любого текстового (символьного) документа характерно последовательное использование нескольких видов кодировок и их преобразований. Например, при вводе информации с клавиатуры каждое нажатие клавиши, на которой изображен требуемый символ, вызывает появление так называемого scan-кода, представляющего собой двоичное число, равное порядковому номеру клавиши.

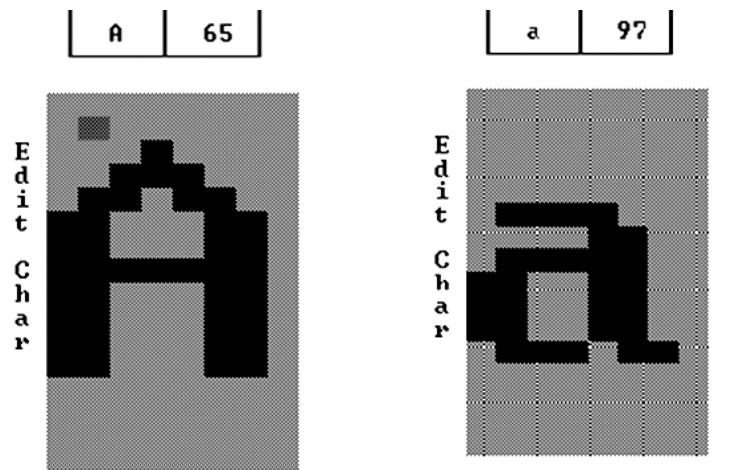
Сам номер нажатой клавиши никак не связан с формой символа, нанесенного на клавишу. Оpozнание символа по его scan-коду и присвоение ему внутреннего кода компьютера производится специальной программой – кодировщиком (драйвером). Соответствие scan-кодов клавиш и кодов представления символов внутри компьютера образует так называемую *кодovую таблицу символов*. Внутреннее представление символьных данных в компьютере полностью определяется особенностями построения этих кодовых таблиц.

Бурное развитие сетевых технологий, в частности Internet, привело к интеграции очень многих технических, программных и информационных систем с большим количе-

Описание формы каждого символа хранится в специальной памяти дисплея – знакогенераторе.

Высвечивание символа на экране дисплея IBM PC осуществляется с помощью точек, образующих символьную матрицу. Этот процесс представлен на рис. 6.

Рис. 6. Пример формирования символа на экране дисплея



Каждый пиксел в такой матрице является элементом изображения и может быть ярким или темным. Темная точка кодируется цифрой 0, светлая (яркая) – 1.

Если изображать в матричном поле знака темные пиксели точкой, а светлые – звездочкой, то можно графически изобразить форму символа.

Появление операционной среды Windows с графическим интерфейсом потребовало изменение стандарта и введения другой кодовой таблицы ANSI (American National Standard Institute – институт стандартизации США). Графический интерфейс Windows реализует векторный принцип отображения данных на экране дисплея, что позволяет использовать масштабируемые шрифты True Type. По сравнению с таблицей ASCII в ANSI изменилось размещение символов и отсутствуют символы псевдографики, так как в графическом интерфейсе они не нужны. Учитывая успех фирмы Microsoft в продажах на российском рынке своего программного обеспечения, фирмой была разработана русская кодовая страница CP-1251 (Windows-1251), получившая широкое признание и ставшая стандартом de facto.

Кодировка ISO-8859 (кодировка фирмы Sun), хотя и принята в качестве ГОСТа, но практически в стандартных приложениях не используется.

Обилие кодовых страниц привело к трудностям адекватного воспроизведения текстовой информации, разработке различных программ-перекодировщиков. Сообщество фирм Unicode предложило новую систему кодирования, основанную на 16-разрядном кодировании символов. В двухбайтовом представлении отпадает необходимость использования отдельных кодовых таблиц и их перекодировок. Таблица Unicode позволяет дать уникальный номер любому символу всех национальных алфавитов ($2^{16}=65536$ символов). Для компенсации возрастающих объемов памяти под программные продукты, представленные в Unicode, при хранении и пересылках файлов используются процедуры «сжатия» (архивации) данных. Этот стандарт приобретает все большую популярность.

Представление графических данных. Методы кодирования графики и цвета во многом определяются способами передачи цвета и его оттенков (полутонов). Для фор-

мирования цвета отдельных пикселей используется его декомпозиция на составляющие цвета. Имеется несколько подобных систем:

- основная система RGB (Red, Green, Blue) использует разложение цвета и смешение трех цветов: красного, зеленого и синего в различных пропорциях;
- дополнительная (альтернативная) система CMY (Cyan, Magenta, Yellow) предполагает смешение голубого, пурпурного и желтого цветов;
- полиграфическая CMYK, использующая добавление к предыдущей системе четвертого цвета – черного (black).

Если для передачи оттенков (полутонов) каждого из основных цветов использовать один байт ($2^8 = 256$ градаций), то имеется возможность формировать $2^8 \times 2^8 \times 2^8 = 2^{24}$ различных цветов, более $16,77 \times 10^6$ цветов для первых двух систем и более 4×10^9 для полиграфической системы. Такой режим представления графики называется полноцветным – True Color.

Статические кадры с графикой служат основой для создания анимационных систем. В современных высококачественных мониторах и в телевизорах с цифровым управлением электронно-лучевой трубкой цветные кадры с графикой сменяются до 70 раз и более в секунду, что позволяет высококачественно передавать движение объектов.

Высокое качество передачи графических образов и видеоинформации сопряжено с повышенным потреблением ресурсов памяти. Поэтому разработан целый ряд стандартов, создающих файлы в форматах *.bmp, *.jpg, *.png и др. Различие всех этих стандартов и файлов заключается в качестве (точности) передачи образов и объемах создаваемых файлов.

Представление звуковой информации. Кодирование аудиоинформации – процесс более сложный. Изначально аудиоинформация является аналоговой. Для преобразования ее в цифровую форму используют аппаратные средства – аналого-цифровые преобразователи (АЦП), в результате работы которых аналоговый сигнал оцифровывается, то есть представляется в виде числовой последовательности. Для вывода оцифрованного звука на аудиоустройства необходимо проводить обратное преобразование, которое осуществляется с помощью цифро-аналоговых преобразователей (ЦАП).

Одним из самых популярных стандартов для передачи и воспроизведения звука был и остается МРЗ, обеспечивающий компактность МРЗ-файлов, высокое качество звука и простоту использования. Однако держатели патентов корпорация Thomson и Fraunhofer Institut ввели новый платный порядок использования стандарта, что немедленно вызвало разработку альтернативных бесплатных стандартов.

1.6. Вычислительные системы

1.1.6. Классификация вычислительных систем

В связи с кризисом классической структуры компьютера дальнейшее поступательное развитие вычислительной техники напрямую связано с переходом к параллельным вычислениям, с идеями построения многопроцессорных систем и сетей, объединяющих большое количество отдельных процессоров и (или) компьютеров. Здесь появляются огромные возможности совершенствования средств вычислительной техники. Но следует отметить, что при несомненных практических достижениях в области параллельных вычислений, до настоящего времени отсутствует их единая теоретическая база.

Термин «*вычислительная система*» появился в начале – середине 60-х годов с появлением ЭВМ третьего поколения. Это время знаменовалось переходом на новую элементную базу – интегральные схемы. Следствием этого явилось появление новых решений, как в структуре используемых вычислительных средств, так и в методах управления ими.

Отражая эти новшества, и появился термин «вычислительная система». Он не имеет единого толкования в литературе, его часто даже используют применительно к однопроцессорным компьютерам. Однако общим здесь является подчеркивание возможности построения параллельных ветвей в вычислениях, что не предусматривалось классической структурой ЭВМ.



Определение

Под *вычислительной системой* (ВС) будем понимать совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих процессоров или ЭВМ, периферийного оборудования и программного обеспечения, предназначенную для сбора, хранения, обработки и распределения информации.

Отличительной особенностью ВС по отношению к ЭВМ является наличие в них нескольких вычислителей, реализующих параллельную обработку. Создание ВС преследует следующие основные цели: повышение производительности системы за счет ускорения процессов обработки данных, повышение надежности и достоверности вычислений, предоставление пользователям дополнительных сервисных услуг и т.д.

Самыми важными предпосылками появления и развития вычислительных систем служат экономические факторы. Анализ характеристик ЭВМ различных поколений показал, что в пределах интервала времени, характеризующегося относительной стабильностью элементной базы, связь стоимости и производительности ЭВМ выражается квадратичной зависимостью – «законом Гроша»:

$$C_{эвм} = K_1 \times P^2_{эвм}.$$

Построение вычислительных систем позволяет существенно сократить затраты, так как для них существует линейная формула:

$$C_{вс} = K_2 \times \sum_{i=1}^n P_i,$$

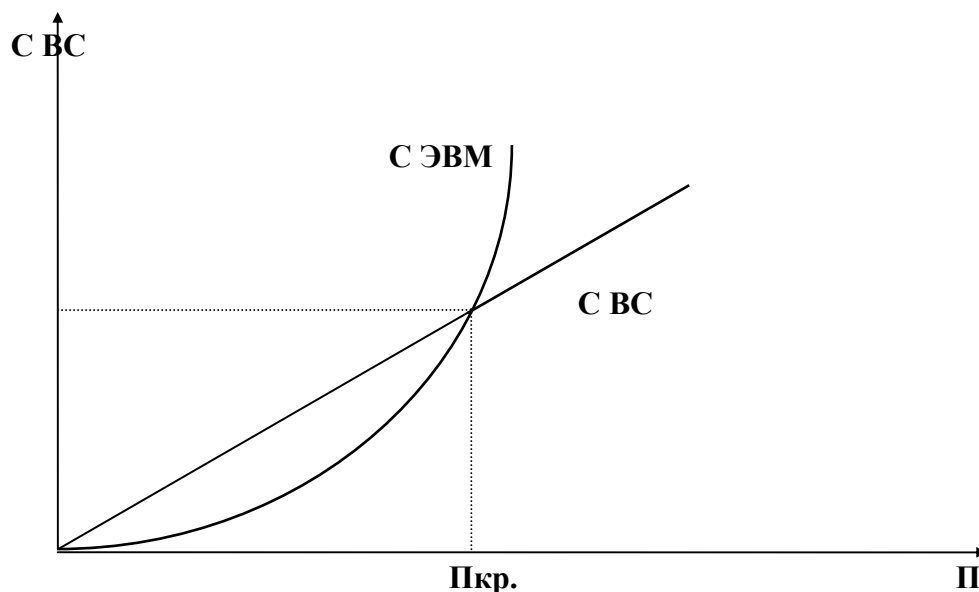
где $C_{эвм}$, $C_{вс}$ – соответственно стоимость ЭВМ и ВС;

K_1 и K_2 – коэффициенты пропорциональности, зависящие от технического уровня развития вычислительной техники;

$P_{эвм}$, P_i – производительность ЭВМ и i -го из n комплектующих вычислителей (ЭВМ или процессоров).

На рис. 7 представлены графики изменения стоимости вычислений для ЭВМ и ВС. Для каждого поколения ЭВМ и ВС существует критический порог сложности решаемых задач $P_{кр}$, после которого применение автономных ЭВМ становится экономически невыгодным, неэффективным. Критический порог определяется точкой пересечения двух приведенных зависимостей.

Рис. 7. Зависимость стоимости $C_{ВС}$ и $C_{ЭВМ}$ от производительности



Кроме выигрыша в стоимости следует учитывать и дополнительные преимущества. Наличие нескольких вычислителей в системе позволяет совершенно по-новому решать проблемы надежности, достоверности результатов обработки, резервирования, централизации хранения и обработки данных, децентрализации управления и т.д.

В настоящее время накоплен большой практический опыт в разработке и использовании ВС самого разнообразного применения. Эти системы очень сильно отличаются друг от друга своими возможностями и характеристиками. Различия наблюдаются уже на уровне структуры.

Существует большое количество признаков, по которым классифицируют вычислительные системы: по целевому назначению и выполняемым функциям, по типам и числу ЭВМ или процессоров, по архитектуре системы, режимам работы, методам управления элементами системы, степени разобщенности элементов вычислительной системы и др. Однако основными из них являются признаки структурной и функциональной организации вычислительной системы.

По назначению вычислительные системы делят на универсальные и специализированные. *Универсальные ВС* предназначаются для решения самых различных задач. *Специализированные системы* ориентированы на решение узкого класса задач.

По типу вычислительные системы разделяются на многомашинные и многопроцессорные ВС. *Многомашинные вычислительные системы (ММС)* появились исторически первыми. Основные различия ММС заключаются, как правило, в организации связи и обмене информацией между ЭВМ комплекса. Каждая из них сохраняет возможность автономной работы и управляется собственной ОС. Любая другая подключаемая ЭВМ комплекса рассматривается как периферийное специальное оборудование. В зависимости от территориальной разобщенности ЭВМ и используемых средств сопряжения обеспечивается различная оперативность их информационного взаимодействия.

Многопроцессорные системы (МПС) строятся при объединении нескольких процессоров. В качестве единого ресурса они имеют оперативную память (ООП). Параллельная работа процессоров и использование ООП обеспечивается под управлением единой операционной системы. По сравнению с ММС здесь достигается наивысшая оперативность

взаимодействия вычислителей-процессоров. Многие исследователи считают, что использование МПС является основным магистральным путем развития вычислительной техники новых поколений [25, 28].

Однако МПС имеет и существенные недостатки. Они, в первую очередь, связаны с ресурсами ООП. При большом количестве комплексируемых процессоров возможно возникновение конфликтных ситуаций, когда несколько процессоров обращаются с операциями типа «чтение» и «запись» к одним и тем же областям памяти. Помимо процессоров к ООП также подключаются все каналы (процессоры ввода-вывода), средства измерения времени и т.д. Поэтому вторым серьезным недостатком МПС является проблема коммутации абонентов и доступа их к ООП. От того, насколько удачно решаются эти проблемы, и зависит эффективность применения МПС. Это решение должно обеспечиваться аппаратурно-программными средствами. Процедуры взаимодействия очень усложняют структуру ОС МПС. Накопленный опыт построения подобных систем показал, что они эффективны при небольшом числе комплексируемых процессоров.

По типу ЭВМ или процессоров, используемых для построения ВС, различают однородные и неоднородные системы. *Однородные системы* предполагают объединение однотипных ЭВМ (процессоров), неоднородные – разнотипных. В однородных системах значительно упрощается разработка и обслуживание технических и программных (в основном ОС) средств. В них обеспечивается возможность стандартизации и унификации соединений и процедур взаимодействия элементов системы.

По степени территориальной разобщенности вычислительных модулей ВС делятся на системы совмещенного (сосредоточенного) и распределенного (разобщенного) типов. Обычно такое деление касается только ММС. Многопроцессорные системы относятся к системам совмещенного типа. Более того, учитывая успехи микроэлектроники, это совмещение может быть очень глубоким. При появлении новых СБИС появляется возможность иметь в одном кристалле несколько параллельно работающих процессоров.

По методам управления элементами ВС различают *централизованные, децентрализованные и со смешанным управлением*. Помимо параллельных вычислений, производимых элементами системы, необходимо выделять ресурсы на обеспечение управления этими вычислениями. В *централизованных ВС* за это отвечает главная, или диспетчерская ЭВМ (процессор). Ее задачей является распределение нагрузки между элементами, выделение ресурсов, контроль состояния ресурсов, координация взаимодействия. Централизованный орган управления в системе может быть жестко фиксирован или эти функции могут передаваться другой ЭВМ (процессору), что способствует повышению надежности системы. Централизованные системы имеют более простые ОС. В *децентрализованных системах* функции управления распределены между ее элементами. Каждая ЭВМ (процессор) системы сохраняет известную автономию, а необходимое взаимодействие между элементами устанавливается по специальным наборам сигналов. С развитием ВС и, в частности, сетей ЭВМ, интерес к децентрализованным системам постоянно растет.

В *системах со смешанным управлением* совмещаются процедуры централизованного и децентрализованного управления. Перераспределение функций осуществляется в ходе вычислительного процесса, исходя из сложившейся ситуации.

По принципу закрепления вычислительных функций за отдельными ЭВМ (процессорами) различают системы с *жестким и плавающим закреплением функций*. В зависимости от типа ВС следует решать задачи статического или динамического размещения программных модулей и массивов данных, обеспечивая необходимую гибкость системы и надежность ее функционирования.

По режиму работы ВС различают системы, работающие в *оперативном и неоперативном временных режимах*. Первые, как правило, используют режим реального времени. Этот режим характеризуется жесткими ограничениями на время решения задач в системе и предполагает высокую степень автоматизации процедур ввода-вывода и обработки данных.

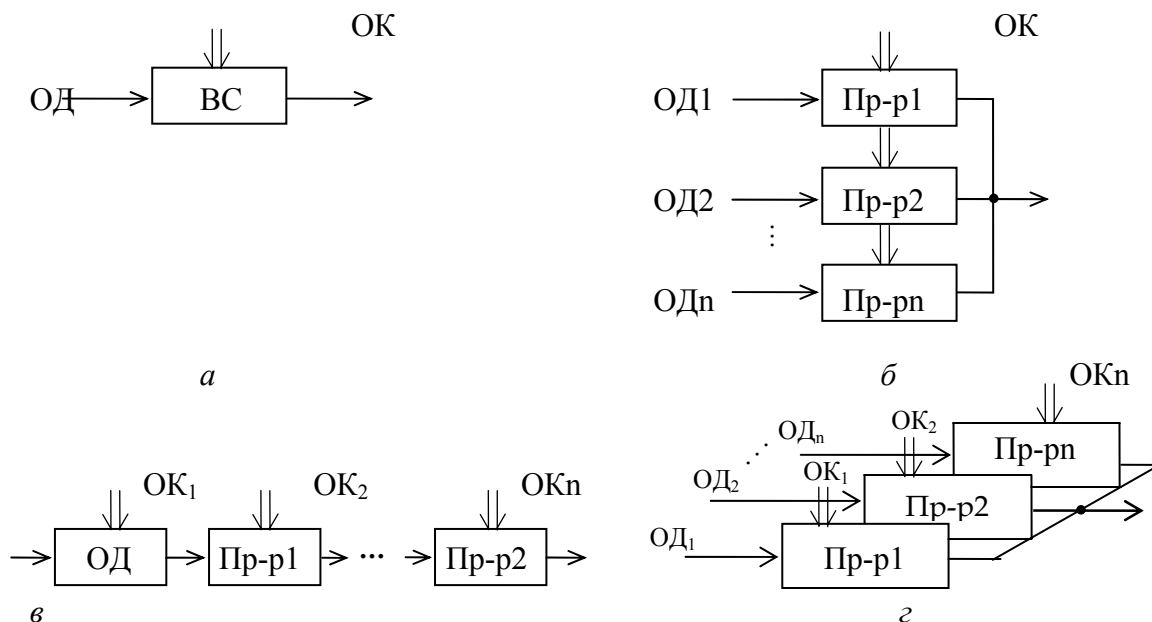
1.6.2. Архитектура вычислительных систем

Основным отличием ВС от компьютеров является наличие в их структурах нескольких вычислителей (компьютеров или процессоров). Поэтому они способны выполнять параллельные вычисления.

Поскольку ВС появились как параллельные системы, то рассмотрим классификацию архитектур с этой точки зрения. Такая классификация архитектур была предложена М. Флинном в начале 60-х годов. В ее основу заложено два возможных вида параллелизма: *независимость потоков заданий (команд)*, существующих в системе, и *независимость (несвязанность) данных*, обрабатываемых в каждом потоке. Согласно данной классификации существует четыре основных архитектуры ВС, представленных на рис. 8:

1. *одинокый поток команд – однокый поток данных (ОКОД)*, в английской аббревиатуре Single Instruction Single Data, SISD – однокый поток инструкций – однокый поток данных;
2. *одинокый поток команд – множественный поток данных (ОКМД)*, или Single Instruction Multiple Data, SIMD – однокый поток инструкций – однокый поток данных;
3. *множественный поток команд – однокый поток данных (МКОД)*, или Multiple Instruction Single Data, MISD – множественный поток инструкций – множественный поток данных;
4. *множественный поток команд – множественный поток данных (МКМД)*, или Multiple Instruction Multiple Data, MIMD – множественный поток инструкций – множественный поток данных.

Рис. 1.1.9. Архитектура ВС: а– ОКОД (SISD) – архитектура; б– ОКМД (SIMD) – архитектура; в– МКОД (MISD) – архитектура; г– МКМД (MIMD) – архитектура



Архитектура ОКОД охватывает все однопроцессорные и одномашинные варианты систем, то есть системы с одним вычислителем. Все ЭВМ классической структуры попадают в этот класс. Здесь параллелизм вычислений обеспечивается путем совмещения выполнения операций отдельными блоками АЛУ, а также параллельной работой устройств ввода-вывода информации и процессора. Закономерности организации вычислительного процесса в этих структурах достаточно хорошо изучены.

Архитектура ОКМД предполагает создание структур векторной или матричной обработки. Системы этого типа обычно строятся как однородные: процессорные элементы, входящие в систему, идентичны, и все они управляются одной и той же последовательностью команд. Однако каждый процессор обрабатывает свой поток данных. Под эту схему хорошо подходят задачи обработки матриц или векторов (массивов), задачи решения систем линейных и нелинейных, алгебраических и дифференциальных уравнений, задачи теории поля и др. В структурах данной архитектуры желательно обеспечивать соединения между процессорами, соответствующие реализуемым математическим зависимостям. Как правило, эти связи напоминают матрицу, в которой каждый процессорный элемент связан с соседними. Векторный или матричный тип вычислений является необходимым атрибутом любой суперЭВМ.

Архитектура МКОД предполагает построение своеобразного процессорного конвейера, в котором результаты обработки передаются от одного процессора к другому по цепочке. Выгоды такого вида обработки понятны. Однако в большинстве алгоритмов очень трудно выявить подобный, регулярный характер в вычислениях. Кроме того, на практике нельзя обеспечить и «большую длину» такого конвейера, при которой достигается наивысший эффект. Вместе с тем конвейерная схема нашла применение в так называемых скалярных процессорах суперЭВМ, в которых они применяются как специальные процессоры для поддержки векторной обработки.

Архитектура МКМД предполагает, что все процессоры системы работают с различными программами и с индивидуальным набором данных. В простейшем случае они могут быть автономны и независимы. Такая схема использования ВС часто применяется на многих крупных вычислительных центрах для увеличения пропускной способности центра.

Построение вычислительной системы любого типа предполагает, что модули, объединяемые в систему, должны быть совместимы. Понятие совместимости включает три аспекта: аппаратный, или технический, программный и информационный. **Техническая (HardWare) совместимость** предусматривает выполнение следующих условий:

- подключаемая друг к другу аппаратура должна иметь единые стандартные, унифицированные средства соединения: кабели, число проводов в них, единое назначение проводов, разъемы, заглушки, адаптеры, платы и т.д.;
- параметры электрических сигналов, которыми обмениваются технические устройства, должны соответствовать друг другу: амплитуды импульсов, полярность, длительность и т.д.;
- алгоритмы взаимодействия (последовательности сигналов по отдельным проводам) не должны вступать в противоречие друг с другом.

Последний пункт тесно связан с программной совместимостью. **Программная совместимость (SoftWare)** требует, чтобы программы, передаваемые из одного технического средства в другое (между ЭВМ, процессорами, между процессорами и внешними устройствами) были правильно поняты и выполнены другим устройством.

Если обменивающиеся устройства идентичны друг другу, то проблем обычно не возникает. Если взаимодействующие устройства относятся к одному и тому же семейству ЭВМ, но стыкуются разные модели, то совместимость обеспечивается «снизу-вверх», то есть ранее созданные программы должны выполняться и на новейших моделях, но не наоборот. Если же стыкуемая аппаратура имеет совершенно разную систему команд, то следует обмениваться исходными модулями программ с последующей их трансляцией.

Информационная совместимость предполагает, что передаваемые информационные массивы будут одинаково интерпретироваться стыкуемыми модулями ВС. Должны быть стандартизированы алфавиты, разрядность, форматы, структура и разметка файлов, томов и т.д.

1.6.3. Типовые структуры вычислительных систем

Классификация уровней программного параллелизма включает в себя шесть позиций:

- независимые задания,
- отдельные части заданий, программы и подпрограммы,
- циклы и итерации,
- операторы и команды,
- фазы отдельных команд.

Для каждой из них имеются специфические свойства параллельной обработки, апробированные в различных структурах вычислительных систем. Заметим, что данный перечень совершенно не затрагивает этапы выбора алгоритмов решения, на которых могут анализироваться альтернативные алгоритмы (а значит и программы), дающие различные результаты.

Для каждого вида параллельных работ имеются структуры вычислительных средств, используемые в различных вычислительных системах. Верхние три уровня, включающие независимые задания, шаги или части заданий и отдельные программы, имеют единое средство параллельной обработки – мультипроцессирование, то есть многопроцессорные вычислительные системы, относящиеся к архитектуре МКМД. Программные циклы и итерации требуют использования векторной обработки (архитектура ОКМД). Операторы и команды, выполняемые ЭВМ, ориентированы на многофункциональную обработку (МКОД). Параллельная обработка фаз последовательно выполняемых команд приводит к организации конвейера команд, что реализовано во всех современных ЭВМ, включая ПК.

Рассмотрим возможные структуры вычислительных систем, которые обеспечивают перечисленные виды программного параллелизма.

ОКОД – структуры. Однопроцессорные структуры ВС

Можно перечислить много улучшений классической структуры ЭВМ, ставших в настоящее время определенными стандартами при построении новых ЭВМ: иерархическое построение памяти ЭВМ, появление сверхоперативной памяти и кэш-памяти, относительная и косвенная адресация памяти, разделение процессов ввода-вывода и обработки задач, появление систем прерывания и приоритетов и т.д.

Этому также способствовали успехи последних лет в микроэлектронике и системотехнике. Большие интегральные схемы (БИС), к которым относятся все современные микропроцессоры, аккумулируют в своем составе самые последние достижения, способствующие увеличению быстродействия и производительности компьютера. Очень многие аппаратные идеи и схемы заимствованы из структур ранних поколений, включая большие ЭВМ и даже суперЭВМ. В аппаратуру серверов и ПК все больше внедряются решения, связанные с параллельными вычислениями, что делает их по существу вычислительными системами.

Например, раньше только суперЭВМ объединяли в своем составе суперскалярную и векторную (матричную) обработку. Теперь же эти свойства характерны практически для всех современных микропроцессоров различных производителей (Pentium IV фирмы Intel, Athlon – фирмы AMD, Alpha фирмы Dell, Ultra Spark – фирмы Sun, PA-RISC фирмы Hewlett Packard, Power PC фирмы IBM, MIPS фирмы SGI и др.).



Определение

Если компьютер способен одновременно выполнять несколько последовательных команд программы, то он называется ***суперскалярным***.

Суперскалярность обычно присуща *RISC-процессорам* (Reduced Instruction Set Computing, то есть процессорам с сокращенным набором команд.). Процессоры этого класса имеют значительно больший состав регистров общего назначения – регистров сверхоперативной памяти, что и определяет улучшенные возможности параллельной работы последовательности команд программы.

К RISC-архитектуре традиционно относят микропроцессоры фирм AMD и Dell. Упрощенный состав операций микропроцессора обеспечивает более простое построение его ядра и соответственно повышенную скорость работы. В RISC-структурах основу системы команд составляют наиболее употребительные, «короткие» операции типа алгебраического сложения. Сложные операции выполняются как подпрограммы, состоящие из простых операций. Это позволяет значительно упростить внутреннюю структуру процессора, уменьшить фазы дробления конвейерной обработки и увеличить частоту работы конвейера. Но здесь необходимо отметить, что за эффект приходится расплачиваться усложнением процедур обмена данными между регистрами сверхоперативной памяти и кэш-памяти с оперативной памятью.

Микропроцессоры фирмы Intel изначально относились к *CISC-процессорам* (Complete Instruction Set Computing – вычисления с полной системой команд). В компьютерах этой группы большую долю команд составляют команды типа «память-память», в которых операнды и результаты операций находятся в оперативной памяти. Время обращения к памяти и время вычислений соотносится примерно 5:1. В RISC-машинах с большой сверхоперативной памятью большой удельный вес составляют операции «регистр-регистр», и отношение времени обращения к памяти к времени вычислений составляет 2 к 1 [25].

Эволюция микропроцессоров показывает, что постепенно оба направления начинают сближаться, что и в схемах Pentium'ов последних выпусков отчетливо формируется RISC-ядро и расширяется сверхоперативная память. Однако испытания самых мощных микропроцессоров фирм Intel и AMD показали, что ядро Athlon примерно в два раза быстрее, чем у Pentium, но более медленная (примерно вдвое) кэш-память.

Суперскалярность затрагивает и организацию конвейера последовательно выполняемых команд: формирование адреса команды, выбор команды, формирование адресов и выбор операндов, выполнение команды, запись результата. Однако примитивная организация памяти компьютеров (память линейна и одномерна) не позволяет организовывать длинные и эффективные конвейеры. Линейные участки современных программ редко превышают 10-15 последовательно выполняемых команд. Поэтому конвейер часто перезапускается, что сильно снижает производительность компьютера в целом.

Многофункциональная обработка также нашла свое место при построении компьютеров. Например, даже в ПК, построенных на микропроцессорах Athlon и Pentium, могут включаться специализированные средства обработки: умножители, делители, сопроцессоры или блоки десятичной арифметики, сопроцессоры обработки графической и аудио-информации и др. Все они совместно с центральным процессором компьютера создают своеобразные микроконвейеры, целью которых является повышение скорости вычислений.

Другой модификацией классической структуры ЭВМ являются VLIW-компьютеры (Very Large Instruction Word – очень длинное командное слово). Компьютеры этого типа выбирают из памяти суперкоманды, включающие несколько команд программы. Здесь возможны варианты.

В самом простом случае это приводит к появлению буфера команд (кэш-команд) с целью ускорения конвейера операций. По этому принципу работает кэш-память 1-го уровня, часть которой используется для ускоренной выборки команд, а другая – для данных. В более сложных случаях в состав суперкоманд стараются включать параллельные

команды, несвязанные общими данными. Если процессор ЭВМ при этом построен из функционально независимых устройств (устройства алгебраического сложения, умножения, сопроцессоры), то в этом случае обеспечивается максимальный эффект работы ЭВМ. Но это направление связано с кардинальной перестройкой процессов трансляции и исполнения программ. Здесь значительно усложняются средства автоматизации программирования.

VLIW-компьютеры могут выполнять суперскалярную обработку, то есть одновременно выполнять две или более команды. В целом ряде структур суперЭВМ использовалась эта идея. Отметим, что и в Pentium последних выпусков имеется возможность выполнения до десятка команд одновременно. Эта реализация имеет две цели:

- уменьшение отрицательного влияния команд деления вычислительного процесса путем выполнения независимых команд двух различных ветвей программы. При этом в какой-то степени исключаются срывы конвейера в обработке команд программы;
- одновременное выполнение нескольких команд (независимых по данным и регистрам их хранения), например, команд пересылки и арифметических операций.

Векторная или матричная обработка предполагает обработку одной командой нескольких комплектов операндов. Внутри одной архитектуры начинают просматриваться черты другой. Подобные команды относятся к архитектуре SIMD (Single Instruction – Multiple Data, одиночный поток команд – множественный поток данных). Истоки этой технологии можно обнаружить в операциях работы со строковыми (символьными) данными. Векторные процессоры имелись у всех суперЭВМ. В современных компьютерах, построенных на микропроцессорах, этот вид обработки реализован своеобразно.

Он получил название MMX- и SSE-технологий. Их введение связано с ориентацией на работу с видео-, аудио- и графической информацией. В приложениях с этими типами данных очень велика доля циклов, участков программ, повторяемых многократно. Занимая примерно 10% от объема всего приложения, на их выполнение может уйти до 90% общего времени выполнения [14]. Включение операций, относящихся к SIMD, позволяет значительно ускорить вычисления.

Технология MMX появилась в 1997 году в микропроцессорах Pentium II. В зависимости от контекста она расшифровывается как multi-media extensions (мультимедийные расширения) или как matrix math extensions (матричные математические расширения), что не особенно противоречит друг другу, если учесть, что операции этой группы работают с целыми числами.

MMX включает 57 различных команд, позволяющих выполнять следующие операции над несколькими операндами с изменяемыми форматами данных:

- арифметические операции типа сложения, вычитания, умножения и комбинация операций умножения и сложения;
- сравнение данных на равенство и по величине;
- преобразование форматов данных;
- логические операции над 64-битовыми операндами;
- пересылку данных между регистрами MMX, между регистрами MMX и регистрами CPU (центральный процессор), регистрами MMX и памятью;
- очистку и подготовку регистров MMX.

В качестве операндов этих новых операций можно использовать:

- упакованные байты (Packed byte) – 8 байтов;
- упакованные слова (Packed word) – четыре слова по 16 разрядов;
- упакованные двойные слова (Packed doubleword) – два двойных слова по 32 разряда;
- учетверенное слово (Quadword) – 64-битное слово.

Таким образом, одна команда MMX может одновременно обрабатывать 1, 2, 4 и 8 операндов различной разрядности. Для выполнения новых операций фирма Intel решила использовать в своих микропроцессорах блок плавающей арифметики FPU (Floating

Point Unit). Место размещения операндов – младшие 64 разряда регистров MMX0-MMX7 (80-разрядные регистры FPU). Совмещение регистров MMX и FPU создавало ограничения на чередование команд MMX и FPU. Иногда приходилось сохранять, а затем восстанавливать состояния регистров разных приложений. Кроме того, выигрыш от применения операций MMX уменьшался за счет необходимости предварительной упаковки и последующей распаковки данных.

При появлении следующих поколений микросхем Pentium (Pentium III – 1999 г. и т.д.) было проведено обновление технологии MMX. Предварительно оно получило название MMX-2, а затем SSE (Streaming SIMD eXtensions – потоковые расширения SIMD). В новые модели микропроцессоров был введен новый блок из восьми 128-разрядных регистров XMM (eXtended Multi Media). Операции с плавающей точкой аппаратно были полностью отделены от мультимедийных данных. Количество операций SSE было расширено на 70 новых инструкций в дополнение к существующим MMX.

Новый комплекс операций позволял эффективнее работать с данными мультимедиа. Новый формат регистров обеспечивал расширение числа операндов, одновременно обрабатываемых одной командой, и лучше соответствовал 80-битным стандартам MPEG-2, ускоряя вычисления.

В микропроцессоре Pentium IV он получил очередное расширение, получившее название SSE-2. Изменения определялись в основном введением новых типов 128-битных операндов:

- упакованных пар вещественных чисел двойной точности;
- упакованных целых чисел: 16 байт, 8 слов, 4 двойных слова по 32 разряда, 2 учетверенных слова по 64 разряда.

Все регистры можно использовать как в векторных, так и в скалярных инструкциях. Часть инструкций предназначена для управления эффективной работой кэш-память.

При появлении технологии MMX фирмы AMD и Cyrix (Via) лицензировали у Intel, переработали и стали использовать аналогичные решения в своих разработках. Первая реализация в K6-2 микропроцессорах фирмы AMD получила название 3Dnow!. Здесь была введена 21 инструкция для мультимедийных типов данных. В процессорах следующих поколений Athlon и Duron набор инструкций 3Dnow! претерпел изменение и был дополнен еще 5 операциями для обработки чисел с плавающей точкой и 19 операциями, аналогичными наборам SSE.

Увеличение в структурах процессоров числа регистров и объема быстродействующей кэш-памяти первого уровня позволяет осуществить параллельную обработку нескольких независимых друг от друга команд (Explicitly Parallel Instruction Computing, EPIC).

Выпуск в конце 2002 г. нового процессора Pentium IV с тактовой частотой 3,06 ГГц, поддерживающего Hyper-Threading, то есть реализацию в одном физическом процессоре нескольких логических стал одним из впечатляющих достижений Intel. Это позволяет при задержках обработки одной программы (трейда – нити, подзадачи) переключаться на выполнение команд другой программы¹. Для осуществления этого потребовалось увеличить число транзисторов ядра микропроцессора на 5 %, и получить выигрыш, соизмеримый с 30-процентным увеличением кэш-памяти. Новые микропроцессоры предполагается использовать не только в серверах, но и в настольных ПК.

Многопроцессорные структуры ВС

ОКМД – структуры. Для реализации программного параллелизма, включающего циклы и итерации, используются матричные или векторные структуры. В них эффективно решаются задачи матричного исчисления, задачи решения систем алгебраических

¹ <http://www.homepc.ru/offlini/2002/78/22520/>

и дифференциальных уравнений, задачи теории поля, геодезические задачи, задачи аэродинамики. Теоретические проработки подобных структур относятся к концу 50-60-м гг. Данные структуры очень хорошо зарекомендовали себя при решении перечисленных задач, но они получились очень дорогими по стоимости и эксплуатации. Кроме того, в тех случаях когда структура параллелизма отличалась от матричной, возникает необходимость передачи данных между процессорами через коммутаторы. При этом эффективность вычислений резко снижается. Подобные структуры могут использоваться как сопроцессоры в системах будущих поколений.

МКОД-структуры большой практической реализации не получили. Задачи, в которых несколько процессоров могли эффективно обрабатывать один поток данных, в науке и технике неизвестны. С некоторой натяжкой к этому классу можно отнести фрагменты многофункциональной обработки, например, обработку на разных процессорах команд с фиксированной и плавающей точкой.

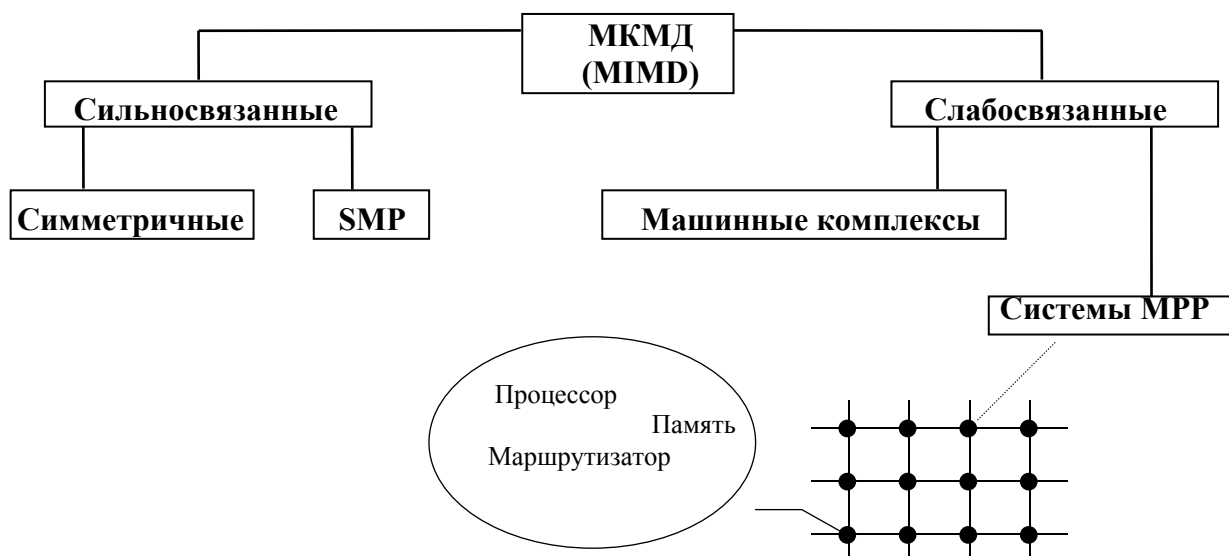
Как фрагмент такой структуры, можно рассматривать локальную сеть персональных компьютеров, работающих с единой базой данных, но, скорее всего, это частный случай использования МКМД-структуры.

МКМД-структуры являются наиболее интересным классом структур вычислительных систем. После разочарований в структурах суперЭВМ, основанных на различном сочетании векторной и конвейерной обработки, усилия теоретиков и практиков сосредоточены на этом направлении.

Уже из названия МКМД-структур видно, что в данных системах можно найти все перечисленные виды параллелизма. Этот класс дает большое разнообразие структур, сильно отличающихся друг от друга своими характеристиками (рис. 9).

Важную роль здесь играют способы взаимодействия компьютеров или процессоров в системе. В *сильно связанных системах* достигается высокая оперативность взаимодействия процессоров посредством общей оперативной памяти. При этом пользователь имеет дело с многопроцессорной организацией. Наиболее простыми по строению и организации функционирования являются *однородные, симметричные структуры*. Они обеспечивают простоту подключения процессоров и не требуют очень сложных централизованных операционных систем, размещаемых на одном из процессоров.

Рис. 9. Типовые структуры ВС в МКМД-классе



Однако при построении таких систем возникает много проблем с использованием общей оперативной памяти. Число объединяемых процессоров не может быть велико, оно не превышает 16. Для уменьшения числа обращений к памяти и конфликтных ситуаций может использоваться многоблочное построение ОП, функциональное закрепление отдельных блоков за процессорами, снабжение комплексируемых процессоров собственной памятью типа кэш. Но все эти методы не решают проблемы повышения производительности ВС в целом. Аппаратурные затраты при этом существенно возрастают, а производительность систем увеличивается незначительно.

Появление мощных микропроцессоров типа Pentium привело к экспериментам по созданию многопроцессорных систем на их основе. Так, для включения мощных серверов в локальные сети персональных компьютеров была предложена несколько измененная структура использования ООП – SMP (Shared Memory multiProcessing – мультипроцессирование с разделением памяти). На общей шине оперативной памяти можно объединить несколько микропроцессоров.

Слабосвязанные МКМД-системы могут строиться как многомашинные комплексы или использовать в качестве средств передачи информации общее поле внешней памяти на дисковых накопителях большой емкости.

Невысокая оперативность взаимодействия заранее предопределяет ситуации, в которых число межпроцессорных конфликтов при обращении к общим данным и друг к другу было бы минимальным. Для этого необходимо, чтобы компьютеры комплекса обменивались друг с другом с небольшой частотой, обеспечивая автономность процессов (программы и данные к ним) и параллелизм их выполнения. Только в этом случае обеспечивается надлежащий эффект. Эти проблемы решаются в компьютерных сетях.

Успехи микроинтегральной технологии и появление БИС и СБИС позволяют расширить границы и этого направления. Можно построить системы с десятками, сотнями и даже тысячами процессорных элементов, размещая их в непосредственной близости. Если каждый процессор системы имеет собственную память, то он также будет сохранять известную автономию в вычислениях. Считается, что именно такие системы займут доминирующее положение в мире компьютеров ближайших 10-15 лет. Подобные ВС получили название *систем с массовым параллелизмом* (Mass-Parallel Processing, MPP)

Все процессорные элементы в таких системах должны быть связаны единой коммутационной средой. Нетрудно видеть, что здесь возникают проблемы, аналогичные ОКМД системам, но на новой технологической основе.

Передача данных в MPP – системах предполагает обмен не отдельными данными под централизованным управлением, а подготовленными процессами (программами вместе с данными). Этот принцип построения вычислений уже не соответствует принципам программного управления классической ЭВМ. Передача данных процесса по его готовности больше соответствует принципам построения «поточковых машин» (машин, управляемых потоками данных). Подобный подход позволяет строить системы с громадной производительностью и реализовывать проекты с любыми видами параллелизма, например, перейти к «систолическим вычислениям» с произвольным параллелизмом. Однако, для этого необходимо решить целый ряд проблем, связанных с описанием и программированием коммутаций процессов и управления ими. Математическая база этой науки в настоящее время практически отсутствует.

1.6.4. Кластеры

Вычислительные системы, как мощные средства обработки заданий пользователей, широко используются не только автономно, но и в сетях ЭВМ в качестве серверов.

С увеличением размеров сетей и их развитием возрастают плотности информационных потоков, нагрузка на средства доступа к сетевым ресурсам и на средства обработки заданий. Круг задач, решаемый серверами, постоянно расширяется, становится многообразным и сложным. Чем выше ранг сети, тем более специализированными они становятся. Администраторы сетей должны постоянно наращивать их мощь и количество, оптимизируя характеристики сети под возрастающие запросы пользователей.

В сетях первых поколений серверы строились на основе больших и очень дорогих ЭВМ (mainframe), выпускаемых целым рядом компаний: Digital Equipment, Tandem, влившихся в корпорацию Compaq, IBM, Hewlett-Packard. Все они работали под управлением ОС Unix и способны были объединяться для совместной работы.

Как и во всякой развивающейся технологии, сложные универсальные серверы различных фирм-изготовителей должны были уступить место стандартным массовым решениям. Успехи микроэлектроники, повсеместное применение ПК, широкое распространение Internet/Intranet-технологий позволили перейти к более простым и дешевым системам, например, на основе платформы Wintel. Опыт создания серверов на основе SMP- и MPP-структур показал, что они не обеспечивают хорошей адаптации к конкретным условиям функционирования, остаются дорогими и сложными в эксплуатации.



Определение

Одним из перспективных направлений здесь является **кластеризация**, то есть технология, с помощью которой несколько серверов, сами являющиеся вычислительными системами, объединяются в единую систему более высокого ранга для повышения эффективности функционирования системы в целом.

Целями построения кластеров служат:

- улучшение масштабируемости (способность к наращиванию мощности);
- повышение надежности и готовности системы в целом;
- увеличение суммарной производительности;
- эффективное перераспределение нагрузок между компьютерами кластера;
- эффективное управление и контроль работы системы и т.п.

Улучшение масштабируемости, или способность к наращиванию мощности предусматривает, что все элементы кластера имеют аппаратную, программную и информационную совместимость. В сочетании с простым и эффективным управлением изменение оборудования в идеальном кластере должно обеспечивать соответствующее изменение значений основных характеристик: добавление новых процессоров, дисковых систем должно сопровождаться пропорциональным ростом производительности, надежности и т.п. В реальных системах эта зависимость имеет нелинейный характер.

Масштабируемость SMP- и MPP-структур достаточно ограничена. При большом числе процессоров в SMP-структурах возрастает число конфликтов при обращении к общей памяти, а в MPP-структурах плохо решаются задачи преобразования и разбиения приложений на отдельные задания процессорам. В кластерах же администраторы сетей получают возможность увеличивать пропускную способность сети за счет включения в него дополнительных серверов, даже уже из числа работающих, с учетом того, что балансировка и оптимизация нагрузки будут выполняться автоматически.

Следующей важной целью создания кластера является **повышение надежности и готовности системы в целом**. Именно эти качества способствуют популярности и развитию кластерных структур. Избыточность, изначально заложенная в кластеры, способна их обеспечить. Основой этого служит возможность каждого сервера кластера работать автономно, но в любой момент он может переключиться на выполнение работ другого сервера в случае его отказа.

Коэффициент готовности систем рассчитывается по формуле:

$$K_g = \frac{T_p}{(T_p + T_o)},$$

где T_p – полезное время работы системы;

T_o – время отказа и восстановления системы, в течение которого она не могла выполнять свои функции.

Большинство современных серверов имеет 99-процентную готовность. Это означает, что около четырех дней в году они не работают. Подчеркнем, что готовность 99,9%, достигаемая обычно паркой серверов – основного и резервного – означает годовой простой около 500 минут; 99,999% – пять минут, а 99,9999% – 30 секунд.

Появление критически важных приложений в областях бизнеса, финансов, телекоммуникаций, здравоохранения и др. требует обеспечения коэффициента готовности не менее, чем «заветные пять девяток» и даже выше.

Повышение суммарной производительности кластера, объединяющего несколько серверов, обычно не является самоцелью, а обеспечивается автоматически. Ведь каждый сервер кластера сам является достаточно мощной вычислительной системой, рассчитанной на выполнение им всех необходимых функций в части управления соответствующими сетевыми ресурсами. С развитием сетей все большее значение приобретают и распределенные вычисления. При этом многие компьютеры, в том числе и серверы, могут иметь не очень большую нагрузку. Свободные ресурсы домашних компьютеров, рабочих станций локальных вычислительных сетей, да и самих серверов можно использовать для выполнения каких-либо трудоемких вычислений. При этом стоимость создания подобных вычислительных кластеров очень мала, так как все их составные части работают в сети и только при необходимости образуют виртуальный (временный) вычислительный комплекс.

Совокупные вычислительные мощности кластеров могут быть сравнимы с мощностями суперЭВМ и даже превышать их при неизмеримо меньшей стоимости. Такие технологии применительно к отдельным классам задач хорошо отработаны. Например, существует задача анализа сигналов, принимаемых радиотелескопами, с целью поиска внеземных цивилизаций; имеется проект distributed.net, реализующий алгоритм дешифрования, и др. Круг подобных задач не очень широк, но число одновременно привлекаемых компьютеров для этих целей может быть громадным: десятки, сотни и даже тысячи.

Работа кластера под управлением единой операционной системы позволяет оперативно контролировать процесс вычислений и **эффективно перераспределять нагрузки на компьютеры кластера**.

Управление такими проектами требует создания специального клиентского и серверного программного обеспечения, работающего в фоновом режиме. Компьютеры при этом периодически получают задания от сервера, включаются в работу и возвращают результаты обработки. Последние версии браузеров еще более упрощают процесс взаимодействия, так как на клиентской машине можно активизировать выполнение различных программ-сценариев (скриптов).

Эффективное управление и контроль работы системы подразумевает возможность работы отдельно с каждым узлом, отключения вручную или программно его для модернизации или ремонта с последующим возвращением его в работающий кластер. Эти операции скрыты от пользователей, которые просто не замечают их. Кластерное ПО, интегрированное в операционные системы серверов, позволяет работать с узлами как с единым пулом ресурсов (Single System Image – SSI), внося необходимые общие изменения с помощью одной операции для всех узлов.

Какие же средства имеются для построения кластеров?

Существуют различные методы и средства построения надежных систем с резервированием. Они рассматриваются как по отношению к средствам обработки, так по отношению к средствам хранения данных. Например, есть источники бесперебойного питания и резервные блоки питания, способные устранять влияние сбоев и отказов в электроснабжении. Имеются также дисковые массивы RAID, обеспечивающие непрерывную обработку запросов к информации, хранящейся на дисках, даже в случае выхода из строя одного или нескольких из них. Но более интересны средства обработки.

Кластеры объединяют несколько серверов под единым управлением. Все новые серверы, как правило, являются многопроцессорными и относятся к SMP-структурам, что обеспечивает возможность многоступенчатого переключения нагрузки отказавшего элемента как внутри кластера, так и внутри сервера. Существуют серверы с различным количеством процессоров (от двух до шестнадцати). Фирма Sun работает даже над созданием 64-процессорной SMP-модели сервера. IBM предполагает с появлением микропроцессора Itanium II выпустить SMP-систему, рассчитанную на 16 процессоров. Напротив, фирма Dell считает, что применение более восьми процессоров в SMP-структуре применять нецелесообразно из-за трудностей преодоления конфликтов при обращении их к общей оперативной памяти.

Большой интерес к построению кластеров проявляет фирма Microsoft. В связи широкой популярностью операционных систем Windows NT и старше, предназначенных для управления сетями крупных предприятий, появились различные варианты кластерного обеспечения. Предполагается, что оно будет поддерживать до 16 и более узлов в кластере.

Унификация инженерно-технических решений предполагает соответственно и стандартизацию аппаратных и программных процедур обмена данными между серверами. Для передачи управляющей информации в кластере используются специальные магистрали, имеющие более высокие скорости обмена данными. В качестве такого стандарта предлагается интеллектуальный ввод-вывод (Intelligent Input/Output, I2O). Спецификация I2O определяет унифицированный интерфейс, освобождая процессоры и их системные шины от обслуживания периферии.

Как и у любой новой технологии, у кластеризации имеются свои недостатки:

- задержки разработки и принятия общих стандартов;
- большая доля нестандартных и закрытых разработок различных фирм, затрудняющих их совместное использование;
- трудности управления одновременным доступом к файлам;
- сложности с управлением конфигурацией, настройкой, развертыванием, оповещениями серверов о сбоях и т.п.

1.7. Перспективы развития компьютеров

Несомненно, что одним из главных факторов достижения высокого быстродействия, а значит и высокой производительности, ЭВМ является построение их на новейшей элементной базе. Смена поколений ЭВМ в значительной степени связана с переходами на новые поколения элементной базы, знаменующие достижения новых частотных диапазонов работы схем в рамках доступных технологий. Элементная база служит показателем технического уровня развития страны, общества, цивилизации. Успехи в создании новой элементной базы определяются передовыми научными и техническими достижениями целого ряда наук (физики, химии, оптики, механики, др.). Качество элементной базы является показателем технического прогресса.

Все современные ЭВМ строятся на микропроцессорных наборах, основу которых составляют большие (БИС) и сверхбольшие интегральные схемы (СБИС). Технологический принцип разработки и производства интегральных схем действует уже более четверти века. Он заключается в циклическом послойном изготовлении частей электронных схем по циклу «программа – рисунок – схема». По программам на напыленный фоторезисторный слой наносится рисунок будущего слоя микросхемы. Затем рисунок протравливается, фиксируется, закрепляется и изолируется от новых слоев. На основе этого создается пространственная твердотельная структура. Например, первые типы СБИС типа Pentium включали в себя около 3,5 миллионов транзисторов, размещаемых в пятислойной структуре. Процессоры Intel Pentium IV имеют 55 млн. транзисторов, а Intel Itanium II – 221 млн. транзисторов. В новейших микросхемах количество слоев достигает до 20-25.

Новые литографии и сверхточные технологии. Степень микроминиатюризации, размер кристалла ИС, производительность и стоимость технологии напрямую определяются типом литографии. До последнего времени доминирующей оставалась *оптическая литография*, когда послойные рисунки на фоторезисторе микросхем наносились световым лучом. В настоящее время ведущие компании, производящие микросхемы, реализуют кристаллы с размерами примерно 400-900 мм² для процессоров (например, Pentium) и 200-400 мм² для схем памяти. Минимальный топологический размер (толщина линий) при этом составляет 0,18..0,13 мкм. Дальнейшие успехи микроэлектроники связываются с *электронной (лазерной), ионной и рентгеновской литографией*. Это позволяет выйти на размеры 0,10 мкм и менее. Основные производители микропроцессоров Intel и AMD уже планируют переход на топоразмер 0,065 мкм. Для сравнения можно привести такой пример. Толщина человеческого волоса составляет примерно 100 мкм. Значит, при таком разрешении на толщине 100 мкм могут вычерчиваться от нескольких сотен до тысяч линий.

Сверхчистые материалы и высоковакуумные технологии. Новые высокие технологии порождают целый ряд проблем. Микроскопическая толщина линий, сравнимая с диаметром молекул, требует высокой чистоты используемых и напыляемых материалов, применения вакуумных установок и снижения рабочих температур. Действительно, достаточно мельчайшей пылинки при изготовлении микросхемы, как она попадает в брак. Поэтому новые заводы по производству микросхем представляют собой уникальное оборудование, размещаемое в «сверхчистых помещениях», микросхемы в которых транспортируются от оборудования к оборудованию в замкнутых миниатмосферах. Миниатмосфера создается, например, сверхчистым азотом или другим инертным газом при давлении менее 10⁻⁴ мм ртутного столба.

Борьба с потребляемой и рассеиваемой мощностью. Уменьшение линейных размеров микросхем и повышение уровня их интеграции заставляют проектировщиков искать средства борьбы с потребляемой W_n и рассеиваемой W_p мощностью. При сокращении линейных размеров микросхем в 2 раза, их объемы изменяются в 8 раз. Пропорционально этим цифрам должны меняться и значения W_n и W_p , в противном случае схемы будут «перегреваться» и выходить из строя. По данным фирмы Intel, за последние 10 лет быстродействие выпускаемых ею процессоров выросло в 5-6 раз, а энергопотребление в 18 (!) раз (сравнивались характеристики процессоров i486 и Pentium IV). До настоящего времени основой построения всех микросхем была и остается КМОП-технология (комплементарные схемы, то есть совместно использующие n- и p-переходы, в транзисторах со структурой «металл – окисел – полупроводник»).

Известно, что $W = U \cdot I$. Напряжение питания современных микросхем снизилось до 2V. Появились схемы с напряжением питания менее двух вольт, что уже выходит за рамки принятых стандартов. Дальнейшее понижение напряжения нежелательно, так как в электронных схемах всегда должно быть обеспечено необходимое соотношение «сигнал-шум», гарантирующее устойчивую работу компьютера.

Протекание тока по микроскопическим проводникам сопряжено с выделением большого количества тепла. Поэтому, создавая сверхбольшие интегральные схемы, проектировщики вынуждены снижать тактовую частоту работы микросхем. Исследования показали, что использование максимальных частот работы возможно только в микросхемах малой и средней интеграции. Максимальная частота $f_{max} = 10^{11} - 10^{12}$ Гц доступна очень немногим материалам: кремнию (Si), арсениду галлия (GaAs) и некоторым другим. Именно они чаще всего используются в качестве подложек в микросхемах.

Таким образом, переход к конструированию ЭВМ на СБИС и ультра-СБИС должен сопровождаться снижением тактовой частоты работы схемы. Дальнейший прогресс в повышении производительности может быть обеспечен либо за счет архитектурных решений, либо за счет новых принципов построения и работы микросхем. Так как микросхемы СБИС не могут работать с высокой тактовой частотой, то в компьютерах будущих поколений их целесообразно объединить в системы. При этом несколько СБИС должны работать параллельно, а слияние работ в системе должны обеспечивать сверхскоростные ИС (ССИС), которые не могут иметь высокой степени интеграции.

Перечисленные проблемы развития современной микроэлектронной базы указывают, что изготовление микросхем подходит к предельным характеристикам. Строительство каждого нового завода по производству микросхем обходится уже в миллиарды долларов. «Выход годных новых микросхем» измеряется единицами процентов даже у таких признанных лидеров, как Intel и AMD. Давление пределов заставляет производителей искать альтернативные пути развития, которых просматривается не очень много.

1.7.1. Альтернативные пути развития элементной базы

С целью увеличения скорости работы микросхем большие исследования проводятся в области использования явления *сверхпроводимости и туннельного эффекта – эффекта Джозефсона*. Работа микросхем при температурах, близких к абсолютному нулю ($0^\circ\text{K} = -273,15^\circ\text{C}$) позволяет достигнуть f_{max} , при этом $W_p = W_n = 0$. Здесь очень интересны результаты по использованию «теплой сверхпроводимости». Оказывается, что для некоторых материалов, в частности для солей бария, явление сверхпроводимости наступает уже при температурах около -150°C и выше. Высказывались соображения, что могут быть получены материалы, имеющие сверхпроводимость при температурах, близких к комнатной. Тематика исследовательских работ и их результаты в этом направлении повсеместно являются закрытыми. Однако с уверенностью можно сказать, что появление таких элементов знаменовало бы революцию в развитии средств вычислительной техники новых поколений.

Поскольку микроэлектроника подходит к пределам, то зондируются и качественно новые пути. Наиболее интенсивные исследования проводятся по следующим направлениям:

- создание молекулярных и биокомпьютеров (нейрокомпьютеров);
- разработка квантовых компьютеров;
- разработка оптических компьютеров.

Рассмотрим основные принципы их построения.

Молекулярные компьютеры. Во многих странах проводятся опыты по синтезу молекул на основе их стереохимического генетического кода, способных менять ориентацию и реагировать на воздействия током, светом и т.п. Например, ученые фирмы Hewlett-Packard и Калифорнийского университета (UCLA) доказали принципиальную воз-

возможность создания молекулярной памяти на основе молекул роксана¹. Продолжаются работы по созданию логических схем, узлов и блоков. По оценкам ученых, подобный компьютер будет в 100 млрд. раз экономичнее современных микропроцессорных устройств. Основная проблема заключается в обеспечении устойчивости сложных структур.

Биокомпьютеры и нейрокомпьютеры. Идея создания подобных устройств базируется на основе теории перцептрона – искусственной нейронной сети, способной обучаться. Инициатором этих идей был Ф. Розенблат. Он указал, что структуры, обладающие свойствами мозга и нервной системы, позволяют получить целый ряд преимуществ:

- параллельность обработки информационных потоков;
- способность к обучению и настройке;
- способность к автоматической классификации;
- более высокую надежность;
- ассоциативность обработки.

Компьютеры, состоящие из нейроподобных элементов, могут искать нужные решения посредством самопрограммирования, на основе соответствия множеств входных и выходных данных. В настоящее время уже созданы и используются программные нейроконтроллеры, которые доказывают принципиальную возможность построения подобных машин на СБИС. Принцип построения и работы перцептрона описан в [45].

Квантовые компьютеры. Принцип работы элементов квантового компьютера основан на способности электрона в атоме иметь различные уровни энергии E_0, E_1, \dots, E_n . Переход электрона с нижнего энергетического уровня на более высокий связан с поглощением кванта электромагнитной энергии – фотона. При излучении фотона осуществляется обратный переход. Всеми подобными переходами можно управлять, используя действие электромагнитного поля от атомного или молекулярного генератора. Этим исключаются спонтанные переходы электронов с одного уровня на другой.

Основным строительным блоком квантового компьютера служит qubit (Quantum Bit), который может иметь большое число состояний. Для таких блоков уже определен логически полный набор элементарных функций. Известны эксперименты по созданию RISC-процессора на RSFQ-логике (Rapid Single Flux Quantum) и проекты создания петафлопсных (1000 триллионов операций в секунду) компьютеров². Фирма Intel объявила о начале разработок квантового компьютера.

Оптические компьютеры. Идея построения оптического компьютера давно волнует исследователей. Многие устройства компьютеров уже используют оптику в своем составе: сканеры, дисплеи, лазерные принтеры, оптические диски CD-ROM и DVD-ROM. Появились и успешно работают оптоволоконные линии связи. Остается разработать устройство обработки информации с использованием световых потоков. Способность света параллельно распространяться в пространстве дает возможность создавать параллельные устройства обработки. Это позволит на много порядков ускорить быстроедействие компьютеров.

Пока отсутствуют проекты создания чисто оптических процессоров, но уже проводятся эксперименты по проектированию оптоэлектронных и оптонейронных отдельных устройств.

Чем же сейчас знаменуется состояние элементной базы?

На рубеже 2002-2003 гг. произошли достаточно важные события. Процессор Pentium 4 преодолел частотный рубеж в 3,06 ГГц и наконец-то появился коммерческий 64-разрядный микропроцессор Intel Itanium II, ранее известный под кодовым названием McKinley. Новая модель выполнена на базе 0,18-микронной (стареющей) технологии. Но

¹ <http://www.zdnet.ru/printreviews.asp?ID=89>.

² <http://www.submarine.ru/print.cfm?Id=42>; http://www.osp.ru/cw/2001/33/033_1.htm.

уже запланирован выпуск следующих моделей процессоров под кодовыми названиями Madison и Deerfield (2003 год, 0,13-микронная технология), а также Montecito (2004 год, 0,09-микронная технология).

Самый «крупный» Intel-процессор Itanium II предназначается для комплектования серверов, имеет не очень высокую частоту 1,2 ГГц, ориентирован на обработку крупных массивов данных и выполнение транзакций, требовательных к вычислительным ресурсам, что свойственно большинству современных приложений, применяемых в деловой и научно-исследовательской сферах. Процессор использует 400-мегагерцевую, 128-разрядную системную шину с пропускной способностью 6,4Гбайт/с. Имеются кэш уровня L1 объемом 32 Кбайта; кэш уровня L2 объемом 256 Кбайт; кэш уровня L3 объемом 3 Мбайта. Конвейер обработки команд имеет длину 8 стадий (у Pentium IV количество стадий равно 20) и состоит из 11 каналов, что позволяет параллельно выполнять несколько программ или нитей – threads одной программы. В процессоре имеется несколько исполнительных блоков и 328 регистров сверхоперативной памяти (128 основных, 128 для операций с плавающей точкой, 64 предикативных регистра и 8 регистров ветвления). Все это позволяет процессору выполнять до 6 команд за один системный такт. На базе данных микросхем можно создавать системы, включающие до 32 процессоров в симметричной многопроцессорной (SMP) конфигурации и до 512 процессоров при построении кластерных систем.



1 Содержание понятия архитектура компьютера:

- а) определенная организация технических средств компьютера;
- б) определенная организация программных средств компьютера;
- в) иерархическое многоуровневое построение аппаратно-программных средств компьютера с возможностями многовариантной реализации каждого уровня.

2. Составные части компьютера:

- а) комплекс технических средств компьютера;
- б) совокупность аппаратно-программных средств компьютера и их связей;
- в) набор технических средств и программ, управляющих ими.

3. По каким техническим характеристикам осуществляется оценка и выбор компьютера?

- а) по стоимости;
- б) по времени решения задач (быстродействию);
- в) по комплексу характеристик, включающих отношение стоимости к времени решения задач, надежность, удобства в работе и т.п.

4. Основные тенденции развития компьютеров:

- а) совершенствование структуры компьютера и отдельных его устройств;
- б) улучшение всего спектра эксплуатационно-технических характеристик компьютера (быстродействие, качество программных средств, надежность, снижение стоимости и др.).
- в) повышение скорости работы отдельных устройств компьютера.

5. Основной принцип построения компьютера:

- а) принцип модульности технических и программных средств;
- б) принцип программного управления;
- в) принцип иерархии построения и управления.

6. Какова роль сетевых компьютеров?

- а) специализированное устройство для подключения пользователя к компьютерной сети;
- б) устройство обработки данных в сетях;
- в) устройство быстрого доступа к сетевым ресурсам.

7. Вычислительные системы отличаются от компьютера

- а) наличием параллельных вычислений;
- б) усложнением состава аппаратных и программных средств;
- в) использованием более сложных операционных систем и сложных режимов работы.

8. Общий ресурс и источник конфликтов многопроцессорных вычислительных систем образует

- а) совокупную мощность процессоров;
- б) общую оперативную память;
- в) объединение периферийных устройств.

9. Лучшая оперативность взаимодействия вычислителей (компьютеров или процессоров) достигается в системах:

- а) многопроцессорных;
- б) многомашинных;
- в) смешанных.

10. Надежность и повышенная готовность кластера обеспечиваются:

- а) избыточностью компьютеров, объединяемых в кластер, и возможностью перераспределения нагрузок в сети;
- б) гибкой системой связей в кластере;
- в) специфическим программным обеспечением, управляющим кластером.



Тренировочные задания к разделу 1

1. Представьте десятичное число $A_{10}=360.45$

- а) в двоичной, восьмеричной и шестнадцатеричной системах счисления;
- б) в формате с плавающей точкой.

2. Закодировать кодом ASCII:

- а) номер своей учебной группы;
- б) свои фамилию, имя, отчество и номер домашнего телефона

Результаты кодирования запишите шестнадцатеричными цифрами и проверьте средствами пакета Norton Commander или Windows Commander.

3. Рассчитать годовое время простоя сервера, если его коэффициент готовности составляет:

- а) $k_r=0,999$;
- б) $k_r=0,99999$.

ТЕМА 2.

Функциональная и структурная организация ЭВМ

Все устройства ЭВМ делятся на *центральные* и *периферийные*. Центральные устройства – полностью электронные, периферийные устройства могут быть либо электронными, либо электромеханическими с электронным управлением.

В *состав центральных устройств ЭВМ* входят центральный процессор, основная память и ряд дополнительных узлов, выполняющих служебные функции.

В центральных устройствах основным узлом, связывающим микропроцессорный комплект в единое целое, является *системная магистраль*. Она состоит из трех типов шин: шины данных (ШД), шина адреса (ША), шины управления (ШУ). В состав системной магистрали входят регистры зацепки, в которых запоминается передаваемая информация, шинные формираторы, шинные арбитры, определяющие очередность доступа к системной магистрали, и др.



Определение

Логика работы системной магистрали, количество разрядов (линий) в шинах данных, адреса и управления, порядок разрешения конфликтных ситуаций, возникающих при одновременном обращении различных устройств ЭВМ к системной магистрали, образуют **интерфейс системной шины**.

Периферийные устройства делятся на два вида: *внешние ЗУ* (НМД, НГМД, НМЛ) и *устройства ввода-вывода (УВВ)*: клавиатура, дисплей, принтер, мышь, адаптер каналов связи и др.

2.1. Организация функционирования ЭВМ с магистральной архитектурой

Управляющая работой ЭВМ программа перед началом выполнения загружается операционной системой в основную память. Адрес первой выполняемой команды передается микропроцессору (МП) и запоминается в счетчике команд.

Начало работы процессора заключается в том, что адрес из счетчика команд (в котором всегда хранится адрес очередной команды) выставляется на шину адреса системной магистрали. Одновременно на шину управления выдается команда **выборка из основной памяти (ОП)**, которая воспринимается основной памятью. Получив с шины управления системной магистрали команду, основная память считывает адрес с шины адреса, находит ячейку с этим номером и ее содержимое выставляет на шину данных, а на шину управления выставляет сигнал о выполнении команды. Процессор, получив по шине управления сигнал об окончании работы ОП, вводит число с шины данных на внутреннюю магистраль МП, и через нее пересылает введенную информацию в регистр команд.

В регистре команд полученная команда разделяется на кодовую и адресную части. Код команды поступает в блок управления для выработки сигналов, настраивающих МП на выполнение заданной операции и для определения адреса следующей команды (который сразу заносится в счетчик команд). Адресная часть команды выставляется на шину адреса системной магистрали (СМ) и сопровождается сигналом «выборка из ОП» на шине управления. Выбранная из ОП информация через шину данных поступает на внутреннюю магистраль МП, с которой вводится в арифметико-логическое устройство (АЛУ). На этом заканчивается подготовка МП к выполнению операции и начинается ее выполнение в АЛУ.

Результат выполнения операции выставляется микропроцессором на шину данных, на шину адреса выставляется адрес ОП, по которому этот результат необходимо записать, а на шину управления выставляется команда **запись в ОП**. Получив с шины управления команду, ОП считывает адрес и данные с системной магистрали, организует запись данных по указанному адресу и после выполнения команды выставляет на шину управления сигнал, обозначающий, что число записано. Процессор, получив этот сигнал, начинает выборку очередной команды: выставляет адрес из счетчика команд на шину адреса, формирует команду **выборка из ОП** на шине управления и т.д.

В каждом цикле, получив команду в регистр команд и выделив код операции, процессор определяет, к какому устройству она относится. Если команда должна выполняться процессором, организуется ее выполнение по описанному циклу. Если же команда предназначена для выполнения в другом устройстве ЭВМ, центральный процессор (ЦП) передает ее соответствующему устройству. Процесс передачи команды другому устройству предусматривает следующие действия: ЦП выставляет на шину адреса СМ адрес интересующего его устройства. По шинам управления передается сигнал «поиск устройства». Все устройства, подключенные к системной магистрали, получив этот сигнал, читают номер устройства с шины адреса и сравнивают его со своим номером. Устройства, для которых эти номера не совпадают, на эту команду не реагируют. Устройство с совпавшим номером, вырабатывает сигнал отклика по шине управления. ЦП, получив сигнал отклика, в простейшем случае выставляет имеющуюся у него команду на шину данных и сопровождает ее по шине управления сигналом «передаю команду». Получив сигнал о приеме команды, ЦП переходит к выполнению очередной своей команды, выставляя на шину адреса содержимое счетчика команд.

В более сложных случаях, получив сигнал, что устройство откликнулось, прежде чем передавать команду, ЦП запрашивает устройство о его состоянии. Текущее состояние устройства закодировано в байте состояния, который откликнувшееся устройство передает процессору через ШД системной магистрали. Если устройство включено и готово к работе, то байт состояния – нулевой. Наличие в нем единиц свидетельствует о нештатной ситуации, которую ЦП пытается проанализировать и в необходимых случаях извещает оператора о сложившейся ситуации.



Определение

Взаимодействие МП с внешними устройствами предусматривает выполнение логической последовательности действий, связанных с поиском устройства, определением его технического состояния, обменом командами и информацией. Эта логическая последовательность действий вместе с устройствами, реализующими ее, получила название **интерфейс ввода-вывода**.

Для различных устройств могут использоваться разные логические последовательности действий, поэтому интерфейсов ввода-вывода может в одной и той же ЭВМ использоваться несколько. Если их удастся свести к одному, универсальному, то такой интерфейс называется *стандартным*. В IBM PC есть три стандартных интерфейса для свя-

зи ЦП с внешними устройствами: параллельный (типа Centronics) и два последовательных (типа RS-232 и USB).

Интерфейсы постоянно совершенствуются, поэтому с появлением новых ЭВМ, новых внешних устройств и даже нового программного обеспечения появляются и новые интерфейсы. Так, в программном обеспечении, разработанном ведущими фирмами (в том числе фирмой Microsoft) все шире используется новый интерфейс «Plug and Play» (Включи – и играй), который предназначен для облегчения системной настройки ЭВМ при подключении новых устройств к машине. Этот интерфейс позволяет подключить с помощью кабеля новое устройство, а после включения ЭВМ ее программное обеспечение автоматически определяет состав подключенных устройств, их типы и настраивает машину на работу с ними без вмешательства системного оператора.

Если при обращении ЦП к внешнему устройству продолжение выполнения основной программы ЦП возможно только после завершения операции ввода-вывода, то ЦП, запустив внешнее устройство, переходит в состояние ожидания и находится в нем до тех пор, пока внешнее устройство не сообщит ему об окончании обмена данными. Это приводит к простоям большинства устройств ЭВМ, так как в каждый момент времени может работать только одно из них. Такой режим работы получил название *однопрограммного*: в каждый момент времени все устройства находятся в состоянии ожидания, и только одно устройство выполняет основную (и единственную) программу.

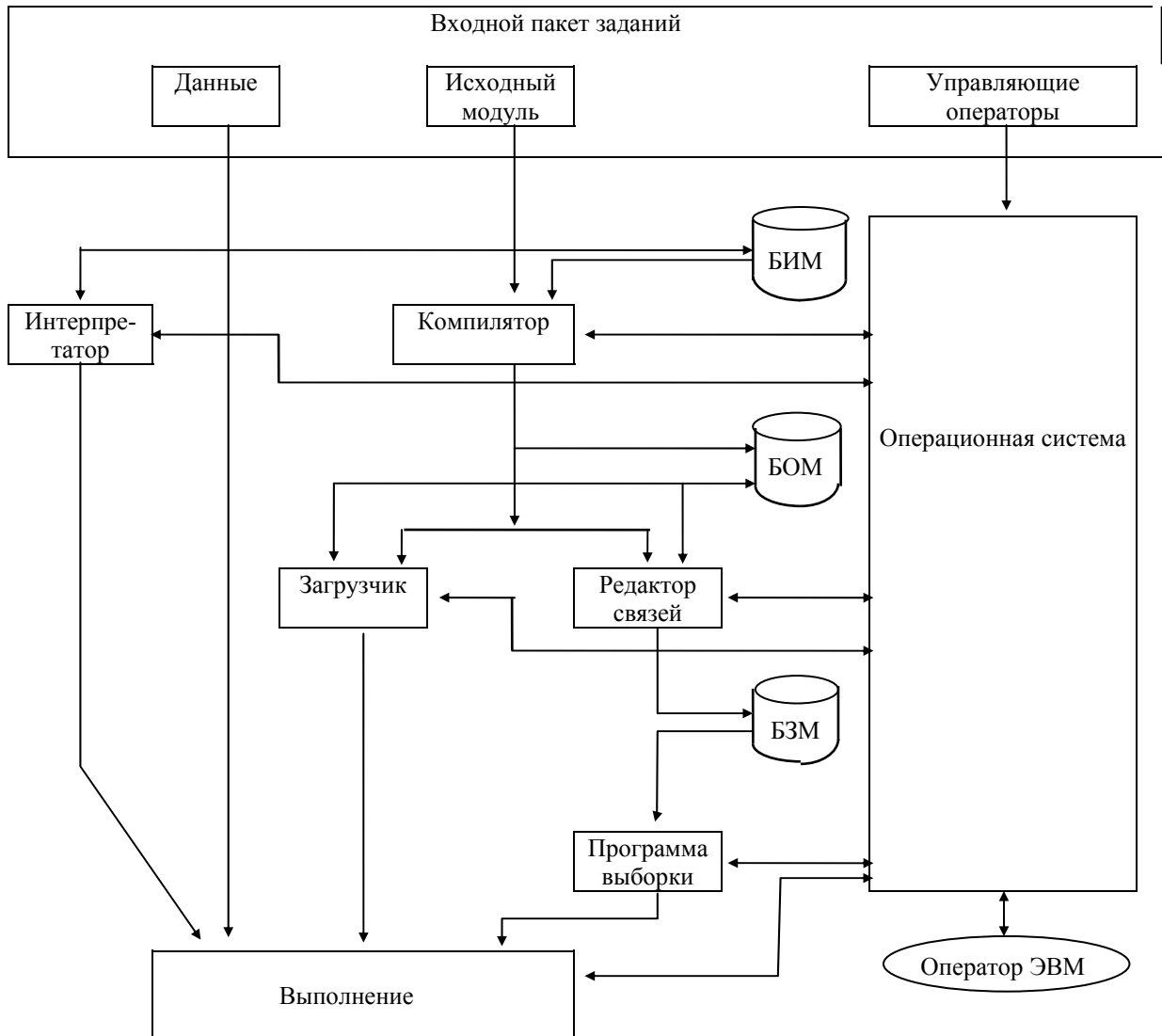
Для ликвидации таких простоев и повышения эффективности работы оборудования внешние устройства сделаны автономными: получив от ЦП необходимую информацию, они самостоятельно организуют свою работу по обмену данными. Процессор же, запустив внешнее устройство, пытается продолжить выполнение программы. При необходимости (если встретятся соответствующие команды) он может запустить в работу несколько других устройств (так как внешние устройства работают значительно медленнее процессора). Если же ему приходится переходить в режим ожидания, то, пользуясь тем, что в ОП может одновременно находиться не одна, а несколько программ, ЦП переходит к выполнению очередной программы. При этом создается ситуация, когда в один и тот же момент времени различные устройства ЭВМ выполняют либо разные программы, либо разные части одной и той же программы, такой режим работы ЭВМ называется *многопрограммным*.

2.2. Организация работы ЭВМ при выполнении задания пользователя

Организация процессов ввода, преобразования и отображения результатов в ЭВМ относится к сфере системного программного обеспечения. Это сложные процессы, которые чаще всего делаются «прозрачными», т.е. незаметными для пользователя. Один из них – реализация задания пользователя: профессиональный пользователь (программист) пишет задание для ЭВМ в виде программы на *алгоритмическом языке*. Написанное задание (программа) представляет собой *исходный модуль*, сопровождаемый управляющими предложениями, указывающими операционной системе ЭВМ, на каком языке написана программа и что с ней надо делать. Если программа пишется на алгоритмическом языке, то управляющие предложения – на языке управления операционной системой (в Windows всех версий это скрипты, оформляемые в виде командных файлов).

Исходный модуль перед исполнением должен быть переведен на внутренний язык машины. Эта операция выполняется специальной программой – *транслятором* (рис. 10): интерпретатором или компилятором

Рис. 10. Обработка заданий операционной системой



Результат работы компилятора может быть записан в библиотеку объектных модулей (БОМ) или передан другим программам для дальнейшей обработки, поскольку полученная машинная программа не готова к исполнению по двум причинам. Во-первых, она содержит *неразрешенные внешние ссылки* (т.е. обращение к программам, которые не содержатся в исходном модуле, но необходимы для работы основной программы, например, к стандартным программам алгоритмического языка, таким как *извлечение квадратного корня*, *вычисление тригонометрических функций* и т.д.). Во-вторых, объектный модуль представляет собой машинную программу *в условных адресах*: каждый объектный модуль начинается с адреса 0h, тогда как для исполнения программа должна быть «привязана» к конкретным *физическим адресам* основной памяти.

Недостающие программы должны быть взяты из *библиотек компилятора* (которые могут быть написаны в виде исходных или объектных модулей) и добавлены к основной программе. Эту операцию выполняет *редактор связей*. В результате работы редактора связей образуется *загрузочный модуль* (ЗМ), который помещается в соответствующую библио-

теку программ (БЗМ). В загрузочном модуле все ссылки разрешены, т.е. он содержит все необходимые стандартные программы, но привязки к памяти у загрузочного модуля нет.

Привязка к памяти загрузочного модуля производится *программой выборки*, которая переносит загрузочный модуль из библиотеки загрузочных модулей (обычно хранящейся на магнитном носителе) в основную память, и во время этого переноса корректирует адреса, учитывая, с какого адреса основной памяти размещается загрузочный модуль. После перемещения загрузочного модуля в основную память программа выборки иницирует ее выполнение.

Представление машинной программы в виде исходных, объектных и загрузочных модулей позволяет реализовать наиболее эффективные программные комплексы. Например, если по одной и той же программе необходимо много раз производить расчеты, то неэффективно тратить каждый раз время на трансляцию и редактирование программы: ее нужно оформить в виде загрузочного модуля и хранить в соответствующей библиотеке. При обращении к такой программе сразу будет вызываться программа выборки для загрузки соответствующего модуля (а этапы компиляции и редактирования связей будут опускаться) – время на выполнение программы существенно сократится.

Если же программа только отлаживается или после каждого просчета ее нужно будет модернизировать, то получение загрузочного модуля и обращение к программе выборки будут лишними операциями. Для их обхода вместо редактора связей может быть применен *загрузчик* – программа, сочетающая в себе функции редактирования связей и загрузки полученной машинной программы в основную память для исполнения. Но при использовании загрузчика многократные просчеты по программе проводить невыгодно, так как каждый раз приходится выполнять лишние операции редактирования связей.

2.3. Центральные устройства ЭВМ

2.3.1. Состав, устройство и принцип действия основной памяти

Комплекс технических средств, реализующих функцию памяти, называется *запоминающим устройством (ЗУ)*. ЗУ необходимы для размещения в них команд и данных. Они обеспечивают центральному процессору доступ к программам и информации.

Запоминающие устройства делятся на основную, или оперативную, память (ОП), сверхоперативную память (СОЗУ) и внешние запоминающие устройства (ВЗУ).

Основная память включает в себя два типа устройств: оперативное запоминающее устройство (ОЗУ, или RAM – Random Access Memory) и постоянное запоминающее устройство (ПЗУ, или ROM – Read Only Memory).

ОЗУ предназначено для хранения переменной информации. Оно допускает изменение своего содержимого в ходе выполнения процессором вычислительных операций с данными и может работать в режимах записи, чтения, хранения.

ПЗУ содержит информацию, которая не должна изменяться в ходе выполнения процессором вычислительных операций, например, стандартные программы и константы. Эта информация заносится в ПЗУ перед установкой микросхемы в ЭВМ. Основными операциями, которые может выполнять ПЗУ, являются чтение и хранение.

Функциональные возможности у ОЗУ шире, чем у ПЗУ. Но ПЗУ сохраняет информацию при отключении питания (т.е. является энергонезависимой памятью).

В современных ЭВМ микросхемы памяти (ОП и СОЗУ) изготавливают из кремния по полупроводниковой технологии с высокой степенью интеграции элементов на кристалле (микросхемы памяти относятся к так называемым «регулярным» схемам, что позволяет сделать установку элементов памяти в кристалле (чипе) настолько плотной, что размеры элементов памяти становятся сопоставимыми с размерами отдельных молекул).

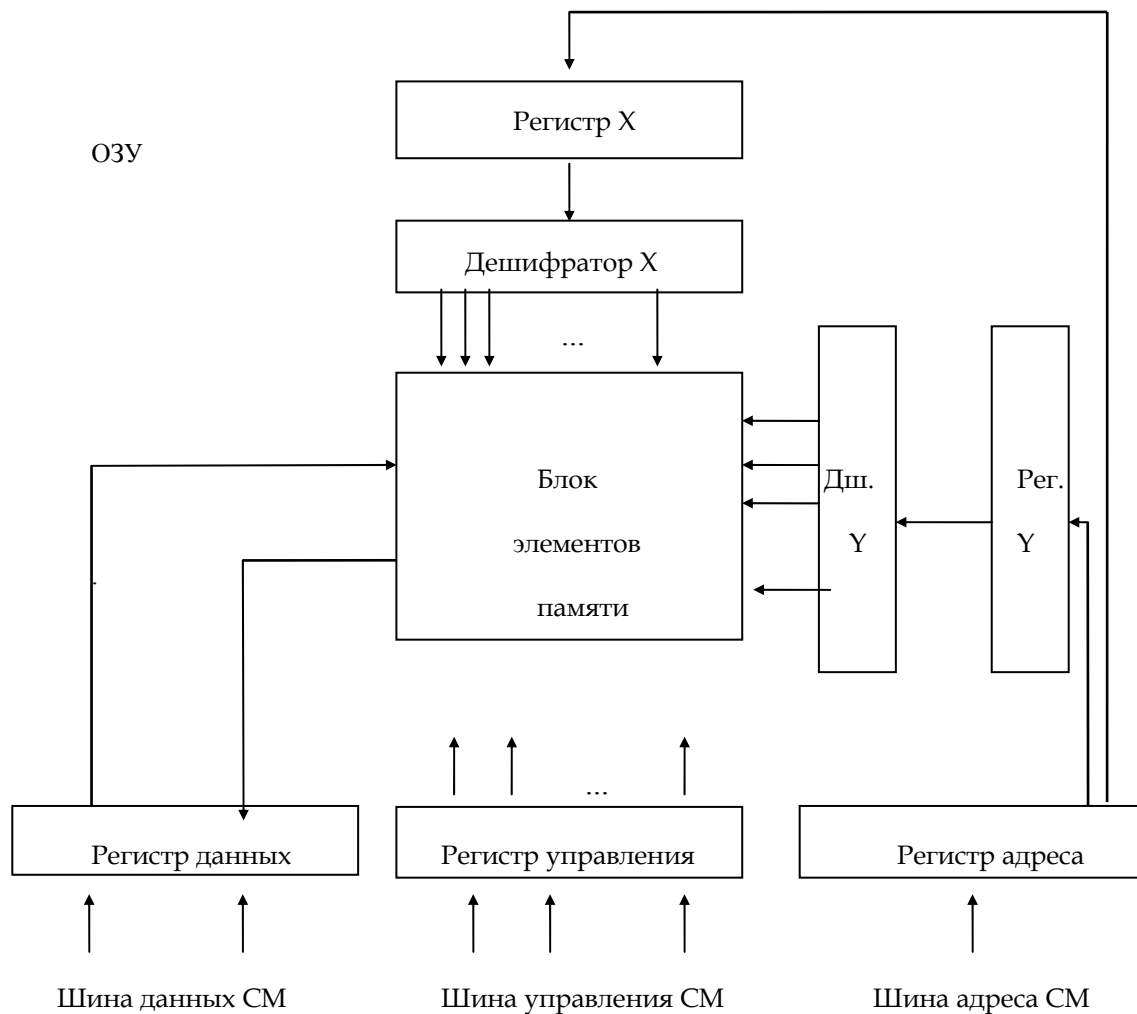
Основной составной частью микросхемы является массив элементов памяти (ЭП), объединенных в матрицу накопителя.

Каждый элемент памяти может хранить 1 бит информации и имеет свой адрес. ЗУ, позволяющие обращаться по адресу к любому ЭП в произвольном порядке, называются *запоминающими устройствами с произвольным доступом*.

При матричной организации памяти реализуется координатный принцип адресации ЭП, в связи с чем адрес делится на две части (две координаты) – X и Y. На пересечении этих координат находится элемент памяти, чья информация должна быть прочитана или изменена.

ОЗУ связано с остальным микропроцессорным комплектом ЭВМ (рис. 11) через системную магистраль (СМ).

Рис. 11. Структурная схема ОЗУ



По шине управления передается сигнал, определяющий, какую операцию необходимо выполнить.

По шине данных передается информация, записываемая в память или считываемая из нее.

По шине адреса передается адрес участвующих в обмене элементов памяти (поскольку данные передаются машинными словами, а один ЭП может воспринять только один бит информации, блок элементов памяти состоит из n матриц ЭП, где n – количество разрядов в машинном слове). Максимальная емкость памяти определяется количеством линий в шине адреса системной магистрали: если количество линий обозначить m , то емкость памяти (т.е. количество ЭП, имеющих уникальные адреса) определяется как 2^m . Так, в IBM PC XT шина адреса СМ содержала 20 линий. Поэтому максимальный объем ОП в этих машинах равен $2^{20} = 1$ Мбайт. В IBM PC AT (с микропроцессором i80286) СМ содержала 24 линии, поэтому объем ОП был увеличен до 16 Мбайт. Начиная с МП i80386, шина данных содержит 32 линии. Максимальный объем ОП увеличился до $2^{32} = 4$ Гб.

Микросхемы памяти могут строиться на статических (SRAM) и динамических (DRAM) ЭП. В качестве статического ЭП чаще всего выступает статический триггер. В качестве динамического ЭП может использоваться электрический конденсатор, сформированный внутри кремниевого кристалла.

Статические ЭП способны сохранять свое состояние (0 или 1) неограниченное время (при включенном питании). Динамические ЭП с течением времени теряют записанную в них информацию (например, из-за саморазряда конденсатора), поэтому они нуждаются в периодическом ее восстановлении – в регенерации.

Микросхемы элементов памяти динамических ОЗУ отличаются от аналогичных ЭП статических ОЗУ меньшим числом компонентов в одном элементе памяти, в связи с чем – имеют меньшие размеры и могут быть более плотно упакованы в кристалле. Однако из-за необходимости регенерации информации динамические ОЗУ имеют более сложные схемы управления.

Основными характеристиками ОЗУ являются объем и быстродействие.

В современных ПЭВМ ОЗУ имеет модульную структуру. Увеличение объема ОЗУ обычно связано с установкой дополнительных модулей на 16, 32, 64, 128, 256, 512 Мбайт и 1 Гбайт. Время доступа к модулям DRAM составляет 60-70 нс.

Микросхемы ПЗУ также построены по принципу матричной структуры накопителя. Функции ЭП в них выполняют переключки в виде проводников, полупроводниковых диодов или транзисторов. В такой матрице наличие переключки может означать «1», а ее отсутствие – «0». Занесение информации в микросхему ПЗУ называется ее *программированием*, а устройство, с помощью которого заносится информация, – *программатором*. Программирование ПЗУ заключается в устранении (прожигании) переключек по тем адресам, где должен храниться «0». Обычно схемы ПЗУ допускают только одно программирование, но специальные микросхемы – репрограммируемые ПЗУ (РПЗУ) – допускают их многократное стирание и занесение новой информации. Этот вид микросхем относится к энергонезависимым, т.е. может длительное время сохранять информацию при выключенном питании (стирание микросхемы происходит либо за счет подачи специального стирающего напряжения, либо за счет воздействия на кристалл ультрафиолетового излучения, для этого в корпусе микросхемы оставляется прозрачное окно).

Сверхоперативные ЗУ используются для хранения небольших объемов информации и имеют значительно меньшее (в 2-10 раз) время считывания/записи, чем основная память. СОЗУ обычно строятся на регистрах и регистровых структурах.

Регистр представляет собой электронное устройство, способное при включенном питании хранить занесенное в него число неограниченное время. Наибольшее распространение получили регистры на статических триггерах.

По назначению регистры делятся на регистры хранения и регистры сдвига. Информация в регистры может заноситься и считываться либо параллельно, сразу всеми разрядами, либо последовательно, через один из крайних разрядов с последующим сдвигом занесенной информации.

Сдвиг записанной в регистр информации может производиться вправо или влево. Если регистр допускает сдвиг информации в любом направлении, он называется *реверсивным*.

Регистры могут быть объединены в единую структуру. Возможности такой структуры определяются способом доступа и адресации регистров. Если к любому регистру можно обратиться для записи/чтения по его адресу, такая регистровая структура образует СОЗУ с произвольным доступом.

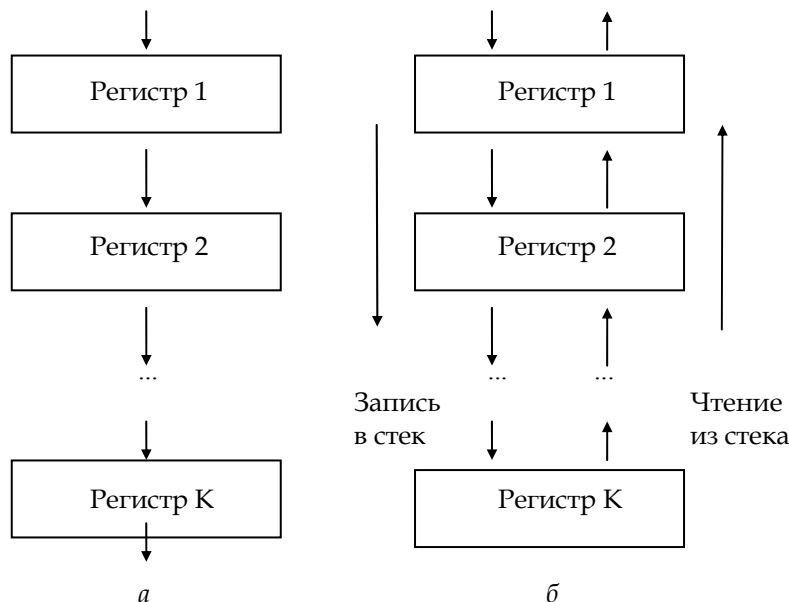
Безадресные регистровые структуры могут образовывать два вида устройств памяти: магазинного типа и память с выборкой по содержанию (ассоциативные ЗУ).

Память магазинного типа образуется из последовательно соединенных регистров (рис. 12).

Если запись в регистровую структуру (рис. 12а) производится через один регистр, а считывание – через другой, то такая память является аналогом линии задержки и работает по принципу «первым вошел – первым вышел» (FIFO – first input, first output).

Если же запись и чтение осуществляются через один и тот же регистр (рис. 12б), такое устройство называется *стековой памятью*, работающей по принципу «первым вошел – последним вышел» (FILO – first input, last output).

Рис. 12. Регистровая структура магазинного типа



При записи числа в стековую память сначала содержимое стека сдвигается в сторону последнего, К-го регистра (если стек был полностью заполнен, то число из К-го регистра теряется), а затем число заносится в вершину стека – регистр 1. Чтение осуществ-

ляется тоже через вершину стека, после того, как число из вершины прочитано, стек сдвигается в сторону регистра 1.

Стековая память получила широкое распространение. Для ее реализации в ЭВМ разработаны специальные микросхемы. Но часто работа стековой памяти эмулируется в основной памяти ЭВМ: с помощью программ операционной системы выделяется часть памяти под стек (в IBM PC для этой цели выделяется 64 Кбайта). Специальный регистр микропроцессора (указатель стека) постоянно хранит адрес ячейки ОП, выполняющей функции вершины стека. Чтение числа всегда производится из вершины стека, после чего указатель стека изменяется и указывает на очередную ячейку стековой памяти (т.е. фактически стек остается неподвижным, а перемещается вершина стека). При записи числа в стек сначала номер ячейки в указателе стека модифицируется так, чтобы он указывал на очередную свободную ячейку, после чего производится запись числа по этому адресу. Такая работа указателя стека позволяет реализовать принцип «первым вошел – последним вышел».

В стек может быть загружен в определенной последовательности ряд данных, которые впоследствии считываются из стека уже в обратном порядке, на этом свойстве построена система арифметических преобразований информации, известная под названием «логики Лукашевича».

Память с выборкой по содержанию является безадресной. Обращение к ней осуществляется по специальной маске, которая содержит поисковый образ. Информация считывается из памяти, если часть ее соответствует поисковому образу, зафиксированному в маске. Например, если в такую память записана информация о людях, содержащая данные о месте жительства (включая город), и необходимо найти сведения о жителях определенного города, то название этого города помещается в маску и дается команда **чтение** – из памяти выбираются все записи, – относящиеся к заданному городу.

В микропроцессорах ассоциативные ЗУ используются в составе *кэш-памяти* для хранения адресной части команд и операндов исполняемой программы. При этом нет необходимости обращаться к ОП за следующей командой или требуемым операндом, достаточно поместить в маску необходимый адрес: если искомая информация имеется в СОЗУ, то она будет сразу выдана. Обращение к ОП будет необходимо лишь при отсутствии требуемой информации в СОЗУ. За счет такого использования СОЗУ сокращается число обращений к ОП, а это позволяет экономить время.

Кэш-память может быть размещена в кристалле процессора или выполнена в виде отдельной микросхемы или модуля, содержащего несколько микросхем (внешняя кэш-память).

Встроенная кэш-память (I уровня) в процессорах Pentium имеет объем 16-32 Кбайт. Внешняя кэш-память (II уровня) имеет объем 256 Кбайт-1 Мбайт и работает с 64-битными словами.

2.3.2. Центральный процессор ЭВМ



Определение

Основу центрального процессора ПЭВМ составляет **микропроцессор** (МП) – обрабатывающее устройство, служащее для арифметических и логических преобразований данных, для организации обращения к ОП и ВНУ и для управления ходом вычислительного процесса.

В настоящее время существует большое число разновидностей микропроцессоров, различающихся назначением, функциональными возможностями, структурой, исполнением. Наиболее существенными классификационными различиями между ними чаще всего выступают:

- назначение (микропроцессоры для серверов и мощных приложений; МП для персональных компьютеров и т.д.);
- количество разрядов в обрабатываемой информационной единице (8-битные, 16-битные, 32-битные, 64-битные и др.);
- технология изготовления (0.5 мкм – технология; 0.35 мкм; 0.25 мкм; 0.18 мкм; 0.13 мкм; 0.07 мкм и т.д.).

Среди МП для серверов и мощных приложений прочное место завоевали RISC-процессоры (Reduce Instruction Set Computing) с сокращенной системой команд. Система команд таких МП содержит ограниченное число (порядка 50) очень простых команд. За счет этого упрощаются схемы управления микропроцессором и сокращаются его размеры. На кристалле МП (чипе) освобождается место, которое используется для размещения кеш-памяти большого объема. Наличие такой памяти внутри чипа позволяет сократить количество обращений к основной памяти, а это приводит к повышению быстродействия ЭВМ в 2-10 раз, так как обращение к кеш-памяти, расположенной внутри чипа, требует меньших затрат времени. Для повышения производительности RISC-процессоры обычно работают с машинными словами очень большой длины (не менее 64 бит).

К числу RISC-процессоров относятся микропроцессоры «SPARC» и «UltraSPARC» фирмы Sun Microsystems, «Alpha» фирмы Compaq, «MIPS» фирмы Silicon Graphics. Консорциум фирм IBM-Motorola-Apple разрабатывает и выпускает МП «Power PC», или сокращенно «PPC». Фирма Intel (INTEgrated ELEctronics) совместно с Hewlett Packard разрабатывает RISC-процессор «P7» с тактовой частотой более 900 МГц, обеспечивающий совместимость с 32-битными МП. Прогнозируется, что два из этих микропроцессоров (PPC и P7) в модифицированном виде будут использоваться до 2025 года.

Микропроцессоры для персональных компьютеров обычно относятся к CISC-процессорам (Complete Instruction Set Computing) с полной системой команд, насчитывающей до 250 единиц. К их числу относятся 8-битные микропроцессоры i8080, i8085 (с буквы i начинаются названия МП, выпускаемых фирмой Intel), Z80 (с буквы Z начинаются названия МП фирмы Zilog) и др. 16-битные микропроцессоры i8086, i8088; 32-битные – i80386, i80486, Pentium, Pentium Pro, Pentium II, Pentium III, Pentium IV, которые совместимы по командам и форматам данных снизу вверх. Эти микропроцессоры используются в различных модификациях IBM PC.

Два из этих микропроцессоров – i8086 и i8088 являются родоначальниками серии микропроцессоров, получивших сокращенное наименование «x86» (все последующие типы МП основываются на них и лишь развивают их архитектуру). По назначению и функциональным возможностям эти два микропроцессора одинаковы. Различаются они только разрядностью шины данных системной магистрали: МП i8086 имеет 16-битную шину данных, а i8088 – 8-битную. В связи с этим выборка команд и операндов из основной памяти производится за разное число машинных циклов. С точки зрения функциональных возможностей существенного значения эти различия не имеют, поэтому и упоминают о них, как правило, вместе: 8086/8088.

МП 8086/8088 имеет базовую систему команд. В следующей модификации МП фирмы Intel – 80186 реализована расширенная система команд. Расширение системы команд продолжается во всех новых моделях, но кроме этого в каждой новой модели вводятся дополнительные архитектурные решения: в 80286 введен встроенный блок управления ОП, работающей в виртуальном режиме (что позволило увеличить предельно

допустимый объем виртуальной памяти до 4 Гбайт при 16 Мбайтах физической) и блоки, позволяющие реализовать мультизадачность: блок защиты ОП и блок проверки уровня привилегий, присваиваемых каждой задаче. Кроме того, во всех последующих моделях вводятся и совершенствуются средства, позволяющие повысить производительность МП: совершенствуются конвейер команд и встроенный блок управления ОП, вводится микропрограммное управление операциями, прогнозирование переходов по командам условной передачи управления, скалярная архитектура ЦП (арифметический конвейер) и мультискалярная архитектура (несколько параллельно работающих арифметических конвейеров, одновременно выполняющих несколько машинных операций, благодаря чему появляется возможность за один такт МП выполнять более одной машинной операции). Начиная с 80486, в кристалле МП размещается арифметический сопроцессор для операций с плавающей точкой.

Все эти усовершенствования позволяют сделать персональную ЭВМ IBM PC мультипрограммной, многопользовательской (МП 80286 позволял работать с 10 терминалами; 80386 – с 60) и многозадачной. С помощью операционной системы стало возможным реализовать работу в режиме SVM (системы виртуальных машин), т.е. на одной ПЭВМ реализовать множество независимых виртуальных машин (МП 80386 позволял в этом режиме реализовать работу до 60 пользователей, каждому из которых предоставлялась отдельная виртуальная ПЭВМ IBM PC на МП 8086).

Начиная с МП i80586, цифровая характеристика микропроцессора заменена названием. Этот микропроцессор получил название «Pentium».

Тактовая частота микропроцессора Pentium быстро выросла с 60 МГц до 200 МГц. В этот микропроцессор встроено два внутренних кэша: кэш команд и кэш данных (каждый по 8 Кбайт), в нем реализовано «интеллектуальное» управление потреблением мощности: при работе с малой нагрузкой МП автоматически переключается в режим малого потребления электроэнергии; если ЭВМ в течение большого промежутка времени не используется совсем, МП переходит в «режим покоя». Экономия электроэнергии приводит к снижению нагрева микропроцессора, а следовательно – к увеличению срока его службы.

Разработан новый тип микропроцессора – Pentium MMX (MultiMedia Extention), в котором реализована архитектура вычислительных систем класса SIMD, введено 57 новых команд, необходимых для обработки аудио, видео и телекоммуникационной информации.

Следующая разновидность микропроцессоров – Pentium Pro – имела в том же корпусе кэш-память второго уровня объемом 256-512 Кбайт. Кроме того, в этом микропроцессоре система команд x86 транслировалась в RISC-команды (три x86-команды преобразовывались в 12 RISC-команд), исполнявшиеся параллельно работающими блоками вычислений.

В последующих разновидностях микропроцессоров (Pentium II, Pentium III, Pentium IV) вводится ряд усовершенствований, позволяющих повысить тактовую частоту, емкость сверхоперативной памяти, быстродействие и надежность функциональных блоков. Тактовая частота, например, быстро проходила ряд: 533, 566, 600, 633, 667, 700, 733, 766, 800, 850, 866 МГц, 1, 1.13, 1.4, 1.5 ГГц и выше. Ведутся работы по освоению технологии SiGe, позволяющей освоить выпуск микросхем, работающих в диапазоне частот 20-50 ГГц.

Объем кэша 1 уровня вырос до $16 + 16 = 32$ Кбайт. Начиная с Pentium Pro, все последующие модели обеспечивают выполнение команд *с изменением последовательности*, суть которой заключается в том, что мультискалярная архитектура (т.е. наличие в составе микропроцессора нескольких параллельно работающих арифметических конвейеров) допускает, что при параллельном выполнении команд программы один из конвейеров может выполнить свою работу раньше, чем ее закончат другие – и процесс вычислений

вынужден останавливать конвейер в ожидании получения необходимых результатов. Такие ситуации нарушают естественную последовательность выполнения команд программы.

Ведущие фирмы – производители ЭВМ с целью совершенствования выпускаемой ими продукции активно ведут научные исследования, о чем свидетельствуют данные, приведенные в таблице 3.

Таблица 3.

Творческая деятельность компьютерных фирм в 1997 г.

Наименование фирмы	Количество полученных патентов
IBM	1724
NEC	1095
Motorola	1058
Fujitsu	903
Hitachi	902
Mitsubishi	893
Toshiba	862
Sony	860

Например, фирмой IBM были получены патенты по такой тематике: применение в микросхемах медных проводников вместо алюминиевых (50 патентов), что позволяет увеличить степень интеграции микросхем, повысить их тактовую частоту, снизить энергопотребление, рассеиваемую мощность и стоимость изготовления; группа патентов, позволяющая в накопителе на жестких магнитных дисках достигнуть плотности записи 10 Мбит на 1 кв. дюйм – что позволило фирме создать НЖМД емкостью 1 Гбайт размером с пуговицу средней величины; группа патентов, обеспечивающая запись и чтение нескольких сторон CD за счет перефокусировки лазерного луча (без переворачивания компакт-диска); патент на клавиши, чувствительные к силе нажатия, и др. В результате выполнения таких работ с 1998 года IBM выпускает микропроцессоры PPC 750 с медной разводкой.

Постоянный научный поиск ведется в области технологии изготовления больших интегральных схем. Основными направлениями совершенствования являются увеличение плотности монтажа (т.е. сокращение физических размеров компонентов ИС), повышение быстродействия и надежности.

Микропроцессоры фирмы Intel Pentium Pro начали выпускать по технологии 0.5 мкм (данный параметр характеризует минимально различимый размер компонентов ИС), Pentium II выпускался уже по технологии 0.35 мкм. Микропроцессоры Xeon (для серверов) и Celeron (для недорогих компьютеров) выпускаются по 0.25 мкм – технологии. «Pentium III» (тактовая частота в конце 1999 года достигала 750 МГц) и МП «Alpha» фирмы Compaq (с тактовой частотой 1 ГГц) выпускались по 0.18 мкм – технологии.

Считается, что переход на 0.13 мкм – технологию позволит повысить тактовую частоту МП до 1.3-1.5 ГГц. В то же время, фирма Texas Instruments с 1998 г. осваивает 0.07 мкм-технологию.

Микропроцессоры фирмы Intel, начиная с Pentium II, имеют ядро, выполненное в виде RISC-процессора, и аппаратный транслятор команд x86 в RISC-команды.

В персональных ЭВМ нашли применение не только микропроцессоры фирмы Intel. Крупнейшими производителями аналогов микропроцессорам Intel (клонов) являются фирмы Cyrix и AMD, кроме того, микропроцессоры для персональных ЭВМ выпускают IBM, Motorola, Compaq, Sun Microsystems Inc. и др. Микропроцессоры для персональных компьютеров – однокристалльные, тогда как для серверов, суперсерверов и суперЭВМ выпускаются микропроцессоры, размещенные на нескольких кристаллах (например, микропроцессоры POWER, Sparkc, Alpha).

Обобщенная структурная схема 32-разрядного микропроцессора x86 (серии Pentium) приведена на рис. 13.

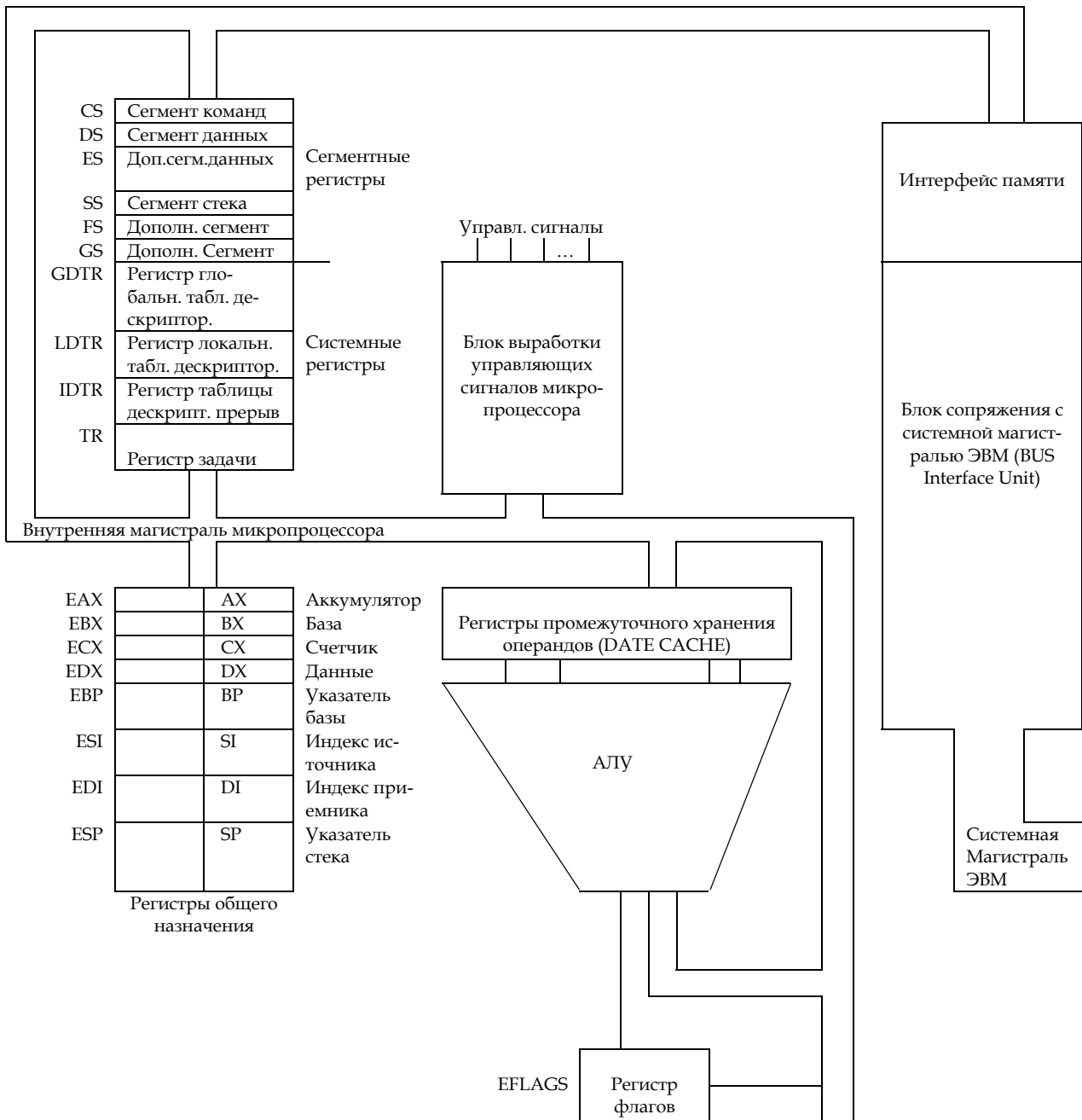
Условно микропроцессор можно разделить на три части: исполнительный блок (Execution Unit, EU), устройство сопряжения с системной магистралью (Bus Interface Unit, BIU) и блок управления микропроцессором.

В исполнительном блоке находятся арифметический блок (DATE CACHE, АЛУ, регистр флагов); регистры общего назначения (РОН) EAX, EBX, ECX, EDX; общие регистры ESI, EDI, ESP, EBP.

В регистре флагов каждый разряд имеет строго определенное назначение. Обычно разряды регистра флагов устанавливаются аппаратно при выполнении очередной операции в зависимости от получаемого в АЛУ результата. При этом фиксируются такие свойства получаемого результата, как нулевой результат, отрицательное число, переполнение разрядной сетки АЛУ и т.д.

Регистры общего назначения EAX, EBX, ECX, EDX имеют длину по 32 бита. Каждый из них делится на два 16-битных регистра, младший из которых имеет свое имя (что обеспечивает совместимость с 16-разрядными версиями микропроцессоров). Так, в регистре EAX содержится 16-битный регистр AX, в регистре EBX содержится регистр BX, в ECX – регистр CX, в EDX – регистр DX. Каждый из 16-битных регистров в свою очередь состоит из двух 8-битных регистров, имеющих свои имена. Так, AX (аккумулятор) делится на AH и AL, регистр базы (Base Register) BX делится на BH и BL. Счетчик (Count Register) CX включает регистры CH и CL. Регистр данных (Data Register) DX содержит регистры DH и DL. Каждый из коротких регистров может использоваться самостоятельно или в составе регистровой пары. Условные названия (аккумулятор, регистр базы, счетчик, регистр данных) не ограничивают применения этих регистров – эти названия говорят о наиболее частом использовании их, или об особенности использования того или иного регистра в той или иной команде. Буква «H» в имени 8-битного регистра означает верхний (или старший) регистр, буква «L» – младший (т.е. младший байт 16-битного регистра или младший однобайтный регистр двухбайтного регистра).

Рис. 13. Обобщенная структурная схема 32-разрядного микропроцессора x86



Общие регистры – ESP, EBP, ESI, EDI также 32-х битные, младшая половина которых доступна как регистры SP, BP, SI, DI.

Регистр ESP указывает на адрес вершины стека (адрес, куда будет заноситься следующая информация командой PUSH).

Регистр EBP содержит адрес базы, который может использоваться при работе со стеком.

Регистр ESI – адрес источника – обычно содержит адрес начала блока информации для операций типа «переместить блок», а регистр EDI – адрес приемника (назначения) в этой операции. Блок управления микропроцессором содержит сегментные регистры, системные регистры и блок выработки управляющих сигналов микропроцессора.

Сегментные регистры CS, DS, ES, FS, GS, SS имеют длину по 16 бит и используются для формирования физических адресов команд и данных в основной памяти.

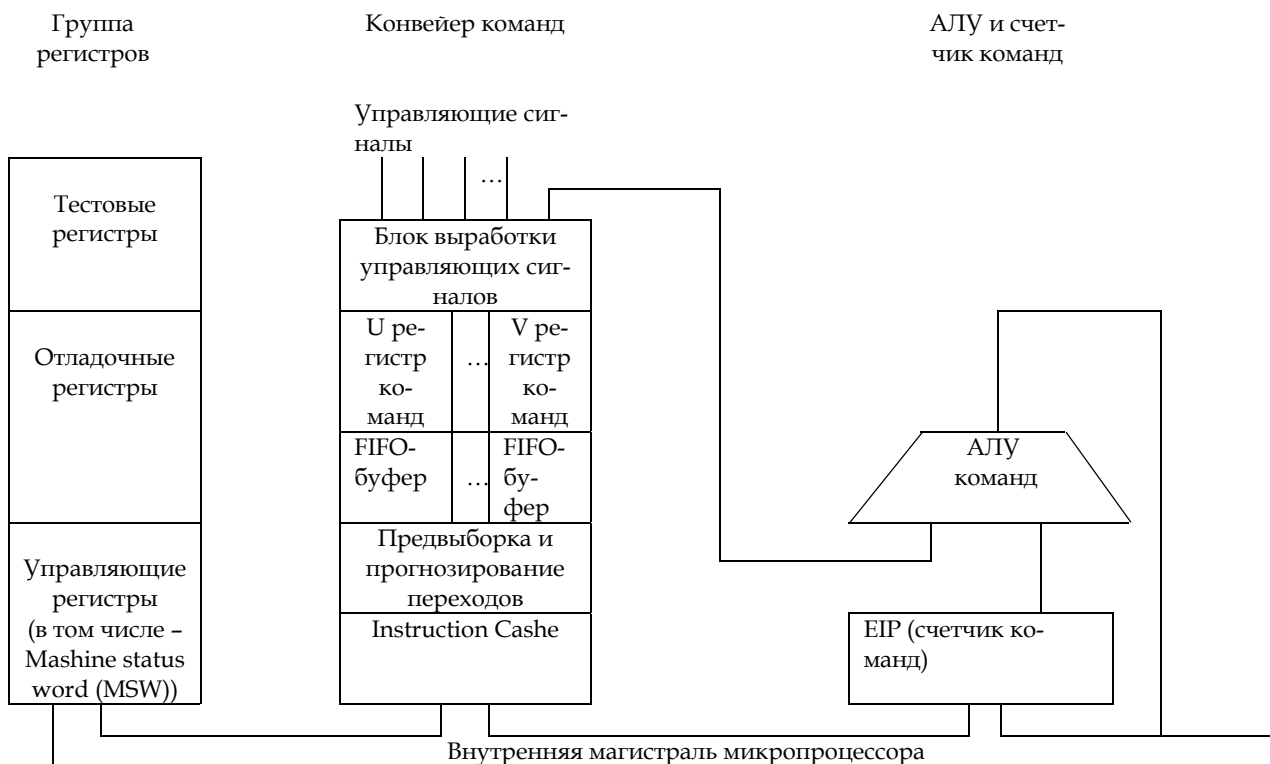
- CS – сегмент кода исполняемой в данный момент программы.
- DS – сегмент данных исполняемой программы: константы, строковые ссылки и т.д.
- SS – сегмент стека исполняемой программы.
- ES, FS, GS – дополнительные сегменты, которые в некоторых программах могут не использоваться.

Системные регистры GDTR и LDTR являются регистрами глобальной и локальной дескрипторных таблиц и используются для определения текущего адреса ОП. GDTR имеет длину 48 бит, LDTR – 16 бит (точнее, 16 бит – это только «видимая» часть этого регистра).

Регистр IDTR (таблицы дескрипторов прерываний – DTR) имеет длину 48 бит, 32 из которых являются базовым адресом таблицы дескрипторов прерываний (IDT), а 16 – смещением этого адреса (пределом).

Структурная схема блока выработки управляющих сигналов микропроцессора приведена на рис. 14.

Рис. 14. Блок выработки управляющих сигналов микропроцессора



Основу блока составляют счетчик команд, АЛУ, конвейер команд и группа управляющих, отладочных и тестовых регистров.

Регистр EIP является указателем адреса команды (Instruction Pointer), которая будет выбираться в конвейер команд в качестве очередной команды (в отечественной литературе такое устройство называется *счетчик команд*).

Конвейер команд МП хранит несколько команд, что позволяет при выполнении линейных программ совместить подготовку очередной команды с выполнением текущей. Команды в конвейер команд поступают с внутренней магистралью микропроцессора и

накапливаются в кэше команд. Блок предвыборки и прогнозирования переходов осуществляет трансляцию команд x86 в RISC-команды, прогнозирует последовательность исполнения команд и направляет полученные последовательности команд в соответствующие ветви конвейера команд. Каждый конвейер команд имеет свой буфер (память магазинного типа FIFO), из которого команды поступают в соответствующий *регистр команд* для исполнения.

АЛУ команд используется для вычисления физических адресов необходимых для работы микропроцессора команд и данных.

Управляющие регистры CR0, CR1, CR2, CR3 имеют длину по 32 бита. Эти регистры устанавливают режим работы процессора (реальный, защищенный и т.д.), контролируют страничное распределение памяти и т.д. Они доступны только для привилегированных команд. Младшая часть регистра CR0 используется как слово состояния машины.

Отладочные регистры DR0-DR7 содержат адреса 8 точек прерывания и устанавливают, что должно произойти при достижении программой соответствующей точки прерывания. Эти регистры используются при отладке программы с помощью таких отладочных средств, как *debug.exe* (для реального режима) или *ntsd.exe* (для защищенного режима).

Тестовые (контрольные) регистры TR_j используются для контроля страничной системы распределения памяти, реализуемой операционной системой.

2.3.3. Системы визуального отображения информации (видеосистемы)

Видеосистемы предназначены для оперативного отображения информации, доведения ее до сведения оператора ЭВМ. Обычно они состоят из двух частей: монитора и адаптера. *Монитор* служит для визуализации изображения, *адаптер* – для связи монитора с микропроцессорным комплектом.

Классификацию мониторов можно провести по используемым физическим эффектам, по принципу формирования изображения на экране, по способу управления, по длительности хранения информации на экране, по цветности.

По принципу формирования изображения мониторы делятся на плазменные, электролюминесцентные, жидкокристаллические, дисплеи с эмиссией поля, и электронно-лучевые.

Плазменные, электролюминесцентные, жидкокристаллические мониторы и дисплеи с *эмиссией поля* относятся к дисплеям с плоским экраном. Для них характерно то, что экран имеет малые физические размеры и не мерцает. Мониторы этого вида имеют малый вес и незначительное потребление энергии, большую механическую прочность и длительный срок службы.

Плазменные, электролюминесцентные мониторы и дисплеи с эмиссией поля являются активными, излучающими свет. Для работы с ними не нужен посторонний источник света.

Жидкокристаллические – пассивные мониторы. Они работают только при наличии постороннего источника света: отраженного или проходящего. Жидкокристаллические мониторы используют способность жидких кристаллов изменять свою оптическую плотность или отражающую способность под воздействием электрических сигналов.

В плазменной панели элемент изображения образуется в результате газового разряда, который сопровождается излучением света. Конструктивно панель состоит из трех стеклянных пластин, на двух из которых нанесены тонкие прозрачные проводники. На одной пластине проводники расположены горизонтально, на другой – вертикально. Между ними находится третья стеклянная пластина, в которой в местах пересечения про-

водников имеются сквозные отверстия. Эти отверстия при сборке панели заполняются инертным газом. Вертикально и горизонтально расположенные проводники образуют координатную сетку; на пересечении проводников находятся элементы изображения – пикселы. При разрешающей способности 512×512 пиксел такая панель имеет размеры не более 200×200 мм и толщину 6-8 мм. В настоящее время созданы цветные плазменные панели с разрешающей способностью экрана более 1024×1024 пиксел.

Электролюминесцентные мониторы работают на принципе люминесценции вещества при воздействии на него электрического поля. Люминесцентное вещество распыляется на внутренней поверхности одной из пластин с координатной сеткой. Напряжение на координатные шины подается такое, чтобы на пересечении координатных шин создавалось электрическое поле, достаточное для возбуждения люминофора.

Дисплеи с эмиссией полем (Field Emission Display, FED) – это плоские дисплеи, по принципу работы подобные обычным ЭЛТ. Электроны в них излучаются из холодных катодов, имеющих форму очень острых микроигл, количество которых на каждый пиксел может составлять до нескольких тысяч. Этот вид мониторов характеризуется хорошим воспроизведением цветов, так как используется такой же люминофор, как в электронно-лучевых трубках, и высокой скоростью работы (как и в ЭЛТ).

Наибольшее распространение получили мониторы на электронно-лучевых трубках. Электронная лучевая трубка представляет собой электровакуумный прибор в виде стеклянной колбы, дно которой является экраном. В колбе, из которой удален воздух, расположены электроды: электронная пушка (катод с электронагревательным элементом), анод, вертикально и горизонтально отклоняющие пластины и сетка. Снаружи на ЭЛТ установлена фокусирующая система. Внутренняя поверхность экрана покрыта люминофором, который светится при попадании на него потока электронов. Катод, поверхность которого покрыта веществом, легко отдающим электроны при нагревании, является источником электронов. Возле него образуется «электронное облако», которое под действием электрического поля анода движется в сторону экрана. По мере приближения к аноду электронный поток увеличивает скорость. Фокусирующая система сжимает поток электронов в тонкий пучок, который с помощью отклоняющих пластин направляется в нужную точку экрана. Сетка служит для регулирования плотности электронного потока. Она расположена гораздо ближе к катоду, чем анод. В зоне ее действия поток электронов имеет небольшую скорость, поэтому она оказывает на поток электронов влияние, сопоставимое с влиянием анода. Сетка может создать электрическое поле, которое тормозит электроны, уменьшает их скорость и плотность потока, движущегося в сторону экрана, и даже может полностью «запереть» трубку, не пропустив поток электронов в сторону экрана.

На отклоняющие пластины ЭЛТ подается пилообразное напряжение, которое отклоняет электронный луч и заставляет его пробегать по всей поверхности экрана, строка за строкой. На поверхности экрана появляется развертка, с помощью которой выводится требуемое изображение – в местах экрана, которые должны оставаться темными, трубка запирается и электронный луч не доходит до поверхности экрана.

В зависимости от формы напряжения, подаваемого на отклоняющие пластины и способа его получения, различаются растровая, матричная и векторная развертки.

Растровая развертка представляет собой набор сплошных горизонтальных линий, заполняющих весь экран. Она формируется с помощью аналоговых приборов – генераторов пилообразного напряжения: отдельно для строк и для кадров. Этот вид развертки применяется в телевидении.

Матричная развертка по внешнему виду похожа на растровую. Но формируется она с помощью цифровых схем (счетчиков), связанных с отклоняющей системой через цифро-аналоговые преобразователи. В этом случае электронный луч на экране переме-

щается не непрерывно, а скачками – от одного пиксела к другому. Поэтому он не рисует линию, а высвечивает матрицу точек (пиксел). При такой развертке легко перевести луч в любую заданную точку экрана: надо только в счетчики строк и кадров поместить координаты этой точки.

Векторная развертка используется для рисования сложных фигур с помощью сплошных линий разной формы. Управление вертикальным и горизонтальным отклонением луча в этом случае осуществляется с помощью функциональных генераторов, каждый из которых настроен на прорисовку определенного графического примитива. Состав графических примитивов, из которых строится изображение, определяется наличием функциональных генераторов.

Максимальное количество строк на экране и количество точек в строке образуют разрешающую способность монитора:

- низкую: 320×200 (320 пиксел в строке, 200 строк на экране);
- стандартную: 640×200, 640×350 или 640×480;
- высокую: 750×348 или 800×600;
- особо четкую: 1024×768 или 1024×1024 и выше.

Разрешающая способность оказывает значительное влияние на качество изображения на экране. Но качество изображения зависит и от других характеристик: физических размеров элементов изображения (пиксел, или точек), размеров экрана, частоты развертки, цветовых характеристик и др.

Размер элементов изображения зависит от величины зерен люминофора, напыляемого на экран, которая измеряется в мм и образует ряд: 0.42; 0.39; 0.31; 0.28; 0.26; 0.25;... Фактически приведенные цифры характеризуют не диаметр точек люминофора, а расстояние между центрами этих точек.

Размер экрана, имеющего прямоугольную форму, обычно измеряется по диагонали в дюймах (12, 14, 15, 17, 21 и т.д.). Для экрана с диагональю 14" длина горизонтальной части экрана составляет около 10", а вертикальной – около 9". При длине строки 10" (т.е. 257.5 мм) и размере зерна 0.42 мм, в строке может разместиться 613 пиксел. Поэтому на мониторе с размером экрана 14" и размером зерна 0.42 мм невозможно получить разрешающую способность, более 613 пиксел в строке при 535 пикселных строках на экране; монитор может обеспечить лишь стандартную разрешающую способность (не более 640 × 480). При размере зерна 0.28 мм на 14" мониторе максимально можно получить разрешающую способность 800 × 600 (зато на 15" мониторе размер зерна 0.28 позволяет обеспечить разрешающую способность 1024 × 768).

Необходимо отметить, что большее по размерам зерно имеет большую инерционность: электронный луч дольше «разжигает» такое зерно, но оно и светится дольше. Поэтому в мониторах с большим размером зерна частота регенерации не должна быть высокой (25-30 кадров в секунду достаточно, чтобы изображение «не мерцало» из-за угасания зерен люминофора). При уменьшении размеров зерна уменьшается и его инерционность. Поэтому регенерацию экрана в мониторах с зерном 0.26 и меньше приходится проводить чаще (75-100 раз в секунду). Для того чтобы вывести 100 раз в секунду кадр, содержащий 1000 пиксел в строке и 1000 строк, необходимо обеспечить частоту строчной развертки $100 \times 1000 \times 1000 = 10^8$ Гц = 100 МГц; частота кадровой развертки при этом составит $100 \times 1000 = 10^5$ Гц = 0.1 МГц.

По длительности хранения информации на экране мониторы делятся на регенерируемые и запоминающие.

В *регенерируемых мониторах* изображение после однократной прорисовки держится на экране недолго (доли секунды), постепенно угасая. Угасание изображения иногда заметно на глаз – нижние строки могут быть ярче верхних, например. Для поддержания

постоянной яркости, изображение приходится повторно прорисовывать (регенерировать). А чтобы яркость в различных частях экрана не очень отличалась, и для снижения полосы пропускания применяют чересстрочную развертку: при каждой регенерации сначала рисуются нечетные строки, а затем – четные.

Регенерируемые мониторы незаменимы при визуализации быстропротекающих динамических процессов.

В *запоминающих мониторах* после однократной прорисовки изображение держится на экране в течение нескольких часов. Для его стирания приходится подавать на экран специальное стирающее напряжение.

Запоминающие мониторы эффективны там, где выведенное изображение нуждается в длительной обработке, например, подвергается редактированию или должно быть воспринято (изучено) оператором.

По способу управления яркостью луча мониторы делятся на цифровые и аналоговые. В *цифровых мониторах* для управления яркостью на сетку подаются дискретные сигналы, которые в зависимости от настройки могут полностью запирают трубку или полностью отпирать ее; снижать яркость до 1/2 или обеспечивать полную яркость, и т.д.

В *аналоговых мониторах* на сетку подается непрерывный (аналоговый) сигнал, который может плавно изменять яркость от полного записания до полного отписания.

По цветности изображения мониторы делятся на монохромные и цветные.

Цветность монитора на ЭЛТ зависит от люминофорного покрытия экрана. В *монохромном мониторе* на экране распыляется один люминофор, который и определяет цвет экрана: белый, зеленый и др. В *цветном мониторе* на экран последовательно напыляются три различных люминофора, каждый из которых светится под воздействием электронного пучка своим цветом. В цветных мониторах в качестве основных цветов применяются красный (Red), зеленый (Green) и синий (Blue), в связи с чем они получили название RGB-мониторы. Люминофоры наносятся в виде точек, образующих цветные триады на месте каждого пикселя. В цветных ЭЛТ используются три электронных пушки, каждая из которых может подсвечивать точку только одного цвета. Изменяя интенсивность каждого электронного пучка, можно регулировать яркость точек в цветных триадах. Но точки, из которых состоит пиксел, глазом по отдельности не воспринимаются, так как имеют очень малые размеры и расположены близко друг от друга. Глаз воспринимает их слитно, как одну цветную точку, цвет которой зависит от яркости ее компонент.

Самые большие возможности цветообразования у аналоговых RGB-мониторов с раздельным управлением яркостью трех лучей. В этих мониторах используется три сетки, каждая из которых находится в непосредственной близости от «своей» электронной пушки и управляет интенсивностью только ее луча. Такие мониторы способны воспроизводить на экране миллионы различных цветов.

Связь ЭВМ с монитором осуществляется с помощью *адаптера* – устройства, которое должно обеспечивать совместимость различных мониторов с микропроцессорным комплектом ЭВМ. В начальный период существования персональных компьютеров адаптеры старались стандартизировать, чтобы в полной мере обеспечить совместимость различных по конструкции мониторов с ЭВМ. Было разработано пять стандартов:

- MDA – монохромный дисплейный адаптер;
- CGA – цветной графический адаптер;
- MGA – монохромный графический адаптер;
- EGA – улучшенный графический адаптер;
- VGA – видеографическая матрица.

Кроме них существовали и другие адаптеры, например Геркулес, PGA, SVGA и др. Но они не поддерживали некоторые общепринятые режимы работы мониторов и вследствие неполной совместимости не позволяли реализовать любое программное обеспечение.

Видеографический матричный адаптер VGA, разработанный в 1988 г. позволял реализовать 640×480 точек в графическом режиме при 64-256 (зависит от объема видеопамати) одновременно отображаемых цветов из 262144 возможных. В текстовом режиме адаптер VGA позволял отображать на экране 80×25 или 80×50 символов. Количество цветов, отображаемых в этом режиме, ограничено 16 цветами из 256 возможных. Ограничение на количество воспроизводимых цветов накладывает архитектура адаптера, стремление сделать его совместимым с адаптером EGA.

В последнее время наибольшее распространение получили адаптеры SVGA. Этот адаптер не стандартизован, вследствие чего каждая фирма, выпускающая мониторы, обязательно снабжает их драйверами, позволяющими работать с различными адаптерами.

Широкое распространение режима Plug&Play привело к тому, что в состав операционных систем фирмы Microsoft включено огромное количество постоянно обновляемых фирмой драйверов.

Исторически сложилось, что дисплеи могут работать в одном из двух режимов: *символьном или графическом*.

В *символьном режиме* на экран может выводиться ограниченный состав символов, имеющих четко определенный графический образ: буквы, цифры, знаки пунктуации, математические знаки и знаки псевдографики. Состав этих символов определен системой кодирования, применяемой в данной ЭВМ. В Robotron 1715 состав символов определяется кодом КОИ-7; в ЕС ЭВМ – кодом ДКОИ, в IBM PC – кодом ASCII, который в последнее время теснится кодом UNICOD.

Для вывода символа на экран дисплея сначала определяется позиция, в которой должен появиться символ (номер символа в строке и порядковый номер строки), а затем по коду символа определяется его форма, которая и высвечивается на экране. Предельное количество символов, одновременно размещаемых на экране, называется *информационной емкостью экрана*. В символьном режиме на экране монитора IBM PC может быть высвечено 40, 80 или 132 (VESA BIOS EXTENTION) символа в строке. Всего на экране помещается 25, 50 или 60 строк.

Форма выводимого символа определяется знакогенератором дисплея, в котором хранятся коды формы всех символов ASCII или UNICODE.

В *графическом режиме* изображение на экране формируется из отдельных точек (пиксел), имеющих свои адреса (номер пиксела в строке × номер пиксельной строки). В простейшем случае каждому пикселу экрана соответствует один пиксел видеопамати, который и определяет, светлым или темным должна быть соответствующая точка на экране. Если кроме этого необходимо указывать цвет пиксела, то количество битов видеопамати, характеризующих каждый пиксел, приходится увеличивать. Поэтому для графического режима требуется большая память, чем для символьного при той же разрешающей способности экрана.

Основу адаптера любого типа составляет видеопамать: обычная динамическая (DRAM), в которой для доступа к биту надо задать адрес строки и столбца; FPM DRAM (Fast Page Mode DRAM) в которой адрес строки задается один раз для нескольких доступов к близким элементам памяти; EDO DRAM (Extended Data Out DRAM) в которой модифицированы схемы тактирования, за счет чего новое обращение к памяти может начаться до завершения предыдущего; BEDO DRAM (Burst Extended Data Out DRAM) в которой EDO-память скомбинирована с конвейерной технологией и специальными триггерами с защелкой, что позволяет заметно сократить время доступа; RDRAM (RAMBus DRAM), в которой для доступа к данным вместо обычных 32 или 64-битных шин используется 8-битный скоростной интеллектуальный канал; специальная двухпортовая

(VRAM), допускающая одновременное обращение как со стороны системной магистрали, так и со стороны монитора.

Начиная с адаптера EGA, видеопамять имеет плоскостную структуру: вся память делится на битовые плоскости. В каждой битовой плоскости одному пикселу выделяется один бит. Длина битовой плоскости определяет разрешающую способность экрана. Количество битовых плоскостей (в каждой из которых выделено по одному биту для соответствующего пиксела) определяет, сколько бит отводится для хранения атрибутивного признака пиксела. Если видеопамять имеет одну битовую плоскость, то такой дисплей может работать только в монохромном режиме (пиксел может быть либо ярким, либо темным). При наличии двух битовых плоскостей в видеопамяти может храниться $2^2 = 4$ значения, определяющих, как должен выглядеть пиксел на экране (при цветном мониторе – четыре цвета, один из которых с кодом 00 – черный). Т.е. фактически с помощью двух битовых плоскостей можно управлять RGB-монитором. При 8 битовых плоскостях атрибут пиксела обеспечивает кодирование $2^8 = 256$ цветов – такой адаптер эффективно применять только для аналоговых RGB-мониторов, в которых между видеопамятью и управляющими цветом электродами ЭЛТ ставится цифро-аналоговый преобразователь (Digital to Analog Converter, «DAC»). В DAC из видеопамяти подается код цвета. Из DAC в ЭЛТ выдается аналоговый сигнал (код цвета преобразуется в величину напряжения на управляющем электроде).

Иногда между видеопамятью и DAC ставятся регистры палитры (RAM DAC). Атрибутивный признак каждого пиксела в этом случае обозначает номер регистра палитры, в котором хранится код цвета данного пиксела. При выборке соответствующего регистра палитры находящийся в нем код цвета передается в DAC и управляет свечением пиксела. Объем RAM DAC равен количеству имеющихся в наличии регистров палитры (в адаптере EGA – 16, в адаптере VGA для цифрового монитора – 64). RAM DAC загружается кодами цветов выбранной палитры с помощью специальной видеофункции BIOS перед началом работы, поэтому объем RAM DAC определяет, сколько цветов может одновременно находиться на экране (монитор может обеспечить и большее количество цветов, но количество регистров палитры ограничивает количество цветов выбранной палитрой).

Начиная с адаптеров SVGA (Super VGA), предпринимаются попытки снять ограничения, накладываемые выбором палитры – для этого код цвета из видеопамяти передается на DAC в момент «разжигания» пиксела. В режиме High Color на DAC передается 15-битный код цвета (по 5 бит на каждый луч), что позволяет идентифицировать 32 768 цветов. В режиме Direct Color на DAC передается 18-битный или 21-битный код цвета (по 6 или 7 бит на каждый луч), что позволяет идентифицировать соответственно 262 144 (для 18 бит) или 2 097 152 (для 21 бита) цветов. В режиме True Color – 24-битный код цвета (по 8 бит на каждый луч), что позволяет идентифицировать 16 777 216 цветов. Видеопамять для этого должна иметь соответственно 15, 18, 21 или 24 битовых плоскости.

Скорость обмена видеопамяти с DAC определяется продолжительностью разжигания (регенерации) одного пиксела и характеризуется частотой, которая при достаточно большой разрешающей способности превышает 200 МГц. Поэтому указанные режимы используются для профессиональной обработки цветных изображений и нуждаются в очень дорогой, быстродействующей аппаратуре.

Физически видеопамять может иметь линейную структуру. Разбиение ее на видеоплоскости в этом случае может осуществляться программным путем – с помощью драйвера дисплея. Поэтому есть возможность одну и ту же видеопамять использовать для различной разрешающей способности экрана (изменяя длину битовой плоскости) и для различного количества воспроизводимых на экране цветов (изменяя количество битовых плоскостей). При фиксированном объеме памяти можно увеличить разрешающую способность (но при этом сократится количество воспроизводимых цветов) или увеличить

количество воспроизводимых цветов (снизив соответственно разрешающую способность экрана). Если же видеоплоскости реализованы аппаратно, переключение режимов (мод экрана) может в ограниченных пределах эмулироваться драйвером дисплея.

Для воспроизведения динамических (движущихся, анимационных) изображений видеопамять приходится делить на страницы, которые поочередно выводятся на экран при каждой регенерации (пока одна страница выводится на экран, вторая заполняется очередным кадром).

Во всех адаптерах часть видеопамати отводится под знакогенератор, в котором записаны коды формы выводимых на экран символов. В некоторых случаях в видеопамати приходится хранить несколько знакогенераторов, например, с национальными шрифтами.

Кроме видеопамати в состав адаптера входят блок сопряжения с монитором, блок управления, различные ускорители (графический, Windows-ускоритель, 3D-ускоритель и др.), которые предназначены для выполнения вычислительных операций без обращения к МП ЭВМ.

Все устройства вывода имеют плоский экран. Естественным для такого экрана является двухмерное (плоское) изображение. В то же время для человека более естественным является **объемное (трехмерное) изображение**. Поэтому разрабатываются устройства и способы создания если не трехмерного изображения, то хотя бы имитирующего его.

Один из способов создания эффекта глубины изображения заключается в использовании декартовой системы координат и нанесении на рисунок только видимых линий.

Другой способ – «перспективу» – используют художники: все параллельные линии, уходящие вглубь экрана, сходятся в одной точке на линии горизонта (условной линии, расположенной в верхней части экрана).

Более сложный метод создания объемного изображения основан на явлении стереоэффекта. Стереοизображение состоит из двух, выполненных для правого и левого глаза. Но каждое из них должен видеть только тот глаз, для которого оно предназначено. Один из способов достижения этого – выполнение изображений в разных цветах (например, одно – в красном, а другое – в зеленом). Наблюдатель одевает очки, которые содержат стекла разного цвета (одно – красное, второе – зеленое). Через красный светофильтр видно зеленое изображение, а через зеленый – красное. Другой способ разделить изображения – применить не цветные, а поляризационные фильтры.

Еще более сложным способом создания объемного изображения является голография. Голографический метод формирования изображения известен с конца 40-х годов. В начале 60-х годов Ю.Н.Денисюк изобрел метод формирования голограмм в трехмерных средах при использовании для записи встречных пучков. Этот метод позволял избавиться от фантомов – так назывались сопутствующие основному, лишние (дополнительные) изображения. На основе этого метода разработана цифровая голография, которую можно реализовать с помощью ЭВМ без использования дополнительной аппаратуры.

Голография по Денисюку предусматривает наличие когерентного источника света, который излучает свет в виде лучей, выходящих из источника в одной и той же фазе. Это точечный источник света, имеющий достаточно малые размеры. Если на пути световых лучей поставить линзу, лучи преломляются и далее следуют параллельно друг другу. На их пути устанавливается прозрачная стеклянная фотопластинка. Лучи света проходят через нее и освещают какой-либо объемный предмет. Отражаясь от этого предмета, лучи снова попадают на фотопластинку. Но если при движении к объекту лучи проходили сквозь пластинку, находясь в одной и той же фазе и имея одинаковую интенсивность, то возвращаются назад они после отражения от объекта в разных фазах и с разной интенсивностью. Фазы у них разные, так как расстояние от фотопластинки до различных частей отражающего объекта различно, а интенсивность изменилась по сравнению с на-

чальной, так как отражающая способность разных частей объекта различна. На фотопластинке прямой и обратный лучи суммируются. Степень засвечивания фотослоя зависит от яркости, которая определяется полученной суммой. На пластинке образуется интерференционная картина. Если пластинку проявить, то интерференционная картина становится видимой. При рассматривании ее невооруженным глазом в рассеянном свете видны только темные и светлые пятна различной формы, даже отдаленно не напоминающие объект, который фотографировался. Если теперь в эту установку поместить проявленную пластинку и убрать объект, то при включении когерентного источника света на месте, где раньше находился объект, появится его объемное изображение.

Стеклопластиковая пластинка имеет следующее свойство: если пластинку разбить, то каждый ее кусочек несет полную картину изображения, правда не такого яркого, как целая пластинка.

Цифровая голография позволяет получать интерференционную картину без использования когерентного источника света и фотопластинок по трем плоским изображениям объекта, сделанным в трех разных взаимоперпендикулярных плоскостях. Интерференционная картина вычисляется на ЭВМ. Если ее вывести на принтер, сфотографировать, а затем полученную фотопластинку поместить в установку Денисюка и осветить когерентным источником света, то появится объемное изображение исходного объекта.

Впоследствии оказалось, что если снятую с принтера распечатку разглядывать, фокусируя по-разному зрение, можно увидеть объемное изображение объекта и без использования дополнительной аппаратуры.

2.4. Периферийные устройства ЭВМ

2.4.1. Клавиатура

Клавиатура – это одно из основных устройств ввода в ЭВМ, позволяющее вводить различные виды информации. Вид вводимой информации определяется программой, интерпретирующей нажатые или отпущенные клавиши. С помощью клавиатуры можно вводить любые символы: от букв и цифр до иероглифов и знаков музыкальной нотации. Клавиатура позволяет управлять курсором на экране дисплея – устанавливать его в нужную точку экрана, перемещать по экрану, «прокручивать» экран в режиме скроллинга, отправлять содержимое экрана на принтер, производить выбор при наличии альтернативных вариантов и т.д.

В последнее время наблюдаются тенденции отказа от клавиатуры в пользу альтернативных устройств: мыши, речевого ввода, сканеров. Но полностью эти устройства клавиатуру не заменяют.

Стандартная клавиатура IBM PC имеет несколько групп клавиш:

- 1) Алфавитно-цифровые и знаковые клавиши (с латинскими и русскими буквами, цифрами, знаками пунктуации, математическими знаками).
- 2) Специальные клавиши: Esc, Tab, Enter, BackSpace.
- 3) Функциональные клавиши: (F1, F2 и т.д.).
- 4) Служебные клавиши для управления перемещением курсора (стрелки: Up, Down, Left, Right, клавиши Home, End, PgUp, PgDn и клавиша 5, иногда обозначаемая значком «[]» в центре дополнительной цифровой клавиатуры).
- 5) Служебные клавиши для управления редактированием: Ins, Del.
- 6) Служебные клавиши для смены регистров и модификации кодов других клавиш: Alt, Ctrl, Shift.
- 7) Служебные клавиши для фиксации регистров: CapsLock, Scroll-Lock, NumLock.
- 8) Разные вспомогательные клавиши: PrtSc, Break, Grey +, Grey -.

Если клавиша первой группы оказывается нажатой дольше, чем 0,5 сек., начинает генерироваться последовательность ее основных кодов с частотой около 10 раз в сек., что имитирует серию очень быстрых нажатий этой клавиши.

Общее число клавиш в основной модификации клавиатуры (в IBM PC XT) – 83, в расширенной клавиатуре – 101 и более. Количество различных сигналов от клавиатуры значительно превышает это число, т.к.:

1) при нажатии и отпускании клавиши в ЭВМ передаются разные кодовые комбинации: при нажатии – порядковый номер нажатой клавиши на клавиатуре (ее скен-код), а при освобождении – скен-код, например, увеличенный на 80h;

2) заглавные и строчные буквы первой группы клавиш (алфавитно-цифровых и знаковых) набираются на разных регистрах. Оперативное переключение регистров производится клавишей Shift. Если при нажатой (и удерживаемой в нажатом состоянии) клавише Shift «кликнуть» любую алфавитную клавишу, то ЭВМ расценит передаваемый код, как код заглавной буквы, соответствующий нажатой клавише;

3) после однократного нажатия клавиши CapsLock (зажигается лампочка на клавиатуре) изменяется порядок работы клавиши Shift: без нажатия на нее будут набираться заглавные буквы, а при нажатии (совместном) – строчные. После повторного нажатия на CapsLock порядок работы клавиши Shift восстанавливается, а лампочка гаснет. Такой режим (переключательный) работы клавиши называется триггерным режимом;

4) клавиши Alt и Ctrl так же влияют на расшифровку передаваемых в ЭВМ сигналов: при одновременном нажатии с ними любой другой клавиши, в ЭВМ передается не scan-code, а расширенный код (2 байта). Иногда таким же образом используется клавиша Esc;

5) клавиша NumLock является триггерным переключателем дополнительной цифровой клавиатуры: при негорящей лампочке она работает как клавиатура для управления курсором при зажженной – как цифровая;

6) для переключения регистров (или даже групп регистров) иногда используются другие комбинации клавиш: например, программы – русификаторы клавиатуры переключают РУС-ЛАТ с помощью правой клавиши Shift или при одновременном нажатии двух клавиш Shift (правой и левой) и т.д. Эти комбинации клавиш обладают триггерным эффектом.

Сигналы, поступающие от клавиатуры, проходят трехуровневую обработку: на физическом, логическом и функциональном уровнях.

Физический уровень имеет дело с сигналами, поступающими в вычислительную машину при нажатии и отпускании клавиш.

На логическом уровне, реализуемом BIOS, скен-код транслируется в специальный 2-байтовый код. Младший байт для клавиш группы 1 содержит ASCII-код или Unicode (для операционных систем Windows), соответствующий изображенному на клавише знаку. Этот байт называют «главным». Старший байт («вспомогательный») содержит исходный скен-код нажатой клавиши.

На функциональном уровне отдельным клавишам программным путем приписываются определенные функции. Такое «программирование» клавиш осуществляется с помощью драйвера – программы, обслуживающей клавиатуру в операционной системе.

На IBM PC, начиная с AT, есть возможность управлять некоторыми функциями клавиатуры, например, изменять время ожидания автоповтора, частоту автоповтора, зажигать и гасить светодиоды на панели управления клавиатуры.

Устройство клавиатуры не является простым: в клавиатуре используется свой микропроцессор, работающий по прошитой в ПЗУ программе. Контроллер клавиатуры постоянно опрашивает клавиши, определяет, какие из них нажаты, проводит контроль на «дребезг», и выдает код нажатой или отпущенной клавиши в системный блок ЭВМ.

Конструктивно клавиатуры могут быть реализованы по-разному. Есть плоские клавиатуры, на которых руки быстро устают при длительной работе. Есть эргономические клавиатуры, при работе с которыми меньше напряжены мышцы кистей рук. Это снижает утомляемость при длительной работе на клавиатуре.

Фирма IBM зарегистрировала патент на клавиатуру, чувствительную к силе нажатия клавиши.

Выпускаемые разными производителями клавиатуры различаются также по расстоянию между клавишами, числу специальных клавиш, способу переключения на цифровой регистр для быстрого ввода числовых данных, углу наклона, форме и текстуре поверхности клавиш, усилию нажима и величине хода клавиш, расположению часто используемых клавиш, способу соединения с ЭВМ (инфракрасная связь, радио-клавиатура) и др.

На клавиатуре невозможно отобразить все допустимые для ввода символы. Любой из символов Unicode (а в DOS – не поместившиеся на клавиатуре символы, например, псевдографики) можно ввести в ЭВМ с помощью Alt-ввода, при котором на цифровой части клавиатуры при нажатой клавише Alt набирается десятичный код требуемого символа, и после отпускания клавиши Alt вместо набранных цифр в кольцевой буфер клавиатуры помещается шестнадцатичный код требуемого символа (ASCII или Unicode).

2.4.2. Принтеры

Принтеры – это внешние устройства ЭВМ, предназначенные для вывода информации на твердый носитель в символьном или графическом виде. Классификация принтеров может быть проведена по следующим критериям: по способу вывода, по принципу формирования изображения, по способу регистрации и по принципу управления процессом печати.

По способу вывода изображения принтеры делятся на две группы: символьные и графические. *Символьные* принтеры могут выводить информацию в виде отдельных символов по мере их поступления в печатающее устройство (ПУ). При этом за один цикл печати формируется один знак (посимвольные ПУ). В *построчных ПУ* вывод на печать осуществляется только после заполнения буферного ЗУ, которое по емкости равно одной строке. *Полстраничные ПУ* за один цикл печати формируют и распечатывают целую страницу.

Графические ПУ выводят информацию не целыми символами, а отдельными точками или линиями. Количество точек на единицу длины определяет разрешающую способность принтера, которая имеет разную величину в зависимости от направления: по горизонтали и по вертикали. В принтерах этого типа каждая точка имеет свои координаты, которые являются адресом этой точки.

По принципу формирования выводимого изображения ПУ делятся на три вида: литерные, матричные и координатные (векторные).

Литерные устройства выводят информацию в виде символов, каждый из которых является графическим примитивом данного устройства. Литеры сформированы при изготовлении принтера и нанесены на специальные рычаги или литерные колеса – шрифтоносители, и при эксплуатации принтера без замены шрифтоносителя не изменяются.

Матричные ПУ выводят информацию в виде символов, сформированных из отдельных точек, объединенных в символьную матрицу. Печатающая головка матричного принтера имеет вертикальный ряд иголок, каждая из которых может сделать оттиск самого маленького элемента изображения – пиксела. Печать символа происходит при перемещении головки по горизонтали. Если подлежащий печати символ имеет размеры, большие, чем может обеспечить печатающая головка, такой символ печатается за

несколько проходов, после каждого из которых осуществляется перемещение по вертикали (относительно печатающей головки) носителя изображения (например, бумаги).

По способу регистрации изображения ПУ делятся на ударные и безударные.

ПУ ударного действия формируют изображение на бумаге, сжимая с помощью удара на короткий промежуток времени рельефное изображение символа или его части, красящей ленты и бумаги. Иногда краска наносится на поверхность литеры, красящая лента в этом случае отсутствует.

Существуют принтеры, использующие ударочувствительную бумагу, цвет которой изменяется за счет механического воздействия на нее без дополнительного нанесения краски.

ПУ безударного действия характеризуются тем, что изображение на бумагу наносится через промежуточный носитель, чувствительный к электрическому воздействию, к электростатическому полю, к магнитному полю и др. Обычно промежуточный носитель исполняется в виде барабана. Изображение на него наносится лазерным лучом, с помощью магнитных головок и др. Затем изображение на промежуточном носителе проявляется – на поверхность барабана наносится смесь сухого красителя с порошком, «прилипающим» к зафиксированному на барабане изображению (например, если изображение наносилось на барабан магнитным полем, в качестве порошка используются мелкие металлические опилки). После этого к барабану «прикатывается» чистый лист бумаги, на который переносится краситель с барабана. Лист с накатанным на него красителем подвергается термообработке – нагревается до расплавления красителя, который в жидком виде проникает в поры бумаги и хорошо закрепляется на ней. После расплавления красителя отдельные точки сливаются в единое целое, поэтому качество изображения получается высоким. Разрешающая способность таких принтеров очень высока. Например, лазерные принтеры Lazerjet IV обеспечивали 300-600 точек на дюйм. Матричные принтеры такую разрешающую способность обеспечить не могут. Скорость печати у лазерных принтеров составляет 4-10 страниц в минуту при монохромной печати и 2-6 стр/мин при цветной печати.

К ПУ безударного действия так же относятся термические принтеры, использующие термочувствительную бумагу, которая изменяет свой цвет под действием тепловых лучей, и струйные принтеры, у которых жидкий краситель (чернила) находится в печатающей головке. Головка имеет отверстия, через которые краситель вылиться не может из-за сил поверхностного натяжения. Внутри головки находится терморезистор, который при подаче на него импульса тока разогревает краситель, увеличивая его испарение. Пары красителя проникают через отверстие в головке и попадают на бумагу в виде капли. Благодаря тому, что головка может работать с несколькими красителями, выпускаются и цветные струйные принтеры. Длительностью нагрева терморезистора можно регулировать количество выбрасываемых чернил, а следовательно – размеры и яркость точки. Разрешающая способность струйных принтеров составляет от 360 до 720 точек на дюйм. Печатающая головка струйного принтера содержит от 48 до 416 отверстий (сопел).

Несмотря на большое разнообразие типов принтеров, различия принципов управления печатью касаются, в основном, способов знакогенерации.

В таблицах 4 и 5 приводятся характеристики некоторых принтеров фирмы Xerox.

Таблица 4.

Характеристики монохромных лазерных принтеров фирмы Xerox (персональных: Phaser 3110 – 3400, сетевых: DocuPrint N2125, N2825, N4525 и Phaser 4400, 5400).

цвет	монохромный
технология печати	лазерный
размер бумаги (макс.)	297 x 420 мм
плотность бумаги	60-200 г/м ²

скорость печати	40 стр/мин
разрешение	1200x1200 dpi 1200x600 dpi 600x300 dpi
время выхода первого отпечатка	9 секунд
память	32/64 Мб (стандартно) 192 Мб (максимально)
емкость всех лотков	3150 листов
интерфейсы	Bidirectional Parallel, USB, Ethernet 10/100BaseTX
среда печати	Windows 9x/Me, NT 4.x, 2000/XP; MacOS 8.x, 9x, 10.x; UNIX (HP-UX, Solaris, IBM AIX, SCO UnixWare, DEC, Compaq, SGI, Linux)
русскаяязычная печать из под DOS	нет
языки описания страниц	Adobe PostScript Level 3, эмуляция PCL5e и PCL6
месячная загрузка	10000 отпечатков (рекомендуемая) 200000 отпечатков (предельная)

Таблица 5.

**Характеристики цветных лазерных принтеров фирмы Xerox:
Phaser 7300, Phaser 750, Phaser 8200, DocuColor 12LP, Phaser 6200, Phaser 860, Phaser 2135,
Phaser 7700, Phaser 790, Phaser 850**

технология печати	цветная лазерная
формат	A4
скорость	Fast Color: 16 стр/мин
цветной печати	Standard: 10 стр/мин Transparency: 7 стр/мин
время выхода первого отпечатка	15 секунд
максимальный объем печати	60000 страниц в месяц
разрешение	6200B: 1000 dpi 6200N: 2400x600 dpi 6200DP: 2400x600, 1200x1200 dpi 6200DX: 2400x600, 1200x1200 dpi
память	6200B: 64 Мб
(стандартно)	6200N: 128 Мб
	6200DP: 128 Мб
	6200DX: 256 Мб
память (макс.)	512 Мб
внутренний жесткий диск	10 Гб; стандартно в модели Phaser 6200DX
язык описания страниц	Adobe PostScript Level 3, эмуляция PCL 5C
совместимость	Windows 9x/Me, NT 4.x, 2000/XP; MacOS 8/9/X; Novell NetWare; UNIX

2.4.3. Мультимедийные устройства ввода-вывода

К мультимедийным устройствам ввода-вывода относятся устройства ввода, устройства вывода, устройства ввода-вывода и преобразователи информации.

К *устройствам ввода информации* относятся устройства управления курсором, сканеры, устройства ввода акустических сигналов, цифровые фото- и видеокамеры, TV-устройства ввода.

Устройства управления курсором включают в себя световое перо, мышь, джойстик, кот, и др. Они используются для перемещения курсора по экрану и для отметки позиции, в которой находится курсор.

Световое перо – это стержень, в торце которого находится приемник светового излучения (например, фотодиод), который фиксирует яркость точки, находящейся напротив него на экране. На стержне есть кнопка, нажатие которой является сигналом для считывания яркости точки экрана, к которой прижато перо. Нажатие на кнопку происходит значительно медленнее, чем движение луча по экрану: он успевает «засветить» считываемую точку. Вспышка на экране фиксируется фотодиодом и через кабель поступает в ЭВМ, которая сопоставляет момент возникновения вспышки с текущими координатами электронного луча.

Световое перо можно провести по экрану – тогда будет отмечена серия точек экрана, по которым перемещалось перо. Такое использование светового пера позволяет снимать информацию с экрана, а затем программным путем дать трактовку полученных сигналов. С его помощью можно так же указать на какую-то область экрана, например, при выборе пункта меню, выведенного на экран, можно рисовать на экране, стирать линии или зоны экрана.

Мышь по функциям аналогична световому перу. Конструктивно она выполнена в виде коробочки, связанной кабелем с ЭВМ. При перемещении мыши по коврику, лежащему на столе, выступающий с нижнего конца коробочки шарик вращает потенциометры, углы поворота которых характеризуют положение мыши на коврике. Это положение отображается на экране курсором. Угол поворота потенциометра (измеряемый его сопротивлением), является аналоговой величиной. При вводе в ЭВМ считанные с мыши значения сопротивлений оцифровываются, и по полученным цифрам определяются координаты курсора на экране. Оцифровка производится программно-аппаратным путем с помощью драйвера мыши. Кроме аналоговых мышей, существуют дискретные (цифровые) мыши. В них вместо потенциометров используются цифровые барабаны с отверстиями по образующей. Внутри барабана расположена лампочка, снаружи – приемник света (фотодиод). При перемещении мыши барабан вращается, а фотодиод фиксирует количество световых вспышек, по которым и определяется степень перемещения мыши.

Джойстик работает по принципу мыши. Конструктивно он представляет собой неподвижную коробочку, связанную кабелем с ЭВМ, из которой выступает ручка с одной или несколькими кнопками. Перемещение ручки относительно коробочки приводит к изменению углов поворота потенциометров. Так же, как и мыши, джойстики бывают аналоговые и дискретные. Функциональные возможности у них те же, что и у светового пера.

Кот отличается от мыши тем, что у него не коробочка, а коврик связан с ЭВМ кабелем. На коврик нанесена сетка из горизонтальных и вертикальных проводников. В корпусе кота есть металлический контакт, замыкающий вертикальные и горизонтальные линии, чем и определяется положение курсора на экране. В отличие от мыши, кот нельзя перенести в другую часть коврика, не изменив положения курсора на экране, так как положение курсора жестко связано с размещением корпуса кота на коврике.

Сканеры – это устройства ввода в ЭВМ графической информации. Введенная информация представляется в ЭВМ в виде цветных точек различной интенсивности. При вводе текста, он так же отображается в графическом виде. Для обработки его текстовым редактором необходимо преобразование введенного текста из графического в символьный вид, что связано с выполнением операции *распознавания*, в результате которой в памяти ЭВМ сохраняется не графическое изображение введенных символов, а их коды (ASCII, Windows1251, Windows1252 или др.). Распознавание введенных графических объектов осуществляется программами, например такими, как Fine Reader.

Конструктивно сканеры исполняются в виде ручных или стационарных устройств. В стационарных устройствах считываемый документ может перемещаться относительно считывающего устройства или быть неподвижным – тогда изображение с документа считывается при его сканировании с помощью электронного или лазерного луча. Помимо стандартных сканеров для ЭВМ существуют специальные сканеры для считывания штриховых кодов с упаковок товаров.

Устройства ввода акустических сигналов делятся на устройства ввода музыкальных произведений, звуковых эффектов и речи. Для ввода акустических сигналов любого типа необходимо, чтобы ЭВМ была оснащена звуковой картой. Для ввода звуковых эффектов и речи используются микрофон или магнитофон. Музыкальные произведения могут вводиться с магнитофона, через специальный интерфейс с MIDI-устройств или с клавиатуры ЭВМ. Звуковые эффекты могут создаваться программным путем.

Цифровые фотокамеры своим появлением резко изменили технологию фотографии. Цифровая фотокамера – это обычный фотоаппарат, в котором вместо фотопленки используется электронное устройство. Как и фотоаппараты, цифровые фотокамеры имеют объектив, затвор и диафрагму, используемые для регулировки количества света, попадающего на светочувствительный материал.

Отличительной особенностью цифровых фотокамер является наличие CCD-матрицы, выполняющей функцию фотопленки. CCD-матрица преобразует падающий на нее свет в аналоговый электрический сигнал. Встроенный аналого-цифровой преобразователь (АЦП) конвертирует его в цифровую форму. Оцифрованное изображение сохраняется в запоминающем устройстве фотокамеры (в памяти).

Память цифровых фотокамер может быть встроенной или выполненной на сменных элементах. В качестве сменных элементов используется карты «PC-card ATA Flash», «SmartMedia», «CompactFlash», «Kodak Picture Card» и др. Например, модель Canon PowerShot 600 использует сменную память «PC-card» объемом 170 Мб, что позволяет сделать либо 800 снимков высокого качества, либо более 5 тысяч снимков низкого качества. Карты «SmartMedia» и «CompactFlash» обладают меньшей на порядок емкостью.

Многие производители комплектуют свои камеры специальными адаптерами, которые позволяют беспроводную перекачку снятых файлов в компьютер. Например, компания Fujifilm предлагает Floppy Disk Adapter FD-A1. Карта памяти «SmartMedia» вставляется в адаптер, а последний – в обычный трехдюймовый дисковод компьютера.

Существуют также PCMCIA-адаптеры, позволяющие работать картам «CompactFlash» напрямую с компьютером посредством установки в PCMCIA Type II Slot.

В качестве сменной памяти для цифровых фотокамер может выступать обычная дискета размером 3.5" (дискеты использует компания Sony в своих моделях Mavica).

Качество электронных фотографий напрямую зависит от количества элементов (пикселей) CCD-матрицы. Чем больше элементов, тем выше разрешение матрицы и тем точнее цветопередача получаемого изображения. Количество элементов матрицы современных цифровых фотокамер (например, Fujifilm MX-2900 или Olympus C-2500L) может превышать несколько млн. Камеры, содержащие более одного миллиона пикселей, называют мегапиксельными.

Каждый снимок образует файл. В память цифровой фотокамеры фотоснимок записывается в сжатом виде. В цифровых фотокамерах для компрессии используется формат JPEG. Практически любая камера позволяет проводить съемку в нескольких режимах сжатия (mode). При наименьшей степени сжатия размер файлов получается достаточно большим, зато записываемое в память изображение – качественнее. При максимальной степени сжатия размер файлов сокращается, но ухудшается качество изображений.

Цифровая фотокамера Epson Photo-PC 600, например, позволяет снимать в четырех режимах: Standard Mode (разрешение 640×480 пикселей), Fine Mode (1024×768), Super-Fine Mode (1024×768) и Panorama Super-Fine Mode (1024×384). При использовании только встроенной памяти объемом 4 Мб можно, соответственно перечисленным режимам, сделать не менее 48, 16, 6 и 32 фотоснимков.

Поскольку память цифровых фотокамер является перезаписываемой, то пользователь получает возможность контроля и коррекции результатов фотосъемки. Функция стирания (erase) допускает различные варианты: удаление сразу всех кадров, первого кадра, любого кадра вне зависимости от его местоположения.

Контроль кадров ведется с помощью LCD-дисплея, который выполняет три функции:

- просмотр снятых фотоснимков;
- отображение экранного меню с набором функций по управлению камерой;
- выполнение роли оптического видоискателя, отражающего **реальный** будущий фотоснимок.

Размеры LCD-дисплеев небольшие, чаще всего 1,8-2".

Полученные фотоснимки перекачиваются на жесткий диск компьютера. Для облегчения работы с изображением к фотокамерам, как правило, прилагается специальное программное обеспечение.

У некоторых моделей может присутствовать вспышка, уровень яркости которой регулируется автоматически (у некоторых моделей допускается и ручное управление). Действие вспышки чаще всего распространяется в пределах 0,5-3 метров.

Некоторые цифровые фотокамеры позволяют записывать звук, как (например, модель Sanyo VCP G-200EX), подключать камеру к телевизору или видеомagneтофону.

Цифровая фотокамера позволяет перестраивать режимы фиксации изображения – можно настроиться на монохромную съемку (поскольку монохромный снимок занимает значительно меньше места на магнитном носителе, чем цветной, в этом режиме можно сделать наибольшее количество снимков без смены носителя). Можно настроить цифровую фотокамеру на фиксацию цветного изображения, при этом указывается количество цветов. Регулируется также разрешающая способность аппарата, что существенно для увеличения сделанного снимка.

С помощью специальных программных средств (таких, как Fotoshop) можно редактировать полученные снимки; другими программными средствами можно создавать альбомы, переписывать их на CD ROM, распечатывать на цветном принтере.

Видеокамера представляет собой устройство, преобразующее визуальное изображение в аналоговые электрические сигналы.

Цифровые видеокамеры отличаются от аналоговых. Аналоговая камера пишет изображение и звук на магнитную ленту. В цифровых видеокамерах запись ведется в цифровом виде.

Основным блоком, воспринимающим изображение в видеокамере является аналог CCD-матрицы, или электронно-лучевой прибор, который по своему устройству напоминает электронно-лучевую трубку: в нем так же имеется катод, анод, сетка, отклоняющая и фокусирующая системы. Электронный луч постоянно перемещается, формируя растровую развертку на специальном экране – мишени. Мишень выполнена из диэлектрической пластинки (например, слюды), с одной стороны которой наклеена металлическая фольга, а с другой стороны напылен серебряно-цезиевый состав. Напыление производится так, что серебряно-цезиевый состав образует отдельные, электрически не связанные между собой пятна очень маленьких размеров (примерно 1000 пятен в строке и 625 строк на пластинке). Каждое такое пятно образует пиксел.

В отличие от ЭЛТ, мишень установлена под углом 45 градусов к падающему на нее потоку электронов. Поток электронов формирует растр на поверхности мишени, покры-

той серебряно-цезиевым составом. На ту же поверхность через оптическую систему проецируется изображение.

Пятна серебряно-цезиевого состава с одной стороны мишени и фольга с противоположной ее стороны образуют электрические конденсаторы. При отсутствии изображения (вся мишень затемнена) электронный луч заряжает эти конденсаторы. Когда на мишень попадает изображение, часть серебряно-цезиевых пятен засвечивается. Свет имеет электромагнитную природу: попадая на серебряно-цезиевые вкрапления, он способствует уходу из них электронов, вследствие чего соответствующие конденсаторы разряжаются, причем сила разряда пропорциональна яркости света. При повторном сканировании мишени электронный луч дозаряжает разряженные конденсаторы, в результате чего на противоположной обкладке конденсатора фиксируется возникновение электрического тока, величина которого пропорциональна степени разряда элементарного конденсатора (она в свою очередь зависит от яркости изображения, попавшего на этот пиксел). Сигнал, снятый с фольги на мишени, после усиления является носителем изображения и может быть записан на магнитный носитель или передан на приемник телевизионного изображения.

Поскольку в цифровых видеокамерах используется микропроцессорный комплект, они предлагают большое количество спецэффектов, которые невозможно сделать с помощью аналоговой видеокамеры. Например, цифровое шумоподавление: два смежных кадра помещаются на две страницы видеопамяти и проверяется их корреляция. Те элементы изображения, которые коррелируют друг с другом на обоих кадрах, оставляют, а некоррелирующие удаляют. Таким образом изображение очищается от помех.

Телевизионные (TV) устройства ввода – цифровые и аналоговые – различаются способами записи и воспроизведения. Подключаются они к ЭВМ через дигитайзер, TV-тюнер (например, AVER Media TV Studio, MediaForte TV Vision). Использование таких устройств требует высокой производительности ЭВМ. При недостаточной производительности изображение движется неравномерно, скачками. Чтобы снизить требования к производительности, изображение уменьшают в размерах (вплоть до 1/8 экрана), сокращают количество цветов в изображении, снижают разрешающую способность. Такие видеоизображения часто используются в баннерах Интернет. Сокращение объема изображения (а значит – и требований к производительности аппаратуры) достигается также кодированием со сжатием. При этом облегчается хранение видеопроодукции и усложняется воспроизведение, так как для воспроизведения необходимо восстанавливать сжатое изображение. Восстановление может выполняться либо программным путем (с использованием микропроцессора ЭВМ), либо в специальном ускорителе (акселераторе) видео- или TV-карты.

Для систем ввода TV-информации существует еще одна проблема – перекодировка информации, так как TV-сигнал несет информацию об изображении, звуке и синхронизирующих импульсах (определяющих начало кадра и начало строки). А в ЭВМ эти сигналы должны быть разделены, оцифрованы и представлены в формате RGB. Такое перекодирование информации предусматривается в TV устройствах ввода.

В основе восприятия цветного телевидения лежат следующие особенности человеческого зрения:

- глаз имеет ограниченную разрешающую способность: две точки, угловое расстояние между которыми меньше одной минуты, воспринимаются глазом слитно;
- цветовое восприятие человека субъективно: слабый фиолетовый сигнал воспринимается как красный; сильный (яркий) фиолетовый имеет серый оттенок.

Три цветные элементарные точки на экране образуют триаду. Для того, чтобы триада воспринималась как одна точка, угловое расстояние между отдельными точками должно быть меньше одной минуты. При расстоянии от глаза до экрана 1 метр, линейные размеры точек должны составлять доли миллиметра. При диагонали экрана 61 см

общее число триад на экране должно быть около 500000 (это эквивалентно 1000 пиксел при 500 пикселных строках).

Стандарт телевидения – 525 строк на экране. При чересстрочной развертке частота смены полукадров – 50 герц. Для того, чтобы видеосигнал мог перенести каждый элемент кадра (триаду), он должен иметь частоту (f):

$$f = \frac{N}{2T},$$

где N – число элементов изображения (триад) на экране;

T – время передачи одного кадра (1/25 сек.);

Тогда,

$$f = \frac{500000}{2 / 25} = 6250000 = 6,25 \text{ МГц.}$$

Это достаточно большая частота, но для передачи видеосигнала от телецентра к телевизионному приемнику необходима радиочастота примерно в 10 раз большая. Поэтому, диапазон частот телевидения охватывает частоты от 48,5 до 230 МГц.

Несущая частота используется как энергия для переноса информации. Когда на нее накладывается видеосигнал, образуются модулированные радиочастотные колебания.



Определение

Сам процесс наложения видеосигнала на несущую частоту называется **модуляцией**.

Полный телевизионный сигнал должен нести информацию о яркости, о цвете изображения и о звуке. Для получения устойчивого изображения на экране, прорисовка каждого кадра на передающей камере в телецентре и в телевизионном приемнике должна начинаться в одно и то же время, т.е. синхронно. Поэтому полный телевизионный сигнал включает в себя и синхроимпульсы кадровой и строчной развертки.

Устройства вывода информации включают плоттеры, электронные экраны и панели, системы аудиовывода, видеосистемы. При выводе графической информации может применяться вывод двумерного или объемного (трехмерного) изображения. Для вывода объемного изображения находят применение специальные устройства и способы.

Плоттеры предназначены для вывода графической информации на твердый носитель (бумагу). Планшетный плоттер имеет линейку, по которой может перемещаться печатающий механизм. Перемещение линейки сдвигает печатающий механизм по вертикали, а перемещение механизма по линейке сдвигает его по горизонтали. Благодаря этому, можно установить печатающий механизм в любую точку планшета. На планшете крепится лист бумаги. Плоттер может воспроизводить на бумаге очень сложные штриховые изображения, но работает очень медленно. Для управления плоттером разработаны специальные алгоритмические языки.

Плоттеры нашли применение в строительном и машиностроительном черчении, в картографии, в метеорологии. Для работы с ними существуют специальные пакеты прикладных программ.

Электронные экраны и панели предназначены для предъявления выводимой из ЭВМ информации большой аудитории. Простейший демонстрационный экран может быть сделан из поставленных друг на друга телевизоров (при образовании из телевизоров матрицы размером 8×8 выводимая из ЭВМ информация доступна для большой аудито-

рии). Телевизионная матрица через блок сопряжения подключается к ЭВМ. Изображение на такую матрицу может выводиться фреймами.

Жидкокристаллическая панель, положенная на проекционный аппарат, образует презентер. Иногда такие панели встраиваются в проекционный аппарат.

Ленточные панели и экраны предназначены для вывода изображения «бегущей строкой».

Системы ввода-вывода включают в себя абонентские пункты (сочетание дисплея с клавиатурой и устройством сопряжения с ЭВМ), модемы, сенсорные дисплеи, аудио и видеомagneфоны. Они служат как для ввода, так и для вывода информации.

Особое место среди них занимают сенсорные дисплеи. *Сенсорный дисплей* – это устройство, реагирующее на прикосновение. Необычным в нем является способ ввода информации: вместо мыши, джойстика или светового пера используется рука человека, которая изменяет емкость или индуктивность датчиков при перемещении руки по различным зонам экрана дисплея и за счет этого позволяет определить, к какой части экрана прикоснулись. Для реализации такой системы в углах экрана обыкновенного дисплея устанавливаются емкостные или индуктивные датчики, соединенные с ЭВМ. Рука человека изменяет емкость (или индуктивность) по-разному в разных датчиках (их всего 4) в зависимости от места нахождения руки. ЭВМ это учитывает и определяет, на какую зону экрана рука указывает.

Видеомagneфон – это устройство, воспринимающее высокочастотный телевизионный сигнал для записи его на магнитную ленту. После окончания записи телевизионный сигнал (хранящийся на видеокассете) может быть считан с магнитной ленты и воспроизведен на телевизионном устройстве. Таким образом, видеомagneфон – это запоминающее устройство, специализирующееся на приеме, записи и воспроизведении динамической видеоинформации.

Для приема высокочастотного телевизионного сигнала служит *тюнер* – приемник телевизионных сигналов.

Видеомagneфон – устройство сложное и дорогое. Поэтому среди бытовой телевизионной аппаратуры появились специализированные устройства, выполняющие отдельные функции: плеер – устройство, позволяющее считывать информацию с видеокассеты для воспроизведения на телевизоре; пишущий плеер – устройство, позволяющее записывать видеоизображение с телевизора (который выполняет функцию тюнера) на видеокассету и считывать информацию с видеокассеты для воспроизведения ее на телевизоре.

Помимо приема, записи и считывания видеоинформации видеомagneфоны могут выполнять дополнительные функции, что расширяет возможности их использования и позволяет реализовать различные видеоэффекты.

К дополнительным функциям относятся:

1) Регулировка скорости и направления протяжки магнитной ленты:

- стандартная скорость – 2,34 см/сек.;
- половинная скорость (long play) – 1,17 см/сек. (позволяет при записи увеличить емкость кассеты в два раза (для кассеты E-240 – до 8 часов), при воспроизведении реализовать эффект slow motion – замедленного движения);
- ускоренное воспроизведение (fast motion), которое может быть реализовано за счет записи на половинной скорости, а воспроизведения – на стандартной;
- стоп-кадр, который реализуется за счет остановки двигателя перемотки ленты: вращающиеся магнитные головки многократно считывают один и тот же кадр (этот режим называется также «суперпауза»);
- обратное воспроизведение (reverse play).

2) Цифровые эффекты: в видеомagneфоне может использоваться микропроцессорное управление, производится оцифровка видеосигнала, использоваться цифровая память для хранения в ней нескольких кадров. Это позволяет реализовать следующие эффекты:

- «картинка в картинке»: на экране телевизора кроме основного выводится один или несколько фоновых кадров. В фоновом кадре может находиться меню для управления видеомагнитофоном или телевизором, или сжатые примерно в 9 раз кадры из других телевизионных программ. Фоновый кадр, называемый также «кадром врезки», может быть выведен в любой части экрана. Есть возможность быстро менять местами фоновый и основной кадры (эта функция характерна только для видеомагнитофона и не может быть реализована в плеерах);
 - воспроизведение стоп-кадров из цифровой видеопамяти (функция удобна для изучения движения, например, в спорте). Экран при этом может быть разбит на несколько частей, в каждой из которых демонстрируется один из последовательных кадров;
 - экстраэффекты: мозаика (изменение числа элементов изображения на экране, например, укрупнение пиксел); соляризация (ограничение числа градаций уровня серого);
 - цифровое шумоподавление: сопоставляются кадры, записанные на разных страницах цифровой памяти – полезные видеосигналы последовательных кадров коррелируют между собой, тогда, как помехи – нет. Это позволяет очищать изображение от помех.
- 3) Наложение звука (audio dubbing) позволяет дублировать видеоинформацию, накладывая на нее дополнительное звуковое сопровождение.
- 4) Поиск по индексу (index search) позволяет наносить на ленту специальные метки и легко находить их в режиме поиска или перемотки.
- 5) Таймер позволяет программировать видеомагнитофон на запись телепередачи в определенный момент времени (программируется момент начала записи и ее продолжительность).
- 6) Редактирование вставкой (insert edit) позволяет сделать вставку в ранее записанный сюжет без образования шумов в местах стыков.

В настоящее время существуют практически важные мультимедиа-задачи, которые технически и технологически пока не разрешимы. Приходится вести серьезные научные исследования, разрабатывать новую аппаратуру, новые программные средства, искать новые математические методы и технологические решения. Примером такой задачи является создание хранилища фильмов для Голливуда.

2.5. Внешние запоминающие устройства (ВЗУ)

В качестве внешней памяти ПЭВМ используются накопители на магнитных дисках (НМД), накопители на магнитных лентах (НМЛ), или стримеры, и оптические ЗУ.

НМД бывают двух типов: НГМД – на гибком магнитном диске (с носителем – дискетой) и НМД – на жестком магнитном диске (типа «Винчестер»).

НМД имеют значительно больший объем внешней памяти и высокое (почти на порядок) быстродействие, чем НГМД. Но НГМД имеет съемные магнитные носители – дискеты (компактные, на которых легче организовать архивное хранение данных и программ).

НМЛ обычно бывают кассетного типа и используют либо компакт-кассеты для бытовых магнитофонов (емкость 1 кассеты от 500 Кбайт до 1,5 Мбайт), либо видеокассеты (для стримеров) с многорожечной записью. Емкость их измеряется в гигабайтах.

ВЗУ связываются с МП через системную магистраль при помощи устройства управления (контроллер).

Контроллер необходим для двух целей:

- управления ВЗУ;
- связи с МП и ОП.

НМД и оптические ЗУ представляют собой устройства с циклическим доступом к информации. НМЛ представляют собой устройства с последовательным доступом.

Время доступа к информации в ВЗУ намного превосходит время обращения к ОП. ВЗУ являются относительно медленными устройствами электро-механического типа.

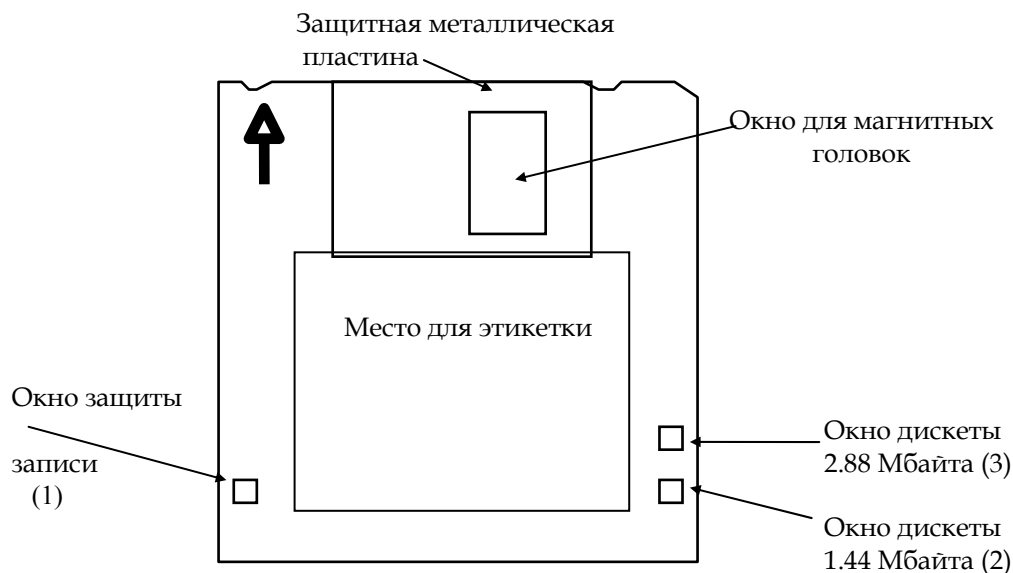
2.5.1. Внешние запоминающие устройства (ЗУ) на гибких магнитных дисках

Наибольшее распространение в последнее время получили дискеты диаметром 3,5". Такая дискета представляет собой пластмассовый корпус с металлической задвижкой, предохраняющей поверхность дискеты от повреждения.

Во время установки дискеты в дисковод металлический кожух, закрывающий поверхность дискеты, сдвигается, а центр дискеты зажимается в шпинделе основного двигателя, с помощью которого дискета получает вращение. Магнитные головки соприкасаются с поверхностью дискеты. Шаговый двигатель перемещает головки от наружной кромки дискеты к центру, и обратно, устанавливая их на требуемую дорожку. Основной двигатель перемещает дорожку относительно головки, благодаря чему к головке подводятся разные части диска. Согласованная работа шагового и основного двигателей позволяет произвести запись/чтение любой наперед заданной зоны дискеты.

В зависимости от емкости дискеты, на пластмассовом корпусе имеется различное количество отверстий (рис. 15).

Рис. 15. Внешний вид дискеты диаметром 3"



Отверстия 2 и 3 присутствуют только на дискетах повышенной емкости. Отверстие 1 является единственным на дискетах емкостью 720 Кб. На дискетах емкостью 1,44 Мб имеются отверстия 1 и 2. На дискетах емкостью 2,88 Мб (для них нужны специальные дисководы) имеется три отверстия (1, 2, 3). Отверстие 1 на всех дискетах служит для защиты записи: если оно открыто, запись на дискету невозможна.

НГМД могут использовать одну или две поверхности дискеты – это зависит от используемого количества головок.

Головки могут перемещаться вдоль поверхности дискеты с помощью шагового двигателя. Различают НГМД, у которых шаговые двигатели могут сделать 40 и 80 шагов. В связи с этим стандартные дискеты могут иметь 40 или 80 дорожек на одной стороне.

Для обозначения типа дискеты используются двухбуквенные метки:

- SS (single sided) – односторонние;
- DS (double sided) – двусторонние;
- SD (single density) – одинарная плотность;
- DD (double density) – двойная плотность;
- QD (quadro density) – учетверенная плотность;
- HD (high density) – высокая плотность
- ED (Extra-High density) – сверхвысокая плотность.

Объем хранимой на дискете информации зависит как от конструкции дискеты, так и от способа размещения информации на ней. Количество дорожек, число секторов на одной дорожке, емкость одного сектора и количество рабочих поверхностей у дискеты определяют ее емкость.

В IBM PC стандартными являются следующие значения: две рабочие поверхности, 40 или 80 дорожек на одной поверхности; 8, 9, 15 или 18 секторов на одной дорожке, 128, 256, 512 или 1024 байт в одном секторе.

Одной из характеристик дискеты является допустимая плотность записи:

- продольная:
 - (SD) – нормальная: 24 TPI (tape per inch – метки на дюйм);
 - (DD) – двойная: 48 TPI;
 - (HD – high density) – учетверенная (Quadro density): 96 TPI;
- поперечная:
 - одинарная (20 дорожек);
 - двойная (40 дорожек);
 - учетверенная (80 дорожек): (QD-9 объемом 720 Кб), (QD-15 объемом 1,2 Мб (размер сектора в QD-15 равен 1 Кб)).

Магнитный диск (гибкий или жесткий) перед первым использованием должен быть отформатирован. Во время форматирования диска на его поверхности с помощью магнитных головок делаются пометки: размечаются дорожки и сектора на них, создаются управляющие области дискеты, т.е. создается логическая структура диска.

Весь процесс форматирования делится на три части: физическая разметка, создание логической структуры и загрузка на диск операционной системы (т.е. физическое, логическое и системное форматирование).

Физическое форматирование состоит в разметке дорожек (трек) и секторов с нанесением обозначений секторов в выделенных на треках служебных областях. Секторы отделяются друг от друга интервалами. Началом отсчета для разметки диска является специальное отверстие (индекс).

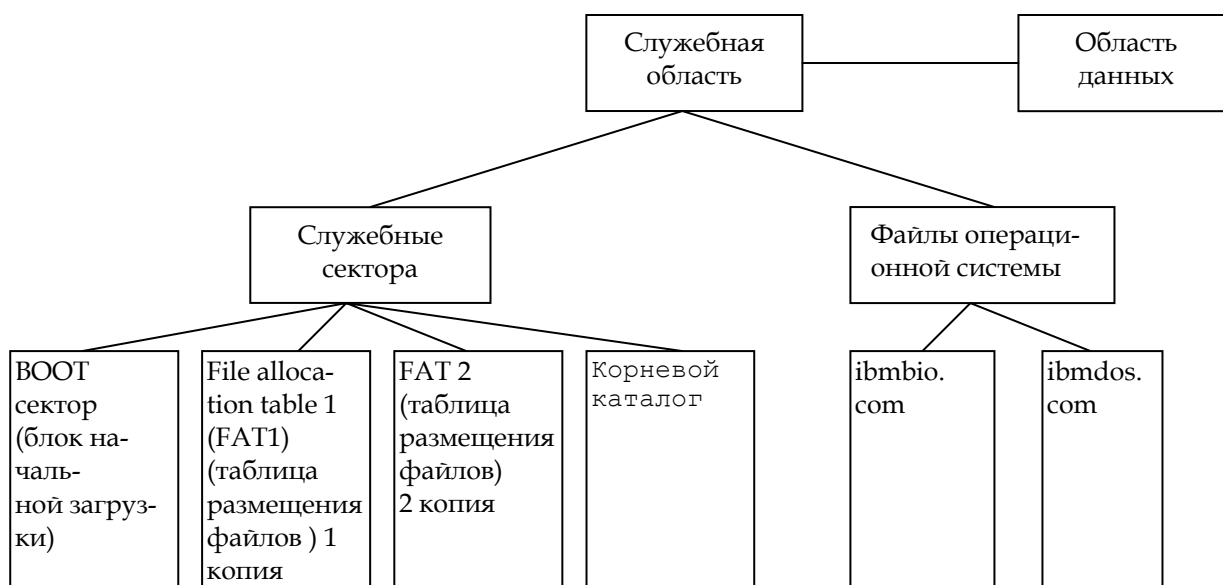
Дорожки нумеруются от 0 до N-1 (где N – общее количество дорожек) от края диска к центру. На физическом уровне сектора нумеруются от 1 до m.

Структура развертки дорожки дискеты после разметки содержит такие составляющие, как идентификатор сектора, поле данных и рабочие интервалы между составляющими. Причем длина интервалов и наполняющие их символы несут диагностическую информацию о назначении данного интервала.

Логическое форматирование заключается в оформлении диска соответственно стандартам операционной системы. Цель логического форматирования – создание на диске управляющих таблиц для учета использования имеющихся ресурсов – так называемых «служебных секторов» (boot-сектор, fat-сектора, корневой каталог дискеты).

Системное форматирование заключается в загрузке на диск резидентных файлов операционной системы (ibmbio.com и ibmdos.com – их названия различаются в разных версиях операционных систем). В результате форматирования образуется функциональная структура диска, изображенная на рис. 16.

Рис. 16. Функциональная структура диска



Служебные секторы создаются при форматировании дискеты всегда, файлы операционной системы записываются на дискету только при создании системной дискеты. Размер служебной области составляет $\approx 2\%$ от общей емкости дискеты.

В IBM PC в разное время использовалось несколько типов дисководов (НГМД), которые позволяли работать только с определенными форматами. Виды стандартизованных форматов приведены в табл. 6.

Таблица 6.

Стандартные форматы НГМД MS DOS

Обозначение	Количество сторон	Количество секторов	Количество дорожек	Объем (Кбайт)	Диаметр (дюйм)	Размер FAT (секторов)	Размер каталога (секторов)
SS/DD-8	1	8	40	160	5	2	4
DS/DD-8	2	8	40	320	5	2	2
SS/DD-9	1	9	40	180	5	2	4
DS/DD-9	2	9	40	360	5	2	7
DS/HD-15	2	15	80	1200	5	14	14
DS/HD-9	2	9	80	720	3	10	7
DS/HD-18	2	18	80	1440	3	18	18

Назначение и структура служебных секторов:

- *Boot* – содержит блок начальной загрузки и занимает 512d байт (200h). Программа начальной загрузки, содержащаяся в BOOT-секторе, предназначена для считывания с системной дискеты резидентных файлов операционной системы (в дальнейшем – OS) и командного процессора и размещения их в ОП.

- *Таблица размещения файлов* (File allocation table, FAT) отображает структуру области данных диска – текущее распределение области данных дискеты между файлами.

Операционная система делит всю область данных диска на элементарные логические единицы – *кластеры*. Если необходимо записать на диск какой-либо набор данных (файл), то независимо от его длины, память для этого будет выделяться кластерами. Размер кластера зависит от типа формата. Все кластеры диска имеют свои номера. FAT дискеты состоит из 12-битовых элементов (у жестких дисков большого объема – из 16-битовых).

Место на диске, отводимое каждому файлу, состоит из последовательности (цепочки) кластеров. Номер первого кластера, в котором начинается файл, указывается в корневом директории. В FAT элемент, соответствующий этому кластеру, содержит номер следующего кластера, в котором находится продолжение файла, и так далее «по цепочке». Последний кластер файла обычно содержит FFF. Например, если файл разместился в 3, 17 и 25 кластерах диска, то в корневом каталоге для этого файла будет указано, что он размещается в кластере № 3. В элементе FAT, соответствующем третьему кластеру, будет записан номер следующего кластера (17), в элементе FAT, соответствующем кластеру №17 будет содержаться номер следующего кластера – 25, а в элементе FAT, соответствующем кластеру № 25, будет записан код последнего кластера – обычно FFF.

- *Корневой каталог диска* содержит информацию о файлах и подкаталогах, размещенных на диске.

Каждый файл в каталоге описан с помощью 32 байтов, образующих элемент (строку) каталога. Каждый сектор каталога содержит $512/32 = 16$ строк. В одной из них (обычно в первой) может быть записано имя диска (метка тома).

2.5.2. Накопитель на жестком магнитном диске

Накопитель на жестком магнитном диске (НМД) имеет тот же принцип действия, что и НГМД, но магнитный носитель информации в нем является несъемным и может состоять более, чем из одной пластины. При наличии нескольких закрепленных на общей оси пластин, образуется пакет магнитных носителей.

Каждую рабочую поверхность такой конструкции обслуживает своя головка. Если в НГМД головка во время работы соприкасается с поверхностью дискеты, то в НМД головки во время работы находятся на небольшом расстоянии от поверхности (десятые доли микрона). При устранении контакта головки с поверхностью диска появилась возможность увеличить скорость вращения дисков, а следовательно, повысить быстродействие внешнего ЗУ.

Запись и чтение информации на жестком магнитном диске производится с помощью магнитных головок, которые во время чтения-записи неподвижны. Магнитное покрытие каждой поверхности диска во время чтения-записи перемещается относительно головки. Магнитный «след» на поверхности диска, образовавшийся при работе головки на запись, образует кольцевую траекторию – *дорожку*. Дорожки, расположенные друг под другом на всех рабочих поверхностях магнитного носителя, называются *цилиндром*.

В жестких МД различных фирм используются разные материалы для магнитного покрытия: диски ранних конструкций имели оксидное покрытие (окись железа), более

поздние диски – кобальтовое покрытие. Оксидное покрытие наносилось на поверхность диска в виде магнитного лака, который после высыхания образовывал довольно толстый магнитный слой. Обеспечить устойчивую запись в таком слое можно было за счет длительного воздействия электромагнитным полем. Поэтому магнитные «следы» на поверхности диска получались большого размера, что приводило к невысокой плотности записи и низкому быстродействию. Для увеличения емкости магнитного диска приходилось увеличивать его размеры.

Кобальтовое покрытие наносится на поверхность диска методом напыления. При этом образуется тонкая магнитная пленка, на которую легче воздействовать для образования магнитных следов. Размеры магнитных следов уменьшились, что позволило увеличить продольную и поперечную плотности записи. Увеличение продольной плотности записи позволило увеличить емкость дорожки, а увеличение поперечной плотности записи – количество дорожек на поверхности диска. Диски той же емкости уменьшились в размерах.

Стандарт на физическое размещение информации на жестком магнитном диске мягче, чем для НГМД, так как гибкие диски должны читаться одинаково на дисководов разных фирм, в то время как жесткий магнитный диск имеет встроенную в него систему управления. При работе с жестким магнитным диском встроенная система управления решает вопросы физического размещения информации и зачастую недоступна для внешнего вмешательства. Например, наружные и внутренние дорожки магнитного диска имеют разную длину. Если их сделать одинаковой емкости и писать информацию с одинаковой плотностью записи, то на наружных дорожках останется много свободного места. Некоторые фирмы при изготовлении жестких дисков делают дорожки различной емкости. Но для того чтобы стандартные операционные системы могли работать с такими дисками, встроенный в них контроллер осуществляет пересчет адресов; при этом физически на диске имеется меньшее количество дорожек, чем кажется операционной системе (так как операционная система настроена на работу с дорожками одинаковой емкости).

Количество дисков, каждый из которых имеет по две рабочих поверхности, в накопителе может быть от 1 до 10 и более. В некоторых накопителях две крайние поверхности пакета (верхняя и нижняя) не являются рабочими – при этом сокращается размер дисковода (и емкость тоже). Иногда эти поверхности используются для размещения служебной информации.

Жесткие диски делают герметичными – малое расстояние (зазор) между рабочей поверхностью и магнитной головкой должно быть защищено от пылинок, чтобы уберечь тонкий напыленный слой кобальта от стирания. Магнитная головка во время работы не должна касаться поверхности диска и в то же время находиться от нее на расстоянии в доли микрона. Наиболее распространенный способ удовлетворения обоих условий – применение «воздушной подушки»: в магнитной головке делаются отверстия, через которые в рабочий зазор в направлении магнитного диска нагнетается сжатый воздух – он и является демпфером (воздушной подушкой), не позволяющим магнитной головке «прижаться» к поверхности диска. Воздух перед нагнетанием в зазоры проходит тщательную очистку от пыли с помощью специальных фильтров.

Магнитные головки при работе НМД могут перемещаться, настраиваясь на требуемую дорожку.

Перед началом эксплуатации пакет магнитных дисков форматируется: на нем размечаются дорожки (ставится маркер начала дорожки и записывается ее номер), наносятся служебные зоны секторов на дорожках. Для записи-чтения информации контроллеру НМД передается адрес: номер цилиндра, номер рабочей поверхности цилиндра, номер сектора на выбранной дорожке. На основании этого магнитные головки перемещаются к нужному цилиндру, ожидают появления маркера начала дорожки, ожидают

появления требуемого сектора, после чего записывают или читают информацию из него. Несмотря на то, что все магнитные головки установлены на требуемый цилиндр, работает в каждый данный момент только одна головка.

Из-за малого расстояния между секторами и высокой скорости вращения пакета дисков схемы управления не всегда успевают переключиться на чтение-запись следующего сектора (если считываемые/записываемые сектора следуют один за одним). В этом случае после обработки одного сектора приходится ожидать, пока диск сделает целый оборот и к головкам подойдет требуемый сектор. Чтобы избежать этого, при форматировании используется чередование (interleaving) секторов: последовательность нумерации секторов на дорожке задается таким образом, что следующий по порядку номер сектора принадлежит не следующему по физическому размещению сектору, а через « k » секторов (где k – фактор чередования). Фактор чередования при форматировании задается таким образом, чтобы система управления НМД обеспечила обработку с последовательными номерами без длительного ожидания (слишком маленький k приводит к «проскакиванию» требуемого сектора и ожиданию нового витка, слишком большое значение k так же приводит к ожиданию, так как схема управления уже отработала, а требуемый сектор все еще не подошел к головке).

Поскольку физически НМД различных фирм могут быть устроены по-разному, возникает проблема совместимости НМД с микропроцессорным комплектом ЭВМ. Проблема эта решается с помощью стандартизации интерфейсов для накопителей на жестких магнитных дисках.

Основной характеристикой НМД является их емкость, которая главным образом зависит от плотности записи, в свою очередь в значительной степени зависящей от уровня технологии. Наиболее результативным для повышения плотности записи явилось применение магниторезистивных головок, которые известны и применяются уже давно, но по-настоящему массовой продукцией долгое время не были из-за большой капиталоемкости их производства. Кроме увеличения емкости диска повышение плотности записи приводит и к увеличению скорости считывания-записи данных при неизменных диаметре и скорости вращения носителя.

Для офисных и домашних компьютеров начального и среднего уровня фирма Samsung, например, разработала новые серии накопителей SpinPoint VL40 и SpinPoint PL40 со скоростью вращения шпинделя 5400 и 7200 об/мин, соответственно. Емкость пластины этих HDD составляла 40 Гб, они имеют 2-хгигабайтный буфер. Среднее время поиска составляет 8,9 мс. Устройства SpinPoint VL40 выпускаются в модификациях 20, 30 и 40 Гб, а SpinPoint PL40 – 20 и 40 Гб.

Современные модельные ряды SpinPoint V80 и SpinPoint P80 имеют такие же скорости вращения шпинделя, однако плотность записи на одну пластину у них в два раза выше, а именно 80 Гб. Это позволяет создавать конечные продукты емкостью 20, 40, 60, 80, 120 и 160 Гб. Емкость буферной кэш-памяти у устройств серии V80 составляет 2 Гб, а у P80 – 8 Мб. Среднее время поиска равно 8,9 мс.

2.5.3. Стриммер

Стриммером называется внешнее устройство ПЭВМ для записи и воспроизведения цифровой информации на кассету с магнитной лентой. Основное их назначение – архивирование редко используемых больших массивов информации, резервное копирование. Это устройство называется «floppy tape».

По конструктивному исполнению стриммеры выпускаются внутренними и внешними. Программная поддержка этих стриммеров позволяет сжимать информацию до 6 раз (в среднем – в 2 раза).

Контроллеры стриммеров выполняются по технологии Plug&Play (95% необходимых параметров определяется программным путем автоматически).

Характеристики некоторых разновидностей стриммеров приведены в табл. 7.

Таблица 7.

Характеристики стриммеров (стоимость от 20\$ до 5500\$)

Стриммер DAT Conner CTD4004R-S DDS-DC	2/4 Гбайт	внутренний
Стриммер DAT Conner CTD4004R-S DDS-DC	2/4 Гбайт	внешний
Стриммер Seagate Hornet Travan STT28000A-RFT	4/8 Гбайт	внутренний IDE
Стриммер Sony SDT-9000 DDS-3	12/24 Гбайт	внутренний
Стриммер DAT Compaq	1.3/ 2.6GB, 2/ 4GB, 4/ 8GB, 12/ 24GB	SCSI-2, внутр.
SONY SDX-420C AIT-1	35-90 GB	внутренний EIDE
Стриммер Sony AIT SDX-420C	35/90 Гбайт	внутренний, IDE
Стриммер TANDBERG SDLT	110/220 Гбайт	внутренний
Стриммер Ultrium IBM -- 3580-H11	100/ 200GB	внешний, Fast Wide HVD SCSI
Стриммер Ultrium Compaq StorageWorks	200/ 400GB	внеш., UW160 LVD SCSI

2.5.4. Оптические запоминающие устройства

Один из первых оптических накопителей информации – *видеопластинка Laservision* фирмы Philips представляла собой плексигласовый диск диаметром 20 или 30 см с тонким алюминиевым слоем, покрытым защитной пленкой из лака. При нанесении информации в алюминиевом слое делаются углубления, располагаемые вдоль дорожек, как в обычных грампластинках. Отличие заключается в том, что во-первых, дорожки начинаются в центре пластинки, и, во-вторых, они наносятся лазерным лучом – ширина дорожки при этом составляет 0,4 микрона, расстояние между дорожками – 1,6 микрона. При таких размерах на одном миллиметре радиуса располагается 600 дорожек. При считывании информации лазерный луч по-разному отражается от основной ровной поверхности (0) и от углублений (1).

Классификация оптических накопителей информации приведена на рис. 17.

Для считывания информации применяются два различных способа:

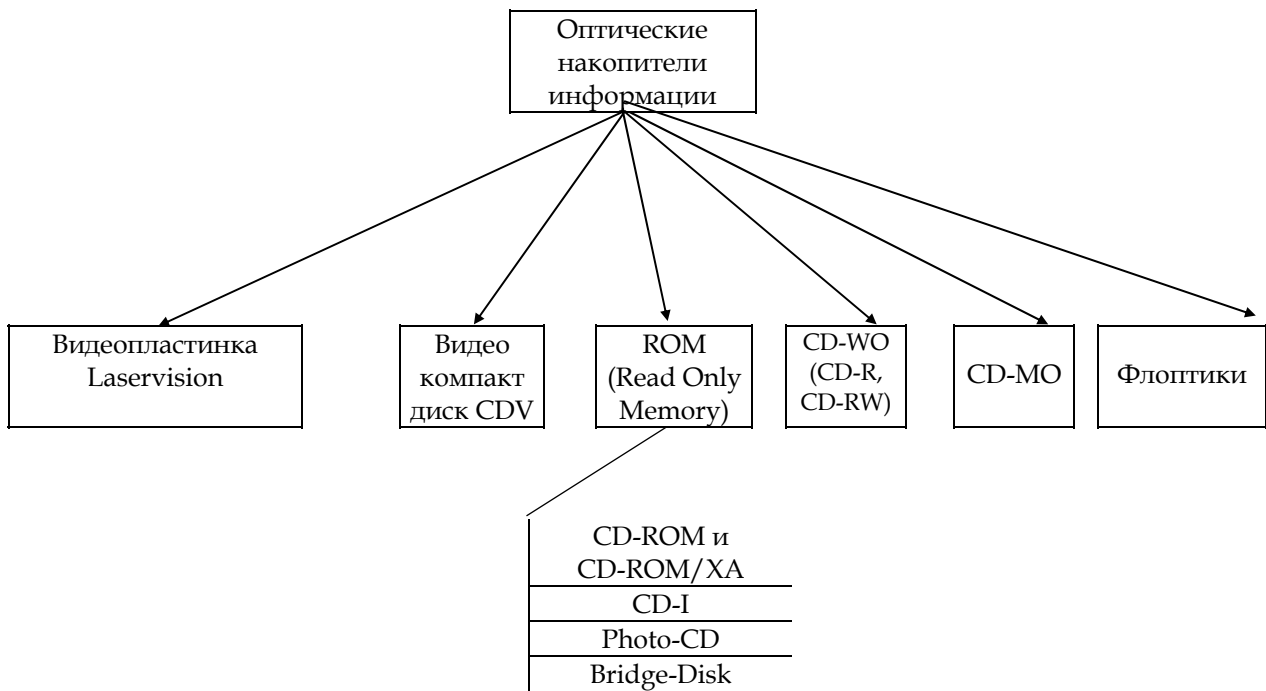
- CAV (Constant Angular Velocity) – считывание при постоянной угловой скорости; и
- CLV (Constant Linear Velocity) – считывание при постоянной линейной скорости.

При CAV пластинка имеет постоянную угловую скорость 1500 об/мин. Дорожки расположены кольцеобразно, каждая дорожка отводится для отдельного видеоизображения, независимо от длины дорожки. На одной стороне пластинки при этом уместится 54000 изображений для воспроизведения в течение 36 мин.

При CLV угловая скорость меняется: при чтении внутренних дорожек она равна 1500 об/мин, при чтении внешних – 500. На пластинке имеется всего одна спиралеобразная дорожка (от центра наружу). Продолжительность времени воспроизведения увеличивается до 60 мин, но теряется возможность прямого доступа к отдельным изображениям.

Видеокомпакт-диски (CDV – Compact Disk Video) предназначены для воспроизведения на специальном видеопроигрывателе. При диаметре диска 12 см на него наносится двадцатиминутная цифровая запись звука и шестиминутный аналоговый видеосигнал; при диаметре диска 20 см на нем содержится двадцатиминутная запись аналогового видеосигнала и цифрового звукового сопровождения; при диаметре диска 30 см емкость диска такая же, как у видеопластинки Laservision.

Рис. 17. Классификация оптических накопителей информации



Компакт-диск CD-ROM (Compact Disk – Read Only Memory). Диск имеет прозрачную поликарбонатную основу, толщиной 1,2 мм и диаметром 8 или 12 см. На одном дюйме по радиусу уместается 16000 дорожек (тогда как на одном дюйме флоппи-диска – всего 96). Емкость компакт-диска составляет 650-700 Мб.

Первые экземпляры содержали информацию только в цифровом виде. Конструкция была аналогична пластинке Laservision. Работал такой компакт-диск по принципу CLV, угловая скорость изменялась от 200 до 500 об/мин.

Впоследствии дисководы для CD-ROM стали выпускаться на двойную (×2), четырехкратную (×4), тридцатидвукратную (×32) и т.д. скорость чтения. Кратность определялась относительно продолжительности воспроизведения звукозаписи с аналогичного аналогового диска.

Компакт-диск CD-ROM/XA (eXtended Architecture) отличается от CD-ROM тем, что информация перед нанесением на диск подвергается сжатию. Диск может содержать двоичные коды, графику, видео, текст, аудиоданные.

Интерактивные компакт-диски CD-I (Compact-Disk Interactive) предназначены для потребительского рынка, используются без ЭВМ. Их производство основано на технологии CD-ROM, но имеет более простое управление.

Диски Photo-CD (совместная разработка Philips и Kodak) предназначены для хранения в цифровом формате кино- и фотокадров. На диске размещается до 100 кадров, запись полного диска производится за один час.

Bridge-Disk выполнен по стандарту, который позволяет воспроизводить его на проигрывателе для Photo-CD, дисководе для CD-ROM/ХА или проигрывателе для CD-I.

Компакт-диски CD-WO (в современном представлении – CD-R и CD-RW) позволяют дозаписывать информацию за несколько сеансов. После каждой дозаписи создается оглавление диска. Устаревшие модели дисководов CD позволяют читать только первую зону CD-WO. Компакт-диски CD-WO (CD-R, CD-RW) могут изготавливаться по различным технологиям: диск может быть покрыт чувствительным фотолакком, в котором лазер прожигает отверстия, испаряя лак; на подложку диска могут быть нанесены два слоя – один из искусственных полимеров (имеющих малую теплоту плавления), другой – металлический (при нагревании металла лазерным лучом находящийся под ним слой полимера испаряется, что приводит к образованию пузырька в металлическом слое и как следствие – к нетиповому отражению считывающего луча в этом месте); поверхность диска может быть покрыта слоем галлий-сурьмы или индий-сурьмы, которые при воздействии на них лазерного луча расплавляются и переходят из кристаллического в аморфное состояние, что сопровождается изменением условий отражения и может быть зафиксировано считывающим лазерным лучом.

В основе *магнитооптических компакт-дисков (CD-MO)* лежит воздействие магнитного поля на нагретый до критической температуры материал. В результате этого изменяются отражающие свойства покрытия диска или производится его намагничивание в определенном направлении. Магнитооптические диски позволяют записывать, читать и стирать информацию. На таких дисках могут быть выделены зоны, предназначенные только для чтения или для многократной записи. CD-MO выпускаются в виде минидисков диаметром 2,5 дюйма в пластмассовом корпусе трехдюймовой дискеты. Как для записи, так и для воспроизведения магнитооптических дисков необходимы специальные устройства. Емкость таких дисков составляет не менее 640 Мб. Из них могут создаваться магнитооптические библиотеки с автоматической сменой дисков (время на смену дисков составляет несколько секунд), емкость которых измеряется сотнями Гбайт.

Флоптки – это внешние запоминающие устройства, имеющие две головки: одну – обычную, для работы с дискетами DD и HD, другую – магнитооптическую. Разметка флоптической дискеты производится лучом лазера, благодаря чему дорожки плотнее располагаются друг к другу. У флоптических дискет используется тот же магнитный материал, что и у обычных дискет емкостью 2,88 Мб – барий-феррит.

DVD – это универсальный диск с высокой плотностью записи информации. По сравнению с обычными компакт-дисками CD и видеодисками VideoCD, плотность записи DVD увеличена в 7 раз. На DVD-диске за счет более мелкого микрорельефа информационной дорожки и использования многоуровневой записи удалось значительно увеличить количество записываемой информации.

Скорость считывания информации с DVD-диска значительно больше и, кроме того, изменяется в широких пределах в зависимости от сложности воспроизводимой на экране информации.

DVD-диск обеспечивает воспроизведение в 2 раза большего количества элементов изображения как по горизонтали, так и по вертикали. Таким образом, на изображении с DVD-диска количество видеoinформации в 4 раза больше, чем с VideoCD. VideoCD хранит 74 минуты изображения, тогда как DVD-5 – 133 минуты, DVD-10 – 266 минут (двусторонний диск), а DVD-17 (двухсторонний двухслойный диск) – 481 минуту.

В DVD используется более совершенный алгоритм сжатия цифровых данных – звука и изображения – MPEG-2 с переменной скоростью передачи данных.

При записи на DVD-диск используются новые цифровые системы многоканального звука Dolby Digital и DTS, которые позволяют записать 5-7 полностью независимых звуковых каналов с полной полосой звуковых частот 20 Гц-20 КГц.

Для проигрывания DVD-дисков необходимо устройство воспроизведения (DVD-проигрыватель). Обычно DVD-проигрыватель обладает такими функциями, как «Multi Aspect Function», «Multi-Story Function», «Multi-Angle Function», «Parental Lock».

«Multi Aspect Function» – это возможность вывода изображения с DVD-диска в различных форматах на стандартные (с изображением формата 4:3) и широкоэкранные (с изображением формата 16:9) телевизоры. На современных двусторонних DVD-дисках обычно записывают сразу две версии кинофильма: на одной стороне диска широкоэкранный вариант (widescreen), а на другой – стандартная версия (normal).

Режиме «Multi-Story Function» возможен интерактивный просмотр DVD-диска. При этом сам зритель через соответствующее меню диска с помощью пульта дистанционного управления DVD-проигрывателя может выбирать один из возможных вариантов развития событий, как это делается в большинстве компьютерных игр.

«Multi-Angle Function» – функция, позволяющая наблюдать за событиями, воспроизводимыми на экране с DVD-диска, как бы с разных точек зрения. Форматом DVD предусмотрена возможность записи на диск до 9 различных вариантов изображения, снятых в разных ракурсах различными видеокамерами при записи изображения. При помощи пульта дистанционного управления любого DVD-проигрывателя зритель сам может выбрать наиболее интересный для него ракурс изображения.

С помощью функции «Parental Lock» возможно осуществление возрастной цензуры при просмотре DVD-диска. В зависимости от возраста ребенка его родители через соответствующее меню DVD-проигрывателя могут выбрать одну из условных возрастных категорий – PG, PG-13, R, NC-17. При этом будет осуществляться «мягкая» цензура просмотра детьми видеопрограмм. В зависимости от выбранной родителями возрастной категории, DVD-проигрыватель сам найдет и пропустит все нежелательные для просмотра детьми данного возраста моменты и сцены.

В качестве примера можно указать DVD-Video проигрыватель DVD-RV32EE-S, позволяющий воспроизводить DVD-Video, DVD-R, CD, CD- R/RW, MP3.

2.6. Система прерываний ЭВМ

Современная ЭВМ представляет собой комплекс автономных устройств, каждое из которых выполняет свои функции под управлением местного устройства управления независимо от других устройств машины. Включает устройство в работу центральный процессор (ЦП). Он передает устройству команду и все необходимые для ее исполнения параметры. После начала работы устройства центральный процессор отключается от него и переходит к обслуживанию других устройств или к выполнению других функций.

Можно считать, что центральный процессор *переключает свое внимание* с устройства на устройство и с функции на функцию. На что именно обращено внимание ЦП в каждый данный момент, определяется выполняемой им программой.

Во время работы в ЦП поступает (и вырабатывается в нем самом) большое количество различных сигналов. Сигналы, которые выполняемая в ЦП программа способна воспринять, обработать и учесть, составляют *поле зрения* ЦП, или, другими словами, входят в зону его внимания.

Например, если процессором исполняется программа сложения двух двойных слов, которая анализирует регистр флагов ЦП, то в поле ее зрения находятся флаги микропроцессора, определяющие знаки исходных данных и результата, наличие переноса из тетрады или байта, переполнения разрядной сетки и др. Такая программа готова реагировать на любой из сигналов, находящихся в ее зоне внимания (а поскольку именно

программа управляет работой ЦП, то она определяет и зону внимания центрального процессора). Но если во время выполнения такой программы нажать какую-либо клавишу, то эта программа не заметит сигнала от этой клавиши, так как он не входит в ее поле зрения.

Для того чтобы ЦП, выполняя свою работу, имел возможность реагировать на события, происходящие вне его зоны внимания, наступления которых он не ожидает, существует *система прерываний ЭВМ*. При отсутствии системы прерываний все заслуживающие внимания события должны находиться в поле зрения процессора, что сильно усложняет программы и требует их большой избыточности. Кроме того, поскольку момент наступления события заранее неизвестен, процессор в ожидании какого-либо события может находиться длительное время, и чтобы не пропустить его появления, ЦП не может «отвлекаться» на выполнение какой-либо другой работы. Такой режим работы (режим сканирования ожидаемого события) связан с большими потерями времени ЦП на ожидание.

Кроме сокращения потерь на ожидание, режим прерываний позволяет организовать выполнение такой работы, которую без него реализовать просто невозможно. Например, при появлении неисправностей, нештатных ситуаций режим прерываний позволяет организовать работу по диагностике и автоматическому восстановлению в момент возникновения нештатной ситуации, прервав выполнение основной работы таким образом, чтобы сохранить полученные к этому времени правильные результаты. В то же время без режима прерываний обратить внимание на наличие неисправности система могла только после окончания выполняемой работы (или ее этапа) и получения неправильного результата.

Таким образом, система прерываний позволяет микропроцессору выполнять основную работу, не отвлекаясь на проверку состояния сложных систем при отсутствии такой необходимости, или прервать выполняемую работу и переключиться на анализ возникшей ситуации сразу после ее появления.

Помимо требующих внимания нештатных ситуаций, которые могут возникнуть при работе микропроцессорной системы, процессору полезно уметь «переключать внимание» и на различные виды работ, одновременно выполняемые в системе. Поскольку управление работой системы осуществляется программой, этот вид прерываний должен формироваться программным путем.

В зависимости от места нахождения источника прерываний, они могут быть разделены на *внутренние* (программные и аппаратные) и *внешние* прерывания (поступающие в ЭВМ от внешних источников, например, от клавиатуры или модема).

Принцип действия системы прерываний заключается в следующем: при выполнении программы после каждого рабочего такта микропроцессора изменяется содержимое регистров, счетчиков, состояние отдельных управляющих триггеров, т.е. изменяется состояние процессора. Информация о состоянии процессора лежит в основе многих процедур управления вычислительным процессом. Не вся информация одинаково актуальна, есть существенные элементы, без которых невозможно продолжение работы. Эта информация должна сохраняться при каждом переключении внимания процессора.

Совокупность значений наиболее существенных информационных элементов называется *вектором состояния* или *словом состояния процессора* (в некоторых случаях оно называется *словом состояния программы*).

Вектор состояния в каждый момент времени должен содержать информацию, достаточную для продолжения выполнения программы или повторного пуска ее с точки, соответствующей моменту формирования данного вектора.

Вектор состояния формируется в соответствующем регистре процессора или в группе регистров, которые могут использоваться и для других целей.

Наборы информационных элементов, образующих векторы состояния, отличаются у ЭВМ разных типов. В IBM PC вектор состояния включает содержимое счетчика

команд, сегментных регистров, регистра флагов и аккумулятора (регистра AX). В более поздних версиях основу вектора состояния образуют такие регистры, как Machine status word (MSW), регистр TR (регистр состояния задачи) и др.

При возникновении события, требующего немедленной реакции со стороны машины, ЦП прекращает обработку текущей программы и переходит к выполнению другой программы, специально предназначенной для данного события, по завершению которой возвращается к выполнению отложенной программы. Такой режим работы называется *прерыванием*.

Каждое событие, требующее прерывания, сопровождается специальным сигналом, который называется *запросом прерывания*. Программа, затребованная запросом прерывания, называется *обработчиком прерывания*.

Запросы на прерывание могут возникать из-за сбоев в аппаратуре (зафиксированных схемами контроля), переполнения разрядной сетки, деления на ноль, выхода за установленные для данной программы области памяти, затребования периферийным устройством операции ввода-вывода, завершения этой операции ввода-вывода или возникновения при этой операции особых условий и т.д.

Некоторые из этих запросов порождаются самой программой, но время их возникновения невозможно предсказать заранее.

При наличии нескольких источников запросов прерывания часть из них может поступать одновременно. Поэтому в ЭВМ устанавливается определенный порядок (*дисциплина*) обслуживания поступающих запросов. Кроме того, в ЭВМ предусматривается возможность *разрешать* или *запрещать* прерывания определенных видов.

В реальном режиме ПЭВМ IBM PC может выполнять 256 различных прерываний, каждое из которых имеет свой номер (двухразрядное шестнадцатеричное число).

Все прерывания делятся на две группы: прерывания с номера 00h по номер 1Fh называются *прерываниями базовой системы ввода-вывода* (BIOS – Basic Input-Output System); прерывания с номера 20h по номер FFh называются *прерываниями* (или функциями) *DOS*. Прерывания DOS имеют более высокий уровень организации, чем прерывания BIOS, они строятся на использовании модулей BIOS в качестве элементов.

Прерывания делятся на три типа: *аппаратные, логические и программные*.

Аппаратные прерывания вырабатываются устройствами, требующими внимания микропроцессора: прерывание № 2 – отказ питания; № 8 – от таймера; № 9 – от клавиатуры; № 12 – от адаптера связи; № 14 – от НГМД; № 15 – от устройства печати и др.

Запросы на логические прерывания вырабатываются внутри микропроцессора при появлении «нештатных» ситуаций: прерывание № 0 – при попытке деления на 0; № 4 – при переполнении разрядной сетки арифметико-логического устройства; № 1 – при переводе микропроцессора в пошаговый режим работы; № 3 – при достижении программой одной из контрольных точек. Последние два прерывания используются отладчиками программ для организации пошагового режима выполнения программ (трассировка) и для остановки программы в заранее намеченных контрольных точках.

Запрос на программное прерывание формируется по команде **INT n**, где n – номер вызываемого прерывания. Запрос на аппаратное или логическое прерывание вырабатывается в виде специального электрического сигнала.

Программы – обработчики прерываний могут находиться в различных частях основной памяти (место их расположения в разных версиях операционных систем может быть различным). Для обеспечения совместимости программ под разными версиями операционной системы обращение к обработчикам прерываний осуществляется по их номерам.

В реальном режиме связь между номером прерывания и адресом основной памяти, соответствующим точке входа в обработчик прерывания, осуществляется через таблицу векторов прерываний, занимающую 1 Кб сегмента 0 основной памяти.

В 32-битных микропроцессорах число n в команде $INTn$ определяет номер индекса вызываемого прерывания в таблице дескрипторов прерываний IDT. Таблица IDT в режиме реальной адресации является массивом четырехбайтных дальних указателей. Линейный базовый адрес таблицы IDT определяется содержимым регистра IDTR. При переходе в режим реальных адресов первоначальное значение IDTR равно нулю (т.е. начало таблицы IDT совпадает с началом вектора прерываний IBM PC).

2.7. Инструментальные средства контроля и диагностики ЭВМ

Для определения конфигурации, контроля работоспособности и диагностики ЭВМ разработано большое количество программных средств. Они делятся на универсальные и специализированные. К универсальным средствам можно отнести такие пакеты, как Checkit, Sisoft Sandra, Dr HardWare, HWINFO и др; к специализированным – программы, выполняющие, в основном, одну какую-либо функцию, например, дающую сведения о системе или позволяющие диагностировать систему (winmsd.exe – программа для диагностики Windows NT/2000/XP, входящая в стандартный комплект Windows 2000/XP, или внешняя программа msinfo32.exe), позволяющие провести тестирование отдельного устройства (CRT, Nokia Monitor Test), сравнить характеристики исследуемой ЭВМ с другими (WinBench).

К инструментальным средствам контроля и диагностики ЭВМ относятся так же отладчики машинных программ, позволяющие «заглянуть внутрь» электронной вычислительной машины, благодаря чему можно получить любые ее параметры из первоисточника, т.е. из управляющих таблиц BIOS и операционной системы ЭВМ. Наиболее доступными отладчиками являются debug.exe и ntsd.exe, поскольку они входят в стандартный комплект наиболее распространенных операционных систем MS DOS и Windows 95/98/NT/2000/XP.



Вопросы для самопроверки

1. Какие устройства ЭВМ относятся к центральным?
2. В какой последовательности работают блоки микропроцессора при выполнении машинной команды?
3. Объясните разницу между однопрограммным и многопрограммным режимами работы ЭВМ.
4. Чем различаются интерпретаторы и компиляторы?
5. Для чего предназначен вектор прерывания, и какую структуру он имеет?
6. С помощью каких программных средств можно получить информацию о конфигурации находящейся перед вами ЭВМ?
7. Назовите общие черты и особенности CISC- и RISC-процессоров.
8. Какие микропроцессоры фирмы Intel Вы знаете, что их характеризует?
9. Как связано ОЗУ с микропроцессорным комплектом ЭВМ?
10. От чего зависит максимальная емкость ОП?
11. Какие особенности имеет матричная развертка?
12. Охарактеризуйте принцип действия аналогового монитора.

13. От чего зависит объем дискеты?
14. Что такое «фактор чередования секторов», в каких устройствах и для чего он используется?
15. Как обрабатываются в ЭВМ сигналы, поступающие от клавиатуры?
16. От чего зависит разрешающая способность принтера?



1. *Какое из приведенных ниже высказываний наиболее точно и полно характеризует «многопрограммный» режим работы ЭВМ?*
 - а) процессор одновременно выполняет несколько программ;
 - б) различные устройства ЭВМ в один и тот же момент времени выполняют разные задания;
 - в) в ОП ЭВМ одновременно находятся несколько различных программ и необходимая для их работы информация.
2. *Какая разновидность трансляторов предусматривает полный перевод программы с алгоритмического языка на язык машины и лишь после этого – выполнение программы?*
 - а) компилятор;
 - б) интерпретатор;
 - в) загрузчик.
3. *Для чего необходима регенерация изображения на экране ЭЛТ?*
 - а) для повышения быстродействия ЭВМ;
 - б) для ускорения работы монитора;
 - в) для стабилизации яркости изображения на экране.
4. *Чем объясняется тот факт, что количество сигналов от клавиатуры превышает количество клавиш и их допустимых комбинаций?*
 - а) при нажатии и отпускании клавиш вырабатываются разные сигналы;
 - б) сигналы от клавиатуры зависят от показаний таймера;
 - в) в ЭВМ используются несколько прерываний для работы с клавиатурой.
5. *Какой принцип формирования изображения знака используется в струйном принтере?*
 - а) литерный;
 - б) матричный;
 - в) комбинированный.



Тренировочные задания к разделу 3

1. Определите емкость дискеты, если известно, что она двусторонняя, имеет по 80 дорожек на каждой стороне, 18 секторов на дорожке, емкость сектора 512 байт.
2. Определите пропускную способность внешней кэш-памяти, имеющей время доступа 15 нсек ($15 \cdot 10^{-9}$ сек.), работающей с 64-битными словами (8 байт) при частоте системной магистрали 66 МГц.
3. Определите максимальную разрешающую способность монитора с диагональю экрана 17" и размере зерна 0,24 мм.

ТЕМА 3.

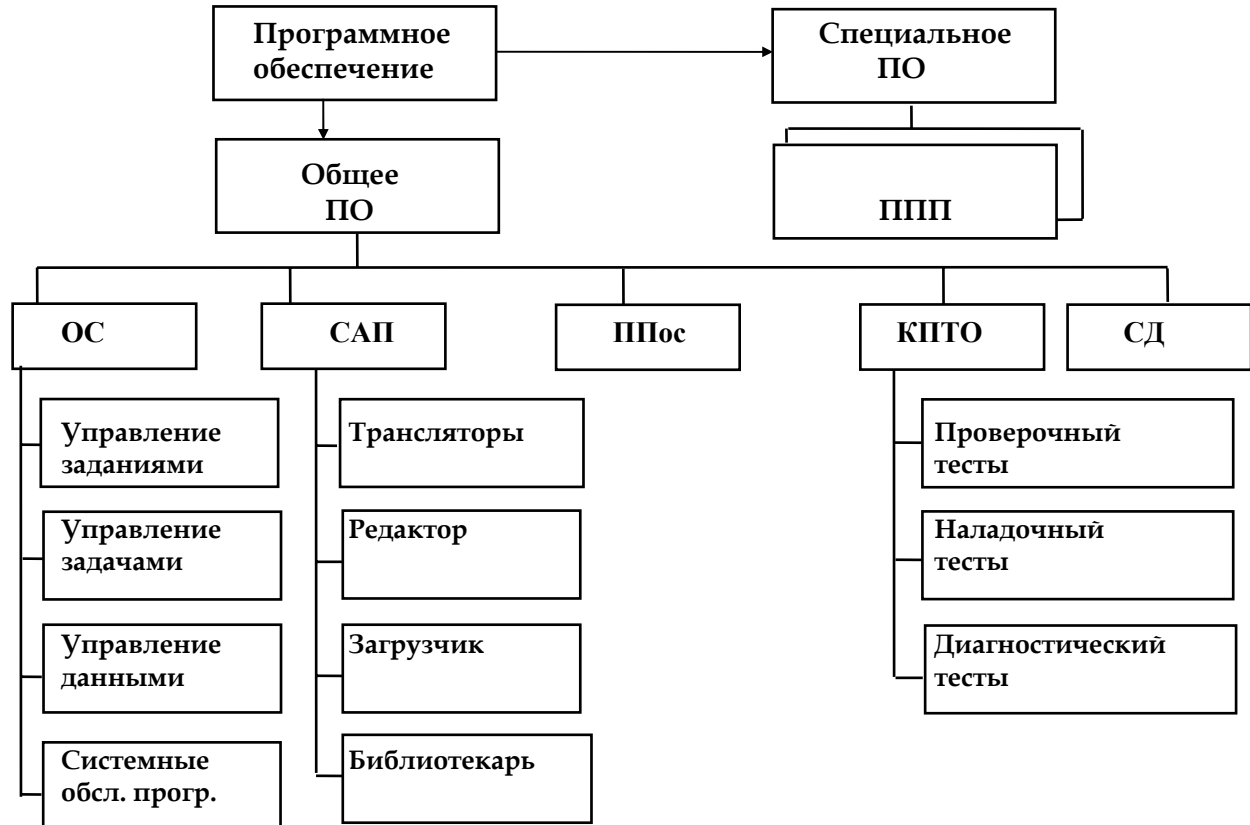
Программное обеспечение

3.1. Структура программного обеспечения компьютера

В настоящее время отсутствует единая классификация состава программного обеспечения (ПО). Литературные источники по-разному трактуют структуры программных средств компьютеров различных классов. Наиболее сложное по структуре и составу ПО имеют большие универсальные ЭВМ широкого назначения, так как они призваны обеспечивать пользователей самыми разнообразными сервисными услугами независимо от характера их задач.

Программное обеспечение компьютеров разделяют на общее, или системное (general Software), и специальное, или прикладное (application or special Software) (рис. 18).

Рис. 18. Структура программного обеспечения



Общее ПО (ОПО) объединяет программные компоненты, обеспечивающие многоцелевое применение компьютера и мало зависящие от специфики вычислительных работ пользователей. Сюда входят программы, организующие вычислительный процесс в различных режимах работы машин, программы контроля работоспособности, диагностики и локализации неисправностей, программы контроля заданий пользователей, их проверки, отладки и т.д.

Общее ПО обычно поставляется потребителям комплектно с компьютером. Часть этого ПО может быть реализована в составе самого компьютера. Например, в ПК часть программ операционных систем и часть контролирующих тестов записана в ПЗУ этих машин.

Специальное ПО (СПО) содержит пакеты прикладных программ пользователей (ППП), обеспечивающие специфическое применение компьютеров и вычислительных систем (ВС).



Определение

Прикладной программой называется программный продукт, предназначенный для решения конкретной задачи пользователя.

Обычно прикладные программы объединяются в пакеты, что является необходимым атрибутом автоматизации труда каждого специалиста-прикладника. Комплексный характер автоматизации производственных процессов предопределяет многофункциональную обработку данных и объединение отдельных практических задач в ППП.

Специализация пакета определяется характером решаемых задач (пакеты для разработки экономических документов, рекламных роликов, планирования и др.) или необходимостью управления специальной техникой (управление сложными технологическими процессами, управление бортовыми системами кораблей, самолетов и т.п.). Такие специальные пакеты программ могут использовать отдельные подразделения, службы, отделы учреждений, предприятий, фирм для разработки различных планов, проектов, документов, исследований. В некоторых случаях СПО может иметь очень сложную структуру, включающую библиотеки, каталоги, программы-диспетчеры и другие обслуживающие компоненты. Программы СПО разрабатываются с учетом интересов определенной группы пользователей, иногда даже по их заказам и при их непосредственном участии.

СПО ПК комплектуется в зависимости от места и роли автоматизированного рабочего места (АРМ) работника, использующего в своей деятельности компьютер. В ПО ПК обычно включают небольшое число пакетов программ (табличный процессор, текстовый редактор, система управления базами данных и др.), ориентированных на работу с документами. В последнее время наметилась тенденция к комплексированию и слиянию их в интегрированные программные продукты. Например, пакет MS Office фирмы Microsoft объединяет все перечисленные продукты.

Общее ПО включает в свой состав:

- операционную систему (ОС);
- средства автоматизации программирования (САП);
- комплекс программ технического обслуживания (КПТО);
- пакеты программ, дополняющие возможности ОС (ППОс);
- систему документации (СД).

Операционная система служит для управления вычислительным процессом путем обеспечения его необходимыми ресурсами.

Средства автоматизации программирования объединяют программные модули, обеспечивающие этапы подготовки задач к решению, перечень этих этапов был приведен в разделе 1. (табл. 1).

Модули КПО предназначены для проверки работоспособности вычислительного комплекса. Любой компьютер содержит достаточно многочисленные проверочные и диагностические тест-программы, предназначенные для контроля работоспособности различных его устройств. Часть этих средств записана в ПЗУ, обеспечивая проверки перед началом вычислений. Многие пакеты, такие как Norton Utilities, PC Tool Deluxe и др., содержат наборы вспомогательных программ-утилит, что дает пользователям необходимый сервис при подготовке вычислений (архивация и сжатие программ, обслуживание дисков и т.д.).

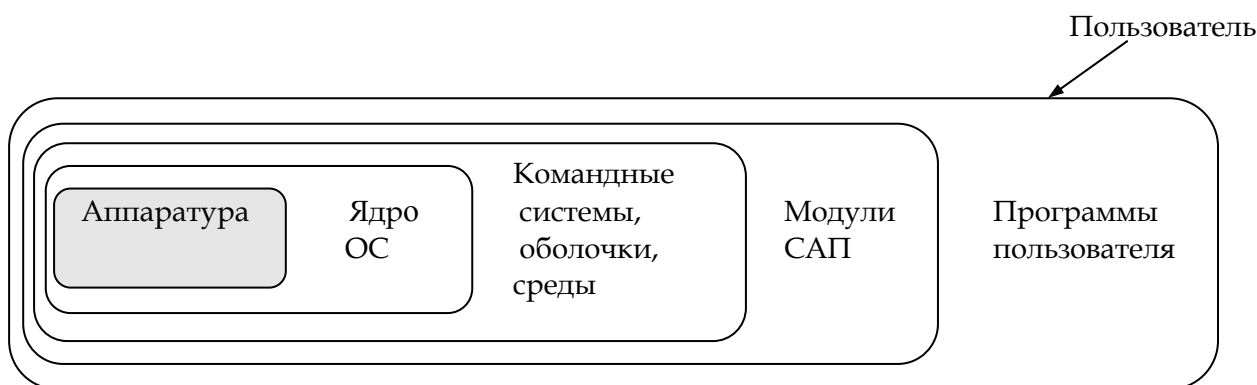
Важной частью ПО является *система документации*, хотя она и не является программным продуктом. СД предназначена для изучения программных средств, она определяет порядок их использования, устанавливает требования и правила разработки новых программных компонент и особенности их включения в состав ОПО или СПО.

По мере развития ЭВМ и ВС программное обеспечение постоянно усложняется по своей структуре и составу программных модулей. В настоящее время затраты на разработку и приобретение программных продуктов в несколько раз превышают стоимость технических средств (Hardware). Наиболее динамичное развитие оно получило в 1980-85-е годы (см. рис. 2), когда были выявлены закономерности управления вычислительными процессами в однопроцессорных (одномашинных) системах.

Программное обеспечение современных ЭВМ и ВС строится по иерархическому модульному принципу. Это обеспечивает возможность адаптации ЭВМ и ВС к конкретным условиям применения, открытость системы для расширения состава предоставляемых услуг, способность систем к совершенствованию, наращиванию мощности и т.д.

Программные модули ПО, относящиеся к различным подсистемам, представляют для пользователя своеобразную иерархию программных компонент, используемую им при решении своих задач (рис. 19).

Рис. 19. Иерархия программных средств ЭВМ



Нижний уровень образуют программы ОС, которые играют роль посредника между техническими средствами системы и пользователем. Однако прямое использование команд ОС требует от пользователя определенных знаний и специальной компьютерной подготовки, сосредоточенности, точности и внимания. Этот вид работ отличается трудоемкостью и чреват появлением ошибок в работе оператора. Поэтому на практике пользователи, как правило, работают не напрямую с ОС, а через программные оболочки.



Определение

Программные оболочки – «инструментальные программные средства, предназначенные для автоматизации работы с файлами и каталогами» [40]. В отдельных случаях для специфических применений используют целые командные системы – пакеты программ, дополняющие возможности ОС (ППос).

Ярким примером подобных систем могут служить пакеты Norton Commander, DOS Navigator и другие, завоевавшие заслуженную популярность у пользователей. В этом ряду следует рассматривать и графический интерфейс пользователя в Windows (Graphical User Interface, GUI), обеспечивающий взаимодействие пользователя и компьютера. С помощью этих систем трудоемкость работы с компьютером значительно сокращается. Работа пользователя при этом заключается в выборе определенных рубрик меню. Механизм обращения к модулям ОС упрощается.

**ВАЖНО**

Развитие и усложнение средств обработки, ОС и командных систем привело к появлению **операционных сред** (operational environment, например, в Microsoft Windows), обеспечивающих графический интерфейс с широчайшим спектром услуг.

С помощью ОС или операционных сред пользователь может активизировать любую нужную ему программу. В настоящее время на любой вид деятельности разрабатываются и совершенствуются ППП, позволяющие пользователям, даже не имеющим хорошей компьютерной подготовки, эффективно решать специфические задачи обработки информации (подготовка справок, писем, разработка документов, графическое представление данных и т.д.).

Квалифицированные пользователи, разрабатывающие собственные программные продукты, используют компоненты систем автоматизации программирования (САП).

В иерархии программных средств отсутствуют программы КПТО. Эти компоненты непосредственного участия в вычислениях не принимают, они только обеспечивают их. Перед началом вычислений их задачей является проверка работоспособности аппаратуры и параметров сопряжения перечисленных уровней ПО.

3.2. Операционные системы

Центральное место в структуре ПО занимает операционная система (ОС).



Определение

Операционная система – это система программ, предназначенная для обеспечения определенного уровня эффективности цифровой вычислительной системы за счет автоматизированного управления ее работой и предоставления пользователем набора услуг¹.

Программные компоненты ОС обеспечивают управление вычислениями и реализуют такие функции, как планирование и распределение ресурсов, управление вводом-выводом информации, управление данными. Объем ОС и число составляющих ее программ в значительной степени определяются типом используемых ЭВМ, сложностью режимов работы ЭВМ и ВС, составом технических средств и т.д.

¹ Гост 15971-84.

Применение ОС имеет следующие цели:

- увеличение пропускной способности ЭВМ, то есть увеличение общего объема работы, выполняемой ЭВМ в единицу времени;
- уменьшение времени реакции системы, то есть сокращение интервала времени между моментами поступления заданий в ЭВМ и получения результатов;
- контроль работоспособности технических и программных средств;
- помощь абонентам и операторам при использовании ими технических и программных средств, облегчения их работы;
- управление программами и данными в ходе вычислений;
- обеспечение адаптации ЭВМ, ее структурной гибкости, заключающейся в способности изменяться, пополняться новыми техническими и программными средствами.

Любая ОС имеет средства приспособления к классам решаемых пользователями задач и к конфигурации средств, включаемых в ВС. Назначение состава услуг, которыми могут пользоваться абоненты, осуществляется различными методами. В больших ЭВМ формирование конкретной конфигурации ОС осуществляется на нескольких уровнях. Предварительно этот состав определяется при генерации ОС.



Определение

Генерация системы – это процесс выделения отдельных частей операционной системы и построения частных операционных систем, отвечающих требованиям системы обработки данных (стандарт ISO 2382/10-79).

Из полного набора программных модулей ОС (дистрибутива) формируется специальный набор этих средств, в наибольшей степени отвечающий запросам пользователей. Коррекция же состава используемых услуг может быть выполнена непосредственно перед решением задач операторами вычислительного центра или самими пользователями. Оперативное обращение к средствам ОС возможно и из программ пользователей, путем включения в них специальных директив.

Применительно к ПК типа IBM PC, у которых пользователь является одновременно и оператором, этот процесс видоизменен. Для каждого ПК создается так называемый системный диск с соответствующим набором программ дисковой операционной системы (DOS, Disc Operating System).

Для наиболее распространенных моделей ПК конфигурация аппаратных средств задается установкой перемычек на системной плате (motherboard) и платах контроллеров периферийных устройств, а также записывается в область данных BIOS и в энергонезависимую память CMOS. Конфигурацией можно управлять и программно. При первом включении компьютера программой Bios Setup Program (программа начальных установок) обеспечивается запись основных параметров системы, которые сохраняются в CMOS-памяти компьютера. Окончательная настройка ДОС производится файлами autoexec.bat и config.sys, а также выполнением отдельных команд, набираемых в командной строке ДОС.

Для каждого типа компьютера возможно использование нескольких типов ОС. Все они имеют несколько версий. Для IBM PC распространение получили MS DOS фирмы Microsoft, OS/2 Warp и IBM DOS фирмы IBM, DR DOS фирмы Digital Research, DOS фирмы Novell. Отличия ОС определяются составом и детализацией системных функций. Более распространенной была MS DOS, она использовалась в большинстве ПК. MS DOS все больше вытесняется последними версиями MS Windows. Система DR DOS имеет очень развитые средства защиты информации и разграничение доступа, что предопределяет ее использование в системах с закрытием обрабатываемой информации. OS/2 Warp позволяет более полно использовать возможности самых мощных микропроцессоров при организации вычислительного процесса. Novell DOS ориентирована на работу компьютера в сети.

Отличительной особенностью DOS является интерфейс командной строки, сохранившийся и сегодня в операционных системах Unix и Linux. Этот интерфейс более удобен для профессионалов, чем для рядового пользователя. Знание состава команд DOS и особенностей их применения было и остается залогом эффективной работы, но требует специфической начальной подготовки пользователей, что в некоторой степени сдерживало расширение рынка ПК и их программного обеспечения. Новые виды операционных систем, облегчая работу пользователей, сохраняют режим командной строки для работы с DOS-утилитами и для восстановления работоспособности систем при сбоях и отказах.

Для уяснения процедур планирования вычислениями конкретизируем понятие вычислительного процесса.



Вычислительный процесс в системе представляется в виде последовательности, как правило, ветвящейся, простых процессов – одноразовых работ, выполняемых ресурсами ВС.



Ресурсы ВС – это средства, необходимые для вычислений. К ресурсам ВС в первую очередь относят машинное время компьютера (процессоров), объемы внешней и особенно оперативной памяти, *любые* внешние устройства, подключаемые к ВС, вплоть до каналов связи. Ресурсами являются и программные средства, как общего, так и специального ПО, и даже отдельные информационные массивы, например, базы данных, библиотеки и т.д.

Функции управления ресурсами операционная система осуществляет путем построения специальных управляющих таблиц, отражающих наличие и состояние ресурсов. Связь процессов в цепочки осуществляется по событиям, где *событие* – это изменение состояния ресурса, изменение его характеристик. Именно по событиям ОС включается в работу и адекватно реагирует на сложившуюся ситуацию.

Управление вычислительным процессом практически не может быть оптимизировано, если не считать «заложенной стратегии» в саму ОС, так как априори для этого просто отсутствуют необходимые данные.

Основу любой ОС составляет управляющая программа, основными функциями которой являются *управление заданиями, управление задачами*, то есть управление ходом выполнения отдельных программ, и *управление данными*.

Задание – это требование пользователя выполнить некоторые объемы вычислительных работ. Процедуры управления заданиями обеспечивают предварительное планирование работы ЭВМ и оперативную связь пользователя и оператора с машиной во время работы. Планирование работы включает ввод пакетов или одиночных заданий, формирование очередей заданий в соответствии с их приоритетами, активизацию (запуск) и завершение заданий.

Каждое задание реализуется как определенная последовательность отдельных программ – задач. **Задачи** образуют отдельные программы вместе с обрабатываемыми ими данными. Например, типовое задание пользователя включает этапы трансляции, редактирования и собственно выполнения сформированной машинной программы. На каждом из этих этапов выполняется некоторая программа (задача), обрабатывающая определенные данные. Комплекс программ управления задачами обеспечивает автоматическое выполнение последовательности программ каждого задания пользователя.

Управление задачами требует распределения и назначения ресурсов (управления временем работы процессора, распределения оперативной памяти для программ пользователей и программ ПО, синхронизации выполнения задач и организации связей между

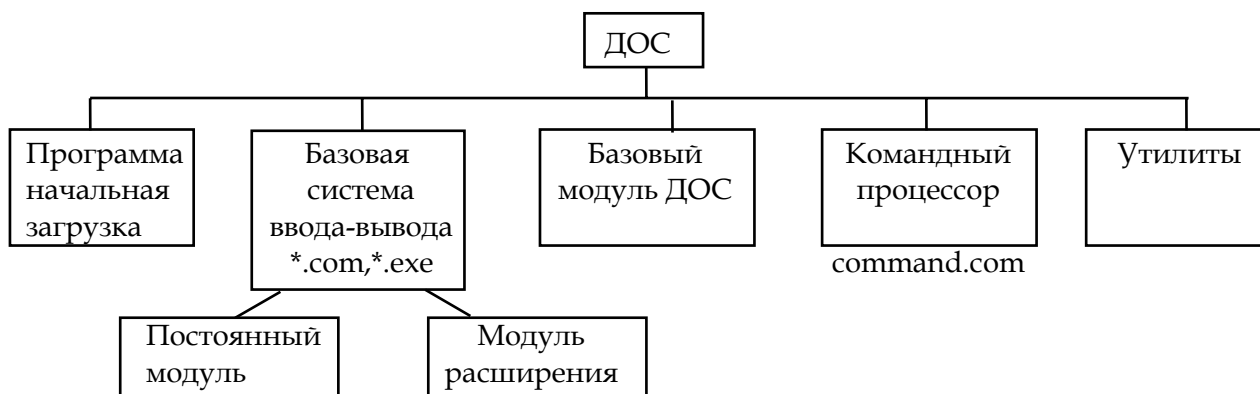
ними, управления очередностью задач, внешними устройствами защиты задач от взаимных помех). Ведущей программой управления задачами является управляющая программа – диспетчер: супервизор, базовый модуль ДОС или др. Часто используемые модули образуют ядро ОС, которое постоянно находится в оперативной памяти и быстро реагирует на изменяющиеся условия функционирования. Примером такой программы может служить командный процессор `command.com` для ПК типа IBM PC. Остальные программы ОС вызываются из ВЗУ в оперативную память по мере их надобности в вычислительном процессе.

Набор программ *управления данными* обеспечивает процессы организации, идентификации, размещения в ОП и на ВЗУ, хранения, построения библиотек и выборки всех данных, которые могут обрабатываться в компьютере.

В ПК программы управления заданиями представлены достаточно слабо, так как они изначально создавались как однопользовательские и однозадачные ЭВМ. С появлением ОС типа Windows, ориентированных на многозадачные и многопользовательские режимы, появились и эти процедуры. Программы же управления задачами и данными представлены достаточно полно. Так, ядро MS DOS включает следующие системы: файловую, управления памятью, управления программами, связи с драйверами устройств для управления периферийной аппаратурой, обработки ошибок, службы времени, общения с оператором.

Структурно DOS состоит из следующих элементов, представленных на рис. 20. Кроме программных компонент, указанных на рисунке, ОС включает еще вспомогательные файлы `autoexec.bat` и `config.sys`. Они предназначены для настройки на конкретные режимы работы.

Рис. 20. Структура ДОС ПЭВМ



Программа начальной загрузки (Boot Record) находится в первом секторе на нулевой дорожке системного диска. Ее объем 512 байт. После включения компьютера и его проверки постоянный модуль BIOS формирует вызов данной программы и ее запуск. Назначением программы начальной загрузки является вызов модуля расширения `IO.sys` и базового модуля `MS DOS.sys`.

Базовая система ввода-вывода (BIOS) является надстройкой аппаратурной части компьютера и напрямую к DOS не относится. Влияние BIOS на характеристики DOS осуществляется через постоянный модуль BIOS и модуль расширения. В ближайшее время Intel планирует отказаться от BIOS. На смену ей придет расширяемый фирменный интерфейс (Extensible Firmware Interface, EFI). Достоинство EFI заключается в том, что он

будет написан на языке С и представлять собой простейшую операционную систему, которая позволит даже выходить в сеть [news.zdnet.co.uk].

Постоянный модуль BIOS отвечает за тестирование компьютера после его включения, вызов программы начальной загрузки. Он обрабатывает прерывания вычислительного процесса нижнего уровня и обслуживает стандартную периферию: дисплей, клавиатуру, принтер, дисководы.

Модуль расширения BIOS (IO.sys) обеспечивает подключение к компьютеру периферийных дополнительных устройств, изменение некоторых параметров ДОС, замещение некоторых стандартных функций, загрузку командного процессора и его запуск.

Базовый модуль ДОС (MSDOS.sys или IBMDOS.com) отвечает за работу файловой системы, обслуживает прерывания верхнего уровня (32...63), обеспечивает информационное взаимодействие с внешними устройствами.

Командный процессор (command.com) предназначен для выполнения команд, загружаемых в командную строку ДОС. Все команды делят на внутренние и внешние. **Внутренние команды** – это команды, прописанные внутри самого файла command.com. **Внешние команды** – это требования запуска каких-либо программ, находящихся на дисках. Кроме этого командный процессор выполняет команды файла autoexec.bat, специального командного файла, если он находится на системном диске.

Файл autoexec.bat содержит список внутренних и внешних команд, выполнение которых позволяет развернуть в оперативной памяти компьютера некоторый набор вспомогательных программ или пакетов, для обеспечения последующей работы пользователя.

Файл config.sys отражает специфические особенности формирования конфигурации компьютера, то есть состава его технических и программных средств.

В связи с постоянным совершенствованием ПК и их ПО все больше используются интегрированные ОС типа MS Windows. В настоящее время доля ОС типа Windows составляет более 90% всех ПК.

Microsoft Windows – довольно сложная операционная система. Отличительной особенностью ее построения служит стремление фирмы Microsoft подойти с единых позиций к интеграции в вычислительных системах всевозможных аппаратных и программных средств, приложений, построению различных информационных систем, в первую очередь бизнес-систем, формированию на их основе систем управления фирмами, корпорациями и предприятиями, разработке соответствующих стандартов и т.п.

Плановая и продуманная система совершенствования ОС и ее распространения обеспечила популярность и лидерство на рынке ПК, принадлежащих платформе Wintel (Windows плюс Intel). Принцип ее построения состоит в следующем.

На основе базовых функций нижнего уровня (практически уровня DOS) формируются библиотеки универсальных функций, используемые практически во всех разработках. Развитие Windows осуществляется по трем направлениям на единых базовых концепциях, но с ориентацией на различные области применения:

- ОС класса «high-end» (Windows 2000 Server и Windows Server 2003), рассчитанная на сетевое применение, управление рабочими станциями, серверами и центрами обработки данных;
- ОС потребительского класса, представленная двумя подклассами: ОС для офисного использования (MS Windows 2000 Professional, Windows XP Professional, Windows XP 64-Bit Edition) и ОС для домашнего пользователя (MS Windows 98SE, Windows Millenium Edition, Windows XP Home Edition);
- Windows CE, рассчитанная на карманные и встроенные компьютеры. Она ориентирована на специфические применения малых компьютеров, их малую память и производительность.

Все направления сконцентрированы на использовании единого интерфейса прикладного программирования (Application programming interface, API) и динамически подключаемых библиотек (Dynamic-link libraries, DLL). Среди множества DLL основными являются:

- Kernel32.dll – управление процессами, потоками, памятью (см. п. 3.5);
- User32.dll – поддержка API, каркасов приложений и передачи сообщений;
- GDI32.dll – графика и ввод-вывод информации.

Корпоративная версия операционных систем знаменует серьезность намерений фирмы Microsoft в борьбе за рынок серверных систем, традиционно принадлежащий производителям коммерческих версий ОС Unix, фирмам Novell и Sun. В основу разработки системы ставится надежность, защита данных, поддержка необходимого для корпоративных пользователей набора офисных приложений и улучшение процедур сетевого администрирования.

Операционная система Windows 2000 упрочила положение Microsoft на рынке корпоративных систем и является сейчас в этом секторе самой популярной ОС семейства Windows. В ее состав включены четыре версии:

- Windows Professional – для профессиональной работы на автономных ПК;
- Windows 2000 Server используется для создания и управления серверами рабочих групп и отделов;
- Windows Advanced Server, для создания сложных приложений и более надежных серверов (до 8 процессоров);
- Windows Data Center (центр обработки данных, вычислительный центр) (центр обработки данных, вычислительный центр) (центр обработки данных, вычислительный центр), для создания наиболее ответственных систем обработки данных (до 32 процессоров).

Они представлены в порядке возрастания их возможностей. Последние три версии служат для комплектования серверов компьютерных сетей в зависимости от их класса. Кроме того, для малых предприятий (до 50 компьютеров) Microsoft предлагает Small Business Server 2000, представляющий собой комплект: Windows 2000 Server, Exchange 2000 Server, Internet Security and Acceleration (ISA) Server 2000, SQL Server 2000, FrontPage 2000.

Следующая версия Windows XP, появившаяся в 2002 году как промежуточная, и Windows.net, ожидающаяся 2004 году, развивают это направление. Включение в их состав версий Data Center показывает направленность Microsoft на построение в компьютерных сетях коммерческих вычислительных центров. Например, Windows Server 2003 содержит компоненты:

- Windows Server 2003 Web Edition – для хостинга web-приложений;
- Windows Server 2003 Standard Edition – для серверов и рабочих групп;
- Windows Server 2003 Enterprise Edition – для приложений и более надежных серверов (до 8 процессоров);
- Windows Server 2003 Datacenter Edition – для наиболее ответственных систем обработки данных (до 32 процессоров).

Ориентация на Web-сервисы сетей позволяет на практике полностью осуществить идею «клиент-сервер». «Тонкий» клиент, имеющий практически лишь Web-браузер, может получать все требуемые услуги от «толстого» сервера и вычислительного центра, управляемого им.

Больших успехов и признательности пользователей-профессионалов добилась операционная система Linux. Она также, как и последние версии Windows, является многозадачной, многопроцессорной и многопользовательской средой. Отличительными ее особенностями служат свободное и бесплатное распространение, открытость программного кода, что позволяет постоянно ее совершенствовать; более высокая, чем у Windows, надежность и устойчивость, масштабируемость (см. п. 1), а также ориентация на Unix-платформу.

3.3. Системы автоматизации программирования



К системам автоматизации программирования (САП) относят языки программирования, языковые трансляторы, редакторы, средства отладки и другие вспомогательные программы.

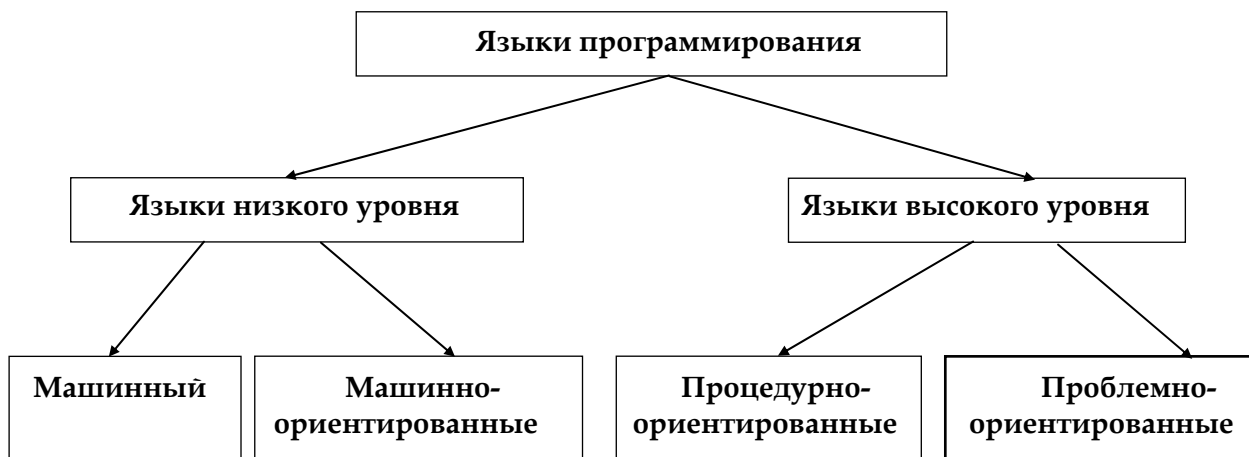
Языки программирования служат средством передачи информации, средством записи текстов исходных программ. Поэтому в состав программ ОПО они не входят. Учитывая важность языковых средств, рассмотрим их состав более подробно.

В настоящее время известно несколько сотен языков программирования, которые используют пользователи при разработке своих заданий. Появление новых типов ЭВМ, например ПК, и новых областей их применения способствует появлению следующих поколений языковых средств, в большей степени отвечающих требованиям потребителей.

Вместе с тем, число интенсивно применяемых языков программирования относительно невелико. Для каждого класса компьютеров всегда существует несколько таких языков, ориентированных на определенные виды обработки информации, на уровень подготовки пользователей в области программирования. При выборе языка программирования пользователь должен учитывать, что описание алгоритма решаемой задачи можно выполнить на любом алгоритмическом языке в силу его универсальности. Однако изобразительные средства языков очень сильно отличаются, и задача выбора заключается в том, чтобы выбранный язык наилучшим образом соответствовал требуемым процедурам обработки данных в задании пользователя. Различают три уровня пользователей, работающих с языковыми средствами: пользователи-прикладники, системные программисты и инженерно-технический персонал, обеспечивающий техническое обслуживание компьютеров. Каждая категория пользователей использует определенный набор языков.

Важнейшими характеристиками языка являются трудоемкость программирования и качество получаемого программного продукта. Качество программ определяется длиной программ (количеством машинных команд или емкостью памяти, необходимой для хранения программ), а также временем выполнения этих программ. Для языков различного уровня эти характеристики взаимосвязаны. Чем выше уровень языка (рис. 21), тем меньше трудоемкость программирования, но тем сложнее средства САП (трансляторы, средства отладки и др.), привлекаемые для получения машинных программ, тем ниже качество генерируемых программных продуктов.

Рис. 21. Классификация языков программирования



Машинные языки современных ЭВМ практически не используются даже программистами-профессионалами из-за чрезмерной трудоемкости процесса разработки программ. В редких случаях их используют инженерно-технические работники вычислительных центров для проверок работы устройств и блоков компьютера, для выяснения нестандартных, нештатных ситуаций, когда другими средствами не удастся выявить причины их появления. Применение машинных языков требует знания специфики представления и преобразования информации в компьютере.

Особое место имеют *машинно-ориентированные языки* (язык Ассемблера, или просто Ассемблер, автокоды, языки символического кодирования и др.). Несмотря на высокую трудоемкость, ими часто пользуются профессиональные системные программисты, например, при разработке программ общего или специального ПО, особенно в тех случаях, когда эти программы должны быть максимально компактными и быстродействующими. Пользователям с недостаточной программистской подготовкой эти языки практически недоступны.

Из *процедурно-ориентированных языков* широко известны Фортран, Алгол, Кобол, Basic, Pascal, Ада, Си и др. Спектр языков этой группы очень широк, и среди них существует определенная иерархия. Считается, что язык Basic предназначается для начинающих программистов, язык Pascal – для студентов, это язык «правильного», классического программирования, язык СИ – для квалифицированных программистов и т.д. Существуют определенные соглашения в использовании языков программирования. Так, при создании программ для собственных работ пользователь может выбрать любой язык, даже Basic. При разработке ПО для одного заказчика корректно использовать язык Pascal, при разработке программных средств для многих потребителей целесообразно использование языков Си и Ассемблер.

С появлением ПК наиболее распространенными языками являются Basic и Pascal. Первоначально они разрабатывались для целей обучения. Их применение обеспечивает быстрый и удобный перенос программ, написанных на этих языках, с одного ПК на другой. Наиболее простым языком является Basic. Трансляторы для него имеются практически на всех ПК. Язык отличает простота и наличие средств интерактивной работы, что обеспечило ему популярность среди непрофессиональных программистов. Однако для построения сложных программ он в силу ограниченных возможностей (структурирование программ и данных, идентификация переменных и т.д.) подходит плохо. Вместе с тем, следует отметить, что фирма Microsoft сделала этот достаточно простой язык основой для обмена приложениями (Visual Basic for Application). Эта платформа перенесена и в следующее поколение операционных систем – Windows.net.

Современный язык высокого уровня Pascal получил широкое распространение в силу ряда достоинств: простоты, ясности, сравнительно узкого набора возможных синтаксических конструкций наряду с семантическим их богатством. Общеизвестно, что он является наилучшим средством для обмена программами между различными типами ПК. На основе разработки языка Pascal предложен ряд новых языков, например Модула-2, в котором особое внимание уделяется построению программы как набора независимых модулей. На базе языка Pascal создан достаточно мощный язык Ада, который задумывался как универсальный и наиболее перспективный язык программирования. К нему было приковано внимание разработчиков всех новых типов ЭВМ. Однако широкого распространения он до сих пор не получил.

Для разработки коммерческих программ больше используется язык Си, который удачно сочетает в себе средства языка высокого уровня и языка Ассемблера, что позволяет разрабатывать компактные, быстродействующие, высокоэффективные программные продукты. Объектно-ориентированный C++ в настоящее время является основным сред-

ством разработки критически важных приложений, требующих быстрого действия и оптимизации работы с памятью.

Все описанные выше языки программирования используют так называемые пошаговые описания алгоритмов. Именно в этом и заключается источник большой трудоемкости подготовки задач к решению. Несомненно, что для машин будущих поколений будут предложены более эффективные средства программирования. Так, например, все больше внимания уделяется разработке *проблемно-ориентированных языков* программирования (Симула, GPSS и др.). В этих языках имеется возможность описывать специфические алгоритмы обработки информации более крупными конструкциями. Это делает программы пользователей более наглядными, так как каждая используемая конструкция соответствует вполне определенному объекту, исследуемому пользователем.

Другой интересной тенденцией является появление *непроцедурных описательных языков*. Их конструкции констатируют, какой результат желателен пользователю, не указывая, каким образом это сделать. Примером такого языка служит язык ПРОЛОГ (ПРОграммирование ЛОГики), который широко используется специалистами в области искусственного интеллекта. Конструкции языка не соответствуют математическим формулам, а определяют отношения между объектами и величинами. Язык состоит только из описаний и не имеет как таковых команд-инструкций.

Развитие сетевых технологий привело к созданию языка Java, рожденного в недрах фирмы Sun и разрабатываемого в коалиции более чем 400 организаций. Он представляет собой интерпретационный язык высокого уровня; отличается простотой, независимостью от аппаратуры и отсутствием связей со сложными операционными системами. Это делает совместимыми компьютеры различных платформ, позволяет управлять ими с общих позиций. Именно язык Java способствовал внедрению анимации в Web-ресурсы сетей. Поэтому многие фирмы приобрели лицензии на Java и обеспечивают его поддержку в своих разработках.

Повышение роли структурного программирования привело к появлению языков Delphi (Object Pascal) фирмы Borland и Visual Basic фирмы Microsoft. Эти языки позволяют очень быстро разрабатывать приложения, однако по уровню гибкости оба языка сильно уступают C++.

Необходимо отметить, что в компьютерах будущих поколений будут использоваться языки программирования, имеющие средства распараллеливания вычислительных работ для многомашинных и многопроцессорных вычислительных систем. Проблемы построения таких языков еще полностью не разрешены и находятся в стадии исследования.

В состав САП включаются также языковые *трансляторы* для всех языков, которые используют пользователи при разработке своих программ. В зависимости от специфики вычислительного центра и контингента пользователей их состав формируется эмпирически. Обычно же он включает трансляторы процедурно-ориентированных языков высокого уровня (Pascal, Basic, Си) и машинно-ориентированных языков (Ассемблер).

Различают трансляторы двух типов: интерпретаторы и компиляторы.

Трансляторы-интерпретаторы предназначены для последовательного пооператорного преобразования каждого предложения исходного модуля программы в блок машинных команд с одновременным их выполнением. Машинная программа в полном объеме при этом не создается, решение задач пользователей происходит замедленными темпами. Этот вид трансляции рекомендуется использовать при отладке новых программных продуктов.

Трансляторы-компиляторы, напротив, предназначены для формирования полного загрузочного модуля по исходным программам пользователя. Это позволяет отделить полученный программный продукт от среды его разработки и в последующем использовать его автономно.

Из *системных обслуживающих программ*, широко используемых при подготовке вычислений, следует выделить *редактор* (редактор связей), *загрузчик*, *библиотекарь*, *средства отладки* и другие вспомогательные программы.

Программы пользователей после обработки их транслятором (трансляторами) представляются в виде набора программных блоков, имеющих промежуточный формат, общий для всех трансляторов. Специфика исходных языков программирования при этом теряется. Объединение программных блоков в единую программу выполняет *редактор*. В зависимости от того, в какой стадии подготовки к решению находятся программы абонентов, они могут размещаться в различных библиотеках. Управляет размещением программ, последующей идентификацией и выборкой *библиотекарь*. Вызов готовых к решению программ в оперативную память, активизацию их с учетом их места размещения выполняет *загрузчик*.

Средства отладки обеспечивают проверку заданий пользователей, поиск в них различного рода ошибок, вывод на печать запрашиваемой отладочной информации, распечатку содержимого зон оперативной памяти, выдачу различных управляющих блоков и таблиц и т.п.

Вспомогательные программы (утилиты) служат для перемещения информации с одного носителя на другой, разметки накопителей, редактирования информации в наборах данных, сбора информации об ошибках.

3.4. Пакеты программ

Согласно рис. 18 в ПО имеются две группы пакетов программ: пакеты прикладных программ (ППП) и пакеты, дополняющие возможности ОС (ППос). С развитием программного обеспечения ЭВМ наметилась тенденция к слиянию их в единые интегрированные пакеты. Например, операционная среда Windows включает пакет MS Office, объединяющий программы для работы экономиста-делопроизводителя. Однако не всегда централизованные средства обработки удовлетворяют всем требованиям пользователей, поэтому многие ЭВМ, наряду с интегрированными пакетами, продолжают использовать и более эффективные специализированные ППП.



Пакет прикладных программ – это комплекс программ, предназначенных для решения определенного класса задач пользователей. Сначала к ППП относили только готовые программы, которые регулярно использовал пользователь. Однако каждая рабочая программа постоянно совершенствуется, дополняется, модифицируется. Поэтому все чаще к ППП относят наряду с комплексом готовых программ и программную среду, оболочку, в которой создаются пользовательские программы.

Программы вместе со средой значительно облегчают процессы подготовки и решения задач и во многих случаях не требуют от пользователя знаний специфических языков и процедур программирования.

ППП имеют известную обособленность. Они разрабатываются обычно независимо от других компонентов программного обеспечения. Некоторые ППП могут иметь сложную библиотечную структуру, собственные средства генерации и документацию. С появлением ПК широкое распространение получили следующие прикладные системы, обеспечивающие различные виды работ пользователей:

- системы обработки текстов (текстовые редакторы);

- системы обработки электронных таблиц;
- системы управления базами данных;
- системы деловой графики;
- коммуникационные системы;
- прикладные системы более узкой ориентации (организации вычислений, поддержки планирования, финансовых расчетов, автоматизации проектирования и др.).

Этот список ППП во многом отражает интересы пользователей и специфику применения их ПК на каждом рабочем месте.

Все больше компьютеры используются для обработки информационных потоков. Использование информации (радио, телевидение, связь, документы и т.п.) необходимо в деятельности каждого человека, любой фирмы, производства, отрасли и страны в целом. Основным носителем информации является документ. Для работы с документами предназначаются первые три системы.

Практически каждый документ содержит текстовую часть. Для работы с текстом предусмотрены *текстовые процессоры* – WP (Word Processors). В настоящее время известны десятки и сотни WP, различающиеся направленностью, возможностями, сервисом, качеством формируемых документов. Независимо от назначения каждый редактор должен обеспечивать выполнение следующих процедур подготовки текста:

- набор текста;
- редактирование текста (форматирование, поиск и замена данных, работа с фрагментами текста, подготовка к печати и др.);
- печать документов;
- ведение архивов документов.

Самые простые редакторы встраиваются в многие пакеты, включая ППП и ППос. Они имеют достаточно скромные характеристики. Примерами подобных WP являются встроенный редактор командной строки DOS, программы Блокнот, Word Pad и др.

Другие редакторы – *редакторы широкого назначения*, обычно используются автономно. Они получили большую популярность и используются повсеместно при отработке документов различной сложности: от простейших справок до фундаментальных книг (Лексикон, Word и др.). Последние версии редакторов типа Word for Windows предоставляют пользователям возможности настольной издательской системы.

Наиболее сложными редакторами являются WP *мощных издательских систем*, предназначенные для оформления и полной подготовки к типографскому изданию книг, журналов, буклетов (Aldus PageMaker, Ventura Publisher). Они позволяют включать в текст фотографии, иллюстрации, графики, диаграммы; использовать различные шрифты; менять параметры текста; осуществлять перемещение фрагментов; изменять оформление документа; автоматизировать его верстку.

Системы обработки электронных таблиц или *табличные процессоры*, предназначены для работы с фактографическими документами. Этот вид документа представляет собой двумерную таблицу, как правило, заранее определенной формы, каждая клетка которой содержит значение некоторой характеристики объекта. Подобные документы являются наиболее распространенными в деятельности различных отделов, служб, предприятий и т.п. Примерами этих документов могут служить бухгалтерские ведомости, отчеты, планы, списки и прочее. Такие документы представлены в памяти ПК в виде электронных таблиц.

Отдельные клетки таблиц содержат числовую или текстовую информацию. Числовые данные обычно подлежат математической обработке по определенным математическим зависимостям или графическому представлению. Универсальный характер отражения данных и большие возможности их преобразований способствовали развитию и распространению этого вида программного обеспечения. В деятельности многих фирм широко используются такие пакеты, как Excel.

Области применения табличных процессоров достаточно широки. Наиболее простые позволяют обрабатывать табличные данные по формулам, что очень важно при решении задач статистического анализа и при обработке экспериментальных данных. В более сложных процедурах моделирования и прогнозирования требуется решать задачи экстраполяции и интерполяции. Соответственно, здесь должны использоваться табличные процессоры с расширенными возможностями. Все табличные процессоры обеспечивают графическое представление данных. Для этого к ним подключают *графические редакторы*, обеспечивающие воспроизведение разнообразных графиков (диаграмм): круговых, столбиковых, линейных, трехмерных и т.д. Самые мощные ППП имеют встроенные языки макропрограммирования, что позволяет их использовать в системах автоматизации проектирования.

Еще одной группой ППП являются *системы управления базами данных (СУБД)*. Они появились, когда ЭВМ стали использоваться в контуре управления технологическими процессами и людскими коллективами. Разработка различных автоматизированных систем управления предполагает создание в памяти ПК информационных моделей объектов управления – больших информационных массивов, получивших название «базы данных».



База данных (БД) – это совокупность взаимосвязанных данных, хранящихся совместно в памяти компьютера.

Каждая БД состоит из записей. Запись образует подмножество данных, служащих для описания единичного объекта. Например, фамилия, имя, отчество, год рождения, адрес, место работы, номер телефона могут составлять одну запись и характеризовать одного человека. Информационный массив может содержать записи по отдельным цехам, службам, отделам всего предприятия. Назначением БД является удовлетворение информационных потребностей пользователей. СУБД автоматизирует работу пользователей с хранящимися данными. Количество информационных массивов в БД и их объем зависит от сложности создаваемой системы. Ядро БД составляет информация, наиболее часто используемая в процессах управления. Согласно принципу В. Парето (итальянский экономист XIX века), 20 % всей информации обеспечивают более 80 % всех задач управления. Эта часть в первую очередь и подлежит автоматизации.

Достаточно мощные СУБД позволяют значительно автоматизировать процессы управления и удовлетворять до 90-95 % потребностей управленческого аппарата. Одним из основных назначений СУБД является *автоматизация документооборота*. На основе хранящейся информации можно автоматически формировать любые стандартные документы. Дополнительно к этому СУБД позволяет обращаться к данным и с нестандартными запросами для получения каких-либо справок, обобщений. СУБД поддерживает диалоговый режим работы пользователей, в которых запросы данных и реакция системы побуждают к формированию более точных запросов и исследованию данных.

СУБД обеспечивает ввод, поиск, сортировку данных, составление отчетов. Они имеют возможность сопряжения с табличными процессорами для специфической обработки и графического представления данных. В настоящее время широко используются СУБД различных производителей. Все они в свою очередь состоят из языковых и программных средств. Различие между ними состоит в предлагаемом сервисе и удобствах работы.

Графические редакторы (ГР) позволяют создавать и редактировать на экране компьютера различные рисунки, диаграммы, картинки. Своеобразие их построения заключа-

ется в том, что на экране информация представляется в виде точек, линий, окружностей, прямоугольников, кривых. Элементы рисунков могут использовать различное сочетание цветов, шрифтов, форматов. Допускается работа с фрагментами рисунков. Некоторые ППП имеют собственные встроенные графические редакторы. Они ориентированы на специфические режимы работы (графики, диаграммы). Некоторые редакторы допускают автономную работу, что очень важно в системах деловой и научной графики. Например, графический редактор Paint for Windows позволяет создавать фрагменты изображений и включать их в другие программные продукты.

По мере накопления опыта разработки и применения ППП, пользователи стали переходить к эксплуатации *интегрированных систем*, объединяющих наиболее часто используемые прикладные системы и пакеты. Сочетание различных видов обработки в рамках единой операционной среды создает дополнительные удобства пользователям. Упрощение общения достигается путем разработки «дружественного» ПО путем подсказок, инструкций, предоставления вариантов действий и т.д. Фирмы-разработчики таких пакетов стараются сохранить в них единые принципы представления информации, управления и работы.

Интегрированные пакеты программ можно рассматривать как дальнейшую надстройку ОС, так как в них аккумулируются средства, определяющие специфику работы конкретного пользователя. В этом они становятся похожи на ППос. Обычно ППос содержат средства более общего характера. ППос больших ЭВМ условно можно разделить на три группы.

- пакеты, обеспечивающие специфические режимы работы под управлением ОС (работа в многомашинных и многопроцессорных системах, работа в сети ЭВМ, реализация определенных режимов и т.д.). К этой же группе относятся и пакеты программ для управления специальными техническими средствами;
- ПП общего назначения для научно-технических расчетов, задач математического программирования и т.п.;
- ПП, ориентированные на применение ЭВМ в АСУ. Данные пакеты включают программы обработки документов, программы формирования и обслуживания информационно-поисковых систем и т.п.

3.5. Режимы работы ЭВМ

Операционные системы предоставляют пользователям достаточно широкий спектр вычислительных услуг, упрощая процесс использования ЭВМ. Прежде всего это касается разнообразия режимов работы машин, обеспечиваемых ОС. Под режимом работы понимают принципы структурной и функциональной организации аппаратных и программных средств. В общем случае режимы использования ЭВМ делятся на однопрограммные и многопрограммные.

Однопрограммные режимы работы появились первыми. При их реализации все основные ресурсы ЭВМ (время работы процессора, оперативная память и др.) полностью отдаются в монопольное владение пользователя. Однопрограммный режим может иметь модификации: однопрограммный режим непосредственного доступа и однопрограммный режим косвенного доступа.

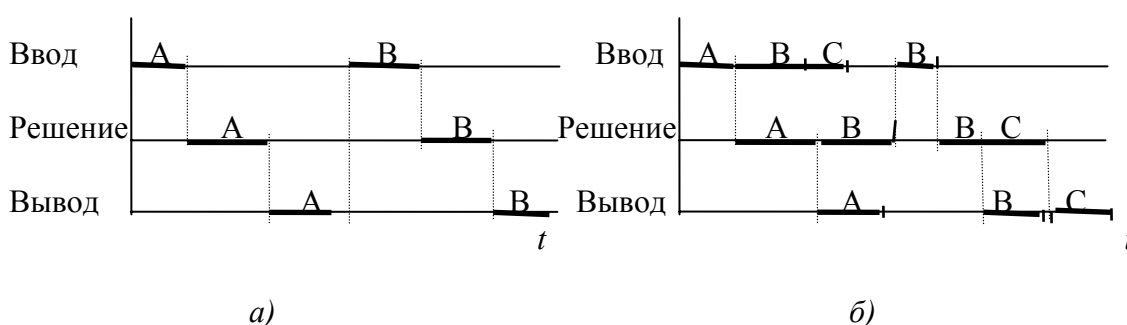
В *режиме непосредственного доступа* пользователь получает ЭВМ в полное распоряжение: он сам готовит ЭВМ к работе, загружает задания, инициирует их, наблюдает за ходом решения и выводом результатов. По окончании работ одного пользователя все ресурсы ЭВМ передаются в распоряжение другого (рис. 22а). Этот тип режима характеризу-

ется весьма низкой полезной нагрузкой технических средств. К снижению производительности ЭВМ из-за простоев процессора приводят затраты времени на подготовку ЭВМ к работе (включение, проверка, загрузка ОС, ввод заданий и т.д.) и большое время реакции пользователя. По этим причинам режим практически не используется в универсальных ЭВМ. Напротив, в ПК этот режим используется как основной, поскольку в этих типах ЭВМ главным критерием эффективной работы считается обеспечение пользователю максимальных удобств.

Рис. 22. Однопрограммные режимы работы

а) режим непосредственного доступа

б) режим косвенного доступа



В режиме косвенного доступа пользователь не имеет прямого контакта с ЭВМ. Этот режим был предшественником многопрограммных режимов в ЭВМ высокой и средней производительности, он имел целью обеспечить более полную загрузку процессора за счет сокращения непроизводительных его простоев. В настоящее время он практически не используется, так как время работы процессоров в современных ЭВМ не является главным ресурсом системы, но принципы построения этого режима позволяют лучше уяснить сущность многопрограммной обработки. Суть режима состоит в следующем.

Из подготовленных заданий пользователей составляется пакет заданий. Процессор обслуживает программы пользователей строго в порядке их следования в пакете. Процесс выполнения очередной программы не прерывается до полного ее завершения. Только после этого процессор как ресурс отдается в монопольное владение следующей программе. Как видно, доступ пользователя к ресурсам ЭВМ осуществляется косвенно средствами ОС, организующими автоматический переход от обслуживания одного задания пользователя к другому. Благодаря этому режим часто называют последовательной пакетной обработкой. При нем обеспечивается параллельная работа устройств ввода-вывода и процессора (рис. 22б). Это позволяет значительно повысить производительность ЭВМ за счет сокращения простоев.

Режим косвенного доступа имеет существенный недостаток. Он не позволяет полностью исключить случаи простоя процессора или непроизводительного его использования. Всякий раз, когда очередная программа, вызванная в процессор, предварительно не обеспечена данными, процессор вынужден простаивать. При этом резко снижается эффективность использования ЭВМ. Этот случай отражен на рис. 22б на примере выполнения задания В. Неэффективно работает ЭВМ и тогда, когда обрабатываемые программы захватывают процессор на длительное время. В этих случаях остальные программы пакета остаются без обслуживания. Особо опасны ситуации, в которых текущая программа

не выходит на завершение (например, «испортилась» после сбоя во время решения или некорректно сформирована пользователем). В этом режиме у ЭВМ отсутствуют средства разрешения подобных конфликтов, и требуется вмешательство оператора.

Многопрограммный и многопользовательский режим работы компьютера позволяет одновременно обслуживать несколько программ как одного, так и нескольких пользователей. Реализация режима требует соблюдения следующих неизменных условий:

- независимость подготовки заданий пользователями;
- разделение ресурсов ЭВМ в пространстве и времени;
- автоматическое управление вычислениями.

Независимость подготовки заданий пользователями обеспечивается развитыми средствами САП. Используя имеющиеся языки программирования, пользователи не должны учитывать ситуации, в которых может произойти одновременное их обращение к одним и тем же ресурсам ЭВМ. Они могут использовать даже одинаковые идентификаторы, обращаться к одним и тем же библиотекам программ и массивам данных, задействовать одни и те же устройства и т.д. Очереди к общим ресурсам должны обслуживаться средствами ОС, не создавая взаимных помех пользователям.

Разделение ресурсов ЭВМ между программами пользователей обеспечивается аппаратно-программными средствами системы. Программы управления заданиями ОС определяют виды требуемых ресурсов в заданиях пользователей и регламентируют их использование. Перспективное планирование при этом отсутствует, так как заранее определить динамику последующих вычислений практически невозможно. Отдельные виды ресурсов, например области оперативной и внешней памяти, допускают одновременное их использование программами пользователей. В этом случае пространство адресов памяти разбивается на непересекающиеся зоны или разделы. «Охрану границ» этих зон обеспечивают схемы защиты памяти – аппаратные и программные средства ЭВМ.

Некоторые виды ресурсов допускают только последовательное их использование программами пользователей, например, в однопроцессорной ЭВМ время работы единственного процессора является неразделяемым ресурсом. Его использование предполагает упорядочение потока заявок и поочередное его использование программами. В современных ЭВМ упорядочение потока заявок обеспечивается на основе их приоритетов, где приоритет – некоторая изначальная характеристика заявки, определяющая ее место в очереди на обслуживание. Формирование очередей обеспечивают программные компоненты ОС. Обслуживание очередей заявок выполняется с использованием системы прерываний и приоритетов. Последняя выделяет из группы одновременно поступающих заявок одну, наиболее приоритетную.

Автоматическое управление вычислительным процессом в многопрограммном режиме выполняется центральной программой управления задачами. Сущность управления сводится к управлению ресурсами. При этом ОС составляет таблицы управления, выделяет ресурсы, запускает их в работу и корректирует таблицы.

Различные формы многопрограммных (мультипрограммных) режимов работы различаются в основном значимостью различного рода ресурсов и правилами перехода от обслуживания одной программы пользователя к другой. Эти правила отличаются условиями прерывания текущей программы и условиями выбора новой программы из очереди, которой передается управление.

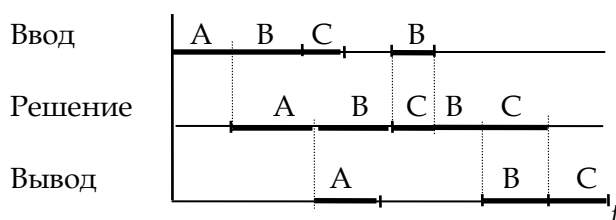
Различают следующие виды многопрограммной работы: классическое мультипрограммирование, режим разделения времени, режим реального времени и целый ряд производных от них.

Режим классического мультипрограммирования или пакетной обработки применительно к однопроцессорным ЭВМ является основой для построения всех других видов мно-

гопрограммной работы. Режим имеет целью обеспечить минимальное время обработки пакета заданий и максимально загрузить процессор.

Пакет заданий упорядочивается в соответствии с приоритетами заданий, и обслуживание программ ведется в порядке очередности. Обычно процессор обслуживает наиболее приоритетную программу. Как только ее решение завершается, процессор переключается на следующую по приоритетности программу. В этом режим во многом похож на режим косвенного доступа. В режиме мультипрограммирования имеется существенное отличие. Если при обслуживании наиболее приоритетной программы создается ситуация, что вычисления не могут быть продолжены (например, требуется ввести дополнительные данные), то прерывание обслуживания сопровождается передачей управления следующей по приоритетности программой. Но как только условия, препятствующие продолжению наиболее приоритетной задачи, отпадут, процессор вновь возвращается к продолжению решения ранее прерванной программы. Этот случай иллюстрируется на рисунке 23 при выполнении задания *B*.

Рис. 23. Многопрограммный режим пакетной обработки



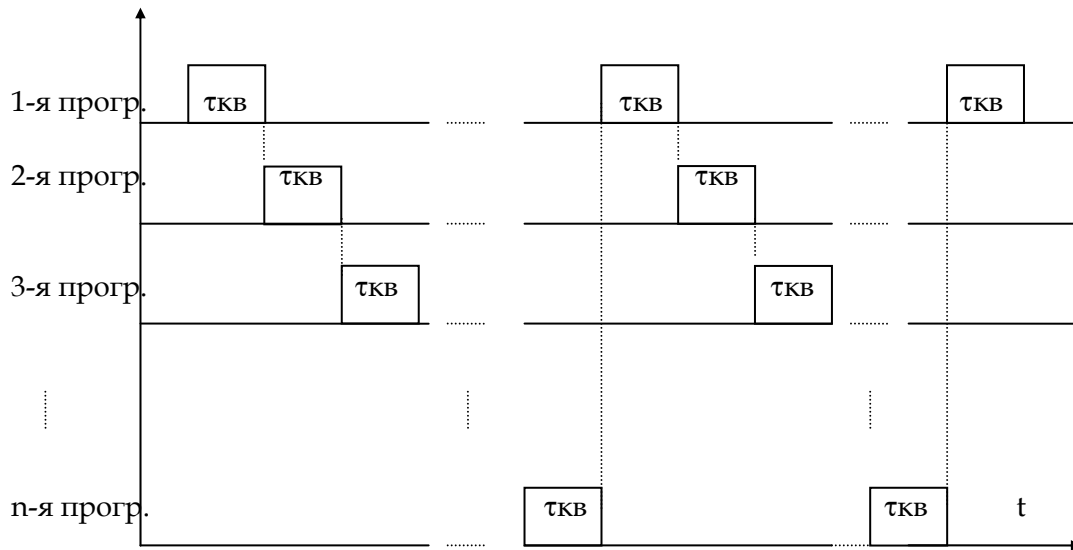
Подобные прерывания и передачи управления могут многократно наслаиваться друг на друга. Это позволяет до минимума сократить непроизводительные простои процессора.

Из вышеизложенного следует, что в однопроцессорных ЭВМ многопрограммность является кажущейся, так как процессор предоставляется программам в непересекающиеся интервалы времени. Уменьшение времени обслуживания обеспечивается также за счет параллельной работы процессора и устройств ввода-вывода.

В качестве недостатка надо отметить, что в режиме мультипрограммирования улучшение качества обслуживания пользователей по сравнению с косвенным доступом не предусматривается. Отдельные программы могут надолго монополизировать процессор, блокируя тем самым программы других пользователей.

Режим разделения времени является более развитой формой многопрограммной работы ЭВМ. В этом режиме, обычно совмещенном с фоновым режимом классического мультипрограммирования, отдельные наиболее приоритетные программы пользователей выделяются в одну или несколько групп. Для каждой такой группы устанавливается круговое циклическое обслуживание, при котором каждая программа группы периодически получает для обслуживания достаточно короткий интервал времени-время кванта, $\tau_{\text{кв}}$ (рис. 24).

Рис. 24. Режим разделения времени



После завершения очередного цикла процесс выделения квантов повторяется. Это создает у пользователей впечатление кажущейся одновременности выполнения их программ. Если пользователю к тому же предоставляются средства прямого доступа для вывода результатов решения, то это впечатление еще более усиливается, так как результаты выдаются в ходе вычислений по программе, не ожидая завершения обслуживания всех программ группы или пакета в целом.

Условием прерывания текущей программы является либо истечение выделенного кванта времени, либо естественное завершение (окончание) решения, либо прерывания по вводу-выводу как при классическом мультипрограммировании. Для реализации режима разделения времени необходимо, чтобы ЭВМ имела в своем составе развитую систему измерения времени: интервальный таймер, таймер процессора, электронные часы и т.д. Это позволяет формировать группы программ с постоянным или переменным значением кванта времени $\tau_{кв}$. Разделение времени находит широкое применение при обслуживании компьютером сети абонентских пунктов.

Более сложной формой разделения времени является *режим реального времени*. Этот режим имеет специфические особенности:

- поток заявок от абонентов носит, как правило, случайный, непредсказуемый характер;
- потери поступающих на вход ЭВМ заявок и данных к ним не допускаются, поскольку их не всегда можно восстановить;
- время реакции ЭВМ на внешние воздействия, а также время выдачи результатов i -й задачи должно удовлетворять жестким ограничениям вида

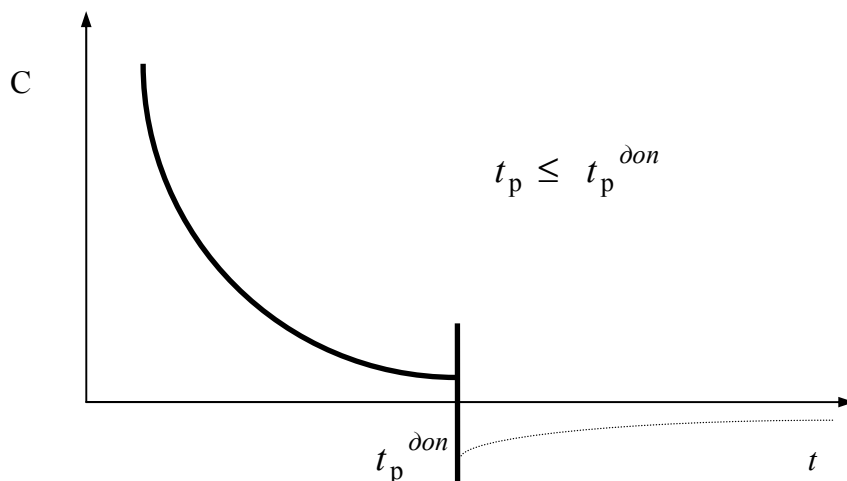
$$t_p \leq t_p^{\text{don}}, \quad (1)$$

где t_p – время решения задачи;

t_p^{don} – допустимое время решения.

На рис. 25 показана зависимость стоимости решения задачи от времени t_p . При нарушении неравенства (1) стоимость решения резко падает до нуля; в отдельных системах она может стать и отрицательной, что показано пунктирной линией. Режим реального времени объединяет практически все системы, в которых компьютер используется в контуре управления.

Рис. 25. Зависимость стоимости решения от времени в системах реального времени



Специфические особенности режима реального времени требуют наиболее сложных операционных систем. Именно на базе этого режима строятся так называемые *диалоговые системы*, обеспечивающие многопользовательский режим: одновременную работу нескольких пользователей с ЭВМ. Диалоговые системы могут иметь различное содержание: системы, обслуживающие наборы данных; системы разработки документов, программ, схем, чертежей; системы выполнения программ в комплексе «человек-машина» и др. Диалоговый режим обслуживания предполагает использование дисплеев – устройств оперативного взаимодействия с ЭВМ. Они получили широкое распространение в различных информационных и автоматизированных системах управления.

Многозадачный и многопоточный режимы Windows. Начиная с Windows NT, все последующие версии поддерживают так называемые многозадачные и многопоточные режимы работы.

Многозадачный режим предполагает, что каждый из процессов (отдельных запущенных программ), активизированных в среде Windows, требует определенных ресурсов. В ранних версиях Windows многозадачность называлась кооперативной (Cooperative), или невытесняющей. Этот режим практически полностью соответствовал режиму косвенного доступа, то есть работа очередной программы монополизировала ресурсы системы и не прерывалась до ее окончания. При этом возникали случаи, когда отказ (зависание) одного из процессов парализовывал всю систему.

Версии Windows 2000 и старше поддерживают подлинную вытесняющую (Preemptive) многозадачность, что предполагает при необходимости перераспределение ресурсов (вытеснение), квантование времени при круговом циклическом обслуживании и управление выполнением задач с учетом их приоритетов. Взаимодействие активных задач возможно только через операционную среду с целью исключения взаимных помех.

Каждой активной задаче (DOS- или Windows-приложению) предоставляется так называемая виртуальная машина – собственная операционная система с возможностью ее конфигурирования и настройки. Отметим, что DOS-приложения способны обращаться к ресурсам ПК напрямую, и это может быть источником конфликтов в обеспечении защиты.

Базовые варианты Windows Server и Data Center поддерживают, кроме того, *многопроцессорность* и *многопоточность*, то есть позволяют распределять задачи между процессорами сервера (до 32 процессоров). Здесь предполагается симметричная многопроцессорная структура сервера, в которой все процессоры идентичны, равноправны и способны решать любые задачи. Например, в Windows 2000 можно реализовывать многопоточный режим обработки программ. Каждая независимая программа или ее отдельная параллельная ветвь – это отдельный поток или «нить». Аппаратная поддержка параллелизма позволяет сосредотачивать ресурсы компьютеров на выполнении наиболее приоритетных заданий и одновременно обслуживать сервером многочисленных пользователей.



1. **Программное обеспечение компьютера предназначается для:**
 - а) управления аппаратными средствами;
 - б) реализации посреднических функций между пользователем и аппаратурой;
 - в) выполнения вспомогательных функций.
2. **Цель создания и внедрения пакета Microsoft Office – это:**
 - а) управление программами приложений;
 - б) унификация среды разработки приложений;
 - в) интеграция разнотипных приложений для комплексной обработки данных.
3. **Принцип модульности программного обеспечения:**
 - а) уменьшает трудоемкость разработки новых программ;
 - б) упрощает разработку программных средств и обеспечивает способность систем к совершенствованию;
 - в) облегчает процесс освоения и применения новых программ.
4. **Режим непосредственного доступа к ресурсам компьютера обеспечивает:**
 - а) большую скорость вычислений;
 - б) монополизацию пользователем всех ресурсов компьютера;
 - в) удобства работы пользователя.
5. **Основным критерием многопрограммной пакетной обработки является:**
 - а) максимальная загрузка процессора;
 - б) удобства работы пользователя;
 - в) скорость решения заданий всего пакета.
6. **Режим разделения времени обеспечивает:**
 - а) сокращение времени решения задач пользователей;
 - б) разделение выполнения отдельных программ во времени;
 - в) обеспечение более высокого приоритета задачам пользователя.

7. Пакеты прикладных программ предназначены для:

- а) автоматизации специфических процессов обработки данных;
- б) управления вычислительным процессом;
- в) управления вспомогательными программами.

8. Файлы *autoexec.bat* и *config.sys* предназначены для:

- а) внесения в память компьютера необходимых установок;
- б) настройки компьютера на конкретный режим работы;
- в) управления периферийными устройствами компьютера.

9. Операционные системы предназначены для управления:

- а) операциями компьютера;
- б) техническими и программными средствами компьютера;
- в) вычислительным процессом путем учета и распределения ресурсов.

10. «Кажущаяся многопрограммность» возникает, когда:

- а) в памяти компьютера находится несколько готовых программ, подлежащих обработке;
- б) указаниями пользователя задается последовательность обработки нескольких программ;
- в) процессор сканирует (переключается с одной программы на другую), создавая иллюзию параллельной обработки.



Тренировочные задания к разделу 3

1. Создать новый каталог, в нем создать текстовый файл, последнему создать копию и убедиться в тождественности оригинала и копии, используя:
 - a) команды DOS;
 - b) средства пакета Norton Commander, Far Manager или Windows Commander;
 - c) средства операционной среды Windows.
2. Подготовить дискету к работе, отформатировав ее на стандартный формат средствами:
 - a) DOS;
 - b) пакета Norton Commander, Far Manager или Windows Commander,
 - c) ОС Windows
3. Ознакомиться с особенностями конфигурации компьютера, используя:
 - a) команды DOS и утилиту sysinfo.com;
 - b) средства пакета Norton Commander, Far Manager или Windows Commander (системная информация);
 - c) средства операционной среды Windows.
4. Дан пакет из трех задач, требующих для своего решения соответственно 1,4 и 8 единиц машинного времени. Построить временные диаграммы и оценить варианты решения задач пакета:
 - a) в порядке возрастания времен решения задач;
 - b) в порядке убывания времен решения задач.Для каждого варианта найти средние времена ожидания в очереди и получения решения. Объяснить различие результатов и предпочтительность выбора первого варианта.

ТЕМА 4.

Характеристика компьютерных сетей

4.1. Основные сведения о компьютерных сетях (КС)



Компьютерная сеть (или: телекоммуникационная вычислительная сеть – ТВС) представляет собой сеть обмена и распределенной обработки информации, образуемая множеством взаимосвязанных абонентских систем и средствами связи; средства передачи и обработки информации ориентированы в ней на коллективное использование общесетевых ресурсов – информационных, программных, аппаратных.

Абонентская система (АС) – совокупность абонента (объекта, генерирующего и потребляющего информацию) и рабочей станции (РС).

Рабочая станция (РС) – система оборудования конечного пользователя сети, включающая сетевой компьютер вместе с периферийными средствами ввода-вывода и программным обеспечением, средства связи с коммуникационной подсетью компьютерной сети, выполняющие прикладные процессы.

Коммуникационная подсеть (или: телекоммуникационная система – ТКС) – это совокупность физической среды передачи информации, аппаратных и программных средств, обеспечивающих взаимодействие АС.

Прикладной процесс – это различные процедуры ввода, хранения, обработки и выдачи информации, выполняемые в интересах пользователей и описываемые прикладными программами.

Компьютерные сети могут работать в различных режимах: обмена данными между АС, запроса и выдачи информации, сбора информации, пакетной обработки данных по запросам пользователей с удаленных терминалов, в диалоговых режимах. Таким образом, с появлением КС разрешены две очень важные проблемы: обеспечение в принципе неограниченного доступа к ЭВМ пользователей независимо от территориального расположения и возможность оперативного перемещения больших массивов информации на любые расстояния, позволяющая своевременно получать данные для принятия тех или иных решений.

Возможности той или иной КС определяются ее информационным, аппаратным и программным обеспечением.



Определение

Информационное обеспечение сети представляет собой единый информационный фонд, ориентированный на решаемые в сети задачи и содержащий базы данных общего применения, доступные для всех пользователей сети, базы данных индивидуального пользования, предназначенные для отдельных абонентов, базы знаний общего и индивидуального применения, автоматизированные базы данных – локальные и распределенные, общего и индивидуального назначения.

Аппаратное обеспечение составляют компьютеры различных типов, оборудование абонентских систем, средства территориальных систем связи (в том числе узлов связи), аппаратура связи и согласования работы сетей одного и того же уровня или различных уровней. Используемые в сетях компьютеры обычно универсального типа, обладающие возможностью выполнения практически неограниченного круга задач пользователей. Для повышения вычислительной мощности сети к ней могут подключаться вычислительные центры или центры обработки информации, к которым пользователи могут обращаться с запросами со своих абонентских систем или других рабочих мест. Такие центры снабжаются компьютерами в широком диапазоне по своим характеристикам: от персональных компьютеров до суперЭВМ.

Программное обеспечение (ПО) сетей отличается большим многообразием как по своему составу, так и по перечню решаемых задач. В общем виде функции ПО сети заключаются в следующем: планирование, организация и осуществление коллективного доступа пользователей к общесетевым ресурсам – телекоммуникационным, вычислительным, информационным, программным; автоматизация процессов программирования задач обработки информации; динамическое распределение и перераспределение общесетевых ресурсов с целью повышения оперативности и надежности удовлетворения запросов пользователей и т. д.

В составе ПО сетей выделяются такие группы:

- *общесетевое ПО* в качестве основных элементов включает распределенную операционную систему (РОС) сети и комплект программ технического обслуживания (КПТО) всей сети и ее отдельных звеньев и подсистем, включая ТКС;
- *специальное ПО*, куда входят прикладные программные средства: интегрированные и функциональные пакеты прикладных программ (ППП) общего назначения, прикладные программы сети (ППС), библиотеки стандартных программ, а также прикладные программы специального назначения, отражающие специфику предметной области пользователей при реализации своих задач;
- *базовое программное обеспечение* компьютеров абонентских систем, включающее операционные системы ПК, системы автоматизации программирования, контролирующие и диагностические тест-программы.



Определение

Важнейшие функции в сети выполняет **распределенная операционная система**: она управляет работой сети во всех ее режимах, обеспечивает оперативное и надежное удовлетворение запросов пользователей, динамическое распределение общесетевых ресурсов, координацию функционирования звеньев сети. РОС имеет иерархическую структуру, соответствующую стан-



Определение

дартной семиуровневой модели взаимодействия открытых систем (ВОС). Она представляет собой систему программных средств, реализующих процессы взаимодействия АС и объединенных общей архитектурой и коммуникационными протоколами. РОС обеспечивает взаимодействие асинхронных параллельных процессов в сети, сопровождаемое применением средств передачи сообщений между одновременно реализуемыми процессами и средств синхронизации этих процессов.

В составе РОС сети имеется набор расположенных по функциональным уровням модели ВОС управляющих и обслуживающих программ, главные функции которых состоят в следующем:

- распределение общесетевых ресурсов с целью удовлетворения запросов пользователей, т. е. обеспечение доступа отдельных прикладных программ к этим ресурсам;
- обеспечение межпрограммных методов доступа, т. е. организация связи между отдельными прикладными программами комплекса пользовательских программ, реализуемыми в различных АС сети;
- синхронизация работы пользовательских программ при их одновременном обращении к одному и тому же общесетевому ресурсу;
- удаленный ввод заданий с любой АС сети и их выполнение в любой другой АС сети в оперативном или пакетном режиме;
- передача текстовых сообщений пользователям в порядке реализации функций службы электронной почты, телеконференций, электронных досок объявлений, дистанционного обучения;
- обмен файлами между АС сети, доступ к файлам, хранимым в удаленных компьютерах, и их обработка;
- защита информации и ресурсов сети от несанкционированного доступа, т. е. реализация функций служб безопасности сети;
- выдача справок, характеризующих состояние сети и использование ее ресурсов;
- планирование использования общесетевых ресурсов.

В рамках планирования использования общесетевых ресурсов осуществляется: планирование сроков и очередности получения и выдачи информации пользователям, распределение решаемых задач по компьютерам сети, распределение информационных ресурсов для этих задач, присвоение приоритетов задачам и выходным сообщениям, формирование и рассасывание очередей запросов пользователей с учетом или без учета приоритетов этих запросов, изменение конфигурации сети и т. д. При этом используются современные методы планирования. Кроме того, различают статическое планирование, которое осуществляется заранее, до начала решения поступившей в сеть к данному времени группы задач, и динамическое планирование, выполняемое в процессе функционирования сети непосредственно перед началом решения группы задач, причем с поступлением каждой новой задачи составленный план корректируется с учетом складывающейся ситуации по свободным и занятым ресурсам сети, наличию очередей задач и т. д. Основным показателем эффективности организации вычислительного процесса в сети, планирования общесетевых ресурсов является время решения комплекса задач.

Оперативное управление процессами удовлетворения запросов пользователей и обработки информации с помощью РОС сети позволяет организовать учет выполнения запросов и заданий, выдачу справок об их прохождении в сети, сбор данных о выполняемых в сети работах.

Создание и внедрение компьютерной сети является сложной комплексной задачей, требующей согласованного решения ряда вопросов. К ним относятся: формирование рациональной структуры сети, соответствующей ее назначению и удовлетворяющей определенным требованиям; проектирование телекоммуникационной системы сети, выбор типа линий и каналов связи, оценка их пропускной способности и т. д.; обеспечение способности доступа пользователей к общесетевым ресурсам, в частности, за счет оптимального решения задач маршрутизации; распределение информационных, аппаратных и программных ресурсов по звеньям сети; разработка системы обеспечения безопасности информации в сети; разработка мероприятий по обеспечению требуемого уровня эргономичности сети и др. Все эти вопросы решаются с учетом требований, предъявляемых к сети по главным показателям:

- **временным** – для оценки оперативности и своевременности удовлетворения запросов пользователей;
- **надежностным** – для оценки надежности функционирования сети;
- **экономическим** – для оценки экономической эффективности капитальных вложений на создание и внедрение сети и текущих затрат при эксплуатации и использовании.

Оценивая процессы функционирования КС, следует учитывать, что это *человеко-машинная система* (ЧМС). Это относится не только ко всей сети, но и к ее отдельным функциональным частям (ТКС, АС, центры обработки информации и т. д.). Следовательно, необходимо учитывать характеристики всех трех компонентов ЧМС: человека-оператора (обслуживающего персонала сети и пользователей), машины (программно-аппаратных средств сети) и производственной среды. Степень влияния этих компонентов на эффективность функционирования сети определяется принадлежностью сети к тому или иному типу ЧМС.

Деление ЧМС на типы производится по трем признакам [45]:

- *по виду эксплуатации* (использования) системы они делятся на ЧМС регулярного (постоянного) применения в течение более или менее длительного времени, ЧМС многоразового применения (используются периодически, причем периодичность использования, т. е. включения системы в режим целевого применения, определяется ее назначением и требованиями по поддержанию системы в работоспособном состоянии) и ЧМС одноразового применения (используются однократно, причем длительность использования определяется назначением системы и зависит от сложившихся условий ее функционирования);

- *по роли и месту человека-оператора* в системе выделяются также три типа ЧМС: целеустремленные системы (тип С1), в которых процесс функционирования полностью определяется человеком; целенаправленные системы (тип С2), в которых человек и машина рассматриваются как равнозначные элементы; целесообразные системы (тип С3), в которых человек только обеспечивает процесс функционирования, но не управляет им. При исследовании эффективности функционирования этих систем необходим соответственно человеко-системный, равноэлементный или системотехнический подход;

- *по степени влияния трудовой деятельности человека-оператора* на эффективность функционирования ЧМС выделяются такие типы: системы типа А, в которых работа оператора выполняется по жесткому технологическому графику; системы типа В, в которых такой график отсутствует, поэтому оператор может изменять темп и ритм своей работы; системы типа С, для которых характерным является задание конечного результата (заданный объем продукции в любом случае должен быть обеспечен).

Для целей исследования эффективности функционирования конкретной ЧМС, назначение которой известно, деление ее на типы С1, С2, С3 является первичным, а деление на типы А, В, С – вторичным, т. е. сначала необходимо наметить подход к исследованию рассматриваемой системы в зависимости от роли и места в ней человека, а затем установить ее принадлежность к одному из типов: А, В или С.

В качестве примера отметим, что корпоративные компьютерные сети (ККС) можно отнести к таким видам ЧМС:

- по виду использования это ЧМС регулярного применения, в них профилактические работы проводятся без выключения сети, в оперативном режиме. Однако отдельные звенья сети могут относиться к ЧМС многоразового применения, если они периодически отключаются ввиду отсутствия необходимости в их постоянном использовании;
- по роли и месту человека-оператора сети являются целенаправленными ЧМС, в которых человек и материальные (неэргатические) объекты рассматриваются как равнозначные элементы. Соотношение значимости этих элементов быть различным, но не таким, чтобы сеть следовало относить уже к другому типу – целеустремленным или целесообразным;
- по степени влияния трудовой деятельности человека-оператора на эффективность функционирования системы сети относятся главным образом к типу В, в которых отсутствует жесткий технологический график работы операторов.

Степень детализации при учете характеристик трудовой деятельности эргатических элементов в ходе исследования эффективности функционирования сети определяется типом ККС и наличием достоверных данных по этим характеристикам.

Классификация компьютерных сетей осуществляется по наиболее характерным признакам – структурным, функциональным, информационным.

По степени территориальной рассредоточенности основных элементов сети (абонентских систем, узлов связи) различают глобальные, региональные и локальные компьютерные сети.



Определение

Глобальные компьютерные сети (ГКС) объединяют абонентские системы, рассредоточенные на большой территории, охватывающей различные страны и континенты. Они решают проблему объединения информационных ресурсов всего человечества и организации доступа к ним. Взаимодействие АС осуществляется на базе различных территориальных сетей связи (ТСС), в которых используются телефонные линии связи, радиосвязь, системы спутниковой связи.

Региональные компьютерные сети (РКС) объединяют абонентские системы, расположенные в пределах отдельного региона – города, административного района; функционируют в интересах организаций и пользователей региона и, как правило, имеют выход в ГКС. Взаимодействие абонентских систем осуществляется также с помощью ТСС.

Локальные компьютерные сети (ЛКС) объединяют абонентские системы, расположенные в пределах небольшой территории (этаж здания, здание, несколько зданий одного и того же предприятия). К классу ЛКС относятся сети предприятий, фирм, банков, офисов, учебных заведений и т. д. Принципиальным отличием ЛКС от других классов сетей является наличие своей штатной системы передачи данных.

Отдельный класс представляют корпоративные компьютерные сети (ККС), которые являются технической базой компаний, корпораций, организаций и т. д. Такая сеть играет ведущую роль в реализации задач планирования, организации и осуществления производственно-хозяйственной деятельности корпорации.

Объединение ЛКС, РКС, ККС, ГКС позволяет создавать сложные многосетевые иерархии.

По способу управления различают сети с централизованным управлением, когда в сети имеется один или несколько управляющих органов, децентрализованным (каждая АС имеет средства для управления сетью) и смешанным управлением, в которых в определенном сочетании реализованы принципы централизованного и децентрализованного управления (например, под централизованным управлением решаются только задачи с высшим приоритетом, связанные с обработкой больших объемов информации).

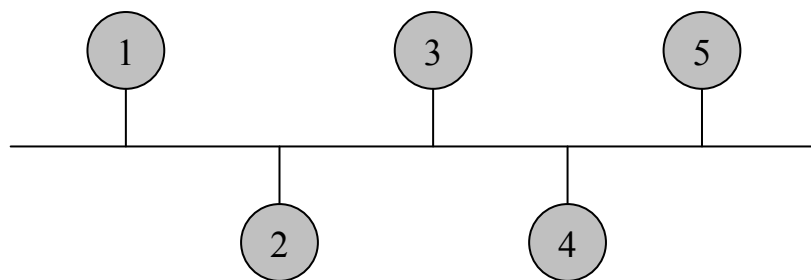
По организации передачи информации различают сети с селекцией информации и маршрутизацией информации. Первые строятся на основе моноканала, взаимодействие АС осуществляется выбором (селекцией) адресованных им блоков данных (кадров): всем АС сети доступны все передаваемые в сети кадры, но копию кадра снимают только АС, которым они предназначены. Вторые используют механизм маршрутизации для передачи кадров (пакетов) от отправителя к получателю по одному из альтернативных маршрутов. По типу организации передачи данных сети с маршрутизацией информации делятся на сети с коммутацией каналов, коммутацией сообщений и коммутацией пакетов. В эксплуатации находятся сети, в которых используются смешанные системы передачи данных.

По топологии, т. е. по конфигурации элементов в сети, различают ширококвещательные сети (рис. 26) и последовательные (рис. 27). Широковещательные сети и значительная часть последовательных конфигураций (кольцо, звезда с «интеллектуальным центром») характерны для ЛКС. Для глобальных и региональных сетей наиболее распространенной является произвольная (ячеистая) топология.

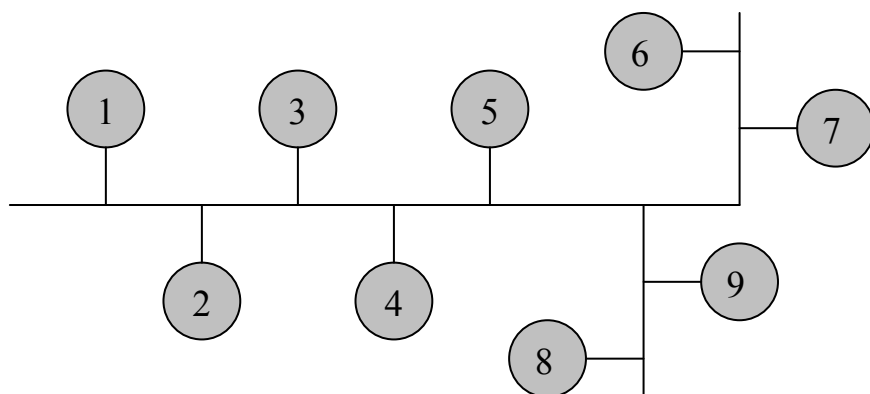
В сетях с ширококвещательной конфигурацией характерен ширококвещательный режим работы, когда на передачу может работать только одна рабочая станция, а все остальные станции сети – на прием. Это локальные сети с селекцией информации: общая шина, «дерево», «звезда» с пассивным центром. Основные преимущества ЛКС с общей шиной – простота расширения сети путем подключения к шине новых рабочих станций, простота управления сетью, минимальный расход кабеля. ЛКС с топологией типа «дерево» – это более развитый вариант сети с шинной топологией. «Дерево» образуется путем соединения нескольких шин активными повторителями или пассивными размножителями («хабами»),

Рис. 26. Широковещательные конфигурации сетей:

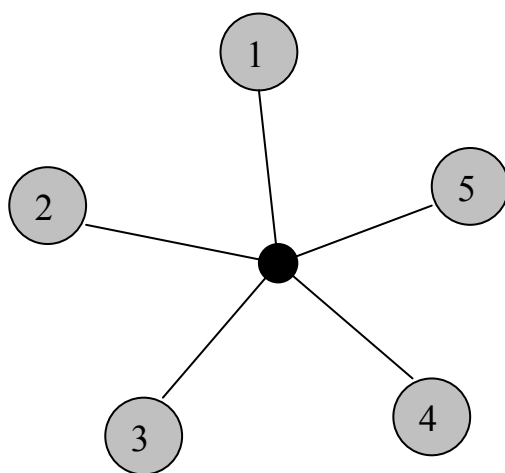
а – общая шина; б – «дерево»;
в – «звезда» с пассивным центром.



а)

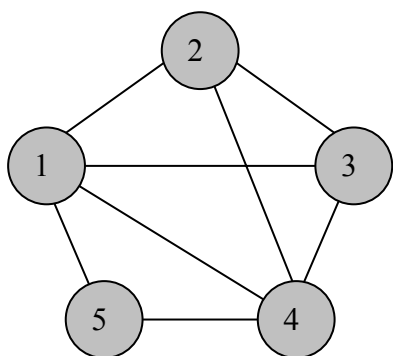


б)

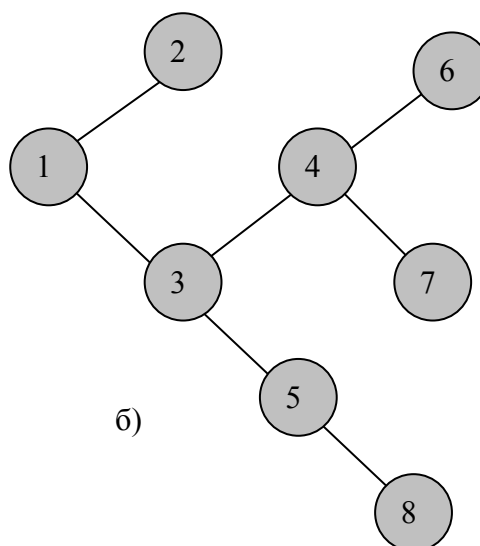


в)

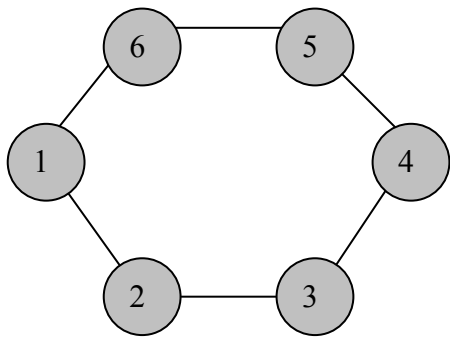
Рис. 27. Последовательные конфигурации сетей:
а – произвольная (ячейчатая); б – иерархическая; в – «кольцо»;
г – «цепочка»; д – «звезда» с «интеллектуальным» центром;
е – «снежинка»



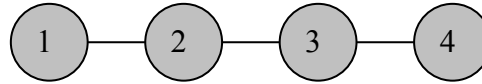
а)



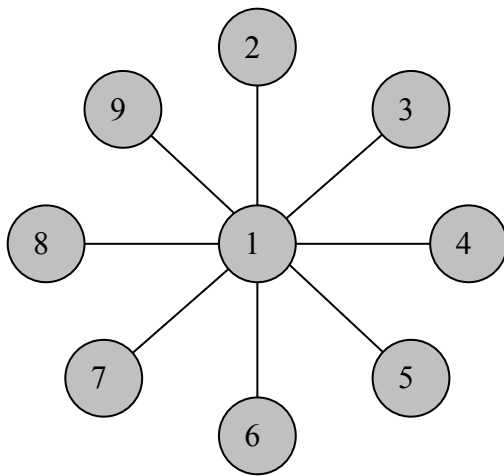
б)



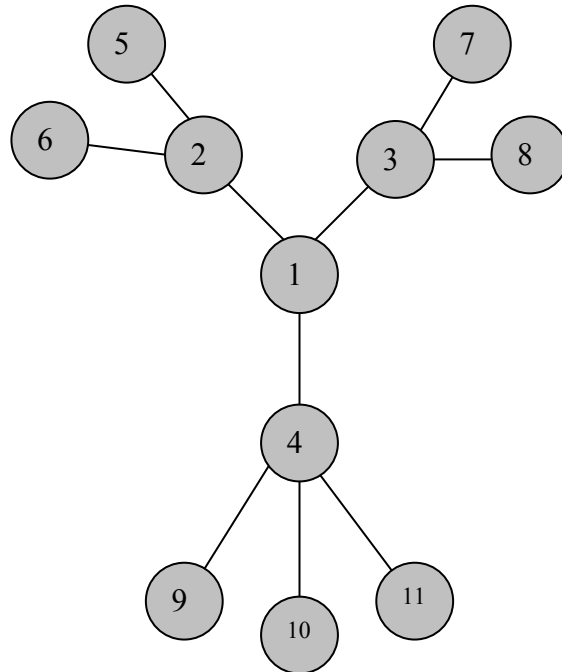
в)



г)



д)



е)

каждая ветвь дерева представляет собой сегмент. Отказ одного сегмента не приводит к выходу из строя остальных. В ЛКС с топологией типа «звезда» в центре находится пассивный соединитель или активный повторитель – достаточно простые и надежные устройства. Для защиты от нарушений в кабеле используется центральное реле, которое отключает вышедшие из строя кабельные лучи.

В сетях с последовательной конфигурацией, в которых осуществляется маршрутизация информации, передача данных производится последовательно от одной станции к соседней, причем на различных участках сети могут использоваться различные виды физической передающей среды.

В сетях с кольцевой топологией информация чаще передается только в одном направлении, обычно против часовой стрелки. Каждая рабочая станция имеет память объемом до целого кадра. При перемещении кадра по кольцу каждая станция принимает кадр, анализирует его адресное поле, снимает копию кадра, если он адресован данной станции, и ретранслирует кадр. Все это замедляет передачу кадра в кольце, причем длительность задержки определяется преимущественно числом РС. Удаление кадра из кольца производится обычно станцией-отправителем: кадр совершает по кольцу полный оборот (при этом станция-получатель снимает копию с кадра) и возвращается к станции-отправителю, которая воспринимает его как квитанцию-подтверждение получения кадра адресатом.

В широковещательных и большинстве последовательных конфигураций (за исключением кольца) каждый сегмент кабеля должен обеспечивать передачу сигналов в обоих направлениях, что достигается: в полудуплексных сетях связи – использованием одного кабеля для поочередной передачи в двух направлениях, в дуплексных сетях – с помощью двух однонаправленных кабелей; в широкополосных системах – применением различной несущей частоты для одновременной передачи сигналов в двух направлениях.

Компьютерные сети могут быть как однородными (гомогенными), в которых применяются программно-совместимые компьютеры, так и неоднородными (гетерогенными), включающими программно-несовместимые ЭВМ. Глобальные и региональные сети, учитывая их протяженность и большое количество используемых в них компьютеров, являются чаще всего неоднородными.

4.2. Эталонная модель взаимодействия открытых систем

Существуют две концепции, на основе которых осуществляется реализация распределенных и взаимодействующих процессов в компьютерных сетях. В соответствии с первой из них связь между процессами устанавливается без функциональной среды между ними. Правильность понимания действий, происходящих в рамках соединяемых процессов взаимодействующих АС, обеспечивается соответствующими средствами теледоступа в составе сетевых операционных систем (СОС). Однако предусмотреть такие средства на все случаи соединения процессов нереально. Поэтому в соответствии со второй концепцией взаимодействующие процессы в сетях соединяются с помощью функциональной среды, обеспечивающей выполнение определенного свода правил – протоколов связи процессов. Протоколы, регламентирующие передачу данных, очень сложны, так как для обеспечения эффективности интерфейса необходимо согласовать достаточно большой объем информации. Они охватывают практически все фазы обмена в сети, в том числе синхронизацию тактовых генераторов компьютера-получателя и компьютера-отправителя, процедуру кодирования передаваемой информации, инструкции о том, как передать информацию по различным маршрутам с разными схемами адресации без потери ее целостности.

Обычно протоколы связи процессов реализуются с учетом принципа коммутации пакетов, когда перед передачей сообщение разбивается на блоки – пакеты определенной длины. Каждый пакет снабжается служебной информацией и превращается в независимую единицу передачи информации. На приемной стороне из поступающих пакетов формируется передаваемое сообщение.

Для обеспечения обмена информацией между компьютерными сетями или между компьютерами данной КС в 1978 г. Международная организация по стандартизации (МОС) разработала многоуровневый комплект протоколов, известный как **семиуровневая эталонная модель взаимодействия открытых систем** (модель ВОС). Она получила широкое распространение и признание и является основой для анализа существующих сетей, создания новых сетей и стандартов. Одна из основных идей модели ВОС (OSI) – обеспечение относительно простого обмена информацией при использовании изготовленных разными фирмами аппаратных и программных средств, соответствующих стандартам ВОС. Конечные пользователи не должны заботиться о проблемах совместимости, которые все еще свойственны системам, включающим устройства различных производителей. Сеть, удовлетворяющая требованиям эталонной модели ВОС, называется открытой.

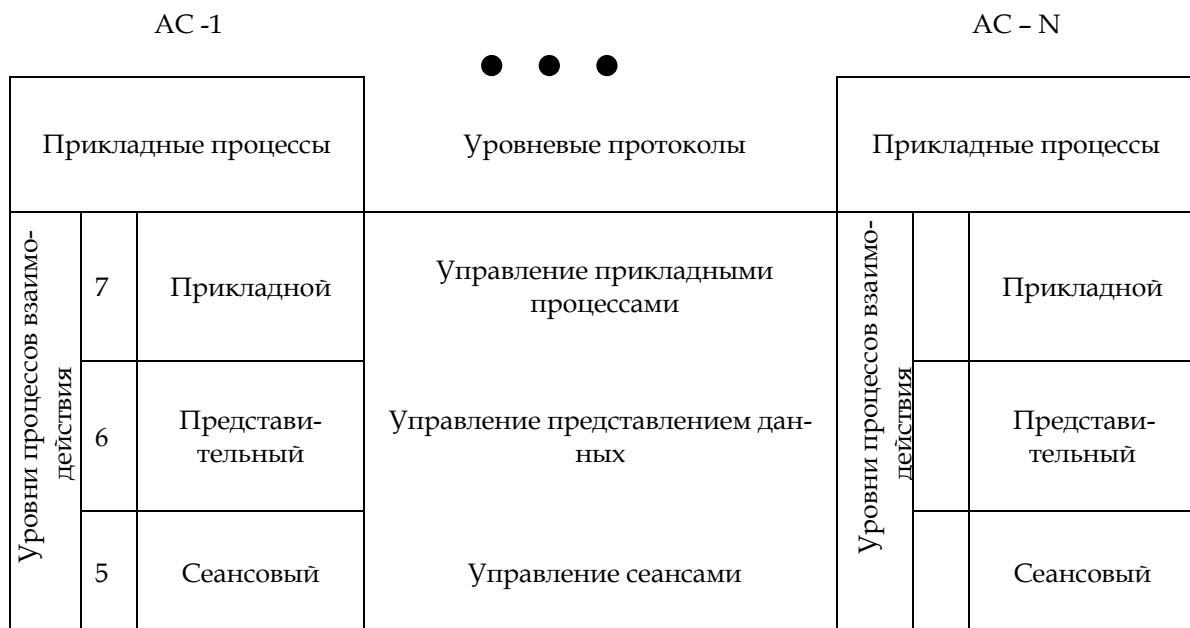
Многоуровневый подход, реализованный в модели ВОС, оказался очень эффективным. Каждый уровень протоколов включает определенный круг функций и сервиса. Преимущество такого подхода заключается в возможности внесения изменений в один уровень без переработки всей модели в целом.

Абонентская система в соответствии с эталонной моделью ВОС представляется прикладными процессами и процессами взаимодействия АС (рис. 28). Последние разбиваются на семь функциональных уровней. Функции и процедуры, выполняемые в рамках одного функционального уровня, составляют соответствующий уровневый протокол. Отдельные уровни модели ВОС удобно рассматривать как группы программ, предназначенных для выполнения конкретных функций. Нумерация уровневых протоколов идет снизу вверх, а их названия указаны на рис. 28. Функциональные уровни взаимодействуют на строго иерархической основе: каждый уровень обеспечивает сервис для вышестоящего уровня, запрашивая, в свою очередь, сервис у нижестоящего уровня.

При передаче информации по мере продвижения ее от верхнего (прикладного) уровня к нижнему (физическому) на каждом уровне, кроме физического, к ней добавляется заголовок, содержащий управляющую информацию для соответствующего уровня на принимающем компьютере. Управляющая информация в заголовках и концевиках содержит такие данные, как тип передаваемой информации, адреса станции-отправителя и станции-получателя, режим передачи (дуплексный, полудуплексный и т. д.), метод кодирования информации, метод контроля ошибок. Приемный компьютер принимает информацию в виде потока битов и собирает ее в кадры. По мере продвижения кадров снизу вверх (от физического уровня к прикладному) протоколы соответствующих уровней удаляют предназначенную для них управляющую информацию, и, в конечном итоге, прикладная программа получит только исходные данные.

Стандартизация распространяется на протоколы связи одноименных уровней взаимодействующих АС. Связь между уровнями осуществляется в форме различных транзакций, известных как примитивы (primitives).

Рис. 28. Семиуровневая модель протоколов взаимодействия открытых систем



	4	Транспортный	Управление трафиком			Транспортный	
	3	Сетевой			Управление сетью		Сетевой
	2	Канальный			Управление информационным каналом		Канальный
	1	Физический	Управление физическим каналом			Физический	
Передающая среда (коммуникационная подсеть)							

Примитивы делятся на примитивы запроса, индикации, ответа и подтверждения. Уровень, выступающий в роли пользователя сервиса, может активизировать функцию путем выдачи запроса на выполнение действия. Уровень, играющий роль поставщика сервиса, выдает подтверждение о выполнении функции. Иногда выдается запрос на действие, которое должен выполнять уровень на другом (взаимодействующим с первым) компьютере. Примитивы удобно рассматривать как управляющую информацию, которая представлена в кадрах, передаваемых в процессе обмена данными.

Функциональные уровни рассматриваются как составные независимые части процессов взаимодействия АС. Основные функции, реализуемые в рамках уровневых протоколов, заключаются в следующем.



Определение

Прикладной уровень – является границей между процессами сети и прикладными (пользовательскими) процессами. На этом уровне выполняются вычислительные, информационно-поисковые и справочные работы, осуществляется логическое преобразование данных пользователя. Прикладной уровень занимается непосредственно поддержкой прикладного процесса пользователя и имеет дело с семантикой данных.

Прикладная программа, которой необходимо выполнить конкретную задачу, посылает конкретные данные на прикладной уровень, где определяется, как следует обрабатывать запрос прикладной программы. Важной функцией прикладного уровня является реализация протоколов электронной почты.

Прикладной уровень содержит несколько так называемых общих элементов прикладного сервиса (ACSE – Application Common Service Elements), представляемым прикладным процессам во всех системах, и специальных элементов прикладного сервиса (SASE – Specific Application Service Elements), которые обеспечивают сервис для конкретных прикладных программ, таких, как программы пересылки файлов и эмуляции терминалов.

На прикладном уровне реализуются функции управления сетями. По мере усложнения сетей вопрос административного управления ими приобретает все большее значение. Это касается прежде всего разработки, совершенствования и стандартизации информационно-управляющих протоколов.

Представительный уровень (уровень представления данных) – отвечает за физическое отображение (представление) информации, он преобразует информацию к виду, который необходим прикладным процессам пользователей, т. е. занимается синтаксисом данных. Выше этого уровня поля данных имеют явную смысловую форму, а ниже его поля рассматриваются как передаточный груз, и их смысловое значение не влияет на обработку.

В основу работы представительного уровня положена единая для всех уровней модели ВОС система обозначений для описания абстрактного синтаксиса – ASCII. Эта система используется для описания структуры файлов, а на прикладном уровне применяется при выполнении операций пересылки файлов при работе с виртуальным терминалом. Одна из важнейших проблем, возникающих при управлении сетями – проблема шифрования данных, решается также с помощью ASCII.

Сеансовый уровень – предназначен для организации и управления сеансами взаимодействия прикладных процессов пользователей. Сеанс создается по запросу процесса пользователя, переданному через прикладной и представительный уровни, и включает: формирование сквозного канала связи между взаимодействующими прикладными процессами, управление обменом информацией между этими процессами, расторжение связи между указанными процессами по завершении обмена. Сеансовый уровень отвечает за режим передачи, т. е. на этом уровне определяется, какой будет передача между двумя прикладными процессами: полудуплексной (процессы будут передавать и принимать данные по очереди) или дуплексной (процессы будут передавать и принимать данные одновременно). На сеансовом уровне также осуществляется управление очередностью передачи данных и их приоритетом, синхронизация отдельных событий.

Транспортный уровень – занимает центральное место в иерархии уровней сети, обеспечивает связь между коммуникационной подсетью и верхними тремя уровнями, отделяет пользователя от физических и функциональных аспектов сети. Главная задача транспортного уровня – управление трафиком в сети. При этом выполняются такие функции, как деление длинных сообщений, поступающих от верхних уровней, на пакеты данных (при передаче информации) и формирование первоначальных сообщений из набора пакетов, полученных через канальный и сетевой уровни, исключая их потери или смещение (при приеме информации). Именно он определяет качество сервиса, которое требуется обеспечить посредством сетевого уровня, включая обнаружение и устранение ошибок.

Транспортный уровень есть граница, ниже которой пакет данных является единицей информации, управляемой сетью. Выше этой границы в качестве единицы информации рассматривается только сообщение. Этот уровень обеспечивает также сквозную отчетность в сети.

Сетевой уровень – главные его функции состоят в маршрутизации и буферизации, он прокладывает путь от отправителя к получателю через всю сеть. Протоколы верхних уровней выдают запросы на передачу пакетов из одной компьютерной системы в другую, а сетевой уровень обеспечивает практическую реализацию механизма этой передачи. Сетевой и транспортный уровни в некоторой степени дублируют друг друга, особенно в плане функций управления потоком данных и контроля ошибок. Главная причина такого дублирования заключается в существовании двух вариантов связи – с установлением соединения и без установления соединения. Эти варианты связи базируются на разных предположениях относительно надежности сети.

В сети с установлением соединения, работающей аналогично обычной телефонной системе, после установления соединения происходит обычный обмен информацией между взаимодействующими абонентами, причем абоненты не обязаны завершать каждое заявление своим именем, именем вызываемого партнера и его адресом, так как считается, что связь надежна и информация доставляется без искажений. В такой сети адрес

получателя необходим лишь при установлении соединения, а в самих пакетах он не нужен. Сетевой уровень отвечает за контроль ошибок и управление потоком данных, в его функции входит также сборка пакетов на приемной стороне.

В сети без установления сетевой сервис, наоборот, предполагает, что контроль ошибок и управление потоком осуществляется на транспортном уровне. Поскольку пакеты, принадлежащие одному и тому же сообщению, могут передаваться по разным маршрутам и поступать к адресату в разное время, адрес получателя необходимо указывать в каждом пакете. Указывается также порядковый номер пакета в сообщении, так как соблюдение очередности приема пакетов не гарантируется.

Канальный уровень – определяет правила совместного использования физического уровня узлами связи. Его главные функции: управление доступом к передающей среде (т. е. реализация выбранного метода доступа к общесетевым ресурсам) и управление передачей данных по информационному каналу, включающее генерацию стартового сигнала и организацию начала передачи информации, передачу информации по каналу, проверку получаемой информации и исправление ошибок, отключение канала при его неисправности и восстановление передачи после ремонта, генерацию сигнала окончания передачи и перевод канала в пассивное состояние. В обязанности канального уровня входит также прием пакетов, поступающих с сетевого уровня, и подготовка пакетов к передаче, укладывая их в кадры, которые являются контейнерами для пакетов. Принимая информацию с физического уровня в виде потока битов, канальный уровень должен определять, где начинается и где заканчивается передаваемый блок, и обнаруживать ошибки передачи. В случае обнаружения ошибки осуществляется инициализация соответствующих действий по восстановлению потерянных, искаженных и даже дублированных действий (характер этих действий определяется реализуемым методом защиты от ошибок).

Канальный и физический уровни определяют характеристики физического канала и процедуру передачи по нему кадров.

Физический уровень – непосредственно связан с каналом передачи данных, обеспечивает физический путь для электрических сигналов, несущих информацию. На этом уровне осуществляется установление, поддержка и расторжение соединения с физическим каналом, определение электрических и функциональных параметров взаимодействия компьютера с коммуникационной подсетью.

Физический уровень наименее противоречивый, его функции реализованы только аппаратными средствами, причем на аппаратуру разработаны и вошли в обиход международные стандарты.

Для физического уровня определен подробный список рекомендованных к использованию соединений. Он может обеспечивать как асинхронный, так и синхронный режимы передачи информации. На физическом уровне определяются такие важнейшие компоненты сети, как тип коаксиального кабеля, витой пары, волоконно-оптического кабеля. На этом же уровне определяется схема кодирования для представления двоичных значений при передаче по каналу связи и обеспечения синхронизации сигналов (синхронизации работы генераторов тактовых импульсов передающей и приемной стороны).

Совершенствование эталонной модели ВОС для ЛКС привело к декомпозиции канального и физического уровней. Канальный уровень разделен на два подуровня: подуровень управления логическим каналом (передача кадров между рабочими станциями, включая исправление ошибок, диагностика работоспособности узлов сети) и подуровень управления доступом к передающей среде (реализация алгоритма доступа к среде и адресация станций сети). Физический уровень делится на три подуровня: передачи физических сигналов, интерфейса с устройством доступа и подключения к физической среде.

В ЛКС процедуры и протоколы управления на нижних уровнях модели ВОС не отличаются сложностью, поэтому эти уровни реализуются в основном техническими средствами, называемыми станциями локальной сети (СЛС) и адаптерами. По существу, адаптер вместе с физическим каналом образует информационный моноканал, к которому подключаются системы сети, выступающие в качестве абонентов моноканала.

4.3. Управление доступом к передающей среде

Метод доступа к передающей среде – это совокупность правил, по которым узлы сети получают доступ к ресурсу. Иначе: это способ «захвата» передающей среды, способ определения того, какая из рабочих станций сети может следующей использовать ресурсы сети. Так же называется набор правил (алгоритм), используемых сетевым оборудованием, чтобы направить поток сообщений через сеть, а также один из основных признаков, по которым различают сетевое оборудование.

Методы доступа к передающей среде реализуются протоколами передачи данных (ППД) нижнего уровня (протоколами управления каналом). ППД нижнего уровня – это совокупность процедур, выполняемых на нижних уровнях модели ВОС по управлению потоками данных между рабочими станциями сети на одном физическом канале связи.

Методы доступа к передающей среде и соответствующие ППД нижнего уровня, могут быть разделены на следующие классы [33]:

- методы, основанные на резервировании времени, принадлежат к числу наиболее ранних и простых. Любая РС осуществляет передачу только в течение временных интервалов (слотов, определяющих начало и продолжительность передачи), заранее для нее зарезервированных. В неприоритетных системах слоты распределяются между станциями поровну, в системе с учетом приоритетов некоторые станции за фиксированный интервал времени получают большее число слотов. Станция, владеющая слотом, получает канал в свое полное распоряжение. Такие методы целесообразно применять в сетях с малым числом РС, так как канал используется неэффективно;
- селективные методы, при реализации которых с помощью соответствующих ППД рабочая станция осуществляет передачу только после получения разрешения, направляемого каждой РС по очереди центральным управляющим органом сети (такой алгоритм называется циклическим опросом), или это разрешение передается от станции к станции (алгоритм передачи маркера);
- методы, основанные на соперничестве (методы случайного доступа, методы «состязаний» рабочих станций), когда каждая РС пытается «захватить» передающую среду;
- кольцевые методы, предназначенные только для ЛКС с кольцевой топологией. К ним относятся два метода – вставка регистров и сегментированная передача (метод временных сегментов).

Реализация метода вставки регистра связана с необходимостью наличия в РС регистра (буфера), подключаемого параллельно к кольцевому моноканалу. В регистр записывается кадр для передачи, и станция ожидает межкадрового промежутка в моноканале. С его появлением регистр включается в моноканал и содержимое регистра передается в линию. Если во время передачи станция получает кадр, он записывается в буфер и передается вслед за кадром, передаваемым этой станцией. Допускается «подсадка» в моноканал нескольких кадров.

В случае использования сегментированной передачи временные сегменты одинаковой протяжности формируются управляющей станцией сети и циркулируют по кольцевому моноканалу. Каждая станция, периодически обращаясь в сеть, может дожидаться

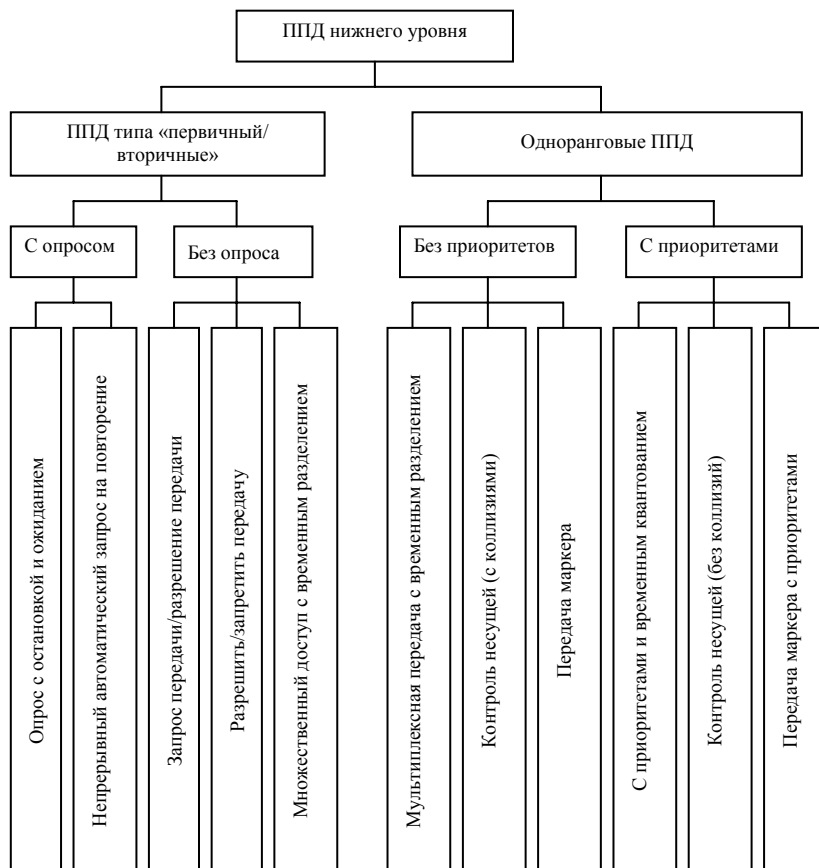
временного сегмента, помеченного меткой «свободен». В этот сегмент станция помещает свой кадр, и при этом метка «свободен» заменяется меткой «занят». После доставки кадра адресату сегмент вновь освобождается. Важным преимуществом такого метода является возможность одновременной передачи кадров несколькими станциями, однако управление сетью, где этот метод используется, значительно сложнее.

Детализация такого деления методов доступа и ППД нижнего уровня приведена на рис. 29. Все ППД делятся на два класса [4]: *ППД типа первичный/вторичные и одноранговые ППД*. Первые из них предполагают наличие в сети первичного (главного) узла, который управляет всеми остальными (вторичными) узлами, подключенными к каналу, и определяет, когда и какие узлы могут производить обмен данными. В сетях, где реализуются одноранговые (одноуровневые, равноранговые) протоколы, все узлы имеют одинаковый статус. Однако, если предварительно узлам присвоить разные приоритеты, то для них устанавливается неравноправный доступ в сеть.

ППД типа первичный/вторичные могут быть реализованы на основе нескольких технологий, образующих две группы: с опросом и без опроса (рис. 29).

Наибольшее распространение в сетях с опросом получили протоколы «опрос с остановкой и ожиданием» и «непрерывный автоматический запрос на повторение». Оба протокола относятся к классу ППД, реализующих селективные методы доступа к передающей среде, хорошо известные по применению в многоточечных линиях глобальных сетей. Суть таких технологий доступа заключается в том, что первичный узел последовательно предлагает вторичным узлам подключиться к общему каналу передачи. В ответ на такой запрос вторичный узел, имея подготовленные данные, осуществляет передачу. В противном случае выдается короткий пакет данных типа «данных нет», хотя в современных системах, как правило, вместо этого пакета, реакцией является «молчание».

Рис. 29. Классификация ППД нижнего уровня



Получил распространение способ организации запроса – циклический опрос, т. е. последовательное обращение к каждому вторичному узлу в порядке очередности, определяемом списком опроса. Цикл завершается после опроса всех вторичных узлов из списка. Для сокращения потерь времени, связанных с опросом неактивных вторичных узлов, применяются специальные варианты процедуры опроса: наиболее активные узлы в течение одного цикла опрашиваются несколько раз; наименее активные узлы опрашиваются один раз в течение нескольких циклов; частота опроса отдельных узлов меняется динамически в соответствии с изменением их активности. В сетях с многоточечными линиями применяется также опрос по принципу «готов-вперед». В каждой многоточечной линии опрос начинается с самого удаленного вторичного узла к другому, пока не достигнет узла, ближайшего к опрашивающему органу. Реализация такого принципа позволяет сократить время на распространение сигнала опроса от первичного узла к вторичным.

Системы с опросом отличаются простотой реализации протокола и невысокой стоимостью используемого оборудования.

Недостатки таких систем:

- неэффективное использование дорогостоящих ресурсов канала, связанное с передачей служебной информации (сигналов опроса, сигналов ответной реакции);
- простаивание вторичного узла, имеющего готовые для передачи данные, в ожидании поступления сигнала «опрос» (этот недостаток особенно ощущается при большом количестве вторичных узлов);
- наличие узкого места по надежности (отказ первичного узла приводит к отказу всей сети) и по пропускной способности, так как обмен данными между вторичными узлами осуществляется только через первичный узел.



Определение

Простейшей модификацией ППД типа первичный/вторичные с опросом является протокол, называемый **«опрос с остановкой и ожиданием»**. При его использовании узел после передачи кадра ожидает от адресата подтверждения в правильности его пересылки, что сопряжено с дополнительными затратами времени.

Другой пример протоколов типа первичный/вторичные с опросом – **«непрерывный автоматический запрос на повторение передачи данных»**. Применяется в дуплексных системах (в системах передачи данных с решающей обратной связью), допускающих одновременную передачу данных в обоих направлениях между взаимодействующими узлами.

В системах с таким протоколом (он называется также протоколом ARQ) узел связи может автоматически запрашивать другой узел и повторно производить передачу данных. На передающей и принимающей станциях устанавливаются так называемые передающие и принимающие окна и выделяется время и необходимые ресурсы на непрерывную передачу (прием) фиксированного числа кадров. Кадры, принадлежащие данному окну, передаются без периодических подтверждений со стороны адресата о приеме очередного кадра. Подтверждение передается после получения всех кадров окна, что обеспечивает экономию времени на передачу фиксированного объема информации по сравнению с предыдущим протоколом. Однако приемник должен иметь достаточный объем зарезервированной памяти для обработки непрерывно поступающего трафика.

В системах ARQ важное значение имеет размер окна (количество кадров в окне). Чем больше окно, тем большее число кадров может быть передано без ответной реакции

со стороны приемника и, следовательно, тем большая экономия достигается за счет сокращения служебной информации. Но увеличение размера окна сопровождается выделением больших ресурсов и буферной памяти для обработки поступающих сообщений. Кроме того, это негативно отражается на эффективности реализуемых способов защиты от ошибок. В настоящее время в сетях с протоколом ARQ предусматриваются семикадровые окна. Концепция скользящих окон, реализованная в этом протоколе, достаточно проста. Сложность заключается лишь в том, что первичный узел, связанный с десятками и даже сотнями вторичных узлов, должен поддерживать окно с каждым из них, обеспечивая управление потоками данных и эффективность их передачи.

Протоколы типа первичный/вторичные без опроса также получили определенное распространение. К ним относятся:

- запрос передачи/разрешение передачи;
- разрешить/запретить передачу;
- множественный доступ с временным разделением.

Общим для этих протоколов является то, что инициатива в подаче запроса на обслуживание принадлежит, как правило, вторичному органу, причем запрос подается первичному органу, если действительно имеется необходимость в передаче или в получении данных от другого органа. Эффективность протоколов по сравнению с ППД с опросом будет тем выше, чем в большей степени вторичные органы отличаются друг от друга по своей активности, т. е. по частоте подачи запросов на обслуживание. Первые два протокола без опроса реализуют селективные методы доступа к передающей среде, а третий – методы, основанные на резервировании времени.

Протокол типа запрос передачи/разрешение передачи применяется в полудуплексных каналах связи ЛКС, так как взаимосвязан с распространенным короткодистанционным физическим интерфейсом RS-232-C. Организация передачи данных между вторичным и первичным органами производится в такой последовательности: выдача вторичным органом запроса на передачу – выдача первичным органом сигнала разрешения на передачу вторичным органом – передача данных от вторичного органа к первичному → сброс сигнала первичным органом по завершении передачи.

Протокол типа разрешить/запретить передачу часто используется периферийными устройствами (принтерами, графопостроителями) для управления входящим в них трафиком. Первичный орган (обычно компьютер) посылает данные в периферийный узел (вторичный орган), скорость работы которого существенно меньше скорости работы компьютера и скорости передачи данных каналом. В связи с этим возможно переполнение буферного ЗУ периферийного узла. Для предотвращения переполнения периферийный узел посылает к компьютеру сигнал «передача выключена», получив который компьютер прекращает передачу и сохраняет данные до тех пор, пока не получит сигнал «разрешить передачу», означающий, что буферное ЗУ освободилось и периферийный узел готов принять новые данные.

Множественный доступ с временным разделением используется в спутниковых сетях связи. Первичный орган (главная, эталонная станция сети) принимает запросы от вторичных (подчиненных) станций на предоставление канала связи и, реализуя ту или иную дисциплину обслуживания запросов, определяет, какие именно станции и когда могут использовать канал в течение заданного промежутка времени, т. е. предоставляет каждой станции слот. Получив слот, вторичная станция осуществляет временную подстройку, чтобы произвести передачу данных за заданный слот.

Одноранговые протоколы разделяются на две группы: без приоритетов (в не-приоритетных системах) и с учетом приоритетов (в приоритетных системах).

Мультиплексная передача с временным разделением – наиболее простая равноправная неприоритетная система, где реализуются методы доступа к передающей среде, основанные на резервировании времени. Используется жесткое расписание работы абонентов: каждой станции выделяется интервал времени (слот) использования канала связи, и все интервалы распределяются между станциями поровну.

Недостатки такого протокола:

- возможность неполного использования канала, когда станция, получив слот, не может полностью загрузить канал из-за отсутствия необходимого объема данных для передачи;
- нежелательные задержки в передаче данных, когда станция, имеющая важную и срочную информацию, вынуждена ждать своего слота или когда выделенного слота недостаточно для передачи подготовленных данных и необходимо ждать следующего слота.

Множественный доступ с прослушиванием несущей частоты и разрешением коллизий, английская аббревиатура которого CSMA/CD – Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection. Это наиболее распространенный недерминированный метод случайного доступа к передающей среде.

Работа сети под управлением такого протокола осуществляется следующим образом. Все станции сети, будучи равноправными, перед началом передачи работают в режиме прослушивания канала. Если канал свободен, станция начинает передачу; если занят, станция ожидает завершения передачи. Сеть является равноправной, поэтому в результате соперничества за канал могут возникнуть коллизии: станция В может передать свой кадр, не зная, что станция А уже захватила канал, поскольку от станции А к станции В сигнал распространяется за конечное время. В результате станция В, начав передачу, вошла в конфликт со станцией А.



Возникает **коллизия**, которая представляет собой явление взаимного искажения кадров, отправленных почти одновременно несколькими станциями сети. Результатом коллизии является «затор» или «пробка» – короткая последовательность бит с хаотическим распределением единиц и нулей.

«Пробка» распространяется по всей сети, ее получают все станции, в том числе и те, которые только что отправили в канал свои кадры. Для них это сигнал («пробка» во много раз короче кадра), что отправленные кадры потеряны, и необходима их повторная передача.

Важным аспектом коллизии является «окно коллизии» – интервал времени, необходимый для распространения «пробки» по каналу и обнаружения ее любой станцией сети. В наихудших для одноканальной сети условиях время, необходимое для обнаружения коллизии, в два раза больше задержки распространения сигнала в канале, так как образовавшаяся «пробка» должна достигнуть всех станций сети. Чтобы окно коллизии было меньше, такой способ доступа целесообразно применять в сетях с небольшими расстояниями между станциями, т. е. в локальных сетях (вероятность появления коллизий возрастает с увеличением этого расстояния).

Коллизия – это нежелательное явление, приводящее к ошибкам в работе сети и поглощающее много времени для ее обнаружения и ликвидации последствий. Поэтому необходимо реализовать некоторый алгоритм, позволяющий либо избежать коллизий, либо минимизировать их последствия. В сети CSMA/CD эта проблема решается на уровне управления доступом к среде. При обработке коллизии компонент управления доступом к среде передающей станции выполняет две функции:

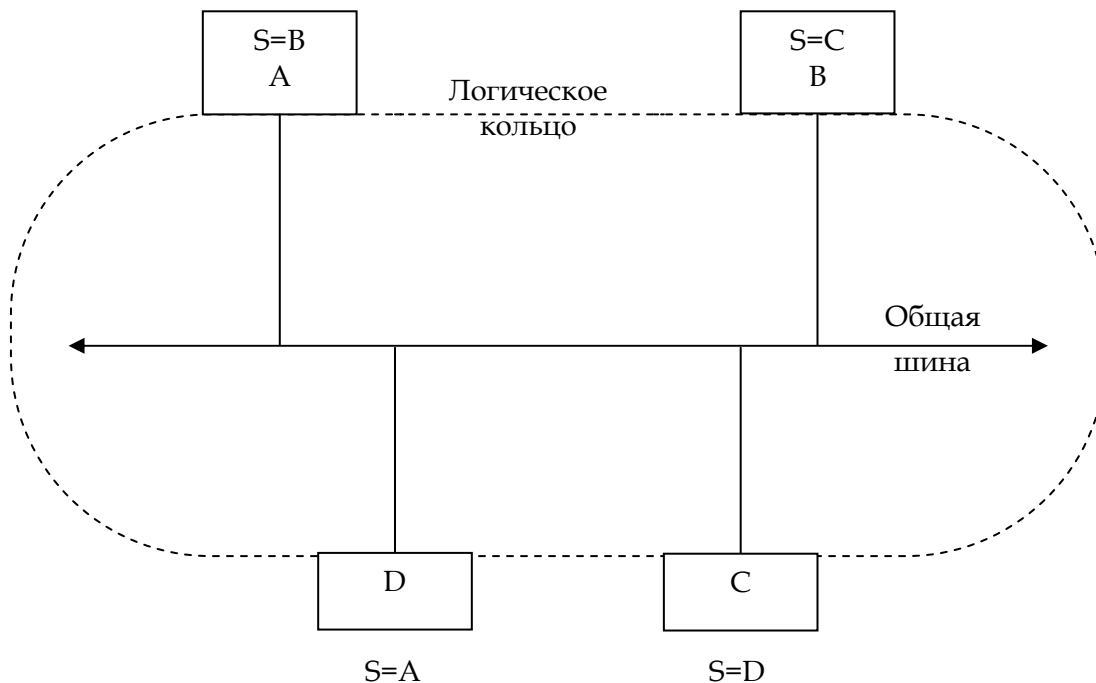
- усиливает эффект коллизии путем передачи специальной последовательности битов с целью удлинения «пробки» так, чтобы ее смогли заметить все другие передающие станции, вовлеченные в коллизию («пробка» должна быть по меньшей мере длиной в 32 бита, но не более 48 бит). Ограничение длины «пробки» сверху необходимо для того, чтобы станции ошибочно не приняли ее за действительный кадр. Любой кадр длиной менее 64 байт считается фрагментом испорченного сообщения и игнорируется принимающими станциями сети;
- после выполнения первой функции прекращает передачу и планирует ее на более позднее время, определяемое на основе случайного выбора интервала ожидания перед повторной выдачей испорченного кадра.

Сети CSMA/CD реализуются достаточно просто и при малой загрузке обеспечивают быстрый доступ к передающей среде, а также позволяют легко подключать и отключать станции. Они обладают высокой живучестью, поскольку большинство ошибочных и неблагоприятных условий приводит либо к молчанию, либо к конфликту (а обе эти ситуации поддаются обработке) и, кроме того, нет необходимости в центральном управляющем органе сети. Их основной недостаток: при больших нагрузках время ожидания доступа к передающей среде становится большим и меняется непредсказуемо, следовательно не гарантируется обеспечение предельно допустимого времени доставки кадра. Такие системы доступа применяются в незагруженных локальных сетях с небольшим числом абонентских станций (с увеличением числа станций увеличивается вероятность возникновения коллизий).

Метод передачи маркера широко используется в неприоритетных и приоритетных сетях с магистральной (шинной), звездообразной и кольцевой топологией. Он относится к классу селективных методов: право на передачу данных станции получают в определенном порядке, задаваемом с помощью маркера, который представляет собой уникальную последовательность бит информации (уникальный кадр). Магистральные сети, использующие этот метод, называются сетями типа «маркерная шина», а кольцевые сети – сетями типа «маркерное кольцо».

Протокол типа «маркерная шина» (рис. 30) применяется в локальных сетях с шинной или звездообразной топологией. Право пользования каналом передается организованным путем. Маркер содержит адресное поле, где записывается адрес станции, которой предоставляется право доступа в канал. Станция, получив маркер со своим адресом, имеет исключительное право на передачу данных (кадра) по физическому каналу. Вслед за своим кадром станция отправляет маркер другой станции, которая является очередной по установленному порядку владения правом на передачу (для этого в адресном поле маркера стирается свой адрес и вместо него записывается адрес очередной станции, так как каждой станции известен идентификатор очередной станции). Станции получают маркер в циклической последовательности, при этом в физическом канале формируется так называемое логическое кольцо. Все станции «слушают» канал, но захватить его для передачи данных может только та станция, которая указана в адресном поле маркера. Работая в режиме прослушивания канала, принять переданный кадр может станция, адрес которой указан в поле адреса получателя этого кадра.

Рис. 30. Протокол типа «маркерная шина»



S– адрес следующей станции.

В сетях типа «маркерная шина», помимо передачи маркера, решается проблема потери маркера из-за повреждения одного из узлов сети и реконфигурации логического кольца, когда в кольцо добавляется или из него удаляется один из узлов.

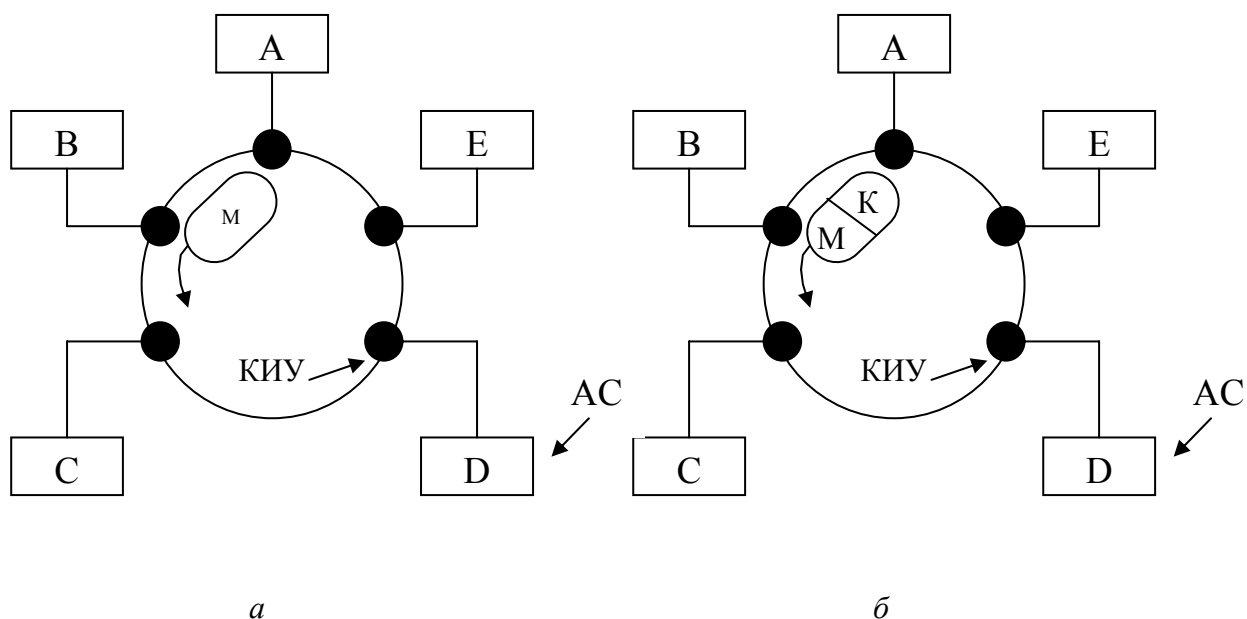
Преимущества таких сетей:

- не требуется физического упорядочения подключенных к шине станций, так как с помощью механизма логической конфигурации можно обеспечить любой порядок передачи маркера;
- имеется возможность использования в загруженных сетях;
- возможна передача кадров произвольной длины.

Протокол типа «маркерное кольцо» применяется в локальных сетях с кольцевой топологией, где сигналы распространяются через однонаправленные двухточечные пути между узлами. Узлы и однонаправленные звенья соединяются последовательно, образуя кольцо (рис. 31). В отличие от сетей с шинной топологией, где узлы действуют только как передатчики или приемники и отказ узла или удаление его из сети не влияет на передачу сигнала к другим узлам, здесь все узлы играют активную роль, участвуя в ретрансляции, усилении, анализе и модификации проходящих сигналов.

Рис. 31. Протокол типа «маркерное кольцо»:

а – маркер свободен; *б* – маркер занят



М – маркер; К – кадр;
КИУ – кольцевое интерфейсное устройство

В качестве маркера также используется уникальная последовательность битов, но он не имеет адреса. Маркер снабжается полем занятости, в котором записывается один из кодов, обозначающих его состояние – свободное или занятое. Если ни один из узлов сети не имеет данных для передачи, свободный маркер циркулирует по кольцу, совершая одностороннее (против часовой стрелки) перемещение. В каждом узле маркер задерживается на время, необходимое для его приема, анализа с целью установления занятости и ретрансляции. В выполнении этих функций задействованы кольцевые интерфейсные устройства (КИУ).

Свободный маркер означает, что кольцевой канал свободен и что любая станция, имеющая данные для передачи, может его использовать. Получив свободный маркер, станция с готовым для передачи кадром, меняет состояние маркера на «занятый», передает его дальше по кольцу и добавляет к нему кадр. Занятый маркер вместе с кадром совершает полный оборот по кольцу и возвращается к станции-отправителю. По пути станция-получатель, удостоверившись по адресной части кадра, что именно ей он адресован, снимает копию с кадра. Изменить состояние маркера снова на свободное может только тот узел, который изменил его на занятое. По возвращении занятого маркера с кадром данных к станции-отправителю кадр удаляется из кольца, а состояние маркера меняется на свободное, после чего любой узел может захватить маркер и начать передачу данных. С целью предотвращения монополизации канала станция-отправитель не может повторно использовать возвращенный к ней маркер для передачи другого кадра данных. Если после передачи свободного маркера в кольцо он, совершив полный оборот, возвращается к станции-отправителю в таком же состоянии (это означает, что все другие станции сети не нуждаются в передаче данных), станция может совершить передачу другого кадра.

В кольцевой сети с передачей маркера также решается проблема потери маркера в результате ошибок при передаче или при сбоях в узле. Отсутствие передач в сети означает потерю маркера. Функции восстановления работы сети в таких случаях выполняет сетевой мониторинг узел.

Можно указать на следующие преимущества протокола типа «маркерное кольцо»:

- протокол может быть использован в загруженных сетях;
- имеется принципиальная возможность (и в некоторых сетях она реализована) осуществлять одновременную передачу несколькими станциями сети;
- имеется возможность проверки ошибок при передаче данных: станция-отправитель, получив свой кадр от станции-получателя, сверяет его с исходным вариантом кадра. В случае наличия ошибки, кадр передается повторно.

Недостатки такого протокола:

- протокол целесообразно использовать только в локальных сетях с относительно небольшим количеством станций, так как в противном случае время на передачу сообщения, состоящего из многих кадров, может оказаться неприемлемо большим;
- невозможность передачи кадров произвольной длины;
- в простейшем (описанном выше) исполнении не предусматривается использование приоритетов, вследствие чего станция, имеющая для передачи важную информацию, вынуждена ждать освобождения маркера, что сопряжено с опасностью несвоевременной доставки данных адресату.

Приоритетные системы одноканального типа представлены тремя подходами, реализованными в приоритетных слотовых системах (в системах с приоритетами и временным квантованием), в системах с контролем несущей частоты без коллизий и в системах с передачей маркера с приоритетами.

Приоритетные слотовые системы подобны беспriorитетным системам с мультиплексной передачей и временным разделением, однако использование канала производится на приоритетной основе. Критериями для установления приоритетов могут быть: предшествующее владение слотом; объем передаваемых данных (чем он меньше, тем выше приоритет) и др. Здесь возможно децентрализованное обслуживание, но для этого необходима загрузка параметров приоритетов в память каждой станции. Недостатки системы: длина данных строго ограничена (в течение заданного слота они должны быть переданы); существует возможность простоя канала, присущая всем протоколам, которые реализуют методы доступа, основанные на резервировании времени.

В системах с контролем несущей частоты без коллизий используется специальная логика для предотвращения коллизий. Каждая станция сети имеет дополнительное устройство – таймер или арбитр. Оно определяет, когда станция может вести передачу без опасности появления коллизий. Главная станция для управления использованием канала не предусматривается. Установка времени на таймере, по истечении которого станция может вести передачу данных, осуществляется на приоритетной основе. Для станции с наивысшим приоритетом переполнение таймера наступает раньше, однако если она не намерена вести передачу, канал будет находиться в состоянии покоя, т. е. свободен, и тогда следующая по приоритету станция может захватить канал. Такие системы могут использоваться в более загруженных и протяженных сетях. Уменьшается также время простоя канала. Все это достигается за счет усложнения оборудования системы.

Приоритетные системы с передачей маркера применяются обычно в локальных сетях с кольцевой топологией.

Для каждой станции сети устанавливается свой уровень приоритета, причем чем выше уровень, тем меньше его номер. Назначение приоритетной схемы предусматривает

цель: дать возможность каждой станции зарезервировать использование канала для следующей передачи. Каждая станция анализирует перемещающийся по кольцу маркер, который содержит поле резервирования (ПР). Если собственный приоритет выше, чем значение приоритета в ПР маркера, станция увеличивает значение приоритета в ПР до своего уровня, резервируя тем самым маркер на следующий цикл. Если в данном цикле какая-то другая станция не увеличит еще больше значение уровня приоритета в ПР, этой станции разрешается использовать маркер и канал во время следующего цикла передачи по кольцу (за время цикла маркер совершает полный оборот по кольцу). Для того чтобы запросы на обслуживание со стороны станций с низким приоритетом не были потеряны, станция, захватившая маркер, должна в своей памяти запомнить предыдущее значение уровня приоритета в поле резервирования. После «высвобождения» маркера, когда он завершит полный оборот по кольцу, станция восстанавливает в ПР предыдущий запрос к сети, имеющий более низкий приоритет.

Такой протокол более приемлем для обслуживания запросов, существенно отличающихся по степени их важности и срочности. Однако его применение требует значительного усложнения процедуры обслуживания запросов.

4.4. Информационная безопасность в компьютерных сетях



Определение

Информационная безопасность компьютерной сети (КС) – это ее свойство противодействовать попыткам нанесения ущерба владельцам и пользователям сети при различных умышленных и неумышленных воздействиях на нее. Иначе говоря, это защищенность сети от случайного или преднамеренного вмешательства в нормальный процесс ее функционирования, а также от попыток хищения, модификации или разрушения циркулирующей в сети информации.

Определены [16] **три базовых принципа информационной безопасности**, которая должна обеспечивать:

- конфиденциальность информации, т. е. ее свойство быть известной только допущенным (авторизованным) субъектам сети (пользователям, программам, процессам);
- целостность данных (ресурса) сети, т. е. свойство данных быть в семантическом смысле неизменными при функционировании сети, что достигается защитой данных от сбоев и несанкционированного доступа к ним;
- доступность информации в любое время для всех авторизованных пользователей.

Различают внешнюю и внутреннюю безопасность КС. Предметом внешней безопасности является обеспечение защиты КС от проникновения злоумышленников извне с целью хищения, доступа к носителям информации, вывода сети из строя, а также защиты от стихийных бедствий. Внутренняя безопасность включает обеспечение надежной работы сети, целостности ее программ и данных.

В рамках комплексного рассмотрения вопросов обеспечения информационной безопасности КС различают угрозы безопасности, службы безопасности и механизмы реализации функций служб безопасности.

Классификация угроз информационной безопасности КС. Ниже приводится классификация преднамеренных угроз безопасности КС, причем выделяются только основные типы угроз. Под угрозой безопасности понимается потенциально возможное воздействие на КС, прямо или косвенно наносящее урон владельцам или пользователям сети. Реализация угрозы называется атакой.

Угрозы можно классифицировать по следующим признакам [8]:

1. По цели реализации:
 - нарушение целостности информации, что может привести к утрате или обесцениванию информации;
 - нарушение конфиденциальности информации (использование ценной информации другими лицами наносит значительный ущерб интересам ее владельцев);
 - частичное или полное нарушение работоспособности (доступности) КС.
2. По принципу воздействия на сеть:
 - с использованием доступа субъекта КС (пользователя, процесса) к объекту (файлу данных, каналу связи). Доступ – это взаимодействие между субъектом и объектом (выполнение первым некоторой операции над вторым), приводящее к возникновению информационного потока от второго к первому;
 - с использованием скрытых каналов, т. е. путей передачи информации, позволяющим взаимодействующим процессам (субъектам) обмениваться информацией таким способом, который нарушает системную политику безопасности.
3. По характеру воздействия на сеть:
 - активное воздействие, связанное с выполнением нарушителем каких-либо действий: доступ к определенным наборам данных, программам, вскрытие пароля и т. д. Такое воздействие может осуществляться либо с использованием доступа, либо как с использованием доступа, так и с использованием скрытых каналов. Оно ведет к изменению состояния сети;
 - пассивное воздействие, осуществляемое путем наблюдения каких-либо побочных эффектов (например, от работы программы) и их анализа. Пассивное воздействие всегда связано только с нарушением конфиденциальности информации в КС, так как при нем никаких действий с субъектами и объектами не производится. Оно не ведет к изменению состояния системы.

В свою очередь, активное преднамеренное воздействие может быть:

- кратковременным, свидетельствующим о случайности или нежелании злоумышленника привлечь к себе внимание (оно менее опасно, но зато имеет больше шансов остаться незамеченным), или долговременным, связанным с устойчивой заинтересованностью в чужом информационном пространстве с целью изучения его структуры и содержания;
- неразрушающим, когда сеть продолжает функционировать нормально, так как в результате такого воздействия не пострадали ни программы, ни данные, зато возможно хищение информации и нарушение ее конфиденциальности. Если оно не случайное, то является весьма опасным и свидетельствует о намерении злоумышленника использовать в дальнейшем найденный канал доступа к чужой информации;
- разрушающим, когда в результате воздействия на информационную среду внесены какие-либо изменения в программы и/или данные, что сказывается на работе сети. Его последствия при надлежащем ведении архивов могут быть сравнительно легко устранены;
- разовым или многократным, что свидетельствует о серьезности намерений злоумышленника и требует решительных ответных действий;
- зарегистрированным администратором сети при проведении периодического анализа регистрационных данных, свидетельствует о необходимости совершенствования или модификации системы защиты;
- незарегистрированным администратором сети.

4. По способу активного воздействия на объект атаки:

- непосредственное воздействие, например, непосредственный доступ к файлам данных, программам, каналу связи и т. д. С помощью средств контроля доступа такое действие обычно легко предотвращается;
- воздействие на систему разрешений (в том числе захват привилегий). Здесь несанкционированные действия осуществляются относительно прав на объект атаки, а сам доступ к объекту выполняется потом законным образом;
- опосредованное воздействие (через других пользователей), например, когда злоумышленник каким-то образом присваивает себе полномочия авторизованного пользователя, выдавая себя за него, или путем использования вируса, когда вирус выполняет необходимые действия и сообщает о результате тому, кто его внедрил. Этот способ особенно опасен. Требуется постоянный контроль как со стороны администраторов и операторов за работой сети в целом, так и со стороны пользователей за своими наборами данных.

5. По используемым средствам атаки:

- с использованием злоумышленником стандартного программного обеспечения. В этом случае результаты воздействия обычно предсказуемы, так как большинство стандартных программ хорошо изучены;
- с использованием специально разработанных программ, что связано с большими трудностями, но может быть более опасным для сети.

6. По состоянию объекта атаки:

- воздействие на объект атаки, когда в момент атаки он находится в состоянии хранения информации (на диске, магнитной ленте, в оперативной памяти). В этом случае воздействие на объект обычно осуществляется с использованием несанкционированного доступа;
- воздействие на объект, когда осуществляется передача информации по линии связи между узлами сети или внутри узла. При таком состоянии объекта воздействие на него предполагает либо доступ к фрагментам передаваемой информации, либо прослушивание с использованием скрытых каналов;
- воздействие на объект, когда он находится в состоянии обработки информации. Здесь объектом атаки является процесс пользователя.

Приведенная классификация свидетельствует о сложности определения возможных угроз и способах их реализации. Отсюда вывод: не существует универсального способа защиты, который предотвратил бы любую угрозу. Необходимо объединение различных мер защиты для обеспечения информационной безопасности всей сети в целом.

Кроме перечисленных угроз информационной безопасности следует добавить следующие угрозы:

- несанкционированный обмен информацией между пользователями, что может привести к получению одним из них не предназначенных ему сведений;
- отказ от информации, т. е. непризнание получателем (отправителем) этой информации факта ее получения (отправления), что может привести к различным злоупотреблениям;
- отказ в обслуживании, который может сопровождаться тяжелыми последствиями для пользователя, обратившегося с запросом на предоставление сетевых услуг.

В случае преднамеренного проникновения в сеть различают следующие **виды воздействия** на информацию [7; 8]:

- уничтожение, т. е. физическое удаление информации с носителей информации (выявляется при первой же попытке обращения к этой информации, а все потери легко восстанавливаются при налаженной системе резервирования и архивации);

- искажение – нарушение логики работы программ или связей в структурированных данных, не вызывающих отказа в их работе или использовании (поэтому это один из опасных видов воздействия, так как его нельзя обнаружить);
- разрушение – нарушение целостности программ и структуры данных, вызывающих невозможность их использования: программы не запускаются, а при обращении к структурированным данным нередко происходит сбой;
- подмена, т. е. замена имеющихся программ или данных другими под тем же именем и так, что внешне это не проявляется. Это также опасный вид воздействия, надежным способом защиты от него является побитовое сравнение с эталонной версией программы;
- копирование, т. е. получение копии программ или данных на другом компьютере. Это воздействие наносит наибольший ущерб в случаях промышленного шпионажа, хотя и не угрожает нормальному функционированию сети;
- добавление новых компонентов, т. е. запись в память компьютера других данных или программ, ранее в ней отсутствовавших. Это опасно, так как функциональное назначение добавляемых компонентов неизвестно;
- заражение вирусом – это такое однократное воздействие на программы или данные, при котором они изменяются и, кроме того, при обращении к ним вызываются подобные изменения в других, как правило, аналогичных компонентах: происходит «цепная реакция», распространение вируса в компьютере или локальной сети.

Величина наносимого ущерба определяется видом несанкционированного воздействия и тем, какой именно объект информационных ресурсов ему подвергся.

Возможными основными объектами воздействия могут быть:

- сетевые операционные системы (СОС) и ОС компьютеров конечных пользователей (в настоящее время они сертифицированы на определенный класс защиты, предусматривающий требование защиты самой себя от изменений);
- служебные, регистрационные таблицы и файлы обслуживания сети (это файлы паролей, прав доступа пользователей к ресурсам, ограничения во времени и функциям и и.д.), программы и таблицы шифровки информации;
- специальные таблицы и файлы доступа к данным на компьютерах конечных пользователей (пароли файлов, или архивов, индивидуальные таблицы шифровки/дешифровки данных, таблицы ключей и т. д.);
- прикладные программы на компьютерах сети и их настроечные таблицы;
- информационные файлы компьютеров сети, базы данных, базы знаний, текстовые документы, электронная почта и т. д.;
- параметры функционирования сети – ее производительность, пропускная способность, временные показатели обслуживания пользователей. Признаками возможного несанкционированного воздействия на сеть, сопровождаемого ухудшением этих параметров, являются: замедление обмена информацией в сети, возникновение необычно больших очередей обслуживания запросов пользователей, резкое увеличение трафика в сети или явно преобладающее время загрузки процессора сервера каким-либо отдельным процессором. Все эти признаки могут быть выявлены и обслужены только при четко отлаженном аудите и текущем мониторинге работы сети.

Основными **источниками преднамеренного проникновения** в сеть являются [7; 8]:

- хакеры (взломщики сетей), в действиях которых почти всегда есть состав преступления. Наиболее опасны сформировавшиеся и хорошо организованные виртуальные группы хакеров;

- уволенные или обиженные сотрудники сети. Они представляют особую опасность и способны нанести существенный ущерб (особенно если речь идет об администраторах сети), так как обладают знаниями сети и принципами защиты информации и по долгу службы имеют доступ к программам sniffing (перехвата паролей и имен пользователей в сети, ключей, пакетов и т. д.);
- профессионалы-специалисты по сетям, посвятившие себя промышленному шпионажу;
- конкуренты, степень опасности которых зависит от ценности информации, к которой осуществляется несанкционированный доступ, и от уровня их профессионализма.

Нейтрализация угроз безопасности осуществляется службами безопасности (СБ) сети и механизмами реализации функций этих служб.

Документами Международной организации стандартизации (МОС) определены следующие **службы безопасности**.

1. Аутентификация (подтверждение подлинности) – обеспечивает подтверждение или опровержение того, что объект, предлагающий себя в качестве отправителя сообщения (источника данных), является именно таковым как на этапе установления связи между абонентами, так и на этапе передачи сообщения.

2. Обеспечение целостности передаваемых данных – осуществляет выявление искажений в передаваемых данных, вставок, повторов, уничтожение данных. Эта служба имеет модификации и отличия в зависимости от того, в каких сетях (виртуальных или дейтаграммных, об этих сетях см. п. 4.8) она применяется, какие действия выполняются при обнаружении аномальных ситуаций (с восстановлением данных или без восстановления), каков охват передаваемых данных (сообщение или дейтаграмма в целом либо их части, называемые выборочными полями).

3. Засекречивание данных – обеспечивает секретность передаваемых данных: в виртуальных сетях – всего передаваемого сообщения или только его выборочных полей, в дейтаграммных – каждой дейтаграммы или только отдельных ее элементов. Служба засекречивания потока данных (трафика), являющаяся общей для виртуальных и дейтаграммных сетей, предотвращает возможность получения сведений об абонентах сети и характере использования сети.

4. Контроль доступа – обеспечивает нейтрализацию попыток несанкционированного использования общесетевых ресурсов.

5. Защита от отказов – нейтрализует угрозы отказов от информации со стороны ее отправителя и/или получателя.

Первые три службы характеризуются различиями для виртуальных и дейтаграммных сетей, а последние две службы инвариантны по отношению к этим сетям.

Механизмы реализации функций указанных СБ представлены соответствующими, преимущественно программными средствами. Выделяются следующие механизмы: шифрование, цифровая подпись, контроль доступа, обеспечение целостности данных, обеспечение аутентификации, подстановка трафика, управление маршрутизацией, арбитраж. Некоторые из них используются для реализации не одной, а нескольких СБ. Это относится к шифрованию, цифровой подписи, обеспечению целостности данных, управлению маршрутизацией.

Использование механизмов шифрования связано с необходимостью специальной службы генерации ключей и их распределения между абонентами сети.

Механизмы цифровой подписи основываются на алгоритмах асимметричного шифрования. Они включают процедуры формирования подписи отправителем и ее опознавание (верификацию) получателем.

Механизмы контроля доступа, реализующие функции одноименной СБ, отличаются многообразием. Они осуществляют проверку полномочий пользователей и программ на доступ к ресурсам сети.

Механизмы обеспечения целостности данных, реализуя функции одноименных служб, выполняют взаимосвязанные процедуры шифрования и дешифрования данных отправителя и получателя.

Механизмы обеспечения аутентификации, на практике обычно совмещаемые с шифрованием, цифровой подписью и арбитражем, реализуют одностороннюю или взаимную аутентификацию, когда проверка подписи осуществляется либо одним из взаимодействующих одноуровневых объектов, либо она является взаимной.

Механизмы подстановки трафика, используемые для реализации службы засекречивания потока данных, основываются на генерации фиктивных блоков, их шифрования и передаче по каналам связи. Этим затрудняется и даже нейтрализуется возможность получения информации об абонентах сети и характере потоков информации в ней.

Механизмы управления маршрутизацией обеспечивают выбор безопасных, физически надежных маршрутов для передачи секретных сведений.

Механизмы арбитража обеспечивают подтверждение третьей стороной (арбитром) характеристик данных, передаваемых между абонентами сети.

Службы безопасности и механизмы реализации их функций распределены по уровням эталонной модели ВОС [45].

4.5. Типы сетей связи и тенденции их развития

Обеспечение взаимодействия пользователей глобальных, региональных и корпоративных компьютерных сетей осуществляется территориальными сетями связи (ТСС), которые будем называть также телекоммуникационными системами (ТКС). Понятие «территориальная» означает, что элементы сети связи распределены на значительной территории. Она создается в интересах всего государства, организации, фирмы, имеющей отделения по району, области или по всей стране.

Характерные особенности ТСС:

- разнотипность каналов связи – от проводных каналов тональной частоты до оптоволоконных и спутниковых;
- ограниченность числа каналов связи между удаленными абонентами, по которым необходимо обеспечить обмен данными, телефонную связь, видеосвязь, обмен факсимильными сообщениями;
- наличие такого критически важного ресурса как пропускная способность каналов связи.

Следовательно, ТСС – это географически распределенная сеть, объединяющая в себе функции традиционных сетей передачи данных и телефонных сетей и предназначенная для передачи трафика различной природы, с различными вероятностно-временными характеристиками.

В Российской Федерации ТСС объединены во взаимосвязанную сеть связи.



В соответствии с Федеральным законом «О связи» **«взаимосвязанная сеть связи РФ** представляет собой комплекс технологически сопряженных сетей связи общего пользования и ведомственных сетей электросвязи на территории РФ, обеспеченный общим централизованным управлением, независимо от ведомственной принадлежности и форм собственности». Ее развитие и со-



вершенствование осуществляется с учетом технологического единства всех сетей и средств электросвязи в интересах их комплексного использования, повышения эффективности и устойчивости функционирования.

Сеть связи общего пользования (ССОП) как составная часть взаимосвязанной сети связи РФ включает в себя все сети электросвязи, находящиеся под юрисдикцией РФ (кроме выделенных и ведомственных сетей) и предназначена для предоставления услуг всем физическим и юридическим лицам на территории РФ. Ответственность за ее функционирование и развитие возлагается на федеральные органы исполнительной власти в области связи.

Ведомственные сети связи (ВСС) создаются и функционируют для обеспечения производственных и социальных нужд федеральных органов исполнительной власти, находятся в их ведении и эксплуатируются ими. Они могут также использоваться для предоставления услуг связи населению и другим пользователям связи.

Выделенные сети связи на территории РФ могут создаваться любыми физическими и юридическими лицами, имеющими признанный правовой статус.

Корпоративные сети связи (КСС) предназначены для обеспечения производственно-хозяйственной деятельности (ПХД) корпораций (организаций, объединений). Появление корпораций по времени совпадает с распадом СССР, приватизацией государственных предприятий и целых отраслей. По своим функциям и статусу корпоративные сети связи могут быть приравнены к ведомственным сетям, поэтому имеют хождение оба термина. Можно согласиться с автором работы [20], где предлагается использовать термин «ведомственная сеть» к сетям преимущественно с коммутацией каналов, а термин «корпоративная сеть» – к интегрированным гибридным сетям.

Корпоративная сеть обеспечивает передачу информации между различными приложениями, используемыми в корпорации. Это инфраструктура корпорации, поддерживающая решение таких задач, как администрирование корпорации и передача управляющих воздействий между объектами управления, передача технологической и телеметрической информации вдоль линейно-протяженных коммуникаций и их техническое обслуживание, социально-культурное обеспечение сотрудников корпораций современными услугами связи и телерадиовещания. КСС, как правило, является территориально-распределенной, объединяющей офисы, подразделения и другие структуры, удаленные друг от друга на значительные расстояния. Она должна быть максимально универсальной, т. е. в ней должна быть заложена возможность интеграции уже существующих и будущих приложений. В настоящее время в КСС используются в основном достаточно медленные (десятки и сотни килобит в секунду, реже до 2 Мбит/с) арендованные линии связи, где существенным элементом стоимости оказывается арендная плата за использование каналов, которая быстро растет с увеличением качества и скорости передачи данных.

Естественным решением проблемы организации связи в территориально-распределенных КСС является использование уже существующих глобальных сетей. В этом случае достаточно обеспечить связь от офисов до ближайших узлов сети, а доставку информации между узлами берет на себя глобальная сеть. Обычно такой глобальной сетью является Internet.

Существующие аналоговые КСС построены главным образом на закрепленных и коммутируемых каналах и не отвечают возросшим требованиям потребителей к современным услугам передачи данных, речи, видеоизображений. Стратегическое направление развития КСС заключается в переходе к интегрированным цифровым линиям связи.

В основе развития современных сетей связи лежат процессы интеграции. **Основные направления интеграционных процессов** заключаются в следующем [20]:

- *электронизация*, т. е. переход всей техники и технологии электросвязи на электронную базу;
- *компьютеризация* – насыщение техники и технологии электросвязи компьютерами, что позволяет реализовать интеграцию на различных уровнях сетевого взаимодействия;
- *цифровизация*, которая благодаря своим преимуществам проникла во все структурные компоненты электросвязи: каналы, передающие и приемные устройства, оборудование коммутации и управления, в развитие и совершенствование элементной базы и технологий;
- *интеллектуализация*, которая, будучи естественным проявлением интеграционных процессов, способствует появлению и развитию новых услуг электросвязи;
- *унификация*, являющаяся важным фактором для развития систем электросвязи, удешевления оборудования и элементной базы, оптимизации взаимодействия сетей и служб электросвязи;
- *персонализация*, проявляющаяся, прежде всего, в переходе от адресации терминалов к единой системе адресации пользователей, когда каждый пользователь будет иметь единый адрес, независимо от того, в какую сеть он включен, какой вид связи использует и где находится в данный момент времени. Естественно, что для реализации этого направления интеграционных процессов необходима интеграция существующих систем адресации в сетях;
- *глобализация*, вытекающая из идеи создания глобальной информационной инфраструктуры (ГИИ) и вызванная необходимостью обмена информацией внутри постоянно расширяющегося пространства. Одно из направлений глобализации – интеграция российских сетей и систем электросвязи в глобальное информационное пространство;
- *стандартизация*, базовыми документами которой являются стандарты. Поскольку система электросвязи России должна гармонично объединиться с мировой, то и российские стандарты в области связи должны быть как можно ближе к мировым.

4.6. Линии связи и их характеристики

В компьютерных сетях используются телефонные, телеграфные, телевизионные, спутниковые сети связи. В качестве линий связи применяются проводные (воздушные), кабельные, радиоканалы наземной и спутниковой связи. Различие между ними определяется средой передачи данных. Физическая среда передачи данных может представлять собой кабель, а также земную атмосферу или космическое пространство, через которые распространяются электромагнитные волны.



Проводные (воздушные) линии связи – это провода без изолирующих или экранирующих оплеток, проложенные между столбами и висящие в воздухе. Традиционно они служат для передачи телефонных и телеграфных сигналов, но при отсутствии других возможностей применяются для передачи компьютерных данных. Проводные линии связи отличаются небольшой пропускной способностью и малой помехозащищенностью, поэтому они быстро вытесняются кабельными линиями.



Определение

Кабельные линии включают кабель, состоящий из проводников с изоляцией в несколько слоев – электрической, электромагнитной, механической, и разъемы для присоединения к нему различного оборудования. В КС применяются в основном три типа кабеля: кабель на основе скрученных пар медных проводов (это витая пара в экранированном варианте, когда пара медных проводов обертывается в изоляционный экран, и неэкранированном, когда изоляционная обертка отсутствует), коаксиальный кабель (состоит из внутренней медной жилы и оплетки, отделенной от жилы слоем изоляции) и волоконно-оптический кабель (состоит из тонких – в 5-60 микрон-волокон, по которым распространяются световые сигналы).

Среди кабельных линий связи наилучшие показатели имеют световоды. Основные их преимущества: высокая пропускная способность (до 10 Гбит/с и выше), обусловленная использованием электромагнитных волн оптического диапазона; нечувствительность к внешним электромагнитным полям и отсутствие собственных электромагнитных излучений, низкая трудоемкость прокладки оптического кабеля; искро-, взрыво- и пожаробезопасность; повышенная устойчивость к агрессивным средам; небольшая удельная масса (отношение погонной массы к полосе пропускания); широкие области применения (создание магистралей коллективного доступа, систем связи ЭВМ с периферийными устройствами локальных сетей, в микропроцессорной технике и т. д.).

Недостатки ВОЛС: подключение к световоду дополнительных ЭВМ значительно ослабляет сигнал, необходимые для световодов высокоскоростные модемы пока еще дороги, световоды, соединяющие ЭВМ, должны снабжаться преобразователями электрических сигналов в световые и обратно.



Определение

Радиоканалы наземной и спутниковой связи образуются с помощью передатчика и приемника радиоволн. Различные типы радиоканалов отличаются используемым частотным диапазоном и дальностью передачи информации. Радиоканалы, работающие в диапазонах коротких, средних и длинных волн (КВ, СВ, ДВ), обеспечивают дальнюю связь, но при невысокой скорости передачи данных. Это радиоканалы, где используется амплитудная модуляция сигналов. Каналы, работающие на диапазонах ультракоротких волн (УКВ), являются более скоростными, для них характерна частотная модуляция сигналов. Сверхскоростными являются каналы, работающие на диапазонах сверхвысоких частот (СВЧ), т. е. свыше 4 ГГц. В диапазоне СВЧ сигналы не отражаются ионосферой Земли, поэтому для устойчивой связи требуется прямая видимость между передатчиком и приемником. По этой причине сигналы СВЧ используются либо в спутниковых каналах, либо в радиорелейных, где это условие выполняется.

Характеристики линий связи. К основным характеристикам линий связи относятся следующие [20]: амплитудно-частотная характеристика, полоса пропускания, затухание, пропускная способность, помехоустойчивость, перекрестные наводки на ближнем конце линии, достоверность передачи данных, удельная стоимость.

Характеристики линии связи часто определяются путем анализа ее реакций на некоторые эталонные воздействия, в качестве которых используются синусоидальные колебания различных частот, поскольку они часто встречаются в технике и с их помощью можно представить любую функцию времени. Степень искажения синусоидальных сигналов линии связи оценивается с помощью амплитудно-частотной характеристики, полосы пропускания и затухания на определенной частоте.



Определение

Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) дает наиболее полное представление о линии связи, она показывает, как затухает амплитуда синусоиды на выходе линии по сравнению с амплитудой на ее входе для всех возможных частот передаваемого сигнала (вместо амплитуды сигнала часто используется его мощность). Следовательно, АЧХ позволяет определять форму выходного сигнала для любого входного сигнала. Однако получить АЧХ реальной линии связи весьма трудно, поэтому на практике вместо нее используются другие, упрощенные характеристики – полоса пропускания и затухание.

Полоса пропускания линии связи представляет собой непрерывный диапазон частот, в котором отношение амплитуды выходного сигнала ко входному превышает заранее заданный предел (обычно 0,5). Следовательно, полоса пропускания определяет диапазон частот синусоидального сигнала, при которых этот сигнал передается по линии связи без значительных искажений. Ширина полосы пропускания, в наибольшей степени влияющая на максимально возможную скорость передачи информации по линии связи, это разность между максимальной и минимальной частотами синусоидального сигнала в данной полосе пропускания. Полоса пропускания зависит от типа линии и ее протяженности.

Следует делать различия между шириной полосы пропускания и шириной спектра передаваемых информационных сигналов. Ширина спектра передаваемых сигналов это разность между максимальной и минимальной значимыми гармониками сигнала, т. е. теми гармониками, которые вносят основной вклад в результирующий сигнал. Если значимые гармоники сигнала попадают в полосу пропускания линии, то такой сигнал будет передаваться и приниматься приемником без искажений. В противном случае сигнал будет искажаться, приемник – ошибаться при распознавании информации, и, следовательно, информация не сможет передаваться с заданной пропускной способностью.



Определение

Затухание – это относительное уменьшение амплитуды или мощности сигнала при передаче по линии сигнала определенной частоты.

Затухание A измеряется в децибелах (дБ, дБ) и вычисляется по формуле:

$$A = 10 \log_{10} \frac{P_{\text{вых}}}{P_{\text{вх}}}, \quad (2)$$

где $P_{\text{вых}}$, $P_{\text{вх}}$ – мощность сигнала соответственно на выходе и на входе линии.

Для приблизительной оценки искажения передаваемых по линии сигналов достаточно знать затухание сигналов основной частоты, т. е. частоты, гармоника которой имеет наибольшую амплитуду и мощность. Более точная оценка возможна при знании затухания на нескольких частотах, близких к основной.



Определение

Пропускная способность линии связи – это ее характеристика, определяющая (как и ширина полосы пропускания) максимально возможную скорость передачи данных по линии. Она измеряется в битах в секунду (бит/с), а также в производных единицах (Кбит/с, Мбит/с, Гбит/с).

Пропускная способность линии связи зависит от ее характеристик (АЧХ, ширины полосы пропускания, затухания) и от спектра передаваемых сигналов, который, в свою очередь, зависит от выбранного способа физического или линейного кодирования (т. е. от способа представления дискретной информации в виде сигналов). Для одного способа кодирования линия может обладать одной пропускной способностью, а для другого – другой.

При кодировании обычно используется изменение какого-либо параметра периодического сигнала (например, синусоидальных колебаний) – частоты, амплитуды и фазы синусоиды или же знак потенциала последовательности импульсов. Периодический сигнал, параметры которого изменяются, называют несущим сигналом или несущей частотой, если в качестве такого сигнала используется синусоида. Если у принимаемой синусоиды не меняется ни один из ее параметров (амплитуда, частота или фаза), то она не несет никакой информации.

Количество изменений информационного параметра несущего периодического сигнала в секунду (для синусоиды это количество изменений амплитуды, частоты или фазы) измеряется в бодах. Тактом работы передатчика называют период времени между соседними изменениями информационного сигнала.

В общем случае пропускная способность линии в битах в секунду не совпадает с числом бод. В зависимости от способа кодирования она может быть выше, равна или ниже числа бод. Если, например, при данном способе кодирования единичное значение бита представляется импульсом положительной полярности, а нулевое значение – импульсом отрицательной полярности, то при передаче поочередно изменяющихся битов (серии одноименных битов отсутствуют) физический сигнал за время передачи каждого бита дважды изменяет свое состояние. Следовательно, при таком кодировании пропускная способность линии в два раза ниже, чем число бод, передаваемое по линии.

На пропускную способность линии влияет не только физическое, но и так называемое логическое кодирование, которое выполняется до физического кодирования и состоит в замене исходной последовательности бит информации новой последовательностью бит, несущей ту же информацию, но обладающей дополнительными свойствами (например, возможностью для приемной стороны обнаруживать ошибки в принятых данных или обеспечивать конфиденциальность передаваемых данных путем их шифрования). Логическое кодирование, как правило, сопровождается заменой исходной последовательности бит более длинной последовательностью, что негативно сказывается на времени передачи полезной информации.

Существует определенная связь между пропускной способностью линии и ее полосой пропускания. При фиксированном способе физического кодирования пропускная способность линии увеличивается с повышением частоты несущего периодического сигнала, так как это повышение сопровождается ростом информации, передаваемой в единицу времени. Но с повышением частоты этого сигнала увеличивается и ширина его спектра, который передается с искажениями, определяемыми полосой пропускания линии. Чем больше несоответствие между полосой пропускания линии и шириной спектра передаваемых информационных сигналов, тем больше подвергаются сигналы искажению и тем вероятнее ошибки в распознавании информации приемником. В итоге скорость передачи информации оказывается меньше, чем можно было предположить.

Клод Шеннон установил связь между полосой пропускания линии и ее максимальной возможной пропускной способностью независимо от принятого способа физического кодирования:

$$C = F \log_2 \left(1 + \frac{P_c}{P_{ш}} \right), \quad (3)$$

где C – максимальная пропускная способность линии (бит/с);

F – ширина полосы пропускания линии (Гц);

P_c – мощность полезного сигнала;

$P_{ш}$ – мощность шума (помехи).

Как следует из этого соотношения, не существует теоретического предела пропускной способности линии с фиксированной полосой пропускания. Однако на практике повысить пропускную способность линии за счет значительного увеличения мощности передатчика или уменьшения мощности шума на линии довольно трудно и дорого. К тому же влияние этих мощностей на пропускную способность ограничено не прямопропорциональной зависимостью, а логарифмической.

Большее практическое применение получило соотношение, найденное Найквистом:

$$C = 2F \log_2 M, \quad (4)$$

где M – количество различных состояний информационного параметра передаваемого сигнала.

В соотношении Найквиста, используемом также для определения максимально возможной пропускной способности линии связи, в явном виде не учитывается наличие шума на линии. Однако его влияние косвенно отражается в выборе количества состояний информационного сигнала. Например, для повышения пропускной способности линии можно было при кодировании данных использовать не 2 или 4 уровня, а 16. Но если амплитуда шума превышает разницу между соседними 16-ю уровнями, то приемник не сможет устойчиво распознавать передаваемые данные. Поэтому количество возможных состояний сигнала фактически ограничивается соотношением мощности сигнала и шума.

По формуле Найквиста определяется предельное значение пропускной способности канала для случая, когда количество состояний информационного сигнала уже выбрано с учетом возможностей их устойчивого распознавания приемником.



Помехоустойчивость линии связи – это ее способность уменьшать на внутренних проводниках уровень помех, создаваемых во внешней среде. Она зависит от типа используемой физической среды, а также от средств линии, экранирующих и подавляющих помехи. Наиболее помехоустойчивыми, малочувствительными ко внешнему электромагнитному излучению, являются волоконно-оптические линии, наименее помехоустойчивыми – радиолнии, промежуточное положение занимают кабельные линии. Уменьшение помех, обусловленных внешними электромагнитными излучениями, достигается экранизацией и скручиванием проводников.

Перекрестные наводки на ближнем конце линии – определяют помехоустойчивость кабеля к внутренним источникам помех. Обычно они оцениваются применительно к кабелю, состоящему из нескольких витых пар, когда взаимные наводки одной пары на другую могут достигать значительных величин и создавать внутренние помехи, соизмеримые с полезным сигналом.



Достоверность передачи данных (или интенсивность битовых ошибок) характеризует вероятность искажения для каждого передаваемого бита данных. Причинами искажения информационных сигналов являются помехи на линии, а также ограниченность полосы ее пропускания. Поэтому повышение достоверности передачи данных достигается повышением степени помехозащищенности линии, снижением уровня перекрестных наводок в кабеле, использованием более широкополосных линий связи.

Для обычных кабельных линий связи без дополнительных средств защиты от ошибок достоверность передачи данных составляет, как правило, 10^{-4} - 10^{-6} . Это значит, что в среднем из 10^4 или 10^6 передаваемых бит будет искажено значение одного бита.



Определение

Аппаратура линий связи (аппаратура передачи данных – АПД) является пограничным оборудованием, непосредственно связывающим компьютеры с линией связи. Она входит в состав линии связи и обычно работает на физическом уровне, обеспечивая передачу и прием сигнала нужной формы и мощности. Примерами АПД являются модемы, адаптеры, аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи.

В состав АПД не включается оконечное оборудование данных (ООД) пользователя, которое вырабатывает данные для передачи по линии связи и подключается непосредственно к АПД. К ООД относится, например, маршрутизатор локальных сетей. Заметим, что разделение оборудования на классы АПД и ООД является достаточно условным.

На линиях связи большой протяженности используется промежуточная аппаратура, которая решает две основные задачи: повышение качества информационных сигналов (их формы, мощности, длительности) и создание постоянного составного канала (сквозного канала) связи между двумя абонентами сети. В ЛКС промежуточная аппаратура не используется, если протяженность физической среды (кабелей, радиозфира) невысока, так что сигналы от одного сетевого адаптера к другому можно передавать без промежуточного восстановления их параметров.

В глобальных сетях обеспечивается качественная передача сигналов на сотни и тысячи километров. Поэтому через определенные расстояния устанавливаются усилители. Для создания между двумя абонентами сквозной линии используются мультиплексоры, демультиплексоры и коммутаторы.

Промежуточная аппаратура канала связи прозрачна для пользователя (он ее не замечает), хотя в действительности она образует сложную сеть, называемую первичной сетью и служащую основой для построения компьютерных, телефонных и других сетей.



Определение

Различают **аналоговые и цифровые линии связи**, в которых используются различные типы промежуточной аппаратуры. В аналоговых линиях промежуточная аппаратура предназначена для усиления аналоговых сигналов, имеющих непрерывный диапазон значений. В высокоскоростных аналоговых каналах реализуется техника частотного мультиплексирования, когда несколько низкоскоростных аналоговых абонентских каналов мультиплексируют в один высокоскоростной канал. В цифровых каналах связи, где информационные сигналы прямоугольной формы имеют конечное число состояний, промежуточная аппаратура улучшает форму сигналов и восстанавливает период их следования. Она обеспечивает образование высокоскоростных цифровых каналов, работая по принципу временного мультиплексирования каналов, когда каждому низкоскоростному каналу выделяется определенная доля времени высокоскоростного канала.

При передаче дискретных компьютерных данных по цифровым линиям связи протокол физического уровня определен, так как параметры передаваемых линией информационных сигналов стандартизованы, а при передаче по аналоговым линиям – не определен, поскольку информационные сигналы имеют произвольную форму и к способу представления единиц и нулей аппаратурой передачи данных никаких требований не предъявляется.

В сетях связи нашли применение следующие **режимы передачи информации**:

- симплексные, когда передатчик и приемник связываются одним каналом связи, по которому информация передается только в одном направлении (это характерно для телевизионных сетей связи);
- полудуплексные, когда два узла связи соединены также одним каналом, по которому информация передается попеременно то в одном направлении, то в противоположном (это характерно для информационно-справочных, запрос-ответных систем);
- дуплексные, когда два узла связи соединены двумя каналами (прямым каналом связи и обратным), по которым информация одновременно передается в противоположных направлениях. Дуплексные каналы применяются в системах с решающей и информационной обратной связью.



Определение

Коммутируемые и выделенные каналы связи. В ТСС различают выделенные (некоммутируемые) каналы связи и с коммутацией на время передачи информации по этим каналам.

При использовании выделенных каналов связи приемопередающая аппаратура узлов связи постоянно соединена между собой. Этим обеспечивается высокая степень готовности системы к передаче информации, более высокое качество связи, поддержка большого объема трафика. Из-за сравнительно больших расходов на эксплуатацию сетей с выделенными каналами связи их рентабельность достигается только при условии достаточной полной загрузки каналов.

Для коммутируемых каналов связи, создаваемых только на время передачи фиксированного объема информации, характерны высокая гибкость и сравнительно небольшая стоимость (при малом объеме трафика). Недостатки таких каналов: потери времени на коммутацию (на установление связи между абонентами), возможность блокировки из-за занятости отдельных участков линии связи, более низкое качество связи, большая стоимость при значительном объеме трафика.

4.7. Передача дискретных данных на физическом уровне

Исходная информация, которую необходимо передавать по линии связи, может быть либо дискретной (выходные данные компьютеров), либо аналоговой (речь, телевизионное изображение).

Передача дискретных данных базируется на использовании двух типов физического кодирования:

- а) *аналоговой модуляции*, когда кодирование осуществляется за счет изменения параметров синусоидального несущего сигнала;
- б) *цифрового кодирования* путем изменения уровней последовательности прямоугольных информационных импульсов.

Аналоговая модуляция приводит к спектру результирующего сигнала гораздо меньшей ширины, чем при цифровом кодировании, при той же скорости передачи информации, однако для ее реализации требуется более сложная и дорогая аппаратура.

В настоящее время исходные данные, имеющие аналоговую форму, все чаще передаются по каналам связи в дискретном виде (в виде последовательности единиц и нулей), т. е. осуществляется дискретная модуляция аналоговых сигналов.



Определение

Аналоговая модуляция. Применяется для передачи дискретных данных по каналам с узкой полосой частот, типичным представителем которых является канал тональной частоты, предоставляемый пользователям телефонных сетей. По этому каналу передаются сигналы с частотой от 300 до 3400 Гц, т. е. его полоса пропускания равна 3100 Гц. Такая полоса вполне достаточна для передачи речи с приемлемым качеством. Ограничение полосы пропускания тонального канала связано с использованием аппаратуры уплотнения и коммутации каналов в телефонных сетях.

Перед передачей дискретных данных на передающей стороне с помощью модулятора-демодулятора (модема) осуществляется модуляция несущей синусоиды исходной последовательности двоичных цифр. Обратное преобразование (демодуляция) выполняется принимающим модемом.

Возможны три способа преобразования цифровых данных в аналоговую форму, или три метода аналоговой модуляции:

- амплитудная модуляция, когда меняется только амплитуда несущей синусоидальных колебаний в соответствии с последовательностью передаваемых информационных битов: например, при передаче единицы амплитуда колебаний устанавливается большой, а при передаче нуля – малой, или сигнал несущей вообще отсутствует;
- частотная модуляция, когда под действием модулирующих сигналов (передаваемых информационных битов) меняется только частота несущей синусоидальных колебаний: например, при передаче нуля – низкая, а при передаче единицы – высокая;
- фазовая модуляция, когда в соответствии с последовательностью передаваемых информационных битов изменяется только фаза несущей синусоидальных колебаний: при переходе от сигнала 1 к сигналу 0 или наоборот фаза меняется на 180° .

В чистом виде амплитудная модуляция на практике используется редко из-за низкой помехоустойчивости. Частотная модуляция не требует сложных схем в модемах и обычно применяется в низкоскоростных модемах, работающих на скоростях 300 или 1200 бит/с. Повышение скорости передачи данных обеспечивается использованием комбинированных способов модуляции, чаще амплитудной в сочетании с фазовой.

Аналоговый способ передачи дискретных данных обеспечивает широкополосную передачу путем использования в одном канале сигналов различных несущих частот. Это гарантирует взаимодействие большого количества абонентов (каждая пара абонентов работает на своей частоте).

Цифровое кодирование. При цифровом кодировании дискретной информации используются два вида кодов:

а) потенциальные коды, когда для представления информационных единиц и нулей применяется только значение потенциала сигнала, а его перепады во внимание не принимаются;

б) импульсные коды, когда двоичные данные представляются либо импульсами определенной полярности, либо перепадами потенциала определенного направления.

К способам цифрового кодирования дискретной информации при использовании прямоугольных импульсов для представления двоичных сигналов предъявляются такие требования:

- обеспечение синхронизации между передатчиком и приемником;
- обеспечение наименьшей ширины спектра результирующего сигнала при одной и той же битовой скорости (так как более узкий спектр сигналов позволяет на ли-

нии с одной и той же полосой пропускания добиваться более высокой скорости передачи данных);

- возможность распознавания ошибок в передаваемых данных;
- относительно низкая стоимость реализации.

Средствами физического уровня осуществляется только распознавание искаженных данных (обнаружение ошибок), что позволяет экономить время, так как приемник, не ожидая полного помещения принимаемого кадра в буфер, сразу его отбраковывает при распознавании ошибочных бит в кадре. Более сложная операция – коррекция искаженных данных – выполняется протоколами более высокого уровня: канального, сетевого, транспортного или прикладного.

Синхронизация передатчика и приемника необходима для того, чтобы приемник точно знал, в какой момент следует осуществлять считывание поступающих данных. Синхросигналы настраивают приемник на передаваемое сообщение и поддерживают синхронизацию приемника с приходящими битами данных. Проблема синхронизации легко решается при передаче информации на небольшие расстояния (между блоками внутри компьютера, между компьютером и принтером) путем использования отдельной тактирующей линии связи: информация считывается только в момент прихода очередного тактового импульса. В компьютерных сетях отказываются от использования тактирующих импульсов по двум причинам: ради экономии проводников в дорогостоящих кабелях и из-за неоднородности характеристик проводников в кабелях (на больших расстояниях неравномерность скорости распространения сигналов может привести к рассинхронизации тактовых импульсов в тактирующей линии и информационных импульсов в основной линии, вследствие чего бит данных будет либо пропущен, либо считан повторно).

В настоящее время синхронизация передатчика и приемника в сетях достигается применением **самосинхронизирующих кодов** (СК). Кодирование передаваемых данных с помощью СК заключается в том, чтобы обеспечить регулярные и частые изменения (переходы) уровней информационного сигнала в канале. Каждый переход уровня сигнала от высокого к низкому или наоборот используется для подстройки приемника. Лучшими считаются такие СК, которые обеспечивают переход уровня сигнала не менее одного раза в течение интервала времени, необходимого на прием одного информационного бита. Чем чаще переходы уровня сигнала, тем надежнее осуществляется синхронизация приемника и увереннее производится идентификация принимаемых битов данных.

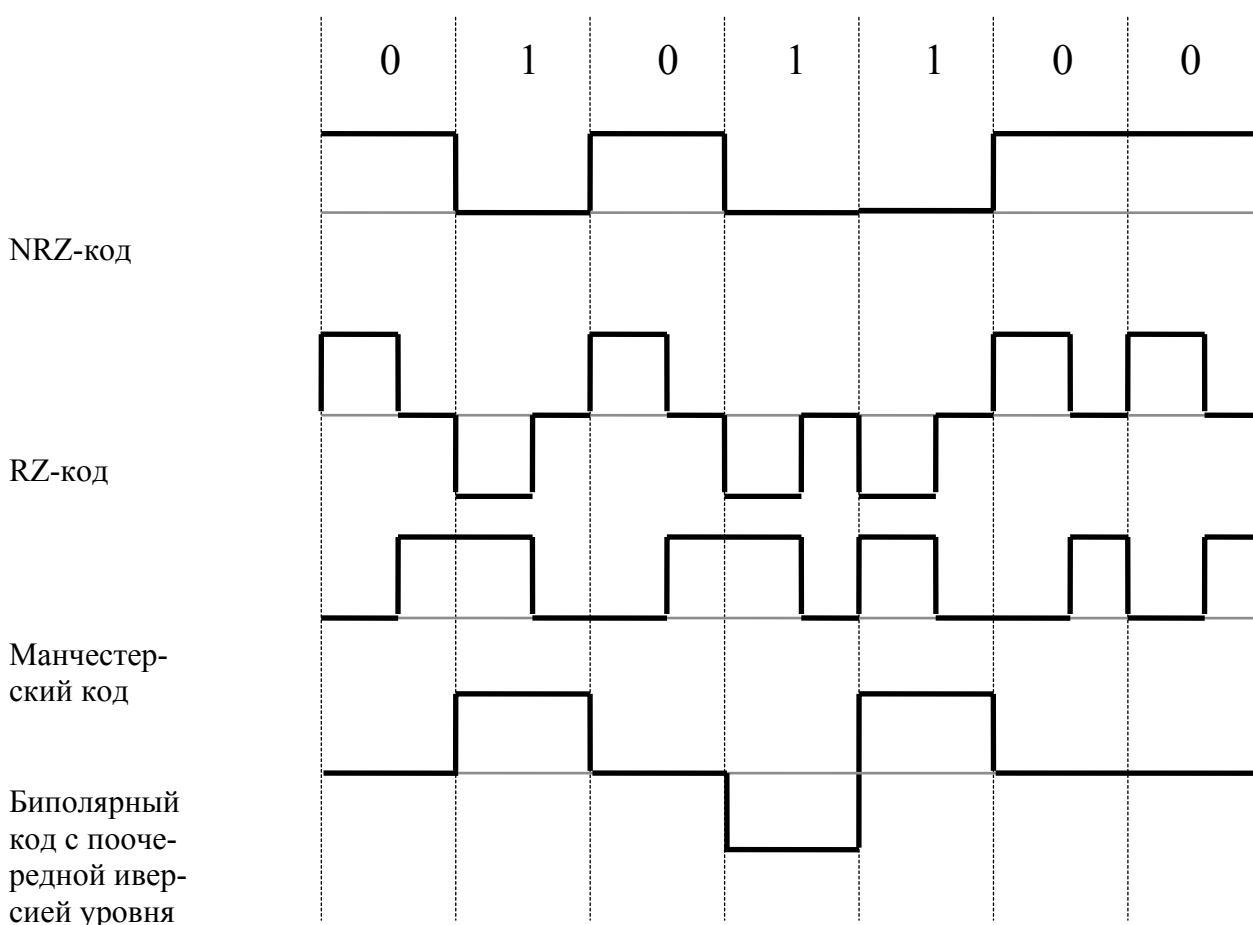
Указанные требования к способам цифрового кодирования дискретной информации являются в определенной степени взаимно противоречивыми, поэтому каждый из рассматриваемых ниже способов кодирования имеет свои преимущества и недостатки по сравнению с другими.

Самосинхронизирующие коды. Наиболее распространенными являются следующие СК:

- потенциальный код без возвращения к нулю (NRZ – Non Return to Zero);
- биполярный импульсный код (RZ-код);
- манчестерский код;
- биполярный код с поочередной инверсией уровня.

На рис. 32 представлены схемы кодирования сообщения 0101100 с помощью этих СК.

Рис. 32. Схемы кодирования сообщения с помощью самосинхронизирующих кодов



Для характеристики и сравнительной оценки СК используются такие показатели:

- уровень (качество) синхронизации;
- надежность (уверенность) распознавания и выделения принимаемых информационных битов;
- требуемая скорость изменения уровня сигнала в линии связи при использовании СК, если пропускная способность линии задана;
- сложность (и, следовательно, стоимость) оборудования, реализующего СК.



Определение

NRZ-код отличается простотой кодирования и низкой стоимостью реализации. Такое название он получил потому, что при передаче серий одноименных битов (единиц или нулей) сигнал не возвращается к нулю в течение такта, как это имеет место в других способах кодирования. Уровень сигнала остается неизменным для каждой серии, что существенно снижает качество синхронизации и надежность распознавания принимаемых битов (может произойти рассогласование таймера приемника по отношению к поступающему сигналу и несвоевременный опрос линий).

Для NRZ-кода имеют место соотношения

$$V_1 \leq V_2; \quad V_{1,max} = V_2,$$

где V_1 – скорость изменения уровня сигнала в линии связи (бод);

V_2 – пропускная способность линии связи (бит/с).

Кроме того, что этот код не обладает свойством самосинхронизации, у него есть и другой серьезный недостаток: наличие низкочастотной составляющей, которая приближается к нулю при передаче длинных серий единиц или нулей. Вследствие этого код NRZ в чистом виде в сетях не используется. Применяются его различные модификации, в которых устраняют плохую самосинхронизацию кода и наличие постоянной составляющей.



Определение

RZ-код, или биполярный импульсный код (код с возвращением к нулю), отличается тем, что за время передачи одного информационного бита уровень сигнала меняется дважды независимо от того, передаются ли серии одноименных битов или поочередно изменяющихся битов. Единица представлена импульсом одной полярности, а ноль – другой. Каждый импульс длится половину такта. Такой код обладает отличными самосинхронизирующими свойствами, но стоимость его реализации довольно высокая, так как необходимо обеспечить соотношение $V_1 = 2V_2$.

Спектр у RZ-кода шире, чем у потенциальных кодов. Из-за слишком широкого спектра он используется редко.



Определение

Манчестерский код обеспечивает изменение уровня сигнала при представлении каждого бита, а при передаче серий одноименных битов – двойное изменение. Каждый такт делится на две части. Информация кодируется перепадами потенциала, происходящими в середине каждого такта. Единица кодируется перепадом от низкого уровня сигнала к высокому, а ноль – обратным перепадом. Соотношение скоростей для этого кода такое:

$$V_1 \leq 2V_2; \quad V_{1,\max} = 2V_2.$$

Манчестерский код обладает хорошими самосинхронизирующими свойствами, так как сигнал изменяется по крайней мере один раз за такт передачи одного бита данных. Его полоса пропускания уже, чем у RZ-кода (в среднем в полтора раза). В отличие от биполярного импульсного кода, где для передачи данных используются три уровня сигнала (что иногда весьма нежелательно, например, в оптических кабелях устойчиво распознаются только два состояния – свет и темнота), в манчестерском коде – два уровня.

Манчестерский код широко применяется в технологиях Ethernet и Token Ring.



Определение

Биполярный код с поочередной инверсией уровня (код АМІ) является одной из модификаций кода NRZ. В нем используются три уровня потенциала – отрицательный, нулевой и положительный. Единица кодируется либо положительным потенциалом, либо отрицательным. Для кодирования нуля используется нулевой потенциал. Код обладает хорошими синхронизирующими свойствами при передаче серий единиц, так как потенциал каждой новой единицы противоположен потенциалу предыдущей. При передаче серий нулей синхронизация отсутствует. Код АМІ сравнительно прост в реализации. Для него $V_1 \leq V_2$, $V_{1,\max} = V_2$.

При передаче различных комбинаций бит на линии использование кода АМІ приводит к более узкому спектру сигнала, чем для кода NRZ, а следовательно, и к более высокой пропускной способности линии.

Заметим, что улучшенные потенциальные коды (модернизированные манчестерский код и код АМІ) обладают более узким спектром, чем импульсные, поэтому они находят применение в высокоскоростных технологиях, например в FDDI, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet.

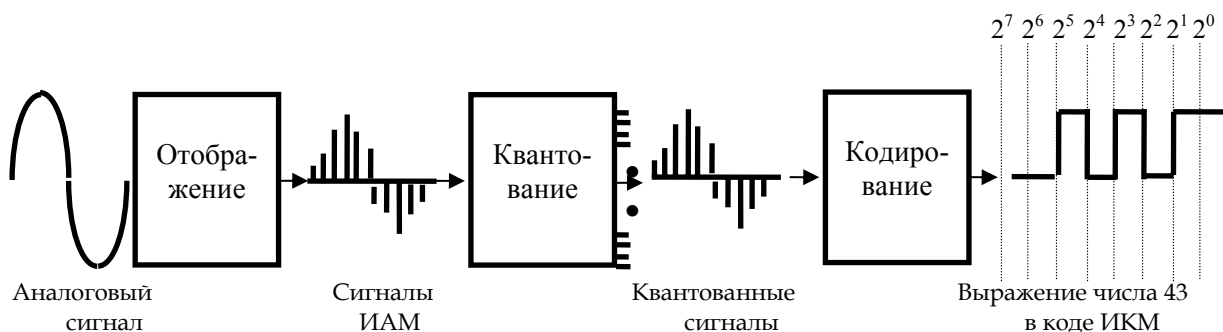
Дискретная модуляция аналоговых сигналов. Как уже отмечалось, одной из тенденций развития современных компьютерных сетей является их цифровизация, т. е. передача в цифровой форме сигналов любой природы. Источниками этих сигналов могут быть компьютеры (для дискретных данных) или такие устройства, как телефоны, видеокамеры, видео- и звуковоспроизводящая аппаратура (для аналоговых данных). До недавнего времени (до появления цифровых сетей связи) в территориальных сетях все типы данных передавались в аналоговой форме, причем дискретные по своему характеру компьютерные данные с помощью модемов преобразовывались в аналоговую форму.

Однако передача информации в аналоговой форме не позволяет улучшить качество принимаемых данных, если имело место их существенное искажение при передаче. Поэтому на смену аналоговой технике записи и передаче звука и изображения пришла цифровая техника, которая использует дискретную модуляцию аналоговых сигналов.

Дискретная модуляция основана на дискретизации непрерывных сигналов как по амплитуде, так и по времени. Одним из широко распространенных методов преобразования аналоговых сигналов в цифровые является импульсно-кодовая модуляция (ИКМ), предложенная в 1938 г. А.Х. Ривсом (США).

При использовании ИКМ процесс преобразования включает три этапа: отображение, квантование и кодирование (рис. 33).

Рис. 33. Преобразование аналогового сигнала в 8-элементный цифровой код



Первый этап – отображение. Амплитуда исходного непрерывного сигнала измеряется с заданным периодом, за счет чего происходит дискретизация по времени. На этом этапе аналоговый сигнал преобразуется в сигналы импульсно-амплитудной модуляции (ИАМ). Выполнение этапа базируется на теории отображения Найквиста-Котельникова, основное положение которой гласит: если аналоговый сигнал отображается (т. е. представляется в виде последовательности ее дискретных по времени значений) на регулярном интервале с частотой не менее чем в два раза выше частоты самой высокой гармоники спектра исходного непрерывного сигнала, то отображение будет содержать информацию, достаточную для восстановления исходного сигнала. В аналоговой телефонии для передачи голоса выбран диапазон от 300 до 3400 Гц, который достаточен для качественной передачи всех основных гармоник собеседников. Поэтому в цифровых сетях, где для передачи голоса реализуется метод ИКМ, принята частота отображения, равная 8000 Гц (это больше 6800 Гц, что обеспечивает некоторый запас качества).

На *этапе квантования* каждому сигналу ИАМ придается квантованное значение, соответствующее ближайшему уровню квантования. Весь диапазон изменения амплитуды сигналов ИАМ разбивается на 128 или 256 уровней квантования. Чем больше уровней квантования, тем точнее амплитуда ИАМ – сигнала представляется квантованным уровнем.

На *этапе кодирования* каждому квантованному отображению ставится в соответствие 7-разрядный (если число уровней квантования равно 128) или 8-разрядный (при 256-шаговом квантовании) двоичный код. На рис. 33 показаны сигналы 8-элементного двоичного кода 00101011, соответствующего квантованному сигналу с уровнем 43. При кодировании 7-элементными кодами скорость передачи данных по каналу должна составлять 56 Кбит/с (это произведение частоты отображения на разрядность двоичного кода), а при кодировании 8-элементными кодами – 64 Кбит/с. Стандартным является цифровой канал 64 Кбит/с, который называется также элементарным каналом цифровых телефонных сетей.

Устройство, которое выполняет указанные этапы преобразования аналоговой величины в цифровой код, называется аналого-цифровым преобразователем (АЦП). На приемной стороне с помощью цифро-аналогового преобразователя (ЦАП) осуществляется обратное преобразование, т. е. производится демодуляция оцифрованных амплитуд непрерывного сигнала, восстановление исходной непрерывной функции времени.

В современных цифровых сетях связи используются и другие методы дискретной модуляции, позволяющие представить замеры голоса в более компактной форме, например, в виде последовательности 4-разрядных чисел. Используется и такая концепция преобразования аналоговых сигналов в цифровые, при которой квантуются и затем кодируются не сами сигналы ИАМ, а лишь их изменения, причем число уровней квантования принимается таким же. Очевидно, что такая концепция позволяет производить преобразование сигналов с большей точностью.

Цифровые методы записи, воспроизведения и передачи аналоговой информации обеспечивают возможность контроля достоверности считанных с носителя или полученных по линии связи данных. С этой целью применяются те же методы контроля, что и для компьютерных данных (см. п. 4.9).

Передача непрерывного сигнала в дискретном виде предъявляет жесткие требования к синхронизации приемника. В случае несоблюдения синхронности исходный сигнал восстанавливается неверно, что приводит к искажениям голоса или передаваемого изображения. Если кадры с замерами голоса (или другой аналоговой величины) будут прибывать синхронно, то качество голоса может быть достаточно высоким. Однако в компьютерных сетях кадры могут задерживаться как в конечных узлах, так и в промежуточных коммутационных устройствах (мостах, коммутаторах, маршрутизаторах), что негативно сказывается на качестве передачи голоса. Поэтому для качественной передачи оцифрованных непрерывных сигналов используются специальные цифровые сети (ISDN, АТМ, сети цифрового телевидения), хотя для передачи внутрикорпоративных телефонных разговоров и сегодня применяются сети Frame Relay, поскольку задержки передачи кадров в них находятся в допустимых пределах.

Асинхронная и синхронная передачи. Синхронизация между приемником и передатчиком в основном обеспечивается средствами физического уровня (на этом уровне единицей информации является бит и средства этого уровня поддерживают побитовую синхронизацию) и канального уровня (на этом уровне единицей информации является кадр и средства этого уровня поддерживают покадровую синхронизацию). При покадровой синхронизации приемник обязан обеспечить распознавание начала первого байта поступившего кадра, границ полей кадра и признака окончания кадра.

При плохом качестве линии связи кроме побитовой и покадровой синхронизации для повышения надежности передачи данных используются дополнительные средства синхронизации на уровне байт, и тогда такой режим работы называется асинхронным или стартстопным. Его использование объясняется еще и тем, что в составе компьютера есть устройства, которые генерируют байты в случайные моменты времени (например, клавиатура, с которой вводятся данные в компьютер).

В асинхронном режиме передача осуществляется небольшими блоками фиксированной длины (обычно байтами). Каждый байт обрамляется двумя сигналами – стартбит и стопбит. Синхронизация приемника обеспечивается сигналом стартбита. Асинхронным такой режим называется потому, что каждый байт может быть несколько смещен относительно побитовых тактов предыдущего байта. Асинхронный режим применяется в системах с невысокими скоростями передачи данных.

В синхронном режиме пользовательские данные передаются покадрово, причем каждый кадр обрамляется байтами синхронизации (старт-стопные биты для каждого байта отсутствуют). Байт синхронизации – это заранее оговоренный 8-разрядный двоичный код, который оповещает приемник о приходе очередного кадра данных. При передаче длинных кадров может произойти рассинхронизация приемника, и тогда используются самосинхронизирующие коды.

4.8. Передача дискретных данных на канальном уровне

Протоколы канального уровня обеспечивают передачу пакетов данных адресату, причем каждый пакет оформляется в кадр собственного формата (отдельные поля кадра заполняются адресом назначения и контрольной суммой для выявления искаженных кадров). Доставка кадров данных осуществляется в пределах сетей с простой топологией связей и однотипной или близкой технологией. Например, это односегментные сети Ethernet или многосегментные сети Ethernet и Token Ring иерархической топологии, разделенных мостами и коммутаторами. В более сложных структурах сетей задача передачи кадров между узлами осуществляется с помощью протоколов сетевого уровня.

Протоколы, работающие на канальном уровне, обеспечивают передачу данных [20]:

- в асинхронном и синхронном режимах;
- с предварительным установлением соединения и без предварительного установления соединения (дейтаграммную);
- с обнаружением искаженных данных и без обнаружения;
- с обнаружением потерянных данных и без обнаружения;
- с восстановлением искаженных и потерянных данных и без восстановления;
- с поддержкой динамической компрессии данных и без поддержки.

Многие из этих свойств и возможностей характерны и для протоколов более высоких уровней.

Асинхронные протоколы канального уровня оперируют со стандартными наборами символов (ASCII или EBCDIC) или кадрами, концевик которых содержит контрольную сумму для обнаружения искаженных кадров.

Синхронные протоколы канального уровня бывают двух типов:

- символично-ориентированные (байт-ориентированные), используемые для передачи в основном текстовых файлов;
- бит-ориентированные, применяемые при передаче как двоичных, так и символьных данных, т. е. являющиеся более универсальными протоколами.

Методы синхронизации бит в обоих типах протоколов одни и те же. Главное различие между ними – в методе синхронизации символов и кадров.

Большинство синхронных протоколов допускают использование в кадре поля данных переменной длины с указанием максимального его значения. Есть протоколы с кадрами фиксированной длины, например, 53 байта в протоколе АТМ.

Протоколами канального уровня (с участием протоколов более высоких уровней) реализуются два способа связи между отправителем и получателем данных: без установления логического соединения между ними и с предварительным установлением логического соединения.

Способ связи без установления логического соединения характеризуется следующим:

- он используется в сетях с коммутацией пакетов, причем каждый пакет рассматривается как индивидуальный объект, независимая единица передачи информации;
- пакеты от отправителя можно передавать в произвольные моменты, а также одновременно множеству адресатов по различным маршрутам;
- перед передачей данных сквозная связь между отправителем и получателем заранее не устанавливается, не требуется также синхронизация аппаратуры связи на передающем и приемном пунктах;
- из-за занятости отдельных участков маршрута может осуществляться буферизация пакетов в промежуточных узлах связи (такой способ не гарантирует доставку пакета);
- передача сигнала к отправителю от адресата, подтверждающего получение информации, не производится.

Это один из первых и простейших способов обмена данными в коммуникационной технологии. Он широко используется в дейтаграммных сетях, в которых реализуются дейтаграммные протоколы информационного обмена.

Способ связи (или режим связи), ориентированный на логическое соединение, относится к более поздней технологии. Он обеспечивает более высокий уровень сервиса по сравнению с дейтаграммной связью.

Особенности организации обмена данными с установлением логического соединения:

- перед передачей информации между взаимодействующими абонентами (отправителем и получателем) устанавливается логический (виртуальный) канал, причем технология создания (установления) канала такова: отправитель посылает запрос на соединение удаленному адресату через ряд промежуточных узлов связи; адресат, получив этот запрос, в случае «согласия» на установление логического канала посылает отправителю сигнал подтверждения; после получения сигнала подтверждения отправителем начинается обмен данными с управлением потоком, сегментацией и исправлением ошибок;
- после завершения обмена данными адресат посылает пакет подтверждения этого события отправителю (клиенту – инициатору установления логического канала), который воспринимается как сигнал для разъединения канала. Следовательно, при использовании этого способа связи выделяются три этапа: установление канала, обмен данными, разъединение канала.

Связь с установлением логического канала применяется в виртуальных сетях, где используются протоколы информационного обмена типа виртуального соединения. Такая связь может быть многоканальной, и тогда каждая пара взаимодействующих абонентов, обмениваясь данными по своему виртуальному каналу, воспринимает его как выделенный канал, в распоряжение которого представлены все ресурсы связи. В действитель-

ности эти ресурсы распределяются между всеми одновременно работающими виртуальными каналами данной линии связи.

При передаче по виртуальному каналу длинных сообщений они разбиваются на одинаковые части (пакеты), которые отправляются в канал в порядке размещения в сообщении. Это избавляет от необходимости снабжать каждый пакет служебной информацией в полном объеме, с тем чтобы превратить его в независимую единицу передачи информации, как это имеет место в дейтаграммных сетях. Кроме того, передача пакетов в их естественной последовательности, определяемой порядком размещения в сообщении, существенно облегчает задачу формирования первоначального сообщения из принимаемых пакетов на приемном пункте.

Первый из рассмотренных способов организации обмена данными в сетях отличается простотой в реализации и сравнительно небольшими накладными расходами. При малой загруженности линий связи сети он позволяет существенно сократить время на передачу длинного сообщения. Кроме того, он удобен при рассылке информации по многим адресам. В загруженных сетях реализация такого способа может привести к значительным задержкам пакетов в промежуточных узлах связи и даже к потере отдельных пакетов, что негативно отражается на надежности доставки информации адресатам. Второй способ, напротив, характеризуется высокими накладными расходами, однако он представляет абонентам существенно большие удобства, обеспечивает требуемую оперативность в обмене данными (в идеальном случае переполнение соединений в промежуточных узлах связи полностью исключается) и гарантированную надежность доставки информации абонентам.

Таким образом, каждый из режимов связи имеет свои особенности, а значит и области применения.

Режим «с соединением» целесообразно использовать для тех применений, где взаимодействие имеет долговременный характер, конфигурация взаимодействующих объектов постоянна, а поток данных не имеет больших пауз. Протоколы с установлением соединения обладают рядом дополнительных свойств, например способностью обнаруживать и восстанавливать искаженные кадры. Для обнаружения искаженных кадров используется ряд методов, в частности методы, основанные на циклических избыточных кодах, которые выявляют многократные ошибки. Восстановление кадров основано на использовании метода повторной передачи кадров (подробнее об этом см. в п. 4.9).

Режим «без соединения» больше подходит там, где взаимодействие имеет кратковременный характер, при котором объем передаваемых данных невелик, а интервалы между передачами значительны (относительно скорости передачи). Кроме того, его целесообразно использовать в системах с повышенными требованиями к надежности доставки данных адресату, так как эти требования можно удовлетворить путем тиражирования данных и передачи адресату по разным маршрутам.

Повышение полезной скорости передачи данных, т. е. сокращение времени на их передачу, достигается применением динамической компрессии (сжатием) данных на основе различных алгоритмов. Коэффициент сжатия зависит от типа данных и применяемых алгоритмов компрессии. Он может колебаться от 1:2 до 1:8.

4.9. Обеспечение достоверности передачи информации

Проблема обеспечения безошибочности (достоверности) передачи информации в сетях имеет очень большое значение. Если при передаче обычной телеграммы возникает в тексте ошибка или при разговоре по телефону слышен треск, то в большинстве случаев ошибки и искажения легко обнаруживаются по смыслу. Но при передаче данных одна

ошибка (искажение одного бита) на тысячу переданных сигналов может серьезно отразиться на качестве информации.

Существует множество методов обеспечения достоверности передачи информации (методов защиты от ошибок), отличающихся по используемым для их реализации средствам, по затратам времени на их применение на передающем и приемном пунктах, по затратам дополнительного времени на передачу фиксированного объема данных (оно обусловлено изменением объема трафика пользователя при реализации данного метода), по степени обеспечения достоверности передачи информации. Практическое воплощение методов состоит из двух частей – программной и аппаратной. Соотношение между ними может быть самым различным, вплоть до почти полного отсутствия одной из частей. Чем больше удельный вес аппаратных средств по сравнению с программными, тем при прочих равных условиях сложнее оборудование, реализующее метод, и меньше затрат времени на его реализацию, и наоборот.

Выделяют **две основные причины возникновения ошибок** при передаче информации в сетях:

- сбои в какой-то части оборудования сети или возникновение неблагоприятных объективных событий в сети (например, коллизий при использовании метода случайного доступа в сеть). Как правило, система передачи данных готова к такого рода проявлениям и устраняет их с помощью планово предусмотренных средств;

- помехи, вызванные внешними источниками и атмосферными явлениями. Помехи – это электрические возмущения, возникающие в самой аппаратуре или попадающие в нее извне. Наиболее распространенными являются флуктуационные (случайные) помехи. Они представляют собой последовательность импульсов, имеющих случайную амплитуду и следующих друг за другом через различные промежутки времени. Примерами таких помех могут быть атмосферные и промышленные помехи, которые обычно проявляются в виде одиночных импульсов малой длительности и большой амплитуды. Возможны и сосредоточенные помехи в виде синусоидальных колебаний. К ним относятся сигналы от посторонних радиостанций, излучения генераторов высокой частоты. Встречаются и смешанные помехи. В приемнике помехи могут настолько ослабить информационный сигнал, что он либо вообще не будет обнаружен, либо искажен так, что «единица» может перейти в «ноль» и наоборот.

Трудности борьбы с помехами заключаются в беспорядочности, нерегулярности и в структурном сходстве помех с информационными сигналами. Поэтому защита информации от ошибок и вредного влияния помех имеет большое практическое значение и является одной из серьезных проблем современной теории и техники связи.

Среди многочисленных методов защиты от ошибок выделяются **три группы методов**: групповые методы, помехоустойчивое кодирование и методы защиты от ошибок в системах передачи с обратной связью.

Из групповых методов получили широкое применение *мажоритарный метод*, реализующий принцип Вердана, и метод передачи информационными блоками с количественной характеристикой блока.

Суть **мажоритарного метода**, давно используемого в телеграфии, состоит в следующем. Каждое сообщение ограниченной длины передается несколько раз, чаще всего три раза. Принимаемые сообщения запоминаются, а потом производится их поразрядное сравнение. Суждение о правильности передачи выносится по совпадению большинства из принятой информации методом «два из трех». Например, кодовая комбинация 01101 при трехразовой передаче была частично искажена помехами, поэтому приемник принял такие комбинации: 10101, 01110, 01001. В результате проверки каждой позиции отдельно правильной считается комбинация 01101.

Другой групповой метод, также не требующий перекодирования информации, предполагает **передачу данных блоками с количественной характеристикой блока**. Такими характеристиками могут быть: число единиц или нулей в блоке, контрольная сумма передаваемых символов в блоке, остаток от деления контрольной суммы на постоянную величину и др. На приемном пункте эта характеристика вновь подсчитывается и сравнивается с переданной по каналу связи. Если характеристики совпадают, считается, что блок не содержит ошибок. В противном случае на передающую сторону передается сигнал с требованием повторной передачи блока. В современных ТКС такой метод получил самое широкое распространение.

Помехоустойчивое (избыточное) кодирование, предполагающее разработку и использование корректирующих (помехоустойчивых) кодов, применяется не только в ТКС, но и в ЭВМ для защиты от ошибок при передаче информации между устройствами машины. Оно позволяет получить более высокие качественные показатели работы систем связи. Его основное назначение – в обеспечении малой вероятности искажений передаваемой информации, несмотря на присутствие помех или сбоев в работе сети.

Существует довольно большое количество различных помехоустойчивых кодов, отличающихся друг от друга по ряду показателей и, прежде всего по своим корректирующим возможностям.

К числу наиболее важных показателей корректирующих кодов относятся:

- значность кода, или длина кодовой комбинации, включающей информационные символы (m) и проверочные, или контрольные символы (K). Обычно значность кода n есть сумма $m+K$;
- избыточность кода $K_{изб}$, выражаемая отношением числа контрольных символов в кодовой комбинации к значности кода;
- корректирующая способность кода $K_{кс}$, представляющая собой отношение числа кодовых комбинаций L , в которых ошибки были обнаружены и исправлены, к общему числу переданных кодовых комбинаций M в фиксированном объеме информации.

Выбор корректирующего кода для его использования в данной ТКС зависит от требований по достоверности передачи информации. Для правильного выбора кода необходимы статистические данные о закономерностях появления ошибок, их характере, численности и распределении во времени. Например, корректирующий код, обнаруживающий и исправляющий одиночные ошибки, эффективен лишь при условии, что ошибки статистически независимы, а вероятность их появления не превышает некоторой величины. Он оказывается непригодным, если ошибки появляются группами. При выборе кода надо стремиться, чтобы он имел меньшую избыточность. Чем больше коэффициент $K_{изб}$, тем менее эффективно используется пропускная способность канала связи и больше затрачивается времени на передачу информации, но зато выше помехоустойчивость системы.

В качестве примера рассмотрим порядок кодирования информации (формирования кодовой комбинации для ее передачи адресату) и декодирования (выявления и исправления ошибок в принятой кодовой комбинации и выделения из нее информационных символов, т. е. информации пользователя) при использовании одного из популярных корректирующих кодов – кода Хэмминга, обнаруживающего и исправляющего одиночные ошибки.

В этом коде контрольные символы занимают позиции, соответствующие значениям $2^0, 2^1, 2^2, 2^3$ и т. д., т. е. позиции с номерами 1, 2, 4, 8 и т. д. (нумерация позиций кодовой комбинации – слева направо). Количество контрольных символов в кодовой комбинации должно быть таким, чтобы в процессе декодирования сформированное корректирующее число (в двоичной системе счисления) могло указать позицию кодовой комбинации с

максимальным номером. Например, для пяти информационных разрядов потребуется четыре контрольных. В полученной кодовой комбинации позиция с наибольшим номером будет 9-ой, что записывается как 1001, т. е. требует четырех разрядов.

Значения контрольных символов при кодировании определяются путем контроля на четность количества единиц в информационных разрядах кодовой комбинации. Значение контрольного символа равно 0, если количество единиц будет четным, и равно 1 при нечетном количестве единиц.

При определении значения 1-го контрольного символа, размещаемого на 1-й позиции кодовой комбинации, проверяются на четность те информационные позиции, двоичные изображения номеров которых содержат единицу в младшем разряде, т. е. проверяются позиции с нечетными номерами. При определении значения 2-го контрольного символа, размещаемого на 2-й позиции кодовой комбинации, проверяются на четность те информационные позиции, двоичные изображения номеров которых содержат единицу во 2-м разряде, т. е. позиции с номерами 3, 6, 7, 10, 11 и т. д. Значение 3-го контрольного символа, размещаемого на 4-й позиции кодовой комбинации, определяется путем контроля на четность тех информационных позиций, двоичные изображения номеров которых содержат единицу в 3-м разряде, т. е. позиции с номерами 5, 6, 7, 12 и т. д. Аналогично устанавливаются значения и других контрольных символов.

В процессе декодирования формируется корректирующее число (КЧ), разрядность двоичного изображения которого устанавливается по указанному выше правилу. Значения разрядов этого числа определяются по правилам, аналогичным тем, которые использовались для определения значений контрольных символов в процессе кодирования. Разница лишь в том, что при определении значений разрядов КЧ проверяются на четность не только информационные позиции, но и контрольные. Например, для определения значения младшего разряда КЧ, проверяются на четность те позиции кодовой комбинации, двоичные изображения номеров которых содержат единицу в младшем разряде, т. е. позиции с нечетными номерами 1, 3, 5, 7 и т. д.

Значение корректирующего числа определяет номер позиции кодовой комбинации, в которой произошла ошибка. Для ее исправления необходимо значение кода в этой позиции изменить на противоположное (0 на 1 или 1 на 0). Если КЧ равно нулю, то это указывает на отсутствие ошибок в принятой кодовой комбинации. Процесс декодирования завершается выделением из кодовой комбинации информационных символов.

Заметим, что в ТКС корректирующие коды в основном применяются для обнаружения ошибок, исправление которых осуществляется путем повторной передачи искаженной информации. С этой целью в сетях используются системы передачи с обратной связью (наличие между абонентами дуплексной связи облегчает применение таких систем).

Системы передачи с обратной связью делятся на системы с решающей обратной связью и системы с информационной обратной связью.

Особенностью систем с решающей обратной связью (иначе: систем с перезапросом) является то, что решение о необходимости повторной передачи информации (сообщения, пакета) принимает приемник. Здесь обязательно применяется помехоустойчивое кодирование, с помощью которого на приемной станции осуществляется проверка принимаемой информации. При обнаружении ошибки на передающую сторону по каналу обратной связи посылается сигнал перезапроса, по которому информация передается повторно. Канал обратной связи используется также для посылки сигнала подтверждения правильности приема, автоматически определяющего начало следующей передачи.

В системах с информационной обратной связью передача информации осуществляется без помехоустойчивого кодирования. Приемник, приняв информацию по прямому каналу и зафиксировав ее в своей памяти, передает ее в полном объеме по каналу

обратной связи передатчику, где переданная и возвращенная информация сравниваются. При совпадении передатчик посылает приемнику сигнал подтверждения, в противном случае происходит повторная передача всей информации. Таким образом, здесь решение о необходимости повторной передачи принимает передатчик.

Обе рассмотренные системы обеспечивают практически одинаковую достоверность, однако, в системах с решающей обратной связью пропускная способность каналов используется эффективнее, поэтому они получили большее распространение.

4.10. Маршрутизация пакетов в сетях

Сущность, цели и способы маршрутизации. Задача маршрутизации состоит в выборе маршрута для передачи от отправителя к получателю. Она имеет смысл в сетях, где не только необходим, но и возможен выбор оптимального или приемлемого маршрута. Речь идет, прежде всего, о сетях с произвольной (ячеистой) топологией, в которых реализуется коммутация пакетов. Однако в современных сетях со смешанной топологией (звездно-кольцевой, звездно-шинной, многосегментной) реально стоит и решается задача выбора маршрута для передачи кадров, для чего используются соответствующие средства, например, маршрутизаторы.

В виртуальных сетях задача маршрутизации при передаче сообщения, расчленяемого на пакеты, решается единственный раз, когда устанавливается виртуальное соединение между отправителем и получателем. В дейтаграммных сетях, где данные передаются в форме дейтаграмм, маршрутизация выполняется для каждого отдельного пакета.

Выбор маршрутов в узлах связи ТКС производится в соответствии с реализуемым алгоритмом (методом) маршрутизации.



Определение

Алгоритм маршрутизации – это правило назначения выходной линии связи данного узла связи ТКС для передачи пакета, базирующееся на информации, содержащейся в заголовке пакета (адреса отправителя и получателя), и информации о загрузке этого узла (длина очередей пакетов) и, возможно, ТКС в целом.

Основные цели маршрутизации заключаются в обеспечении:

- минимальной задержки пакета при его передаче от отправителя к получателю;
- максимальной пропускной способности сети, что достигается, в частности, нивелировкой загрузки линий связи ТКС;
- максимальной защиты пакета от угроз безопасности содержащейся в нем информации;
- надежности доставки пакета адресату;
- минимальной стоимости передачи пакета адресату.

Различают следующие **способы маршрутизации**:

1. Централизованная маршрутизация – реализуется обычно в сетях с централизованным управлением. Выбор маршрута для каждого пакета осуществляется в центре управления сетью, а узлы сети связи только воспринимают и реализуют результаты решения задачи маршрутизации. Такое управление маршрутизацией уязвимо к отказам центрального узла и не отличается высокой гибкостью.

2. Распределенная (децентрализованная) маршрутизация – выполняется, главным образом, в сетях с децентрализованным управлением. Функции управления маршрутизацией распределены между узлами сети, которые располагают для этого соответствующими

щими средствами. Распределенная маршрутизация сложнее централизованной, но отличается большей гибкостью.

3. Смешанная маршрутизация – характеризуется тем, что в ней в определенном соотношении реализованы принципы централизованной и распределенной маршрутизации. К ней относится, например, гибридная адаптивная маршрутизация (см. ниже).

Задача маршрутизации в сетях решается при условии, что кратчайший маршрут, обеспечивающий передачу пакета за минимальное время, зависит от топологии сети, пропускной способности линий связи, нагрузки на линии связи. Топология сети изменяется в результате отказов узлов и линий связи и отчасти при развитии ТКС (подключении новых узлов и линий связи). Пропускная способность линий связи определяется типом передающей среды и зависит от уровня шумов и параметров аппаратуры, обслуживающей линии. Наиболее динамичным фактором является нагрузка на линии связи, изменяющаяся довольно быстро и в трудно прогнозируемом направлении.

Для выбора оптимального маршрута каждый узел связи должен располагать информацией о состоянии ТКС в целом – всех остальных узлов и линий связи. Данные о текущей топологии сети и пропускной способности линий связи предоставляются узлам без затруднений. Однако нет способа для точного предсказания состояния нагрузки в сети. Поэтому при решении задачи маршрутизации могут использоваться данные о состоянии нагрузки, запаздывающие (из-за конечной скорости передачи информации) по отношению к моменту принятия решения о направлении передачи пакетов. Следовательно, во всех случаях алгоритмы маршрутизации выполняются в условиях неопределенности текущего и будущего состояний ТКС.

Эффективность алгоритмов маршрутизации оценивается следующими показателями:

- временем доставки пакетов адресату;
- нагрузкой на сеть, которая при реализации данного алгоритма создается потоками пакетов, распределяемыми по линиям и узлам сети. Количественная оценка нагрузки осуществляется длиной очередей пакетов в узлах;
- затратами ресурсов в узлах связи (временем работы коммуникационной ЭВМ, емкостью памяти).

Факторы, снижающие эффективность алгоритмов маршрутизации:

- передача пакета в узел связи, находящийся под высокой нагрузкой;
- передача пакета в направлении, не приводящем к минимальному времени его доставки;
- создание на сеть дополнительной нагрузки за счет передачи служебной информации, необходимой для реализации алгоритма.

Методы маршрутизации. Различают три вида маршрутизации – простую, фиксированную и адаптивную. Принципиальная разница между ними – в степени учета изменения топологии и нагрузки сети при решении задачи выбора маршрута.



Определение

Простая маршрутизация – отличается тем, что при выборе маршрута не учитывается ни изменение топологии сети, ни изменение ее состояния (нагрузки). Она не обеспечивает направленной передачи пакетов и имеет низкую эффективность. Ее преимущества – простота реализации алгоритма маршрутизации и обеспечение устойчивой работы сети при выходе из строя отдельных ее элементов. Из этого вида некоторое практическое применение получили случайная и лавинная маршрутизации.



Определение

Случайная маршрутизация – характеризуется тем, что для передачи пакета из узла связи выбирается одно, случайно выбранное свободное направление. Пакет «блуждает» по сети и с конечной вероятностью когда-либо достигает адресата. Естественно, что при этом не обеспечивается ни оптимальное время доставки пакета, ни эффективное использование пропускной способности сети.

Лавинная маршрутизация (или заполнение пакетами всех свободных выходных направлений) – предусматривает передачу пакета из узла по всем свободным выходным линиям. Поскольку это происходит в каждом узле, имеет место явление «размножения» пакета, что резко ухудшает использование пропускной способности сети. Значительное ослабление этого недостатка достигается путем уничтожения в каждом узле дубликатов (копий) пакета и продвижения по маршруту только одного пакета. Основное преимущество такого метода – гарантированное обеспечение оптимального времени доставки пакета адресату, так как из всех направлений, по которым передается пакет, хотя бы одно обеспечивает такое время. Метод может использоваться в незагруженных сетях, когда требования по минимизации времени и надежности доставки пакетов достаточно высоки.



Определение

Фиксированная маршрутизация – характеризуется тем, что при выборе маршрута учитывается изменение топологии сети и не учитывается изменение ее нагрузки. Для каждого узла назначения направление передачи выбирается по таблице маршрутов (каталогу), которая определяет кратчайшие пути. Каталоги составляются в центре управления сетью. Они составляются заново при изменении топологии сети. Отсутствие адаптации к изменению нагрузки приводит к задержкам пакетов сети. Различают однопутевую и многопутевую фиксированные маршрутизации. Первая строится на основе единственного пути передачи пакетов между двумя абонентами, что сопряжено с неустойчивостью к отказам и перегрузкам, а вторая – на основе нескольких возможных путей между двумя абонентами, из которых выбирается предпочтительный путь. Фиксированная маршрутизация применяется в сетях с мало изменяющейся топологией и установившимися потоками пакетов.

Адаптивная маршрутизация – отличается тем, что принятие решения о направлении передачи пакетов осуществляется с учетом изменения как топологии, так и нагрузки сети. Существует несколько модификаций адаптивной маршрутизации, различающихся тем, какая именно информация используется при выборе маршрута. Получили распространение такие модификации – локальная, распределенная, централизованная и гибридная адаптивные маршрутизации.



Определение

Локальная адаптивная маршрутизация – основана на использовании информации, имеющейся в данном узле и включающей: таблицу маршрутов, которая определяет все направления передачи пакетов из этого узла; данные о состоянии выходных линий связи (работают или не работают); длину очереди пакетов, ожидающих передачи. Информация о состоянии других узлов связи не используется. Таблица маршрутов определяет кратчайшие маршруты, обеспечивающие доставку пакета адресату за минимальное время. Преимущество такого метода состоит в том, что принятие решения о выборе маршрута производится с использованием самых последних данных о состоянии узла. Недостаток метода в его «близорукости», поскольку выбор маршрута осуществляется без учета глобального состояния всей сети. Следовательно, всегда есть опасность передачи пакета по перегруженному маршруту.



Определение

Распределенная адаптивная маршрутизация – основана на использовании информации, указанной для локальной маршрутизации, и данных, получаемых от соседних узлов сети. В каждом узле формируется таблица маршрутов (каталог) ко всем узлам назначения, где указываются маршруты с минимальным временем задержки пакетов. До начала работы сети это время оценивается, исходя из топологии сети. В процессе работы сети узлы периодически обмениваются с соседними узлами, так называемыми таблицами задержки, в которых указывается нагрузка (длина очереди пакетов) узла. После обмена таблицами задержки каждый узел перерасчитывает задержки и корректирует маршруты с учетом поступивших данных и длины очередей в самом узле. Обмен таблицами задержки может осуществляться не только периодически, но и асинхронно в случае резких изменений нагрузки или топологии сети. Учет состояния соседних узлов при выборе маршрута существенно повышает эффективность алгоритмов маршрутизации, но это достигается за счет увеличения загрузки сети служебной информацией. Кроме того, сведения об изменении состояния узлов распространяются по сети сравнительно медленно, поэтому выбор маршрута производится по несколько устаревшим данным.

Централизованная адаптивная маршрутизация – характеризуется тем, что задача маршрутизации для каждого узла сети решается в центре маршрутизации (ЦМ). Каждый узел периодически формирует сообщение о своем состоянии (длине очередей и работоспособности линий связи) и передает его в ЦМ. По этим данным в ЦМ для каждого узла составляется таблица маршрутов. Естественно, что передача сообщений в ЦМ, формирование и рассылка таблиц маршрутов – все это сопряжено с временными задержками, следовательно, с потерей эффективности такого метода, особенно при большой пульсации нагрузки в сети. Кроме того, есть опасность потери управления сетью при отказе ЦМ.

Гибридная адаптивная маршрутизация – основана на использовании таблиц маршрутов, рассылаемых ЦМ узлам сети, в сочетании с анализом длины очередей в узлах. Следовательно, здесь реализуются принципы централизованной и локальной маршрутизации. Гибридная маршрутизация компенсирует недостатки централизованной маршрутизации (маршруты, формируемые центром, являются несколько устаревшими) и локальной («близорукость» метода) и воспринимает их преимущества: маршруты центра соответствуют глобальному состоянию сети, а учет текущего состояния узла обеспечивает своевременность решения задачи.

4.11. Способы коммутации в ТКС

В любой сети связи всегда применяется какой-либо способ коммутации, обеспечивающий с помощью коммутаторов доступность имеющихся физических каналов одновременно для нескольких сеансов связи между абонентами сети, каждый из которых соединяется с ближайшим коммутатором индивидуальной линией связи. В любой момент времени эта линия используется только одним абонентом, а между коммутаторами линии связи используются совместно многими абонентами.

Используются **три принципиально различных способа коммутации** абонентов в сетях: коммутация каналов, коммутация сообщений и коммутация пакетов. Сети с коммутацией сообщений и коммутацией пакетов относятся к типу сетей с промежуточным хранением передаваемой информации. Сети с коммутацией каналов и коммутацией пакетов разделяются, кроме того, на два класса – на сети с динамической коммутацией и сети с постоянной коммутацией.

В сетях с динамической коммутацией соединение абонента с любым другим устанавливается сетью по инициативе абонента, продолжается определенное время (от нескольких секунд до нескольких часов) и завершается также по инициативе абонента по окончании обмена информацией. Такой режим работы поддерживают телефонные сети общего пользования, локальные сети, сети TCP/IP.

В сетях с постоянной коммутацией соединение между взаимодействующими пользователями устанавливается персоналом сети на длительное время (несколько месяцев и более). Режим постоянной коммутации популярен в сетях технологии SDH, где создаются выделенные каналы связи с пропускной способностью в несколько гигабит в секунду.

Некоторые сети поддерживают оба режима работы, например сети X.25 и АТМ.

Коммутация каналов. При коммутации каналов между связываемыми конечными пунктами на протяжении всего временного интервала соединения обеспечивается обмен в реальном масштабе времени, причем биты передаются с неизменной скоростью по каналу с постоянной полосой пропускания. Между абонентами устанавливается сквозной составной канал связи до начала передачи информации. Этот канал формируется из отдельных участков с одинаковой пропускной способностью. Прохождение отдельного сигнала вызова обеспечивается с помощью последовательного включения нескольких коммутационных устройств, размещаемых в центрах коммутации каналов (ЦКК). Каждое устройство резервирует за собой физическое соединение между одним входящим и одним исходящим каналами. Если при установлении сквозного канала связи занята вызываемая сторона или хотя бы одно из коммутационных устройств в цепочке прохождения сигнала вызова, последний будет блокироваться, и абонент, инициировавший вызов, должен спустя некоторое время его повторить.

Время установления сквозного канала связи обычно бывает большим из-за необходимости организации взаимодействия значительного числа устройств коммутации. После установления такого канала ЦКК выполняют минимальное число функций, хотя при этом может передаваться большой объем информации. Следовательно, при использовании метода коммутации каналов передача информации обеспечивается двумя основными составляющими в расходной части ресурсов: ресурсами для организации вызова и ресурсами для поддержания в ЦКК коммутационных устройств или для организации распределения временных каналов. Первая составляющая не зависит от объема передаваемой информации, а вторая – прямо пропорциональна интервалу времени, в течение которого происходит соединение.

Коммутаторы и соединяющие их каналы должны обеспечивать одновременную передачу данных нескольких абонентских каналов, поэтому они должны быть высокоскоростными и поддерживать одну из двух техник мультиплексирования абонентских каналов:

- технику частотного мультиплексирования (FDM), когда для разделения абонентских каналов используется модуляция высокочастотного несущего синусоидального сигнала низкочастотным сигналом, порождаемым звуковыми колебаниями (частотное разделение характерно, таким образом, для аналоговой модуляции сигналов);

- технику мультиплексирования с разделением времени (TDM), когда аппаратура TDM-сетей (мультиплексоры, коммутаторы, демультиплексоры) работает в режиме разделения времени, поочередно обслуживая в течение цикла своей работы все абонентские каналы. Временное разделение характерно для цифрового кодирования. Сети TDM требуют синхронной работы всего оборудования, поэтому такая техника мультиплексирования имеет и другое название – техника синхронного режима передачи (STM). В настоящее время практически все данные (голос, изображение, компьютерные данные) передаются в цифровой форме, поэтому выделенные каналы TDM-технологии, обеспечивающие нижний уровень для передачи цифровых данных, являются универсальными каналами для построения сетей любого типа: телефонных, компьютерных, телевизионных.

В качестве недостатков метода коммутации каналов можно указать следующие:

- большое время установления сквозного канала связи из-за возможного ожидания освобождения отдельных его участков;
- необходимость повторной передачи сигнала вызова из-за занятости вызываемой стороны или какого-либо коммутационного устройства в цепочке прохождения этого сигнала (в связи с этим система, в которой реализуется метод коммутации каналов, относится к классу систем с потерей запросов на обслуживание);
- отсутствие возможности выбора скоростей передачи информации;
- наращивание функций и возможностей сети ограничено;
- не обеспечивается равномерность загрузки каналов связи (возможности по сглаживанию загрузки весьма ограничены).

Преимущества метода коммутации каналов:

- отработанность технологии коммутации каналов (первое коммутационное устройство появилось еще в конце XIX-го века);
- возможность работы в диалоговом режиме и в реальном масштабе времени;
- обеспечение как битовой прозрачности, так и прозрачности по времени независимо от числа ЦКК между абонентами;
- гарантированная пропускная способность сети после установления соединения (это важно при передаче голоса, изображения, управления объектами в реальном масштабе времени);
- довольно широкая область применения. Сети с коммутацией каналов хорошо приспособлены для коммутации потоков данных постоянной скорости, когда единицей коммутации является долговременный синхронный поток данных между взаимодействующими абонентами.

Коммутация с промежуточным хранением. Отметим особенности всех методов коммутации с промежуточным хранением. Для них характерно, что заранее, до начала передачи информации, сквозной канал между отправителем и получателем не устанавливается. Вызывающий объект посредством набора номера или через выделенную линию связывается только с ближайшим узлом сети и передает ему информационные биты. В каждом узле имеется коммутатор, построенный на базе коммуникационной ЭВМ с запоминающим устройством (ЗУ). Передаваемая информация должна храниться в каждом узле по пути к пункту назначения, причем задержка в хранении, как правило, будет различной для узлов. Наличие ЗУ в промежуточных узлах связи предотвращает потерю передаваемой информации, вследствие чего системы, реализующие рассматриваемые методы коммутации, относятся к классу систем без потерь запросов на обслуживание. Одним из показателей этих методов является согласование скоростей передачи данных между пунктами отправления и назначения, которое обеспечивается наличием в сети эффективных развязок, реализуемых созданием буферных ЗУ в узлах связи. Наконец, для се-

тей с промежуточным хранением обязательным требованием является битовая прозрачность. Требование же временной прозрачности, как правило, ими не гарантируется.

Коммутация сообщений была преобладающим методом передачи данных в 60-70 гг. и до сих пор используется в некоторых областях (в электронной почте, электронных новостях, телеконференциях, телесеминарах). Как и все методы коммутации с промежуточным хранением, технология коммутации сообщений относится к технологии типа «запомнить и послать». Кроме того, технология коммутации сообщений обычно предусматривает отношение «главный – подчиненный». Коммутатор (коммуникационная ЭВМ) в центре коммутации сообщений (ЦКС) выполняет регистрацию и выбор при управлении входящими и исходящими потоками. Здесь не рассматриваются интерактивный режим и работа в реальном масштабе времени, однако данные через коммутатор могут передаваться на очень высокой скорости с соответствующим определением уровней приоритетов для различных типов потоков данных. Высокоприоритетные потоки задерживаются в очереди на обслуживание на более короткое время по сравнению с низкоприоритетными потоками, что позволяет обеспечить интерактивные прикладные задачи.

Важно отметить, что при коммутации сообщений сообщение, независимо от его длины (разброс в длине сообщений может быть достаточно велик), целиком сохраняет свою целостность как единичный объект в процессе его прохождения от одного узла к другому вплоть до пункта назначения. Более того, транзитный узел не может начинать дальнейшую передачу части сообщения, если оно еще принимается. По своему влиянию на задержки это равноценно низкому уровню использования ресурсов сети.

Таким образом, коммутация сообщений предназначена для организации взаимодействия пользователей в режиме off-line, при котором не ожидается немедленной реакции на принятое сообщение.

Недостатки метода коммутации сообщений:

- необходимость реализации достаточно серьезных требований к емкости буферных ЗУ в узлах связи для приема больших сообщений, что обуславливается сохранением их целостности;
- недостаточные возможности по реализации диалогового режима и работы в реальном масштабе времени при передаче данных;
- выход из строя всей сети при отказе коммутатора, так как через него проходят все потоки данных (это характерно для структуры «главный – подчиненный»);
- коммутатор сообщений является потенциально узким местом по пропускной способности;
- каналы передачи данных используются менее эффективно по сравнению с другими методами коммутации с промежуточным хранением.

Преимущества метода:

- отсутствие необходимости в заблаговременном (до начала передачи данных) установлении сквозного канала связи между абонентами;
- возможность формирования маршрута из отдельных участков с различной пропускной способностью;
- реализация различных систем обслуживания запросов с учетом их приоритетов;
- возможность сглаживания пиковых нагрузок путем запоминания низкоприоритетных потоков в периоды этих нагрузок;
- отсутствие потерь запросов на обслуживание.

Коммутация пакетов, появившаяся в 70-х гг., сочетает в себе преимущества коммутации каналов и коммутации сообщений. Ее основные цели: обеспечение полной доступности сети и приемлемого времени реакции на запрос для всех пользователей, сгла-

живание асимметричных потоков между многими пользователями, обеспечение мультиплексирования возможностей каналов связи и портов компьютеров сети, рассредоточение критических компонентов (коммутаторов) сети.

При коммутации пакетов пользовательские данные (сообщения) перед началом передачи разбиваются на короткие пакеты фиксированной длины. Каждый пакет снабжается протокольной информацией: коды начала и окончания пакета, адреса отправителя и получателя, номер пакета в сообщении, информация для контроля достоверности передаваемых данных в промежуточных узлах связи и в пункте назначения. Будучи независимыми единицами информации, пакеты, принадлежащие одному и тому же сообщению, могут передаваться одновременно по различным маршрутам в составе дейтаграмм. Управление передачей и обработкой пакетов в узлах связи осуществляется центрами коммутации пакетов (ЦКП) с помощью компьютеров. Длительное хранение пакетов в ЦКП не предполагается, поэтому пакеты доставляются в пункт назначения с минимальной задержкой, где из них формируется первоначальное сообщение.

Описанный режим передачи пакетов, предполагающий независимую маршрутизацию каждого пакета, называется дейтаграммным.

В отличие от коммутации сообщений технология коммутации пакетов позволяет:

- увеличить количество подключаемых станций (терминалов), так как здесь больше коммутаторов;
- легче преодолеть трудности, связанные с подключением к коммутаторам дополнительных линий связи;
- осуществить альтернативную маршрутизацию (в обход поврежденных или занятых узлов связи и каналов), что создает повышенные удобства для пользователей;
- существенно сократить время на передачу пользовательских данных, повысить пропускную способность сети и повысить эффективность использования сетевых ресурсов.



Определение

Одной из концепций коммутации пакетов является мультиплексирование с помощью разделения времени использования одного и того же канала многими пользователями, что повышает эффективность функционирования ТКС. Логика коммутации пакетов позволяет мультиплексировать многие пользовательские сеансы на один порт компьютера. Пользователь воспринимает порт как выделенный, в то время как он используется как разделенный ресурс. Мультиплексирование порта и канала называют **виртуальным каналом**, а такой режим работы – передачей пакетов по виртуальному каналу. Коммутация пакетов и мультиплексирование обеспечивают сглаживание асимметричных потоков в каналах связи.

Стоимость организации вызова для пакетной коммутации ниже по сравнению с соответствующей характеристикой метода коммутации каналов. Но с увеличением объема передаваемой информации стоимостная характеристика для пакетной коммутации возрастает быстрее, чем для коммутации каналов, что объясняется необходимостью больших ресурсов для обработки пересылаемой информации.

В настоящее время пакетная коммутация является основной для передачи данных.

Символьная коммутация (иначе: субпакетная коммутация, или метод общего пакета) представляет собой разновидность пакетной коммутации. Она применяется в случае, когда пакет содержит информационные биты, принадлежащие различным пользователям.

При пакетной коммутации приходится находить компромиссное решение, удовлетворяющее двум противоречивым требованиям. Первое из них – уменьшение задержки пакета в сети, обеспечиваемое уменьшением его длины, и второе – обеспечение повышения эффективности передачи информации, достигаемое, наоборот, увеличением длины пакета (при малой длине пакета длина его заголовка становится неприемлемо большой, что снижает экономическую эффективность передачи). В сети с пакетной коммутацией максимально разрешенный размер пакета устанавливается на основе трех факторов: распределения длин пакетов, характеристики среды передачи (главным образом, скорости передачи) и стоимости. Для каждой передающей среды выбирается свой оптимальный размер пакета.

При использовании символьной коммутации оптимальный размер пакета для конкретной передающей среды сохраняется с одновременным уменьшением времени задержки пакета в сети. Это достигается за счет приема от нескольких пользователей по небольшому количеству символов (информационных бит) и загрузки их в один пакет общего доступа.

Анализ рассмотренных коммутационных технологий позволяет сделать вывод о возможности разработки комбинированного метода коммутации, основанного на использовании в определенном сочетании принципов коммутации сообщений, пакетов и символьной коммутации и обеспечивающего более эффективное управление разнородным трафиком.

4.12. Сети и технологии X.25 и Frame Relay

Ниже даются краткие сведения о наиболее распространенных телекоммуникационных системах, или территориальных сетях связи. К ним относятся X.25, Frame Relay (FR), IP, ISDN, SDH, ATM (сведения о сетях IP даются при рассмотрении глобальной сети Интернет). При этом обращается внимание на их «прогрессивность», т. е. возможность предоставления полного сервиса в настоящее время и степень актуальности в перспективе. Особенно важным преимуществом той или иной сетевой технологии является ее возможность наиболее полно использовать имеющуюся в распоряжении пользователя полосу пропускания канала связи и адаптироваться к качеству канала.

Сети и технологии X.25. Сетями X.25 называются сети, доступ к которым производится в соответствии с рекомендациями Международного консультативного комитета по телефонии и телеграфии (МККТТ), первый вариант которой появился в 1976 г. Эта рекомендация описывает интерфейс доступа пользователя в сеть передачи данных, а также интерфейс взаимодействия с удаленным пользователем через систему передачи данных (СПД). Передача данных в сети X.25 производится по протоколам, описанным в рекомендации X.25. С момента выпуска первого варианта рекомендации X.25 все стандарты были практически проверены, расширены и дополнены, и сегодня достигнут высокий уровень совместимости оборудования, выпускаемого различными фирмами для сетей X.25.

Несмотря на появление новых интегральных технологий сетей связи, рассчитанных на высокоскоростные каналы связи, сети X.25 все еще являются наиболее распространенными СПД. Это объясняется тем, что именно сети X.25 с наибольшим основанием можно сравнить с телефонными сетями: установив соединение компьютера с ближайшим узлом сети X.25, можно связаться с любым из многих тысяч пользователей сетей X.25 по всему миру (для этого надо лишь знать его сетевой адрес) точно так же, как подняв трубку телефонного аппарата, подключенного к ближайшей АТС, можно соединиться практически с любым абонентом. Технология X.25 особенно актуальна для России и дру-

гих стран, где пока отсутствует развитая инфраструктура высокоскоростных первичных каналов связи.

На основе технологий X.25 построено большинство эксплуатируемых в настоящее время СПД с коммутацией пакетов, предназначенных для организации и обеспечения надежной передачи данных в условиях разветвленных территориальных сетей на базе низко- и среднескоростных каналов. При этом за счет повторной передачи искаженных кадров между каждой парой соседних узлов сети обеспечивается достоверная и упорядоченная передача данных. Однако в сети с каналами низкого качества из-за повторных передач возникают нерегламентированные и непостоянные задержки передаваемых данных, поэтому передача трафика, чувствительного к задержкам (например, оцифрованного голоса) по сетям X.25 с удовлетворительным качеством невозможна.

Рекомендация X.25 описывает три уровня протоколов: физического, канального и сетевого. Они реализуют функции соответственно физического, канального, сетевого и частично транспортного уровней модели взаимодействия открытых систем (ВОС – OSI).

Физический уровень, широко представленный в оборудовании массового спроса, описывает уровни сигналов и логику взаимодействия на уровне физического интерфейса.

Канальный уровень, также широко представленный в оборудовании (например, в модемах), отвечает за эффективную и надежную передачу данных в соединении «точка-точка», т. е. между соседними узлами сети X.25. На этом уровне осуществляется защита от ошибок при передаче между соседними узлами, управление потоком данных и, кроме того, обеспечивается получение оптимального по скорости передачи режима в зависимости от протяженности канала между двумя точками (времени задержки в канале) и качества канала (вероятности искажения информации при передаче), что важно при оценке эффективности функционирования двухточечного соединения.

Для реализации указанных выше функций поток информации разбивается на кадры (frame), каждый из которых представляет собой организованную определенным образом последовательность битов. Кадр обрамляется «флагами» (уникальными последовательностями битов, являющимися разделителем между кадрами) и состоит из служебных полей (поля адреса, поля управления с циклическим номером кадра, поля проверочной последовательности кадра) и информационного поля для информационных кадров. Длину кадра можно менять при настройке параметров протокола к физическим характеристикам линии связи. Чем короче кадр, тем меньше вероятность его искажения при передаче. С другой стороны, если линия хорошего качества, то информацию лучше передавать более длинными кадрами, обеспечивающими уменьшение процента избыточной информации (флаги, служебные поля кадра).

Наконец, на сетевом уровне, определяющем специфику сетей X.25, производится маршрутизация пакетов (на этом уровне информация также структурируется, т. е. разбивается на «порции», называемые «пакетами») и доведение информации от «точки входа в сеть» до «точки выхода» из нее. Структура пакета во многом аналогична структуре кадра. При передаче пакет помещается в поле данных информационного кадра (кадра канального уровня).

В сетях X.25 реализуется метод «коммутации пакетов», в соответствии с которым перед передачей информации от одного абонента к другому между ними сначала устанавливается виртуальное (логическое) соединение, т. е. происходит обмен пакетами «запрос вызова» – «вызов принят», после чего производится обмен информацией. Виртуальные соединения могут быть как постоянными, так и коммутируемыми, когда соединение устанавливается под каждый сеанс обмена информацией. Число виртуальных соединений, которые могут одновременно поддерживаться на базе одного физического канала, зависит от конкретного типа оборудования, используемого для поддержания таких соединений.

Доступ пользователей к сети X.25 осуществляется в одном из двух режимов – в пакетном или монопольном. Доступ с персонального компьютера (ПК) в сеть в пакетном режиме реализуется путем установления в ПК специальной платы, обеспечивающей обмен данными в соответствии со стандартом X.25. Подключение ЛКС через сеть X.25 осуществляется с помощью сетевых плат (например, производимых компаниями Microdyne, Newport Systems Solutions и др.) или для этого могут использоваться мосты-маршрутизаторы удаленного доступа, включенные в виде отдаленных устройств и поддерживающие протокол X.25. Преимущество таких устройств по сравнению с встроенными в компьютер платами (помимо большей производительности) состоит в том, что они не требуют установки специального программного обеспечения, а сопрягаются с ЛКС по стандартному интерфейсу локальной сети, что позволяет реализовать более гибкие и универсальные решения. Подключение пользовательского оборудования к сети в пакетном режиме удобно, когда требуется многопользовательский доступ к этому оборудованию через сеть.

Подключение к сети X.25 в монопольном режиме производится по стандартам X.3, X.28, X.29, которые определяют функционирование специальных устройств доступа в сеть – «сборщиков-разборщиков пакетов» – ПАД («packet assembler-dissasembler»). Эти устройства используются для доступа в сеть абонентов в асинхронном режиме обмена информацией, т. е. через последовательный порт компьютера (непосредственно или с применением модемов). ПАД обычно имеет несколько асинхронных портов и один синхронный порт (порт X.25). ПАД накапливает поступающие по асинхронным портам данные, упаковывает их в пакеты и передает через порт X.25. В разных сетях могут быть установлены различные значения параметров передачи по каналам X.25 (длина кадра и пакета, система адресации и др.). Для обеспечения стыковки этих сетей была разработана рекомендация X.75, определяющая правила согласования параметров при переходе из одной сети в другую. Сопряжение сетей обычно производится через ЦКП, в котором реализована поддержка шлюзовых функций.

Метод коммутации пакетов, лежащий в основе сетей X.25, определяет основные преимущества таких сетей, а следовательно, и области их применения. **Преимущества сетей X.25** заключаются в следующем:

1. Сети X.25 позволяют в режиме реального времени разделять один и тот же физический канал между несколькими абонентами. Благодаря этому во многих случаях оказывается экономически выгодней для передачи данных пользоваться сетью X.25, производя оплату за каждый байт переданной информации, а не оплачивать время использования телефонной линии. Метод разделения физического канала между абонентами в сетях X.25 называют еще логическим, или статистическим уплотнением (в отличие от временного разделения канала). При статистическом разделении канала нет строго регламентированной степени загрузки канала каждым абонентом в определенный момент времени. Эффективность использования статистического уплотнения зависит от статистических или вероятностных характеристик уплотняемых потоков информации. Имеется большой опыт эффективного использования сетей X.25 для широкого спектра задач передачи данных, когда трафик в сети не является равномерным во времени: обмен сообщениями между пользователями, обращение большого числа пользователей к удаленной базе данных или к удаленному хосту электронной почты, связь локальных сетей (при скоростях обмена не более 128 Кбит/с), объединение удаленных кассовых аппаратов или банкоматов.

2. Сети X.25 позволяют передавать оптимальным образом данные по выделенным и коммутируемым каналам телефонной сети общего пользования. Критериями оптимизации являются максимально возможные на этих каналах скорость и достоверность передачи данных.

3. В сетях X.25 имеется механизм альтернативной маршрутизации, с помощью которого, помимо основного маршрута, задается ряд альтернативных (резервных) маршрутов, за счет чего значительно увеличивается надежность работы сети. Однако это означает, что между любыми двумя точками подключения пользователя к сети должно быть, по крайней мере, два различных маршрута.

При всех достоинствах сетевой технологии X.25 у нее есть и свои довольно серьезные ограничения:

- невозможность передавать по сетям X.25 такие виды информации, как голос и видеоинформация;
- существенное ограничение скорости передачи, основной причиной которого является наличие в таких сетях развитых механизмов коррекции ошибок. Эти механизмы требуют подтверждения информации между каждыми соседними узлами сети, что приводит к значительным задержкам распространения информации. Поэтому технология X.25 обычно применяется в сетях, использующих каналы связи со скоростью передачи не более 128 Кбит/с.

Указанные ограничения преодолены в технологии Frame Relay.



Определение

Сети и технологии Frame Relay (ретрансляция кадров). Сетью Frame Relay (в дальнейшем – FR) называется сеть коммутации кадров, в которой используется технология (протокол) передачи данных одноименного названия [40]. Протокол FR – это интерфейс доступа к сетям быстрой коммутации пакетов. Он позволяет эффективно передавать крайне неравномерно распределенный во времени трафик.

Отличительные особенности протокола FR: малое время задержки при передаче информации через сеть, высокие скорости передачи, «высокая степень связности», эффективное использование полосы пропускания. По сетям FR возможна передача не только собственно данных, но и оцифрованного голоса.

Для оценки FR-сетей (как и АТМ-сетей) важным фактором является не столько высокая «физическая» скорость передачи данных (т. е. скорости «физических» каналов), сколько реализация методов статистического уплотнения информации, обеспечивающих существенное повышение информационной скорости передачи в условиях дефицита физической пропускной способности канала, а также наличие интерфейсов для эффективного подключения к сети различных типов оконечных пользовательских устройств.

Протокол FR выполняет функции первого, частичного второго и третьего уровней модели ВОС. Он позволяет устанавливать соединение между взаимодействующими узлами сети, что аналогично соединению по X.25 в случае, когда используется постоянное виртуальное соединение (PVC). Внутри каждого физического канала может быть создана совокупность PVC (логических каналов), что и объясняет «высокую степень связности», обеспечиваемую протоколом FR. Что касается коммутируемых виртуальных соединений (SVC), то их использование в FR-сетях описывается специальными протоколами.

Сети FR могут выступать альтернативой сетей X.25. Например, ЛКС могут подключаться к сети непосредственно по интерфейсу FR, и тогда FR-сеть выполняет те же функции по обеспечению взаимодействия удаленных ЛКС, что и сеть X.25. В других случаях сеть FR выступает в качестве высокоскоростной магистрали для объединения ряда сетей X.25. Такое решение легко реализуется, так как большинство современных устройств центров коммутации пакетов сетей X.25 оборудованы портами FR.

В отличие от сетей X.25, где на сетевом уровне обеспечивается гарантированная передача пакетов (в случае искажения при передаче какого-либо пакета происходит его

повторная передача), кадр FR не содержит переменных нумераций передаваемых и подтверждаемых кадров. При межузловом обмене информацией в сетях FR ошибочные кадры просто «выбрасываются», их повторная передача средствами FR не происходит. Для обеспечения гарантированной и упорядоченной передачи кадров необходимо использовать либо протоколы более высокого уровня (например, протокол TCP/IP), либо дополнение к протоколу FR (например, Q.922).

Кадр FR-сети имеет минимальную избыточность, т. е. доля служебной информации в кадре по отношению к передаваемым данным пользователя минимальна. Это способствует сокращению времени на передачу фиксированного объема информации. Кроме того, в сети FR может производиться маршрутизация своими средствами (без задействования механизмов маршрутизации по X.25 или по протоколу IP), что значительно увеличивает скорость маршрутизации. Однако такой эффект достигается только при использовании каналов, качество которых соответствует требованиям технологии FR. В противном случае сравнительно много кадров будут передаваться с ошибкой, и потребуются повторная передача кадров, обеспечиваемая дополнительными средствами. Это снизит информационную скорость передачи информации и более эффективной в этом случае станет сеть X.25.

Эффективность технологии FR достигается также использованием специфических механизмов, управляющих загрузкой сети. Эти механизмы обеспечивают практически гарантированное время доставки кадров через сеть и одновременно дают возможность сети адаптироваться к крайне неравномерным во времени типам трафика (например, к трафику ЛКС).

Стремительному развитию технологии FR и повышению ее эффективности способствует ряд факторов, в частности, улучшение качества каналов связи, использование современного многофункционального каналообразующего оборудования. К новому классу такого оборудования относятся мультимедийные пакетные коммутаторы (МПК).

Коммутаторы МПК, использующие технологию FR для транспортировки информации, совмещают несколько функций:

- статистическое уплотнение каналов передачи данных, при котором фиксированные промежутки времени в уплотняемом канале не предоставляются отдельно каждому каналу, как это имеет место при использовании метода временного уплотнения; информация каждого канала разбивается на отдельные блоки, к блоку прибавляются заголовок, содержащий идентификатор соответствующего канала, и хвост, что образует единицу передачи информации – кадр, с помощью которого могут передаваться все виды трафика. Основные преимущества такого уплотнения: динамическое распределение пропускной способности уплотненного канала связи в зависимости от активности в каналах передачи данных, возможность предоставления пропускной способности по требованию, возможность установки приоритетов для различных видов трафика;
- коммутация и передача различных видов трафика;
- управление потоком информации и установка приоритетов;
- поддержка функций телефонных станций. К функциям АТС, выполняемым МПК, относятся оцифровка и коммутация голоса, передача факсимильных сообщений. Для технологии FR характерным является возможное увеличение задержки при передаче голоса по сравнению с обычной телефонной сетью. Устранить это явление можно путем установления более высокого приоритета для голосового трафика и применения фрагментации кадров.

Распространению технологии FR способствует также наличие стандартов, обеспечивающих совместимость сетей FR с другими сетями. Например, имеется стандарт IETF

1294 для преобразования пакетов TCP/IP в кадры FR. Есть стандарты, обеспечивающие совместимость FR с самыми высокопроизводительными и современными сетями – сетями ATM. При «входе» в сеть ATM длинные кадры FR разбиваются на короткие, размещаемые внутри ATM-ячеек, а при «выходе» из сети ATM из ячеек ATM-сети извлекаются фрагменты кадров FR и из них собираются полные кадры FR.

В настоящее время за рубежом, особенно в США, наблюдается стремительное развитие сетей FR. За один 1996-й год число пользователей этих сетей выросло более чем в три раза. В начале 1997 г. около 1800 фирм США строили свои корпоративные сети на базе магистральных сетей FR. Наиболее распространенные способы доступа к сетям FR: использование выделенных линий; через сети X.25 по обычным коммутируемым телефонным линиям; через ISDN для передачи данных и голоса.

В России большинство сетей передачи данных общего пользования также предоставляют пользователям FR-сервис. Основная проблема с реализацией магистральной сети FR заключается в том, что те магистральные междугородние каналы, которые построены на базе телефонных линий (линий тональной частоты), не обеспечивают необходимое для сети FR качество передачи. Для построения сетей FR самые широкие возможности имеют те предприятия, решения которых основаны на базе оптоволоконных или спутниковых каналов связи.

Технология FR и в будущем сохранит свои преимущества и актуальность, поскольку она обеспечивает идеальный доступ к высокоскоростной магистральной ATM-сети по низкоскоростным каналам связи. Эта технология в настоящее время является наиболее эффективной для приложений, связанных с интеграцией неравномерного (пульсирующего) трафика локальных сетей и чувствительной к задержке голосовой информации.

4.13. Сети и технологии ISDN и SDH

Сети и технологии ISDN. Сети ISDN (Integrated Services Digital Network – цифровая сеть с интеграцией услуг) относятся к классу сетей, изначально предназначенных для передачи как данных, так и голоса. Это сети, обеспечивающие цифровое соединение между окончными абонентами сети для предоставления широкого набора услуг, к которым пользователи получают доступ через ограниченное число стандартных многофункциональных интерфейсов.

В сетях ISDN используется цифровая технология, получающая все большее распространение, так как:

- цифровые устройства, используемые в ISDN, производятся на основе интегральных схем высокой интеграции; по сравнению с аналоговыми устройствами они отличаются большой надежностью и устойчивостью в работе и, кроме того, в производстве и эксплуатации, как правило, дешевле;
- цифровую технологию можно использовать для передачи любой информации по одному каналу (акустических сигналов, телевизионных видеоданных, факсимильных данных);
- цифровые методы преодолевают многие из ограничений передачи и хранения, которые присущи аналоговым технологиям.

В сетях ISDN при передаче аналогового сигнала осуществляется преобразование его в последовательность цифровых значений, а при приеме – обратное преобразование.

Аналоговый сигнал проявляется как постоянное изменение амплитуды во времени. Например, при разговоре по телефону, который действует как преобразователь акусти-

ческих сигналов в электрические, механические колебания воздуха (чередование высокого и низкого давления) преобразуются в электрический сигнал с такой же характеристикой огибающей амплитуды. Однако непосредственная передача аналогового электрического сигнала по телефонной линии связи сопряжена с рядом недостатков: искажение сигнала вследствие его нелинейности, которая увеличивается усилителями, затухание сигнала при передаче через среду, подверженность влиянию шумов в канале и др.

В ISDN эти недостатки преодолимы. Здесь форма аналогового сигнала представляется в виде цифровых (двоичных) образов, цифровых значений, представляющих соответствующие значения амплитуды огибающей синусоидальных колебаний в точках, на дискретных уровнях. Цифровые сигналы также подвержены ослаблению и шумам при их прохождении через канал, однако на приемном пункте необходимо отмечать лишь наличие или отсутствие двоичного цифрового импульса, а не его абсолютное значение, которое важно в случае аналогового сигнала. Следовательно, цифровые сигналы принимаются надежнее, их можно полностью восстановить, прежде чем они из-за затухания станут ниже порогового значения.

Подключение пользовательского оборудования к сети ISDN производится на одной из двух стандартных скоростей [39]. Первая из них – «базовая» скорость (BRI – Basic Rate Interface), а вторая – «первичная» (PRI – Primary Rate Interface). При передаче информации по BRI в канале создаются три логических подканала, два из которых, называемые В-каналами, предназначены для передачи «полезной» информации пользователя (в частности, голоса). Каждый из В-каналов требует полосы пропускания 64 Кбит/с. Третий подканал, называемый D-каналом, требует такой же полосы пропускания и используется, прежде всего, для передачи служебной информации, которая определяет порядок обработки информации, передаваемой по В-каналам. Иногда D-канал используется для передачи полезной информации, его полоса пропускания равна 16 Кбит/с. Следовательно, общая полоса пропускания, т. е. скорость передачи, соответствующая интерфейсу BRI, составляет 144 Кбит/с.

Канал PRI имеет свою специфику в разных странах. В США, Канаде и Японии он состоит из двух В-каналов и одного D-канала, каждый из них имеет пропускную способность 64 Кбит/с, а общая пропускная способность PRI-канала равна 1536 Кбит/с (с учетом служебной информации). В Европе канал PRI занимает полосу пропускания 1920 Кбит/с.

Большая полоса пропускания каналов, необходимая для построения сетей ISDM, является основным препятствием на пути их распространения, особенно в странах со слабо развитой инфраструктурой высокоскоростных каналов связи. Однако существуют механизмы, позволяющие строить такие сети, более экономно используя полосу пропускания каналов связи. Один из таких механизмов позволяет уплотнять В-каналы, используемые для передачи голоса. При этом реализуется техника кодирования (преобразования акустических сигналов в цифровой код), получившая название импульсно-кодовой модуляции (ИКМ). В настоящее время техника кодирования голоса шагнула далеко вперед, обеспечивая вполне приемлемое качество голосовой связи при гораздо меньшей полосе пропускания (в одном из практических случаев голосовая информация, передаваемая по каждому из В-каналов, сжимается и передается со скоростью 6,33 Кбит/с [20]).

Преобразование аналоговых сигналов в цифровые осуществляется различными методами. Один из них – импульсно-кодовая модуляция (ИКМ).

По мнению специалистов [30], развитию сетей и технологий ISDN способствуют такие факторы: либерализация и приватизация в области телекоммуникаций (это приводит к появлению новых конкурентов и новых сетевых продуктов); сближение технологий информатизации, телекоммуникаций и отрасли развлечений (это положительно воздействует на развитие кабельного телевидения, спутниковой связи и радиодоступа,

при этом на первое место выходит задача обеспечения комплексности предоставления услуг связи); развитие сети Интернет; непрерывающийся рост сетей подвижной связи (эти сети растут значительно быстрее фиксированных сетей, причем наблюдается перераспределение трафика – с фиксированных сетей на сети подвижной связи). Разное состояние этих факторов, выступающих в роли движущих сил развития ISDN-сетей, приводит к различию стратегических и тактических подходов в деле их внедрения в разных странах.

Резкое возрастание роли ISDN-сетей объясняется тем, что они обеспечивают интегрированный доступ к речевым и неречевым услугам, имеют сложившуюся инфраструктуру, являются цифровыми сетями, основанными на использовании цифровых каналов 64 Кбит/с, обладают достаточной гибкостью. Популяризация ISDN-сети возрастает, поскольку по определению она является мультисервисной (обеспечивает услуги по предоставлению связи, доставке информации, а также дополнительные услуги), ориентированной на приложения. Термин «приложение» означает определенную сферу применения ISDN (например, дистанционное обучение), а термин «решение» используется для объяснения, каким образом данное приложение реализуется средствами ISDN (дистанционное обучение осуществляется с помощью услуги видеоконференцсвязи).

Технология ISDN стабильно развивается, а сеть на ее основе имеет необходимые интерфейсы с не ISDN-сетями. Кроме того, имеется большой набор терминального оборудования для ISDN-сетей.

Терминальное оборудование ISDN разбивается на такие группы: цифровые телефонные аппараты, терминальные адаптеры для ПК, оборудование видеосвязи.

Основные средства доступа к сети ISDN: маршрутизаторы или мосты локальных сетей, оконечные сетевые устройства базового и первичного доступа для ВОЛС и медных линий связи, мультиплексоры (для сбора и передачи информации от удаленных абонентов), системы для проведения видеоконференций, мини-УАТС (управленческие автоматические телефонные станции).

Цифровые УАТС с функциями ISDN позволяют: более полно использовать каналы связи для передачи данных и речи, выйти абоненту в сеть ISDN с различных устройств (телефона, факса, компьютера), одновременно передавать речь и данные (если в составе УАТС имеются двухпроводные цифровые телефонные аппараты с расширенными функциями и портом для подключения ПК), подключать мосты или маршрутизаторы для взаимодействия удаленных ЛКС.

Сети и технологии ISDN предоставляют пользователям следующие основные услуги: передача данных со скоростью 64 Кбит/с, передача речи в цифровом виде, телетекст, факс, видеосвязь. При использовании каждой из них абонент может воспользоваться такими дополнительными услугами: организация замкнутых групп пользователей, организация конференцсвязи, предоставление сети своего номера или отказ на предоставление и др.

Таким образом, сети ISDN, основной целью разработки которых было объединение в одной сети трафиков цифровых телефонных сетей и компьютерных данных, в настоящее время широко используются для решения задач по передаче информации в следующих областях: телефония, передача данных, объединение ЛКС, доступ к глобальным компьютерным сетям, интеграция различных видов трафика, передача трафика, чувствительного к задержкам (звук, видео).

Сети и технологии SDH. В сетях стандарта SDH (Synchronous Digital Hierarchy – синхронная цифровая иерархия) реализуется технология синхронных волоконно-оптических сетей. Это высокоскоростные сети цифровой связи, которые строятся на базе оптоволоконных кабельных линий или цифровых радиорелейных линий. Основу инфраструктуры современных высокоскоростных телекоммуникационных сетей (магистральных, региональных или городских) составляют цифровые линии и узлы сети стандарта SDH.

При построении сетей SDH используются следующие модули [39]:

- мультиплексоры SDH – это основные функциональные модули сетей SDH, предназначенные для сборки высокоскоростного потока информации из низкоскоростных потоков и разборки высокоскоростного потока на низкоскоростные;
- коммутаторы – обеспечивают связь каналов, закрепленных за пользователями, путем полупостоянного перекрестного соединения между ними;
- концентраторы – служат для объединения однотипных потоков нескольких удаленных узлов сети в одном распределенном узле;
- регенераторы – это устройства мультиплексирования с одним оптическим каналом доступа и одним-двумя выходами, используемыми для увеличения расстояния между узлами сети SDH.

Сети и технологии SDH отличаются высоким уровнем стандартизации (что позволяет в одной сети использовать оборудование разных фирм-производителей), высокой надежностью (централизованное управление сетью обеспечивает полный мониторинг состояния узлов), наличием полного программного контроля (отслеживание и регистрация аварийных ситуаций, управление конфигурацией сети осуществляется программными средствами с единой консоли управления), возможностью оперативного предоставления услуг по требованию, сравнительно простой схемой развития сети. Благодаря этим преимуществам технология SDH стала основной при построении цифровых транспортных сетей самого различного масштаба.

Топология всей SDH-сети формируется из отдельных базовых топологий типа «кольцо», «линейная цепь», «звезда», «точка-точка», которые используются в качестве сегментов сети. Чаще применяется радиально-кольцевая архитектура SDH-сети, построенная на базе кольцевой и линейной топологий.

В России наибольшую активность в использовании SDH-технологии проявляет АО «Ростелеком». Это АО ежегодно строит 5-6 тыс. км магистральных цифровых линий на основе волоконно-оптических кабелей (ВОЛС) и цифровых радиорелейных линий [30]. Компанией RASCOM построена в 1994 г. и эксплуатируется высокоскоростная цифровая оптоволоконная магистральная линия стандарта SDH между Москвой и Санкт-Петербургом протяженностью 690 км.

4.14. Сети и технологии ATM



Технология ATM (Asynchronous Transfer Mode – режим асинхронной передачи) является одной из самых перспективных технологий построения высокоскоростных сетей. Она обеспечивает максимально эффективное использование полосы пропускания каналов связи при передаче различного рода информации: голоса, видеоинформации, данных от самых разных типов устройств – асинхронных терминалов, узлов сетей передачи данных, локальных сетей и т. д. (к таким сетям относятся практически все ведомственные сети). Сети, в которых используется ATM-технология, называются ATM-сетями. Эффективность ATM-технологии заключается в возможности применения различных интерфейсов для подключения пользователей к сетям ATM.

Основные особенности ATM-технологии [66].

1. ATM – асинхронная технология, т. к. пакеты небольшого размера, называемые ячейками (cells), передаются по сети, не занимая конкретных временных интервалов, как это имеет место в В-каналах сетей ISDN.

2. Технология ATM ориентирована на предварительное (перед передачей информации) установление соединения между двумя взаимодействующими пунктами. После установления соединения ATM-ячейки маршрутизируют сами себя, поскольку каждая ячейка имеет поля, идентифицирующие соединение, к которому она относится.

3. По технологии ATM допускается совместная передача различных видов сигналов, включая речь, данные, видеосигналы. Достижимая при этом скорость передачи (от 155 Мбит/с до 2,2 Гбит/с) может быть обеспечена одному пользователю, рабочей группе или всей сети. В ATM-ячейке не предусматриваются позиции для определенных видов передаваемой информации, поэтому пропускная способность канала регулируется путем выделения полосы пропускания потребителю.

4. Поскольку передаваемая информация разбивается на ячейки фиксированного размера (53 байта), алгоритмы их коммутации реализованы аппаратно, что позволяет устранить задержки, неизбежные при программной реализации коммутации ячеек.

5. ATM-технология обладает способностью к наращиваемости, т. е. к увеличению размера сети путем каскадного соединения нескольких ATM-коммутаторов.

6. Построение ATM-сетей и реализация соответствующих технологий возможны на основе оптоволоконных линий связи, коаксиальных кабелей, неэкранированной витой пары. Однако в качестве стандарта на физические каналы для ATM выбран стандарт на оптоволоконные каналы связи синхронной цифровой иерархии SDH. Технология мультиплексирования и коммутации, разработанная для SDH, стала ATM-технологией.

7. ATM-технологии могут быть реализованы в ATM-сетях практически любой топологии, но окончечное оборудование пользователей подключается к коммутаторам ATM индивидуальными линиями по схеме «звезда».

Главное отличие ATM-технологии от других телекоммуникационных технологий заключается в высокой скорости передачи информации (в перспективе – до 10 Гбит/с), причем привязка к какой-либо одной скорости отсутствует. Важным является и то обстоятельство, что ATM-сети совмещают функции глобальных и локальных сетей, обеспечивая идеальные условия для «прозрачной» транспортировки различных видов трафика и доступа к услугам и службам взаимодействующих с сетью ATM-сетей.

ATM-технология допускает использование как постоянных (PVC), так и коммутируемых виртуальных каналов (SVC).



PVC представляет собой соединение (после предварительной настройки) между взаимодействующими пользователями сети, которое существует постоянно. Устройства, связываемые постоянным виртуальным каналом, должны вести довольно громоздкие таблицы маршрутизации, отслеживающие все соединения в сети. Следовательно, рабочие станции, соединенные PVC, должны иметь таблицы маршрутизации всех остальных станций сети, что неэкономично и может вызывать задержки в передаче.

Коммутируемые виртуальные каналы (SVC) позволяют устранить необходимость ведения сложных таблиц маршрутизации и таким образом повысить эффективность функционирования сети. Здесь соединение устанавливается динамически, при этом используются ATM-маршрутизаторы. В отличие от традиционных маршрутизаторов, которые требуют физического подключения сетевого сегмента к каждому из своих портов, в ATM-маршрутизаторах используется не физическая архитектура с ориентацией на соединения, а виртуальная сетевая архитектура, ориентированная на протоколы. Такие маршрутизаторы необходимы и удобны для создания виртуальной сети, для которой характерной является возможность переключения пользователей, находящихся в любой точке

сети, с одного сегмента на другой с сохранением виртуального адреса рабочей группы, что упрощает администратору сети задачу учета изменений списка пользователей.

АТМ-технология способна обрабатывать трафики различных классов.

В существующих спецификациях предусмотрены **четыре класса трафика**, которые могут быть в режиме АТМ [66]:

Класс А – синхронный трафик с постоянной скоростью передачи и с предварительным установлением соединения. Протокол, обслуживающий трафик этого класса, предназначен для обеспечения потребностей в сетевых услугах при передаче информации с постоянной скоростью (передача и прием АТМ-ячеек по АТМ-пути осуществляются с одной и той же скоростью). Примеры такого трафика – несжатая речь, видеоинформация.

Класс В – синхронный трафик с переменной скоростью передачи и с предварительным установлением соединения (например, сжатая речь, видеоинформация). Здесь, как и в случае трафика класса А, необходимы синхронизация аппаратуры отправителя и получателя и предварительное установление связи между ними, но допускается переменная скорость передачи. Информация передается через фиксированные промежутки времени, но ее объем в течение сеанса передачи может изменяться. Если объем передаваемой информации превышает фиксированный размер одной ячейки, эта информация разбивается на несколько ячеек, сборка которых осуществляется в пункте назначения.

Класс С – асинхронный трафик с переменной скоростью передачи с предварительным установлением соединения. Здесь синхронизации аппаратуры отправителя и получателя не требуется. Такой способ передачи необходим в сетях с коммутацией пакетов (сети X.25, Internet, сети с ретрансляцией кадров). Трафик класса С, видимо, станет основным для передачи информации в глобальных сетях.

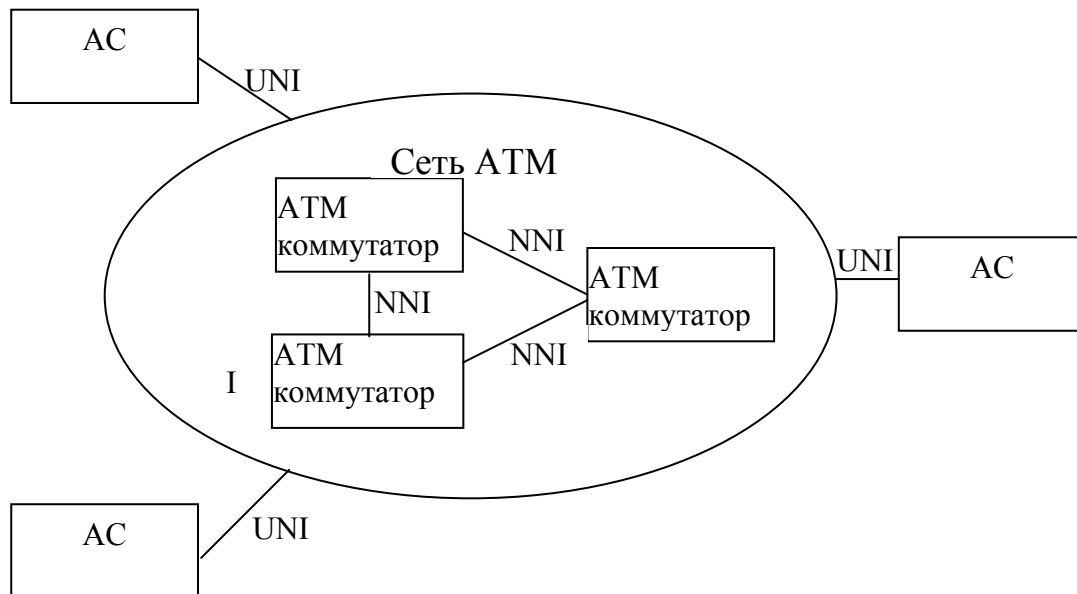
Класс D – асинхронный трафик с переменной скоростью передачи и без установления соединения. Протокол, управляющий доставкой трафика класса D, разработан для обеспечения многобитовой коммутации данных без установления соединения. В этом протоколе предусматривается использование кадров переменной длины: с помощью передатчика каждый кадр делится на сегменты фиксированного размера, которые помещаются в АТМ-ячейки; приемник собирает сегменты в исходный кадр, завершая таким образом процесс, который называется сегментацией и сборкой.

Режим асинхронной передачи основан на концепции двух оконечных пунктов сети (абонентских систем, терминалов), осуществляющих связь друг с другом через совокупность промежуточных коммутаторов. При этом используются интерфейсы двух типов: интерфейс пользователя с сетью (UNI – User-to-Network Interface) и интерфейс между сетями (NNI – Network-to-Network Interface). UNI соединяет устройство оконечного пользователя с общедоступным или частным АТМ-коммутатором, а NNI представляет собой канал связи между двумя АТМ-коммутаторами сети (рис. 34).

Соединение между двумя оконечными пунктами сети (напомним, что АТМ-технология ориентирована на предварительное установление соединения) возникает с того момента, когда один из них передает через UNI запрос в сеть. Этот запрос через цепочку АТМ-коммутаторов отправляется в пункт назначения для интерпретации. Если узел-адресат принимает запрос на соединение, то в АТМ-сети между двумя пунктами организуется виртуальный канал. UNI-устройства этих пунктов и промежуточные узлы сети (т. е. АТМ-коммутаторы) обеспечивают правильную маршрутизацию ячеек за счет того, что каждая АТМ-ячейка содержит два поля – идентификатор виртуального пути (VPI – Virtual Path Identifier) и идентификатор виртуального канала (VCI – Virtual Circuit Identifier). Информация, содержащаяся в полях VPI и VCI АТМ-ячейки, используется для однозначного решения задачи маршрутизации даже в случае, если у оконечной системы организовано несколько виртуальных связей.

Движущей силой развития технологии ATM является ее эффективность в обслуживании низкоскоростных приложений и возможность работы на сравнительно низких скоростях (от 2 Мбит/с). Говорить о «конкуренции» сетей FR и ATM неправомерно, т. к. в настоящее время FR является основным интерфейсом доступа к сетям ATM, позволяющим обеспечивать передачу по сети ATM разнородного трафика, динамически распределяя полосу пропускания.

Рис. 34. Сеть на базе ATM



Совмещение разнородных телекоммуникационных сетей, построенных на базе различных технологий (X.25, FR, IP и др.), для предоставления пользователям всего спектра услуг в настоящее время возможно только при использовании технологии ATM. Возможности этой технологии по совмещению различных ТСС возрастают, несмотря на их существенные различия, главные из которых состоят: в приспособленности к передаче разнородной информации (данных, голоса, видеоинформации), возможности полного использования имеющейся полосы пропускания и адаптации к качеству каналов связи, в наличии и качестве интерфейсного оборудования связи с другими сетями, в степени рассредоточенности элементов сети, а также в степени распространенности в том или ином регионе.

4.15. Спутниковые сети связи

Появление спутниковых сетей связи вызвало такую же революцию в передаче информации, как революция, вызванная изобретением телефона.

Первый спутник связи был запущен в 1958 г., а в 1965 г. запущен первый коммерческий спутник связи (оба – в США). Эти спутники были пассивными, позже на спутниках стали устанавливать усилители и приемопередающую аппаратуру.

В настоящее время спутники связи запускаются обычно на высоту 22300 миль и находятся на геосинхронной (геостационарной) орбите, плоскость которой параллельна плоскости экватора. Линейная скорость вращения спутника вокруг Земли равна 6879 миль/час, что обеспечивает уравновешивание гравитационного притяжения Земли и

стационарность вращения спутника по отношению к вращению Земли. Спутник как бы «зависает» над неподвижной точкой поверхности Земли. При таком положении спутника антенна наземной станции слежения может находиться в относительно неподвижном состоянии. Геосинхронные спутники часто запускаются группами по три спутника. Разнесенные друг от друга на 120° , они обеспечивают охват почти всей поверхности Земли.

В спутниковых системах связи используются антенны СВЧ – диапазона частот для приема радиосигналов от передающих наземных станций и для ретрансляции этих сигналов обратно на наземные станции. Большинство спутников используют гигагерцовый диапазон 6/4 ГГц, некоторые работают в диапазоне 14/12 ГГц (первая цифра – частота работы по звену Земля – спутник, а вторая – частота работы по звену спутник – Земля). Способность спутника принимать и передавать сигналы обеспечивается специальным устройством – транспондером. Взаимодействие между абонентами осуществляется по цепи: абонентская станция (отправитель информации) – передающая наземная радиотелеметрическая станция (РТС) – спутник – приемная наземная радиотелеметрическая станция – абонентская станция (получатель информации). Одна наземная РТС обслуживает группу близлежащих АС.

Для управления передачей данных между спутником и наземными РТС используются следующие способы:

1. Обычное мультиплексирование – с частотным разделением и временным разделением. В первом случае весь частотный спектр радиоканала разделяется на подканалы, которые распределяются между пользователями для передачи любого трафика. Издержки такого способа: при нерегулярном ведении передач подканалы используются нерационально; значительная часть исходной полосы пропускания канала используется в качестве разделительной полосы для предотвращения нежелательного влияния подканалов друг на друга. Во втором случае весь временной спектр делится между пользователями, которые по своему усмотрению распоряжаются предоставленными временными квантами (слотами). Здесь также возможно простаивание канала из-за нерегулярного его использования.

2. Обычная дисциплина «первичный/вторичные» с использованием методов и средств опроса/выбора. В качестве первичного органа, реализующего такую дисциплину управления спутниковой связью, чаще выступает одна из наземных РТС, а реже – спутник. Цикл опроса и выбора занимает значительное время, особенно при наличии в сети большого количества АС. Поэтому время реакции на запрос пользователя может оказаться для него неприемлемым.

3. Дисциплина управления типа «первичный/вторичные» без опроса с реализацией метода множественного доступа с квантованием времени. Здесь слоты назначаются первичной РТС, называемой эталонной. Принимая запросы от других РТС, эталонная станция в зависимости от характера трафика и занятости канала удовлетворяет эти запросы путем назначения станциям конкретных слотов для передачи кадров. Такой метод широко используется в коммерческих спутниковых сетях.

4. Равноранговые дисциплины управления. Для них характерным является то, что все пользователи имеют равное право доступа к каналу и между ними происходит соперничество за канал. В начале 1970-х годов Н. Абрамсон из Гавайского университета предложил метод эффективного соперничества за канал между некоординируемыми пользователями, названный системой АЛОНА. Существует несколько вариантов этой системы: система, реализующая метод случайного доступа (случайная АЛОНА); равноранговая приоритетная слотовая система (слотовая АЛОНА) и др.

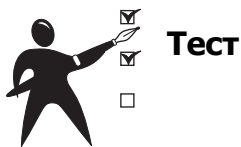
К основным **преимуществам спутниковых сетей связи** относятся следующие:

- большая пропускная способность, обусловленная работой спутников в широком диапазоне гигагерцовых частот. Спутник может поддерживать несколько тысяч речевых каналов связи;
- обеспечение связи между станциями, расположенными на очень больших расстояниях, и возможность обслуживания абонентов в самых труднодоступных точках;
- независимость стоимости передачи информации от расстояния между взаимодействующими абонентами (стоимость зависит от продолжительности передачи или объема передаваемого трафика);
- возможность построения сети без физически реализованных коммутационных устройств, обусловленная ширококесткостью работы спутниковой связи. Эта возможность связана со значительным экономическим эффектом, который может быть получен по сравнению с использованием обычной неспутниковой сети, основанной на многочисленных физических линиях связи и коммуникационных устройствах.

Недостатки спутниковых сетей связи:

- необходимость затрат средств и времени на обеспечение конфиденциальности передачи данных, на предотвращение возможности перехвата данных «чужими» станциями;
- наличие задержки приема радиосигнала наземной станцией из-за больших расстояний между спутником и РТС. Это может вызвать проблемы, связанные с реализацией канальных протоколов, а также временем ответа;
- возможность взаимного искажения радиосигналов от наземных станций, работающих на соседних частотах;
- подверженность сигналов на участках Земля-спутник и спутник-Земля влиянию различных атмосферных явлений.

Для разрешения проблем с распределением частот в диапазонах 6/4 и 14/12 ГГц и размещением спутников на орбите необходимо активное сотрудничество многих стран, использующих технику спутниковой связи.



1. *Какие функции распределенной операционной системы сети следует считать самыми главными:*
 - a) управление обменом пакетами между АС сети;
 - b) обеспечение доступа пользователей к ресурсам сети;
 - c) реализация функций служб информационной безопасности сети.
2. *Что представляют собой уровневые протоколы семиуровневой эталонной модели ВОС:*
 - a) это совокупность функций и процедур, выполняемых в рамках одного функционального уровня модели ВОС;
 - b) это протоколы взаимодействия АС сети;
 - c) это протоколы управления пакетами данных в сети.

3. *В чем состоят преимущества использования протоколов типа «маркерная шина»:*
 - a) в возможности применения любой очередности удовлетворения запросов АС, подключенных к общей шине;
 - b) в возможности применения в загруженных сетях;
 - c) в возможности передачи кадров произвольной длины.
4. *Как формируются базовые принципы информационной безопасности сети:*
 - a) обеспечение конфиденциальности информации;
 - b) обеспечение целостности данных сети;
 - c) обеспечение доступности информации в любое время для всех авторизованных пользователей.
5. *Что представляют собой:*
 - a) амплитудно-частотная характеристика линии связи;
 - b) пропускная способность линии связи;
 - c) полоса пропускания линии связи;
 - d) помехоустойчивость линии связи.
6. *Какие существуют способы преобразования цифровых данных в аналоговую форму:*
 - a) амплитудная модуляция;
 - b) частотная модуляция;
 - c) фазовая модуляция.
7. *Какие самосинхронизирующие коды получили наибольшее распространение:*
 - a) манчестерский код;
 - b) биполярный импульсивный код (RZ-код);
 - c) потенциальный код без возвращения к нулю (NRZ-код).
8. *Какие этапы имеют место при использовании импульсно-кодовой модуляции:*
 - a) отображение;
 - b) квантование;
 - c) кодирование
9. *Чем принципиально различаются между собой применяемые методы (алгоритмы) маршрутизации пакетов в КС:*
 - a) задержкой пакетов в сети;
 - b) степенью учета изменения топологии сети и ее загрузки;
 - c) сложностью оборудования, реализующего эти методы.
10. *При оценке способов коммутации пакетов в сетях, какие показатели являются главными:*
 - a) время доставки пакета адресату;
 - b) пропускная способность сети;
 - c) гибкость сети;
 - d) отсутствие потерь запросов на доставку пакетов.



Тренировочные задания к разделу 4

1. Найдите максимально допустимое расстояние S_{\max} между наиболее удаленными станциями локальной сети Ethernet, если известны величины:
 - $E_{\text{п, min}} = 512$ бит – минимальная длина пакета (кадра);
 - $V_{\text{к}} = 10$ Мбит/с – скорость передачи данных по коаксиальному кабелю (передающей среде в сети);
 - $V_{\text{с}} = 50000$ км/с – скорость распространения сигнала в передающей среде;
 - $T_{\text{п}} \geq 2 T_{\text{с, max}}$, т. е. время передачи пакета ($T_{\text{п}}$) должно быть более чем вдвое больше, чем время распространения сигнала ($T_{\text{с, max}}$) между наиболее удаленными станциями сети.

2. Определите максимальное время реакции на запрос пользователя ($T_{\text{р, max}}$) в локальной сети с кольцевой топологией, где реализуется ППД типа «маркерное кольцо» без приоритетов, если заданы величины:
 - $N_{\text{pc}} = 25$ – число рабочих станций в сети;
 - $V_{\text{с}} = 50000$ км/с – скорость распространения сигнала по коаксиальному кабелю (передающей среде);
 - $T_3 = 1500$ мкс – время задержки маркера с кадром в одном узле (рабочей станции) сети;
 - $S_{\text{к}} = 12,5$ км — длина кольцевого моноканала;
 - $E_{\text{к}} = 512$ байтов – общая длина маркера и кадра;
 - $V_{\text{к}} = 4$ Мбит/с – скорость передачи данных по моноканалу;
 - все абоненты сети активные, т. е. каждый из них готов к передаче своего кадра и выполняет эту операцию, когда подходит его очередь.

3. Определите максимальное время на передачу кадра от одной станции к другой в сети с звездообразной топологией и эстафетной передачей маркера по логическому кольцу (маркер переходит от одной РС к другой в порядке возрастания их сетевых номеров), если заданы величины:
 - $S_{\text{pc}} = 0,5$ км – расстояние между двумя РС сети (для всех РС оно принимается одинаковым);
 - $V_{\text{с}} = 50000$ км/с – скорость распространения сигнала в передающей среде (в коаксиальном кабеле);
 - $E_{\text{к}} = 512$ байтов — длина кадра вместе с маркером;
 - $V_{\text{к}} = 4$ Мбит/с – скорость передачи данных в сети;
 - $T_3 = 1500$ мкс – время задержки кадра в одном узле сети;
 - $N_{\text{pc}} = 32$ – число рабочих станций в сети.

ТЕМА 5.

Компьютерные сети и сетевые технологии

5.1. Характеристика и особенности ЛКС



Определение

Локальная компьютерная сеть представляет собой систему обмена информацией и распределенной обработки данных, охватывающую небольшую территорию (этаж, здание, несколько соседних зданий) внутри предприятий и организаций, т. е. это система взаимосвязанных и распределенных на фиксированной территории средств передачи, хранения и обработки информации, ориентированных на коллективное использование общесетевых ресурсов – аппаратных, программных, информационных. Такую сеть можно рассматривать как коммуникационную систему, которая поддерживает в пределах некоторой ограниченной территории один или несколько высокоскоростных каналов передачи информации, предоставляемых подключенным абонентским системам для кратковременного использования.

В обобщенной структуре ЛКС выделяются совокупность АС, серверов и коммуникационная подсеть (КП). Основными компонентами ЛКС являются кабели с оконечным приемо-передающим оборудованием, рабочие станции (РС), серверы, сетевые адаптеры, модемы, концентраторы, коммутаторы, маршрутизаторы, мосты (их назначение указано ниже).

Рабочие станции формируются на базе персональных компьютеров (ПК) и используются для решения прикладных задач, выдачи запросов в сеть на обслуживание, приема результатов удовлетворения запросов, обмена информацией с другими РС.



Определение

Серверы сети – это аппаратно-программные системы, выполняющие функции управления распределением сетевых ресурсов общего доступа, но могут работать и как обычные АС. Сервер создается на базе более мощного ПК, чем для РС. В ЛКС может быть несколько различных серверов для управления сетевыми ресурсами, однако всегда имеется один (или несколько) файл-сервер (сервер баз данных) для управления внешними ЗУ общего доступа и организации распределенных баз данных (РБД).

Рабочие станции и серверы соединяются с кабелем коммуникационной подсети с помощью интерфейсных плат-сетевых адаптеров (СА), основные функции которых: организация приема-передачи данных из (в) РС, согласование скорости приема-передачи информации (буферизация), формирование пакета данных, параллельно-последовательное преобразование кодов (конвертирование), кодирование/декодирование данных, проверка правильности передачи, установление соединения с требуемым абонентом сети, организация собственно обмена данными. В ряде случаев перечень функций СА существенно увеличивается, и тогда они строятся на основе микропроцессоров.

К основным характеристикам ЛКС относятся следующие:

- длина общего канала связи;
- вид физической среды передачи данных (волоконно-оптический кабель, витая пара, коаксиальный кабель);
- топология сети;
- максимальное число АС в сети;
- максимально возможное расстояние между РС в сети;
- максимальное число каналов передачи данных;
- максимальная скорость передачи данных;
- тип передачи сигналов (синхронный или асинхронный);
- способ синхронизации сигналов;
- метод доступа абонентов в сеть;
- структура программного обеспечения сети;
- возможность передачи голоса, изображений, видеосигналов;
- возможность связи ЛКС между собой и сетью более высокого уровня;
- возможность использования процедуры установления приоритетов при одновременном подключении абонентов к общему каналу;
- условия надежной работы сети.
- К числу наиболее типичных **областей применения ЛКС** относятся следующие [33]:
- *Обработка текстов* – одна из наиболее распространенных функций средств обработки информации, используемых в ЛКС. Передача и обработка информации в сети, развернутой на предприятии (в организации, вузе и т. д.), обеспечивает реальный переход к «безбумажной» технологии, вытесняя полностью или частично пишущие машинки.
- *Организация собственных информационных систем*, содержащих автоматизированные базы данных – индивидуальные и общие, сосредоточенные и распределенные. Такие БД могут быть в каждой организации или фирме.
- *Обмен информацией* между АС сети – важное средство сокращения до минимума бумажного документооборота. Передача данных и связь занимают особое место среди приложений сети, так как это главное условие нормального функционирования современных организаций.
- *Обеспечение распределенной обработки данных*, связанное с объединением АРМ всех специалистов данной организации в сеть. Несмотря на существенные различия в характере и объеме расчетов, проводимых на АРМ специалистами различного профиля, используемая при этом информация в рамках одной организации, как правило, находится в единой (интегрированной) базе данных. Поэтому объединение таких АРМ в сеть является целесообразным и весьма эффективным решением.
- *Поддержка принятия управленческих решений*, предоставляющая руководителям и управленческому персоналу организации достоверную и оперативную информацию, необходимую для оценки ситуации и принятия правильных решений.
- *Организация электронной почты* – одного из видов услуг ЛКС, позволяющих руководителям и всем сотрудникам предприятия оперативно получать всевозможные сведения, необходимые в его производственно-хозяйственной, коммерческой и торговой деятельности.
- *Коллективное использование дорогостоящих ресурсов* – необходимое условие снижения стоимости работ, выполняемых в порядке реализации вышеуказанных применений ЛКС. Речь идет о таких ресурсах, как высокоскоростные печатающие устройства, запоминающие устройства большой емкости, мощные средства обра-

ботки информации, прикладные программные системы, базы данных, базы знаний. Очевидно, что такие средства нецелесообразно (вследствие невысокого коэффициента использования и дороговизны) иметь в каждой абонентской системе сети. Достаточно, если в сети эти средства имеются в одном или нескольких экземплярах, но доступ к ним обеспечивается для всех АС.

В зависимости от характера деятельности организации, в которой развернута одна или несколько локальных сетей, указанные функции реализуются в определенной комбинации. Кроме того, могут выполняться и другие функции, специфические для данной организации.

Типы ЛКС. Для деления ЛКС на группы используются определенные классификационные признаки [33]:

- По назначению ЛКС делятся на информационные (информационно-поисковые), управляющие (технологическими, административными, организационными и другими процессами), информационно-расчетные и другие.
- По типам используемых в сети ЭВМ их можно разделить на неоднородные, где применяются различные классы (микро-, мини-, большие) и модели (внутри классов) ЭВМ, а также различное абонентское оборудование, и однородные, содержащие одинаковые модели ЭВМ и однотипный состав абонентских средств.
- По организации управления однородные ЛКС разделяются на сети с централизованным и децентрализованным управлением.

В сетях с централизованным управлением выделяются одна или несколько машин (центральных систем или органов), управляющих работой сети. Диски выделенных машин, называемых файл-серверами или серверами баз данных, доступны всем другим компьютерам (рабочим станциям) сети. На серверах работает сетевая ОС. Рабочие станции имеют доступ к дискам серверов и совместно используемым принтерам, но, как правило, не могут работать непосредственно с дисками других РС. Серверы могут быть выделенными, и тогда они выполняют только задачи управления сетью и не используются как РС, или невыделенными, когда параллельно с задачей управления сетью выполняют пользовательские программы (при этом снижается производительность сервера и надежность работы всей сети из-за возможной ошибки в пользовательской программе, которая может привести к остановке работы сети). Такие сети отличаются простотой обеспечения функций взаимодействия между АС ЛКС. В сетях с централизованным управлением большая часть информационно-вычислительных ресурсов сосредоточена в центральной системе.

Если информационно-вычислительные ресурсы ЛКС равномерно распределены по большому числу АС, централизованное управление мало эффективно из-за резкого увеличения служебной (управляющей) информации. В этом случае эффективными оказываются сети с децентрализованным (распределенным) управлением, или одноранговые. В таких сетях нет выделенных серверов, функции управления сетью передаются по очереди от одной РС к другой. Рабочие станции имеют доступ к дискам и принтерам других РС. Это облегчает совместную работу групп пользователей, но производительность сети несколько понижается.

По скорости передачи данных в общем канале различают:

- ЛКС с малой пропускной способностью (единицы и десятки мегабит в секунду), в которых в качестве физической передающей среды используются обычно витая пара или коаксиальный кабель;
- ЛКС со средней пропускной способностью (десятки мегабит в секунду), в которых используется также коаксиальный кабель или витая пара;
- ЛКС с большой пропускной способностью (сотни мегабит в секунду), где применяются оптоволоконные кабели (световоды).

По топологии, т. е. конфигурации элементов в сети, ЛКС бывают с шинной топологией, кольцевой, звездообразной, смешанной (звездно-кольцевой, сегментированной).

Отметим **основные особенности ЛКС и их отличия от глобальных сетей**. Они заключаются в следующем [39]:

1. *Качество линий связи, способ их прокладки и протяженность*. Поскольку ЛКС по определению отличаются небольшой протяженностью линий связи, в таких сетях стало возможным применение высококачественных линий (коаксиального кабеля, витой пары, оптоволоконного кабеля), не всегда доступным в ГКС из-за экономических ограничений. В ГКС часто применяются уже существующие телефонные линии связи, а в ЛКС они прокладываются заново.

2. *Разделение каналов*. Каналы связи в ЛКС используются, как правило, совместно несколькими узлами сети, а в ГКС – индивидуально.

3. *Использование метода коммутации пакетов*. Для ЛКС характерно неравномерное распределение нагрузки, т. е. наличие пульсирующего трафика. В связи с этим очень эффективной оказывается коммутация пакетов, обеспечивающая большую пропускную способность сети. В ГКС наряду с коммутацией пакетов используются и другие методы коммутации, а также некоммутируемые каналы.

4. *Масштабируемость*. ЛКС отличаются плохой масштабируемостью из-за жесткости базовых топологий, определяющих способ подключения РС и длину линий связи. ГКС рассчитаны на работу с произвольными топологиями, поэтому для них характерна хорошая масштабируемость.

5. *Сложность оборудования и методов передачи данных*. В ЛКС наличие качественных линий связи позволило упростить процедуры передачи данных (применяются немодулированные информационные сигналы, отсутствует обязательное подтверждение получения пакета) и соответствующее оборудование. В ГКС из-за низкой надежности физических каналов эти процедуры значительно сложнее: широко применяются модуляция, асинхронные методы передачи данных, сложные методы контроля достоверности передачи данных и обеспечения их безопасности и т. д.

6. *Скорость обмена данными*. В ЛКС, где используются высокоскоростные каналы (10, 16, 100 и более Мбит/с), она неизмеримо больше, чем в ГКС, где скорости передачи данных 2400, 9600, 28800, 33600 бит/с, 56 и 64 Кбит/с и только на магистральных каналах – до 2 Мбит/с.

7. *Оперативность удовлетворения запросов пользователей*. Для ЛКС обычным является режим on-line, поэтому время доставки пакета (кадра) адресату составляет несколько миллисекунд. В ГКС, где скорость передачи данных сравнительно низкая, это время исчисляется несколькими секундами, реализация служб для режима on-line затруднена, зато широко используется режим off-line (дейтаграммный режим доставки пакетов).

8. *Перечень услуг пользователям*. В ЛКС этот перечень существенно шире, чем в ГКС, где в основном предоставляются почтовые услуги и передача файлов.

Заметим, что указанные особенности ЛКС и их отличия от глобальных сетей характерны для сетей конца 80-х и начала 90-х годов XX-го века. В последние годы наметилась устойчивая тенденция сближения ЛКС и ГКС, приведшая к значительному взаимопроникновению их технологий. Одним из проявлений этой тенденции является появление корпоративных и городских сетей, занимающих промежуточное положение между локальными и глобальными сетями. В таких сетях даже при больших расстояниях между узлами прокладываются качественные линии связи, обеспечивающие высокие скорости передачи данных. Используются оптоволоконные линии связи, упрощаются процедуры обеспечения корректности передачи информации, как это имеет место в сети Frame Relay. Режим работы on-line стал обычным и в ГКС, например в гипертек-

стовой информационной службе WWW (World Wide Web), интерактивные возможности которой перенесены в ЛКС.

Процесс переноса служб и технологий из глобальных сетей в локальные и корпоративные сети приобрел практически массовый характер. В связи с этим появился даже специальный термин – Intranet-технологии (Intra – внутренний), обозначающий применение служб внешних (глобальных) сетей во внутренних (локальных, корпоративных).

В ЛКС стали обращать такое же большое внимание на обеспечение безопасности информации, как и в глобальных, т. е. используются те же методы защиты информации от несанкционированного доступа.

Появляются новые технологии, предназначенные для использования в ГКС и ЛКС. Это прежде всего технология АТМ, объединяющая все существующие виды трафика в одной транспортной сети.

5.2. Протоколы и технологии локальных сетей

В локальных сетях основная роль в организации взаимодействия узлов принадлежит протоколу канального уровня, который ориентирован на вполне определенную топологию ЛКС. Так, самый популярный протокол этого уровня – **Ethernet** – рассчитан на топологию «общая шина», когда все узлы сети параллельно подключаются к общей для них шине, а протокол **Token Ring** – на топологию «звезда». При этом применяются простые структуры кабельных соединений между РС сети, а для упрощения и удешевления аппаратных и программных решений реализовано совместное использование кабелей всеми РС в режиме разделения времени (в режиме TDH). Такие простые решения, характерные для разработчиков первых ЛКС во второй половине 70-х годов XX-го века, наряду с положительными имели и отрицательные последствия, главные из которых – ограничения по производительности и надежности.

Поскольку в ЛКС с простейшей топологией («общая шина», «кольцо», «звезда») имеется только один путь передачи информации, производительность сети ограничивается пропускной способностью этого пути, а надежность сети – надежностью пути. Поэтому по мере развития и расширения сфер применения локальных сетей с помощью специальных коммуникационных устройств (мостов, коммутаторов, маршрутизаторов) эти ограничения постепенно снимались. Базовые конфигурации ЛКС («шина», «кольцо») превратились в элементарные звенья, из которых формируются более сложные структуры локальных сетей, имеющие параллельные и резервные пути между узлами.

Однако внутри базовых структур локальных сетей продолжают работать все те же протоколы Ethernet и Token Ring. Объединение этих структур (сегментов) в общую, более сложную локальную сеть осуществляется с помощью дополнительного оборудования, а взаимодействие РС такой сети – с помощью других протоколов.

В развитии локальных сетей, кроме отмеченного, наметились и другие тенденции:

- отказ от разделяемых сред передачи данных и переход к использованию активных коммутаторов, к которым РС сети присоединяются индивидуальными линиями связи;
- появление нового режима работы в ЛКС при использовании коммутаторов – полnodулексного (хотя в базовых структурах локальных сетей РС работают в полnodулексном режиме, т. к. сетевой адаптер станции в каждый момент времени либо передает свои данные, либо принимает другие, но не делает это одновременно). Сегодня каждая технология ЛКС приспособлена для работы как в полnodулексном, так и в полnodулексном режимах.

Стандартизация протоколов ЛКС осуществлена комитетом 802, организованном в 1980 в институте IEEE. Стандарты семейства IEEE 802.X охватывают только два нижних уровня модели ВОС – физический и канальный. Именно эти уровни отражают специфику локальных сетей, старшие уровни, начиная с сетевого, имеют общие черты для сетей любого класса.

В локальных сетях, как уже отмечалось, канальный уровень разделен на два подуровня:

- логической передачи данных (LLC);
- управления доступом к среде (MAC).

Протоколы подуровней MAC и LLC взаимно независимы, т. е. каждый протокол подуровня MAC может работать с любым протоколом подуровня LLC, и наоборот.

Подуровень MAC обеспечивает совместное использование общей передающей среды, а подуровень LLC – организует передачу кадров с различным уровнем качества транспортных услуг. В современных ЛКС используются несколько протоколов подуровня MAC, реализующих различные алгоритмы доступа к разделяемой среде и определяющих специфику технологий Ethernet, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, Token Ring, FDDI, 100VG-AnyLAN.

Протокол LLC. Для технологий ЛКС этот протокол обеспечивает необходимое качество транспортной службы. Он занимает положение между сетевыми протоколами и протоколами подуровня MAC. По протоколу LLC кадры передаются либо дейтаграммным способом, либо с помощью процедур с установлением соединения между взаимодействующими станциями сети и восстановлением кадров путем их повторной передачи при наличии в них искажений.

Различают три режима работы протокола LLC:

- LLC1 – процедура без установления соединения и без подтверждения. Это дейтаграммный режим работы. Он используется обычно тогда, когда восстановление данных после ошибок и упорядочение данных осуществляется протоколами вышележащих уровней;
- LLC2 – процедура с установлением соединения и подтверждением. По этому протоколу перед началом передачи между взаимодействующими РС устанавливается логическое соединение и, если это необходимо, выполняются процедуры восстановления кадров после ошибок и упорядочения потока кадров в рамках установленного соединения (протокол работает в режиме скользящего окна, используемом в сетях ARQ). Логический канал протокола LLC2 является дуплексным, т. е. данные могут передаваться одновременно в обоих направлениях;
- LLC3 – процедура без установления соединения, но с подтверждением. Это дополнительный протокол, который применяется, когда временные задержки (например, связанные с установлением соединения) перед отправкой данных не допускаются, но подтверждение о корректности приема данных необходимо. Протокол LLC3 используется в сетях, работающих в режиме реального времени по управлению промышленными объектами.

Указанные три протокола являются общими для всех методов доступа к передающей среде, определенных стандартами IEEE 802.X.

Кадры подуровня LLC по своему назначению делятся на три типа – информационные (для передачи данных), управляющие (для передачи команд и ответов в процедурах LLC2) и нумерованные (для передачи нумерованных команд и ответов LLC1 и LLC2).

Все кадры имеют один и тот же формат: адрес отправителя, адрес получателя, контрольное поле (где размещается информация, необходимая для контроля правильности передачи данных), поле данных и два обрамляющих однобайтовых поля «Флаг» для

определения границ кадра LLC. Поле данных может отсутствовать в управляющих и нумерованных кадрах. В информационных кадрах, кроме того, имеется поле для указания номера отправленного кадра, а также поле для указания номера кадра, который отправляется следующим.

Технология Ethernet (стандарт 802.3). Это самый распространенный стандарт локальных сетей. По этому протоколу в настоящее время работают более 5 миллионов ЛКС. Имеется несколько вариантов и модификаций технологии Ethernet, составляющих целое семейство технологий. Из них наиболее известными являются 10-мегабитный вариант стандарта IEEE 802.3, а также новые высокоскоростные технологии Fast Ethernet и Gigabit Ethernet. Все эти варианты и модификации отличаются типом физической среды передачи данных.

Все виды стандартов Ethernet используют один и тот же метод доступа к передающей среде – метод случайного доступа CSMA/CD. Он применяется исключительно в сетях с общей логической шиной, которая работает в режиме коллективного доступа и используется для передачи данных между любыми двумя узлами сети. Такой метод доступа носит вероятностный характер: вероятность получения в свое распоряжение среды передачи зависит от загруженности сети. При значительной загрузке сети интенсивность коллизий возрастает и ее полезная пропускная способность резко падает.

Полезная пропускная способность сети – это скорость передачи пользовательских данных, переносимых полем данных кадров. Она всегда меньше номинальной битовой скорости протокола Ethernet за счет служебной информации кадра, межкадровых интервалов и ожидания доступа к среде. При передаче кадров минимальной длины (72 байта вместе с преамбулой) максимально возможная пропускная способность сегмента Ethernet составляет 14880 кадр/с, а полезная пропускная способность – всего 5,48 Мбит/с, что немного превышает половину номинальной пропускной способности – 10 Мбит/с. При передаче кадров максимальной длины (1518 байт) полезная пропускная способность равна 9,76 Мбит/с, что близко к номинальной скорости протокола. Наконец, при использовании кадров средней длины с полем данных в 512 байт, полезная пропускная способность равна 9,29 Мбит/с, т. е. также мало отличается от предельной пропускной способности в 10 Мбит/с. Следует учесть, что такие скорости достигаются только при отсутствии коллизий, когда двум взаимодействующим узлам другие узлы не мешают. Коэффициент использования сети в случае отсутствия коллизий и ожидания доступа имеет максимальное значение 0,96.

Технологией Ethernet поддерживаются 4 разных типа кадров, имеющих общий формат адресов. Распознавание типа кадров осуществляется автоматически. В качестве примера приведем структуру кадра 802.3/LLC.

Такой кадр имеет следующие поля:

- поле преамбулы – состоит из семи синхронизирующих байт 10101010, которые используются для реализации манчестерского кодирования;
- начальный ограничитель кадра – состоит из одного байта 10101011 и указывает на то, что следующий байт – это первый байт заголовка кадра;
- адрес назначения – длина его 6 байт, он включает признаки, по которым устанавливает тип адреса – индивидуальный (кадр отправляется одной РС), групповой (кадр отправляется группе РС), широковещательный (для всех РС сети);
- адрес источника (отправителя) – длина его 2 или 6 байт;
- длина поля данных – 2-байтовое поле, определяющее длину поля данных в кадре;
- поле данных – длина его от 0 до 1500 байт. Если длина этого поля меньше 46 байт, то используется так называемое поле заполнения, чтобы дополнить кадр до минимального допустимого значения в 46 байт;

- поле заполнения – длина его такая, чтобы обеспечить минимальную длину поля данных в 46 байт (это необходимо для корректной работы механизма обнаружения ошибок). Поле заполнения в кадре отсутствует, если длина поля данных достаточна;
- поле контрольной суммы – состоит из 4 байт и содержит контрольную сумму, которая используется на приемной стороне для выявления ошибок в принятом кадре.

В зависимости от типа физической среды по стандарту IEEE 802.3 различают следующие спецификации:

- 10Base-5 – толстый коаксиальный кабель (диаметр 0,5 дюйма), максимальная длина сегмента сети 500 метров;
- 10Base-2 – тонкий коаксиальный кабель (диаметр 0,25 дюйма), максимальная длина сегмента без повторителей 185 метров;
- 10 Base-T – неэкранированная витая пара, образующая звездообразную топологию на основе концентратора. Расстояние между концентратором и PC – не более 100 метров;
- 10Base-F – волоконно-оптический кабель, образующий звездообразную топологию. Расстояние между концентратором и PC – до 1000 м и 2000 м для различных вариантов этой спецификации.

В этих спецификациях число 10 обозначает битовую скорость передачи данных (10 Мбит/с), слово Base – метод передачи на одной базовой частоте 10 МГц, последний символ (5, 2, T, F) – тип кабеля.

Для всех стандартов Ethernet имеют место следующие характеристики и ограничения:

- номинальная пропускная способность – 10 Мбит/с;
- максимальное число PC в сети – 1024;
- максимальное расстояние между узлами в сети – 2500 м;
- максимальное число коаксиальных сегментов сети – 5;
- максимальная длина сегмента – от 100 м (для 10Base-T) до 2000 м (для 10Base-F);
- максимальное число повторителей между любыми станциями сети – 4.

Технология Token Ring (стандарт 802.5). Здесь используется разделяемая среда передачи данных, состоящая из отрезков кабеля, соединяющих все PC сети в кольцо. К кольцу (общему разделяемому ресурсу) применяется детерминированный доступ, основанный на передаче станциям права на использование кольца в определенном порядке. Это право передается с помощью маркера. Маркерный метод доступа гарантирует каждой PC получение доступа к кольцу в течение времени оборота маркера. Используется приоритетная система владения маркером – от 0 (низший приоритет) до 7 (высший). Приоритет для текущего кадра определяется самой станцией, которая может захватить кольцо, если в нем нет более приоритетных кадров.

В сетях Token Ring в качестве физической среды передачи данных используются экранированная и неэкранированная витая пара и волоконно-оптический кабель. Сети работают с двумя битовыми скоростями – 4 и 16 Мбит/с, причем в одном кольце все PC должны работать с одной скоростью. Максимальная длина кольца – 4 км, а максимальное количество PC в кольце – 260. Ограничения на максимальную длину кольца связаны со временем оборота маркера по кольцу. Если в кольце 260 станций и время удержания маркера каждой станцией равно 10 мс, то маркер после совершения полного оборота вернется в активный монитор через 2,6 с. При передаче длинного сообщения, разбиваемого, например на 50 кадров, это сообщение будет принято получателем в лучшем случае (когда активной является только PC-отправитель) через 260 с, что для пользователей не всегда приемлемо.

Максимальный размер кадра в стандарте 802.5 не определен. Обычно он принимается равным 4 Кбайт для сетей 4 Мбит/с и 16 Кбайт для сетей 16 Мбит/с.

В сетях 16 Мбит/с используется также и более эффективный алгоритм доступа к кольцу. Это алгоритм раннего освобождения маркера (ETR): станция передает маркер доступа следующей станции сразу же после окончания передачи последнего бита своего кадра, не дожидаясь возвращения по кольцу этого кадра и занятого маркера. В этом случае по кольцу будут передаваться одновременно кадры нескольких станций, что существенно повышает эффективность использования пропускной способности кольца. Конечно, и в этом случае в каждый данный момент генерировать кадр в кольцо может только та РС, которая в этот момент владеет маркером доступа, а остальные станции будут только ретранслировать чужие кадры.

Технология Token Ring существенно сложнее технологии Ethernet. В ней заложены возможности отказоустойчивости: за счет обратной связи кольца одна из станций (активный монитор) непрерывно контролирует наличие маркера, время оборота маркера и кадров данных, обнаруженные ошибки в сети устраняются автоматически, например потерянный маркер может быть восстановлен. В случае выхода из строя активного монитора, выбирается новый активный монитор и процедура инициализации кольца повторяется.

Стандарт Token Ring (технология этих сетей была разработана еще в 1984 г. фирмой IBM, которая является законодателем мод в этой технологии) изначально предусматривал построение связей в сети с помощью концентраторов, называемых MAU, т. е. устройствами многостанционного доступа. Концентратор может быть пассивным (соединяет порты внутренними связями так, чтобы РС, подключенные к этим портам, образовали кольцо, а также обеспечивает обход какого-либо порта, если подключенный к этому порту компьютер выключается) или активным (выполняет функции регенерации сигналов и поэтому иногда называется повторителем).

Для сетей Token Ring характерна звездно-кольцевая топология: РС подключаются к концентраторам по топологии звезды, а сами концентраторы через специальные порты Ring In (RI) и Ring Out (RO) объединяются для образования магистрального физического кольца. Сеть Token Ring может строиться на основе нескольких колец, разделенных мостами, маршрутизирующими кадры адресату (каждый кадр снабжается полем с маршрутом прохождения колец).

Недавно технология Token Ring стараниями компании IBM получила новое развитие: предложен новый вариант этой технологии (HSTR), поддерживающий битовые скорости в 100 и 155 Мбит/с. При этом сохранены основные особенности технологии Token Ring 16 Мбит/с.

Технология FDDI. Это первая технология ЛКС, в которой для передачи данных используется волоконно-оптический кабель. Она появилась в 1988 г. и ее официальное название – оптоволоконный интерфейс распределенных данных (Fiber Distributed Data Interface, FDDI). В настоящее время в качестве физической среды, кроме волоконно-оптического кабеля, применяется неэкранированная витая пара.

Технология FDDI предназначена для использования на магистральных соединениях между сетями, для подключения к сети высокопроизводительных серверов, в корпоративных и городских сетях. Поэтому в ней обеспечена высокая скорость передачи данных (100 Мбит/с), отказоустойчивость на уровне протокола и большие расстояния между узлами сети. Все это сказалось на стоимости подключения к сети: для подключения клиентских компьютеров эта технология оказалась слишком дорогой.

Существует значительная преемственность между технологиями Token Ring и FDDI. Основные идеи технологии Token Ring восприняты и получили совершенствование и развитие в технологии FDDI, в частности, кольцевая топология и маркерный метод доступа.

В сети FDDI для передачи данных используются два оптоволоконных кольца, образующих основной и резервный пути передачи между РС. Станции сети подключаются к обоим кольцам. В нормальном режиме задействовано только основное кольцо. В случае отказа какой-либо части основного кольца оно объединяется с резервным кольцом, вновь образуя единое кольцо (это режим «свертывания» колец) с помощью концентраторов и сетевых адаптеров. Наличие процедуры «свертывания» при отказах – основной способ повышения отказоустойчивости сети. Существуют и другие процедуры для определения отказов в сети и восстановления ее работоспособности.

Основное отличие маркерного метода доступа к передающей среде, используемого в сети FDDI, от этого метода в сети Token Ring, заключается в том, что в сети FDDI время удержания маркера является постоянной величиной только для синхронного трафика, который критичен к задержкам передачи кадров. Для асинхронного трафика, не критичного к небольшим задержкам передачи кадров, это время зависит от загрузки кольца: при небольшой загрузке оно увеличивается, а при большой – может уменьшаться до нуля. Таким образом, для асинхронного трафика метод доступа является адаптивным, хорошо регулирующим временные перегрузки сети. Механизм приоритетов кадров отсутствует. Считается, что достаточно разделить трафик на два класса – синхронный, который обслуживается всегда (даже при перегрузках кольца), и асинхронный, обслуживаемый при малой загрузке кольца. Станции FDDI применяют алгоритм раннего освобождения маркера, как это сделано в сети Token Ring со скоростью 16 Мбит/с. Синхронизация сигналов обеспечивается применением биполярного кода NRZI.

В сети FDDI выделенный активный монитор отсутствует, все станции и концентраторы равноправны, и при обнаружении отклонений от нормы они осуществляют повторную инициализацию сети и, если это необходимо, ее реконфигурацию.

Результаты сравнения технологии FDDI с технологиями Ethernet и Token Ring [39] приведены в табл. 8.

Таблица 8.

Характеристики	Тип технологии		
	FDDI	Ethernet	Token Ring
Пропускная способность	100	10	16
Топология	Двойное кольцо	«Шина», «звезда»	«Звезда», «кольцо»
Метод доступа	Маркерный, доля от времени оборота маркера	CSMA/CD	Маркерный, приоритетная система резервирования
Среда передачи данных	Оптоволокно, неэкранированная витая пара	Толстый коаксиал, тонкий коаксиал, витая пара, оптоволоконно	Экранированная и неэкранированная витая пара, оптоволоконно
Максимальная длина сети (без мостов)	200 км (100 км на кольцо)	2500 м	4000 м
Максимальное расстояние между узлами	2 км	2500 м	100 м
Максимальное количество узлов	500	1024	260

Технологии Fast Ethernet и 100VG-AnyLAN. Обе эти технологии не являются самостоятельными стандартами и рассматриваются как развитие и дополнение технологии Ethernet, реализованное соответственно в 1995 и 1998 годах. Новые технологии Fast Ethernet (стандарт 802.3и) и 100VG-AnyLAN (стандарт 802.3z) имеют производительность 100 Мбит/с и отличаются степенью преемственности с классическим Ethernet.

В стандарте 802.3и сохранен метод случайного доступа CSMA/CD и тем самым обеспечена преемственность и согласованность сетей 10 Мбит/с и 100 Мбит/с.

В технологии 100VG-AnyLAN используется совершенно новый метод доступа – Demand Priority (DP), приоритетный доступ по требованию. Эта технология существенно отличается от технологии Ethernet.

Отметим **особенности технологии Fast Ethernet** и ее отличия от технологии Ethernet:

- структура физического уровня технологии Fast Ethernet более сложная, что объясняется использованием трех вариантов кабельных систем: волоконно-оптический кабель, витая пара категории 5 (используются две пары), витая пара категории 3 (используются четыре пары). Отказ от коаксиального кабеля привел к тому, что сети этой технологии всегда имеют иерархическую древовидную структуру;
- диаметр сети сокращен до 200 м, время передачи кадра минимальной длины уменьшено в 10 раз за счет увеличения скорости передачи в 10 раз;
- технология Fast Ethernet может использоваться при создании магистралей локальных сетей большой протяженности, но только в полудуплексном варианте и совместно с коммутаторами (полудуплексный вариант работы для этой технологии является основным);
- для всех трех спецификаций физического уровня, отличающихся типом используемого кабеля, форматы кадров отличаются от форматов кадров технологий 10-мегабитного Ethernet;
- признаком свободного состояния передающей среды является не отсутствие сигналов, а передача по ней специального символа в кодированном виде;
- для представления данных при передаче по кабелю и обеспечения синхронизации сигналов манчестерский код не используется. Применяется метод кодирования 4В/5В, хорошо себя зарекомендовавший в технологии FDDI. В соответствии с этим методом каждые 4 бита передаваемых данных представляются 5 битами, т. е. из 32 комбинаций 5-битных символов для кодирования исходных 4-битных символов используются только 16 комбинаций, а из оставшихся 16 комбинаций выбираются несколько кодов, которые используются как служебные. Один из служебных кодов постоянно передается в течение пауз между передачей кадров. Если он в линии связи отсутствует, то это свидетельствует об отказе физической связи;
- кодирование и синхронизация сигналов осуществляются с помощью биполярного кода NRZI;
- технология Fast Ethernet рассчитана на использование концентраторов-повторителей для образования связей в сети (то же самое имеет место для всех некоаксиальных вариантов Ethernet).

Особенности технологии 100VG-AnyLAN заключается в следующем:

- используется другой метод доступа к передающей среде – Demand Priority, обеспечивающий более эффективное распределение пропускной способности сети между запросами пользователей и поддерживающий приоритетный доступ для синхронного режима работы. В качестве арбитра доступа используется концентратор, который циклически выполняет опрос рабочих станций. Станция, желая передать свой кадр, посылает специальный сигнал концентратору, запрашивает

передачу кадра и указывает его приоритет. Имеются два уровня приоритетов – низкий (для обычных данных) и высокий (для данных, чувствительных к временным задержкам, например мультимедиа). Приоритеты запросов имеют две составляющие – статическую и динамическую, поэтому станция с низким уровнем приоритета, долго не имеющая доступа к сети, получает высокий приоритет;

- передача кадров осуществляется только станции назначения, а не всем станциям сети;
- сохранены форматы кадров Ethernet и Token Ring, что облегчает межсетевое взаимодействие через мосты и маршрутизаторы;
- поддерживаются несколько спецификаций физического уровня, предусматривающих использование четырех и двух неэкранированных витых пар, двух экранированных витых пар и двух оптоволоконных кабелей. Если используются 4 пары неэкранированного кабеля, по каждой паре одновременно передаются данные со скоростью 25 Мбит/с, что в сумме дает 100 Мбит/с. Коллизии при передаче информации отсутствуют. Для кодирования данных применяется код 5В/6В, идея использования которого аналогична коду 4В/5В.

Технология 100VG-AnyLAN не нашла такого широкого распространения, как Fast Ethernet. Это объясняется узостью технических возможностей поддержки разных типов трафика, а также появлением высокоскоростной технологии Gigabit Ethernet.

Технология Gigabit Ethernet. Появление этой технологии представляет собой новую ступень в иерархии сетей семейства Ethernet, обеспечивающую скорость передачи в 1000 Мбит/с. Стандарт по этой технологии принят в 1998г., в нем максимально сохранены идеи классической технологии Ethernet.

По поводу технологии Gigabit Ethernet следует отметить следующее:

- на уровне протокола не поддерживаются (так же, как и у его предшественников): качество обслуживания, избыточные связи, тестирование работоспособности узлов и оборудования. Что касается качества обслуживания, то считается, что высокая скорость передачи данных по магистрали и возможность назначения пакетам приоритетов в коммутаторах вполне достаточны для обеспечения качества транспортного обслуживания пользователей сети. Поддержка избыточных связей и тестирование оборудования осуществляются протоколами более высоких уровней;
- сохраняются все форматы кадров Ethernet;
- имеется возможность работы в полудуплексном и полнодуплексном режимах. Первый из них поддерживает метод доступа CSMA/CD, а второй – работу с коммутаторами;
- поддерживаются все основные виды кабелей, как и в предшествующих технологиях этого семейства: волоконно-оптический, витая пара, коаксиал;
- минимальный размер кадра увеличен с 64 до 512 байт, максимальный диаметр сети тот же – 200 м. Можно передавать несколько кадров подряд, не освобождая среду.

Технология Gigabit Ethernet позволяет строить крупные локальные сети, в которых серверы и магистрали нижних уровней сети работают на скорости 100 Мбит/с, а магистраль 1000 Мбит/с объединяет их, обеспечивая запас пропускной способности.

До сих пор рассматривались протоколы, работающие на первых трех уровнях семиуровневой эталонной модели ВОС и реализующие соответствующие методы логической передачи данных и доступа к передающей среде. В соответствии с этими протоколами передаются пакеты между рабочими станциями, но не решаются вопросы, связанные с сетевыми файловыми системами и переадресацией файлов. Эти протоколы не включают никаких средств обеспечения правильной последовательности приема переданных данных и средств идентификации прикладных программ, нуждающихся в обмене данными.

В отличие от протоколов нижнего уровня протоколы верхнего уровня (называемые также протоколами среднего уровня, так как они реализуются на 4-м и 5-м уровнях модели ВОО) служат для обмена данными. Они предоставляют программам интерфейс для передачи данных методом дейтаграмм, когда пакеты адресуются и передаются без подтверждения получения, и методом сеансов связи, когда устанавливается логическая связь между взаимодействующими станциями (источником и адресатом) и доставка сообщений подтверждается.

Протоколы верхнего уровня подробно рассматриваются в следующей главе. Здесь лишь коротко отметим протокол IPX/SPX, получивший широкое применение в локальных сетях особенно в связи с усложнением их топологии (вопросы маршрутизации перестали быть тривиальными) и расширением предоставляемых услуг. IPX/SPX – сетевой протокол NetWare, причем IPX (Internetwork Packet Exchange) – протокол межсетевого обмена пакетами, а SPX (Sequenced Packet Exchange) – протокол последовательного обмена пакетами.

Протокол IPX/SPX. Этот протокол является набором протоколов IPX и SPX. Фирма Nowell в сетевой операционной системе NetWare применяет протокол IPX для обмена дейтаграммами и протокол SPX для обмена в сеансах связи.

Протокол IPX/SPX относится к программно-реализованным протоколам. Он не работает с аппаратными прерываниями, используя функции драйверов операционных систем. Пара протоколов IPX/SPX имеет фиксированную длину заголовка, что приводит к полной совместимости разных реализаций этих протоколов.

Протокол IPX применяется маршрутизаторами в сетевой операционной системе (СОС) NetWare. Он соответствует сетевому уровню модели ВОО и выполняет функции адресации, маршрутизации и переадресации в процессе передачи пакетов данных. Несмотря на отсутствие гарантий доставки сообщений (адресат не передает отправителю подтверждения о получении сообщения) в 95 % случаев не требуется повторной передачи. На уровне IPX выполняются служебные запросы к файловым серверам, и каждый такой запрос требует ответа со стороны сервера. Этим и определяется надежность работы методом дейтаграмм, так как маршрутизаторы воспринимают реакцию сервера на запрос как ответ на правильно переданный пакет.

Протокол SPX работает на транспортном уровне модели ВОО, но имеет и функции, свойственные протоколам сеансового уровня. Он осуществляет управление процессами установки логической связи, обмена и окончания связи между любыми двумя узлами (рабочими станциями) ЛКС. После установления логической связи пакеты могут циркулировать в обоих направлениях с гарантией того, что они передаются без ошибок. Протокол SPX гарантирует очередность приема пакетов согласно очередности отправления.

5.3. Сетевое коммуникационное оборудование локальных сетей

Ниже рассматриваются наиболее массовые типы сетевого коммуникационного оборудования ЛКС – кабельные системы, сетевые адаптеры, концентраторы, мосты и коммутаторы. Кроме кабельной системы, которая является протоколно независимой, все остальные типы по своему устройству и функциям существенно зависят от того, какой конкретно протокол из числа рассмотренных выше в них реализован.



Определение

Кабельная система. Она составляет фундамент любой компьютерной сети и представляет собой набор коммуникационных элементов (кабелей, разъемов, кроссовых панелей и шкафов, коннекторов), которые удовлетворяют стандартам локальных сетей и позволяют создавать регулярные, легко расширяемые структуры сетей путем добавления сегментов, коммутаторов или изъятия ненужного оборудования.

Структурированная кабельная система (СКС), отвечающая высоким требованиям к качеству кабельной системы, строится избыточной, что облегчает реконфигурацию и расширение сетей (стоимость последующего расширения СКС превосходит стоимость установки избыточных элементов).

СКС состоит из трех подсистем: горизонтальной (в пределах этажа), соединяющей кроссовый шкаф этажа с розетками пользователей; вертикальной, соединяющей кроссовые шкафы каждого этажа с центральной аппаратной здания; подсистему кампуса, соединяющей несколько зданий с главной аппаратной всего кампуса. Горизонтальная подсистема отличается многообразием ответвлений и перекрестных связей, наиболее подходящий тип кабеля для нее – неэкранированная витая пара. Вертикальная подсистема (иначе называемая магистральной) должна передавать данные на большие расстояния и с большей скоростью. Для нее выбор кабеля ограничивается тремя вариантами: волоконно-оптический кабель (это предпочтительный вариант), толстый коаксиал, широкополосный кабель, используемый в кабельном телевидении. Для подсистемы кампуса предпочтительным кабелем является оптоволокно.

Структурированная кабельная система по сравнению с хаотически проложенными кабелями обладает рядом преимуществ: более высокой надежностью (производитель СКС гарантирует качество не только ее отдельных элементов, но и их совместимость), универсальностью (СКС может стать единой передающей средой в ЛКС для передачи компьютерных данных, организации локальной телефонной сети, передачи видеoinформации), большим сроком службы (до 10-15 лет), меньшими затратами при расширении сети с целью добавления новых РС (что объясняется избыточностью СКС), обеспечением более эффективного обслуживания (в СКС отказ одного сегмента не приводит к отказу всей сети, так как сегменты объединяются концентраторами, которые диагностируют и локализуют неисправный участок).

Сетевые адаптеры (СА). Сетевые адаптеры, концентраторы и кабельная система – это минимум оборудования для создания ЛКС с общей разделяемой средой, но с небольшим количеством РС, иначе общая среда становится узким местом по пропускной способности. Поэтому сетевые адаптеры и концентраторы используются для построения базовых фрагментов сетей, которые объединяются в более крупные структуры с помощью мостов, коммутаторов и маршрутизаторов.

Сетевой адаптер вместе со своим драйвером реализует функции канального уровня в компьютере конечного узла сети. Распределение функций между СА и его драйвером стандартами не определяется. Адаптеры ориентированы на определенную архитектуру ЛКС и ее характеристики. В зависимости от того, какой протокол реализует адаптер, адаптеры бывают Ethernet-адаптеры, Token Ring-адаптеры, FDDI-адаптеры и т. д. Дифференциация адаптеров по выполняемым функциям и ориентация их на определенную архитектуру ЛКС привели к большому многообразию типов адаптеров и разбросу их характеристик.

По перечню выполняемых функций и объему работы различают адаптеры для клиентских компьютеров (адаптеры рабочих станций) и адаптеры для серверов. Первые из них проще и дешевле за счет того, что значительная часть работы перекладывается на драйвер, следствием чего является высокая загрузка центрального процессора компьютера рутинной работой по передаче кадров из оперативной памяти в сеть. Адаптеры для серверов значительно сложнее, они обычно снабжаются собственными процессорами, выполняющими большой перечень функций, в том числе и всю работу по передаче кадров из оперативной памяти в сеть и в обратном направлении.

Главные операции, которые выполняет сетевой адаптер совместно с драйвером – передача и прием кадров.

Передача кадра из компьютера в сеть включает следующие этапы:

- прием кадра данных LLC вместе с адресной информацией MAC-уровня. В выполнении этого этапа участвует операционная система компьютера;
- оформление кадра данных MAC-уровня, в который инкапсулируется кадр LLC-уровня, заполнение адресов отправителя и получателя, вычисление контрольной суммы;
- формирование символов кодов при использовании избыточных кодов типа 4B/5B;
- реализация цифрового кодирования в соответствии с принятым линейным кодом – манчестерским, NRZI и т. п. и выдача сигналов в кабель.

Прием кадра из сети в компьютер включает такие действия:

- прием из кабеля сигналов, кодирующих битовый поток;
- выделение информационных сигналов на фоне шума (выполняется специализированными микросхемами);
- проверка контрольной суммы кадра. Если она верна, то из MAC-кадра извлекается LLC-кадр и передается протоколу LLC и далее помещается в буфер оперативной памяти. Если контрольная сумма неверна, то кадр отбрасывается, а протоколу LLC передается соответствующий код ошибки.

В своем развитии наиболее распространенные адаптеры прошли четыре поколения.

Адаптеры первого поколения выполнялись на дискретных логических микросхемах и поэтому имели низкую надежность. Их структура была наиболее простой, в частности, буферная память рассчитана только на один кадр, что приводило к низкой производительности адаптеров (все кадры передавались последовательно в сеть и из сети).

В адаптерах второго поколения применялся метод многокадровой буферизации, что повысило их производительность: стало возможным одновременно взаимодействовать с оперативной памятью по передаче или приему кадра и с сетью.

Адаптеры третьего поколения строятся на специализированных интегральных схемах, обеспечивающих повышение их производительности и надежность. Производительность повышена и за счет конвейерной схемы обработки кадров: процессы приема кадра из оперативной памяти компьютера и передачи его в сеть совмещаются во времени (после приема нескольких байт в параллельном коде сразу же начинается их передача в последовательном коде). Это повышение производительности адаптера важно для повышения производительности сети в целом.

Выпускаемые в настоящее время адаптеры можно отнести к адаптерам четвертого поколения. Они выполняют ряд высокоуровневых функций, таких, как приоритезация кадров, дистанционное управление компьютером, адаптация к временным параметрам шины и оперативной памяти компьютера с целью повышения производительности обмена «сеть-компьютер».

Концентраторы. Концентратор (или: хаб, повторитель) используется во всех технологиях ЛКС. В зависимости от области применения значительно изменяется состав его функций и конструктивное исполнение, но основная функция остается неизменной – это побитное повторение кадра на всех портах, либо только на некоторых портах. Концентратор имеет несколько портов, к которым подключаются рабочие станции сети. Он объединяет физические сегменты сети в единую разделяемую среду, логика доступа к которой зависит от используемой технологии. Для каждого типа технологии выпускаются свои концентраторы.

К числу дополнительных функций концентраторов относятся следующие:

- отключение некорректно работающих портов и переход на резервное кольцо (для технологии Token Ring). Функция отключения портов называется автосегментацией. Причины отключения портов могут быть такими: ошибки на уровне кадра

(неверная контрольная сумма, неверная длина кадра – больше 1518 байт или меньше 64 байт, неоформленный заголовок кадра), множественные коллизии (если источником коллизии является один и тот же порт 60 раз подряд, то он отключается и через некоторое время снова подключается), затянувшаяся передача кадра (если время передачи превышает время передачи кадра максимальной длины в 3 раза, то порт отключается);

- выполнение функций, облегчающих контроль и эксплуатацию сети;
- реализация некоторых способов защиты данных в разделяемых средах от несанкционированного доступа. Наиболее простой из них – назначение портам концентратора разрешенных MAC-адресов. Компьютер с таким MAC-адресом нормально работает с сетью через данный порт. Если злоумышленник отсоединяет этот компьютер и присоединяет вместо него свой, концентратор это замечает, отключает порт и факт нарушения прав доступа фиксируется. Другой способ защиты данных – их шифрование.

Существуют несколько типов концентраторов, отличающихся конструктивным исполнением и выполняемыми функциями – концентратор с фиксированным количеством портов, модульный концентратор, стековый концентратор, модульно-стековый концентратор. Некоторые из этих типов являются многосегментными концентраторами, способными делить сеть на сегменты программным способом, без физической перекоммутации устройств. Многосегментные концентраторы являются программируемой основой больших сетей.

Мосты и коммутаторы как средство логической структуризации сети. В настоящее время эксплуатируется громадное количество сравнительно небольших (на 10-30 РС) локальных сетей, в том числе и тех, в которых передаются большие объемы мультимедийной информации и применяются высокоскоростные технологии (скорость обмена до 1000 Мбит/с). Для них характерно использование одной разделяемой среды, что позволяет реализовать стандартные технологии и приводит к экономичным и эффективным решениям.

Эффективность одной разделяемой среды для небольших ЛКС очевидна:

- возможность использования стандартного набора протоколов, а следовательно, сравнительно дешевого коммуникационного оборудования – сетевых адаптеров, повторителей, концентраторов;
- возможность наращивания (в определенных пределах) числа узлов сети;
- довольно простое управление сетью, чему способствует сама логика разделения среды, не допускающая потерь кадров из-за переполнения буферов коммуникационных устройств.

Однако по мере развития локальных сетей, появления новых технологий и протоколов все в большей степени стали проявляться недостатки ЛКС на одной разделяемой среде. Главные из них следующие:

- невозможность построения крупных сетей (на сотни и тысячи узлов) на основе одной разделяемой среды. Причина не только в том, что все технологии ограничивают количество узлов в разделяемой среде (Token Ring – 260 узлами, FDDI – 500 узлами, все виды семейства Ethernet – 1024 узлами), но и в плохой работе сети на одной разделяемой среде, если количество РС приближается к разрешенному пределу;
- резкое возрастание величины задержки доступа к передающей среде при достижении коэффициента использования сети некоторого порогового значения (коэффициент использования сети, иначе называемый коэффициентом нагрузки сети, это отношение трафика, который должна передать сеть, к ее максимальной

пропускной способности). Для всего семейства технологий Ethernet пороговое значение этого коэффициента равно 40-50 %, для технологии Token Ring – 60 % и для технологии FDDI – 70 %;

- имеются жесткие ограничения максимальной длины сети: они лежат в пределах нескольких километров и только для технологии FDDI это несколько десятков километров.

Все эти недостатки и ограничения, возникающие из-за использования общей разделяемой среды, преодолеваются путем разделения сети на несколько разделяемых сред, или отдельных сегментов, которые соединяются мостами, коммутаторами или маршрутизаторами. Следовательно, единая разделяемая среда, созданная концентраторами, делится на несколько частей (сегментов), подсоединяемых к портам моста, коммутатора или маршрутизатора. Такое деление сети называется логической структуризацией, а ее отдельные части – логическими сегментами, каждый из которых представляет собой единую разделяемую среду.

Мосты и коммутаторы осуществляют передачу кадров на основе адресов канального уровня (MAC-адресов), а маршрутизаторы – на основе номера сети. Таким образом, логические сегменты, построенные на основе мостов и коммутаторов, являются строительными элементами более крупных сетей, объединяемых маршрутизаторами. Коммутаторы относятся к категории наиболее быстродействующих коммуникационных устройств. Они соединяют высокоскоростные логические сегменты без блокировки (уменьшения пропускной способности) межсегментного трафика.

Мосты и коммутаторы, появившиеся позже (в начале 90-х годов), выполняют практически одни и те же функции: это устройства логической структуризации сетей на канальном уровне, осуществляющие продвижение кадров на основании одних и тех же алгоритмов. Основное отличие между ними в том, что мост обрабатывает кадры последовательно (один кадр за другим), а коммутатор – параллельно (одновременно между всеми парами своих портов). Мост, работающий на базе одного процессора, соединяет два логических сегмента (отсюда и название – мост). Его производительность сравнительно небольшая – 3-5 тысяч кадров в секунду. Коммутатор – это многопортовый и многопроцессорный мост, обрабатывающий кадры со скоростью до нескольких миллионов кадров в секунду. Поэтому с начала 90-х годов начался быстрый процесс вытеснения мостов коммутаторами. В настоящее время локальные мосты сетевой индустрией практически не производятся. Они используются лишь на достаточно медленных глобальных связях между двумя удаленными локальными сетями.

Основной характеристикой коммутатора является его производительность, которая определяется такими показателями: скоростью фильтрации кадров, скоростью продвижения кадров, пропускной способностью, задержкой передачи кадра.



Определение

Скорость фильтрации – это скорость выполнения следующих операций: прием кадра в буфер коммутатора; просмотр адресной таблицы с целью нахождения порта, куда следует направить кадр; уничтожение кадра, если порт назначения и порт отправителя находятся в пределах одного и того же логического сегмента (в этом случае передача кадров осуществляется без участия коммутатора).

У всех коммутаторов эта скорость является неблокирующей, т. е. кадры отфильтровываются в темпе их поступления.



Определение

Скорость продвижения кадров – это скорость выполнения следующих этапов обработки кадров: прием кадра в буфер коммутатора, просмотр адресной таблицы с целью нахождения порта-получателя кадра, передача кадра в сеть через найденный порт назначения.

Единицей измерения для указанных скоростей является число кадров в секунду.



Определение

Пропускная способность коммутатора – это количество пользовательских данных (в мегабитах в секунду), переданных в единицу времени через его порты. Поэтому естественно, что максимальное значение пропускной способности коммутатора достигается при передаче кадров максимальной длины, для которых доля служебной информации гораздо меньше, чем для кадров минимальной длины.

Задержка передачи кадров – это время с момента прихода первого байта кадра на входной порт коммутатора до момента появления этого байта на его выходном порту. При полной буферизации кадров (для кадров минимальной длины) эта задержка колеблется от 50 до 200 мкс [39].

Кроме устранения недостатков и ограничений, имеющих место при использовании общей разделяемой среды для всех узлов сети, **логическая структуризация сети обладает рядом преимуществ**. К их числу относятся следующие:

1. *Повышение производительности сети* при том же количестве узлов, составе и характеристиках сетевого оборудования. Это объясняется разгрузкой сегментов: в пределах данного сегмента циркулируют информационные потоки, создаваемые только «своими» рабочими станциями.

2. *Увеличение гибкости сети*. Каждая подсеть, т. е. логический сегмент сети, может быть адаптирована к специфическим особенностям рабочей группы пользователей, которую она обслуживает. Этому способствует и то, что каждая подсеть имеет свои средства управления, повышающие степень ее самостоятельности.

3. *Повышение безопасности данных*, циркулирующих в сети. Это обеспечивается путем запрета доступа определенных пользователей к ресурсам «чужих» сегментов, установления различных логических фильтров на мостах, коммутаторах и маршрутизаторах с целью контроля доступа к ресурсам, чего не позволяют сделать повторители. При работе в ширококешательном режиме в сети с общей разделяемой средой информация распространяется по всей кабельной системе, поэтому лица, заинтересованные в расстройстве схемы адресации и приеме не адресованных им передач, имеют для этого большие возможности. В сети с логической структуризацией защищенность информации выше, так как работа в ширококешательном режиме возможна только в пределах логического сегмента.

4. *Упрощение управления сетью*. Это можно рассматривать как побочный эффект уменьшения трафика и повышения безопасности данных. Подсети образуют логические домены управления сетью, поэтому проблемы одной подсети не оказывают влияния на другие подсети.

5. *Повышение надежности работы сети*: выход из строя одной подсети не отражается на работе других взаимосвязанных подсетей сети, так как коммуникационное оборудование, осуществляющее множественное взаимодействие, изолирует отказавшие подсети.

6. *Увеличивается диапазон действия сети*, так как коммуникационное оборудование устраняет ограничение по допустимой протяженности кабеля.

7. *Возможность использования приоритезации трафика.* Эта возможность обусловлена тем, что коммутаторы буферизируют кадры перед их отправкой на другой порт. Для каждого входного и выходного порта коммутатор формирует не одну, а несколько очередей, отличающихся по приоритету обработки. Приоритезация трафика коммутаторами – это один из механизмов обеспечения качества транспортного обслуживания в ЛКС. Она особенно желательна для приложений, предъявляющих различные требования к допустимым задержкам кадров и к пропускной способности сети.

8. *Возможность использования полнодуплексного режима работы* протоколов локальных сетей. Такая возможность предоставляется коммутаторами ЛКС. В этом режиме отсутствует этап доступа к разделяемой среде, а общая скорость передачи данных увеличивается в два раза (по сравнению с полудуплексным режимом).

9. *Отсутствие необходимости в замене уже установленного оборудования* – кабельной системы, сетевых адаптеров, концентраторов. К портам коммутаторов можно подключать как конечный узел сети, так и концентратор, организующий логический сегмент.

5.4. Программное обеспечение и функционирование ЛКС

Программное обеспечение (ПО) ЛКС имеет иерархическую структуру, соответствующую семиуровневой модели ВОС. Это существенно облегчает задачу стандартизации ПО в соответствии с общепринятыми протоколами. Известно, что основная задача ЛКС – обеспечение прикладных процессов, реализуемых АС сети. Выполнение прикладных процессов обеспечивается средствами прикладных программ сети (ППС), которые реализуют протоколы верхнего (прикладного) уровня модели ВОС и соответственно образуют верхний уровень программной структуры ЛКС. Выполнение процессов взаимодействия, с помощью которых осуществляется передача данных между прикладными процессами различных АС, производится средствами сетевых операционных систем, а также аппаратными средствами сети. Обычно программы СОС локальных сетей реализуют протоколы трех верхних уровней модели ВОС: прикладного уровня (вместе с ППС), представительного и сеансового. Протоколы нижних четырех уровней (транспортного, сетевого, канального и физического) реализуются преимущественно аппаратными средствами, но в принципе процедуры этих уровней (кроме физического) могут быть реализованы программно средствами СОС.



Определение

Сетевые операционные системы. СОС – это система программных средств, управляющих процессами в сети и объединенных общей архитектурой, определенными коммуникационными протоколами и механизмами взаимодействия вычислительных процессов [34]. Они обеспечивают пользователям стандартный и удобный доступ к разнообразным сетевым ресурсам и обладают высоким уровнем прозрачности, т. е. изолируют от пользователя все различия, особенности и физические параметры привязки процессов к обрабатываемым ресурсам. Операционная система, управляющая работой ЛКС, является распределенной. Она распределяет все ресурсы сети между АС и организует обмен между ними.

Возможны следующие варианты структур СОС ЛКС:

а) каждая РС сети реализует все функции СОС, т. е. хранит в своей ОП резидентную часть СОС и имеет доступ к любой нерезидентной части, хранящейся на внешних носителях;

б) каждая РС сети имеет копии программ только часто реализуемых функций СОС, копии программ редко реализуемых функций имеются в памяти только одной (или нескольких) РС;

в) каждая РС сети выполняет определенный набор функций СОС, причем этот набор является либо индивидуальным, либо некоторые функции будут общими для нескольких РС. Основные функции СОС выполняются сервером сети.

Различия в структурах СОС обусловлены принятыми способами управления ЛКС (децентрализованное или централизованное управление). Отличительной особенностью СОС ЛКС является наличие слоя операционных систем, обеспечивающего обмен информацией между РС сети.

В сетях с централизованным управлением, например, типа «клиент-сервер», сетевая операционная система, называемая также ОС сервера, обеспечивает выполнение базовых функций, таких как поддержка файловой системы, планирование задач, управление памятью. Сетевая операционная система и ОС рабочей станции абонентской системы могут быть не совместимы, и тогда для обеспечения взаимодействия сервера и РС в рабочую станцию вводится специальная программа, называемая сетевой оболочкой. Оболочка загружается в оперативную память РС как резидентная программа. Она воспринимает прикладные запросы пользователей сети и определяет место их обработки – в локальной ОС станции или в СОС на сервере. Если запрос должен обрабатываться в сети, оболочка преобразует его в соответствии с принятым протоколом, обеспечивая тем самым передачу запроса по нужному адресу.

В персональных компьютерах, используемых в качестве РС, применяются ОС с разной архитектурой и возможностями. Ядро ОС обычно дополняется набором сервисных программ, с помощью которых осуществляется начальная разметка дисков, установка параметров внешних устройств, тестирование оперативной памяти, выдача информации на печать, стыковка с другими РС и т. д. Получило широкое распространение и фактически стандартизировано несколько «семейств» операционных систем – CP/M, MSX, MS DOS, Windows, Unix, OS/2, ориентированных на определенные классы компьютеров.

Для обеспечения эффективного функционирования ЛКС большое значение имеет выбор СОС. Когда ЛКС типа «клиент-сервер» имеет простую структуру с общей разделяемой средой, использовались такие СОС, как NetWare фирмы Novell, LAN Server фирмы IBM, LAN Manager фирмы Microsoft, Vines фирмы Banyan, выполненная на базе Unix, Windows NT. Они отличались между собой по таким параметрам, как надежность, удобство и разнообразие административных средств для управления сетью и работой пользователей, использование разделяемых ресурсов, наличие средств защиты информации от несанкционированного доступа, объем резидентской части, занимаемой сетевой оболочкой на РС, зависимость производительности сети от количества РС в ней, возможность использования нескольких серверов в сети. Каждая из указанных СОС имеет свои преимущества и недостатки: NetWare обладает хорошим сервисом файлов и их печати, Unix считается лучшим сервером приложений, первые версии Windows NT обладают конкурентоспособной службой файлов и печати, представляют собой неплохой сервер приложений и выгодно отличаются по показателю цена/производительность.

Однако по мере развития локальных сетей, превращения их в сложные электронные магистрали масштаба предприятия, указанные сетевые операционные системы стали все в меньшей степени удовлетворять возросшим требованиям. В настоящее время выбор СОС для современных многосегментных ЛКС свелся к дилемме: последние версии NetWare или Windows NT фирмы Microsoft. В «битве гигантов», т. е. двух фирм Novell и Microsoft, уверенную победу одерживает Microsoft, продукция которой по всему миру завоевывает все более широкие рынки. Со временем, видимо, Windows NT практически вытеснит NetWare с рынка.

Привлекательность системы Windows NT (особенно последних ее версий, в частности, Windows NT 5.0, получившая широкое распространение под названием Windows 2000) объясняется многими факторами: эффективными и постоянно прогрессирующими решениями компании Microsoft, закладываемыми в архитектуру системы; тесной связью системы с клиентскими ОС; расширением ее функциональности и интегрируемости с другими системами; ростом производительности и снижением стоимости. В настоящее время большинство серверов Internet работают под управлением Windows NT.

Операционная система Windows NT относится к типу «клиент-сервер». Ее архитектура отвечает современным требованиям к ОС и имеет ряд новых особенностей и преимуществ [39]:

- наличие специального компонента для управления взаимодействием клиентов и сервера: прикладные программы не имеют прямого доступа к аппаратным средствам и защищенным компонентам ОС, их запросы воспринимаются, контролируются и выполняются специальным компонентом ОС – исполняющей системой NT Executive, основу которой составляет микроядро. Именно микроядро управляет взаимодействием клиентов и сервера;
- переносимость, т. е. возможность работы на многих аппаратных платформах (на Intel – компьютерах с процессорами Pentium, на RISC – компьютерах RiMIPS R4x00, Digital Alpha AXP21xxx, Motorola Power PC60x и др.);
- масштабируемость, т. е. способность полностью использовать возможности симметричных многопроцессорных систем, способность эффективно управлять работой локальной сети в режиме «клиент-сервер»;
- наличие более совершенной системы защиты, причем объектом защиты может быть любой ресурс – файл, программа, процесс, устройство, пользователь;
- наличие привилегированных подсистем, требующих доступа к системным ресурсам, которые обычно не предоставляются прикладным программам;
- поддержка распределенной обработки данных по запросам практически неограниченного числа пользователей, поддержка рабочих групп пользователей и разнообразных транспортных протоколов;
- возможность работы с любыми файловыми системами, что обеспечивает разнообразные возможности ОС;
- наличие системы приоритетов для выполняемых процессов и операций. Высший приоритет присваивается операциям ввода-вывода, выполняемым в режиме реального времени;
- возможность параллельной обработки в симметричных многопроцессорных системах;
- высокая надежность и отказоустойчивость, обеспечиваемые архитектурными решениями и избыточностью в уязвимых точках аппаратных и программных средств компьютера;
- возможность репликации (тиражирования) каталогов с одного сервера на другой, что весьма полезно в компьютерных сетях. Благодаря такой возможности пользователи могут обращаться к сетевым сервисам, не ожидая ответа от конкретного сервера.

Указанные особенности и преимущества обусловили широкие сферы применения Windows NT. Наиболее широкая сфера использования этой системы связана с компьютерными сетями, где она применяется в качестве СОС.

Система Windows NT Server может использоваться в качестве [39]:

- сервера управления функционированием компьютерной сети (ЛКС, ККС, ГКС);

- сервера удаленного доступа, позволяющего пользователю удаленной рабочей станции, связанной с сетью через этот сервер, чувствовать себя полноправным клиентом сети;
- сервера обеспечения защиты данных от несанкционированного доступа и контроля за доступом;
- файл-сервера, обеспечивающего создание централизованного хранилища большого количества файлов для коллективного использования;
- сервера приложений, приспособленного для работы в системах клиент-сервер в качестве высокопроизводительного компьютера, выполняющего запросы РС;
- сервера печати, обеспечивающего выполнение запросов пользователей сети на печатные работы;
- сервера домена, обеспечивающего централизованное управление и защиту в больших сетях, где формируются домены – произвольные группы серверов, использующих единую базу учетных записей пользователей и политику защиты. Один из серверов этой группы, т. е. домена, выполняет функции контроллера домена (сервера домена);
- сервера резервирования данных, обеспечивающего возможность резервного копирования файлов на магнитную ленту;
- сервера связи для соединения различных сегментов многосегментной сети, а также сопряжения разнородных сетей, прежде всего, с довольно распространенной сетью NetWare.

В связи с постоянным ростом популярности системы Windows NT ряд фирм выпустили продукты, позволяющие ее совместную работу с другими сетями.

В сетях с децентрализованным управлением, или одноранговых сетях (по сравнению с ЛКС с централизованным управлением их существенно меньше), объединяются компьютеры, каждый из которых может быть и сервером, и клиентом. В такой сети любой компьютер работает под управлением обычной дисковой ОС, а для выполнения сетевых функций в его оперативную память загружаются программы одноранговой СОС.

Для одноранговых ЛВС популярными СОС являются NetWare Lite фирмы Novell и LANtastic фирмы Artisoft. Большинство этих систем базируются на ОС ПЭВМ типа MS DOS, OS/2, Unix и Windows.

Система NetWare Lite довольно удобна для управления работой небольших одноранговых сетей топологии Ethernet и Token Ring. В сети с системой NetWare Lite управление сетью сравнительно простое, оно включает распределение ресурсов между пользователями, управление доступом к сети и другие задачи. Здесь также может быть введен администратор, однако, как правило, каждый пользователь сам решает, какие ресурсы своей АС он выделяет в общее распоряжение. Система NetWare Lite работает в среде MS DOS, поэтому ее возможности, предоставляемые прикладным программам, не отличаются от возможностей DOS (например, режим «клиент-сервер» здесь невозможен).

Система LANtastic (выпущена фирмой Artisoft в 1987 году) является одной из первых одноранговых СОС. Она очень удобна для пользователей одноранговых сетей, работающих в упрощенном режиме, когда основные операции в сети сводятся к передаче небольших сообщений между компьютерами и использованию в режиме разделения времени общих файлов или устройств. Фирма Artisoft готовит усовершенствованные версии этой СОС, обеспечивающие, в частности, повышенную производительность операций ввода-вывода для эффективной многопользовательской работы с базами данных.

В одноранговых ЛКС применяются также более совершенные СОС: Windows for Workgroups, Personal NetWare, POWERLan.

Сетевые операционные системы обеспечивают выполнение обширных, но лишь общих функций ЛКС (поддержка файл-сервера, обеспечение многопользовательской работы, безопасности и секретности данных и т. д.), но они не могут самостоятельно реализовать многочисленные прикладные процессы. Например, не все СОС имеют собственные средства программирования электронной почты – одного из основных приложений ЛКС. Поэтому важным требованием к большинству современных прикладных программных средств является их способность работать в условиях локальных сетей, т. е. выполнять функции прикладных программ сети (ППС).

В состав наиболее известных ППС входят:

- текстовые процессоры нового поколения (Word 97, Word 2000);
- пакеты электронных таблиц, или табличных процессоров (SuperCalc-5, Lotus 1-2-3 версии 2.01 и 3.0, Quatro Pro версии 3.0, Excel 7.0);
- СУБД (Access, dBASE – 4;5, CLIPPER – 5.0, Paradox 5.0 и др.);
- пакеты группового обеспечения (Notes, Offis Vision);
- пакеты электронной почты (Microsoft Mail);
- интегрированные пакеты (Sumphony, FrameWork);
- пакеты телесвязи для обеспечения передачи файлов между ПК (CROSSTALK, SMARTTERM, SMARTCOM II, KERMIT).

Эти ППС должны обеспечивать возможность функционирования в сети определенного типа. В настоящее время более 90 % рынка объединились вокруг сетей Ethernet и Token Ring. Именно к этим типам сетей приспособляются большинство разработчиков сетевых программных средств.

На эффективность функционирования ЛКС оказывают влияние следующие основные факторы:

- уровень квалификации пользователей сети. ЛКС – человеко-машинная система, поэтому выходной эффект ее функционирования определяется характеристиками всех трех групп элементов – эргатических, неэргатических и производственной среды;
- качество и возможности СОС, особенно разнообразие и удобство административных средств для управления сетью и работы пользователей, использование общесетевых ресурсов, зависимость производительности от количества РС в сети;
- топология сети и используемые в ней протоколы передачи данных;
- количество и возможности аппаратного обеспечения сети (в том числе возможности передающей среды по пропускной способности) и ППС;
- количество АС в сети, степень их активности, технология работы пользователей, время на удовлетворение запросов пользователей;
- объем и технология использования информационного обеспечения (баз данных и баз знаний);
- перечень предоставляемых услуг и их интеллектуальный уровень;
- средства и методы защиты информации в сети;
- средства и методы обеспечения отказоустойчивости ЛКС;
- методы планирования распределенного вычислительного процесса;
- режимы функционирования сети.

Сетевое программное обеспечение, осуществляющее управление одновременной обработкой информации в различных узлах сети, с точки зрения пользователей является распределенной операционной средой (системой) [34], принципиальное отличие которой от традиционных централизованных ОС заключается в необходимости применения средств передачи сообщений между одновременно реализуемыми процессами и средств

синхронизации этих процессов. Параллельные вычислительные процессы могут возникать между процессами: внутри одной задачи, в разных задачах, в задачах пользователя и самой РОС.

Взаимодействие асинхронных параллельных процессов в сети, обеспечиваемое РОС, включает три элемента: инициацию, завершение и синхронизацию. Процесс иницируется и завершается путем послыки сообщения локальной операционной системе, находящейся в другом узле сети. Процессы и сообщения дополняют друг друга: сообщения иницируют выполнение процессов, а процессы вызывают послыку сообщений. Для синхронизации процессов используется механизм событий. Она считается выполненной корректно, если результат параллельных вычислений совпадает с результатом последовательных вычислений.

Организация вычислительных процессов в ЛКС сопровождается планированием использования выделяемых ресурсов. Методы планирования отличаются большим многообразием, что объясняется многообразием структуры, режимов работы и методов управления ЛКС. В частности, выбор метода планирования тесно связан с режимом функционирования ЛКС. Выделяются следующие режимы: однопрограммная (однозадачная) пакетная обработка, многопрограммная (многозадачная) пакетная обработка, однопрограммная мультипроцессорная обработка (т. е. параллельная обработка одной программы на нескольких компьютерах сети), однопрограммная обработка в режиме разделения времени (многопользовательские системы), многопрограммная обработка в режиме разделения времени, многопрограммная мультипроцессорная обработка (универсальный режим работы сети).

Основными критериями оптимальности плана использования вычислительных ресурсов ЛВС для ее терминированных параллельных программ могут быть: минимизация времени выполнения программ (требуется минимизировать максимальное время выполнения программ при заданном количестве доступных процессов), минимизация количества требуемых РС (минимизируется количество процессов, обеспечивающих выполнение программ за время, не превышающее заданное), минимизация среднего времени окончания выполнения заданий (ориентирована на наиболее быстрое в среднем освобождение занимаемых ресурсов сети), максимизация загрузки РС сети, минимизация времени простоев РС. Последние два критерия направлены на более полное использование процессорного времени.

Эффективность функционирования ЛКС в значительной степени определяется способами создания и ведения баз данных. В локальных сетях для создания БД реализованы две архитектуры: файл-сервер и «клиент-сервер».

В случае использования архитектуры файл-сервер файлы базы данных располагаются на дисках файл-сервера (в качестве файл-сервера применяется мощный ПК на процессоре Pentium или 80486), и все рабочие станции получают к нему доступ, т. е. на РС устанавливаются сетевые версии широко распространенных СУБД персональных компьютеров. Основной недостаток такой архитектуры заключается в необходимости пересылки по линиям связи сети фрагментов файлов базы данных значительных объемов, что приводит к быстрому насыщению сетевого графика и возрастанию времени реакции информационной системы, следовательно не обеспечивается достаточная производительность сети (особенно при большом количестве РС).

В архитектуре «клиент-сервер» этот недостаток устранен, поэтому обеспечивается совместная работа многих пользователей с большими БД в реальном масштабе времени. Помимо файл-сервера к сети подключается еще один мощный компьютер (СУБД-сервер, или сервер БД) исключительно для работы с БД. Сама база данных может располагаться на дисках СУБД-сервера или файл-сервера. Принимая запросы от РС на поиск данных в

БД, СУБД-сервер сам осуществляет поиск и его результаты отправляет через сеть в запрашившую их РС. Следовательно, по сети передаются только запрос и найденные данные. СУБД-сервер обычно работает в среде многозадачной ОС, которая сама занимается распределением ресурсов при поступлении одновременно нескольких запросов от РС.

Важным фактором в обеспечении высокой эффективности функционирования ЛКС является организация распределенной базы данных, представляющей собой логически единую базу данных, отдельные физические части которой размещены на нескольких РС сети. Основная особенность РБД – ее «прозрачность», означающая независимость пользователей и прикладных программ от способа размещения информации на РС сети. Локализация данных, декомпозиция запросов и композиция результатов должны выполняться системой без участия пользователей. В процессе работы пользователи не должны учитывать, что их запросы будут обрабатываться в сети, возможно, на нескольких РС. Администрирование и доступ пользователей к РБД осуществляются с помощью системы управления распределенной базой данных (СУРБД). Основные функции СУРБД: планирование обработки запросов пользователей к РБД; определение РС, на которой хранятся запрашиваемые данные; декомпозиция распределенных запросов на частные подзапросы к БД отдельных РС; передача частных подзапросов и их выполнение на удаленных РС; прием результатов выполнения частных подзапросов и композиция общего результата; управление параллельным доступом к РБД многих пользователей; обеспечение целостности РБД.

До сих пор рассматривались процессы функционирования локальной сети с фиксированной кабельной системой, направленные на удовлетворение запросов «местных» пользователей, работающих в составе АС сети. Однако пользователи ЛКС могут быть удалены от сети на значительные расстояния и связаны с ней обычным телефонным кабелем. Таким удаленным абонентам, в распоряжении которых имеется свой компьютер, должна быть предоставлена возможность использования ресурсов сети наравне с «местными» абонентами.

Существуют **два способа установления и обеспечения взаимосвязи ЛКС-удаленный абонент**, различающиеся используемыми для их реализации программно-аппаратными средствами и степенью удобства для абонента [39].

Первый способ, называемый «удаленный клиент» или «удаленный вход в систему» (remote login), реализуется путем подключения удаленного персонального компьютера (УПК) к сети через коммутатор или мост, построенный на базе персонального компьютера. Связь между УПК и мостом осуществляется обычно по телефонному кабелю. Вход в ЛКС происходит так, как будто УПК физически присоединен к сети.

Кроме простоты реализации, преимуществом этого способа является предоставление УПК полного комплекта переадресуемых дисководов. Следовательно, прикладные программы могут использовать стандартные пути доступа к файлам программ и данных. Основным и существенным недостатком способа – его инерционность, большое время реакции на запрос удаленного абонента из-за малой скорости передачи данных по телефонной линии. Это особенно заметно, когда при реализации этого способа приходится перемещать большие файлы и прикладные программы. Такой способ целесообразно использовать, если основная масса прикладных программ выполняется локально на УПК, а к сети обращение происходит только с целью передачи небольших файлов.

Второй способ, именуемый «передача экрана» (screen transfer), реализуется путем подключения УПК к так называемому серверу доступа, который непосредственно подсоединен к сети. Связь между УПК и сервером доступа – также по телефонному кабелю. УПК осуществляет контроль над сервером доступа: по командам, набранным на своей

клавиатуре, он посылает запросы к серверу доступа и принимает на экране дисплея ответные сообщения.

Серверы доступа обеспечивают удаленным абонентам дистанционный доступ к общесетевым ресурсам. Они выполняют эту шлюзовую функцию с помощью программных средств дистанционного управления. Будучи подключенным к ЛКС, сервер доступа по запросу УПК может извлекать нужную прикладную программу с жесткого диска сетевого сервера и выполнять ее с помощью своих собственных процессорных плат. Дисплеи взаимосвязанных УПК и сервера доступа работают параллельно, позволяя нажатием клавиш на клавиатуре УПК управлять сервером доступа и обеспечивать вызов на экран УПК той информации, которая отображается на экране сервера доступа. Посылая вызов серверу доступа, удаленные абоненты могут пользоваться услугами электронной почты, передавать файлы, выводить данные на печатающее устройство сети, получать доступ к серверу телефаксов для отправки факсимильной информации. Серверы доступа являются хорошим средством для использования баз данных в режиме «клиент-сервер».

Такой способ присоединения УПК к ЛКС отличается малой инерционностью, так как прикладные программы выполняются на подключенном к сети компьютере, где они получают доступ к быстродействующим сетевым связям и ресурсам. Его целесообразно использовать, когда прикладные программы удаленных абонентов хранятся в сети. Удаленное выполнение этих программ уменьшает количество потоков данных, которые должны передаваться по медленно действующим телефонным линиям. Передаются только команды и изображения экранов с помощью программы передачи экрана.

В компьютерных сетях серверы доступа могут, как правило, обрабатывать запросы от нескольких одновременно работающих УПК.

В составе современных СОС имеются программные компоненты, обеспечивающие реализацию рассмотренных способов взаимодействия УПК и ЛКС. Это программы удаленного доступа и программы удаленного управления, реализующие соответственно способы «удаленный клиент» и «передача экрана».

5.5. Принципы построения, функции и типы ГКС



Определение

Глобальные компьютерные сети (их называют также территориальными компьютерными сетями), появление которых обусловлено достижениями научно-технического прогресса и объясняется потребностью в обмене информацией, стали неотъемлемой частью осуществления программ сотрудничества между странами. Типичными абонентами ГКС являются локальные сети организаций (предприятий, компаний и т. д.), расположенных друг от друга на значительных расстояниях и нуждающихся в обмене информацией. Услугами ГКС пользуются и отдельные компьютеры. Созданием глобальных сетей обычно занимаются крупные телекоммуникационные компании и реже – крупные корпорации для своих внутренних нужд. Компания, поддерживающая нормальную работу сети, называется оператором, а компания, оказывающая платные услуги абонентам сети, – поставщиком услуг, или провайдером. Владелец, оператор и поставщик могут представляться одной компанией. Кроме ГКС функционируют и другие виды территориальных сетей передачи информации – телефонные, телеграфные, телексы.

На характере развития сетевых структур в большой степени отражаются общие мировые тенденции развития КС. Одна из них – тенденция объединения в той или иной

форме различных сетевых структур, обусловленная необходимостью предоставления пользователям возможности связи с ЛКС или компьютером, находящимся в любой точке планеты (в современном мире это важное условие конкурентной способности предприятия, оказывающего телекоммуникационные услуги).

Процессу объединения сетей способствует развитие их архитектуры в направлении создания национальных и международных ассоциаций систем компьютерной связи, в которых используются ЭВМ, изготовленные различными производителями и управляемые различными ОС. Это стало возможно, так как в основу моделей и архитектуры сетей положены **международные стандарты**. В результате во всех странах в настоящее время выпускаются в основном разнообразные аппаратные и программные средства территориальных глобальных и локальных сетей нового типа – открытых сетей, удовлетворяющих требованиям международных стандартов.

В основу архитектуры сетей положен **многоуровневый принцип передачи сообщений**. Формирование сообщения осуществляется на самом верхнем уровне модели ВОС. Затем (при передаче) оно последовательно проходит все уровни системы до самого нижнего, где и передается по каналу связи адресату. По мере прохождения каждого из уровней системы сообщение трансформируется, разбивается на сравнительно короткие части, которые снабжаются дополнительными заголовками, обеспечивающими информацией аналогичные уровни на узле адресата. В этом узле сообщение проходит от нижнего уровня к верхнему, снимая с себя заголовки. В результате адресат принимает сообщение в первоначальном виде.

В ГКС управление обменом данными осуществляется протоколами верхнего уровня модели ВОС. Независимо от внутренней конструкции каждого конкретного протокола верхнего уровня, для них характерно наличие общих функций: инициализация связи, передача и прием данных, завершение обмена. Каждый протокол имеет средства для идентификации любой рабочей станции сети по имени, сетевому адресу или по обоим этим атрибутам. Активизация обмена информации между взаимодействующими узлами начинается после идентификации узла адресата узлом, иницилирующим обмен данными. Иницилирующая станция устанавливает один из методов организации обмена данными: метод дейтаграмм или метод сеансов связи. Протокол представляет средства для приема/передачи сообщений адресатом и источником. При этом обычно накладываются ограничения на длину сообщений.

Возможности и конкурентоспособность любой КС определяются, прежде всего, ее информационными ресурсами – знаниями, данными, программами, которые сеть представляет пользователям. Естественно, что эти ресурсы должны как можно шире охватывать те области, в которых работают пользователи сети. Кроме того, они должны непрерывно обновляться и пополняться.

По мере развития сетей расширяется перечень предоставляемых ими услуг и повышается их интеллектуальный уровень.

К числу наиболее распространенных услуг, предоставляемых современными ГКС, относятся:

- телекоммуникационные (транспортные): обмен сообщениями в режиме «электронная почта» как между пользователями одной сети, так и между пользователями различных сетей; обмен сообщениями между участниками телеконференций и телесеминаров; организация электронных бюллетеней новостей (электронных досок объявлений); организация диалога и обмен сообщениями двух абонентов в режиме «запрос-ответ»; передача больших массивов – файлов; размножение сообщений и передача их по заранее подготовленному списку; приоритетное обслуживание сообщений согласно категориям срочности; организация замкнутых групп абонентов (подсетей) для взаимного обмена информацией только в рамках

группы; доставка факсимильных сообщений; переадресация сообщений в случае изменения адреса получателя информации; выдача копий сообщений по запросам абонентов и др.;

- вычислительные: удовлетворение запросов абонентов сети, требующих больших объемов работ по обработке информации;
- информационные: поиск информации по вопросам, интересующим абонентов;
- консультационные: консультации по информационному и программному обеспечению сети; консультации по технологии использования общесетевых ресурсов; обучение навыкам работы с компьютером и другими техническими средствами и др.;
- технические: установка программного обеспечения, установка и тестирование модемов и др.;
- рекламные: размещение рекламы в электронных конференциях и семинарах.

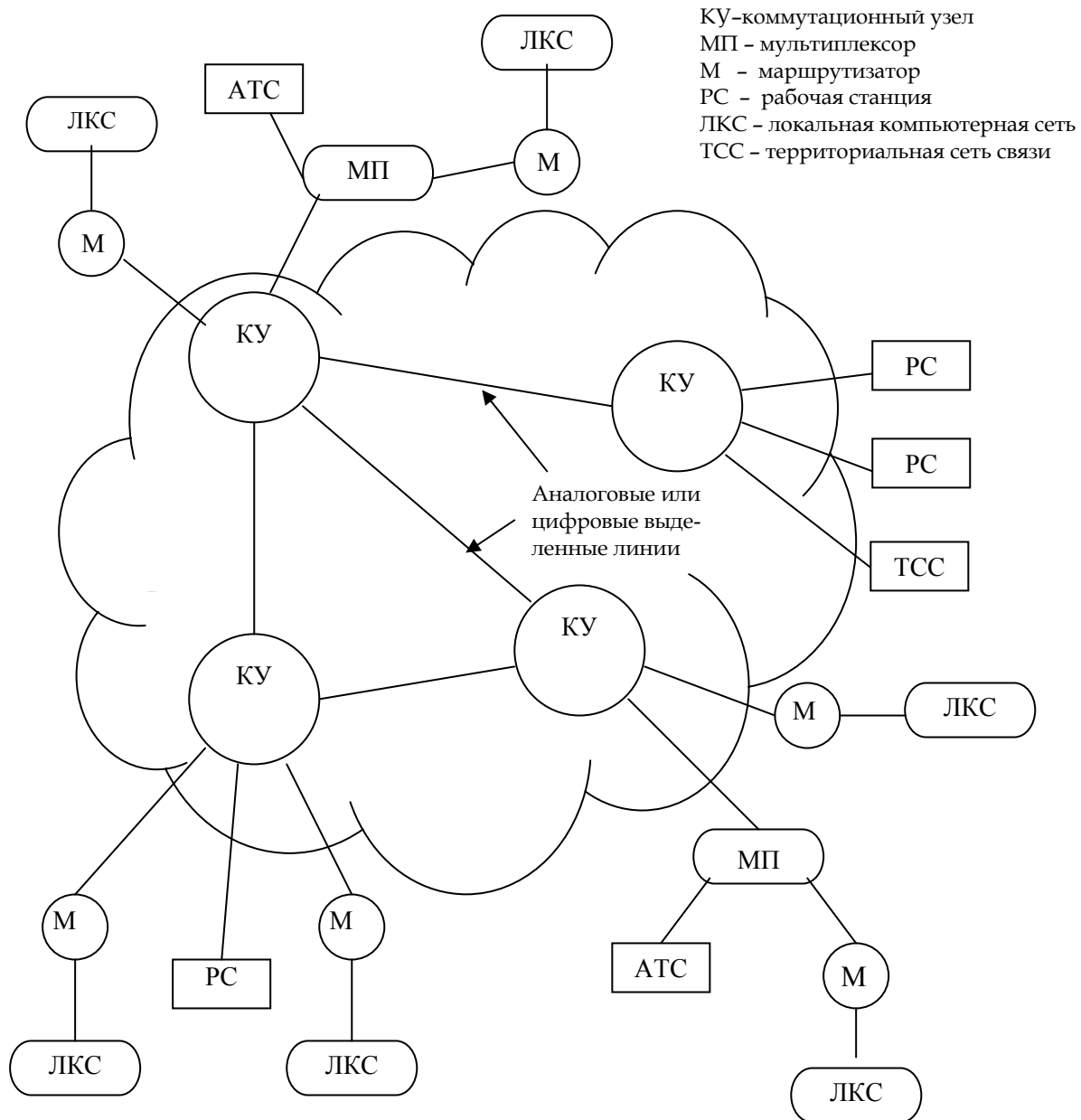
В основном ГКС используется для предоставления транспортных услуг, характерных для трех нижних уровней модели ВОС. Однако по мере развития глобальных сетей удельный вес других услуг, относящихся к верхним уровням этой модели (эти услуги называются высокоуровневыми), имеет устойчивую тенденцию к повышению. Это связано, в первую очередь, с использованием и развитием сети Internet. Высокоуровневые (прежде всего, информационные и вычислительные) услуги этой сети оказывают громадное влияние на работу как предприятий, так и индивидуальных пользователей сети. Технологии Internet все в большей степени проникают в локальные и особенно в корпоративные сети. Появился даже специальный термин – *intranet*, применяемый в тех случаях, когда технология Internet переносится в корпоративную сеть.

В отличие от локальных сетей, в составе которых имеются свои высокоскоростные каналы передачи информации, глобальная (а также региональная и, как правило, корпоративная) сеть включает подсеть связи (иначе: территориальную сеть связи, систему передачи информации), к которой подключаются локальные сети, отдельные компьютеры и терминалы (средства ввода и отображения информации). Подсеть связи состоит из каналов передачи информации и коммуникационных узлов, которые предназначены для передачи данных по сети, выбора оптимального маршрута передачи информации, коммутации пакетов и реализации ряда других функций с помощью компьютера (одного или нескольких) и соответствующего программного обеспечения, имеющихся в коммуникационном узле. Компьютеры, за которыми работают пользователи-клиенты, называются рабочими станциями, а компьютеры, являющиеся источниками ресурсов сети, предоставляемых пользователям, называются серверами. Такая структура сети получила название узловой.

Типовая структура глобальной сети приведена на рис. 35. Территориальная сеть связи включает ряд коммуникационных узлов (КУ), связанных между собой высокоскоростными магистральными линиями связи – выделенными аналоговыми или цифровыми. Коммуникационные узлы устанавливаются в тех пунктах, где требуются ответвления или слияние потоков данных конечных абонентов. Абоненты обычно подключаются к сети с помощью выделенных каналов связи с меньшей производительностью, чем у магистральных каналов. Допускается использование и коммутируемых каналов, хотя качество транспортных услуг при этом ухудшается.

Глобальные сети отличаются гораздо большим разнообразием конечных узлов по сравнению с ЛКС (основные их типы показаны на рис. 35). Конечные узлы вырабатывают данные для передачи в глобальной сети, для которой они являются устройствами типа DTE (Data Terminal Equipment) – портом маршрутизатора или удаленного моста (на рис. 35 мосты не показаны). Удаленные мосты строят таблицы MAC-адресов и принимают решение – передавать кадры в ТСС или нет. Маршрутизаторы определяют маршрут для передачи пакета следующему маршрутизатору.

Рис. 35. Структура ГКС



Мультиплексоры обеспечивают совмещение в рамках одной ТСС компьютерного и голосового трафика. При передаче голосовые данные от АТС поступают в мультиплексор, где упаковываются в кадры или пакеты территориальной сети и отправляются в эту сеть. На приемной стороне мультиплексор должен распознать тип данных, находящихся в пакете, – это замеры голоса или компьютерные данные – и отсортировать их по своим выходам. Голосовые данные направляются в АТС, а компьютерные – через маршрутизатор в ЛКС. Если ГКС поддерживают приоритезацию трафика, то кадрам голосового трафика мультиплексор присваивает наивысший приоритет, с тем чтобы эти кадры в коммуникационных узлах обрабатывались в первую очередь.

В глобальной сети строго описан и стандартизован интерфейс «пользователь-сеть» (User-to-Network Interface, UNI), с тем чтобы пользователи могли подключаться к сети с помощью коммуникационного оборудования любого производителя, соблюдающего этот стандарт. Что касается протоколов взаимодействия коммутаторов внутри сети, назы-

ваемых интерфейсом «сеть-сеть» (Network-to-Network Interface, NNI), то они стандартизируются не всегда. Для подключения сети к устройствам DTE имеется несколько стандартных интерфейсов, представляющих собой стандарты физического уровня. Эти интерфейсы обеспечивают передачу данных со скоростями от 300 бит/с до нескольких мегабит в секунду на небольшие расстояния (15-20 м), что вполне достаточно для удобного размещения маршрутизатора или модема. Наиболее популярным низко- и среднескоростным интерфейсом является интерфейс RS-232C/V.24, поддерживающий как асинхронный, так и синхронный режимы работы. Он позволяет подключить к компьютеру не только коммуникационное устройство (модем, маршрутизатор), но и такие периферийные устройства, как мышь, графопостроитель и др.

Типы ГКС. Наиболее подходящим режимом работы глобальной сети, приведенной на рис. 35, является режим коммутации пакетов. Его предпочтительность для связи локальных сетей подтверждается не только производительностью сети, оцениваемой суммарным трафиком, передаваемым в единицу времени, но и стоимостью предоставляемых услуг: при равенстве скорости доступа в сеть ГКС с коммутацией пакетов в 2-3 раза дешевле сети с коммутацией каналов (т. е. публичной телефонной сети). Поэтому при создании корпоративной сети (организации, предприятия) с рассредоточенными элементами, необходимо стремиться к построению или использованию имеющейся ТСС с территориально распределенными коммутаторами пакетов.

В зависимости от того, какие компоненты используются для построения глобальных связей преимущественно в корпоративной компьютерной сети, различают следующие типы сетей [39]:

- глобальные сети с выделенными каналами связи;
- глобальные сети с коммутацией каналов;
- глобальные сети с коммутацией пакетов.

В глобальных сетях с выделенными каналами выделенные (арендуемые) каналы предоставляются телекоммуникационными компаниями, владеющими каналами дальней связи, или телефонными компаниями, которые сдают в аренду каналы обычно в пределах города или района. Выделенные каналы применяются при построении магистральных связей между крупными ЛКС. Однако при большом количестве объединяемых удаленных ЛКС и интенсивном смешанном трафике между ними их применение приводит к большим затратам.

Используется ряд типов выделенных каналов – от аналоговых каналов тональной частоты с полосой пропускания 3,1 кГц до цифровых каналов технологии SDH с пропускной способностью 155 и 622 Мбит/с.

При передаче данных по выделенным аналоговым каналам используются модемы, работающие на основе методов аналоговой модуляции – амплитудной, частотной, фазовой. Модемы стандартизированы по скорости передачи данных и методу модуляции, по способам исправления ошибок, по способам сжатия данных. Модемы различаются по реализуемым режимам работы: модемы, работающие только в асинхронном режиме; модемы, работающие только в синхронном режиме; асинхронно-синхронные модемы, являющиеся наиболее универсальными устройствами.

Цифровые выделенные линии образуются путем постоянной коммутации в первичных сетях, построенных на базе аппаратуры, которая реализует принцип разделения канала во времени (TDM). Существуют две технологии передачи данных по таким линиям – североамериканская и европейская, ставшая международной.

В американском стандарте используются цифровые каналы типа T1, T2 и T3 и реализуется идея образования каналов с иерархией скоростей. Аппаратура T1 позволяет в цифровом виде мультиплексировать, передавать и коммутировать данные по 24 каналам.

Каждый канал образует цифровой поток данных 64 кбит/с. Мультиплексоры T1 сами осуществляют оцифровывание голоса с частотой 8 кГц и кодирование голоса с помощью импульсно-кодовой модуляции. Канал T2 образуется путем объединения четырех каналов T1, он обеспечивает передачу данных со скоростью 6,312 Мбит/с. Объединение семи каналов T2 образует канал T3, передающий данные со скоростью 44,736 Мбит/с. Взаимодействие аппаратуры T1, T2 и T3 позволяет образовать иерархическую сеть с магистральными и периферийными каналами трех уровней скоростей. При этом передается не только голос, но и любые данные в цифровой форме – компьютерные данные, телевизионное изображение, факсы и т. п.

В международном стандарте аналогом каналов T являются каналы типа E1, E2 и E3 со скоростями соответственно 2,048 Мбит/с, 8,488 Мбит/с и 34,368 Мбит/с. На практике используются в основном каналы T1, E1, T3 и E3.

Для передачи компьютерных данных по выделенным аналоговым или цифровым каналам применяются протоколы канального уровня PPP, SLIP, HDLC.

Протокол PPP (Point-to-Point Protocol, протокол «точка-точка») как часть стека TCP/IP применяется для передачи кадров по последовательным каналам связи. Он в наибольшей степени подходит для современных выделенных каналов и стал фактическим стандартом при соединении удаленных пользователей с серверами и для образования соединений между маршрутизаторами в корпоративной сети. Это наиболее распространенный протокол из трех отмеченных протоколов.

Протокол SLIP (Serial Line IP) выполняет единственную функцию: из последовательности передаваемых по последовательному каналу бит выделяет границы IP-пакета. Следовательно, для установления связи по этому протоколу компьютеры должны иметь информацию об IP-адресах друг друга. Протокол не имеет механизмов передачи адресной информации, идентификации, определения и коррекции ошибок.

Протокол HDLC (Highlevel Data Link Control), имеющий статус стандарта, реализует ряд функций: режим логического соединения, контроль искаженных и потерянных кадров и их восстановление, управление потоком кадров. Однако с использованием цифровых каналов и современных модемов протокол HDLC потерял свое значение и в настоящее время на выделенных каналах вытеснен протоколом PPP.

Объединение локальных сетей с помощью выделенных каналов осуществляется маршрутизаторами и удаленными мостами.

Глобальные сети с коммутацией каналов строятся на базе традиционных аналоговых телефонных сетей и цифровых сетей с интеграцией услуг ISDN.

Сети ISDN и телефонные сети, построенные на цифровых коммутаторах, во многом свободны от недостатков традиционных аналоговых телефонных сетей (низкое качество составного канала, большое время установления соединения). Однако по-прежнему оплата за использование сети идет не за объем переданного трафика, а за время соединения. Тем не менее сети с коммутацией каналов остаются широко распространенными. Для массовых абонентов, работающих дома, телефонная связь оказывается единственным подходящим видом глобальной службы связи из соображений доступности и стоимости.

Передача данных по аналоговым коммутируемым телефонным каналам осуществляется с использованием модемов, которые поддерживают процедуру автовызова абонента и работают по 2-проводному окончанию. Используются те же модели модемов, что и для выделенных каналов.

Для сетей ISDN основным режимом коммутации является режим коммутации каналов, а данные обрабатываются в цифровой форме. Абонентами этих сетей обычно являются компьютеры или локальные сети, подключаемые к сети с помощью маршрутизаторов

или удаленных мостов. В архитектуре сети ISDN предусмотрен ряд видов служб: передача по выделенным цифровым каналам, передача голоса по коммутируемым каналам, передача данных по коммутируемым каналам, передача данных с коммутацией пакетов, передача данных с трансляцией кадров (Frame Relay), контроль и управление сетью. Стандарты ISDN описывают также ряд услуг прикладного уровня: факсимильная связь, телексная связь, видеотекст и др. Несмотря на такое разнообразие услуг сети ISDN в настоящее время используются в основном как скоростные и надежные сети с коммутацией каналов.

Компьютерные глобальные сети с коммутацией пакетов (X.25, Frame Relay, ATM, TCP/IP) являются основным средством для передачи любой информации – компьютерных данных, акустических сигналов, телевизионных видеоданных, факсимильных данных (это утверждение справедливо не для всех типов сетей с коммутацией пакетов).

В глобальных сетях с коммутацией пакетов, кроме TCP/IP, используется оригинальная техника маршрутизации пакетов, основанная на создании виртуальных каналов двух типов – коммутируемых виртуальных каналов (SVC) и постоянных виртуальных каналов (PVC). Эта техника позволяет реализовать два режима продвижения пакетов – стандартный режим маршрутизации пакета на основании адреса назначения (этот режим используется для маршрутизации только одного, первого пакета из числа передаваемых, он необходим для установления соединения) и режим коммутации пакетов на основании номера виртуального канала. Таким образом, операции маршрутизации и коммутации пакетов разделяются: первый пакет прокладывает виртуальный канал, настраивая промежуточные коммутаторы, а остальные пакеты проходят по виртуальному каналу в режиме коммутации.

Технология работы сетей связи X.25, Frame Relay и ATM, их оценка и области применения рассмотрены в главе 4. Там же указаны преимущества и недостатки использования виртуальных каналов (каналов с соединением).

5.6. Сеть Internet. Семейство протоколов TCP/IP

История создания всемирной глобальной сети Internet началась с 1969 года, когда в Калифорнийском университете был установлен первый узел сети, получивший название ARPAnet (по имени компании, финансировавшей проект) и были созданы научно-практические основы для построения сети с коммутацией пакетов.

Перед разработчиками была поставлена задача – создать коммуникационную отказоустойчивую сеть, которая могла бы продолжать работу даже в случае отказа большей ее части. В сети должен быть предусмотрен механизм контроля пакетов и их доставки адресатам. По сути проект был военным, хотя его реализация осуществлялась и научными университетами. В начале 80-х годов к ARPAnet были подключены первые локальные сети, выбран, адаптирован и принят для работы набор протоколов Transmission Control Protocol/Internet Protocol (TCP/IP). С этого времени сеть стала называться Internet.

До 1995 г., когда сеть Internet контролировалась компанией National Science Foundation (NSF), она имела строго иерархическую трехуровневую структуру. На верхнем (первом) уровне находилась базовая высокоскоростная магистраль, к которой подключались сети второго уровня – региональные поставщики услуг доступа в Internet. К сетям регионального уровня подключались сети третьего, локального уровня (сети предприятий, учебных заведений, научных учреждений и др.).

По мере развития Internet и особенно с появлением гипертекстовой системы WWW (World Wide Web) она значительно увеличилась, превратилась в коммерческую сеть, и связи перестали представлять трехуровневую иерархическую структуру. Теперь

Internet имеет типичную для глобальных сетей узловую структуру. Она представляет собой совокупность взаимосвязанных коммуникационных центров, к которым подключаются региональные поставщики сетевых услуг и через которые осуществляется их взаимодействие. Следовательно, с точки зрения пользователя, в сети Internet выделяются поставщики услуг, поддерживающие необходимую информацию на серверах, и потребители этих услуг – клиенты. Взаимодействие поставщиков и клиентов осуществляется через коммуникационную систему.

В настоящее время темпы роста Internet только увеличились. Сеть насчитывает десятки миллионов подключенных клиентских компьютеров, рассредоточенных по различным континентам и странам.

Протоколы семейства TCP/IP были выбраны за основу сети Internet по ряду причин: возможность работы с этими протоколами как в локальных (LAN), так и в глобальных (WAN) сетях; способность протоколов управлять большим количеством стационарных и мобильных пользователей; удобство для использования пользователями; обеспечение высокого уровня взаимодействия между различными операционными системами; предоставление средств для разработки на их основе приложений и т. д.

В сущности, в комплекс протоколов Internet входит множество протоколов (FTP, TELNET, ARP и др.), но наиболее известные из них TCP и IP, поэтому, ссылаясь на этот комплекс протоколов, используют термин TCP/IP – технологию межсетевого взаимодействия. Часть протоколов семейства TCP/IP обеспечивает выполнение низкоуровневых сетевых функций (работа с аппаратными протоколами, поддержка механизма доставки пакетов адресатам, обеспечение достоверности и надежности соединения взаимодействующих узлов и др.), а другая часть – выполнение прикладных задач (передача файлов между компьютерами сети, отправка электронной почты, чтение гипертекстовой страницы WWW-сервера).

Главное отличие сети Internet от других сетей заключается именно в ее протоколах TCP/IP, охватывающих целое семейство протоколов взаимодействия между компьютерами сети. TCP/IP – это технология межсетевого взаимодействия, технология сети Internet. Сеть, реализующая эту технологию, называется «internet». Если же речь идет о глобальной сети, объединяющей множество сетей с технологией «internet», то ее называют «Internet».

Протокол TCP/IP состоит из двух частей – IP и TCP.

Протокол IP (Internet Protocol – межсетевой протокол) является главным протоколом семейства, он реализует распространение информации в IP-сети и выполняется на третьем (сетевом) уровне модели ВОС. Протокол IP обеспечивает дейтаграммную доставку пакетов, его основная задача – маршрутизация пакетов. Он не отвечает за надежность доставки информации, за ее целостность, за сохранение порядка потока пакетов. Сети, в которых используется протокол IP, называются IP-сетями. Они работают в основном по аналоговым каналам (т. е. для подключения компьютера к сети требуется IP-модем) и являются сетями с коммутацией пакетов. Пакет здесь называется дейтаграммой.

Высокоуровневый **протокол TCP** (Transmission Control Protocol – протокол управления передачей) работает на транспортном уровне и частично на сеансовом уровне модели ВОС. Это протокол с установлением логического соединения между отправителем и получателем. Он обеспечивает сеансовую связь между двумя узлами с гарантированной доставкой информации, осуществляет контроль целостности передаваемой информации, сохраняет порядок потока пакетов. Протокол TCP делит поток байт на сегменты и передает их сетевому уровню. На приемной стороне этот протокол снова собирает сегменты в непрерывный поток байт.

Для компьютеров протокол TCP/IP – это как правила разговора для людей. Он принят в качестве официального стандарта в сети Internet, т. е. сетевая технология TCP/IP де-факто стала технологией всемирной сети.

Протокол TCP/IP основывается на концепции одноранговых сетей. Все рабочие станции, соединенные при помощи этого протокола, имеют одинаковый статус. Однако любая из них, располагая соответствующими средствами, может временно выполнять дополнительные функции, связанные, например, с управлением ресурсами сети. Ключевую часть протокола составляет схема маршрутизации пакетов, основанная на уникальных адресах сети Internet. Каждая рабочая станция, входящая в состав локальной или глобальной сети, имеет уникальный адрес, который включает две части, определяющие адрес сети и адрес станции внутри сети. Такая схема позволяет передавать сообщения как внутри данной сети, так и во внешние сети. Часть протокола TCP/IP, отвечающая за распознавание адреса, называется IRP (протокол распознавания адреса).

Многоуровневая структура протоколов TCP/IP. Семейство протоколов (или стек протоколов) TCP/IP имеет четыре ярко выраженных уровня:

- I – прикладной уровень;
- II – транспортный (основной) уровень;
- III – сетевой уровень (уровень межсетевого взаимодействия);
- IV – канальный уровень (уровень сетевых интерфейсов).

Каждый уровень выполняет свои функции по решению основной задачи – организации надежной и эффективной работы составной сети, т. е. совокупности нескольких сетей, построенных на основе разных сетевых технологий и соединенных между собой маршрутизаторами. Протокол на более высоком уровне при своей работе использует сервисы, предоставляемые протоколами более низкого уровня.

С помощью многоуровневой модели стека TCP/IP проблема перемещения информации между взаимодействующими компьютерами через среду сети разбивается на более мелкие и более легко разрешимые проблемы. Каждый уровень относительно автономен, т. е. его функции можно представить независимо от других уровней. Многоуровневая модель данной АС исключает прямую связь между соответствующими уровнями модели другой АС. Эта связь осуществляется через услуги, предоставляемые данному уровню модели со стороны смежных уровней.

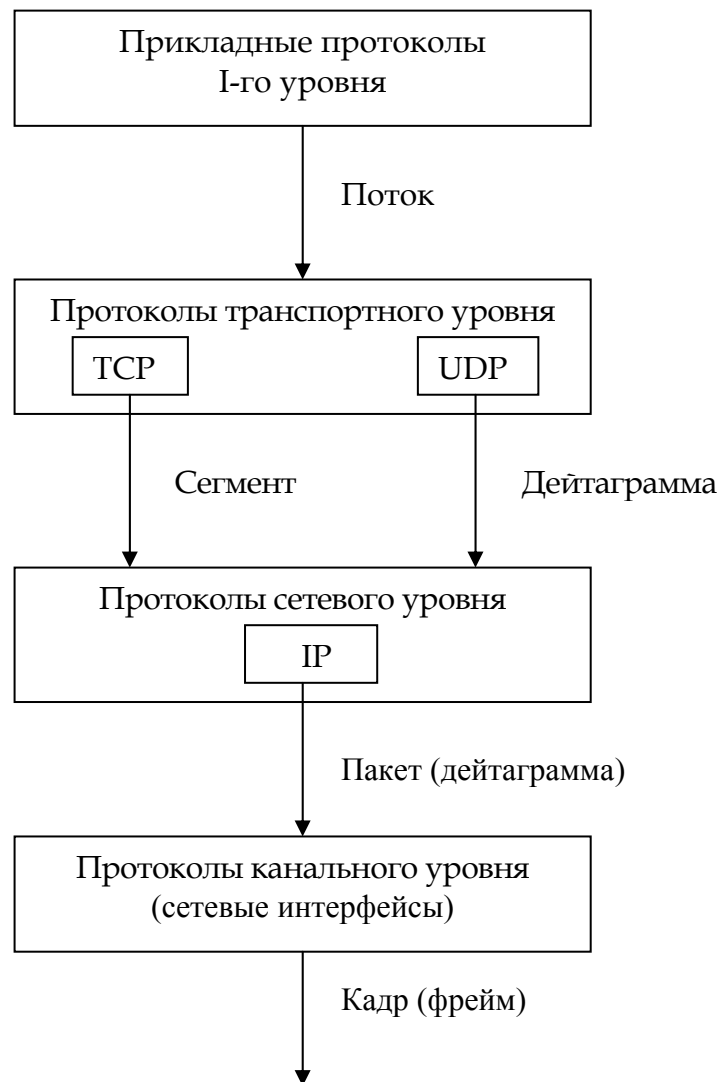
Модель стека TCP/IP была разработана до появления модели ВОС, поэтому соответствие уровней этого стека уровням модели ВОС (рис. 36) носит условный характер. В многоуровневой архитектуре TCP/IP можно выделить уровни сетезависимые и независимые от конкретной технической реализации сети. Протоколы прикладного уровня являются сетезависимыми. Они работают на компьютерах, выполняющих прикладные программы пользователей, и даже полная смена сетевого оборудования в общем случае не влияет на работу приложений. Протоколы транспортного уровня уже зависят от сети, так как они взаимодействуют с уровнями, непосредственно организующими передачу данных по сети. Протоколы двух нижних уровней являются полностью сетезависимыми и программные модули, реализующие эти протоколы, устанавливаются как на конечных узлах составной сети (на РС), так и на маршрутизаторах. Программные модули, реализующие протоколы прикладного и транспортного уровней, устанавливаются только на конечных узлах.

Рис. 36. Соответствие уровней модели ВОС и стека TCP/IP

Уровни модели ВОС	Протоколы						Уровни стека TCP/IP				
7 Прикладной	WWW Gopher WAIS	HTTP	FTR	Telnet	SMTP	SNMP	I Прикладной				
6 Представитель- ный											
5 Сеансовый	TCP					UDP	II Транспортный				
4 Транспортный											
3 Сетевой	IP	ICMP		RIP	OSPE		III Сетевой				
2 Канальный	Не регламентируется Ethernet, Token Ring, FDDI, ISDN, X.25, SLIP, PPP						IV Канальный				
1 Физический											

Каждый протокол стека TCP/IP оперирует со своей единицей передаваемых данных, названия которых либо стандартизированы, либо определяются традиционно (рис. 37). От прикладного уровня к транспортному данные поступают в виде потока. На транспортном уровне протоколами TCP и UDP из потока нарезаются сегменты или дейтаграммы. Под дейтаграммой понимается единица данных, которыми оперируют протоколы без установления соединений (дейтаграммные протоколы). К ним относится и протокол IP сетевого уровня. На сетевом уровне протоколом IP дейтаграмма преобразуется в пакет. Наконец, на канальном уровне пакеты преобразуются в кадры (фреймы). Кадрами принято называть единицы данных, на основе которых IP-пакеты переносятся через подсети составной сети. Каждая единица данных состоит из заголовка и собственно данных. По мере перемещения данных сверху вниз на каждом уровне добавляется свой заголовок, т. е. каждый пакет более высокого уровня вкладывается в «конверт» протокола нижнего уровня (это напоминает вложенные друг в друга матрешки). На приемной стороне, где данные перемещаются снизу вверх, происходят обратные процессы: на каждом последующем уровне пакет освобождается от заголовка предыдущего уровня, так что к пользователю поступают только собственно данные. Таким образом, протокол – это система правил для работы с данными определенного формата, а формат данных определяется их заголовком (именно заголовок пакета данных определяет способ его обработки сетевым программным обеспечением).

Рис. 37. Единицы информации в стеке TCP/IP



Рассмотрим состав и **основные функции протоколов каждого уровня стека TCP/IP**.

Прикладной уровень объединяет все службы, предоставляемые пользовательским приложениям. Он идентифицирует и устанавливает наличие предполагаемых партнеров для связи, синхронизирует совместно работающие прикладные программы, определяет наличие ресурсов для реализации взаимодействия с другими узлами сети, обеспечивает читабельность информации на прикладном уровне другой абонентской системы, устанавливает соглашение по процедурам устранения ошибок и управления целостностью информации, устанавливает и завершает сеансы взаимодействия между прикладными задачами, управляет этими сеансами, синхронизирует диалог между взаимодействующими узлами сети и управляет обменом информацией между ними.

Протоколы прикладного уровня занимаются деталями конкретного приложения и не участвуют в реализации способов передачи данных по сети. Выполнение этих протоколов осуществляется программными средствами, построенными в архитектуре клиент-сервер.

Комплект протоколов прикладного уровня включает в себя большое число протоколов. Он постоянно расширяется за счет присоединения к старым, прошедшим многолетнюю эксплуатацию сетевым службам типа Telnet, FTR, SNMP, сравнительно новых служб таких, как гипертекстовая система WWW, предоставляющая для работы со своим сервисом высокоуровневый протокол HTTP.

Транспортный уровень предоставляет услуги по транспортировке данных, решая вопросы надежной и достоверной передачи данных через сеть. Он реализует механизмы установки, поддержания и закрытия соединения, а также механизмы обнаружения и устранения ошибок в передаваемых данных, управления информационным потоком.

На этом уровне функционирует протокол управления передачей TCP, о котором сказано выше, и протокол дейтаграмм пользователя UDP (User Datagram Protocol). Протокол UDP работает без установления соединения, т. е. обеспечивает передачу пакетов дейтаграммным способом. Его функции существенно проще, чем у протокола TCP: он только отправляет пакеты без какого-либо дополнительного сервиса. Протокол TCP обеспечивает полный сервис транспортного уровня – надежность, достоверность и контроль соединения.

Сетевой уровень является стержнем всей архитектуры стека TCP/IP. Он обеспечивает передачу (через составную сеть) пакетов дейтаграммным способом, используя наиболее рациональный в данный момент маршрут. На этом уровне работает основной протокол стека – межсетевой протокол IP. Он хорошо работает в составных сетях со сложной топологией, используя в них протоколы подсистем и экономно расходуя пропускную способность низкоскоростных линий связи. Протокол IP отличается от других сетевых протоколов способностью выполнять динамическую фрагментацию пакетов при передаче их между различными сетями. Это свойство во многом способствовало той доминирующей позиции, которую занял протокол IP в сложных составных сетях.

К сетевому уровню относятся и все протоколы, обеспечивающие маршрутизацию пакетов. Это протоколы сбора маршрутной информации RIP и OSPF, необходимой для составления и модификации таблиц маршрутизации, протокол межсетевых управляющих сообщений ISMP, предназначенный для обмена информацией об ошибках между маршрутизаторами сети и узлом-источником пакета, и др.

Канальный уровень (уровень сетевых интерфейсов, уровень сопряжения с физической средой) обеспечивает передачу данных по физическому каналу. Протоколы этого уровня должны обеспечивать интеграцию в составную сеть других сетей независимо от того, какая внутренняя технология передачи данных в них используется. Для каждой технологии должны быть собственные интерфейсные средства, например, протоколы инкапсуляции IP-пакетов в кадры локальных технологий. В связи с этим канальный уровень нельзя определить раз и навсегда, этот уровень в протоколах TCP/IP не регламентируется, но поддерживает все популярные стандарты физического и канального уровней ЛКС.

Протоколы канального уровня тесно связаны с физической (аппаратной) средой, в которой они работают (Ethernet, Token Ring, FDDI, ISDN и др.). В стеке TCP/IP нет протоколов этого уровня, за счет чего и достигается аппаратная независимость семейства TCP/IP.

Ниже канального уровня расположен только аппаратный уровень, главные функции которого состоят в определении электротехнических, механических, функциональных и процедурных характеристик активизации, поддержания и деактивизации физического канала между взаимодействующими конечными узлами.

Многоуровневую схему протоколов TCP/IP можно представить в виде дерева [39]: канальный уровень уподобляется корню этого дерева (подобно тому, как корни дерева состоят из множества отростков, так и конкретные физические реализации сети весьма разнообразны), ствол дерева – это сетевой уровень (уровень IP), толстые сучья дерева – это уровень TCP, ветви кроны – протоколы прикладного уровня и, наконец, листья кроны – пользовательские приложения, работающие с протоколами верхнего уровня.

Подключение к сети Internet. Для подключения индивидуального компьютера к сети Internet необходимо иметь модем, телефонную линию и провайдера – поставщика сетевых услуг, имеющего шлюз в эту сеть. Обычно при этом предлагается коммутируемый (dial-up) доступ к ресурсам сети и предоставляется возможность использовать компьютер поставщика, непосредственно подключенный к Internet. Такой компьютер называется хостом. На хосте запускаются имеющиеся у поставщика программы-клиенты, которые и позволяют получить доступ к нужному серверу сети. Такое коммутируемое подключение к сети отличается тем, что обеспечивает доступ только к тем клиентам, которые имеются на хост-машине. Пересылаемая из сети информация сначала попадает на хост, а затем перекачивается на индивидуальный компьютер.

Более полноценным является такое подключение индивидуально компьютера к сети, когда провайдеры обеспечивают связь по коммутируемым линиям по протоколу SLIP или PPP. В этом случае индивидуальный компьютер превращается как бы в хост-компьютер; программы и файлы, получаемые из сети, хранятся на индивидуальном компьютере.

Локальная сеть подключается к Internet обычно не по коммутируемым линиям, а по выделенным арендуемым линиям связи через шлюз с использованием дополнительного программного обеспечения. Это прямое (on-line) подключение, обеспечивающее оперативное предоставление сетевых ресурсов организации, располагающей большим количеством компьютеров, объединенных в локальную сеть. Для доступа к Web-серверам и другим ресурсам сети Internet каждый компьютер ЛКС должен иметь IP-адрес. Такой доступ обеспечивает шлюз (коммуникационный узел), связывающий ЛКС с Internet.

5.7. Адресация в IP-сетях

В семействе протоколов TCP/IP используются **три типа адресов**: локальные (физические, аппаратные), IP-адреса и символьные доменные имена (доменная адресация).

Локальные адреса уникальны для каждого сетевого соединения, они используются для доставки данных в пределах подсети, являющейся элементом составной интернет-сети. Вопросы физической адресации решаются на канальном уровне стека TCP/IP. Если подсетью является локальная сеть, то локальный адрес – это MAC-адрес, который назначается сетевым адаптерам и сетевым интерфейсам маршрутизаторов. MAC-адрес для всех технологий локальных сетей имеет формат 6 байт.

Локальные адреса присваиваются сетевой плате адаптера компьютера при ее изготовлении. Эти адреса выбираются производителем сетевого интерфейсного оборудования из выделенного для него по лицензии адресного пространства. При замене платы сетевого адаптера меняется и ее локальный адрес.

Поскольку локальные и IP-адреса независимы друг от друга (между ними нет никакой алгоритмической связи), для отображения IP-адресов в локальные адреса (при передаче данных) и локальных адресов в IP-адреса (при приеме данных) необходимы соответствующие средства.

Определение локального адреса по IP-адресу осуществляется по протоколу ARP (Address Resolution Protocol, протокол разрешения адресов), который работает различным образом в зависимости от того, какой протокол канального уровня работает в данной подсети. Если подсетью является Ethernet, то в ней предусматривается широковещательный режим работы, если же это протокол глобальной сети (X.25, Frame Relay и др.), то он, как правило, не поддерживает такой режим. Основным инструментом работы протокола ARP является таблица разрешения адресов, или ARP-таблица. Эта таблица хранится в памяти компьютера и содержит строки соответствия между IP-адресами и локальными адресами для каждого узла сети. Если требуется по IP-адресу найти его

локальный адрес, ищется в таблице строка с соответствующим IP-адресом и по нему в этой строке определяется локальный адрес. ARP-таблица заполняется автоматически модулями ARP по мере необходимости. Каждый компьютер сети имеет отдельную ARP-таблицу для каждого своего сетевого интерфейса. Отображение с помощью ARP-таблиц выполняется только для отправляемых IP-пакетов, так как только в момент отправки создаются заголовки пакетов.

Обратная задача по отображению адресов, т. е. определение IP-адреса по локальному адресу, решается с помощью протокола RARP (Reverse Address Resolution Protocol, протокол обратного разрешения адресов). Протоколы ARP и RARP абсолютно независимы.



IP-адресация в сети Internet базируется на концепции составной сети, состоящей из хостов и других сетей, причем под **хостом** понимается узел сети (компьютер рабочей станции, сервер, маршрутизатор), который может принимать и передавать IP-пакеты. Хосты соединяются через одну или несколько сетей (подсетей сети Internet), и адрес любого из них состоит из адреса сети и адреса хоста в этой сети. IP-адреса являются основным типом адресов, используемых сетевым уровнем для передачи пакетов между сетями.

IP-адрес представляется четырьмя десятичными числами, разделенными точками (например, 108.25.17.100). Каждое из этих чисел не может превышать 255 и представляет один байт 4-байтного адреса. 32-битный адрес состоит из двух частей: номера сети и номера узла. Длина каждой части является переменной величиной. Номер сети (он представляется старшими битами адреса) выбирается администратором произвольно, либо назначается по рекомендации специальной административной службы Internet. Номер узла назначается независимо от его локального адреса. Конечный узел (компьютер, маршрутизатор) может входить в несколько IP-сетей, поэтому каждый порт узла должен иметь собственный IP-адрес. Следовательно, IP-адрес узла идентифицирует не весь узел, а его сетевое соединение (порт), т. е. точку доступа модуля IP-протокола к сетевому интерфейсу.

IP-пакет содержит два адреса – отправителя и получателя. Оба адреса статические, т. е. не меняются на протяжении всего пути пакета. При доставке пакета адресату используются таблицы маршрутов, которые устанавливаются на каждом хосте сети. Различные протоколы маршрутизации, реализующие алгоритмы маршрутизации, обеспечивают построение и настройку этих таблиц.

IP-адресация обеспечивает пять различных классов сетей – классы A, B, C, D, E. Для кодирования каждого класса в IP-адресе выделяются несколько старших бит (рис. 38).

Сети класса A предназначены для использования крупными организациями. Это большие сети, для их адресации выделено всего 7 бит, зато для адресации хостов выделено 24 бита.

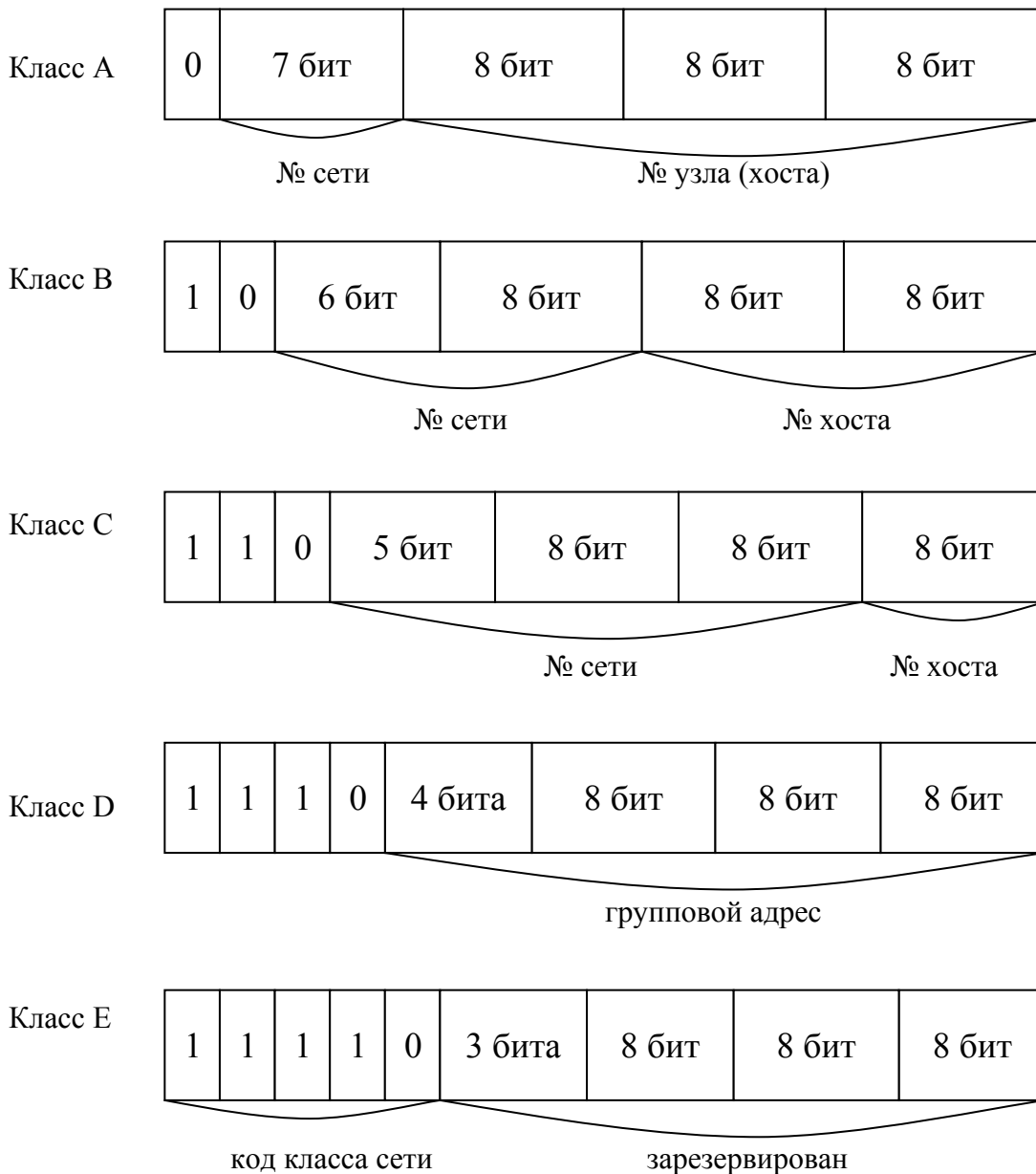
Сети класса B – это сети среднего размера (сети университетов, крупных компаний), для их адресации выделено 14 бит.

Сети класса C – это сети с небольшим количеством рабочих станций. Таких сетей много, поэтому для их адресации выделено 21 бит.

Адреса класса D используются при обращении к группам рабочих станций. Таких групп может быть очень много, поэтому их адресация осуществляется 28-битовыми двоичными числами. Групповая адресация используется для распространения информации от одного хоста сразу нескольким узлам, образующим группу. Номер группы указывается в поле адреса. Групповой адрес не делится на поля номера сети и номера узла, он обрабатывается маршрутизатором с помощью специального протокола IGMP (Internet Group Management Protocol).

Адреса класса E зарезервированы для использования в будущем.

Рис. 38. Структура IP-адреса в сетях классов А-Е



В протоколе IP имеется несколько соглашений об особой интерпретации IP-адресов [39]. Например, если в поле номера сети стоят только нули, то это означает, что узлы назначения и узел-отправитель пакета находятся в одной и той же сети.

Доменная адресация. Для пользователей применение 32-разрядных IP-адресов, однозначно идентифицирующих любой сетевой компьютер, не очень удобно. Поэтому в Internet принято всем компьютерам присваивать имена, что позволяет пользователям лучше ориентироваться в киберпространстве сети.

На сетевом уровне адресация пакетов осуществляется не по именам, а по IP-адресам, т. е. для непосредственной адресации пакетов адресация по именам не годится. Поэтому необходим механизм установления соответствия IP-адресов и имен компьютеров (алгоритмическое соответствие между ними отсутствует).

Символьные имена в IP-сетях называются доменами и строятся по иерархическому признаку, т. е. различаются домены нижнего уровня, домены верхнего уровня и домены средних (промежуточных уровней). Адресация с помощью доменов получила название «доменная адресация».

Система доменной адресации DNS (Domain Name System) в сети Internet рассматривается как метод иерархической организации адресов в этой сети, а также как механизм, используемый для получения по имени компьютера его IP-адреса. В своей работе этот механизм использует таблицы соответствия имен и IP-адресов, создаваемые администраторами.

Пусть хост некоторой организации имеет IP-адрес 196.146.24.10, который, естественно, не содержит информации о расположении и характере деятельности этой организации. Если к ней потребуется часто обращаться, такой адрес трудно запомнить. Другое дело, если этому хосту присвоено имя, например такое – www.obender.com. Это имя состоит из доменов, разделенных точками. Иерархия имен задается справа налево, т. е. com – это старший домен (домен верхнего уровня), он определяет наименование и профиль организации, в сети которой располагается необходимый хост; obender – средний домен, являющийся частью домена com и обозначающий наименование подразделения организации; www – одно из имен компьютеров в домене obender. Такое имя хоста легче запомнить и использовать.

В США шесть доменов высшего уровня определены для различных организаций:

- gov. – правительственные организации;
- mil. – военные организации;
- edu. – образовательные организации;
- com. – коммерческие организации;
- org. – общественные организации;
- net. – организации, предоставляющие сетевые услуги.

По соглашению каждая страна мира имеет двухсимвольное имя, представленное доменом верхнего уровня этой страны. Для России это «ru», для США – «us», для Великобритании – «uk», для Канады – «ca» и т. п.

Изначально в сети Internet в рамках системы DNS была введена система адресации по административному, а не по территориальному принципу. При этом самый верхний домен (домен верхнего уровня) мог принимать одно из определенного числа значений, определяющих вид сети или характер организации (коммерческие организации США, правительственные учреждения США и т. д.). Все поддомены, расположенные в адресе левее домена верхнего уровня, последовательно уточняют положение адресата внутри этого домена. Например, домен верхнего уровня в адресе означает, что адресат находится в одном из правительственных учреждений США, следующий слева домен уточняет, в каком именно учреждении, следующий – указывает подразделение этого учреждения и, наконец, самый левый домен в адресе указывает на конкретный компьютер в этом подразделении.

После включения в сеть Internet сетей Европы начал использоваться территориальный принцип адресации, в соответствии с которым в качестве домена верхнего уровня употребляется код страны адресата, затем следует (если адрес читать справа налево) код региона и, наконец, код компьютера адресата. В дальнейшем принцип адресации в Internet получился смешанный: домен верхнего уровня принимает уникальное значение общеизвестной организации или сети, а затем идут коды, характерные для территориального принципа адресации. Это, однако, не затрудняет почтовые службы: если в правой части адреса записан домен типа gov, что означает «правительственное учреждение США», то адресат находится в США, поэтому код страны не нужен. Как правило, во все места, которые адресуются по типу организации, можно добраться и используя код страны.

В сетях, не являющихся IP-сетями, но использующих для регистрации имен компьютеров систему DNS, часто применяются адреса, в которых домен верхнего уровня указывает название сети адресата. Это позволяет доставить электронную почту из сетей не Internet, не имеющих IP-адреса.

Большим преимуществом системы DNS является то, что она исключает зависимость имен узлов и их сетевых адресов от центрально установленного файла связи. В IP-сетях каждый компьютер или локальная сеть компьютеров имеет 4-байтный IP-номер, и машины, осуществляющие транспортировку почты, снабжаются таблицами соответствия мнемонических адресов и IP-адресов. Распределением IP-номеров занимается специальная служба сети Internet, а их регистрация возложена на региональные администрации сетей. В странах СНГ вопросами регистрации и выделения IP-номеров занимается специальная служба в сети РЕЛКОМ.

5.8. Прикладные сервисы сети Internet

Типы сервисов Internet. Все прикладные сервисы сети Internet можно разделить на три группы – интерактивные, прямого обращения и отложенного чтения.

К группе интерактивных сервисов относятся такие, где требуется немедленная реакция от получателя информации, т. е. получаемая информация, в сущности, является запросом.

Сервисы прямого обращения характеризуются тем, что информация по запросу возвращается немедленно.

Наиболее распространенными являются сервисы отложенного чтения, например, электронная почта. Для них основным признаком служит та особенность, что запрос и получение информации могут быть достаточно заметно разделены во времени (это определяется актуальностью информации на момент ее получения). Сервисы отложенного чтения наиболее универсальны и наименее требовательны к ресурсам ЭВМ и линиям связи.

Существует и другой подход к делению услуг, предоставляемых сетью Internet. Они делятся на две категории: услуги по обмену информацией между абонентами сети и услуги, связанные с использованием баз данных сети. Все эти сервисы относятся к сервисам верхнего уровня стека TCP/IP. Они в наибольшей степени интересуют пользователей, поскольку осуществляют и контролируют те функции, ради которых используется Internet и благодаря которым эта сеть стала удобным, дружелюбным и многофункциональным средством общения. Рассмотрим наиболее распространенные услуги сети.

Электронная почта (e-mail). К числу наиболее популярных прикладных сервисов Internet принадлежит электронная почта (ЭП). Эффективность, простота использования и скорость (E-mail сообщения могут передаваться и достигать адресата через весь земной шар за считанные минуты) сделали этот сервис наиболее распространенным.

В настоящее время предлагается множество различных пакетов программ для организации системы ЭП, в том числе в локальных сетях. Если ЛКС через шлюз связана с сетью более высокого уровня, что практически повсеместно, то можно пользоваться услугами ЭП в более широком масштабе. Наиболее распространенными системами ЭП являются Microsoft Mail, Microsoft Exchange, Lotus cc: Mail. В качестве основного протокола работы с ЭП используется SMTP (Simple Mail Transfer Protocol, простой протокол передачи почты) – протокол прикладного уровня. Он обеспечивает достоверную и надежную передачу сообщений между произвольными узлами сети Internet.

SMTP-протокол в своей работе использует TCP как транспортный протокол. В сети Internet, как правило, используются SMTP-серверы в качестве почтовых ящиков, промежу-

точных пунктов пересылки сообщений. Они принимают поступающую почту и затем самостоятельно переправляют ее адресату (это процесс ретрансляции почтовых сообщений).

Любое почтовое сообщение состоит из конверта (заголовка) сообщения и тела сообщения. Конверт содержит информацию, необходимую для доставки и обработки сообщения. Тело сообщения содержит информацию, которую отправитель передает получателю. Структура конверта обычно определяется локальным почтовым программным обеспечением. В конверте содержится информация о структуре и составе передаваемых данных, дате формирования сообщения, имени и адресе отправителя, имени и адресе получателя (или группы получателей), теме сообщения и др.

Система электронной почты в Internet универсальна: сети, построенные на совершенно разных принципах и протоколах, могут обмениваться электронными письмами с Internet, получая тем самым доступ к другим ресурсам сети.

Практически все сервисы Internet, использующиеся обычно как сервисы прямого доступа (on-line), имеют интерфейс к электронной почте. Поэтому если пользователь не располагает доступом к Internet в режиме on-line, он может получить большую часть информации, хранящейся в этой сети, посредством дешевой электронной почты.

В Internet есть возможность отправки как текстовых, так и двоичных файлов. На размер почтового сообщения в сети накладывается ограничение: он не должен превышать 64 Килобайт.

Система адресации электронной почты в Internet, называемая также стандартом RFS-822 (по названию документа, в котором она описана), принята во многих других сетях. Стандарт RFS-822 определяет уровень поддержки обмена электронной почтой между локальными сетями, связанными линиями передачи по протоколу TCP/IP. Имеются соглашения о преобразовании адресов на межсетевых шлюзах, если осуществляется обмен сообщениями между сетью Internet и сетями, не поддерживающими стандарт RFS-822.

Скорость доставки электронных писем сильно зависит от используемого механизма передачи. В Internet существуют два механизма передачи. Первый основан на протоколе UUCP и реализует пакетный режим передачи off-line, характерный для дейтаграммных сетей. Письмо передается по сети от узла к узлу программами Sendmail, и возможны задержки в каждом узле. Это дополнительный способ передачи. Основной (второй) механизм передачи базируется на протоколе SMTP семейства протоколов TCP/IP в сети коммутации пакетов. Он реализует передачу почты в режиме on-line: на время передачи между отправителем и получателем создается виртуальный канал, и письмо пересылается в течение нескольких секунд, при этом вероятность потери или подмены письма минимальна.

Обычный алгоритм работы почтовой программы таков: сначала осуществляется попытка отправить письмо немедленно (по протоколу SMTP); если это не получилось из-за неудачи в получении связи с узлом назначения, письмо попадает в очередь (в соответствии с протоколом UUCP), и время его задержки будет определяться загруженностью сети. Оптимальное время доставки сообщения по протоколу UUCP составляет 5-10 минут.

Для ЭП характерны те же достоинства (простота, дешевизна, возможность подписи и зашифровки письма, возможность пересылки нетекстовой информации) и недостатки (негарантированное время пересылки, возможность несанкционированного доступа со стороны третьих лиц, неинтерактивность), что и для обычной почты. Но существенными преимуществами ЭП являются: слабая зависимость стоимости пересылки письма от расстояния, гораздо меньшее время доставки электронных писем, более высокая надежность шифрования писем.

В качестве примера рассмотрим специальный пакет программ Microsoft Mail, представляющий собой универсальную систему корпоративной электронной почты, обеспе-

чивающую: создание почтового отделения (ПчО) для управления почтовыми услугами; регистрацию и подключение пользователей к ПчО; формирование сообщений пользователями, их пересылку и обслуживание (хранение, сортировку, поиск, создание шаблонов документов, просмотр, редактирование, сопровождение комментариями и т. п.); конфиденциальность информации и т. д.

В локальной сети формируется рабочая группа пользователей сети, имеющая возможность выхода в глобальные сети. Все пользователи в зависимости от выполняемых ими функций в сети разделяются на обычных пользователей (Users) и распорядителей сети (Manager). Соответственно им различают и их компьютеры: обычные и «почтовое отделение». Создание ПчО предполагает организацию на одном из компьютеров ЛКС (обычно на сервере) определенной структуры каталогов и размещения в них программных компонентов системы ЭП. При этом: компьютер «почтовое отделение» должен быть постоянно включен и готов работать, так как через него проходят все пересылки информации; на жестком диске этого компьютера должно быть не менее 2 Мбит свободного пространства, из которых 360 Кбит отводится под каталог «Почты» и по 16 Кбит на каждого пользователя рабочей группы для организации личных каталогов.

Процессы передачи сообщений между пользователями в системе ЭП Microsoft Mail во многом сходны с пересылкой обычной почтовой корреспонденции. Каждый пользователь созданной рабочей группы ЛКС получает имя и пароль и регистрируется в ПчО этой группы. Пользователь, подготовив свое сообщение и сделав запрос в ПчО на его пересылку, помещает это сообщение в буфер-папку отправлений на своем компьютере. Специальная программа-спулер периодически опрашивает буферы входных и выходных сообщений. Как только в буфере отправлений появляется сообщение, оно перемещается в ПчО, где регистрируется и ставится в очередь на дальнейшую пересылку адресату (адресатам). С помощью Диспетчера почты сообщение доставляется пользователям и разносится по соответствующим каталогам. Предусматривается информирование пользователей о процессах передачи сообщений путем изменения внешнего вида значка почтового ящика на экране дисплея: наличие корреспонденции в буфере отображается значком открытого почтового ящика, значок закрытого ящика свидетельствует о переправке сообщения в ПчО, исчезновение значка – о получении сообщения адресатом. При получении сообщения адресат оповещается звуковым сигналом и видеоизображением почтового ящика с выглядывающим из него конвертом.

Создание почтового отделения в рабочей группе пользователей сети осуществляется путем запуска программы Mail (почта) и выполнения ряда предусмотренных для этого операций, включая операции по установке параметров ЭП для режима отправления сообщений и режима получения сообщений.

Доступ пользователей в ПчО обеспечивается через Диспетчер файлов, при обращении к которому указывается имя каталога ПчО. Список пользователей формируется по специальной команде, причем этот список может изменяться и пополняться. Личные карточки пользователей заполняются или самими пользователями, или Управляющим ПчО. Пользователи могут вводить свои пароли самостоятельно, что обеспечивает необходимую конфиденциальность. Для доступа в ПчО пользователю необходимо знать имя своего почтового ящика и пароль входа.

Операции создания и рассылки сообщения выполняются после запуска программы Mail. Для ускорения подготовки сообщений в этой программе предусмотрены средства хранения исходящих документов и возможность последующего копирования их частей в новое сообщение. Возможно создание шаблона сообщения, что имеет большое значение при разработке документов стандартной формы. Создание шаблона практически не отличается от формирования обычного документа за исключением того, что в шаблоне

фиксируются неизменные, стандартные части. Использование шаблона как стандартного бланка сообщения требует его вызова и заполнения. В качестве дополнительных функций программа Mail позволяет вставлять в текст сообщения вполне готовые документы.

Прием-передача сообщений производится в среде Mail автоматически. Программа СПУЛЕР опрашивает исходящий и входящий буферы с заранее установленной периодичностью, причем динамику процессов можно наблюдать по изменению вида значков – этикеток сообщений на экране дисплея. Для формирования ответа – уведомления – необходимо, чтобы полученное сообщение было открытым или выделено в папке «Входящие». При желании такой ответ можно разослать циркулярно.

В электронной почте Microsoft Mail предусмотрено создание и использование папок, представляющих собой подкаталоги, по которым сортируется полученная корреспонденция. Имеются два вида папок: общие и личные. Общие папки создаются на компьютере с установленным ПЧО для совместного использования членами рабочей группы пользователей сети. В личных папках пользователей обычно хранится конфиденциальная информация, и доступ к ним устанавливается самими пользователями. Внутри любой папки может быть проведена сортировка сообщений по различным признакам: срочности, тематике, датам получения, адресам отправителей. Личные папки создаются на компьютерах рабочей группы пользователей сети автоматически при установке электронной почты, причем формируются три типа папок: входящие, отправленные и удаленные. Удаление папок производится путем выделения требуемой папки и нажатия кнопки Delete (удалить).

Система новостей UseNet (телеконференции) – второй по распространенности сервис Internet, представляющий собой распределенную систему ведения дискуссий, механизм распространения сетевых новостей. Эта система обеспечивает ведение дискуссий (телеконференций) по выбранной теме, осуществляет фильтрацию статей по ключевым словам, тиражирование и рассылку подписчикам статей. В отличие от электронной почты в системе новостей необходимо централизованное хранение статей на UseNet-серверах, так как к банку статей должны иметь доступ все пользователи сети, подсоединенные к этому серверу.

Система UseNet работает по протоколу прикладного уровня NNTP (Network News Transport Protocol, протокол передачи новостей). Он работает поверх транспортного протокола TCP/IP и используется для обеспечения связи между серверами, работающими с программным обеспечением UseNet, и следовательно, взаимодействия участников дискуссий по модели клиент-сервер. В первое время для передачи пакетов новостей (как и для передачи электронной почты) использовался протокол UUCP (Unix-to-Unix Copy). Он и сейчас применяется, но энергично вытесняется более быстрым и гибким протоколом NNTP.

В системе телеконференций (ТК) принцип электронной почты получил дальнейшее развитие. Если в системе ЭП сообщения адресуются «один к одному» и каждому пользователю предоставляется индивидуальный «почтовый ящик», то в системе ТК адресация осуществляется по принципу «один ко всем» и на всех участников ТК выделяется один ящик.

Механизм распространения сетевых новостей достаточно прост: каждый узел сети, получивший новое сообщение, передает его тем узлам, с которыми он обменивается новостями. Следовательно, посланное пользователем сообщение распространяется, многократно дублируясь, по сети, достигая за короткие сроки всех участников телеконференций USENET во всем мире.

Новости разделены по иерархически организованным тематическим группам. Имя каждой группы состоит из имен подуровней иерархии, разделенных точками, причем более общий уровень пишется первым. Имеются глобальные иерархии и иерархии, локальные для какой-либо организации, страны или сети. Набор групп, получаемых ло-

кальным сервером USENET, определяется администратором этого сервера и наличием этих групп на других серверах, с которыми обменивается новостями локальный сервер. Обычно сервер получает: все глобальные иерархии; группы, локальные для страны, в которой сервер расположен; группы, локальные для организации, где функционирует сервер. К различным иерархиям применимы различные нормы и правила работы с ними. Это касается прежде всего языка сообщений. В группы российской иерархии relcom сообщения лучше писать по-русски, в то время как в группы локальной иерархии comp следует писать только по-английски.

Список конференций USENET включает тысячи тем, поэтому важно знать правила, в соответствии с которыми устанавливаются иерархические имена конференции. Эти имена уточняют принадлежность конференции к определенному тематическому разделу – иерархии. Часто темы пересекаются, и многие статьи отправляются сразу в несколько конференций.

В число основных иерархий конференций, составляющих «большую семерку» и присутствующих на всех крупных системах сети TK USENET, входят:

- comp – конференции по вопросам, связанным с компьютерами и программированием;
- misc – темы, не входящие ни в один из основных классов или относящиеся сразу к нескольким;
- news – вопросы по программам обмена новостями и развитию системы телеконференции;
- rec – вопросы на темы отдыха, хобби, увлечений;
- sci – конференции для дискуссий и обмена опытом по различным научным дисциплинам;
- soc – вопросы общественной жизни;
- talk – конференции, ориентированные на обсуждение спорных вопросов по любой тематике.

Любой компьютер, полноценно подключенный к Internet, имеет доступ к новостям USENET, однако новости USENET распространяются и по другим сетям.

Удобство работы с новостями существенно зависит от способа их получения. В Internet программа-клиент абонента может напрямую получать новости с сервера USENET, и тогда между просмотром списка сообщений, содержащихся в группе, и чтением этих сообщений нет задержки. Если же пользование новостями идет через электронную почту, то абонент сначала получает список статей, а уже потом принимает по электронной почте заказанные им из этого списка статьи. Это весьма неудобный и устаревший способ работы с новостями USENET.

Почтовые списки. Иначе они называются списками рассылки (Mailing Lists). Это практически единственный сервис, не имеющий собственного протокола и программы-клиента и работающий только через электронную почту. Это очень простой и полезный сервис. Идея его организации заключается в следующем: в сети выделяется адрес электронной почты, который является общим адресом многих пользователей-подписчиков определенного списка рассылки. Каждый список рассылки посвящается какой-то конкретной теме. Пользователи-подписчики могут посылать свои сообщения по общему адресу, и тогда эти сообщения рассылаются всем, кто подписался на данный список рассылки. Имеются общедоступные почтовые списки, а некоторые списки имеют ограничения на участие в них.

По своим задачам, которые призван решать такой сервис, почтовые списки похожи на сетевые новости USENET (телеконференции). Однако имеются и существенные отличия. Основные из них:

- статьи в сетевых новостях по прошествии определенного времени стираются и становятся недоступны, а сообщения, распространяемые по электронной почте по

списку рассылки, всегда будут прочитаны подписчиком, дождавшись его в почтовом ящике;

- списки рассылки более управляемы и конфиденциальны, так как администратор списка контролирует набор подписчиков и следит за содержанием сообщений. Каждый список рассылки ведется какой-то организацией, которая обладает полным контролем над ним. В системе USENET сетевые новости никому не принадлежат и потому менее управляемы;
- для работы со списком рассылки обычно достаточно доступа к электронной почте, подписчиками могут быть пользователи, не имеющие доступа к новостям USENET;
- передача сообщений по спискам рассылки может осуществляться быстрее, так как они передаются абонентам напрямую, а не по цепочке между серверами USENET.

Списки рассылки создаются организациями для оповещения своих клиентов, пользователей своей продукции и вообще лиц, заинтересованных в выпуске новых продуктов или передаче новостей компании. Они требуются также, когда обсуждается какой-то вопрос, интересующий слишком малый круг людей, чтобы заводить для него отдельную группу в новостях USENET.

Передача файлов. Это один из первых широко используемых серверов Internet, в основе которого лежит протокол передачи файлов FTP (File Transfer Protocol), обеспечивающий доступ к файлам в файловых архивах. FTP – это стандартная программа, работающая по протоколу TCP. Она обеспечивает передачу файлов между компьютерами, взаимодействующими в сетях TCP/IP: на одном из них работает программа-сервер, а на другом пользователь запускает программу-клиент, которая соединяется с сервером и передает или получает по протоколу FTP-файлы.

FTP – сервис прямого доступа, требующий подключения компьютера в сеть Internet. Однако возможен доступ и через электронную почту, для чего имеются серверы, которые по запросу могут прислать по электронной почте запрашиваемые файлы. При этом запрос может довольно долго ожидать своей очереди. Есть и другое неудобство: большие файлы при отсылке делятся сервером на части ограниченного размера, посылаемые отдельными письмами; в случае потери хотя бы одного письма, остальные принятые письма, принадлежащие запрашиваемому файлу, окажутся ненужными.

Системы автоматизированного поиска информации в сети Internet. Компании всего мира широко используют сеть Internet – эту всемирную информационную супермагистраль для поиска и получения информации практически любого вида. В сети Internet имеются тысячи баз данных и десятки навигационных систем. Для облегчения и ускорения поиска необходимой информации используются вспомогательные программы, интегрированные в структуру Internet и составляющие ядро автоматизированных систем поиска и получения информации.

Сеть Internet работает с тремя основными системами поиска информации – Gopher, Wais и WWW.

Гипертекстовая система Gopher. Это достаточно известное и распространенное средство поиска информации в сети Internet, позволяющее находить информацию по ключевым словам и фразам. При работе с Gopher пользователю предлагается пройти сквозь ряд вложенных меню, из которых доступны файлы различных типов. Gopher, будучи распределенной системой экспорта структурированной информации, является сервисом прямого доступа и требует, чтобы и сервер, и клиент были полноценно подключены к Internet.

Система Gopher позволяет получать информацию без указания имен и адресов авторов. Пользователь просто сообщает системе, что именно ему нужно, и система находит необходимые данные.

В настоящее время в Internet имеется свыше 2000 Gopher-систем, часть из которых узкоспециализированные, а часть содержит более разностороннюю информацию. Это усложняет поиск информации. В случае возникновения затруднений можно воспользоваться службами ARCHTE и VERONICA. Служба VERONICA осуществляет поиск более чем в 500 системах Gopher, освобождая пользователей от необходимости просматривать соответствующие меню вручную, а служба ARCHTE автоматизирует навигацию и поиск файлов в FTP-серверах.

Система WAIS. Это информационная система широкого профиля, представляющая собой комплекс программ, предназначенных для индексирования больших объемов неструктурированной (как правило, просто текстовой) информации, поиска по таким материалам и извлечения из них запрашиваемых данных. Эти функции выполняются с помощью программ индексирования, программ локального поиска по полученным индексам, а также серверных и клиентских программ, взаимодействующих между собой по специальному протоколу Z39.50.

Задача поиска данных в больших объемах неструктурированной информации весьма нетривиальна, пока не существует общепринятого ее решения. В системе WAIS реализован приемлемый вариант решения этой задачи, поэтому она получила достаточную известность как один из сервисов Internet. Однако в последнее время эта система самостоятельно почти не используется, а во многих случаях применяется как вспомогательное средство, например, для индексирования документов, хранящихся на WWW-сервере. В сети Internet имеется более 200 WAIS-библиотек, в которых большая часть материалов относится к области исследований и компьютерных наук.

Система WWW (World Wide Web – всемирная информационная сеть). В качестве основного протокола системой WWW используется протокол HTTP (HyperText Transfer Protocol, протокол передачи гипертекста).

WWW – самое популярное и удобное средство работы с информацией. Больше половины потока данных в Internet приходится на долю WWW. Количество серверов WWW сегодня превышает несколько десятков тысяч. WWW – гипертекстовая, гипермедийная, распределенная, интегрированная, глобальная децентрализованная информационная система, реализующая самую передовую и массовую технологию. Это сервис прямого доступа, требующий полноценного подключения к Internet. WWW работает по принципу клиент – серверы. Имеется множество серверов, которые по запросу клиента предоставляют ему гипермедийный документ, состоящий из частей с разнообразным представлением информации (текст, звук, графика, трехмерные объекты и т. д.). Программные средства WWW являются универсальными для различных сервисов Internet, а сама система играет интегрирующую роль. Соединение между клиентом и сервером WWW одноразовое: получив запрос от клиента и выдав ему документ, сервер прерывает связь.

WWW – это объединение в одной информационной системе возможностей вышеуказанных информационных инструментов с добавлением к ним передачи (помимо текстов и программ) графических изображений, звуков, видео. Все эти информационные объекты связываются структурой гипертекста, т. е. текста, содержащего в себе связи с другими текстами, графической, видео- или звуковой информацией. Систему WWW отличают такие особенности: использование гипертекста и возможность пользователей взаимодействовать с другими приложениями Internet.

Гипертекст можно рассматривать как систему документов с перекрестными ссылками. Связь между гипертекстовыми документами осуществляется с помощью ключевых слов, причем документы, на которые сделаны ссылки, могут находиться на удаленных компьютерах. Следовательно, по ссылкам можно значительно удалиться от первоначального источника информации, но возврат к нему не вызывает затруднений.

Гипермедиа-документы (т. е. гипертекстовые документы, включающие не только тексты, но и графику, звук и видео) хранятся на WWW-серверах сети Internet. Для работы с гипермедиа-документами имеется много различных программ-клиентов, называемых программами просмотра WWW, или броузерами (browsers). По известному адресу броузеры позволяют вызывать нужные документы, накапливать их, сортировать, объединять, редактировать, печатать. Наибольшее распространение в настоящее время получили программы просмотра Netscape Navigator и Microsoft Internet Explorer. Программы просмотра имеют много общего, поэтому, овладев принципами и средствами работы одной из них, без труда можно переключиться на работу с другой. Большинство современных программ просмотра обеспечивают доступ не только к страницам Web-серверов (или к Web-страницам), но и включают возможности обработки электронной почты, телеконференций Usenet, позволяют работать с сервисом FTP, Gopher и др. В программы просмотра встраиваются редакторы Web-страниц.

Подготовка гипермедиа-документов осуществляется на языке HTML (Hyper Text Markup Language – язык описания гипертекстовых документов). HTML – это язык World Wide Web, используемый для отображения информации каждым Web-узлом. Он был разработан в начале 90-х годов инициативной группой в Европейской лаборатории физики частиц в Женеве. Web-страница в формате HTML (называемая также Web-документом) – это простой текстовый файл (ASCII-файл), который можно создавать и читать с помощью любого текстового редактора. Web-документ содержит набор команд HTML, которые сообщают броузеру порядок отображения страницы Web. Следовательно, после соединения с Web-узлом с помощью броузера, по сети связи от Web-сервера к броузеру отправляется запрашиваемый документ в формате HTML. Любой компьютер (независимо от того, является ли он обычным в PC, работающим под Windows, рабочей станцией, ориентированной на Unix, или компьютером Macintosh) может принимать и отображать HTML-страницы. Этим и объясняется эффективность и популярность языка HTML. Существует большое количество программ, осуществляющих преобразование различных документов в формат HTML.

В Internet реализуются две стороны поиска информации, разные по методам, но единые в целях: каталоги и поисковые серверы. Условно можно сказать, что каталоги – средства сфокусированного поиска информации, а поисковые серверы – рассеянного. Использование этих средств позволяет быстро и эффективно находить необходимую информацию в глобальной сети.

Поисковые серверы (search engine) – это специальное программное обеспечение, которое, автоматически просматривая все ресурсы сети Internet, может найти запрашиваемые ресурсы и проиндексировать их содержание. Пользователь передает поисковому серверу фразу или набор ключевых слов, описывающих интересующую его тему. Выполняя такой запрос, сервер сообщает пользователю список соответствующих ресурсов. В Internet имеется множество поисковых серверов, охватывающих практически все доступные ресурсы. При этом разные серверы охватывают различные, частично перекрывающиеся, области информации в сети. Они используют различающиеся методы индексирования документов и способы оценки значимости слов в них. Имеются специализированные серверы поиска по отдельным типам ресурсов сети и универсальные, охватывающие все виды сервисов.

Каталоги Internet – средства хранения тематически систематизированных коллекций ссылок на различные сетевые ресурсы, в первую очередь, на документы WWW. Ссылки в такие каталоги заносятся администраторами, которые стараются сделать свои коллекции наиболее полными, включающими все доступные ресурсы на каждую тему. В результате пользователь должен найти интересующий его вопрос в каталоге, и ему не

нужно самому собирать все ссылки по этому вопросу, так как работа по поиску и систематизации ссылок уже проделана.

Каталоги обычно имеют древовидную структуру и похожи на очень большой список закладок. Каталоги обеспечивают разнообразный дополнительный сервис: поиск по ключевым словам в своей базе данных, предоставление списков последних поступлений, автоматическое оповещение по электронной почте о свежих поступлениях и др. Имеется каталог русскоязычных ресурсов сети Internet. Абонент, научившийся использовать наиболее подходящий для него каталог и несколько поисковых серверов, получает эффективное средство быстрого нахождения информации в сети. Кроме описанных услуг, сетью Internet предоставляются и другие услуги. Краткие сведения о некоторых из них даются ниже.

Telnet – удаленный доступ. Пользователь может работать на любом компьютере сети, как на своем собственном.

Rsh (Remote Shell) – удаленный доступ. В отличие от *Telnet* работает только в случае, когда на удаленном компьютере установлена ОС Unix.

NFS (Network File System) – распределенная файловая система. Абонент может пользоваться файловой системой удаленного компьютера, как своей собственной.

Rexec (Remote Execution) – выполнение одной команды на удаленном Unix-компьютере.

Lpr – сетевая печать. Отправка файлов на печать на удаленном (сетевом) принтере.

Lpq – сетевая печать. Показывает файлы, стоящие в очереди на печать на сетевом принтере.

Talk – обеспечивает установление взаимодействия («разговора») с пользователем удаленного компьютера. При этом на экране дисплея одновременно виден вводимый текст и ответ удаленного пользователя.

Iptunnet – позволяет получить доступ к серверу ЛКС NetWare, с которым отсутствует непосредственная связь по ЛКС, но есть связь по сети Internet.

Whois – адресная книга сети Internet. Абонент имеет возможность по своему запросу получить информацию о принадлежности удаленного компьютера, о пользователях.

Finger – получение информации о пользователях удаленного компьютера.

Webster – сетевая версия толкового словаря английского языка.

Факс-сервис – дает возможность пользователю отправлять сообщения по факсимильной связи, пользуясь факс-сервером сети.

Электронный переводчик – осуществляет перевод текста с одного языка на другой. Обращение к электронным переводчикам происходит через электронную почту.

Шлюзы – дают возможность абоненту отправлять сообщение в сети, не работающие с протоколами TCP/IP.

5.9. Клиентское программное обеспечение сети Internet

Практически все услуги сети Internet построены на принципе «клиент-сервер», причем сервер – это компьютер, способный предоставлять клиентам сетевые услуги по их запросам. С приходом запросов от клиентов сервер запускает различные программы предоставления сетевых услуг. По мере их выполнения сервер отвечает на запросы клиентов. Программное обеспечение сети можно разделить на серверное и клиентское [39]. Программное обеспечение сервера занимается предоставлением сетевых услуг, а клиентское программное обеспечение осуществляет передачу запросов серверу и получение от него ответов.

Сеть Internet построена в основном на базе компьютеров, работающих под управлением ОС Unix. Эта операционная система требует обычно мощных компьютеров с большими объемами оперативной памяти и НЖМД. Кроме того, она имеет не самый хороший пользовательский интерфейс. В связи с этим для приобщения к сети новых абонентов особое значение имеют пакеты клиентского программного обеспечения (КПО), работающие под управлением операционных систем MS Windows. Они много дешевле, чем ОС Unix, просты в использовании и обеспечивают доступ почти ко всем ресурсам сети Internet. В состав доступного КПО входят такие пакеты, как Mail2, NCSA-Telnet, KA9Q, Chameleon, Cello, Mosaie, Minuet, PC-NET, PC-Interface, Waterloo-TCP, LAN-WorkPlace, PC-TCP, TCP-Open, Trumpet, Dmail. Для оценки возможностей этих пакетов могут использоваться следующие критерии:

- функции пакета в MS Windows;
- качество пользовательского интерфейса;
- наличие средств поиска информации;
- наличие средств связи по коммутируемым линиям;
- наличие интерфейса для работы в ЛКС;
- возможность работы по коммутируемым линиям;
- возможность настройки пакета на сложные конфигурации локальных и глобальных сетей;
- требования к программно-техническим средствам, которые необходимы для использования пакета;
- состав установочного комплекта;
- наличие исходных текстов;
- качество документации на пакет;
- цена пакета.

В результате оценки по всем указанным критериям получены рекомендации по использованию пакетов КПО в сети Internet.

Для операционной среды MS DOS лучшим пакетом КПО с точки зрения пользователя признан пакет *Minuet*, разработанный Миннесотским университетом (США). Он обладает полным спектром услуг сети Internet и отличным пользовательским интерфейсом, прост в использовании, может работать как в локальных, так и в глобальных сетях по коммутируемым линиям, значительно дешевле своих аналогов. Пакет *Minuet* рекомендуется практически всем категориям абонентов сети. Для этой же операционной среды, но уже с точки зрения специалиста наиболее подходящим считается пакет *KA9Q*, который распространяется вместе с исходными текстами и имеет в своем составе весь спектр сетевых услуг. Он эмулирует многозадачный и многопользовательский режимы работы, может использоваться как маршрутизатор для связи ЛКС с глобальной сетью. Пакет *KA9Q* рекомендуется специалистам сети в качестве исходного материала при разработке новых пакетов КПО. Для рядовых пользователей сети в качестве абонентского пакета его применять нецелесообразно из-за сложности в настройке и неудовлетворительного пользовательского интерфейса.

Для операционной среды MS Windows предпочтительным пакетом КПО считается пакет *Chameleon*, разработанный фирмой NetManage (США). Обладая полным набором услуг сети Internet и отличным пользовательским интерфейсом, он имеет в своем составе NFS-сервер, может работать маршрутизатором сети и обеспечивать связь ЛКС с глобальной сетью.

Лучшим почтовым пакетом для операционной среды MS Windows считается пакет *Dmail for Windows*, разработанный фирмой Демос (Россия). Он рекомендуется тем абонентам, которые нуждаются в электронной почте и привыкли работать в среде Windows.

По существу, этот пакет является аналогом пакета Mail2 для Windows. Пакет DMail for Windows обладает хорошим пользовательским интерфейсом, несложен в работе, но не прост в настройке, полный комплект документации – на русском языке, может работать как в ЛКС, так и по коммутируемым линиям.

Для наиболее полного использования информационных ресурсов сети Internet рекомендуется пакет Mosaic, разработанный фирмой NCSA (National Centre of Supercomputing Application, США). Это наиболее мощный инструмент для путешествия по сети Internet. Он обеспечивает доступ к гипертекстовым библиотекам WWW, к обычным базам данных сети и системам поиска информации в них. Возможность просмотра новейших гипертекстовых библиотек WWW – основное достоинство пакета Mosaic. При наличии в просматриваемом документе ссылки на какой-либо другой документ осуществляется переход к этой ссылке и загружается документ, на который была ссылка, независимо от его местоположения в сети Internet. В качестве интерфейса для работы в ЛКС используются пакетные драйверы, средства связи по коммутируемым линиям – SLIP, PPP. Пакет обладает отличным пользовательским интерфейсом. Для работы Mosaic необходим канал связи с сетью Internet со скоростью не менее 14400 бит/с.



Кроме абонентского программного обеспечения, среди пользователей сети Internet распространены **телекоммуникационные пакеты**, главное применение которых – обеспечение связи с электронными досками объявлений общего пользования (BBS). Такие пакеты позволяют пользователю получить доступ к хосту сети (сетевому компьютеру, который, помимо сетевых функций, выполняет пользовательские задания) через обычные телефонные линии. При этом он может работать на одном из хостов сети в режиме «on line», пользуясь таким образом всеми ресурсами узла сети так, как если бы работа выполнялась на его терминале. К каждому модему прилагается свой телекоммуникационный пакет. Наиболее распространенными являются телекоммуникационные пакеты TELEMATE, MTEZ, BITCOM, COMIT, PROCOM. Все они просты в настройке и в использовании и мало отличаются друг от друга по предоставляемым ими возможностям.

Развитие сети Internet. Internet – очень быстро развивающаяся сеть, и причина этого не в свойствах самой сети, а в общих тенденциях развития компьютерной индустрии. Самым многообещающим направлением развития Internet и сетевых технологий в целом является проект Java компании Sun Microsystems [21]. Java – это интерпретируемый язык, специально рассчитанный на работу в открытой сетевой среде. В настоящее время появляются все новые браузеры с поддержкой сетевого языка Java. Вполне вероятно, что его поддержку будут обеспечивать все WWW-браузеры, а значит и многие серверы. Если Java станет стандартом де-факто, сеть Internet и вся компьютерная технология выйдут на качественно новый уровень развития, когда ресурсы компьютеров всего мира будут объединены в один компьютер под названием «Сеть».

Примечательно, что проект Java дает возможность решить самые глубокие проблемы системы WWW: отсутствие интерактивности, ограниченный контроль вида документа, ограниченный набор форматов встроенной графики и других объектов мультимедиа.

С помощью проекта Java компания Sun Microsystems рассчитывает быть пионером в области сетевых технологий, создать новый рынок под лозунгом: «Сеть – это компьютер». Шансы на успех у нее довольно неплохие.

В ходе развития сети Internet предполагается решить и другие проблемы, такие, как отсутствие адекватных средств идентификаций удаленных абонентов, сложности в

реализации законов об экспорте и авторских правах (нет полного понимания того, что в Internet защищено авторским правом, а что – нет; трудности в распространении и контроле электронной продукции и т. д.). С ростом числа абонентов сети острее становится проблема управляемости, тем более что Internet появилась и до сих пор развивалась как свободная, открытая и малоуправляемая сеть. Сеть коммерциализируется, фактически полностью прекращено ее государственное финансирование. Она все меньше предоставляет исследовательскую информацию и все больше – рекламную и коммерческую.

Используемый в настоящее время в сети Internet протокол IP для адресации компьютеров содержит 32 бита. Учитывая все ускоряющийся рост абонентов сети, очень скоро этого окажется недостаточно. Для решения проблемы разрабатывается протокол IP нового поколения – IPng, в котором для адреса отводится 128 бит, что позволяет адресовать астрономическое количество абонентов. Это потребует практически полной замены существующего программного обеспечения и активного сетевого оборудования.

Наконец, злободневным вопросом для полноценного использования коммуникационных возможностей Internet является вопрос безопасности циркулирующей в сети информации. Подключение компьютера к глобальной сети делает его более уязвимым, хотя степень уязвимости становится существенно меньше, если обеспечить более или менее действенный контроль информации в точке взаимодействия локальной и глобальной сетей. И все же стопроцентных методов защиты от несанкционированного доступа к информации и ее искажения не существует. Но принцип «стоимость вскрытия защиты должна быть выше ценности защищаемых данных» удастся удовлетворить все чаще.

5.10. Функции, характеристики и типовая структура корпоративных компьютерных сетей (ККС)



Определение

Корпоративная компьютерная сеть (Intranet) – это сеть на уровне компании (организации, предприятия), в которой используются программные средства, основанные на протоколе TCP/IP Internet. Другими словами, Intranet – это версия Internet на уровне компании, адаптация некоторых технологий, созданных для Internet, применительно к частным локальным (LAN) и глобальным (WAN) сетям организаций.

Корпоративную сеть можно рассматривать как модель группового сотрудничества, вариант решения прикладного программного обеспечения для рабочих групп, основанного на открытых стандартах Internet. В этом смысле ККС представляет собой альтернативу пакету Lotus Notes (LN) фирмы Lotus Corporation, который с 1989 г. является стандартом для совместного использования информации и внутрикорпоративного сотрудничества. Пакет LN – это фирменное программное обеспечение типа «клиент-сервер», которое поддерживает связь в рабочей группе, электронную почту, дискуссии, дублирование базы данных и среду разработки приложений.

Корпоративные сети, как и Internet, основаны на технологии «клиент-сервер», т. е. сетевое приложение делится на стороны: клиента, запрашивающего данные или услуги, и сервера, обслуживающего запросы клиента.

Наблюдаемый в настоящее время громадный рост корпоративных сетей объясняется их преимуществами, основанными на совместном использовании информации, сотрудничестве, быстром доступе к данным и наличии большого числа пользователей, уже знакомых с необходимым программным обеспечением по работе в Internet.

Корпоративная сеть, объединяющая локальные сети отделений и предприятий корпорации (организации, компании), является материально-технической базой для решения задач планирования, организации и осуществления ее производственно-хозяйственной деятельности. Она обеспечивает функционирование автоматизированной системы управления и системы информационного обслуживания корпорации.

Решая задачи, прежде всего, в интересах всей корпорации, ее отделений и предприятий, корпоративная сеть предоставляет услуги как своим пользователям (штатным сотрудникам корпорации), так и внешним пользователям, не являющимся этими сотрудниками. Это способствует популяризации сети и положительно сказывается на сокращении сроков окупаемости затрат на ее создание, внедрение и совершенствование. По мере развития ККС расширяется перечень предоставляемых ею услуг и повышается их интеллектуальный уровень. Расширению контингента пользователей ККС способствует то обстоятельство, что Internet и Intranet легко интегрируются.

Основные характеристики ККС. К корпоративной сети, как и к другим типам компьютерных сетей, предъявляется ряд требований. Главное из них – обеспечение пользователям возможности оперативного доступа к разделяемым ресурсам всех компьютеров, объединенных в сеть. Решению этой основной задачи подчинены остальные требования: по производительности, надежности, безопасности, управляемости, совместимости, расширяемости, масштабируемости и прозрачности. Качество предоставления услуг сетью определяется тем, насколько полно выполняются эти требования, особенно по производительности и надежности.

Для оценки степени удовлетворения указанных требований используются ниже рассматриваемые показатели, которые одновременно являются основными характеристиками корпоративной сети.



Определение

Производительность сети – одно из ее основных свойств. Оно обеспечивается возможностью распараллеливания работ между несколькими элементами сети (компьютерами, альтернативными маршрутами, распределенными базами данных и т. д.).

Для оценки производительности сети используются такие показатели [20]: время реакции на запрос, пропускная способность всей сети или отдельных ее звеньев (подсетей), задержка передачи данных.



Определение

Время реакции на запрос – это интервал времени между подачей запроса пользователя к какой-либо сетевой службе и получением ответа на этот запрос. Время реакции зависит от многих факторов (тип сетевой службы, к которой обращается пользователь, наименование и место сервера, к которому идет обращение, текущее состояние элементов сети, квалификация самого пользователя и т. д.), поэтому используется и средневзвешенная оценка этого времени.

Пропускная способность сети (или ее звена) оценивается количеством информации (в пакетах, битах) передаваемых сетью в единицу времени. Она характеризует качество выполнения основной функции сети-транспортировки сообщений. Пропускная способность может быть средней (вычисляемой за достаточно большой промежуток времени – месяц, неделя, сутки, час), мгновенной (вычисляемой



Определение

за короткий промежуток времени – секунда, миллисекунда), максимальной (это наибольшая мгновенная пропускная способность, зафиксированная за время наблюдения). Кроме того, в оценке производительности сети используется минимальная пропускная способность. Если маршрут передачи пакета состоит из участков с разной пропускной способностью, то общая пропускная способность этого маршрута будет равна минимальной из пропускных способностей составляющих участков (элементов) маршрута.

Задержка передачи данных – это задержка между моментом поступления пакета на вход какого-либо устройства сети (или части сети, или, наконец, всей сети) и моментом появления его на выходе этого устройства. Этот показатель характеризует только сетевые этапы передачи данных и не относится к задержкам, связанным с обработкой данных на компьютерах. Обычно задержка передачи данных составляет сотни миллисекунд, реже – несколько секунд. Это мало влияет на качество службы электронной почты, службы печати и др. Но если передаваемый пакет переносит голосовые данные или видеоизображение, то такие задержки приводят к заметному снижению качества информации, предоставляемой пользователю.

Надежность – функционирования сети оценивается рядом показателей. К ним относятся:

- коэффициент готовности – доля времени, в течение которого сеть используется по основному своему назначению;
- вероятность доставки пакета адресату без искажений;
- вероятность потери пакета при его передаче;
- отказоустойчивость, т. е. способность сети скрыть от пользователя отказ отдельных ее элементов. В отказоустойчивой сети отказ одного из ее элементов приводит к некоторому снижению качества работы сети, но не к полному ее останову.

Такой набор показателей характерен для оценки надежности сложных систем, которые, кроме состояний работоспособности и неработоспособности, могут иметь и другие промежуточные состояния.



Определение

Безопасность сети – это способность сети защитить циркулирующую в ней информацию от несанкционированного доступа.

Управляемость – возможность централизованно контролировать состояние как всей сети, так и основных ее элементов, выявлять причины отказов элементов сети и восстанавливать ее работоспособность, анализировать производительность сети и планировать ее развитие. Все эти функции выполняются не разрозненными средствами управления, а системой управления сети, рассматриваемой как единое целое.

Администраторам сети неизбежно приходится сталкиваться с проблемой объединения несовместимых нестандартных сетей в сеть масштаба организации. Управление такими сетями, решение вопросов контроля и отслеживания трафика – непростая задача. Вероятно, в недалеком будущем, когда аппаратные и программные средства сети различных производителей будут соответствовать новым стандартам, а протоколы управления сетями вместе с новыми версиями СОС позволят детально контролировать всю сеть,

управление сетью станет систематической и рутинной работой. А пока это управление представляет собой некоторый симбиоз науки и искусства.

Международная организация по стандартизации (ISO) определила следующие пять категорий управления, которые должна включать система управления сетью:

- управление конфигурацией. В рамках этой категории производится установление и управление параметрами, определяющими состояние сети;
- обработка сбоев. Здесь осуществляется обнаружение, изоляция и исправление неполадок в сети;
- управление учетом. Основные функции – запись и выдача информации об использовании ресурсов сети;
- управление производительностью. Здесь производится анализ и управление скоростью, с которой сеть передает и обрабатывает данные;
- управление защитой. Основные функции – контроль доступа к ресурсам сети и защита циркулирующей в сети информации.

Основные принципы управления сетью определяют главные решения по реализации функций в рамках указанных категорий управления.



Определение

Совместимость (интегрируемость) – способность сети использовать самое разнообразное аппаратное и программное обеспечение от разных производителей. Сети с разнотипными элементами называются неоднородными (гетерогенными). Для нормальной работы такой сети необходимо использование в ней модулей, отвечающих требованиям открытых стандартов и спецификаций. В случае выполнения этого условия сеть получается интегрированной.

Расширяемость – возможность сравнительно легкого добавления (без ухудшения других характеристик сети) отдельных элементов сети (компьютеров, приложений, служб), наращивания длины ее сегментов и замены аппаратуры более современной.

Масштабируемость – возможность наращивания количества узлов и увеличения протяженности связей в очень широких пределах без ухудшения производительности сети. Обеспечение масштабируемости достигается применением дополнительного коммуникационного оборудования и специального структурирования сети.

Расширяемость и масштабируемость сети – разные ее характеристики. Сеть может обладать хорошей расширяемостью, но плохой масштабируемостью. Например, в односегментной локальной сети, установленной в центральном офисе корпорации или в одном из ее отделений, расширяемость сети достигается подключением новых рабочих станций. Однако такая сеть имеет ограничение на число станций (их не должно быть более 30-40), так как в случае подключения большего числа РС (физически это возможно) резко снижается производительность сети. Наличие такого ограничения – признак плохой масштабируемости сети при хорошей расширяемости.



Определение

Прозрачность – способность сети в ходе предоставления услуг пользователям скрывать от них особенности используемых операционных систем и различия в типах компьютеров.

Концепция прозрачности достигается на уровне пользователя (для работы с удаленными ресурсами он использует те же команды и процедуры, что и для работы с локальными ресурсами) и на уровне программиста (приложению для доступа к удаленным ресурсам требуются те же вызовы, что и доступа к локальным ресурсам). Эта концепция применяется и к различным аспектам сети. Например, прозрачность расположения запрашиваемых ресурсов сети означает, что пользователь не обязан знать место расположения программных и аппаратных ресурсов, которыми он хочет воспользоваться. Прозрачность параллелизма означает, что процесс распараллеливания вычислений происходит автоматически, без участия программиста (для него этот процесс невидим, прозрачен).



Определение

Поддержка различных видов трафика – очень важная характеристика сети, определяющая ее возможности. Сети, в которых, кроме традиционного трафика компьютерных данных, обеспечена возможность передачи и обработки трафика мультимедийных данных, используются для организации видеоконференций, обучения и развлечения на основе видеофильмов и т. п. Такие сети являются гораздо более сложными по своему программному и аппаратному обеспечению и по организации функционирования по сравнению с сетями, где осуществляется передача и обработка только трафика компьютерных данных или только мультимедийного трафика. Совмещение в одной сети традиционного компьютерного и мультимедийного трафиков, отличающихся противоположными требованиями к качеству обслуживания, требует внесения принципиальных изменений как в протоколы, так и оборудование.

Не все перечисленные характеристики сетей поддаются количественной оценке. Если для количественной оценки по таким характеристикам сети, как производительность, надежность и безопасность разработаны соответствующие системы показателей и алгоритмы определения их значений, то оценка сети по другим характеристикам осуществляется в основном с помощью качественных показателей.

Типовая структура ККС. Для корпоративной сети крупного предприятия (объединения, организации), имеющего филиалы (отделения) в разных городах и даже странах, характерны [39]:

- масштабность – сотни и тысячи рабочих станций, наличие удаленных компьютеров для работы сотрудников предприятия, десятки и сотни серверов, большие объемы компьютерных и мультимедийных данных, множество разнообразных приложений;
- гетерогенность – использование различных типов компьютеров, коммуникационного оборудования, операционных систем и приложений;
- использование территориальных сетей связи (ТСС) – филиалы и отделения предприятия соединяются между собой и с центральным офисом с помощью телекоммуникационных средств, в том числе телефонных каналов, радиоканалов, спутниковой связи;
- более высокие требования (по сравнению с другими типами сетей) к некоторым характеристикам сети. Сюда относятся: обеспечение поддержки различных видов трафика, организация виртуальных локальных сетей для оперативного взаимодействия сотрудников предприятия в рамках рабочих групп «по интересам», управляемость, расширяемость, масштабируемость, безопасность информации в сети.

Типовая структура корпоративной компьютерной сети приведена на рис. 38. Здесь выделены: оборудование центрального офиса предприятия и его отделений (филиалов), магистральная сеть, сеть доступа, удаленные персональные компьютеры (УПК) сотрудников предприятия, телефонные сети.

В центральном офисе имеются коммутатор центрального офиса и учрежденческая автоматическая телефонная станция (УАТС) с подключенными к ней через телефонные сети телефонными аппаратами (Т), сервер удаленного доступа (программно-аппаратный комплекс, совмещающий функции маршрутизатора, моста и шлюза и обеспечивающий организацию массового удаленного доступа через аналоговые телефонные сети или ISDN), офисная ЛКС, связанная с мультиплексором-коммутатором с помощью маршрутизатора. Оборудование центрального офиса имеет выход на территориальную сеть связи через мультиплексор-коммутатор.

Региональные отделения предприятия имеют свою локальную сеть, связанную с ТСС с помощью оборудования СРЕ (Customer Premises Equipment). Оборудование СРЕ, размещаемое на территории регионального отделения, объединяет устройства типа:

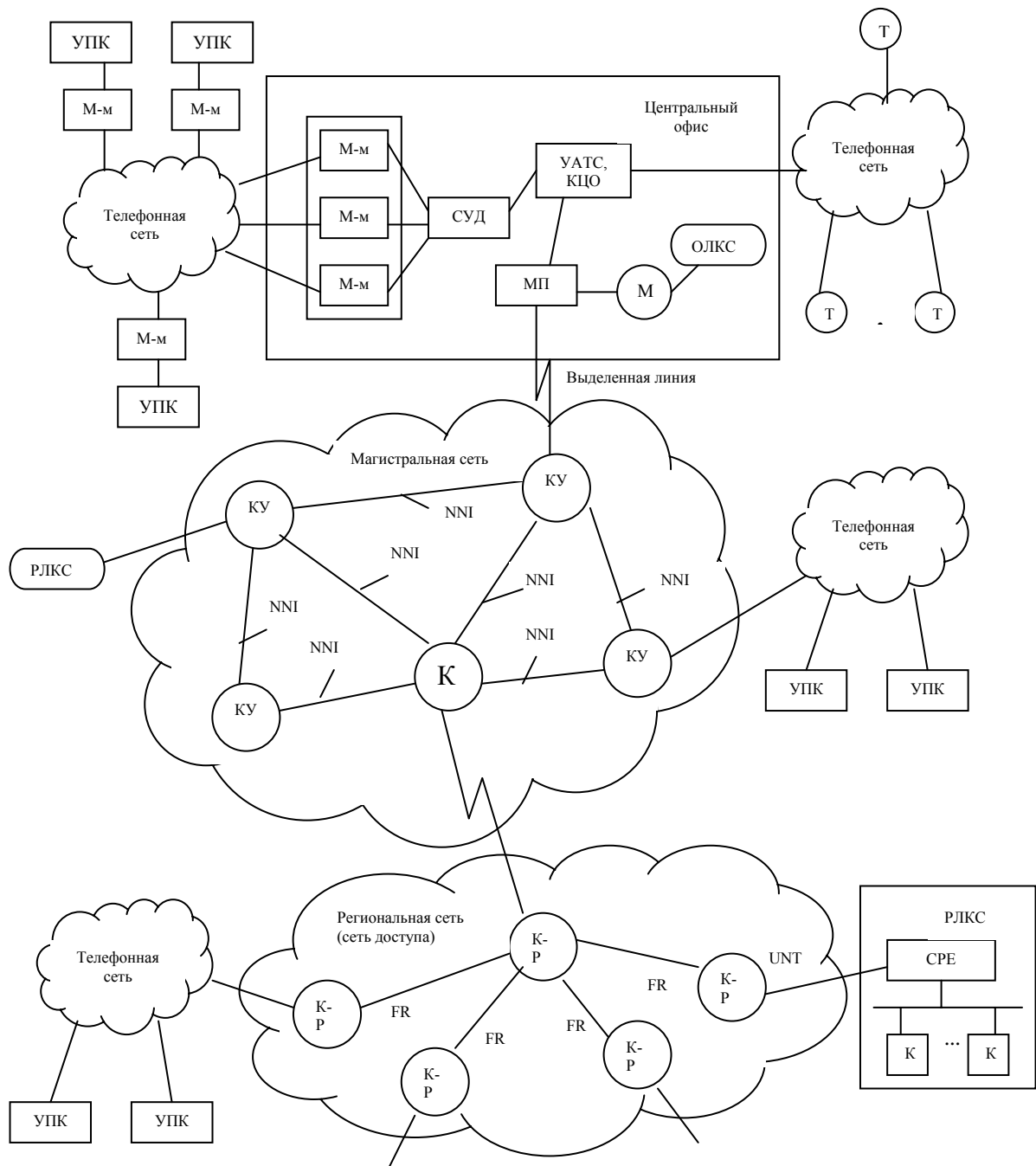
- DTE (Data Terminal Equipment) – устройства выработки данных для передачи в ТСС, это маршрутизаторы или удаленные мосты. Для ТСС они представлены единым устройством – портом маршрутизатора или моста;
- DCE (Data Circuit terminating Equipment) устройства, которые обеспечивают необходимый протокол физического уровня данного канала связи. Используются DCE трех основных типов: модемы для работы по коммутируемым и выделенным аналоговым каналам, устройства для работы по цифровым выделенным каналам сетей технологии TDM и терминальные адаптеры для работы по цифровым каналам сетей ISDN.

Кроме того, в ККС имеется ряд удаленных персональных компьютеров, подключенных к ТСС через местные телефонные сети.

Территориальные сети связи, используемые для построения корпоративной сети, можно разделить на магистральные сети и сети доступа.

Магистральные сети связи используются для связи региональных отделений предприятия между собой и с центральным офисом. Они обеспечивают высокую пропускную способность (от 2 до 622 Мбит/с) и высокий коэффициент готовности. В качестве магистральных сетей обычно используются цифровые выделенные каналы.

Рис. 39. Типовая структура ККС



К - компьютер
УПК - удаленный персональный компьютер
М-м - модем
СУД - сервер удаленного доступа
КЦО - коммутатор центрального офиса
МП - мультиплексор

ОЛКС - офисная ЛКС
РЛКС - региональная ЛКС
Т - телефон
КУ - коммутационный узел
К-р - коммутатор
УАТС - учрежденческая АТС

Сеть доступа – это территориальная сеть, обеспечивающая связь удаленных ЛКС и УПК с центральным офисом предприятия. У предприятия может быть очень много точек удаленного доступа, поэтому к таким сетям, предъявляются повышенные требования к разветвленной инфраструктуре доступа. В качестве сетей доступа применяются телефонные аналоговые сети, сети Frame Relay и ISDN.

В ТСС строго описан и стандартизован интерфейс «пользователь-сеть» (UNI), что необходимо для подключения пользователей к сети с помощью коммуникационного оборудования любого производителя, выполняющего требования этого стандарта. Интерфейс «Сеть-сеть» (NNI) представляет собой протокол взаимодействия коммутаторов сети. Он не так детализирован, как интерфейс UNI, так как взаимодействие крупных сетей может обеспечиваться на индивидуальной основе.

Корпоративная сеть, показанная на рис. 39, имеет ярко выраженную иерархию территориальных транспортных средств. На верхней ступени этой иерархии располагается высокоскоростная магистраль, затем идут более медленные территориальные сети доступа и, наконец, на нижней ступени иерархии – телефонная сеть общего назначения.

Для установления Intranet необходимы следующие компоненты [5]:

- компьютерная сеть для совместного использования ресурсов или сеть взаимосвязанных ЛКС и УПК;
- сетевая операционная система, поддерживающая протокол TCP/IP (Unix, Windows NT, Netware);
- компьютер-сервер, который может работать как сервер Internet;
- программное обеспечение сервера, поддерживающее запросы браузеров в формате протокола передачи гипертекстовых сообщений (HTTP);
- компьютеры-клиенты, на которых имеется сетевое программное обеспечение, позволяющее посылать и принимать пакетные данные по протоколу TCP/IP;
- программное обеспечение браузера для различных компьютеров-клиентов (Netscape Navigator, Microsoft Internet Explorer).

Эти требования к оборудованию и программному обеспечению Intranet дополняются требованиями к знанию технологии составления документов на языке описания гипертекста (HTML).

Эффективность использования ККС зависит от успешного решения как технологических, так и организационных вопросов, причем по мере эксплуатации сети, когда технологические вопросы получили должное разрешение, все большую роль приобретают организационные вопросы. Ключевыми факторами успешного и эффективного функционирования ККС являются рациональное распределение информации, необходимой для планирования, организации и осуществления производственно-хозяйственной деятельности корпорации, обеспечение сотрудников корпорации системами управления документооборотами и предоставление доступа к различным корпоративным базам данных, воспитание культуры совместного использования информации (это может оказаться наиболее сложной проблемой). Основное внимание должно быть направлено на обеспечение потребностей пользователей, а не на расширение технологических возможностей сети.

5.11. Программное обеспечение ККС

Структура и функции программного обеспечения корпоративных сетей обусловлены тем, что эти сети основаны на технологии Internet, сформировавшейся, прежде всего, вокруг протокола TCP/IP. Корпоративная сеть состоит из определенного числа взаимосвязанных компьютеров или ЛКС, использующих одну или более сетевых технологий,

таких как Ethernet или Token Ring. Для управления работой сети необходима сетевая операционная система (СОС), реализующая принцип сетевой модели клиент-сервер. Наиболее популярными СОС являются Windows NT компании Microsoft и NetWare компании Novell.

Система Windows NT для передачи данных использует протоколы TCP/IP или IPX/SPX. Подобно TCP/IP, протокол IPX/SPX определяет набор правил для координации сетевой связи между двумя системами. Если сеть не поддерживает протокол TCP/IP, то необходимо использовать программы-шлюзы для трансляции TCP/IP в используемый протокол сетевой операционной системы.

Система NetWare позволяет соединять компьютеры в сети типа Ethernet или Token Ring, используя модель «клиент-сервер». Программное обеспечение сервера NetWare выполняется на всех главных компьютерных платформах типа Unix, Dos, Windows, Macintosh. Для того чтобы компьютер-клиент имел доступ к сети, на нем должно быть установлено программное обеспечение клиента системы NetWare. После этого клиенты могут совместно использовать файлы и ресурсы принтеров, а также выполнять ряд различных приложений с помощью сервера. Программное обеспечение стороны клиента системы NetWare создано и успешно используется для Unix, Dos, Macintosh, OS/2 и Windows.

При формировании Интранет на локальной компьютерной сети, работающей под управлением NetWare, для каждого клиента не требуется IP-адрес. Вместо этого используется приложение-шлюз (специальная программа) для трансляции IPX в IP и обратно. IP-адрес присваивается только Web-серверу NetWare. Последовательность трансляции и ретрансляции такова: программное обеспечение клиента транслирует протоколы TCP/IP, генерированные Web-браузером, в протокол IPX, после чего сообщения «путешествуют» по сети на стороне клиента, пока не достигнут Web-сервера NetWare; на этом сервере осуществляется ретрансляция, т. е. сообщения формата IPX преобразуются в формат TCP/IP и отправляются к другим серверам сети. Таким образом, программы трансляции IPX в IP и обратно позволяют пользователям системы NetWare формировать корпоративную сеть, не выполняя в сети набор программ протоколов TCP/IP.

В корпоративных сетях широко используется язык описания гипертекстовых документов – **HTML**, который, не будучи языком программирования, представляет собой мощное средство обработки документов. Для создания HTML-документов необходим текстовый редактор, а для их просмотра – браузер. Пользуясь HTML, следует включать в свой документ специальные символы – теги (коды), которые представляют браузеру определенную информацию для вывода содержимого документа на экран. Каждый HTML-документ имеет две части: головную, содержащую заголовок документа, и тело, состоящее из содержимого документа. Язык HTML обеспечивает связь документов ссылками, причем есть возможность создавать ссылки на различные секции того же или других документов, что обеспечивает пользователям более быстрый доступ к необходимой им информации. Если установлена вспомогательная программа Internet Assistant for Word, то можно преобразовать имеющиеся документы Word в формат HTML.

Эффективность функционирования корпоративной сети во многом определяется возможностями пользователей взаимодействовать с их Web-страницами. Среди различных методов расширения интерактивных возможностей корпоративных сетей, создания интерактивных Web-страниц в настоящее время чаще всего используются CGI-сценарии (CGI – Common Gateway Interface – интерфейс общего шлюза). CGI-сценарий представляет собой программу, которая осуществляет связь с Web-сервером для обработки и предоставления данных. Обычно он применяется в узлах для создания интерактивных HTML-форм (бланков), заполняемых пользователями, которые затем передаются на сервер для обработки. При использовании CGI-сценария пользователь взаимодействует с

броузером при заполнении формы, после чего броузер должен взаимодействовать с сервером для обработки содержимого формы. Следовательно, после того как пользователь заполнит и представит форму, броузер посылает информацию на сервер, который, в свою очередь, выполняет сценарий (набор запрограммированных команд) обработки содержимого формы. В зависимости от заданного сценария сервер может послать ответ обратно на броузер, который отобразит результат пользователю.

HTML-форма аналогична стандартному HTML-документу с добавлением тегов `<FORM>` и `</FORM>` и связи с CGI-сценарием. Для разработки разнообразных интерактивных HTML-форм можно использовать набор стандартных CGI-сценариев.

Таким образом, включение в корпоративную сеть интерактивных функций упрощает служащим и клиентам использование ресурсов сети и, прежде всего, базы данных, программа которой обычно постоянно находится на Web-сервере.

Эффективным средством создания корпоративной сети является Front Page [5] – интегрированный пакет фирмы Microsoft для размещения материалов на Web. Он включает HTML-редактор, программу для работы с Web-документами, персональный Web-сервер и набор расширения сервера. Front Page – это новый инструмент, упрощающий разработку Интранет. Среда разработки Front Page работает под управлением Windows, но ее также можно установить на сервер, функционирующий под управлением Unix.

В отличие от автономных инструментов для работы в формате HTML, инструментальных средств поиска или продуктов для дискуссионных групп, Front Page включает все эти компоненты в один программный пакет, причем его базовые компоненты разделены на две части: сторону клиента и сторону сервера. Программное обеспечение стороны клиента предназначено для предоставления пользователям инструментальных средств, необходимых при составлении статических и динамических страниц в формате HTML, а также средств, позволяющих проводить поиск и работу в дискуссионной группе. Инструментальные средства стороны сервера включают Front Page Personal Web Server и программные расширения сервера, обеспечивающие независимость компонентов стороны клиента от сервера (с помощью этих средств пользователи могут сами разрабатывать и проверять свои материалы, размещаемые на Web).

Интранет как модель группового сотрудничества не нова. В 1989 году пакетом **Lotus_Notes** фирмы Lotus Corporation (США) установлен стандарт для совместного использования информации и внутри корпоративного сотрудничества.

Сравнивая конкурирующие средства Lotus Notes и Интранет, можно обнаружить, что для каждого из них характерны свои преимущества и недостатки.

Основные преимущества Lotus Notes (или просто Notes) над корпоративными сетями заключаются в следующем [5]:

- Notes – вполне законченное изделие, на его создание и совершенствование фирма Lotus затратила многие годы, и в настоящее время оно доминирует среди программных продуктов для рабочих групп типа «клиент-сервер». Notes управляет корпоративной информацией, собирая и сохраняя ее в центральных устройствах памяти;
- Notes автоматически прослеживает версии документа, в то время как в большинстве корпоративных сетей задача просмотра и сохранения документов передается пользователю, что при наличии тысяч документов, содержащихся в Интранет, представляется весьма непростым делом;
- в Notes организована многоуровневая безопасность информации, что существенно надежнее, чем в предназначенных для Интранет программных пакетах (если необходима секретность при работе с документами, то современные программные продукты для Интранет могут не соответствовать поставленным требованиям);

- Notes располагает набором программ, реализующих готовые к использованию средства координации совместной работы;
- Notes предоставляет пользователям возможность быстрой разработки новых баз данных и, кроме того, обеспечивает синхронизацию содержимого различных баз данных.

Преимущества корпоративных сетей, основанных на Web-подходе, над пакетом Notes:

- корпоративные сети в большей степени масштабируемы, т. е. после установки Интранет можно без особых трудностей и затрат наращивать ее возможности, чего нельзя сказать о пакете Notes: он масштабируется гораздо сложнее, так как предлагает меньшее количество программных решений;
- изменение и улучшение технологий Интранет осуществляется намного быстрее, чем Notes, так как этим занимаются тысячи программистов, а развитием Notes занята только IBM;
- программное обеспечение Notes значительно дороже;
- использование Notes автоматически связано с необходимостью привязки компании к фирменным технологиям Lotus (что многими воспринимается как существенный недостаток), а также к точке зрения только одной фирмы на прикладное программное обеспечение для рабочих групп. При работе с Интранет можно выбирать любых поставщиков продукции, удовлетворяющей предъявляемым требованиям;
- для разработки приложений под Notes программисты компании должны использовать базы данных Notes и, соответственно, преобразовать уже существующие приложения.

Хотя Notes и Интранет дополняют (а не исключают) друг друга, по соображениям издержек приходится выбирать что-то одно. Кукую из этих технологий необходимо развернуть в своей компании, зависит от ее потребностей. Предпочтение следует отдать Notes, если в качестве критериев выбора принимаются такие: наличие высокоинтегрированного набора инструментальных средств, наличие многоуровневой системы безопасности, возможность координации совместной работы, необходимость ограничения числа служащих по управлению данными и поддержке приложений, необходимость в сложной системе управления документооборотом.

Выбор будет в пользу Интранет, если: необходимо иметь развитую и эффективную электронную систему размещения и распределения документов, когда их создание и обслуживание осуществляется в различных подразделениях компании; имеющиеся в Интранет средства e-mail и конференцсвязи Web вполне удовлетворяют потребности в организации совместной работы; ограничения по количеству служащих, занятых управлением данными, не накладываются (пользователи сами управляют документами); необходимо разрабатывать сложные заказные приложения корпоративной сети; есть возможность появления в продаже усовершенствованных версий программного обеспечения Интранет.

В настоящее время наблюдается тенденция к сближению прикладных программных продуктов для рабочих групп (таких, как Notes) и основанных на Интранет решений. Фирма Lotus подтвердила, что будущее принадлежит открытым системам. Новое программное обеспечение Inter Notes Web Publisher, являющееся неотъемлемой частью Notes, позволяет пользователям Notes автоматически связываться с серверами Notes, используя Web-браузер, а также транслировать документы Notes в Web-страницы.

Для сокращения времени на создание и запуск корпоративной сети необходимо решить вопрос, что из готового программного обеспечения следует приобрести, а что разработать собственными силами. В настоящее время на рынке имеются четыре группы современных программных средств для Интранет: поисковые серверы, программное

обеспечение для дискуссионных групп, системы управления документами и программы координации совместной работы.

Средства поискового сервера помогают быстро и эффективно находить нужную информацию в корпоративной сети. Программное обеспечение для дискуссионных групп, способствующее совместной работе над проектами, может работать на различных платформах (такие программы отличаются по своим характеристикам и стоимости установки). Большинство систем управления документами, помогающие пользователям находить нужные документы и управляющие внесением изменений в документы, основаны на фирменных технологиях. Они сложнее и дороже программ для поиска и дискуссионных групп. Программы координации совместной работы, позволяющие пользователям автоматизировать текущие производственные процессы, могут быть расширениями системы управления документами. Они также сложны и требуют обучения сотрудников. Интегрированные программные продукты лучше всего подходят для крупных организаций с большими информационно-технологическими ресурсами.

Развитие программного обеспечения корпоративных сетей, как и сети Internet, связано с широким использованием достаточно нового языка программирования Java, основное назначение которого – предоставление пользователям возможности выполнять программы прямо на Web-страницах. С помощью Java программисты могут создавать небольшие приложения (апплеты) со встроенными мультимедийными средствами, такими как текст, изображения, звук и видеоматериалы. Апплеты Java независимы от платформы, т. е. если создан апплет для использования под Windows, он может выполняться на любом броузере, например на браузере, работающем под Unix. Разработчики языка Java при его формировании имели в виду и проблемы безопасности: ограничения, содержащиеся в Java, весьма затрудняют создание вирусов на этом языке.

5.12. Сетевое оборудование ККС

В настоящее время сетевое оборудование выпускается многими фирмами, каждая из которых энергично рекламирует свою продукцию, что создает дополнительные трудности при его выборе. Есть несколько критериев, которыми следует руководствоваться при выборе сетевого оборудования. К ним относятся [26]:

- характеристика фирмы – производителя сетевого оборудования, ее известность на рынке сбыта как производителя высококачественной продукции;
- функциональные возможности изделия, его выходные технико-эксплуатационные характеристики и условия эксплуатации;
- наличие стандартов по изделию;
- возможность подбора оборудования, производимого одной и той же фирмой.

Ниже даются краткие сведения по основному сетевому оборудованию ККС, используемому в сетях X.25 и FR.



Определение

Модемы – это наиболее массовый вид оборудования в сетях. Они различаются между собой по способу модуляции, пропускной способности, способу коррекции ошибок, способу сжатия данных. Для различных скоростей работы модемов, различных способов коррекции ошибок и сжатия данных разработаны стандарты.

При построении сети на базе телефонных каналов широко используются модемы серии 326xV.34 SDC (synchronous Data Compression) фирмы Motorola – мирового лидера в производстве высокоскоростных аналоговых устройств. Эти модемы являются одной из

лучших реализаций стандарта V.34. Они позволяют передавать по 2-4 проводным выделенным каналам связи данные со скоростью до 28,8 Кбит/с, в качестве дополнительного средства повышения скорости и достоверности данных реализован режим синхронной компрессии (при этом скорость возрастает до 128 Кбит/с), что делает эти модемы идеальными для сетей X.25/ Frame Relay.

Модемы стандарта V.34 включают в свой состав последние достижения в технологии модуляции, в том числе: предварительное тестирование линии, предварительный выбор способа кодирования, адаптивное управление мощностью сигнала, многомерное решетчатое кодирование. Это позволяет достичь максимально возможной скорости передачи, что особенно важно при использовании телефонных линий невысокого качества.

Модемы семейства 326x прошли испытания на всей территории России и отлично зарекомендовали себя на отечественных каналах связи.

К числу наиболее распространенных модемов для передачи данных и факса производства фирмы Motorola относятся следующие [30]:

- модемы серии 3400 PRO PC – для передачи данных и факса по 2-х проводным коммутируемым линиям со скоростью от 300 бит/с до 28.8 Кбит/с; скорость передачи в синхронном режиме до 115.2 Кбит/с, скорость передачи факса от 2400 бит/с до 14400 бит/с;
- модемы серии PREMIER 33.6, их характеристики близки к характеристикам серии 3400 PRO PC.

Большой популярностью пользуются технические средства для построения корпоративных сетей связи, производимые компанией RAD DATA COMMUNICATIONS. Среди них – модемы для проводных выделенных линий связи, в частности, синхронные модемы для работы на 4-х проводных линиях в дуплексном режиме:

- ASM – 20 – скорость от 32 Кбит/с до 256 Кбит/с, радиус действия на проводе сечением 0,5 мм равен 7,5 км при скорости передачи 64 Кбит/с;
- ASM – 40 – скорость от 64 Кбит/с до 2048 Кбит/с, радиус действия может достигать до 20 км;
- MTM – 20 – скорость от 32 до 64 Кбит/с, радиус действия до 14 км при скорости передачи 32 Кбит/с.



Определение

Мультиплексоры – это многофункциональные устройства, используемые в качестве устройств доступа к сетям, а также для построения узлов корпоративной сети. В настоящее время в сетях с коммутацией пакетов чаще всего используются мультиплексоры CX-1000 фирмы Memotec, MPRouter 6520 фирмы Motorola, Kilomux-3000 фирмы RAD.

Рассмотрим характеристики мультиплексора/коммутатора CX-1000, предназначенного для организации передачи голоса/данных в сетях FR. Фирма-производитель – Memotec – широко известная североамериканская транснациональная компания, работающая на рынке сетевого оборудования с 1969 г. Изделие CX-1000 имеет модульную конструкцию, что позволяет создавать узел сети с необходимым набором функций и требуемым числом портов в одном шасси.

С точки зрения возможности одновременной передачи данных, оцифрованного голоса и факсимильных сообщений изделие CX-1000 имеет много уникальных особенностей [26]:

- минимальная скорость оцифровки голоса равна 4,8 бит/с, причем реализован механизм подавления пауз, позволяющий экономить до 50 % полосы пропускания канала, отводимой под передачу голоса;

- механизм голосовой компрессии, используемый в изделии, устойчив к потерям кадров, т. е. голосовое соединение не разрывается и качество передачи голоса остается удовлетворительным;
- в голосовой модуль изделия заложены возможности автоматического распознавания и передачи сигналов факсимильных аппаратов, что позволяет использовать порты голосовой платы для подключения этих аппаратов без изменения конфигурации модуля;
- голосовой модуль поддерживает все существующие аналоговые и цифровые интерфейсы телефонного оборудования. В сочетании с развитыми встроенными функциями коммутации голосовых соединений это дает возможность реализовать территориально-распределенную ведомственную телефонную сеть с подключенными к ней телефонно-факсимильными аппаратами, учрежденскими и городскими АТС.

В состав мультимплексора CX-1000 входит большой набор функциональных модулей, каждый из которых включает одну процессорную плату и несколько плат ввода-вывода.

К числу основных функциональных модулей относятся:

- FR-600 – модуль коммутации/доступа Frame Relay, выполняющий функции центра коммуникации сети FR и устройства доступа к ней. Модуль выполняет процедуры протоколов управления FR, решает задачи маршрутизации, поддерживая четырехуровневую систему абсолютных и относительных приоритетов информационных потоков, широкополосную передачу, фрагментацию и компрессию данных;
- AC-600 – модуль передачи голоса/факса по сети FR через модуль FR-600. Он поддерживает функции коммутации телефонных соединений и обеспечивает автоматический выбор свободного канала из группы, автоматическое соединение, переадресацию вызова и т. д. Модуль обеспечивает подключение как обычных аналоговых телефонных аппаратов, так и учрежденных и городских АТС, построение ведомственной распределенной телефонной сети, наложенной на сеть передачи данных. Оцифровка голоса осуществляется со скоростью 4,8 и 8 Кбит/с, автоматическое распознавание и передача сигналов факсимильного обмена – со скоростью от 2,4 до 9,6 Кбит/с. При использовании этого модуля уменьшается вероятность несанкционированного доступа к голосовым сообщениям, так как вся информация оцифровывается, кодируется и уплотняется в общий поток, что исключает возможность прямого прослушивания телефонных переговоров в канале связи;
- CL-600 – модуль удаленного моста – маршрутизатора, обеспечивающий взаимодействие удаленных ЛКС через сеть FR (типы ЛКС Ethernet или Token Ring, количество до 256). Маршрутизация выполняется для протоколов IP и IPX;
- PX-674 – модуль коммутации пакетов сети X.25, FR. Может функционировать в качестве центра коммутации пакетов сети X.25, а также осуществлять инкапсуляцию данных в кадры FR для передачи их по сети (через модуль FR 600);
- DI-600 модуль интерфейса E1/T1, обеспечивающий использование цифровых групповых каналов учреждения и городских АТС (24 канала T1 или 20 каналов E1) для передачи голосового трафика в сеть FR, осуществляя при этом компрессию оцифрованного голосового трафика (скорость передачи речи 5,8 и 8 Кбит/с). Модуль полностью совместим с модулем AC-600, он выполняет практически те же функции: коммутацию голоса, автоматическое распознавание и передачу сигналов факсимильного обмена, подавление пауз, автоматическое соединение, переадресацию вызова, автоматический вызов свободного канала из группы;

- MC-600 D – низкоскоростной модуль компрессии данных, поддерживающий практически все известные типы сетевых архитектур и протоколов (скорость портов до 128 Кбит/с);
- HC-600 – высокоскоростной модуль компрессии, функционально аналогичный модулю MC600D (скорость портов до 2048 Кбит/с);
- FX-600 – новый многофункциональный модуль, отличающийся универсальностью: он может одновременно выполнять функции моста-маршрутизатора локальной сети, коммутатора FX, центра коммутации пакетов для протоколов X-25, а также предоставлять широкий набор сервисных услуг (разграничение доступа, создание пользовательских групп, учет трафика и т. д.).

Оборудование опорных узлов ККС. Кроме многофункциональных устройств типа CX-1000, в сетях связи ККС могут использоваться устройства с ограниченным числом выполняемых функций для создания опорных узлов. Характеристики некоторых из этих устройств указаны ниже.

1. *Региональный концентратор* серии RC 6500 Plus производства фирмы Motorola, предназначенный для создания высокопроизводительных узлов связи в сетях FR и X.25. Его основные функции: обеспечение коммутации пакетов в сетях X.25/FR и доступ абонентов к этим сетям по выделенным и коммутируемым линиям связи, поддержка от 12 до 54 последовательных синхронных/асинхронных портов. Каждый порт может быть сконфигурирован как: устройство доступа к сети FR, коммутатор пакетов X.25 или пакетов FR, сборщик/разборщик пакетов с поддержкой стандартов X.28 и X.29.

На базе концентратора RC 6500 Plus можно создавать компактные высокопроизводительные узлы коммутации пакетов, конструктивно объединенные с модемами, мультиплексорами и другим оборудованием канала передачи данных.

2. *Удаленный многопротокольный мост/маршрутизатор* с гибкой расширяемой конфигурацией серии 6520 (Multimedia Perupheru Router фирмы Motorola), имеющий до 17 портов, что позволяет использовать его для больших отделений корпорации. Изделие имеет специализированный процессор для сжатия данных и программное обеспечение, реализующее широкий набор протоколов.

3. *Многопротокольный мост/маршрутизатор серии 6560₂*, представляющий собой более совершенный вариант изделия серии 6520. Он поддерживает скорость во всех каналах до 2 Мбит/с, число портов увеличено до 19, процессор обеспечивает сжатие данных для 15, 75 и 508 каналов.

Система видеоконференцсвязи. Организация видеоконференцсвязи (ВКС) имеет исключительно важное значение для обеспечения оперативного обмена информацией и принятия обоснованных, приемлемых для всех участников видеоконференции решений, касающихся производственно-хозяйственной деятельности корпорации.

Из ряда систем ВКС выделим систему OnLAN фирмы RADVision [26], получившую известность и предназначенную для организации ВКС в локальных или территориально-распределенных сетях. Она относится к классу настольных систем ВКС и может быть установлена на любой персональный компьютер, совместимый с IBM PC. При работе через распределенную сеть можно использовать каналы с пропускной способностью 64 Кбит/с. Обеспечиваемая скорость обмена информацией – от 64 до 384 Кбит/с с частотой смены кадров 15 кадров/с и 30 кадров/с при использовании различных стандартов. Система обеспечивает поддержку стандартных телефонных услуг: набор номера вызываемого абонента с клавиатуры или с помощью системного телефона, соединения, регулировку громкости звука, разъединение. Для передачи звука используется компрессия. Все оборудование станции соответствует стандарту ITU-T, регламентирующему передачу

видеоизображения и голоса в распределенных сетях, что обеспечивает совместимость системы OnLAN с видеоконференциями других производителей.

Оборудование системы OnLAN для проведения ВКС состоит из видеостанции (рабочего места для конечного пользователя) и маршрутизатора видеопотока.

Видеостанция включает плату компрессии-декомпрессии (Codec), к которой подключается видеокамера, активные колонки и набор соединительных кабелей. Используются видеокамеры с системой дистанционного позиционирования и дистанционного управления такими функциями, как панорама и увеличение. Программное обеспечение видеостанции позволяет осуществлять работу с независимо масштабируемыми окнами принимаемого и передаваемого изображения.

Маршрутизатор видеопотока при организации ВКС играет ключевую роль. Он устанавливает соединения между видеостанциями, обеспечивает соединение различных сегментов локальной сети, осуществляет маршрутизацию видеопотока между локальными сетями и территориальной сетью. Один маршрутизатор видеопотока может обеспечить одновременное проведение четырех сессий. Маршрутизатор может использоваться для организации ВКС в нескольких локальных сетях, взаимодействующих через территориально-распределенную сеть.

Системы управления сетью. Надежное функционирование сети обеспечивается ее системой управления. В настоящее время ряд фирм выпускают системы управления, по своим функциональным возможностям мало отличающихся друг от друга. Рассмотрим системы управления сетью фирмы Motorola.

Система управления 9000-PC – предназначена для управления малыми и средними сетями на базе устройств производства фирмы Motorola и других поставщиков оборудования, поддерживающих протокол SNMP. Программное обеспечение системы 9000-PC создает полную и надежную систему управления по этому протоколу на базе персонального компьютера. Система позволяет управлять, конфигурировать и тестировать изделия фирмы Motorola, поддерживающие протокол SNMP.

Система управления 9000-VX фирмы Motorola обеспечивает управление модемами и устройствами сетевого доступа этой фирмы, а также оборудованием других фирм, поддерживающих протокол SNMP. Она может быть использована для управления как существующими сетями, так и сетями будущего. Система управления реализована на базе наиболее популярной платформы управления – HP Open View, графические возможности которой позволяют отображать общую топологию и каждый элемент сети в отдельности.

5.13. Развитие компьютерных сетей и телекоммуникаций

5.13.1. Пути развития компьютерных сетей

Компьютерные сети аккумулируют все лучшее, что создано и создается в области вычислительной техники и информатики, информационных технологий, средств и систем передачи данных. Для разработчиков открыты широкие возможности по развитию как сетей в целом, так и отдельных их систем, звеньев, узлов.

Высокие темпы совершенствования и развития сетей обусловлены их важной ролью во всех сферах человеческой деятельности, в решении задач информатизации общества, в обеспечении перехода от индустриального общества и информационному.

К основным направлениям и путям развития компьютерных сетей можно отнести следующие:

1. Развитие топологии сетей, направленное на обеспечение одновременного обслуживания запросов от большого количества абонентских систем и увеличение опера-

тивности и надежности доставки пакетов адресатам за счет создания альтернативных маршрутов. Это касается как глобальных и региональных сетей, так и в особенности локальных сетей. Стремление увеличить количество АС привело к созданию и развитию ЛКС со смешанной топологией – звездно-кольцевой, звездно-шинной, сегментированной.

2. Создание новых, более совершенных протоколов обмена информацией и управления сетями, развитие информационных и телекоммуникационных технологий.

3. Совершенствование существующих и создание новых аппаратных средств передачи и обработки информации, расширение работ по проектированию и производству многофункциональных мультиплексоров, коммутаторов и др., по оснащению центров коммутации каналов, сообщений, пакетов более совершенным оборудованием.

4. Развитие программного обеспечения сетей. В этом направлении постоянно работают многие коллективы, предлагающие новые версии операционных систем (обладающие более широкими возможностями по управлению функционированием сетей и более удобные для пользователей), прикладных программных систем, программ технического (в том числе дистанционного) обслуживания аппаратных средств КС.

5. Повышение надежности сетей, совершенствование и развитие методов и средств обеспечения высоких показателей по всем аспектам проблемы надежности КС – техническому, программному, информационному, функциональному.

6. Развитие методов и средств (традиционных и специфических) обеспечения более высокого уровня безопасности информации, циркулирующей в сетях, повышение эффективности служб безопасности и механизмов реализации их функций.

7. Расширение перечня предоставляемых информационно-вычислительных услуг, повышение их интеллектуального уровня за счет широкого использования интеллектуальных систем и баз знаний.

8. Рациональное сочетание различных организационных форм использования СВТИ в рамках компьютерных сетей. Речь идет о более широком подключении к сетям мощных, средних и малых вычислительных центров, которые использовались бы в КС как центры обработки и хранения информации, а также о массовом подключении к сети персональных компьютеров, находящихся в индивидуальном пользовании граждан в домашних условиях. Такое сочетание трех организационных форм использования СВТИ (распределенной, централизованной и индивидуальной) способствует существенному повышению эффективности КС и увеличивает возможности по расширению перечня предоставляемых услуг, их качества и оперативности.

9. Совершенствование организационных форм технического обслуживания СВТИ и телекоммуникаций, используемых в сетях. Повышение эффективности обслуживания достигается совершенствованием индивидуальной, централизованной и смешанной организационных форм обслуживания, а также развитием технологии обслуживания [56].

10. Рациональная организация обслуживания очередей запросов пользователей сети.

При функционировании КС и ее звеньев нередки ситуации, когда по той или иной причине (отказы элементов сети, недостаточная пропускная способность сети, высокая интенсивность запросов на обслуживание, превышающая возможности сети) запросы пользователей не могут быть немедленно удовлетворены и из них формируются очереди (рассматриваются системы без потерь заявок на обслуживание). В таких случаях приходится решать задачу определения дисциплин обслуживания запросов (ДОЗ). Выбор ДОЗ оказывает существенное влияние на эффективность функционирования сети в целом или отдельных ее подсистем, звеньев и узлов. Вопросы выбора ДОЗ ниже рассматриваются применительно к случаю, когда обслуживающей системой является ЭВМ. Это типичный случай, так как в любом звене КС формирование и рассасывание очередей запросов пользователей осуществляется с помощью ЭВМ.



Дисциплина обслуживания – это правила, согласно которым запросы выбираются из очереди для обслуживания. Вопрос о выборе дисциплины обслуживания возникает в тех случаях, когда запросы не идентичны: они различаются по времени, затрачиваемому на обслуживание, по допустимому времени ожидания обслуживания, по размерам штрафа за каждую единицу времени пребывания в очереди и т. д.

Обслуживание запросов может осуществляться с учетом или без учета их приоритетов. **Приоритет запроса** – его характеристика, определяющая место запроса в очереди на обслуживание.

Приоритет назначается либо в соответствии с характером задачи, решаемой по этому запросу, либо в соответствии с той ролью, которую играет в обслуживающей системе источник запроса (абонент). В связи с этим может оказаться, что два запроса на решение одной и той же задачи относятся к различным уровням приоритета, если они исходят от различных абонентов. В то же время запросы на решение различных задач, поступающие от одного и того же абонента, могут иметь различный приоритет в зависимости от характера задач.

При выборе дисциплины обслуживания запросов необходимо удовлетворить ряд требований:

- обслуживать запросы высшего приоритета в кратчайшее время;
- обслуживать запросы низшего приоритета в приемлемые для абонентов сроки (во всяком случае в такие сроки, которые бы не дали повода абонентам отказаться от услуг обслуживающей системы);
- полнее загружать ЭВМ полезной работой, т. е. выполнением программ абонентов (от того, какая дисциплина обслуживания будет принята, зависит частота переключения ЭВМ с выполнения одной программы на другую, а значит, и суммарная потеря времени на эти переключения);
- уменьшить среднее время реакции ЭВМ на запрос и среднее число запросов, ожидающих обслуживания;
- обеспечить относительную простоту реализации выбранной дисциплины обслуживания.

Первые два требования являются взаимоисключающими, так как предоставление льготных условий срочным запросам осуществляется за счет запросов более низких приоритетов. И наоборот, стремление уменьшить среднее время обслуживания запросов низких приоритетов неизбежно связано (при прочих равных условиях) с необходимостью сокращения перечня запросов, принадлежащих высшему приоритету. В связи с этим при выборе дисциплины обслуживания возникает задача нахождения компромиссного решения, удовлетворяющего в той или иной степени указанным требованиям. Разработка оптимальной дисциплины обслуживания – задача исследования операций, требующая для своего решения привлечения методов математической статистики, теории очередей, а также учета ряда соображений инженерного характера. Оценка качества такой дисциплины производится обычно с помощью стоимостной функции, или функции штрафа за ожидание обслуживания [56].

11. Повышение эргономичности компьютерных сетей, достигаемое путем оптимизации трудовой деятельности пользователей сети, ее управленческого и обслуживающего персонала.

12. Интенсивный переход на использование методов и средств, определяющих процессы интеграции в системах передачи информации. Основные направления инте-

грации – электронизация, цифровизация, компьютеризация, интеллектуализация, унификация, персонализация, глобализация, стандартизация.

13. Создание и непрерывное совершенствование глобальной интеллектуальной сети, объединяющей сети всех государств. В рамках такой сети вполне реально решение задачи по удовлетворению запроса пользователя из любой точки планеты и в любое время.

Основные этапы создания и развития глобальной интеллектуальной сети:

- телефонизация страны, участвующей в создании сети;
- цифровизация сети, т. е. повсеместный переход на использование цифровых сетей связи, входящих в состав глобальной интеллектуальной сети;
- интеграция услуг, т. е. обеспечение возможности удовлетворения любого запроса (из числа тех, которые входят в перечень удовлетворяемых запросов) в любом звене сети;
- интеллектуализация сети, т. е. повышение интеллектуального уровня предоставляемых услуг, базирующееся на широком использовании интеллектуальных систем и баз знаний.

Очевидно, что эти этапы работы реализуются параллельно и по каждому из них государства, участвующие в создании и реализации глобальной интеллектуальной сети, находятся на различных уровнях.

5.13.2. Перспективы развития телекоммуникаций в России

Пути совершенствования и развития телекоммуникаций в России определяются их состоянием в настоящее время и тенденциями развития мировых сетей связи. Действующие в России сети связи и передачи данных представляют весь диапазон используемых в мировой практике телекоммуникационных технологий. В большинстве эксплуатируемых российских сетей передачи данных используется протокол коммутаций пакетов X.25 (их доля составляет 63 %) [59], так как этот протокол обеспечивает надежную связь даже на линиях связи среднего качества. Внедрение перспективных сетевых технологий (ATM, ISDN и др.) сдерживается нехваткой цифровых каналов связи, особенно высокоскоростных.

В России функционирует ряд сетей передачи данных. Наиболее распространенные из них (по числу охвата городов) – Роспак, РИКО, Relcom, RoSprint, РОСНЕТ, ИНФОТЕЛ. Ими предоставляются следующие услуги: электронная почта, телеконференции, электронные доски объявлений, обеспечение доступа к базам данных, обеспечение многопротокольных режимов доступа, передача данных в режиме on-line, документооборот по стандарту EDIFACT, передача телетайпных, телексных и факсимильных сообщений, клиринговые расчеты, электронные платежи и др. Однако не все из действующих сетей одновременно предоставляют все эти услуги.

Стратегия развития отрасли связи РФ определена в «Концепции программы Российской Федерации в области связи», разработанной Министерством связи РФ, в соответствии с которой главными задачами на период до 2005 г. являются создание технической базы информатизации общества и обеспечение органов управления народным хозяйством, населения средствами и услугами связи, соответствующими уровню развития страны. На завершающих этапах реализации этой программы планируется создание в крупных городах цифровых сетей, обеспечивающих услуги ISDN, повышение процента цифровизации телефонной сети, достижение достаточно высокого уровня качества функционирования международной и междугородной сети, создание национальной интеллектуальной сети и расширение предоставляемых ею услуг. На этих этапах все вновь устанавливаемое оборудование местных сетей должно быть цифровым.

В настоящее время усилия организаций связи направлены на развитие основы электросвязи России – Взаимосвязанной сети связи (ВСС), формирование стратегии внедрения новых сетей и технологий, разработку требований и создание отечественных систем и средств связи, внедрение новых услуг связи, формирование международных, государственных и отраслевых стандартов.

Развитие технологии передачи данных по протоколу X.25. Получившая в общероссийских широкомаштабных сетях передачи общего пользования технология коммутации пакетов X.25 имеет существенные ограничения по скорости передачи (до 64 Кбит/с, а типичной для межузловых каналов в магистральной сети является скорость 28,8 Кбит/с) и по видам передаваемой информации. Однако эта технология имеет ряд решающих преимуществ. Благодаря своей универсальности протокол X.25 является признанным международным стандартом и поддерживается многими глобальными зарубежными сетями.

Оценивая перспективы применения в России технологии X.25 с учетом указанных ее ограничений, можно утверждать [59], что:

- эта технология и далее может быть использована для построения региональных СПД ввиду своей эффективности и надежности на каналах связи низкого качества, а также в магистральных сетях до ее постепенного вытеснения более скоростной технологией FR;
- ее дальнейшее применение объясняется и тем, что она составляет выгодную дешевую альтернативу более дорогим технологиям;
- она позволяет осуществлять сопряжение с другими эксплуатируемыми в России традиционными и широко используемыми сетями связи (телефонной сетью, телеграфной сетью, сетью телекс);
- развитие сети, построенной на основе технологии X.25, позволяет беспрепятственно реализовать переход к более скоростной технологии пакетной коммутации FR.

Развитие технологии передачи данных на базе протоколов TCP/IP. Перспективы развития этой технологии определяются тем, что Internet, в которой используются протоколы TCP/IP, является быстро развивающейся, дешевой и общедоступной транспортной сетью компьютерной связи, предоставляющей ее пользователям доступ ко всемирной системе информационных и телекоммуникационных услуг. Российская часть Internet продолжает активно развиваться. В настоящее время имеются десятки коммерческих организаций по предоставлению доступа и услуг Internet, десятки тысяч Web-узлов и более 700 тыс. зарегистрированных пользователей этой сети. Быстро расширяется русскоязычная часть информационных ресурсов Internet, доступ к которым обеспечивается рядом компаний (Relcom, Demos, Global One, ROCHET и др.).

Самой крупной и распространенной IP-сетью в России является коммерческая компьютерная сеть Relcom, обслуживающая сотни тысяч пользователей. Общий трафик сети составляет более 2 Гбайт в день, в том числе международный трафик – до 300 Мбайт в день. Сеть строится с использованием оптоволоконных, спутниковых, кабельных и радиорелейных линий связи.

Развитием и эксплуатацией сети Relcom занимается АО «РЕЛКОМ», получившее статус провайдера (поставщика услуг) Internet. Основными задачами, которые решаются этим АО, являются:

- развертывание и развитие сетевых центров доступа в Internet в крупных городах (прежде всего, в областных центрах) России с выходом на высокоскоростную АТМ-сеть;
- создание межсетевых пунктов обмена трафиком Internet;
- создание международной инфраструктуры для обеспечения эффективного взаимодействия с транснациональными провайдерами Internet;

- построение в России магистральной сети, обеспечивающей предоставление необходимого набора услуг региональным провайдерам и пользователям Internet;
- создание системы доступа к Internet через коммутируемую телефонную сеть абонентов сети общего пользования и провайдеров услуг Internet.

Основные направления развития технологии передачи данных на базе протоколов TCP/IP (для Internet в целом и для российской ее части) заключается в следующем:

- расширение перечня предоставляемых услуг и повышение их интеллектуального уровня, обеспечиваемого увеличением сети баз данных и баз знаний;
- развитие сетевых технологий (в том числе и путем реализации проекта Java);
- развитие и создание нового программного обеспечения сети и активного сетевого оборудования в связи с разработкой протокола IP нового поколения, в котором для адреса отводится 128 бит;
- разработка и внедрение методов и средств, обеспечивающих эффективную интерактивность в общении пользователей, идентификацию удаленных абонентов, полный контроль циркулирующих в сети документов, реализацию законов об экспорте и авторских правах, повышение управляемости сети;
- существенное совершенствование и развитие методов и средств повышения безопасности информации пользователей сети, защиты ее от несанкционированного доступа;
- создание и развитие высокоскоростной инфраструктуры российской части Internet на базе АТМ-сети с охватом на первом этапе 9 городов России (канальная скорость в магистралях составит 2-155 Мбит/с). Работа эта ведется АО «Ростелеком» совместно с ЗАО «Роспак». После ее окончания пользователи сети получают возможность высокоскоростного обмена данными между абонентами в крупнейших городах России и передачи голосовой и видеоинформации.

Развитие технологии цифровых сетей с интеграцией обслуживания (ISDN).

Основной целью создания такой технологии было объединение в одной сети трафиков цифровых телефонных сетей и компьютерных данных. Успешная реализация этой цели позволила широко использовать технологию ISDN в таких областях, как передача данных, телефония, доступ к сети Internet, передача трафика, чувствительного к задержкам (звук, видео), интеграция различных видов трафика, объединение удаленных ЛКС.

В России внедрение технологии ISDN находится в начальной стадии: имеется опытный участок сети ISDN, осуществляется расширение цифровых станций с функциями ISDN, установленных в крупных городах страны. Построение сети ISDN в России связывается с необходимостью внедрения установленного российского стандарта ISDN, наличия цифровых трактов международной, междугородской и городской связи между цифровыми АТС, установки сертифицированных цифровых АТС и наличия рынка таких АТС, а также рынка сетевых терминалов, терминального оборудования и средств доступа у конечных пользователей. Кое-что из указанного для создания и развития общенациональной сети ISDN общего пользования уже сделано или делается [57]: разработан российский стандарт ISDN, создается междугородная магистральная сеть цифровых каналов с пропускной способностью 64 Кбит/с, начато лицензионное производство цифровых АТС.

Однако в настоящее время инфраструктура сетей ISDN создана и развивается только в некоторых крупных городах России. В то же время цифровые АТС, способные поддерживать сервис ISDN, работают примерно в 80 городах страны.

Развитие технологии Frame Relay. Технология ретрансляции кадров FR появилась как средство реализации преимуществ пакетной коммутации на скоростных каналах связи (2 Мбит/с и более). Она требует использования достаточно качественных каналов

связи: вероятность ошибки в канале должна быть не более 10^{-6} - 10^{-7} , что обеспечивается только цифровыми каналами (обычные аналоговые линии связи обеспечивают качество передачи на 1-3 порядка ниже).

Основная область применения сетей и технологий FR – организация обмена данными между ЛКС. Кроме того, технология FR является эффективной для реализации доступа к высокоскоростным сетям на базе ATM. Для обеспечения передачи речи современное оборудование сетей FR реализует следующие функции: компрессию речи и передачу оцифрованного голоса, подавление пауз в телефонном разговоре, переменную скорость оцифровки.

В России в настоящее время услуги сетей FR доступны более чем в 15 городах. Однако по мере развития магистральной междугородной сети цифровых высокоскоростных каналов технология FR получит большее распространение, особенно там, где используются сети X.25.

Развитие технологии высокоскоростных SDH-сетей. Цифровые линии и узлы высокоскоростной сети стандарта SDH, построенные на базе оптоволоконных кабельных линий или цифровых радиорелейных линий, составляют основу инфраструктуры современных магистральных, региональных и городских телекоммуникационных сетей. В России внедрением SDH-сетей наиболее успешно занимается АО «Ростелеком». Это касается, прежде всего, магистральных и городских линий.

Создание современной городской телекоммуникационной сети на базе технологии SDH связано с необходимостью решения двух самостоятельных задач: построения первичной кольцевой оптоволоконной сети и сети абонентского доступа. При решении первой задачи осуществляется прокладка оптических кабелей в кабелепроводах городской телефонной сети или по туннелям и сооружениям метрополитена. В первом случае есть возможность довести высокоскоростные симметричные и асимметричные каналы до абонентов по существующей телефонной проводке. Во втором случае узлы SDH-сети располагаются в зданиях метрополитена, и доведение цифровых потоков (до 155 Мбит/с и выше) до абонентов требует значительно больших капитальных затрат.

В настоящее время разработан ряд современных технологий абонентского доступа, использование которых позволяет операторам эффективно действовать на рынке городских телекоммуникаций.

Многие крупные компании – операторы связи («Ростелеком», Golden Line, Sovam Teleport, «КОМКОР», MetroCom и др.) в России имеют собственные мощные городские высокоскоростные цифровые инфраструктуры на базе технологии SDH.

Развитие технологии ATM. Технология асинхронного режима передачи ATM является новой, бурно развивающейся, получающей все большее распространение. В развитых странах она становится основой построения современных магистральных телекоммуникационных сетей. Для ATM стандартом на физические каналы выбран стандарт на оптоволоконные каналы связи синхронной цифровой иерархии SDH. Технология мультиплексирования и коммутации, используемая в SDH-сетях, стала ATM-технологией.

Высокая скорость передачи данных (в перспективе – до 10 Гбит/с) – главное отличие технологии ATM от других телекоммуникационных технологий. В отличие от других стандартов в ATM-сетях отсутствует привязка к какой-либо одной скорости передачи.

На российском рынке в настоящее время имеется довольно полный набор продуктов зарубежных фирм, необходимых для построения магистральных и опорных городских ATM-сетей. Их типовая топология строится на основе структур различной топологии. В SDH-узлах сети устанавливаются высокопроизводительные ATM-коммутаторы, соединяющиеся высокоскоростными цифровыми оптоволоконными или радиорелейными линиями.

В России осуществляется опытное внедрение технологии АТМ. Работы ведутся различными компаниями: «Ростелеком», РОСПАК, Информсвязь и др. При этом успешно решается проблема совмещения разнородных телекоммуникационных сетей, построенных на базе различных технологий (Х.25, IP, FR, телефонных сетей и др.). Из-за неразвитости технологии АТМ-сетей в России услуги сетей АТМ общего пользования пока не предоставляются и стандартные тарифы не определены.

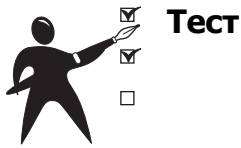


Общие тенденции развития в России современных телекоммуникационных технологий состоят в следующем.

1. Имеет место некоторая стагнация рынка услуг Х.25 (за рубежом наметилась устойчивая тенденция к снижению этого рынка), происходящая на фоне стремительного роста услуг на базе технологии FR.
2. Рост услуг Internet объясняется открытостью архитектуры сети, сравнительной простотой доступа к ней, большой информационной насыщенностью мира Internet.
3. Рост услуг на базе FR-технологии определяется следующим:
 - технология FR успешно заменяет технологию Х.25; особенно это стало необходимо с использованием цифровых каналов от 2 Мбит/с и выше, которые обладают более высоким качеством передачи. Появилась возможность существенно упростить технологию коммутации пакетов, реализуемую на 3-м уровне модели ВОС, и заменить ее технологией ретрансляции кадров, которая осуществляется на 2-м уровне этой модели;
 - пропускная способность сети FR в три раза выше, чем сети Х.25 (на базе тех же скоростных каналов);
 - FR-технология дает возможность пользователям использовать больший набор программного обеспечения, чем технология Х.25;
 - с развитием алгоритмов и их аппаратной реализации по компрессии речи, аудиоинформации и видеоизображений можно через FR-сеть передавать и эти типы данных.
4. Созданы предпосылки для внедрения технологии АТМ. Успешное распространение этой технологии связывается с широким внедрением сетей на базе оптоволоконного кабеля и средств синхронной цифровой иерархии SDH, дальнейшим снижением ошибок в канале, достижениями в разработке интегральных схем.

Текущая ситуация на мировом (а, следовательно, и на российском) телекоммуникационном рынке диктуется характером генерируемого телекоммуникационного трафика. Первенство принадлежит трафику разнообразных видов данных, объем которого превзошел объем чисто голосового трафика, а через несколько лет он составит до 90 % общего мирового объема передаваемой информации. Именно поэтому существующие и проектируемые ТКС представляют интерес, прежде всего, с точки зрения их пропускной способности для трафика данных. Процесс цифровизации сетей связи с акцентом на сети передачи данных во многом унифицировал эти сети (по крайней мере, пока теоретически). Терминальное оборудование становится все более универсальным и интеллектуальным.

Достигнутый уровень развития ТКС позволяет предоставлять пользователям широкий набор услуг. Главная техническая проблема сегодня – как сделать это оптимальным, наиболее дешевым образом. Одно из перспективных направлений в решении этой проблемы – разработка средств и технологий для беспроводного доступа к абонентам.



1. *Какие характеристики ЛКС являются определяющими:*
 - a) топология;
 - b) метод доступа к передающей среде;
 - c) структура и функции программного обеспечения;
 - d) пропускная способность моноканала.
2. *В чем главные отличия локальных сетей от глобальных:*
 - a) в качестве линий связи и их протяженности;
 - b) в масштабируемости;
 - c) в оперативности удовлетворения запросов пользователей;
 - d) в сложности оборудования и методах управления передачей данных.
3. *Какие основные характеристики и ограничения имеют место для всех стандартов Ethernet:*
 - a) пропускная способность;
 - b) максимальное число рабочих станций в сети;
 - c) максимальное число сегментов сети и максимальная длина сегмента.
4. *Какие главные функции выполняются сетевой ОС в ЛКС с централизованным управлением:*
 - a) распределение ресурсов сети между запросами пользователей;
 - b) поддержка файловой системы;
 - c) управление памятью.
5. *Какие существуют типы глобальных сетей:*
 - a) ГКС с коммутацией каналов;
 - b) ГКС с выделенными каналами связи;
 - c) ГКС с коммутацией пакетов.
6. *Какие принципы построения ГКС являются определяющими:*
 - a) использование международных стандартов;
 - b) многоуровневый принцип передачи сообщений;
 - c) использование узловой структуры сети.
7. *В чем причины широкого распространения протоколов TCP/IP в сетях:*
 - a) в возможности работы с ними как в локальных, так и в глобальных сетях;
 - b) в их способности управлять большим количеством стационарных и мобильных пользователей;
 - c) в обеспечении высокого уровня взаимодействия между различными операционными системами;
 - d) в удобстве для использования абонентами.

8. *Какое преимущество электронной почты по сравнению с обычной почтой является решающим:*
- a) оперативность доставки письма адресату;
 - b) конфиденциальность;
 - c) надежность доставки письма адресату.
9. *Какие характеристики корпоративных сетей можно считать основными:*
- a) производительность сети;
 - b) надежность и безопасность сети
 - c) поддержка различных видов трафика.
10. *Как формулируются основные этапы создания и развития глобальной интеллектуальной сети:*
- a) телефонизация сети;
 - b) цифровизация сети;
 - c) интеграция предоставляемых услуг;
 - d) интеллектуализация сети.



Тренировочные задания к разделу 5

1. Установите и объясните зависимость времени доставки электронного письма адресату $T_{эп}$ от различных факторов и параметров при функционировании службы электронной почты в КС (на примере сети Internet).
2. Установите и объясните ограничения на максимальное количество активных участников телеконференции на заданную тему.
3. Установите и объясните зависимость времени реакции на запрос пользователя в сети Internet при работе в режиме интерактивного доступа.

Заключение

Вычислительная техника все шире используется во всех областях науки, техники и производственной деятельности человека. За более чем полувековую историю своего существования она прошла впечатляющий путь развития. Рынок современных компьютеров имеет широкую градацию классов, типов и моделей. Почти каждое десятилетие меняются поколения машин, через каждые два года появляются новые модели ЭВМ, совершенствуется база, улучшаются технико-экономические показатели. Теоретической основой построения современных ЭВМ являются алгебра логики, двоичная арифметика, системотехника и др.

Примечательно, что до сих пор структура любой ЭВМ не вышла за рамки классической структуры, реализующей методы последовательных вычислений. К настоящему времени архитектурные и структурные возможности классической структуры практически исчерпаны. Возможности микроэлектроники также подходят к своим пределам. Дальнейшее поступательное развитие вычислительной техники напрямую связано с переходом к параллельным вычислениям, с построением вычислительных систем, с развитием сетевых технологий.

Конструкция электронных вычислительных машин постоянно совершенствуется. Каждые 3-4 месяца на рынке появляются новые устройства, обладающие более высокой производительностью и надежностью. Постоянно снижаются требования к квалификации пользователей, работающих со стандартными возможностями ЭВМ. Но быстрая смена ЭВМ приводит к тому, что на рынке одновременно имеются в продаже различные типы компьютеров. На первый взгляд их характеристики не различаются, хотя разница в цене бывает существенной.

Для грамотного выбора электронной вычислительной машины и необходимого для ее работы программного обеспечения современному специалисту необходимо разбираться в архитектурных особенностях персональных ЭВМ, которые сохраняют стабильность, несмотря на быстрое изменение конструкции машин. К архитектурным особенностям относятся принципы работы ЭВМ, взаимодействие устройств, виды выполняемых операций и состав программного обеспечения, используемого при реализации на ЭВМ программ, написанных на алгоритмических языках; состав и принцип действия центрального процессора, основной памяти, видеосистемы, клавиатуры, принтеров различного типа, накопителей на гибких и жестких магнитных дисках. Особую важность для понимания возможностей ЭВМ приобретают согласованность характеристик различных блоков и устройств: производительности основной памяти, системной магистрали и процессора; взаимосвязи размеров монитора и его предельно допустимой разрешающей способности и др.

Знание сохраняющей относительную стабильность архитектуры ЭВМ позволяет современному специалисту выделять существенные особенности имеющихся на рынке ЭВМ и дает ему возможность объективно подойти к выбору технических средств.

Важную роль в составе ЭВМ играет программное обеспечение. Оно является посредником между пользователем и аппаратурой. Структурно ПО строится по иерархическому принципу. Центральное место занимает операционная система, обеспечивающая организацию и управление вычислительным процессом.

Наиболее динамично развиваются пакеты прикладных программ, предоставляющие пользователям самые различные виды услуг. Наиболее распространенными из них являются текстовые редакторы, табличные процессоры, системы управления базами данных, системы деловой графики, системы делопроизводства и др. Наметились тенденции к объединению этих пакетов в рамках единого офисного программного обеспечения на базе единой операционной среды.

Создание, совершенствование и развитие КС различных классов – от локальных сетей до глобальной интеллектуальной сети – происходит с учетом требований по унификации и стандартизации аппаратных и программных средств и протекающих в сетях процессов. Базовой является семиуровневая эталонная модель взаимодействия открытых систем.

Многообразие структур КС, сложность обеспечения взаимодействия прикладных процессов, рост перечня предоставляемых услуг и их интеллектуального уровня, повышение требований к полноте и оперативности предоставления услуг – все это требует от разработчиков КС постоянных усилий по внедрению новых, более эффективных методов доступа в сеть и протоколов обмена данными.

Для обеспечения безопасности информации, циркулирующей в КС, предотвращения несанкционированного доступа в сеть с учетом все более изощренных способов и средств преднамеренного нарушения нормального функционирования сети необходимы эффективные и непрерывно развивающиеся службы безопасности информации и механизмы реализации их функций.

В системах передачи данных, или ТКС, важным фактором в обеспечении надежного распознавания принимаемой информации является синхронизация аппаратуры передающего и принимающего пунктов, с тем чтобы на приемной стороне опрос линии связи (замер уровня сигналов) происходил в момент поступления очередного бита данных. Задача синхронизации наиболее эффективно решается путем использования самосинхронизирующихся кодов.

Для реализации различных режимов обмена информацией в КС (интерактивный режим, режим прямого доступа, режим отложенного доступа) применяются в необходимом сочетании и различные методы коммутации – коммутация цепей, коммутация сообщений, коммутация пакетов.

Эффективность работы КС в режиме коммутации пакетов существенно определяется реализуемыми методами маршрутизации пакетов. Многообразие алгоритмов маршрутизации обусловлено многообразием структур сетей и требований по оперативности предоставления услуг пользователям.

К числу наиболее распространенных относятся локальные сети. Используемые в ЛКС аппаратные и программные средства ориентированы на обеспечение максимальных удобств пользователей в условиях непрерывно расширяющегося перечня предоставляемых услуг и повышения их интеллектуального уровня.

В используемых в настоящее время сетях довольно четко проявляется тенденция к интеграции предоставляемых услуг, к внедрению практически всех систем сетевых коммуникаций. Это особенно видно на примере «сети сетей» Internet, в которой реализованы возможности по представлению пользователям всех известных услуг.

Развитие КС осуществляется одновременно по многим направлениям. Основные из них: совершенствование и усложнение структуры КС; разработка новых, более эффективных и надежных технических и программных средств обработки и передача информации; широкое использование в КС цифровых сетей связи; развитие спутниковых сетей связи и увеличение объемов работ по их использованию; разработка новых, более эффективных методов и средств обеспечения безопасности информации, циркулирующей в сетях; расширение перечня услуг, предоставляемых пользователям, и повышение их интеллектуального уровня; создание глобальной интеллектуальной сети путем телефонизации участвующих в этом процессе стран, цифровизации сетей, интеграции услуг пользователям, интеллектуализации услуг; развитие сетевых технологий.

Решения тренировочных заданий

Тренировочные задания к разделу 1

Ответ/Решение

1. Число $A_{10}=360.45$ представляется как
 $A_2=101101000.011100110011$; $A_8=550.346346$; $A_{16}=168.73$.
2. Используя данные таблицы 1, выписать значения шестнадцатеричных цифр, соответствующих каждому символу, результаты можно проверить, если создать текстовый файл с требуемыми данными в редакторе Norton Commander или Windows Commander, а затем просмотреть содержимое в шестнадцатеричном формате.
3. Вероятность простоя определяется как $k_n=1-k_r$, что составляет:
а) $k_n=0,001$, то есть 8,76 часа в год или 525,6 мин;
б) $k_n=0,00001$, то есть 5,256 мин в год.

Тренировочные задания к разделу 2.

Ответ/Решение

1. Емкость дискеты (Е) определяется, как произведение количества рабочих сторон на количество дорожек на стороне, на количество секторов на дорожке, на емкость сектора: $E = 2 \times 80 \times 18 \times 512 = 1458560$ байт $\cong 1.44$ Мбайт.
2. Пропускная способность памяти определяется, как произведение частоты обращения на разрядность передаваемых данных. В рассматриваемом случае при каждом обращении к кэш-памяти передается 8 байт. Теоретически возможное количество обращений в единицу времени определяется с одной стороны временем доступа к памяти, а с другой – частотой работы системной магистрали. При времени доступа 15 нсек кэш-память допускает:
 $1 / (15 \times 10^{-9}) = 0.067 \times 10^9 = 67$ млн обращений в сек.
В то же время системная магистраль, работающая с частотой 66 МГц, допускает лишь 66 млн обращений в сек. Поскольку максимальная скорость работы последовательной цепи определяется по самому слабому звену, в данной системе теоретически возможно лишь 66 млн. обращений к кэш-памяти в сек. В связи с этим пропускная способность кэш-памяти составит:
 $66 \text{ МГц} \times 8 \text{ байт} = 66 \times 10^6 \times 8 \text{ байт/сек} = 528 \text{ Мбайт/сек.}$
3. Соотношение сторон экрана обычно составляет 9:10. При длине диагонали $17'' = 17 \times 25.4 \text{ мм} = 431.8 \text{ мм}$ длина горизонтальной части экрана составит $\sim 300 \text{ мм}$, а вертикальной $\sim 270 \text{ мм}$. Тогда в одной строке экрана разместится $300 / 0.24 = 1250$ пиксел, а всего на экране поместится $270 / 0.24 = 1125$ пикселных строк. Наиболее близко к полученным значениям находится стандартная разрешающая способность экрана – «особо четкая»: 1024×1024 .

Тренировочные задания к разделу 3.

Ответ/Решение

1.

а) средствами DOS каталог создается командой «md <имя каталога>», командой «copy con <имя файла-оригинала>» – новый текстовый файл, командой «copy <имя файла-оригинала> <имя файла-копии>» создается копия файла;

б) средствами пакетов Norton Commander, Far Manager или Windows Commander каталог создается нажатием клавиши F7 и вводом имени создаваемого каталога, новый текстовый файл – нажатием клавиш «Shift+F4», копия файла – выделением файла-источника и нажатием клавиши F5;

в) средствами операционной среды Windows для создания каталога следует открыть папку, внутри которой формируется новая папка, затем выбрать команду «Создать» из меню «Файл» или щелкнуть правой кнопкой мыши и указать в контекстном меню «Создать» и т.д.

2.

а) стандартное форматирование дискет предполагает использование программы типа format.com;

б) форматирование дискет встроенными средствами указанных пакетов предполагает использование меню «Диск», выбор типа дисководов, вида форматирования («Быстрое», «Безопасное», «Форматирование ДОС»);

в) форматирование дискет встроенными средствами Windows предполагает выбор «Мой компьютер» – «Диск 3,5(A:)» – «Форматировать» и установку требуемых параметров.

3.

а) найти на системном диске, обычно в каталоге DOS, программу sysinfo.com и запустить ее;

б) в меню пакетов Norton Commander, Far Manager или Windows Commander «Команды» выбрать рубрику «Системная информация». Ознакомиться с конфигурацией компьютера, особенностями построения памяти и расположением отдельных программ в памяти;

в) в среде Windows последовательно выбрать «Мой компьютер», затем «Панель управления» и «Система».

4.

Для предложенных вариантов средние времена ожидания и получения решения рассчитываются по зависимостям:

$$а) t_{ож} = (0+1+5)/3 = 2 \quad t_p = (1+5+13)/3 = 6,33$$

$$б) t_{ож} = (0+8+12)/3 = 6,66 \quad t_p = (8+12+13)/3 = 11$$

Сравнение вариантов показывает, что при равном общем объеме работ предпочтительным является режим а), поскольку он обеспечивает лучшие средние времена ожидания и решения.

Тренировочные задания к разделу 4

Ответ/Решение

1. Условие $T_{\Pi} \geq 2T_{c,\max}$ означает, что от длины пакета решающим образом зависит общая протяженность сети, в которой реализован метод доступа CSMA/CD. Очевидно, что:

$$S_{\max} = V_c \cdot T_{c,\max}$$

$$\text{или } S_{\max} \leq 0,5 \cdot V_c \cdot T_{\Pi};$$

$$S_{\max} \leq 0,5 \cdot V_c \cdot (E_{\Pi,\min}/V_k);$$

$$S_{\max} \leq 0,5 \cdot 50000 \cdot (512/10 \cdot 106);$$

$$S_{\max} \leq 1,28 \text{ км.}$$

2. Время реакции на запрос пользователя – это промежуток времени между моментом готовности подать запрос в сеть (т. е. готовности передать кадр в моноканал) и моментом получения ответа на запрос (т. е. возвращения отправленного кадра, что является подтверждением в получении этого кадра адресатом).

Следовательно, $T_{p,\max} = T_{ож,\max} + T_{обсл}$, где $T_{ож,\max}$ – максимальное время ожидания подачи запроса (кадра) в моноканал;

$T_{обсл}$ – время собственно обслуживания запроса.

Очевидно, что:

$$T_{ож,\max} = (N_{pc} - 1) \cdot T_{об},$$

где $T_{об}$ – время, в течение которого маркер вместе с кадром совершает полный оборот в моноканале. Составляющими этого времени будут: T_c – время распространения сигнала в передающей среде через весь моноканал; T_k – время передачи кадра через весь моноканал; T_{03} – суммарное время задержки передаваемого по кольцу кадра в узлах сети.

$$\text{Так как } T_c = S_k/V_c; T_k = E_k/V_k; T_{03} = N_{pc} \cdot T_3, \text{ то } T_{об} = S_k/V_c + E_k/V_k + N_{pc} \cdot T_3$$

$$T_{об} = \frac{12,5}{50000} \cdot 10^6 + \frac{512 \cdot 8}{4 \cdot 106} \cdot 10^6 + 25 \cdot 1500 = 38774 \text{ мкс}$$

$$\text{Тогда } T_{ож,\max} = (25 - 1) \cdot 38774 = 930576 \text{ мкс.}$$

Практически можно считать, что $T_{обсл} = T_{об}$, поэтому

$$T_{p,\max} = 930576 + 38774 = 969350 \text{ мкс,}$$

т. е. максимальное время реакции на запрос при заданных условиях равно почти одной секунде.

3. Максимальное время на передачу кадра от одной рабочей станции (РС) сети другой будет в случае, когда станция-отправитель имеет минимальный порядковый номер, а станция-получатель – максимальный. Тогда:

$$T_{\max} = (T_c + T_k + T_3) \cdot (N_{pc} - 1),$$

где T_c – время распространения сигнала в передающей среде от одной РС к другой;

T_k – время передачи кадра (вместе с маркером) от одной РС к другой.

$$\text{Так как } T_c = S_{pc}/V_c; T_k = E_k/V_k,$$

$$T_{\max} = (S_{pc}/V_c + E_k/V_k + T_3) \cdot (N_{pc} - 1);$$

$$T_{\max} = ((0,5/50000) \cdot 10^6 + ((512 \cdot 8)/(4 \cdot 106)) \cdot 10^6 + 1500) \cdot (32 - 1);$$

$$T_{\max} = 78554 \text{ мкс.}$$

Тренировочные задания к разделу 5

Ответ/Решение

1. Время доставки электронного письма адресату $T_{\text{эл}}$ зависит, главным образом, от реализуемого механизма передачи электронной почты в сети Internet.

Первый (основной) механизм основан на протоколе SMTP семейства протоколов TCP/IP в сети коммутации пакетов и реализует передачу почты в режиме on-line. При этом на время передачи между отправителем и получателем создается виртуальный канал. Письмо пересылается в течение нескольких секунд. Здесь время $T_{\text{эл}}$ определяется: объемом письма, расстоянием между абонентами, физической скоростью сигналов в передающей среде, временем на создание виртуального канала.

Второй (дополнительный) механизм основан на протоколе VVCP и реализует пакетный режим передачи off-line. Письмо передается по сети от узла к узлу, причем в каждом узле возможны задержки из-за наличия очередей. Оптимальное время доставки письма оценивается в 5-10 минут. В таком режиме $T_{\text{эл}}$ определяется: количеством промежуточных узлов связи между отправителем и получателем, задержкой письма в каждом узле, объемом письма, физической скоростью сигналов в передающей среде, расстоянием между абонентами.

2. Активными будем считать тех участников телеконференции, которые уже послали запрос на предоставление им доклада (статьи) или на передачу своего доклада и ждут реакции на запрос. Максимально возможное количество таких участников определяется допустимым или заданным значением времени реакции на запрос T_p . В свою очередь, время T_p определяется: реализуемым механизмом передачи почты (режим on-line или режим off-line), поскольку для передачи докладов (статей) используется служба электронной почты; объемом доклада; временем на поиск и извлечение доклада из общего «почтового ящика»; расстоянием между «почтовым ящиком» и получателем (отправителем) доклада; физической скоростью сигнала в передающей среде.

3. При работе в режиме интерактивного доступа время реакции на запрос пользователя сети Internet T_p представляет собой промежуток времени между подачей запроса в сеть на предоставление некоторой услуги и получением информации по запросу. Это время определяется: числом пользователей, одновременно пославших запрос, удовлетворение которого требует одного и того же ресурса (в этом случае образуется очередь запросов); объемом информации, передаваемой по запросу, и объемом самого запроса; длиной пути, по которому перемещается запрос и информация по запросу; физической скоростью сигнала в передающей среде.



Вопросы для повторения

1. Каково содержание понятий структура и архитектура компьютера?
2. Поясните место и роль программного обеспечения ЭВМ.
3. По каким техническим характеристикам осуществляется оценка и выбор компьютера?
4. Что представляет собой класс карманных персональных компьютеров?
5. Каковы основные тенденции развития ЭВМ?
6. Охарактеризуйте понятие машинного парка.
7. Суть принципа иерархии построения ЭВМ.
8. Отличительные особенности классической структуры ЭВМ.
9. В чем проявляется кризис классической структуры ЭВМ?
10. Каковы отличительные особенности структуры ПК?
11. Объясните смысл многообразия шин, используемых в структуре ПК.
12. Что понимается под системой счисления?
13. Сформулируйте правила перевода целых и дробных чисел из одной системы счисления в другую.
14. Как переводятся числа в системах счисления с основаниями, кратными степени 2?
15. В чем заключается различие между представлениями чисел в формах с фиксированной и плавающей точкой (запятой)?
16. Каким образом представляется в ЭВМ текстовая и графическая информация?
17. Охарактеризуйте перспективы развития элементной базы современных ЭВМ.
18. В каких устройствах компьютера используются оптические эффекты?
19. Каковы основные предпосылки появления и развития ВС?
20. По каким признакам классифицируются вычислительные системы?
21. Каковы принципиальные различия между многомашинными и многопроцессорными ВС?
22. Какие принципы положены в основу классификации архитектур ВС?
23. Раскройте содержание понятия совместимости в ВС.
24. Принцип построения SMP-структур.
25. Какие преимущества обеспечивают системы массового параллелизма MMP перед другими типами ВС?
26. Какие типы ВС могут создаваться на базе ПК?
27. По каким признакам классифицируются компьютерные сети?
28. Каковы состав и функции уровней протоколов эталонной модели ВОС?
29. Каковы состав и функции программного обеспечения компьютерных сетей?
30. Какие типы линий и каналов связи используются в КС?
31. Каким образом решается проблема синхронизации сигналов в сетях?
32. В чем состоят сущность, цели и способы маршрутизации пакетов в сетях?
33. Чем принципиально различаются между собой используемые в КС методы коммутации?
34. В чем состоят особенности ЛКС и каковы их основные характеристики?
35. Какие технологии ЛКС относятся к числу наиболее распространенных?
36. Какие существуют способы обеспечения достоверности передачи информации?
37. Что представляет собой сеть Internet и чем определяется ее открытость?
38. Как осуществляется адресация в IP-сетях?
39. В чем сходство и отличие электронной почты от обычной?
40. Каковы основные пути развития КС?



Вопросы к экзамену

1. Краткая история развития вычислительной техники.
2. Основные технические характеристики компьютеров.
3. Поколения компьютеров.
4. Классификация средств вычислительной техники по быстродействию и возможностям.
5. Классификация средств вычислительной техники по роли компьютеров в сетях.
6. Основные принципы построения современных компьютеров.
7. Отличительные признаки классической структуры компьютера.
8. Обобщенная структурная схема компьютера. Назначение основных устройств.
9. Структурная схема персонального компьютера. Шинная организация взаимодействия устройств.
10. Представление информации в компьютере. Кодирование информации.
11. Суть кризиса классической структуры компьютера.
12. Назначение и роль программного обеспечения компьютера.
13. Основные направления и перспективы развития вычислительной техники.
14. Причины появления и развития вычислительных систем.
15. Архитектуры вычислительных систем.
16. Структуры однопроцессорных систем.
17. SMP- и MPP-системы: назначение, особенности построения и применения.
18. Кластеры в компьютерных сетях: назначение, особенности построения и применения.
19. Структура программного обеспечения компьютера, назначение основных компонентов.
20. Операционные системы: назначение, структура, состав компонентов (на примере MS DOS).
21. Пакеты прикладных программ, назначение, состав, особенности применения.
22. Характеристика однопрограммных режимов работы компьютера.
23. Характеристика многопрограммных режимов работы компьютера.
24. Режимы работы компьютера под управлением MS Windows.
25. Классификация КС.
26. Основные функции сетевой ОС.
27. Сущность, оценка и области применения протоколов типа «маркерное кольцо» и «маркерная шина».
28. Классификация угроз информационной безопасности КС.
29. Службы безопасности сети и механизмы реализации их функций.
30. Основные направления интеграционных процессов современных сетей связи.
31. Типы и характеристики линий связи.
32. Сущность аналоговой модуляции и цифрового кодирования в сетях связи.
33. Характеристика самосинхронизирующих кодов.
34. Импульсно-кодовая модуляция: назначение, сущность, области применения.
35. Характеристика способов связи без установления логического соединения и с установлением.
36. Характеристика способов обеспечения достоверности передачи информации.
37. Маршрутизация пакетов в сетях: цели, методы и их эффективность.
38. Способы коммутации в сетях: сущность, оценка, области применения.

39. Особенности сетей X.25, Frame Relay, IS DN, ATM.
40. Характеристика спутниковых сетей связи.
41. Локальные сети: особенности, типы и характеристики.
42. Структура и функции программного обеспечения ЛКС.
43. Характеристика сетевого оборудования ЛКС.
44. Принципы построения ГКС.
45. Характеристика сети Internet.
46. Семейство протоколов TCP/IP: состав и назначение.
47. Способы адресации в IP-сетях.
48. Характеристика прикладных сервисов сети Internet.
49. Характеристика и типовая структура корпоративных компьютерных сетей (ККС).
50. Программное обеспечение ККС: состав и назначение.
51. Состав и назначение сетевого оборудования ККС.
52. Основные пути совершенствования и развития компьютерных сетей.



Глоссарий

- | | |
|---------------------------------|---|
| Абонентская система (АС) | – совокупность ЭВМ, программного обеспечения, периферийного оборудования, средств связи с коммуникационной подсетью и самих пользователей (абонентов) сети, выполняющих прикладные процессы. |
| Алгоритм маршрутизации | – правило назначения выходной линии узла связи для передачи пакета на основе данных, содержащихся в заголовке пакета, и данных, характеризующих состояние узла связи и ТКС в целом. |
| База данных | – совокупность взаимосвязанных данных, организованных по определенным правилам, предусматривающих общие принципы описания хранения и манипулирования данными, независимо от прикладных программ (ГОСТ20886-85). |
| Виртуальная сеть | – сеть, в которой реализуются протоколы информационного обмена типа виртуального соединения. |
| Вычислительная система | – комплекс технических средств, имеющих общее управление, предназначенный для преобразования информации и обеспечивающий автоматическую обработку данных по заданной программе. |
| Вычислительная техника | – совокупность технических систем, т. е. счетных машин, и математических средств, методов, приемов, используемых для облегчения и ускорения решения трудоемких задач, связанных с обработкой информации (вычислениями), а также отрасль техники, занимающаяся разработкой и эксплуатацией вычислительных машин. |
| Дейтаграммная сеть | – сеть, в которой реализуются дейтаграммные протоколы информационного обмена. |
| Информатизация общества | – развитие и широкомасштабное применение методов и средств сбора, преобразования, хранения и распространения информации, обеспечивающих систематизацию имеющихся и формирование новых знаний и их использование обществом в целях его текущего управления и дальнейшего совершенствования и развития. |

Информационные коммуникации	– пути и процессы, обеспечивающие передачу сообщений от источника информации к ее потребителю.
Коммуникационная подсеть	– ядро, представляющее собой совокупность физической среды передачи информации, аппаратных и программных средств, обеспечивающих взаимодействие абонентских систем.
Локальная компьютерная сеть (ЛКС)	– система распределенной обработки данных, охватывающая небольшую территорию (до 10 км) внутри учреждений, вузов, банков, офисов и т. п.; это коммуникационная система, которая поддерживает в пределах одного здания или некоторой ограниченной территории один или несколько высокоскоростных каналов передачи информации, предоставляемых подключенным абонентским системам для кратковременного монопольного использования.
Микропроцессорный компонент	– комплект интегральных схем, из которых состоит ЭВМ. Обычно в состав МК входят: микропроцессор, системный таймер, сопроцессоры плавающей запятой, ввода-вывода и др.; контроллер прерываний, контроллер прямого доступа к памяти, контроллеры устройств ввода-вывода и т. д.
Операционная система	– комплекс программ, предназначенный для управления ресурсами ЭВМ и/или ВС.
Память ЭВМ	– все множество технических средств, используемых в ЭВМ для хранения информации
Периферийные устройства	– устройства ЭВМ, служащие для хранения больших объемов информации (внешние запоминающие устройства) и устройства ввода-вывода (клавиатура, дисплей, принтер, ...).
Прикладная программа	– программа для решения конкретной задачи пользователя.
Прикладной процесс	– это различные процедуры ввода, хранения, обработки и выдачи информации для нужд пользователей, описываемые прикладными программами.
Программное обеспечение (ПО)	– для конкретной модели ЭВМ – все множество существующих программ, предназначенных для использования (выполнения) на вычислительной машине (машинах) этой конкретной модели.

Протокол передачи данных (ППД) нижнего уровня, или протокол управления каналом	– это совокупность процедур, выполняемых на нижних уровнях семиуровневой эталонной модели ВОС и реализующих один из методов доступа к передающей среде.
Сервер сети	– аппаратно-программная система, выполняющая функции управления распределением сетевых ресурсов общего доступа.
Сетевая операционная система (СОС)	– система программных средств, управляющих процессами в сети и объединенных общей архитектурой, определенными коммуникационными протоколами и механизмами взаимодействия вычислительных процессов.
Сигнал	– материальный носитель информации, распознаваемое (различимое) непосредственно органами чувств человека или при посредстве специальных приборов изменение состояния материи – среды, например, вспышка света, электрический импульс и т. п.
Система команд ЭВМ	– все множество команд, которые могут быть восприняты и выполнены конкретной вычислительной машиной.
Система счисления	– способ наименования и записи чисел в виде, удобном для прочтения и выполнения арифметических операций, с помощью знаков, называемых цифрами.
Системная магистраль	– функциональный блок, связывающий микропроцессорный комплект в единое целое. В состав системной магистрали входят: шина данных, шина адреса, шина управления, регистры защелки, шинные формирователи, шинные арбитры и др.
Структурная организация ЭВМ	– комплекс структурных компонентов (таких, как элементная база, функциональные узлы и устройства, различные виды программных модулей и др.) и технология их взаимодействия при выполнении основных операций ЭВМ.
Телекоммуникационная компьютерная сеть (ТКС)	– сеть обмена и распределенной обработки информации, образуемая множеством взаимосвязанных абонентских систем и средствами связи; средства передачи и обработки информации в ней ориентированы на коллективное использование общесетевых ресурсов – аппаратных, информационных, программных.

**Функциональная
организация ЭВМ**

- коды, система команд, алгоритмы выполнения машинных операций, технология выполнения различных процедур и взаимодействия аппаратуры (hard) и программного обеспечения (soft), способы использования устройств ЭВМ при организации их совместной работы, составляющие все вместе идеологию функционирования ЭВМ.

Электронная почта.

- система сбора, обработки и передачи документированных сообщений по сетям передачи данных.



Список рекомендованной литературы

1. Айден К., Фибельман Х., Крамер М. Аппаратные средства РС. – СПб: BHV, 1996.
2. Безруков Н.Н. Копьютерные вирусы. – М.: Наука, 1991.
3. Бердышев Е. Технология MMX. Возможности процессов P5 и P6. – М.: Диалог, МИФИ, 1998.
4. Блэк Ю. Сети ЭВМ: протоколы, стандарты, интерфейсы. – Пер. с англ. – М.: Мир, 1990.
5. Бремнер Л.М., Изи Э.Ф., Серванти О. Библиотека программиста Intranet. – Пер. с англ. – Мн.: ООО «Попурри», 1998.
6. Брябрин В.М. Программное обеспечение персональных ЭВМ. – Изд. 2-е, стер. – М.: Наука, 1989.
7. Вакка Д. Секреты безопасности в интранет. – К.: Диалектика, 1997.
8. Вакка Д. Безопасность интранет. – М.: «Бук Медиа Пабlisher», 1998.
9. Воген Т. Мультимедиа: Практическое руководство. – Минск: Попурри, 1997.
10. Вуковецкая О. Дизайн текста: шрифт, эффекты, свет. – М.: ДМК, 2000.
11. Гагин А. Сервисы Интернет – практическое рассмотрение. М.: Jet Infosystems, 1996.
12. Гайкович Ю.В. Безопасность электронных банковских систем. – М.: изд-во «Компания Единая Европа», 1993.
13. Губинский А.И. Надежность и качество функционирования эргатических систем. – Л.: Наука, 1982.
14. Гук М., Юров В., Процессоры Pentium4, Athlon и Duron. СПб.: Питер, 2001. .
15. Джордейн Р. «Справочник программиста персональных компьютеров типа IBM...», М.: Финансы и статистика, 1992.
16. Дмошинский Г.М., Серегин А.В. Телекоммуникационные сети России. – М.: Архитектура и строительство России, 1993.
17. Евдокимов В.В. и др. Экономическая информатика: Учебник для вузов / под ред. В.В. Евдокимова. – СПб: Питер, 1997.
18. Журавлев А.П., Павлюк Н.А. Язык и компьютер. – М., Просвещение, 1989.
19. Золотов С. Протоколы Internet. – СПб: BHV. – 1998.
20. Иванова Т.И. Корпоративные сети связи – М.: Эко Трендз, 2001.
21. Информатика: Базовый курс/ под ред. С.В. Симонович и др. – СПб.: Питер, 2001.
22. Информатика: Учебник под. Ред. Н.В. Макаровой. – М.: Финансы и статистика, 1997.
23. Касперски К. Техника и философия хакерских атак. – М.: Солон-Р, 1999.
24. Компьютерные технологии обработки информации/ Под ред. С.В. Назарова. – М.: Финансы и статистика, 1995.
25. Корнеев В.В., Параллельные вычислительные системы. – М.: «Нолидж», 1999.
26. Корпоративные сети связи. // Вып. 3 под ред. М.Б. Купермана – М.: Информсвязь, 1997.
27. Круглов В.В., Борисов В.В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика М.: Горячая линия – Телеком, 2001.
28. Кручин С. Суперкомпьютеры. // Н&S, № 4, 1995.
29. Кручин С. Архитектура компьютера. Ж. «Н&S», №4, 1995.
30. Куперман М.Б., Ляковский Ю.К. Технологии и протоколы территориальных сетей связи. // Корпоративные сети связи. Вып. 3. – М.: Информсвязь, 1997.
31. Левин Г.Н., Левина В.Е. Введение в схемотехнику IBM PC/AT, М. изд. МПИ, 1991.
32. Леонтьев Б. Хакеры, взломщики и другие информационные убийцы. – М.: «Познавательная книга плюс», 1999.

33. Локальные вычислительные сети. Кн.1: Принципы построения, архитектура, коммуникационные средства / Под ред. С.В. Назарова, – М.: Финансы и статистика, 1994.
34. Локальные вычислительные сети. Кн. 2: Аппаратные и программные средства / Под ред. С.В. Назарова. – М.: Финансы и статистика, 1994.
35. Локальные вычислительные сети. Кн. 3: Организация функционирования, эффективность, оптимизация.. Под ред. С.В.Назарова. – М.: Финансы и статистика, 1995.
36. Мячев А.А. Персональные ЭВМ: краткий энциклопедический справочник. – М.: Финансы и статистика, 1992.
37. Назаров С.В. Администрирование локальных сетей Windows NT: Учебное пособие.- М.: Финансы и статистика,1999.
38. Нанс Б. Компьютерные сети: Пер. с англ.- М.: Восточная Книжная компания, 1996.
39. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы- Питер, 2001.
40. Першиков В.И., Савинков В.М. Толковый словарь по информатике. – 2-е изд., доп. – М.: Финансы и статистика, 1995.
41. Плотников В.Н., Суханов Б.А., Жигулевцев Ю.Н. Речевой диалог в системах управления. – М.: Машиностроение, 1988.
42. Протоколы информационно-вычислительных сетей: Справочник/С.А. Аничкин, С.А. Белов, А.В.Берштейн и др.; Под ред. И.А. Мизина, А.П. Кулешова. – М.: Радио и связь, 1990.
43. Пятибратов А.П. Человеко-машинные системы: эффект эргономического обеспечения. – М.: Экономика, 1987.
44. Пятибратов А.П. Информатизация общества: экономика и эффективность. – К.: Наукова думка, 1993.
45. Пятибратов А.П., Гудыно Л.П., Кириченко А.А. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации: Учебник / Под. ред. А.П. Пятибратова, изд. 2. – М.: Финансы и статистика, 2001.
46. Расторгуев С.П. Программные методы защиты информации в компьютерах и сетях. – М.: «Яхтсмен», 1993.
47. Рихтер Дж. Windows для профессионалов: создание эффективных Win- приложений с учетом специфики 64-разрядной версии Windows/ Пер. с англ. – 4-е изд. – СПб: Питер; Издательско-торговый дом «Русская редакция», 2001.
48. СБИС для распознавания образов и обработки изображений. – М., Мир, 1986.
49. Сети и системы связи. – М.: Сети и системы связи, 1997.
50. Симонс Дж. ЭВМ пятого поколения: компьютеры 90-х годов. – М.: Финансы и статистика, 1985.
51. Системное программное обеспечение/ А.В. Гордеев, А.Ю. Молчанов. – СПб.: Питер, 2001.
52. Смирнов Б.А., Душков Б.А., Космолинский Ф.П. Инженерная психология. Экономические проблемы. – М.: Экономика, 1983.
53. Смирнов А.Д. Архитектура вычислительных систем. – М.: Наука, 1990.
54. Справочник: Печатающие устройства для персональных ЭВМ. – М.: Радио и связь, 1992.
55. Справочное руководство по IBM PC. – ч.2. – М.: ТПП «Сфера», 1991.
56. Телекоммуникации и информация. Часть 2. Российские и мировые информационные ресурсы. – М.: НЕК Полином, НИИ Управления Минэкономики РФ, 1994.
57. Телекоммуникации. Мир и Россия. Состояние и тенденции развития / Под ред. Н.Т. Клещева. – М.: Радио и связь, 1999.
58. Технология электронных коммуникаций. – Т.20. Безопасность связи в каналах телекоммуникаций. – М.: Экотрендз, 1992.

59. Технология электронных коммуникаций. – Т. 25: Сети NETWARE: телекоммуникации и базы данных. – М.: Экотрендз, 1992.
60. Фафенбергер Б., Уолл Д. Толковый словарь по компьютерным технологиям и Интернет. 6-е изд. – К.: Диалектика, 1996.
61. Фигурнов В.Э. IBM PC для пользователя. Изд. 5 СПб.: НПО «Информатика и компьютеры», 1994.
62. Фролов А.В., Фролов Г.В. Библиотека системного программиста. – Т. 1 «Операционная система MS DOS», М., Диалог МИФИ, 1992.
63. Фролов А.В., Фролов Г.В. Библиотека системного программиста. – Т. 2: Аппаратное обеспечение IBM PC. – М.: Диалог МИФИ, 1992.
64. Фролов А.В., Фролов Г.В. Библиотека системного программиста. – Т. 3: Программирование видеоадаптеров CGA, EGA и VGA. – М.: Диалог МИФИ, 1992.
65. Хоникатт Дж. Использование Internet. – 2-е изд.: Пер. с англ. – К.: Диалектика, 1997.
66. Шатт С. Мир компьютерных сетей: Пер. с англ. – К.: BHV, 1996.
67. Широков Ф.В. На пути к пятому поколению компьютеров. – М.: МНИИПУ, 1985.
68. Щеглов А., Тарасюк М. Круговая оборона. // Сети. – М.: Открытые системы, 1998.
69. Якубайтис Э.А. Информационные сети и системы: Справочная книга. – М.: Финансы и статистика, 1996.

*Александр Петрович Пятибратов
Лев Петрович Гудыно
Александр Аполлонович Кириченко*

**ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ,
СЕТИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ**

*Учебно-методический комплекс
под редакцией профессора Пятибратова А.П.*

Ответственный за выпуск *А.И.Комаров*
Редактор *Н.А.Соколова*
Компьютерная верстка *И.Ю.Ефремова*

Издательский центр Евразийского открытого института
119501, г. Москва, ул. Нежинская, д. 13.
Тел.: (495) 442-23-92

Подписано в печать 28.11.08. Формат 60 × 84 ¹/₈.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Печ. л. 36,5.
Тираж 50 экз.

Отпечатано в ООО «Футурис».
127051, г. Москва, Каретный Б. пер., д. 24/12, кор. стр. 1.
Тел.: (495) 772-31-07

ISBN 978-5-374-00108-2

