

ИННОВАЦИОННАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА



Проект 3: устойчивое развитие: человек-природа-культурное наследие

Цель: реализация инновационных образовательных программ для подготовки и переподготовки специалистов социально-экономической, медико-биологической и культурной сфер и для формирования у населения здорового образа жизни.

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Владимирский государственный университет

Д.Ю. ОРЛОВ

СЕТИ ЭВМ И СРЕДСТВА КОММУНИКАЦИЙ

Учебное пособие

В двух частях
Часть 1

Владимир 2008

УДК 004.7
ББК 32.972я7
О-66

Рецензенты:

Кандидат технических наук, профессор зав. кафедрой информатики и вычислительной техники Владимирского государственного педагогического университета

Ю.А. Медведев

Кандидат технических наук зам. декана факультета информационных технологий, доцент кафедры вычислительной техники Владимирского государственного университета

В.Б. Буланкин

Печатается по решению редакционного совета
Владимирского государственного университета

Орлов, Д. Ю.

О-66 Сети ЭВМ и средства коммуникаций : учеб. пособие / Д. Ю. Орлов ; Владим. гос. ун-т. – Владимир : Изд-во Владим. гос. ун-та, 2008. – 196 с. – ISBN 978-5-89368-835-1.

Рассмотрены основы построения современных информационных систем, технические средства передачи и обработки информации, основы организации и функционирования сетей, сетевые стандарты, современные телекоммуникации, методы обеспечения эффективности и надежности функционирования компьютерных сетей, корпоративные сети, аппаратное обеспечение сетей.

Может быть использовано студентами 2-го курса специальностей 200503 – стандартизация и сертификация, 220501 – управление качеством, 200501 – метрология и метрологическое обеспечение очной, заочной и дистанционной форм обучения, а также аспирантами.

Табл. 4. Ил. 80. Библиогр.: 19 назв.

УДК 004.7
ББК 32.972я7

ISBN 978-5-89368-835-1

© Владимирский государственный университет, 2008

Оглавление

Введение	5
Глава 1. Теоретические основы построения информационных систем	7
1.1. Информация и ее свойства	7
1.2. Меры информации	13
1.3. Показатели качества информации	18
<i>Вопросы и задания для самоконтроля</i>	19
Глава 2. Этапы развития компьютерных сетей	20
2.1. Терминалы и мэйнфреймы	20
2.2. Определение локальной сети	23
<i>Вопросы и задания для самоконтроля</i>	27
Глава 3. Топологии локальных сетей	28
3.1. Топология «шина»	30
3.2. Топология «звезда»	32
3.3. Топология «кольцо»	35
3.4. Смешанные топологии	37
3.5. Многозначность понятия топологии	40
<i>Вопросы и задания для самоконтроля</i>	43
Глава 4. Адресация узлов сети	44
4.1. Назначение пакетов и их структура	49
4.2. Адресация пакетов	57
<i>Вопросы и задания для самоконтроля</i>	60
Глава 5. Методы управления обменом	61
5.1. Управление обменом в сети с топологией «звезда»	62
5.2. Управление обменом в сети с топологией «шина»	65
5.3. Управление обменом в сети с топологией «кольцо»	73
<i>Вопросы и задания для самоконтроля</i>	76
Глава 6. Обобщенная задача коммутации	77
6.1. Определение информационных потоков	78
6.2. Определение маршрутов	80
6.3. Мультиплексирование и демультиплексирование	85
6.4. Разделяемая среда передачи данных	87
<i>Вопросы и задания для самоконтроля</i>	90
Глава 7. Общая структура телекоммуникационной сети	91
7.1. Сеть доступа	93

7.2. Магистральная сеть.....	93
7.3. Информационные центры	94
7.4. Операторы связи и клиенты	96
7.5. Услуги, провайдеры услуг и сетевая инфраструктура	97
7.6. Массовые индивидуальные клиенты	99
7.7. Корпоративные клиенты	100
7.8. Инфраструктура	101
7.9. Территория покрытия	103
<i>Вопросы и задания для самоконтроля.....</i>	<i>104</i>
Глава 8. Корпоративные сети.....	105
8.1. Сети отделов	110
8.2. Сети кампусов	111
8.3. Сети масштаба предприятия	113
<i>Вопросы и задания для самоконтроля.....</i>	<i>116</i>
Глава 9. Модель взаимодействия открытых систем.....	117
9.1. Декомпозиция задачи сетевого взаимодействия.....	117
9.2. Протокол. Интерфейс. Стек протоколов.....	120
9.3. Общая характеристика модели OSI.....	123
<i>Вопросы и задания для самоконтроля.....</i>	<i>140</i>
Глава 10. Стандартизация сетей.....	141
10.1. Понятие «открытая система».....	141
10.2. Стандартные стеки коммуникационных протоколов ..	151
<i>Вопросы и задания для самоконтроля.....</i>	<i>161</i>
Глава 11. Классические сети передачи данных	162
11.1. Сети Ethernet и Fast Ethernet.....	163
11.2. Сеть Token-Ring	170
11.3. Сеть Arcnet.....	183
<i>Вопросы и задания для самоконтроля.....</i>	<i>188</i>
Заключение	188
Библиографический список.....	189

Введение

Данное учебное пособие является результатом опыта пятилетнего преподавания автором дисциплины «Сети, ЭВМ и средства коммуникаций» во Владимирском государственном университете для студентов направления 657000 «Управление качеством». Объекты профессиональной деятельности будущих специалистов по данному направлению в соответствии с требованиями государственного образовательного стандарта (ГОС) специальности – это установление, реализация и контроль выполнения норм, правил и требований к продукции (услуге), технологическому процессу ее разработки, производства, применения (потребления) и метрологическому обеспечению, нацеленных на высокое качество и безопасность продукции (услуги), высокую экономическую эффективность для производителя и потребителя.

Государственный образовательный стандарт специальности (п. 1.4.3.) четко определяет круг профессиональных задач в области информационных технологий, к решению которых должен быть подготовлен выпускник:

– в области производственно-технологической деятельности (п. 1.4.3а) – это организация информационных технологий в управлении качеством и защита информации;

– в области организационно-управленческой деятельности (п. 1.4.3б) – это управление материальными и информационными потоками при производстве продукции и оказании услуг в условиях всеобщего управления качеством;

– в области проектной деятельности (п. 1.4.3г) – это использование информационных технологий и систем автоматизированного проектирования в профессиональной сфере на основе системного подхода.

В соответствии с п. 1.4.4. «Квалификационные требования» ГОСа для решения профессиональных задач инженер-менеджер должен уметь на научной основе организовать свой труд, владеть компьютерными методами сбора, хранения и обработки информации, навыками работы с распространенными программными оболочками и утилитами для персональных ЭВМ, текстовыми редакторами и электронными таблицами, иметь представление об аппаратных средствах персональных ЭВМ, локальных и глобальных вычислительных сетях.

В связи с этим в учебный план специальности включены дисциплины федерального компонента: ЕН.Ф.02 – «Информатика», ОПД.Ф.12 – «Информационное обеспечение, базы данных», ОПД.Ф.13 – «Сети электронно-вычислительных машин и средства коммуникаций», и специальная дисциплина регионального (вузовского) компонента СД.01 – «Информационные технологии в управлении качеством и защита информации».

Настоящее издание разработано автором в соответствии с требованиями ГОСа для систематизации учебного материала, который адаптирован для потребностей инженеров-менеджеров и может быть использован для обучения студентов других специальностей очной, заочной и дистанционной форм обучения.

Первая глава учебного пособия посвящена теоретическим основам построения информационных систем. Здесь рассмотрены некоторые аспекты теории информации, ее основные свойства и показатели качества. Вторая глава определяет основные этапы развития компьютерных сетей. В третьей главе рассмотрены основные топологии локальных сетей. В четвертой главе дана структура, назначение и адресация пакетов в сети. Пятая глава посвящена методам управления обменом в сетях с различной топологией. Обобщенная задача коммутации рассмотрена в шестой главе. Практическая реализация сетевых технологий для задач управления качеством в масштабе корпоративных сетей раскрыта в седьмой и восьмой главах. В девятой главе раскрыта модель взаимодействия открытых систем. Десятая глава посвящена вопросам стандартизации сетей. Некоторые классические сети передачи данных рассмотрены в одиннадцатой главе.

Глава 1. Теоретические основы построения информационных систем

1.1. Информация и ее свойства

Понятие информации (лат. informatio – разъяснение, осведомление, изложение) – одно из основных, ключевых не только в информатике, но и в системном анализе, математике, физике (открытых систем) и др. В то же время это понятие плохо формализуется из-за его всеобщности, объёмности, расплывчатости и трактуется по-разному:

- как любая сущность, которая вызывает изменения в некоторой информационно-логической (инфологической, т. е. состоящей из сообщений, данных, знаний, абстракций и т.д.) модели, представляющей систему (математика, системный анализ);
- как сообщения, полученные системой от внешнего мира в процессе адаптивного управления, приспособления (теория управления, кибернетика);
- как отрицание энтропии (негэнтропия), отражение меры хаоса в системе (термодинамика);
- как связи и отношения, устраняющие неопределённость в системе (теория информации);
- как вероятность выбора в системе (теория вероятностей);
- как отражение и передача разнообразия в системе (физиология, биокибернетика);
- как отражение материи, атрибут сознания, «интеллектуальности» системы (философия).

Информация – это некоторая последовательность сведений, знаний, актуализируемые (получаемые, передаваемые, преобразуемые, сжимаемые и/или регистрируемые) с помощью некоторых знаков (символьного, образного, жестового, звукового, сенсорного типа).

Информация с мировоззренческой точки зрения – отражение реального мира, приращение знания, развитие знаний, актуализация знаний, возникающие в процессе целеполагающей интеллектуальной деятельности человека. Никакая информация,

никакое знание не возникает сразу: появлению их предшествует этап накопления, осмысления, переосмысления, систематизации опытных данных, мнений, взглядов. Знание – продукт этого этапа и такого процесса.

В данном учебном пособии предлагается определение информации, взятое непосредственно из теории информации:

информация – это все те сведения, которые уменьшают степень неопределенности нашего знания о конкретном объекте (или все те сведения, которые уменьшают энтропию в системе).

С позиции материалистической философии информация есть отражение реального мира, это сведения, которые один реальный объект содержит о другом реальном объекте. Сама по себе информация может быть отнесена к категории абстрактных понятий типа математических, но ряд особенностей приближает ее к материальным объектам. Так, информацию можно получить, записать, удалить, передать; информация не может возникнуть из ничего. Однако при распространении информации проявляется такое ее свойство, которое не присуще материальным объектам:

при передаче информации из одной системы в другую количество информации в передающей системе не уменьшается, хотя в принимающей системе оно обычно увеличивается.

Если бы информация не обладала этим свойством, то преподаватель, читая лекцию студентам, терял бы информацию и становился неучем.

Итак, информация не материальна, но она является свойством материи и не может существовать без своего материального носителя – средства переноса информации в пространстве и во времени. Носителем информации может быть как непосредственно наблюдаемый физический объект, так и энергетический субстрат. В последнем случае информация представлена в виде сигналов: световых, звуковых, электрических и т. д. При отображении на носителе информация кодируется, т. е. ей ставится в соответствие форма, цвет, структура и другие параметры элементов носителя.

От выбора носителя и способа кодирования информации при выполнении конкретных информационных процедур во многом зависит эффективность функционирования системы управления. В системе управления информация, как правило, неоднократно изменяет не только свой код, но и тип носителя. Весьма распространенный способ кодирования информации – ее представление в виде последовательности символов определенного алфавита. Читая книгу, мы как раз и воспринимаем информацию, записанную на ее страницах в виде кодовых комбинаций (слов), состоящих из последовательности символов (букв, цифр) принятого алфавита. То же самое можно сказать и относительно информации, сообщаемой в процессе устной речи, обрабатываемой и передаваемой в вычислительных системах и т. п.

По отношению к окружающей среде (или к использующей ее среде) информация бывает трех типов: входная, выходная и внутренняя.

Входная информация (по отношению к системе) – информация, которую система воспринимает от окружающей среды.

Выходная информация (по отношению к окружающей среде) – информация, которую система выдает в окружающую среду.

Внутренняя, внутрисистемная информация (по отношению к данной системе) – информация, которая хранится, перерабатывается, используется только внутри системы, т.е. актуализируется лишь только подсистемами системы.

Человек воспринимает, обрабатывает входную информацию, например данные о погоде на улице, формирует выходную реакцию – ту или иную форму одежды. При этом используется внутренняя информация: генетически заложенная или приобретенная физиологическая информация о реакции, например о «морозостойкости» человека.

Внутренние состояния системы и её структура воздействуют определяющим образом на взаимоотношения системы с окружающей средой: внутрисистемная информация влияет на входную и выходную, а также на изменение самой внутрисистемной информации.

Информация о финансовой устойчивости банка может обуславливать его деятельность на рынке. Накапливаемая (внутри-системно) социально-экономическая негативная (позитивная) информация (проявляемая, например, в социальной активности в среде) может влиять на развитие системы.

Генетически заложенная в молекулах ДНК и приобретённая информация (в памяти) влияют на поведение, адаптацию человека в окружающей среде. В машинах первого поколения внутренняя структура определялась тысячами ламп, причем каждая из них отдельно была невысокой надежности, т.е. вся система была ненадежной в работе. Это влияло на входную информацию, например такие ЭВМ не были способны работать в многозадачном режиме, в режиме реального времени (обработка сообщений по мере получения входных данных).

В живой и неживой природе информация может также передаваться структурой этой информации. Такую информацию называют структурной.

Например, структурные кольца среза дерева говорят о возрасте дерева, структура питания хищника (или трофическая структура) несет информацию о хищнике, о среде его обитания, структура плавников рыбы часто указывает на глубину среды её обитания.

Информация по отношению к конечному результату проблемы бывает:

- исходной (на стадии начала использования, актуализации информации);
- промежуточной (на стадии от начала до завершения актуализации информации);
- результирующей (после использования информации, завершения её актуализации).

Информация по изменчивости при её актуализации бывает:

- постоянной (не изменяется никогда при её актуализации);
- переменной (изменяется при актуализации);
- смешанной – условно-постоянной (или условно-переменной).

В известной физической задаче определения дальности полёта снаряда артиллерийского орудия информация об угле наклона орудия может быть переменной, информация о начальной скорости вылета снаряда – постоянной, а информация о координатах цели (точности прицеливания) – условно-постоянной.

Возможна также классификация информации и по другим признакам:

- по стадии использования (первичная, вторичная);
- по полноте (избыточная, достаточная, недостаточная);
- по отношению к цели системы (синтаксическая, семантическая, прагматическая);
- по отношению к элементам системы (статическая, динамическая);
- по отношению к структуре системы (структурная, относительная);
- по отношению к управлению системой (управляющая, советующая, преобразующая, смешанная);
- по отношению к территории, (федеральная, региональная, местная, относящаяся к юридическому лицу, относящаяся к физическому лицу, смешанная);
- по доступу (открытая, или общедоступная; закрытая, или конфиденциальная; смешанная);
- по предметной области, по характеру использования (статистическая, коммерческая, нормативная, справочная, научная, учебная, методическая, смешанная и т. д.) и другие.

Информация в философском аспекте бывает мировоззренческой, эстетической, религиозной, научной, бытовой, технической, экономической, технологической.

Все это (вместе с человеком) составляет ноосферу общества – более высокое состояние биосферы, возникшее в результате эволюции, структурирования, упорядочивания (как статического, так и динамического) и гармонизации связей в природе и обществе под воздействием целеполагающей деятельности человечества.

Понятие ноосферы было введено впервые В.И. Вернадским в качестве отображения концепции этапа эволюции общества и природы, т.е. системы, в рамках которой потенциально может быть реализовано гармоническое, устойчивое развитие (эволюция) систем «Общество» и «Природа», а также постепенное слияние, гармонизация наук о природе и обществе.

В свете идей семиотики (науки о знаковых системах) адекватность информации, соответствие ее содержания образу отображаемого объекта может выражаться в трех формах: синтаксической, семантической, прагматической.

Синтаксическая адекватность связана с воспроизведением формально-структурных характеристик отражения абстрагированно от смысловых и потребительских (полезностных) параметров. На синтаксическом уровне учитываются:

- тип носителя;
- способ представления информации;
- скорость передачи и обработки информации;
- формат кодов представления информации;
- надежность и точность преобразования информации и т. п.

Информацию, рассматриваемую только с синтаксических позиций, обычно называют *данными*.

Семантическая адекватность выражает соответствие образа, знака и объекта, т. е. отношение информации и ее источника. Она проявляется только при наличии единства информации (объекта) и пользователя. Семантический аспект учитывает смысловое содержание информации; на этом уровне анализируются те сведения, которые отражает информация, рассматриваются смысловые связи между кодами представления информации.

Прагматическая адекватность отражает отношение информации и ее потребителя, соответствие информации и цели управления. Проявляются прагматические свойства информации только при наличии единства информации (объекта), пользователя (субъекта) и цели управления. Прагматический аспект рассмотрения информации связан с ценностью, полезностью информации для выработки управленческого решения. С этой точки зрения анализируются потребительские свойства информации.

Три формы адекватности информации соответствуют трем ступеням познания истины. Первая ступень соответствует восприятию внешних структурных характеристик, т. е. синтаксической стороны информации. Вторая ступень обеспечивает формирование понятий и представлений, выявление смысла, содержания информации и ее обобщение. Третья ступень непосредственно связана с практическим использованием информации для целей деятельности системы.

1.2. Меры информации

В соответствии с тремя формами адекватности выполняется и измерение информации. Терминологически принято говорить о количестве информации и объеме данных.

Синтаксическая мера информации

Объем данных в сообщении измеряется количеством символов (разрядов) принятого алфавита в этом сообщении.

Обычно информация может быть представлена числовыми кодами в той или иной системе счисления. При этом одно и то же количество разрядов в разных системах счисления может передать разное число состояний отображаемого объекта:

$$N = m^n,$$

где N – число всевозможных отображаемых состояний; m – основание системы счисления (разнообразие символов, применяемых в алфавите); n – число разрядов (символов) в сообщении.

В этом случае существует следующая взаимосвязь:

чем больше основание системы счисления, тем меньше разрядов необходимо для записи числа и наоборот, чем меньше основание системы счисления, тем больше разрядов необходимо для записи числа.

Это можно показать на примере таблицы, в которой одно и то же число представлено в разных системах счисления.

Система счисления	Число	Количество разрядов
Десятичная (Dec)	15	2
Двоичная (Bin)	1111	4
Шестнадцатеричная (Hex)	F	1

Так как в различных системах счисления один разряд имеет различный вес, то соответственно меняется и единица измерения данных. Так, в двоичной системе счисления единицей измерения служит *бит* (binary digit – двоичный разряд), в десятичной системе счисления – *дит* (десятичный разряд).

В современных компьютерах наряду с минимальной единицей данных – бит – широко используется укрупненная единица измерения – *байт*, равная 8 битам (например, сообщение в двоичной системе счисления 11101100 имеет объем данных 8 бит; сообщение в десятичной системе 5796837 имеет объем данных 7 дит).

Определение *количества информации* на синтаксическом уровне невозможно без рассмотрения понятия *неопределенности* состояния системы (*энтропии* системы). Действительно, получение информации связано с изменением степени неосведомленности получателя о состоянии системы. До получения информации получатель мог иметь некоторые предварительные (априорные) сведения о системе α ; мера неосведомленности о системе – $H(\alpha)$ и является для него мерой неопределенности состояния системы. После получения некоторого сообщения β получатель приобрел дополнительную информацию $I_{\beta}(\alpha)$, уменьшившую априорную неосведомленность так, что апостериорная (после получения сообщения β) неопределенность состояния системы стала $H(\alpha/\beta)$. Тогда количество информации $I_{\beta}(\alpha)$ о системе α , полученное в сообщении β , будет определено как

$$I_{\beta}(\alpha) = H(\alpha) - H(\alpha/\beta).$$

Таким образом, количество информации определяется по изменению (уменьшению) неопределенности состояния системы. Если конечная неопределенность $H(\alpha/\beta)$ обратится в нуль, то первоначальное неполное знание заменится полным знанием и количество информации

$$I_{\beta}(\alpha) = H(\alpha).$$

Другими словами, энтропия системы $H(\alpha)$ может рассматриваться как мера недостающей информации. Энтропия системы $H(\alpha)$, имеющей N возможных состояний, согласно формуле Шеннона равна

$$H(\alpha) = -\sum_{i=1}^N P_i \log P_i,$$

где P_i – вероятность того, что система находится в i -м состоянии.

Для случая, когда все состояния системы равновероятны, т. е. $P_i = 1/N$, ее энтропия

$$H(\alpha) = -\sum_{i=1}^N \frac{1}{N} \log \frac{1}{N} = \log N.$$

Нулевой энтропии соответствует максимум информации.

Увеличение (уменьшение) меры Шеннона свидетельствует об уменьшении (увеличении) энтропии (организованности, порядка) системы. При этом энтропия может являться мерой дезорганизации систем от полного хаоса и полной информационной неопределённости до полного порядка и полной информационной определённости в системе.

Например, чем ближе движущийся объект к нам, тем полнее информация, обрабатываемая нашими органами чувств, тем чётче и лучше структурирован (упорядочен) объект.

Если по каналу связи передается n -разрядное сообщение, использующее m различных символов, то количество всевозможных кодовых комбинаций будет $N = m^n$. При равновероятном появлении любой кодовой комбинации количество информации, приобретенной абонентом в результате получения правильного сообщения, будет $I = \log N = n \log m$ (формула Хартли). Если в качестве основания логарифма принять m , то $I = n$. В данном случае количество информации (при условии полного априорного незнания абонентом содержания сообщения) будет равно объему данных $I = V_\partial$, полученных по каналу связи. Для неравновероятных состояний системы всегда

$$I < V_\partial, V_\partial = n.$$

Наиболее часто используются двоичные и десятичные логарифмы. Единицами измерения в этих случаях будут соответственно бит и дит.

Степень информативности сообщения Y определяется отношением количества информации к объему данных, т. е. $Y = I/V_{\partial}$, причем $0 < Y < 1$ (Y характеризует лаконичность сообщения).

С увеличением Y уменьшаются объемы работы по преобразованию информации (данных) в системе, поэтому стремятся к повышению информативности, для чего разрабатываются специальные методы оптимального кодирования информации.

Семантическая мера информации

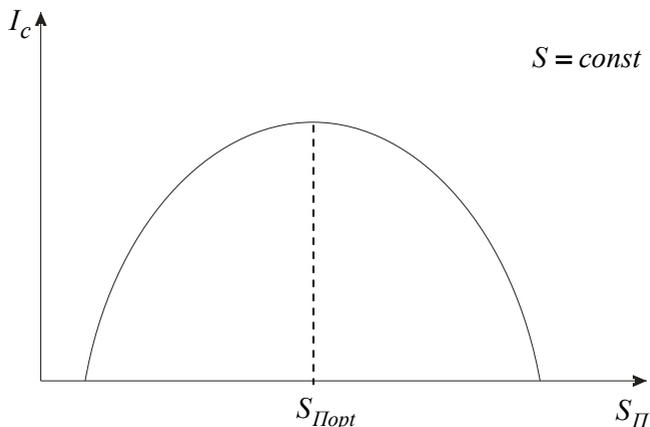
Синтаксические меры количества информации в общем случае не могут быть непосредственно использованы для измерения смыслового содержания, ибо имеют дело с обезличенной информацией, не выражающей смыслового отношения к объекту. Для измерения смыслового содержания информации, т. е. ее количества на семантическом уровне, наибольшее признание получила *тезаурусная мера* информации, предложенная Ю.И. Шнейдером. Она связывает семантические свойства информации со способностью пользователя воспринимать поступившее сообщение. Используется понятие *тезаурус пользователя*.

Тезаурус можно трактовать как совокупность сведений, которыми располагает данная система, пользователь.

В зависимости от соотношений между смысловым содержанием информации S^* и тезаурусом пользователя S_{Π} изменяется количество семантической информации I_c , воспринимаемой пользователем и включаемой им в дальнейшем в свой тезаурус:

- при $S_{\Pi} \approx 0$ пользователь не воспринимает, не понимает поступающую информацию;
- при $S_{\Pi} \rightarrow \infty$ пользователь все знает и поступающая информация ему не нужна. И в том и в другом случае $I_c \approx 0$.

Максимальное значение I_c приобретает при согласовании S^* с тезаурусом S_{II} ($S_{II} = S_{IIopt}$, рисунок), когда поступающая информация понятна пользователю и несет ему ранее неизвестные (отсутствующие в его тезаурусе) сведения.



Зависимость $I_c = f(S_{II})$

Следовательно, количество семантической информации в сообщении, количество новых знаний, получаемых пользователем, – величина относительная: одно и то же сообщение может иметь смысловое содержание для компетентного пользователя и быть бессмысленным, семантическим шумом для пользователя некомпетентного. В то же время понятная, но известная компетентному пользователю информация представляет собой для него семантический шум. При разработке информационного обеспечения систем управления следует стремиться к согласованию величин S^* и S_{II} так, чтобы циркулирующая в системе информация была понятна, доступна для восприятия и обладала наибольшей содержательностью S , т. е. $S = I_c / V_d$.

Прагматическая мера информации

Прагматическая мера информации – это полезность информации, ее ценность для пользователя (управления). Эта мера также является величиной относительной, обусловленной особенностями использования информации в той или иной системе управления. Ценность информации целесообразно измерять в тех же самых единицах (или близких к ним), что и целевую функцию управления системой.

Тогда в системе управления производством, например, ценность информации определяется эффективностью осуществляемого на ее основе экономического управления, или, иначе, приростом экономического эффекта функционирования системы управления, обусловленным прагматическими свойствами информации.

1.3. Показатели качества информации

Информация в системе управления – это и предмет труда, и продукт труда, поэтому от ее качества существенно зависят эффективность и качество функционирования системы.

Качество информации можно определить как совокупность свойств, обуславливающих возможность ее использования для удовлетворения определенных в соответствии с ее назначением потребностей.

Например, возможность и эффективность использования информации для управления определяется такими ее потребительскими показателями качества, как *репрезентативность*, *содержательность*, *достаточность*, *доступность*, *своевременность*, *устойчивость*, *точность*, *достоверность*, *актуальность* и *ценность*.

Репрезентативность – правильность, качественная адекватность отражения заданных свойств объекта. Репрезентативность информации зависит от правильности ее отбора и формирования. Важнейшее значение при этом приобретают: верность концепции, на базе которой сформулировано исходное понятие, отображаемое показателем; обоснованность отбора существен-

ных признаков и связей отображаемого явления; правильность методики измерения и алгоритма формирования экономического показателя. Нарушение репрезентативности информации приводит нередко к существенным ее погрешностям, называемым чаще всего алгоритмическими.

Содержательность информации – это ее удельная семантическая емкость, равная отношению количества семантической информации в сообщении к объему данных, его отображающих, т. е. $S = I_c / V_\Delta$. С увеличением содержательности информации растет семантическая пропускная способность информационной системы, так как для передачи одних и тех же сведений требуется преобразовывать меньший объем данных. Наряду с содержательностью можно использовать и показатель информативности, характеризующийся отношением количества синтаксической информации (по Шеннону) к объему данных $Y = I / V_\Delta$.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Дайте определение информации с различных точек зрения.
2. Какое свойство информации отличает ее от материальных объектов?
3. Что может являться носителем информации? Зависит ли информация от типа своего носителя?
4. Дайте определение входной, выходной и внутренней информации.
5. Что значит синтаксическая, семантическая и прагматическая адекватность информации?
6. Как измеряется количество информации? О чем свидетельствует увеличение меры Шеннона?
7. Что такое мера Хартли?
8. Что значит тезаурус пользователя? Постройте график зависимости между количеством семантической информации и тезаурусом пользователя.
9. Дайте определение качества информации и назовите некоторые показатели ее качества.

Глава 2. Этапы развития компьютерных сетей

2.1. Терминалы и мэйнфреймы

Связь на небольшие расстояния в компьютерной технике существовала еще задолго до появления первых персональных компьютеров. Так, например, к большим компьютерам (mainframes) присоединялись многочисленные терминалы (или «интеллектуальные дисплеи»), которые практически не производили обработку информации, а использовали интеллект («машинное время») большого мощного и дорогого компьютера между пользователями, работающими за этими терминалами. Это называлось *режимом разделения времени*, так как большой компьютер последовательно решал задачи множества пользователей. В данном случае достигалось совместное использование самых дорогих в то время ресурсов – вычислительных (рис. 2.1).



Рис. 2.1. Подключение терминалов к центральному компьютеру

Затем были созданы микропроцессоры и первые микрокомпьютеры. Появилась возможность разместить компьютер на столе у каждого пользователя, так как вычислительные, интеллектуальные ресурсы подешевели. Но зато все остальные ресурсы (например компьютерная периферия) оставались еще довольно дорогими. На помощь снова пришли средства связи. Объединив несколько микрокомпьютеров, можно было организовать совместное использование ими компьютерной периферии (магнитных дисков, магнитной ленты, принтеров). При этом вся обработка информации проводилась на месте, но ее результаты передавались на централизованные ресурсы. Здесь опять же совместно использовалось самое дорогое, что есть в системе, но уже совершенно по-новому. Такой режим

получил название *режима обратного разделения времени* (рис. 2.2). Как и в первом случае, средства связи снижали стоимость компьютерной системы в целом.

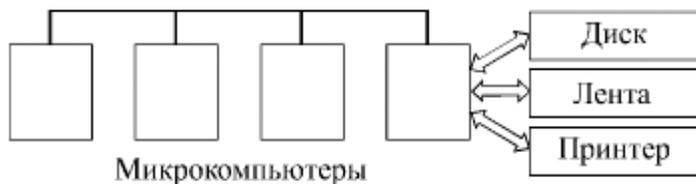


Рис. 2.2. Объединение в сеть первых микрокомпьютеров

Затем появились персональные компьютеры, которые отличались от первых микрокомпьютеров тем, что имели полный комплект достаточно развитой для полностью автономной работы периферии: магнитные диски, принтеры, не говоря уже о более совершенных средствах интерфейса пользователя (мониторы, клавиатуры, мыши и т.д.). Появилась новая схема, организующая связь между компьютерами (рис. 2.3), основанная на совместном использовании ресурсов с целью более эффективного их применения. Например, сеть позволяет объединить объем дисков всех компьютеров, обеспечив доступ каждого из них к дискам всех остальных как к собственным.



Рис. 2.3. Объединение в сеть персональных компьютеров

Но нагляднее всего преимущества сети проявляются в том случае, когда все пользователи активно работают с единой базой данных, запрашивая информацию из нее и занося в нее новую (например в банке, магазине, на складе). При этом любые изменения данных, произведенные с любого компьютера, тут же становятся видными и доступными всем.

Компьютерная сеть также может быть использована для согласования работы нескольких компьютеров в задачах управления, измерения, контроля, т.е. там, где компьютер сопрягается с теми или иными внешними устройствами (рис. 2.4). Примерами могут служить различные производственные технологические системы, а также системы управления научными установками и комплексами. Здесь сеть позволяет синхронизировать действия компьютеров, распараллелить и соответственно ускорить процесс обработки данных, т. е. сложить уже не только периферийные ресурсы, но и интеллектуальную мощь.



Рис. 2.4. Использование локальной сети для организации совместной работы компьютеров

Именно указанные преимущества *локальных сетей* и обеспечивают их популярность и практически повсеместное применение.

Кратко хронологический процесс развития компьютерных сетей приведен в таблице.

Этап в развитии компьютерных сетей	Время
Первые ламповые компьютеры	Начало 40-х гг. XX в.
Первые компьютеры на полупроводниковых схемах (транзисторах)	Середина 50-х гг. XX в.
Первые компьютеры на интегральных схемах, первые мультипрограммные ОС	Середина 60-х гг. XX в.
Первые глобальные связи компьютеров	Конец 60-х гг. XX в.
Начало передач по телефонным сетям голоса в цифровой форме	Конец 60-х гг. XX в.
Появление больших интегральных схем, первые мини-компьютеры	Начало 70-х гг. XX в.
Первые нестандартные локальные сети	Начало 70-х гг. XX в.
Создание сетевой архитектуры IBM SNA	1974 г.
Создание технологии X.25	1974 г.
Появление персональных компьютеров	Начало 80-х гг. XX в.
Создание Internet в современном виде, установка на всех узлах стека TCP/IP	Начало 80-х гг.
Появление стандартных технологий локальных сетей:	
Ethernet	1980
Token Ring	1985
FDDI	1989
Начало коммерческого использования Internet	Конец 80-х гг. XX в.
Изобретение Web	1991 г.

2.2. Определение локальной сети

В процессе эволюции компьютерные сети претерпели много изменений и усовершенствований. Предлагались различные определения локальных сетей. В настоящее время наиболее точно локальной вычислительной сетью (LAN, Local Area Network), можно назвать такую сеть, которая позволяет пользователям не замечать связи, т.е. локальная сеть должна обеспечивать прозрачную связь. По сути, компьютеры, связанные локальной се-

тью, объединяются в один виртуальный компьютер, ресурсы которого могут быть доступны всем пользователям, причем этот доступ не менее удобен, чем к ресурсам, входящим непосредственно в каждый отдельный компьютер. Под удобством в данном случае понимается высокая реальная скорость доступа, скорость обмена информацией между приложениями, практически незаметная для пользователя.

Из данного определения следует, что скорость передачи по локальной сети обязательно должна расти по мере роста быстрорастущих наиболее распространенных компьютеров. Именно это и наблюдается: если еще десять лет назад вполне приемлемой считалась скорость обмена в 10 Мбит/с, то сейчас уже среднескоростной считается сеть, имеющая пропускную способность 100 и 1000 Мбит/с.

Важное отличие локальной сети от любой другой – высокая скорость передачи информации по сети.

В частности, принципиально необходим низкий уровень ошибок передачи, вызванных как внутренними, так и внешними факторами. Ведь даже очень быстро переданная информация, но искаженная ошибками, просто не имеет смысла, ее придется передавать еще раз, поэтому для локальных сетей обязательно прокладывают высококачественные и хорошо защищенные от помех линии связи.

Особое значение имеет и такая характеристика сети, как возможность работы с большими нагрузками, т. е. с высокой интенсивностью обмена. Если механизм управления обменом, используемый в сети, не слишком эффективен, то компьютеры могут подолгу ждать своей очереди на передачу. И даже если эта передача будет производиться затем на высочайшей скорости и безошибочно, для пользователя сети такая задержка доступа ко всем сетевым ресурсам неприемлема.

Механизм управления обменом может гарантированно успешно работать только в том случае, когда заранее известно, сколько компьютеров (абонентов, узлов) допустимо подключить к сети. Иначе можно включить столько абонентов, что вследствие перегрузки откажет любой механизм управления. Наконец,

сеть можно назвать только такую систему передачи данных, которая позволяет объединять до нескольких десятков компьютеров. Итак, сформулировать отличительные признаки локальной сети можно следующим образом:

- высокая скорость передачи информации, большая пропускная способность сети (не менее 100 Мбит/с);
- низкий уровень ошибок передачи (гарантируется высококачественными каналами связи), допустимая вероятность ошибок передачи данных должна быть порядка $10^{-8} - 10^{-12}$;
- эффективный, быстродействующий механизм управления обменом по сети;
- заранее четко ограниченное количество компьютеров, подключаемых к сети.

При таком определении понятно, что глобальные сети (WAN, Wide Area Network) отличаются от локальных прежде всего тем, что они рассчитаны на неограниченное число абонентов. Кроме того, они используют (или могут использовать) не слишком качественные каналы связи и сравнительно низкую скорость передачи. А механизм управления обменом в них не может быть гарантированно быстрым.

Нередко выделяют еще один класс компьютерных сетей – городские, региональные сети (MAN, Metropolitan Area Network), которые обычно по своим характеристикам ближе к глобальным сетям, хотя иногда все-таки имеют некоторые черты локальных сетей, например высококачественные каналы связи и сравнительно высокие скорости передачи.

В настоящее время практически невозможно провести четкую границу между локальными и глобальными сетями. Большинство локальных сетей имеет выход в глобальную. Но характер передаваемой информации, принципы организации обмена, режимы доступа к ресурсам внутри локальной сети, как правило, сильно отличаются от тех, что приняты в глобальной сети. И хотя все компьютеры локальной сети в данном случае включены также и в глобальную сеть, локальные сети имеют свою специфику. Возможность выхода в глобальную сеть остается всего лишь у одного из ресурсов, разделяемых пользователями локальной сети.

По локальной сети может передаваться самая разная цифровая информация: данные, изображения, телефонные разговоры, электронные письма и т.д. Чаще всего локальные сети используются для разделения (совместного использования) таких ресурсов, как дисковое пространство, принтеры и выход в глобальную сеть, что составляет незначительную часть тех возможностей, которые предоставляют средства локальных сетей. Например, они позволяют осуществлять обмен информацией между компьютерами разных типов. Полноценными абонентами (узлами) сети могут быть не только компьютеры, но и другие устройства, например принтеры, плоттеры, сканеры. Локальные сети дают также возможность организовать систему параллельных вычислений на всех компьютерах сети, что многократно ускоряет решение сложных математических задач. С их помощью можно управлять работой технологической системы или исследовательской установки с нескольких компьютеров одновременно.

Однако сети имеют и довольно существенные недостатки, о которых всегда следует помнить:

- сеть требует дополнительных, иногда значительных материальных затрат на покупку сетевого оборудования, программного обеспечения, на прокладку соединительных кабелей и обучение персонала;
- сеть требует приема на работу специалиста (администратора сети), который будет заниматься контролем работы сети, ее модернизацией, управлением доступом к ресурсам, устранением возможных неисправностей, защитой информации и резервным копированием. Для больших сетей может понадобиться целая бригада администраторов;
- сеть ограничивает возможности перемещения компьютеров, подключенных к ней, так как при этом может понадобиться перекладка соединительных кабелей. Исключение составляют беспроводные сети;
- сети представляют собой среду для распространения компьютерных вирусов, поэтому вопросам защиты от них придется уделять гораздо больше внимания, чем в случае автономного использования компьютеров;

- сеть резко повышает опасность несанкционированного доступа к информации с целью ее уничтожения или несанкционированного использования. Информационная защита требует проведения целого комплекса технических и организационных мероприятий.

В теории сетей существует ряд важных понятий: абонент, сервер, клиент.

Абонент (узел, хост, станция) – это устройство, подключенное к сети и активно участвующее в информационном обмене. Чаще всего абонентом (узлом) сети является компьютер, но абонентом также может быть, например, сетевой принтер или другое периферийное устройство, имеющее возможность напрямую подключаться к сети.

Сервером называется абонент (узел) сети, который предоставляет свои ресурсы другим абонентам, но сам не использует их ресурсы. Таким образом, он обслуживает сеть. Серверов в сети может быть несколько. Выделенный (dedicated) сервер – это сервер, занимающийся только сетевыми задачами. Невыделенный сервер может помимо обслуживания сети выполнять и другие задачи. Специфический тип сервера – это сетевой принтер.

Клиентом называется абонент сети, который использует сетевые ресурсы. Компьютер-клиент часто называют рабочей станцией. В принципе каждый компьютер может быть одновременно как клиентом, так и сервером.

Под сервером и клиентом часто понимают также не сами компьютеры, а работающие на них программные приложения. В этом случае то приложение, которое только отдает ресурс в сеть, является сервером, а то приложение, которое только пользуется сетевыми ресурсами, – клиентом.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Что значит режим прямого и обратного разделения времени?
2. Приведите хронологическую последовательность важнейших событий в истории развития компьютерных сетей.
3. Дайте определение локальной, региональной и глобальной сети.
4. Сформулируйте основные отличительные признаки локальной сети.
5. Какие недостатки могут иметь компьютерные сети?
6. Дайте определение понятий абонент, сервер, клиент.

Глава 3. Топологии локальных сетей

Под *топологией* (компоновкой, конфигурацией, структурой) компьютерной сети обычно понимается физическое расположение компьютеров сети друг относительно друга и способ соединения их линиями связи. Важно отметить, что понятие топологии относится прежде всего к локальным сетям, в которых структуру связей можно легко проследить. В глобальных сетях структура связей обычно скрыта от пользователей и не слишком важна, так как каждый сеанс связи может производиться по собственному пути.

Топология определяет требования к оборудованию, тип используемого кабеля, допустимые и наиболее удобные методы управления обменом, надежность работы, возможности расширения сети.

Существует три базовые топологии сети:

- *шина* (bus) – все компьютеры параллельно подключаются к одной линии связи. Информация от каждого компьютера одновременно передается всем остальным компьютерам (рис. 3.1);

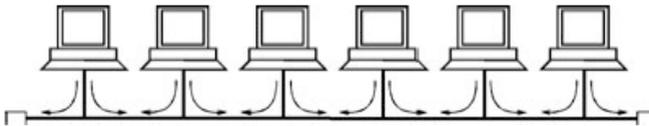


Рис. 3.1. Сетевая топология «шина»

- *звезда* (star) – к одному центральному компьютеру присоединяются остальные периферийные компьютеры, причем каждый из них использует отдельную линию связи (рис. 3.2). Информация от периферийного компьютера передается только центральному компьютеру, от центрального – одному или нескольким периферийным;

- *кольцо* (ring) – компьютеры последовательно объединены в кольцо. Передача информации в кольце всегда производится только в одном направлении. Каждый из компьютеров передает информацию только одному компьютеру, следующему в цепочке за ним, а получает информацию только от предыдущего в цепочке компьютера (рис. 3.3).

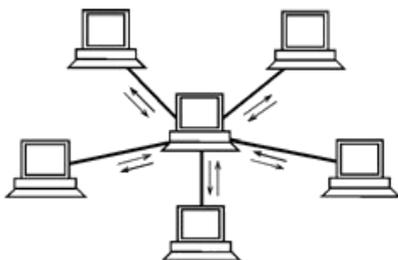


Рис. 3.2. Сетевая топология «звезда»

На практике нередко используют и другие топологии локальных сетей, однако большинство сетей ориентировано именно на три базовые топологии.

Существует несколько факторов, влияющих на физическую работоспособность сети и непосредственно связанных с понятием топология.

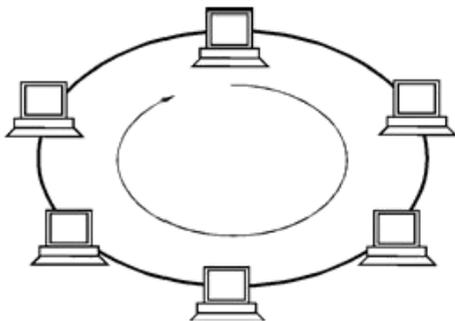


Рис. 3.3. Сетевая топология «кольцо»

- *Исправность компьютеров* (абонентов), подключенных к сети. В некоторых случаях поломка абонента может заблокировать работу всей сети. Иногда неисправность абонента не влияет на работу сети в целом, не мешает остальным абонентам обмениваться информацией.

- *Исправность сетевого оборудования*, т. е. технических средств, непосредственно подключенных к сети (адаптеры, трансиверы, разъемы и т.д.). Выход из строя сетевого оборудования одного из абонентов может сказаться на всей сети, но может нарушить обмен только с одним абонентом.

- *Целостность кабеля сети.* При обрыве кабеля сети (например из-за механических воздействий) может нарушиться обмен информацией во всей сети или в одной из ее частей. Для электрических кабелей столь же критично короткое замыкание в кабеле.

- *Ограничение длины кабеля,* связанное с затуханием распространяющегося по нему сигнала. Как известно, в любой среде при распространении сигнал ослабляется (затухает). И чем большее расстояние проходит сигнал, тем больше он затухает (рис. 3.4). Необходимо следить, чтобы длина кабеля сети не была больше предельной длины $L_{пр}$, при превышении которой затухание становится уже неприемлемым (принимаящий абонент не распознает ослабевший сигнал).

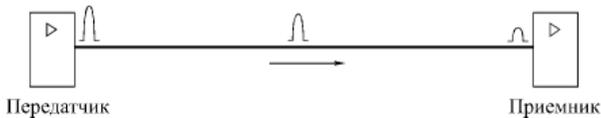


Рис. 3.4. Затухание сигнала при распространении по сети

3.1. Топология «шина»

Топология «шина» (или общая шина) самой своей структурой предполагает идентичность сетевого оборудования компьютеров, а также равноправие всех абонентов в доступе к сети. Компьютеры в шине могут передавать информацию только по очереди, так как в данном случае существует единственная линия связи. Если несколько компьютеров будут передавать информацию одновременно, она исказится в результате наложения (конфликта, коллизии). В шине всегда реализуется режим так называемого полудуплексного (half duplex) обмена (в обоих направлениях, но по очереди, а не одновременно).

В топологии «шина» отсутствует явно выраженный центральный абонент, через который передается вся информация, что увеличивает ее надежность (так как при отказе центрального абонента перестает функционировать вся управляемая им сис-

тема). Добавление новых абонентов в шину осуществляется довольно просто и обычно возможно даже во время работы сети. В большинстве случаев при использовании шины требуется минимальное количество соединительного кабеля по сравнению с другими топологиями.

Однако у шины существует и ряд серьезных недостатков. Так, например, из-за особенностей распространения электрических сигналов по длинным линиям связи необходимо предусматривать включение на концах шины специальных согласующих устройств, терминаторов, показанных на рис. 3.5 в виде прямоугольников.

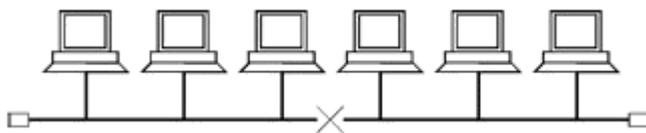


Рис. 3.5. Обрыв кабеля в сети с топологией шина

Без включения терминаторов сигнал отражается от конца линии и искажается так, что связь по сети становится невозможной. В случае разрыва или повреждения кабеля нарушается согласование линии связи и прекращается обмен даже между теми компьютерами, которые остались соединенными между собой. Короткое замыкание в любой точке кабеля шины или отказ сетевого оборудования любого абонента в шине также выводит из строя всю сеть. Причем последний отказ довольно трудно локализовать, поскольку все абоненты включены параллельно и понять, какой из них вышел из строя, невозможно.

При прохождении по линии связи сети с топологией «шина» информационные сигналы ослабляются и никак не восстанавливаются, что накладывает жесткие ограничения на суммарную длину линий связи. Причем каждый абонент может получать из сети сигналы разного уровня в зависимости от расстояния до передающего абонента. Это предъявляет дополнительные требования к приемным узлам сетевого оборудования.

Если принять, что сигнал в кабеле сети ослабляется до предельно допустимого уровня на длине $L_{пр}$, то полная длина шины не может превышать величины $L_{пр}$. В этом смысле шина обеспечивает наименьшую длину по сравнению с другими базовыми топологиями.

Для увеличения длины сети с топологией «шина» часто используют несколько сегментов (частей сети, каждая из которых представляет собой шину), соединенных между собой с помощью специальных усилителей и восстановителей сигналов – *репитеров*, или *повторителей* (на рис. 3.6 показано соединение двух сегментов, предельная длина сети в этом случае возрастает до $2L_{пр}$, так как каждый из сегментов может быть длиной $L_{пр}$). Однако такое наращивание длины сети не может продолжаться бесконечно. Ограничения на длину связаны с конечной скоростью распространения сигналов по линиям связи.

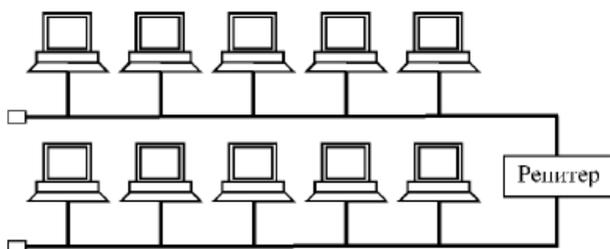


Рис. 3.6. Соединение сегментов сети типа «шина» с помощью репитера

3.2. Топология «звезда»

Звезда – это единственная топология сети с явно выделенным центром, к которому подключаются все остальные абоненты. Обмен информацией идет исключительно через специальный центральный компьютер (коммутатор, маршрутизатор и т.п.), который выполняет все функции по управлению обменом информацией в сети. Такая топология предусматривает полностью централизованное управление.

Если говорить об устойчивости звезды к отказам компьютеров, то выход из строя периферийного компьютера или его сетевого оборудования никак не отражается на функционировании оставшейся части сети, зато любой отказ центрального компьютера делает сеть полностью неработоспособной.

Обрыв кабеля или короткое замыкание в нем при топологии «звезда» нарушает обмен только с одним компьютером, а все остальные компьютеры могут нормально продолжать работу.

В отличие от шины в звезде на каждой линии связи находятся только два абонента: центральный и один из периферийных. Чаще всего для их соединения используют две линии связи, каждая из которых передает информацию в одном направлении, т. е. на каждой линии связи имеется только один приемник и один передатчик. Это так называемая передача точка-точка. Все это существенно упрощает сетевое оборудование по сравнению с шиной и избавляет от необходимости применения дополнительных, внешних терминаторов.

Проблема затухания сигналов в линии связи также решается в звезде проще, чем в случае шины, ведь каждый приемник всегда получает сигнал одного уровня. Предельная длина сети с топологией «звезда» может быть вдвое больше, чем в шине (т. е. $2L_{\text{пр}}$), так как каждый из кабелей, соединяющий центр с периферийным абонентом, может иметь длину $L_{\text{пр}}$.

В звезде допустимо подключение вместо периферийного еще одного центрального абонента (в результате получается топология из нескольких соединенных между собой звезд).

Звезда, показанная на рис. 3.2, носит название активной, или истинной звезды. Существует также топология, называемая пассивной звездой, которая только внешне похожа на звезду (рис. 3.7). В настоящее время она распространена гораздо более широко, чем активная звезда (сеть Ethernet).

В центре сети с данной топологией помещается не компьютер, а специальное устройство – концентратор, или, хаб (hub), которое выполняет ту же функцию, что и репитер, т. е. восстанавливает приходящие сигналы и пересылает их во все другие линии связи.

В этом случае схема прокладки кабелей хотя и подобна истинной, или активной звезде, но фактически речь идет о шинной топологии, так как информация от каждого компьютера одновременно передается ко всем остальным и никакого центрального абонента не существует. Такая топология предоставляет целый ряд дополнительных возможностей, связанных с преимуществами звезды, упрощая обслуживание и ремонт сети. Именно поэтому в последнее время «пассивная звезда» практически вытеснила «истинную шину».

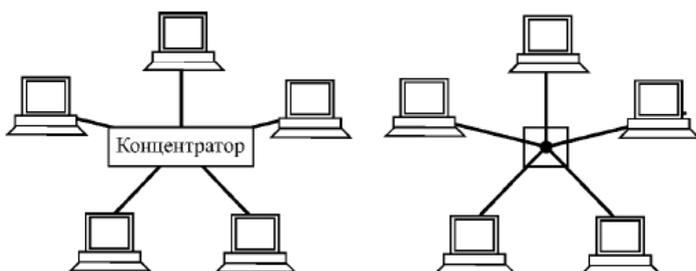


Рис. 3.7. Топология «пассивная звезда» и ее эквивалентная схема

Можно выделить также промежуточный тип топологии между активной и пассивной звездой. В этом случае концентратор не только ретранслирует поступающие на него сигналы, но и производит управление обменом, однако сам в обмене не участвует (так сделано в сети 100VG-AnyLAN).

Одно из достоинств звезды (как активной, так и пассивной) состоит в том, что все точки подключения собраны в одном месте. Это позволяет легко контролировать работу сети, локализовать неисправности путем простого отключения от центра тех или иных абонентов (что невозможно, например, в случае шинной топологии), а также ограничивать доступ посторонних лиц к жизненно важным для сети точкам подключения. К периферийному абоненту в случае звезды может подходить как один кабель (по которому идет передача в обоих направлениях), так и два (каждый кабель передает в одном из двух встречных направлений), причем последнее встречается гораздо чаще.

Общий недостаток для всех топологий типа звезда (как активной, так и пассивной) – значительно больший, чем при других топологиях, расход кабеля. Например, если компьютеры расположены в одну линию (как на рис. 3.5), то при выборе топологии «звезда» понадобится в несколько раз больше кабеля, чем при топологии шина. Это существенно влияет на стоимость сети в целом и заметно усложняет прокладку кабеля.

3.3. Топология «кольцо»

Кольцо – это топология, в которой каждый компьютер соединен линиями связи с двумя другими: от одного он получает информацию, а другому ее передает. На каждой линии связи, как и в случае звезды, работает только один передатчик и один приемник (связь типа точка-точка). Это позволяет отказаться от применения внешних терминаторов.

Важная особенность кольца состоит в том, что каждый компьютер ретранслирует (восстанавливает, усиливает) входящий к нему сигнал, т. е. выступает в роли репитера. Затухание сигнала во всем кольце не имеет никакого значения, важно только затухание между соседними компьютерами кольца. Если предельная длина кабеля, ограниченная затуханием, составляет $L_{пр}$, то суммарная длина кольца может достигать $NL_{пр}$, где N – количество компьютеров в кольце. Полный размер сети в пределе будет $NL_{пр}/2$, так как кольцо придется сложить вдвое. На практике размеры кольцевых сетей достигают десятков километров (например в сети FDDI). Кольцо в этом отношении существенно превосходит любые другие топологии.

Четко выделенного центра при кольцевой топологии нет, все компьютеры могут быть одинаковыми и равноправными. Однако довольно часто в кольце выделяется специальный абонент, который управляет обменом или контролирует его. Понятно, что наличие такого единственного управляющего абонента снижает надежность сети, так как выход его из строя сразу же парализует весь обмен.

Строго говоря, компьютеры в кольце не являются полностью равноправными (в отличие, например, от шинной топологии). Ведь один из них обязательно получает информацию от компьютера, ведущего передачу в данный момент, раньше, а другие позже. Именно на этой особенности топологии и строятся методы управления обменом по сети, специально рассчитанные на кольцо. В таких методах право на следующую передачу (или на захват сети) переходит последовательно к следующему по кругу компьютеру. Подключение новых абонентов в кольцо выполняется достаточно просто, хотя и требует обязательной остановки работы всей сети на время подключения. Как и в случае шины, максимальное количество абонентов в кольце может быть довольно велико (до тысячи и больше). Кольцевая топология обычно обладает высокой устойчивостью к перегрузкам, обеспечивает уверенную работу с большими потоками передаваемой по сети информации, так как в ней, как правило, нет конфликтов (в отличие от шины), а также отсутствует центральный абонент (в отличие от звезды), который может быть перегружен большими потоками информации.

Сигнал в кольце проходит последовательно через все компьютеры сети, поэтому выход из строя хотя бы одного из них (или же его сетевого оборудования) нарушает работу сети в целом. Это существенный недостаток кольца.

Точно так же обрыв или короткое замыкание в любом из кабелей кольца делает работу всей сети невозможной. Из трех рассмотренных топологий кольцо наиболее уязвимо к повреждениям кабеля, поэтому в случае топологии «кольцо» обычно предусматривают прокладку двух (или более) параллельных линий связи, одна из которых находится в резерве.

Иногда сеть с топологией «кольцо» выполняется на основе двух параллельных кольцевых линий связи, передающих информацию в противоположных направлениях (рис. 3.8). Цель подобного решения – увеличение скорости передачи информации по сети. К тому же при повреждении одного из кабелей сеть может работать с другим кабелем.

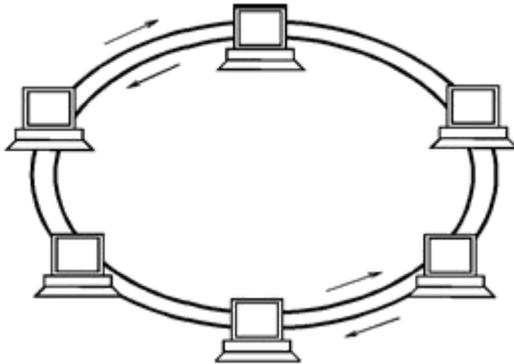


Рис. 3.8. Сеть с двумя кольцами

3.4. Смешанные топологии

Кроме трех рассмотренных базовых топологий нередко применяется также сетевая топология «дерево» (tree), которую можно охарактеризовать как комбинацию нескольких звезд. Причем, как и в случае звезды, дерево может быть активным, или истинным (рис. 3.9), и пассивным (рис. 3.10). При активном дереве в центрах объединения нескольких линий связи находятся центральные компьютеры, а при пассивном – концентраторы (R) (хабы).

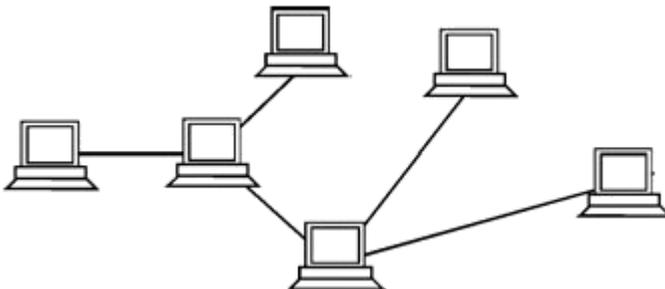


Рис. 3.9. Топология активное дерево

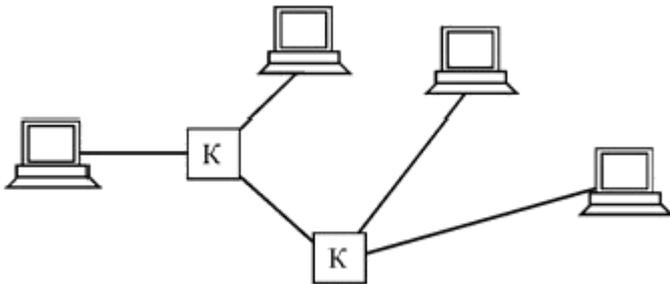


Рис. 3.10. Топология пассивное дерево

Довольно часто применяются комбинированные топологии, среди которых наиболее распространены звездно-шинная (рис. 3.11) и звездно-кольцевая (рис. 3.12).

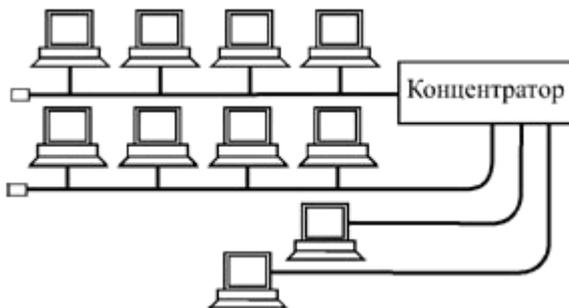


Рис. 3.11. Пример звездно-шинной топологии

В звездно-шинной (star-bus) топологии используется комбинация шины и пассивной звезды. К концентратору подключаются как отдельные компьютеры, так и целые шинные сегменты. В действительности реализуется физическая топология «шина», включающая все компьютеры сети. В данной топологии может использоваться и несколько концентраторов, соединенных между собой и образующих так называемую магистральную, опорную шину. К каждому из концентраторов при этом подключаются отдельные компьютеры или шинные сегменты. В результате получается звездно-шинное дерево. Таким

образом, пользователь может гибко комбинировать преимущества шинной и звездной топологий, а также легко изменять количество компьютеров, подключенных к сети. С точки зрения распространения информации данная топология равноценна классической шине.

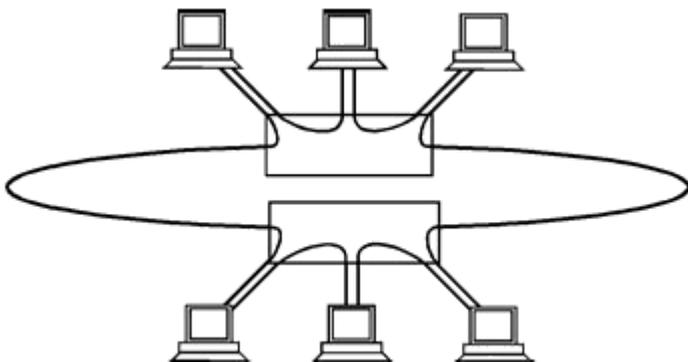


Рис. 3.12. Пример звездно-кольцевой топологии

В случае звездно-кольцевой (star-ring) топологии в кольцо объединяются не сами компьютеры, а специальные концентраторы (изображенные на рис. 3.12 в виде прямоугольников), к которым в свою очередь подключаются компьютеры с помощью звездообразных двойных линий связи. В действительности все компьютеры сети включаются в замкнутое кольцо, так как внутри концентраторов линии связи образуют замкнутый контур. Данная топология дает возможность комбинировать преимущества звездной и кольцевой топологий. Например, концентраторы позволяют собрать в одно место все точки подключения кабелей сети. Если говорить о распространении информации, данная топология равноценна классическому кольцу.

В заключение необходимо отметить существование сеточной топологии (mesh), при которой компьютеры связываются между собой не одной, а многими линиями связи, образующими сетку (рис. 3.13).

В полной сеточной топологии каждый компьютер напрямую связан со всеми остальными компьютерами. В этом случае при увеличении числа компьютеров резко возрастает количество линий связи. Кроме того, любое изменение в конфигурации сети требует внесения изменений в сетевую аппаратуру всех компьютеров, поэтому полная сеточная топология не получила широкого распространения.

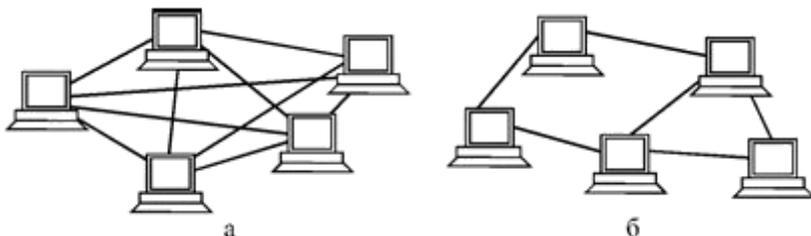


Рис. 3.13. Сеточная топология: а – полная; б – частичная

Частичная сеточная топология предполагает прямые связи только для самых активных компьютеров, передающих максимальные объемы информации. Остальные компьютеры соединяются через промежуточные узлы. Сеточная топология позволяет выбирать маршрут для доставки информации от абонента к абоненту, обходя неисправные участки. С одной стороны, это увеличивает надежность сети, с другой же – требует существенного усложнения сетевой аппаратуры, которая должна выбирать маршрут.

3.5. Многозначность понятия топологии

Топология сети указывает не только на физическое расположение компьютеров, как часто считают, но, что гораздо важнее, и на характер связей между ними, особенности распространения информации, сигналов по сети. Именно характер связей определяет степень отказоустойчивости сети, требуемую сложность сетевой аппаратуры, наиболее подходящий метод управ-

ления обменом, возможные типы сред передачи (каналов связи), допустимый размер сети (длина линий связи и количество абонентов), необходимость электрического согласования и многое другое.

Более того, физическое расположение компьютеров, соединяемых сетью, почти не влияет на выбор топологии. Как бы ни были расположены компьютеры, их можно соединить с помощью любой заранее выбранной топологии (рис. 3.14).

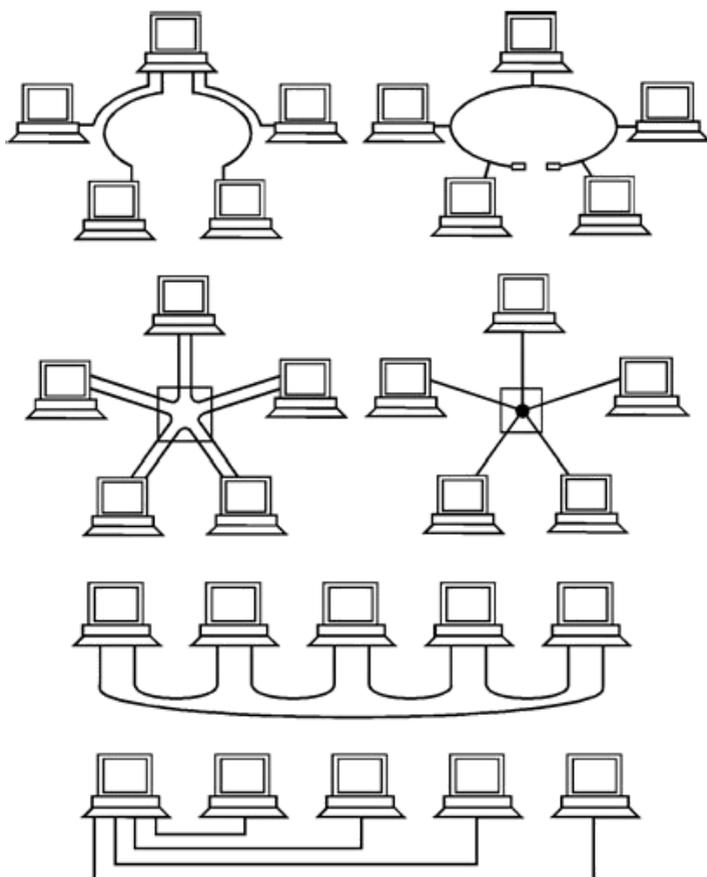


Рис. 3.14. Примеры использования разных топологий

В том случае, если компьютеры расположены по контуру круга, они могут соединяться, как звезда или шина. Когда компьютеры расположены вокруг некоего центра, их допустимо соединить с помощью топологий «шина» или «кольцо».

Наконец, когда компьютеры расположены в одну линию, они могут соединяться звездой или кольцом.

Очень часто в различных литературных источниках при упоминании топологии сети могут подразумеваться четыре совершенно разных понятия, относящихся к различным уровням сетевой архитектуры:

- физическая топология (географическая схема расположения компьютеров и прокладки кабелей). В этом смысле, например, пассивная звезда ничем не отличается от активной, поэтому ее нередко называют просто звездой;
- логическая топология (структура связей, характер распространения сигналов по сети) – наиболее правильное определение топологии;
- топология управления обменом (принцип и последовательность передачи права на захват сети между отдельными компьютерами);
- информационная топология (направление потоков информации, передаваемой по сети).

Например, сеть с физической и логической топологией «шина» может в качестве метода управления использовать эстафетную передачу права захвата сети (быть в этом смысле кольцом) и одновременно передавать всю информацию через выделенный компьютер (быть в этом смысле звездой). Или сеть с логической топологией «шина» может иметь физическую топологию «звезда» (пассивная) или «дерево» (пассивное).

Сеть с любой физической топологией, логической топологией, топологией управления обменом может считаться звездой в смысле информационной топологии, если она построена на основе одного сервера и нескольких клиентов, общающихся только с этим сервером. В данном случае справедливы все рассуждения о низкой отказоустойчивости сети к неполадкам центра (сервера). Точно так же любая сеть может быть названа ши-

ной в информационном смысле, если она построена из компьютеров, являющихся одновременно как серверами, так и клиентами. Такая сеть будет мало чувствительна к отказам отдельных компьютеров.

Заканчивая обзор особенностей топологий локальных сетей, необходимо отметить, что топология все-таки не является основным фактором при выборе типа сети. Гораздо важнее уровень стандартизации сети, скорость обмена, количество абонентов, стоимость оборудования, выбранное программное обеспечение.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Что понимается под топологией компьютерной сети? Назовите и постройте три базовые топологии.
2. Какие факторы влияют на физическую работоспособность сети?
3. Раскройте особенности построения топологии «шина». В чем заключаются ее преимущества и недостатки?
4. Раскройте особенности построения топологии «звезда». В чем заключаются ее преимущества и недостатки?
5. Раскройте особенности построения топологии «кольцо». В чем заключаются ее преимущества и недостатки?
6. Приведите примеры смешанных топологий.

Глава 4. Адресация узлов сети

Одна из проблем, которую нужно учитывать при объединении трех и более компьютеров в сеть, – это проблема адресации их сетевых интерфейсов, так как один компьютер может иметь несколько сетевых интерфейсов. Например, для образования физического кольца каждый компьютер должен быть оснащен как минимум двумя сетевыми интерфейсами для связи с двумя соседями. А для создания полносвязной структуры из N компьютеров необходимо, чтобы у каждого из них имелся $N - 1$ интерфейс.

Адреса могут быть числовыми (например 129.26.255.255) и символьными (site.domain.ru). Один и тот же адрес может быть записан в разных форматах, например числовой адрес в предыдущем примере 129.26.255.255 может быть записан и в шестнадцатеричном формате цифрами – 81.1a.ff.ff.

Адреса могут использоваться для идентификации не только отдельных интерфейсов, но и их групп (групповые адреса). С помощью групповых адресов данные могут направляться сразу нескольким узлам. Во многих технологиях компьютерных сетей поддерживаются так называемые широковещательные адреса. Данные, направленные по такому адресу, должны быть доставлены всем узлам сети.

Множество всех адресов, допустимых в рамках некоторой схемы адресации, называется адресным пространством. Оно может иметь плоскую (линейную) (рис. 4.1) или иерархическую (рис. 4.2) организацию. В первом случае множество адресов никак не структурировано.

При иерархической схеме адресации оно организовано в виде вложенных друг в друга подгрупп, которые, последовательно сужая адресуемую область, в конце концов определяют отдельный сетевой интерфейс.

На рис. 4.2 показана трехуровневая структура адресного пространства, при которой адрес конечного узла задается тремя составляющими: идентификатором группы (K), в которую входит данный узел; идентификатором подгруппы (L) и, наконец, идентификатором узла (n), однозначно определяющим его в

подгруппе. Иерархическая адресация во многих случаях оказывается более рациональной, чем плоская. В больших сетях, состоящих из многих тысяч узлов, использование плоских адресов может привести к большим издержкам – конечным узлам и коммуникационному оборудованию придется работать с таблицами адресов, состоящими из тысяч записей. А иерархическая система адресации позволяет при перемещении данных до определенного момента пользоваться только старшей составляющей адреса, затем для дальнейшей локализации адресата следующей по старшинству частью и в конечном счете младшей частью. Примером иерархически организованных адресов служат обычные почтовые адреса, в которых последовательно уточняется местонахождение адресата: страна, город, улица, дом, квартира.

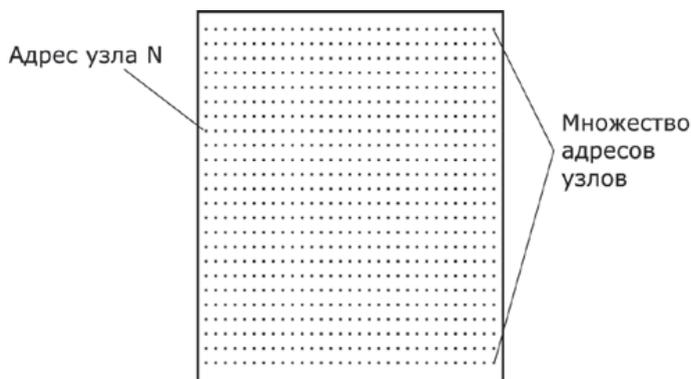


Рис. 4.1. Плоское адресное пространство

К адресу сетевого интерфейса и схеме его назначения можно предъявить несколько требований:

- адрес должен уникально идентифицировать сетевой интерфейс в сети любого масштаба;
- схема назначения адресов должна сводить к минимуму ручной труд администратора и вероятность дублирования адресов;
- желательно, чтобы адрес имел иерархическую структуру, удобную для построения больших сетей;

- адрес должен быть удобен для пользователей сети, а это значит, что он должен допускать символьное представление, например Server3 или www.cisco.com;
- адрес должен быть по возможности компактным, чтобы не перегружать память коммуникационной аппаратуры – сетевых адаптеров, маршрутизаторов и т.п.

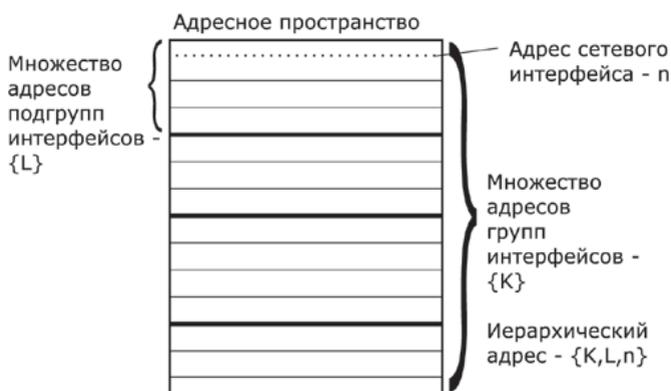


Рис. 4.2. Иерархическая структура адресного пространства

Нетрудно заметить, что эти требования противоречивы. Например, адрес, имеющий иерархическую структуру, скорее всего будет менее компактным, чем плоский. Символьные имена удобны, но из-за переменного формата и потенциально большой длины их передача по сети не очень экономична. Так как все перечисленные требования трудно совместить в рамках какой-либо одной схемы адресации, на практике обычно используют сразу несколько схем, так что сетевой интерфейс компьютера может одновременно иметь несколько адресов-имен. Каждый адрес используется в той ситуации, когда соответствующий вид адресации наиболее удобен. А для преобразования адресов из одного вида в другой применяют специальные вспомогательные протоколы, которые называют иногда *протоколами разрешения адресов (address resolution)*.

Примером плоского числового адреса является MAC-адрес, используемый для однозначной идентификации сетевых интерфейсов в локальных сетях. Такой адрес обычно применя-

ется только аппаратурой, поэтому его стараются сделать по возможности компактным и записывают в виде двоичного или шестнадцатеричного значения, например 0081005e24a8. MAC-адреса обычно встраиваются в аппаратуру компанией-изготовителем (также их называют *аппаратными (hardware) адресами*). Использование плоских адресов не является оптимальным: при замене аппаратуры, например сетевого адаптера, изменяется и адрес сетевого интерфейса компьютера.

Типичные представители иерархических числовых адресов – сетевые IP- и IPX-адреса. В них поддерживается двухуровневая иерархия, адрес делится на старшую часть – номер сети и младшую – номер узла. Такое разделение позволяет передавать сообщения между сетями только на основании номера сети, а номер узла используется после доставки сообщения в нужную сеть, точно так же название улицы используется почтальоном только после того, как письмо доставлено в нужный город. В последнее время, чтобы сделать маршрутизацию в крупных сетях более эффективной, предлагаются более сложные варианты числовой адресации, в соответствии с которыми адрес имеет три и более составляющих. Такой подход, в частности, реализован в новой версии протокола IPv6, предназначенного для работы в Internet.

Символьные адреса, или имена предназначены для запоминания людьми и поэтому обычно несут смысловую нагрузку. Их можно использовать как в небольших, так и в крупных сетях. Для работы в больших сетях *символьное* имя может иметь иерархическую структуру, например ftp-arch1.ucl.ac.uk. Этот адрес говорит о том, что данный компьютер поддерживает FTP-архив в сети одного из колледжей Лондонского университета (University College London – ucl), а данная сеть относится к академической ветви (ac) Internet Великобритании (United Kingdom – uk). При работе в пределах сети Лондонского университета такое длинное символьное имя явно избыточно и вместо него можно пользоваться кратким символьным именем, на роль которого хорошо подходит самая младшая составляющая полного имени, т. е. ftp-arch1.

В современных сетях для адресации узлов, как правило, применяют все три приведенные выше схемы одновременно. Пользователям удобнее использовать символьные имена компьютеров, которые автоматически заменяются в сообщениях, передаваемых по сети, на числовые номера. С помощью этих числовых номеров сообщения передаются из одной сети в другую, а после доставки сообщения в сеть назначения вместо числового номера используется аппаратный адрес компьютера.

Проблема установления соответствия между адресами различных типов, которой занимаются протоколы разрешения адресов, может решаться как централизованными, так и распределенными средствами. В случае централизованного подхода в сети выделяется один или несколько компьютеров (серверов имен), в которых хранится таблица соответствия друг другу имен различных типов, например символьных имен и числовых номеров. Все остальные компьютеры обращаются к серверу имен, чтобы по символьному имени найти числовой номер компьютера, с которым необходимо обменяться данными.

При распределенном подходе каждый компьютер сам решает задачу установления соответствия между адресами. Например, если пользователь указал для узла назначения числовой номер, то перед началом передачи данных компьютер-отправитель посылает всем компьютерам сети широковещательное сообщение с просьбой опознать это числовое имя. Все компьютеры, получив такое сообщение, сравнивают заданный номер со своим собственным. Тот компьютер, у которого обнаружилось совпадение, посылает ответ, содержащий его аппаратный адрес, после чего становится возможной отправка сообщений по локальной сети.

Распределенный подход хорош тем, что не предполагает выделения специального компьютера, на котором к тому же часто приходится вручную вводить таблицу соответствия адресов. Недостаток распределенного подхода – необходимость широковещательных сообщений, которые перегружают сеть, так как требуют обязательной обработки всеми узлами, а не только узлом назначения. Поэтому распределенный подход используется только в небольших локальных сетях. В крупных сетях

распространение широковещательных сообщений по всем ее сегментам становится практически нереальным, поэтому для них характерен централизованный подход. Наиболее известная служба централизованного разрешения адресов – система доменных имен (Domain Name System, DNS) сети Internet.

Адреса могут использоваться для идентификации:

- отдельных интерфейсов;
- их групп (групповые адреса);
- сразу всех сетевых интерфейсов сети (широковещательные адреса).

Адреса могут быть:

- числовыми и символьными;
- аппаратными и сетевыми;
- плоскими и иерархическими.

Конечной целью пересылаемых по сети данных являются не компьютеры или маршрутизаторы, а выполняемые на этих устройствах программы – процессы. Поэтому в адресе назначения наряду с информацией, идентифицирующей порт устройства, должен указываться адрес процесса, которому предназначены посылаемые данные. После того как эти данные достигнут указанного в адресе назначения сетевого интерфейса, программное обеспечение компьютера должно их направить соответствующему процессу. Адрес процесса не обязательно должен задавать его однозначно в пределах всей сети, достаточно обеспечить его уникальность в пределах компьютера. Примером адресов процессов могут служить номера портов TCP и UDP, используемые в стеке TCP/IP.

Одна из важнейших задач построения сетей – это задача создания эффективного механизма коммутации.

4.1. Назначение пакетов и их структура

Информация в локальных сетях, как правило, передается отдельными порциями, кусками, называемыми в различных источниках пакетами (packets), кадрами (frames) или блоками. Причем предельная длина этих пакетов строго ограничена (обычно величиной в несколько килобайт). Ограничена длина пакета и снизу (как правило, несколькими десятками байт).

Локальная сеть должна обеспечивать качественную, прозрачную связь всем абонентам (компьютерам) сети. Важнейшим параметром является так называемое *время доступа* к сети (access time), которое определяется как временной интервал между моментом готовности абонента к передаче и моментом начала этой передачи. Это время ожидания абонентом начала своей передачи. Естественно, оно не должно быть слишком большим, иначе величина реальной, интегральной скорости передачи информации между приложениями сильно уменьшится даже при высокоскоростной связи.

Ожидание начала передачи связано с тем, что в сети не может происходить несколько передач одновременно (во всяком случае при топологиях «шина» и «кольцо»). Всегда есть только один передатчик и один приемник (реже – несколько приемников). В противном случае информация от разных передатчиков смешивается и искажается. В связи с этим абоненты передают свою информацию по очереди. И каждому абоненту, прежде чем начать передачу, надо дождаться своей очереди. Время ожидания своей очереди называется временем доступа.

Если бы вся требуемая информация передавалась каким-то абонентом сразу, непрерывно, без разделения на пакеты, то это привело бы к монопольному захвату сети этим абонентом на довольно продолжительное время. Все остальные абоненты вынуждены были бы ждать окончания передачи всей информации, что в ряде случаев могло бы потребовать десятков секунд и даже минут (например при копировании содержимого целого жесткого диска). С тем чтобы уравнивать в правах всех абонентов, а также сделать примерно одинаковой для всех них величину времени доступа к сети и интегральную скорость передачи информации, как раз и применяются *пакеты (кадры)* ограниченной длины. Важно также и то, что при передаче больших массивов информации вероятность ошибки из-за помех и сбоев довольно высока. Например, при характерной для локальных сетей величине вероятности одиночной ошибки 10^{-8} пакет длиной 10 кбит будет искажен с вероятностью 10^{-4} , а массив длиной 10 Мбит уже с вероятностью 10^{-1} . К тому же выявить ошибку в

массиве из нескольких мегабайт намного сложнее, чем в пакете из нескольких килобайт. А при обнаружении ошибки придется повторить передачу всего большого массива. Но и при повторной передаче большого массива снова высока вероятность ошибки, и процесс этот может повторяться до бесконечности.

С другой стороны, сравнительно большие пакеты имеют преимущества перед очень маленькими пакетами, например побитовой (8 бит) или пословной (16 или 32 бита) передачей информации.

Дело в том, что каждый пакет помимо собственно данных, которые требуется передать, должен содержать некоторое количество служебной информации. Прежде всего это адресная информация, которая определяет, от кого и кому передается данный пакет (как на почтовом конверте адреса получателя и отправителя). Если порция передаваемых данных будет очень маленькой (например несколько байт), то доля служебной информации станет неоправданно высокой, что резко снизит интегральную скорость обмена информацией по сети.

Существует некоторая оптимальная длина пакета (или оптимальный диапазон длин пакетов), при которой средняя скорость обмена информацией по сети будет максимальна. Эта длина не является неизменной величиной, она зависит от уровня помех, метода управления обменом, количества абонентов сети, характера передаваемой информации и от многих других факторов. Имеется диапазон длин, который близок к оптимуму.

Таким образом, процесс информационного обмена в сети представляет собой чередование пакетов, каждый из которых содержит информацию, передаваемую от абонента к абоненту.

В частном случае (рис. 4.3) все эти пакеты могут передаваться одним абонентом (когда другие абоненты не хотят передавать). Но обычно в сети чередуются пакеты, посланные разными абонентами (рис. 4.4).

Структура и размеры пакета в каждой сети жестко определены стандартом на данную сеть и связаны прежде всего с аппаратными особенностями данной сети, выбранной топологией

и типом среды передачи информации. Кроме того, эти параметры зависят от используемого протокола (порядка обмена информацией).

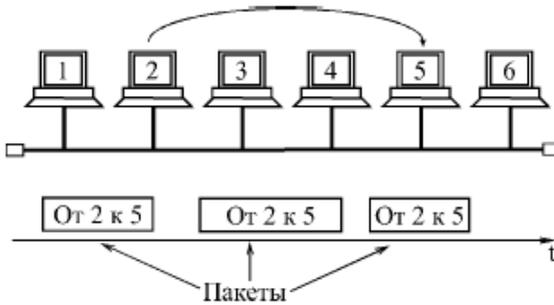


Рис. 4.3. Передача пакетов в сети между двумя абонентами

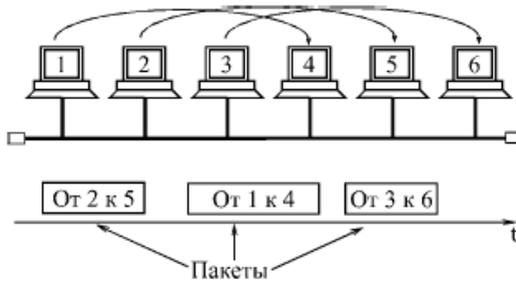


Рис. 4.4. Передача пакетов в сети между несколькими абонентами

Но существуют некоторые общие принципы формирования структуры пакета, которые учитывают характерные особенности обмена информацией по любым локальным сетям.

Чаще всего пакет содержит в себе следующие основные поля, или части (рис. 4.5).

- Стартовая комбинация битов, или преамбула, которая обеспечивает предварительную настройку аппаратуры адаптера или другого сетевого устройства на прием и обработку пакета.

Это поле может полностью отсутствовать или же сводиться к единственному стартовому биту.



Рис. 4.5. Типичная структура пакета

- Сетевой адрес (идентификатор) принимающего абонента, т. е. индивидуальный или групповой номер, присвоенный каждому принимающему абоненту в сети. Этот адрес позволяет приемнику распознать пакет, адресованный ему лично, группе, в которую он входит, или всем абонентам сети одновременно (при широком вещании).

- Сетевой адрес (идентификатор) передающего абонента, т. е. индивидуальный номер, присвоенный каждому передающему абоненту. Этот адрес информирует принимающего абонента, откуда пришел данный пакет. Включение в пакет адреса передатчика необходимо в том случае, когда одному приемнику могут попеременно приходить пакеты от разных передатчиков.

- Служебная информация, которая может указывать на тип пакета, его номер, размер, формат, маршрут его доставки, на то, что с ним надо делать приемнику и т.д.

- Данные (поле данных) – это та информация, ради передачи которой используется пакет. В отличие от всех остальных полей пакета поле данных имеет переменную длину, которая, собственно, и определяет полную длину пакета. Существуют специальные управляющие пакеты, которые не имеют поля данных. Их можно рассматривать как сетевые команды. Пакеты,

включающие поле данных, называются информационными пакетами. Управляющие пакеты могут выполнять функцию начала и конца сеанса связи, подтверждения приема информационного пакета, запроса информационного пакета и т.д.

- Контрольная сумма пакета – это числовой код, формируемый передатчиком по определенным правилам и содержащий в свернутом виде информацию обо всем пакете. Приемник, повторяя вычисления, сделанные передатчиком, с принятым пакетом, сравнивает их результат с контрольной суммой и делает вывод о правильности или ошибочности передачи пакета. Если пакет ошибочен, то приемник запрашивает его повторную передачу. Обычно используется циклическая контрольная сумма (CRC).

- Стоповая комбинация служит для информирования аппаратуры принимающего абонента об окончании пакета, обеспечивает выход аппаратуры приемника из состояния приема. Это поле может отсутствовать, если используется самосинхронизирующийся код, позволяющий определять момент окончания передачи пакета.

Нередко в структуре пакета выделяют всего три поля:

- начальное управляющее поле пакета (или заголовок пакета), т. е. поле, включающее в себя стартовую комбинацию, сетевые адреса приемника и передатчика, а также служебную информацию;

- поле данных пакета;
- конечное управляющее поле пакета (заключение, трейлер), куда входят контрольная сумма и стоповая комбинация, а также, возможно, служебная информация.

Помимо термина «пакет» (*packet*) в литературе также нередко встречается термин «кадр» (*frame*). Иногда под этими терминами имеется в виду одно и то же. Но иногда подразумевается, что *кадр* и *пакет* различаются. Причем единства в объяснении этих различий не наблюдается.

В некоторых источниках утверждается, что кадр вложен в пакет. В этом случае все перечисленные поля пакета кроме преамбулы и стоповой комбинации относятся к кадру (рис. 4.6). Например, в описаниях сети Ethernet говорится, что в конце преамбулы передается признак начала кадра.



Рис. 4.6. Вложение кадра в пакет

В других, напротив, поддерживается мнение о том, что пакет вложен в кадр. И тогда под пакетом подразумевается только информация, содержащаяся в кадре, который передается по сети и снабжен служебными полями.

В данном учебном пособии термин «пакет» будет использоваться как более и универсальное понятие.

В процессе сеанса обмена информацией по сети между передающим и принимающим абонентами происходит обмен информационными и управляющими пакетами по установленным правилам, называемым протоколом обмена. Это позволяет обеспечить надежную передачу информации при любой интенсивности обмена по сети.

Пример простейшего протокола показан на рис. 4.7.

Сеанс обмена начинается с запроса передатчиком готовности приемника принять данные. Для этого используется управляющий пакет «Запрос». Если приемник не готов, он отказывается от сеанса специальным управляющим пакетом. В случае, когда приемник готов, он посылает в ответ управляющий пакет «Готовность». Затем начинается собственно передача данных.

При этом на каждый полученный информационный пакет приемник отвечает управляющим пакетом «Подтверждение». В случае, когда пакет данных передан с ошибками, в ответ на него приемник запрашивает повторную передачу. Заканчивается сеанс управляющим пакетом «Конец», которым передатчик сообщает о разрыве связи. Существует множество стандартных протоколов, которые используют как передачу с подтверждением (с гарантированной доставкой пакета), так и передачу без подтверждения (без гарантии доставки пакета).

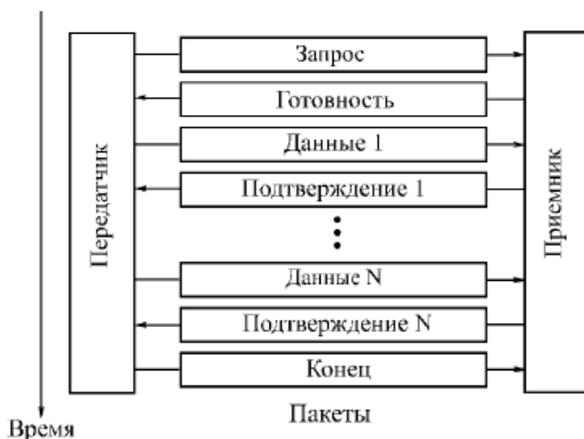


Рис. 4.7. Пример обмена пакетами при сеансе связи

При реальном обмене по сети применяют многоуровневые протоколы, каждый из уровней которых предполагает свою структуру пакета (адресацию, управляющую информацию, формат данных и т.д.). Например, протоколы высоких уровней имеют дело с такими понятиями, как файл-сервер или приложение, запрашивающее данные у другого приложения, и не зависят от типа аппаратуры сети метода управления обменом. Все пакеты более высоких уровней последовательно вкладываются в передаваемый пакет, точнее, в поле данных передаваемого пакета.

та (рис. 4.8). Этот процесс последовательной упаковки данных для передачи называется *инкапсуляцией пакетов*.

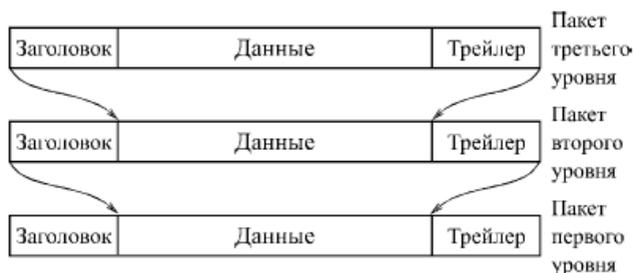


Рис. 4.8. Многоуровневая система вложения пакетов

Каждый следующий вкладываемый пакет может содержать собственную служебную информацию, располагающуюся как до данных (заголовок), так и после них (трейлер), причем ее назначение может быть различным. Безусловно, доля вспомогательной информации в пакетах при этом возрастает с каждым следующим уровнем, что снижает эффективную скорость передачи данных. Для увеличения этой скорости предпочтительно, чтобы протоколы обмена были проще и уровней этих протоколов было меньше.

Обратный процесс последовательной распаковки данных приемником называется *декапсуляцией* пакетов.

4.2. Адресация пакетов

Каждый абонент (узел) локальной сети должен иметь свой уникальный адрес (идентификатор, или MAC-адрес), для того чтобы ему можно было адресовать пакеты. Существуют две основные системы присвоения адресов абонентам сети (точнее, сетевым адаптерам этих абонентов).

Первая система сводится к тому, что при установке сети каждому абоненту пользователь присваивает индивидуальный адрес по порядку, к примеру от 0 до 30 или от 0 до 254. Присвоение адресов производится программно или с помощью пере-

ключателей на плате адаптера. При этом требуемое количество разрядов адреса определяется из неравенства

$$2^n > N_{\max},$$

где n – количество разрядов адреса, N_{\max} – максимально возможное количество абонентов в сети.

Например, восемь разрядов адреса достаточно для сети из 255 абонентов. Один адрес (обычно 1111...11) отводится для широковещательной передачи, т. е. он используется для пакетов, адресованных всем абонентам одновременно.

Именно такой подход применен в известной сети Arcnnet. Достоинства данного подхода – малый объем служебной информации в пакете, а также простота аппаратуры адаптера, распознающей адрес пакета. Недостаток – трудоемкость задания адресов и возможность ошибки (например двум абонентам сети может быть присвоен один и тот же адрес). Контроль уникальности сетевых адресов всех абонентов возлагается на администратора сети.

Второй подход к адресации был разработан международной организацией IEEE, занимающейся стандартизацией сетей. Именно он используется в большинстве сетей и рекомендован для новых разработок. Идея этого подхода состоит в том, чтобы присваивать уникальный сетевой адрес каждому адаптеру сети еще на этапе его изготовления. Если количество возможных адресов будет достаточно большим, то можно быть уверенным, что в любой сети по всему миру никогда не будет абонентов с одинаковыми адресами. Поэтому был выбран 48-битный формат адреса, что соответствует примерно 280 триллионам различных адресов.

С тем чтобы распределить возможные диапазоны адресов между многочисленными изготовителями сетевых адаптеров, была предложена следующая структура адреса (рис. 4.9).

- Младшие 24 разряда кода адреса называются OUA (Organizationally Unique Address) – организационно уникальный адрес. Именно их присваивает каждый из зарегистрированных производителей сетевых адаптеров. Всего возможно свыше 16 миллионов комбинаций, т. е. столько каждый изготовитель может выпустить адаптеров.

- Следующие 22 разряда кода называются OUI (Organizationally Unique Identifier) – организационно уникальный идентификатор. IEEE присваивает один или несколько OUI каждому производителю сетевых адаптеров. Это позволяет исключить совпадения адресов адаптеров от разных производителей. Всего возможно свыше 4 миллионов разных OUI, это означает, что теоретически может быть зарегистрировано 4 миллиона производителей. Вместе OUA и OUI называются UAA (Universally Administered Address) – универсально управляемый адрес, или IEEE-адрес.

- Два старших разряда адреса – управляющие. Они определяют тип адреса, способ интерпретации остальных 46 разрядов. Старший бит I/G (Individual/Group) указывает на тип адреса. Если он установлен в 0, то индивидуальный, если в 1, то групповой (многоточечный или функциональный). Пакеты с групповым адресом получают все имеющие этот групповой адрес сетевые адаптеры. Причем групповой адрес определяется 46 младшими разрядами. Второй управляющий бит U/L (Universal/Local) называется флажком универсального/местного управления и определяет, как был присвоен адрес данному сетевому адаптеру. Обычно он установлен в 0. Установка бита U/L в 1 означает, что адрес задан не производителем сетевого адаптера, а организацией, использующей данную сеть. Это случается довольно редко.



Рис. 4.9. Структура 48-битного стандартного MAC-адреса

Для широковещательной передачи (т. е. передачи всем абонентам сети одновременно) применяется специально выделенный сетевой адрес, все 48 битов которого установлены в 1. Его принимают все абоненты сети независимо от их индивидуальных и групповых адресов.

Данной системы адресов придерживаются такие популярные сети, как Ethernet, Fast Ethernet, Token-Ring, FDDI, 100VG-AnyLAN. Ее недостатки – высокая сложность аппаратуры сетевых адаптеров, а также большая доля служебной информации в передаваемом пакете (адреса источника и приемника вместе требуют уже 96 битов пакета, или 12 байт).

Во многих сетевых адаптерах предусмотрен так называемый циркулярный режим. В этом режиме адаптер принимает все пакеты, приходящие к нему, независимо от значения поля адреса приемника. Такой режим используется, например, для проведения диагностики сети, измерения ее производительности, контроля ошибок передачи. При этом один компьютер принимает и контролирует все пакеты, проходящие по сети, но сам ничего не передает. В данном режиме работают сетевые адаптеры мостов и коммутаторы, которые должны обрабатывать перед ретрансляцией все пакеты, приходящие к ним.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Приведите примеры числовых и символьных адресов сети.
2. Что представляют собой плоская и иерархическая структура адресного пространства?
3. Что называют протоколами разрешения адресов?
4. Что такое система доменных имен (Domain Name System)?
5. В чем заключается назначение пакетов (packets)?
6. Как определяется время доступа к сети (access time)?
7. Приведите пример типичной структуры пакетов.
8. Что такое инкапсуляция и декапсуляция пакетов?
9. Какие подходы к адресации пакетов существуют в настоящее время?
10. Что такое циркулярный режим?
11. Что такое MAC-адрес? Какова структура 48-битного стандартного MAC-адреса?

Глава 5. Методы управления обменом

Сеть всегда объединяет несколько абонентов, каждый из которых имеет право передавать свои пакеты. Но, как уже отмечалось, по одному кабелю одновременно передавать два (или более) пакета нельзя, иначе может возникнуть конфликт (коллизия), который приведет к искажению либо потере обоих пакетов (или всех пакетов, участвующих в конфликте). Значит надо каким-то образом установить очередность доступа к сети (захвата сети) всех абонентов, желающих передавать свои пакеты. Это относится прежде всего к сетям с топологиями «шина» и «кольцо». Точно так же при топологии «звезда» необходимо установить очередность передачи пакетов периферийными абонентами, иначе центральный абонент просто не сможет справиться с их обработкой.

В сети обязательно применяется тот или иной метод управления обменом (метод доступа, метод арбитража), разрешающий или предотвращающий конфликты между абонентами. От эффективности работы выбранного метода управления обменом зависит очень многое: скорость обмена информацией между компьютерами, нагрузочная способность сети (способность работать с различными интенсивностями обмена), время реакции сети на внешние события и т.д. Метод управления – это один из важнейших параметров сети.

Тип метода управления обменом во многом определяется особенностями топологии сети. Но в то же время он не привязан жестко к топологии, как нередко принято считать.

Методы управления обменом в локальных сетях делятся на две группы.

- *Централизованные методы*, в которых все управление обменом сосредоточено в одном месте. Недостатки таких методов: неустойчивость к отказам центра, малая гибкость управления (центр обычно не может оперативно реагировать на все события в сети). Достоинство централизованных методов – отсутствие конфликтов, так как центр всегда предоставляет право на передачу только одному абоненту, и ему не с кем конфликтовать.

- *Децентрализованные методы*, в которых отсутствует центр управления. Всеми вопросами управления, в том числе предотвращением, обнаружением и разрешением конфликтов, занимаются все абоненты сети. Главные достоинства децентрализованных методов: высокая устойчивость к отказам и большая гибкость. Однако в данном случае возможны конфликты, которые надо разрешать.

Существует и другое деление методов управления обменом, относящееся главным образом к децентрализованным методам.

- *Детерминированные методы* определяют четкие правила, по которым чередуются захватывающие сеть абоненты. Они имеют определенную систему приоритетов, различных для всех абонентов. При этом, как правило, конфликты полностью исключены (или маловероятны), но некоторые абоненты могут дожидаться своей очереди на передачу слишком долго. К детерминированным методам относится, например, маркерный доступ (сети Token-Ring, FDDI), при котором право передачи следует по эстафете от абонента к абоненту.

- *Случайные методы* подразумевают случайное чередование передающих абонентов. При этом возможность конфликтов предполагается, но предлагаются способы их разрешения. Случайные методы значительно хуже, чем детерминированные, работают при больших информационных потоках в сети (при большом трафике сети) и не гарантируют абоненту величину времени доступа. В то же время они обычно более устойчивы к отказам сетевого оборудования и более эффективно используют сеть при малой интенсивности обмена. Пример случайного метода – CSMA/CD (сеть Ethernet).

Для трех основных топологий характерны три наиболее типичных метода управления обменом.

5.1. Управление обменом в сети с топологией «звезда»

Для топологии «звезда» лучше всего подходит *централизованный метод* управления. Это связано с тем, что все информационные потоки проходят через центр, которому логично доверить управление обменом в сети. Причем не так важно, что на-

ходится в центре звезды: компьютер (центральный абонент) или же специальный концентратор, управляющий обменом, но сам не участвующий в нем. В данном случае речь идет уже не о пассивной звезде, а о некоей промежуточной ситуации, когда центр не является полноценным абонентом, но управляет обменом (например сеть 100VG-AnyLAN).

Самый простейший централизованный метод состоит в следующем.

Периферийные абоненты, желающие передать свой пакет (или имеющие заявки на передачу), посылают центру свои запросы (управляющие пакеты или специальные сигналы). Центр же предоставляет им право передачи пакета в порядке очередности, например по их физическому расположению в звезде по часовой стрелке. После окончания передачи пакета каким-то абонентом право передавать получит следующий по порядку (по часовой стрелке) абонент, имеющий заявку на передачу (рис. 5.1). Например, если передает второй абонент, то после него имеет право на передачу третий. Если же третьему абоненту не надо передавать, то право на передачу переходит к четвертому и т.д.

В этом случае говорят, что абоненты имеют географические приоритеты (по их физическому расположению). В каждый конкретный момент наивысшим приоритетом обладает следующий по порядку абонент, но в пределах полного цикла опроса ни один из абонентов не имеет никаких преимуществ перед другими. Никому не придется ждать своей очереди слишком долго. Максимальная величина времени доступа для любого абонента в этом случае будет равна суммарному времени передачи пакетов всех абонентов сети кроме данного. Для топологии, показанной на рис. 5.1, она составит четыре длительности пакета. Никаких столкновений пакетов при этом методе нет.

Рассмотренный метод управления можно назвать методом с пассивным центром, так как центр пассивно прослушивает всех абонентов. Возможен и другой принцип реализации централизованного управления (его можно назвать методом с активным центром).

В этом случае центр посылает запросы о готовности передавать (управляющие пакеты или специальные сигналы) по очереди всем периферийным абонентам. Тот периферийный абонент, который хочет передавать (первый из опрошенных) посылает ответ (или же сразу начинает свою передачу). В дальнейшем центр проводит сеанс обмена именно с ним. После окончания этого сеанса центральный абонент продолжает опрос периферийных абонентов по кругу (см. рис. 5.1). Если желает передавать центральный абонент, он передает вне очереди.



Рис. 5.1. Централизованный метод управления обменом в сети с топологией «звезда»

Как в первом, так и во втором случае никаких конфликтов не будет. Если все абоненты активны и заявки на передачу поступают интенсивно, то все они будут передавать строго по очереди. Но центр должен быть исключительно надежен, иначе будет парализован весь обмен. Механизм управления не слишком гибок, так как центр работает по жестко заданному алгоритму. К тому же скорость управления невысока. Ведь даже в случае, когда передает только один абонент, ему все равно приходится ждать после каждого переданного пакета, пока центр опросит всех остальных абонентов.

Как правило, централизованные методы управления применяются в небольших сетях (с числом абонентов не более чем несколько десятков). В случае больших сетей нагрузка по управлению обменом на центр существенно возрастает.

5.2. Управление обменом в сети с топологией «шина»

При топологии «шина» также возможно централизованное управление. При этом один из абонентов («центральный») посылает по шине всем остальным («периферийным») запросы (управляющие пакеты), выясняя, кто из них хочет передать, затем разрешает передачу одному из абонентов. Абонент, получивший право на передачу, по той же шине передает свой информационный пакет тому абоненту, которому хочет. А после окончания передачи передававший абонент все по той же шине сообщает «центру», что он закончил передачу (управляющим пакетом), и «центр» снова начинает опрос (рис. 5.2).

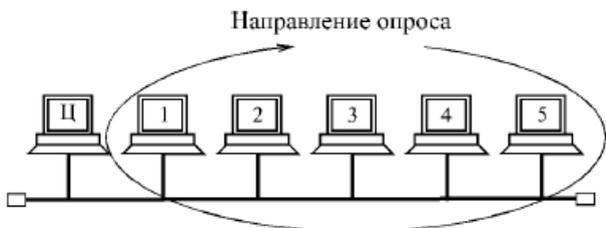


Рис. 5.2. Централизованное управление в сети с топологией «шина»

Преимущества и недостатки такого управления – те же самые, что и в случае централизованно управляемой звезды. Единственное отличие состоит в том, что центр здесь не пересылает информацию от одного абонента к другому, как в топологии «активная звезда», а только управляет обменом.

Гораздо чаще в шине используется децентрализованное случайное управление, так как сетевые адаптеры всех абонентов в данном случае одинаковы, и именно этот метод наиболее органично подходит шине. При выборе децентрализованного управления все абоненты имеют равные права доступа к сети, т. е. особенности топологии совпадают с особенностями метода управления. Решение о том, когда можно передавать свой пакет, принимается каждым абонентом на месте исходя только из анализа состояния сети. В данном случае возникает конкуренция

между абонентами за захват сети и, следовательно, возможны конфликты между ними и искажения передаваемой информации из-за наложения пакетов.

Существует множество достаточно сложных алгоритмов доступа (сценариев доступа). Их выбор зависит от скорости передачи в сети, длины шины, загруженности сети (интенсивности обмена), используемого кода передачи.

Иногда для управления доступом к шине применяется дополнительная линия связи, что позволяет упростить аппаратуру контроллеров и методы доступа, но заметно увеличивает стоимость сети за счет удвоения длины кабеля и количества приемопередатчиков. Поэтому данное решение не получило широкого распространения.

Суть всех случайных методов управления обменом довольно проста.

Если сеть свободна (т. е. никто не передает своих пакетов), то абонент, желающий передавать, сразу начинает свою передачу. Время доступа в этом случае равно нулю.

Если же в момент возникновения у абонента заявки на передачу сеть занята, то абонент, желающий передавать, ждет освобождения сети. В противном случае исказятся и пропадут оба пакета. После освобождения сети абонент, желающий передавать, начинает свою передачу.

Возникновение конфликтных ситуаций (столкновений пакетов, коллизий), в результате которых передаваемая информация искажается, возможно в двух случаях:

- при одновременном начале передачи двумя или более абонентами, когда сеть свободна (рис. 5.3). Эта ситуация довольно редкая, но все-таки вполне возможная;
- при одновременном начале передачи двумя или более абонентами сразу после освобождения сети (рис. 5.4). Эта ситуация наиболее типична, так как за время передачи пакета одним абонентом вполне может возникнуть несколько новых заявок на передачу у других абонентов.

Существующие случайные методы управления обменом (арбитража) различаются тем, как они предотвращают возможные конфликты или же разрешают уже возникшие. Ни один конфликт не должен нарушать обмен, все абоненты должны передать свои пакеты.

В процессе развития локальных сетей было разработано несколько разновидностей случайных методов управления обменом.

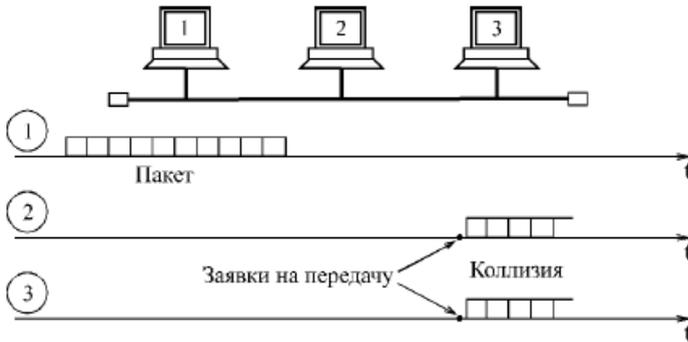


Рис. 5.3. Коллизии в случае начала передачи при свободной сети

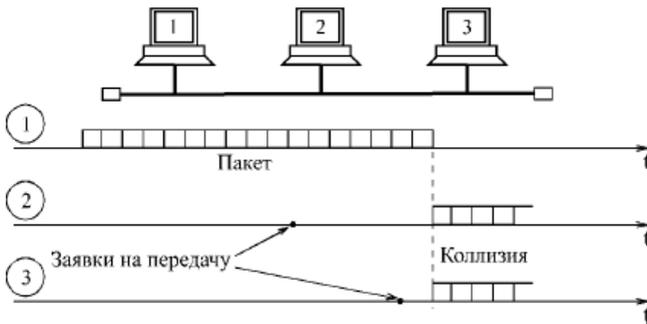


Рис. 5.4. Коллизии в случае начала передачи после освобождения сети

Например, был предложен метод, при котором не все передающие абоненты распознают коллизию, а только те, которые имеют меньшие приоритеты. Абонент с максимальным приори-

тетом из всех, начавших передачу, закончит её без ошибок. Остальные, обнаружив коллизию, прекратят свою передачу и будут ждать освобождения сети для новой попытки. Для контроля коллизии каждый передающий абонент производит побитное сравнение передаваемой им в сеть информации и данных, присутствующих в сети. Побеждает тот абонент, заголовок пакета которого дольше других не искажается от коллизии. Этот метод, называемый децентрализованным кодовым приоритетным методом, отличается низким быстродействием и сложностью реализации.

При другом методе управления обменом каждый абонент начинает свою передачу после освобождения сети не сразу, а выдержав свою, строго индивидуальную задержку, что предотвращает коллизии после освобождения сети и тем самым сводит к минимуму общее количество коллизий. Максимальным приоритетом в этом случае будет обладать абонент с минимальной задержкой. Столкновения пакетов возможны только тогда, когда два и более абонентов захотели передавать одновременно при свободной сети. Этот метод, называемый децентрализованным временным приоритетным методом, хорошо работает только в небольших сетях, так как каждому абоненту нужно обеспечить свою индивидуальную задержку.

В обоих случаях имеется система приоритетов, так как данные методы относятся к случайным и исход конкуренции невозможно предсказать. Случайные приоритетные методы ставят абонентов в неравные условия при большой интенсивности обмена по сети, так как высокоприоритетные абоненты могут надолго заблокировать сеть для низкоприоритетных абонентов.

Чаще всего система приоритетов в методе управления обменом в шине отсутствует полностью. Именно так работает наиболее распространенный стандартный метод управления обменом CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection – множественный доступ с контролем несущей и обнаружением коллизий), используемый в сети Ethernet. Его главное достоинство в том, что все абоненты полностью равноправны и ни один из них не может надолго заблокировать обмен другому (как в случае наличия приоритетов). В этом методе коллизии не предотвращаются, а разрешаются.

Суть метода состоит в том, что абонент начинает передавать сразу, как только выяснит, что сеть свободна. Если возникают коллизии, то они обнаруживаются всеми передающими абонентами. После чего они прекращают свою передачу и возобновляют попытку начать новую передачу пакета через временной интервал, длительность которого выбирается случайным образом. Поэтому повторные коллизии маловероятны.

Еще один распространенный метод случайного доступа – CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance – множественный доступ с контролем несущей и избеганием коллизий), применяющийся, например, в сети Apple LocalTalk. Абонент, желающий передать и обнаруживший освобождение сети, передает сначала короткий управляющий пакет запроса на передачу. Затем он заданное время ждет ответного короткого управляющего пакета подтверждения запроса от абонента-приемника. Если ответа нет, передача откладывается. Если ответ получен, передается пакет. Коллизии полностью не устраняются, но в основном сталкиваются управляющие пакеты. Столкновения информационных пакетов выявляются на более высоких уровнях протокола.

Подобные методы будут хорошо работать только при не слишком большой интенсивности обмена по сети. Считается, что приемлемое качество связи обеспечивается при нагрузке не выше 30 – 40 % (т. е. когда сеть занята передачей информации примерно на 30 – 40 % всего времени). При большей нагрузке повторные столкновения учащаются настолько, что наступает так называемый коллапс, или крах сети, представляющий собой резкое падение ее производительности.

Недостаток всех случайных методов состоит еще и в том, что они не гарантируют величину времени доступа к сети, которая зависит не только от выбора задержки между попытками передачи, но и от общей загруженности сети. Поэтому, например, в сетях, выполняющих задачи управления оборудованием (на производстве, в научных лабораториях), где требуется быстрая реакция на внешние события, случайные методы управления применяются довольно редко.

При любом случайном методе управления обменом, использующем детектирование коллизии (в частности, при CSMA/CD), возникает вопрос о том, какой должна быть минимальная длительность пакета, чтобы коллизию обнаружили все начавшие передавать абоненты. Ведь сигнал по любой физической среде распространяется не мгновенно, и при больших размерах сети (диаметре сети) задержка распространения может составлять десятки и сотни микросекунд. Кроме того, информацию об одновременно происходящих событиях разные абоненты получают не в одно время. С тем чтобы рассчитать минимальную длительность пакета, следует обратиться к рис. 5.5.

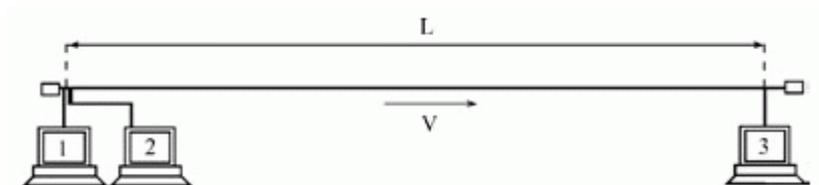


Рис. 5.5. Расчет минимальной длительности пакета

Пусть L – полная длина сети, V – скорость распространения сигнала в используемом кабеле. Допустим, абонент 1 закончил свою передачу, а абоненты 2 и 3 захотели передавать во время передачи абонента 1 и ждали освобождения сети.

После освобождения сети абонент 2 начнет передавать сразу же, так как он расположен рядом с абонентом 1. Абонент 3 после освобождения сети узнает об этом событии и начнет свою передачу через временной интервал прохождения сигнала по всей длине сети, т. е. через время L/V . При этом пакет от абонента 3 дойдет до абонента 2 еще через временной интервал L/V после начала передачи абонентом 3 (обратный путь сигнала). К этому моменту передача пакета абонентом 2 не должна закончиться, иначе абонент 2 так и не узнает о столкновении пакетов (о коллизии), в результате чего будет передан неправильный пакет.

Получается, что минимально допустимая длительность пакета в сети должна составлять $2L/V$, т. е. равняться удвоенному времени распространения сигнала по полной длине сети (или по пути наибольшей длины в сети). Это время называется двойным, или круговым временем задержки сигнала в сети, или PDV (Path Delay Value). Этот же временной интервал можно рассматривать как универсальную меру одновременности любых событий в сети.

Стандартом на сеть задается как раз величина PDV, определяющая минимальную длину пакета, и из нее уже рассчитывается допустимая длина сети. Дело в том, что скорость распространения сигнала в сети для разных кабелей отличается. Кроме того, надо еще учитывать задержки сигнала в различных сетевых устройствах. Отдельно следует остановиться на том, как сетевые адаптеры распознают коллизию в кабеле шины, т. е. столкновение пакетов. Ведь простое побитное сравнение передаваемой абонентом информации с той, которая реально присутствует в сети, возможно только в случае самого простого кода NRZ, используемого довольно редко. При применении манчестерского кода, который обычно подразумевается в случае метода управления обменом CSMA/CD, требуется принципиально другой подход.

Как уже отмечалось, сигнал в манчестерском коде всегда имеет постоянную составляющую, равную половине размаха сигнала (если один из двух уровней сигнала нулевой). Однако в случае столкновения двух и более пакетов (при коллизии) это правило выполняться не будет. Постоянная составляющая суммарного сигнала в сети будет обязательно больше или меньше половины размаха (рис. 5.6). Ведь пакеты всегда разные и к тому же сдвинуты друг относительно друга во времени. Именно по выходу уровня постоянной составляющей за установленные пределы и определяет каждый сетевой адаптер наличие коллизии в сети.

Задача обнаружения коллизии существенно упрощается, если используется не истинная шина, а равноценная ей пассивная звезда (рис. 5.7).

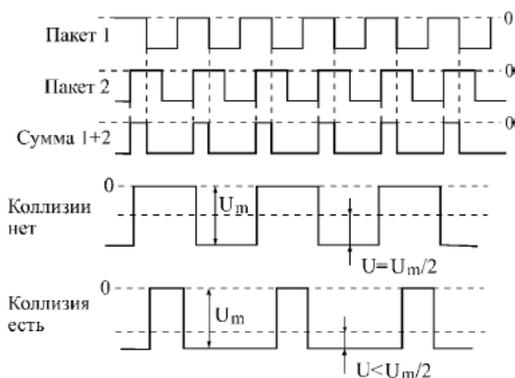


Рис. 5.6. Определение факта коллизии в шине при использовании манчестерского кода

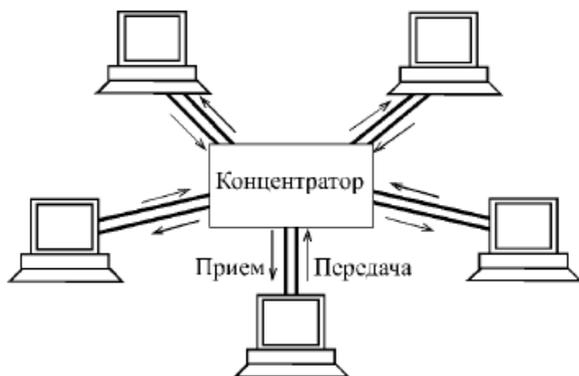


Рис. 5.7. Обнаружение коллизии в сети «пассивная звезда»

При этом каждый абонент соединяется с центральным концентратором, как правило, двумя кабелями, каждый из которых передает информацию в своем направлении. Во время передачи

пакета абоненту достаточно всего лишь контролировать, не приходит ли ему в данный момент по встречному кабелю (приемному) другой пакет. Если встречный пакет приходит, то детектируется коллизия. Точно так же обнаруживает коллизии и концентратор.

5.3. Управление обменом в сети с топологией «кольцо»

Кольцевая топология имеет свои особенности при выборе метода управления обменом. В этом случае важно то, что любой пакет, посланный по кольцу, последовательно пройдя всех абонентов, через некоторое время возвратится в ту же точку, к тому же абоненту, который его передавал (так как топология замкнутая). Здесь нет одновременного распространения сигнала в две стороны, как в топологии «шина». Как уже отмечалось, сети с топологией «кольцо» бывают однонаправленными (наиболее распространены) и двунаправленными.

В сети с топологией «кольцо» можно использовать различные централизованные методы управления (как в звезде), а также методы случайного доступа (как в шине), но чаще выбирают все-таки специфические методы управления, в наибольшей степени соответствующие особенностям кольца.

Самые популярные методы управления в кольцевых сетях – *маркерные (эстафетные)*, которые используют маркер (эстафету) – небольшой управляющий пакет специального вида. Именно эстафетная передача маркера по кольцу позволяет передавать право на захват сети от одного абонента к другому. Маркерные методы относятся к децентрализованным и детерминированным методам управления обменом в сети. В них нет явно выраженного центра, но существует четкая система приоритетов, и поэтому не бывает конфликтов.

Работа маркерного метода управления в сети с топологией «кольцо» представлена на рис. 5.8.

По кольцу непрерывно ходит специальный управляющий пакет минимальной длины, маркер, предоставляющий абонентам право передавать свой пакет. Алгоритм действий абонентов:

1) абонент 1, желающий передать свой пакет, должен дождаться прихода к нему свободного маркера. Затем он присоединяет к маркеру свой пакет, помечает маркер как занятый и отправляет эту посылку следующему по кольцу абоненту;

2) все остальные абоненты (2, 3, 4), получив маркер с присоединенным пакетом, проверяют, им ли адресован пакет. Если пакет адресован не им, то они передают полученную посылку (маркер + пакет) дальше по кольцу;

3) если какой-то абонент (в данном случае это абонент 3) распознает пакет как адресованный ему, то он его принимает, устанавливает в маркере бит подтверждения приема и передает посылку (маркер + пакет) дальше по кольцу;

4) передававший абонент 1 получает свою посылку, прошедшую по всему кольцу, обратно, помечает маркер как свободный, удаляет из сети свой пакет и посылает свободный маркер дальше по кольцу. Абонент, желающий передавать, ждет этого маркера, и все повторяется снова.

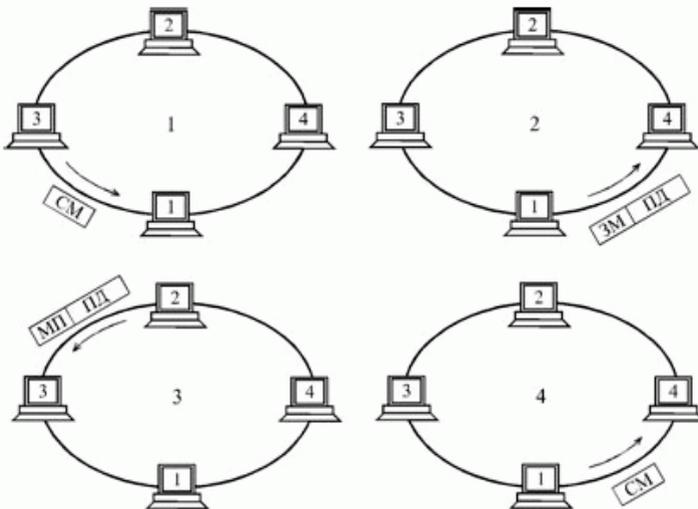


Рис. 5.8. Маркерный метод управления обменом: СМ – свободный маркер; ЗМ – занятый маркер; МП – занятый маркер с подтверждением, ПД – пакет данных

В данном случае имеет место географический приоритет, т. е. право передачи после освобождения сети переходит к следующему по направлению кольца абоненту от последнего передававшего абонента. Но эта система приоритетов работает только при большой интенсивности обмена. При малой интенсивности обмена все абоненты равноправны, и время доступа к сети каждого из них определяется только положением маркера в момент возникновения заявки на передачу.

В чем-то рассматриваемый метод похож на метод опроса (централизованный), хотя явно выделенного центра здесь не существует. Однако некий центр обычно все-таки присутствует. Один из абонентов (или специальное устройство) должен следить, чтобы маркер не потерялся в процессе прохождения по кольцу (например, из-за действия помех или сбоя в работе какого-то абонента, а также из-за подключения и отключения абонентов). В противном случае механизм доступа работать не будет. Следовательно, надежность управления в данном случае снижается (выход центра из строя приводит к полной дезорганизации обмена). Существуют специальные средства для повышения надежности и восстановления центра контроля маркера.

Основное преимущество маркерного метода перед CSMA/CD состоит в гарантированной величине времени доступа. Его максимальная величина, как и при централизованном методе, составит $(N - 1) \cdot t_{\text{пк}}$, где N – полное число абонентов в сети, $t_{\text{пк}}$ – время прохождения пакета по кольцу. Маркерный метод управления при большой интенсивности обмена в сети (загруженность более 30 – 40 %) гораздо эффективнее случайных методов. Он позволяет сети работать с большей нагрузкой, которая теоретически может приближаться к 100 %.

Метод маркерного доступа используется не только в кольце (например в сети IBM Token Ring или FDDI), но и в шине (в частности сеть Arcnet-BUS), а также в пассивной звезде (к примеру сеть Arcnet-STAR). В этих случаях реализуется не физическое, а логическое кольцо, т. е. все абоненты последовательно передают друг другу маркер, и эта цепочка передачи

маркеров замкнута в кольцо (рис. 5.9). При этом совмещаются достоинства физической топологии «шина» и маркерного метода управления.



Рис. 5.9. Применение маркерного метода управления в шине

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Что представляют собой централизованные и децентрализованные, детерминированные и случайные методы управления обменом в сети?
2. Как происходит управление обменом в сети с топологией «звезда»?
3. Как происходит управление обменом в сети с топологией «шина»?
4. Как происходит управление обменом в сети с топологией «кольцо»?
5. Что такое коллизия?
6. В каких сетях используется метод маркерного доступа?

Глава 6. Обобщенная задача коммутации

Если топология сети не полносвязная, то обмен данными между произвольной парой конечных узлов (абонентов) должен идти в общем случае через *транзитные узлы*.

Например, в сети на рис. 6.1 узлы 2 и 4, непосредственно друг с другом не связанные, вынуждены передавать данные через транзитные узлы, в качестве которых могут использоваться, например, узлы 1 и 5. Узел 1 должен выполнить передачу данных с интерфейса А на интерфейс В, а узел 5 – с интерфейса F на В.

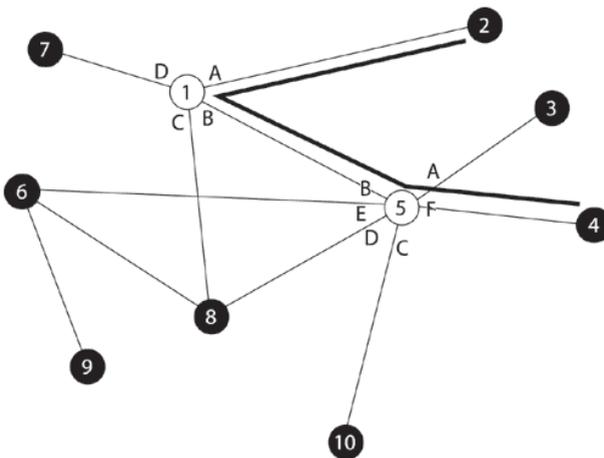


Рис. 6.1. Коммутация абонентов через сеть транзитных узлов

Последовательность транзитных узлов (сетевых интерфейсов) на пути от отправителя к получателю называется *маршрутом*.

В самом общем виде *задача коммутации* – задача соединения конечных узлов через сеть транзитных узлов, может быть представлена в виде нескольких взаимосвязанных частных задач.

1. Определение информационных потоков, для которых требуется прокладывать пути.
2. Определение маршрутов для потоков.
3. Сообщение о найденных маршрутах узлам сети.
4. Продвижение и распознавание потоков и локальная коммутация на каждом транзитном узле.
5. Мультиплексирование и демуплексирование потоков.

6.1. Определение информационных потоков

Понятно, что через один транзитный узел может проходить несколько маршрутов, например через узел 5 проходят данные, направляемые узлом 4 каждому из остальных узлов, а также все данные, поступающие в узлы 3 и 10. Транзитный узел должен уметь распознавать поступающие на него потоки данных, чтобы обеспечивать их передачу именно на те интерфейсы, которые ведут к нужному узлу.

Информационным потоком (data flow, data stream) называют последовательность данных, объединенных набором общих признаков, который выделяет эти данные из общего сетевого трафика.

Данные могут быть представлены в виде последовательности байтов или объединены в более крупные единицы данных – пакеты, кадры, ячейки. Например, все данные, поступающие от одного компьютера, можно определить как единый поток, а можно представить как совокупность нескольких подпотоков, каждый из которых в качестве дополнительного признака имеет адрес назначения. Каждый из этих подпотоков, в свою очередь, можно разделить на еще более мелкие подпотоки данных, например, относящихся к разным сетевым приложениям – электронной почте, копированию файлов, обращению к Web-серверу.

Понятие потока используется при решении различных сетевых задач, и в зависимости от конкретного случая определяется соответствующий набор признаков. В задаче коммутации, суть которой – передача данных из одного конечного узла в другой, при определении потоков в роли обязательных признаков, очевидно, должны выступать адрес отправителя и адрес назначения данных. Тогда каждой паре конечных узлов будет соответствовать один поток и один маршрут.

Однако не всегда достаточно определить поток только парой адресов. Если на одной и той же паре конечных узлов выполняется несколько взаимодействующих по сети приложений, которые предъявляют к ней свои особые требования, поток данных между двумя конечными узлами должен быть разделен на

несколько подпотоков так, чтобы для каждого из них можно было проложить свой маршрут. В таком случае выбор пути должен осуществляться с учетом характера передаваемых данных. Например, для файлового сервера важно, чтобы передаваемые им большие объемы данных направлялись по каналам с высокой пропускной способностью, а для программной системы управления, которая посылает в сеть короткие сообщения, требующие обязательной и немедленной обработки, при выборе маршрута важнее надежность линии связи и минимальный уровень задержек. В таком примере набор признаков потока должен быть расширен за счет информации, идентифицирующей предложение.

Кроме того, даже для данных, предъявляющих к сети одинаковые требования, может прокладываться несколько маршрутов, чтобы за счет распараллеливания добиться одновременного использования различных каналов и тем самым ускорить передачу данных. В данном случае необходимо «пометить» данные, которые будут направляться по каждому из этих маршрутов.

Признаки потока могут иметь глобальное или локальное значение. В первом случае они однозначно определяют поток в пределах всей сети, а во втором – в пределах одного транзитного узла. Пара уникальных адресов конечных узлов для идентификации потока – это пример глобального признака. Примером признака, локально определяющего поток в пределах устройства, может служить номер (идентификатор) интерфейса устройства, с которого поступили данные. Например, узел 1 (см. рис. 6.1) может быть сконфигурирован так, что он передает все данные, поступившие с интерфейса А, на интерфейс С, а данные, поступившие с интерфейса D, на интерфейс В. Такое правило позволяет разделить два потока данных – поступающий из узла 2 и поступающий из узла 7 – и направлять их для транзитной передачи через разные узлы сети: данные из узла 2 через узел 8, а данные из узла 7 – через узел 5.

Существует особый тип признака – метка потока. Она может иметь глобальное значение, уникально определяющее поток в пределах сети. В таком случае метка в неизменном виде закреп-

пляется за потоком на всем протяжении пути его следования от узла источника до узла назначения. В некоторых технологиях используются локальные метки потока, значения которых динамически меняются при передаче данных от одного узла к другому.

Определить потоки – значит задать для них набор отличительных признаков, на основании которых коммутаторы смогут направлять потоки по предназначенным для них маршрутам.

6.2. Определение маршрутов

Определение пути, т. е. последовательности транзитных узлов и их интерфейсов, через которые надо передавать данные, чтобы доставить их адресату – сложная задача, особенно когда конфигурация сети такова, что между парой взаимодействующих сетевых интерфейсов существует множество путей. Задача определения маршрутов состоит в выборе из всего множества одного или нескольких путей. И хотя в частном случае множества имеющихся и выбранных путей могут совпадать, чаще всего выбор останавливают на одном оптимальном по некоторому критерию маршруте.

В качестве *критериев выбора* могут выступать, например:

- номинальная пропускная способность;
- загруженность каналов связи;
- задержки, вносимые каналами;
- количество промежуточных транзитных узлов;
- надежность каналов и транзитных узлов.

Заметим, что даже в том случае, когда между конечными узлами существует единственный путь, его определение при сложной топологии сети может представлять собой нетривиальную задачу.

Маршрут может определяться эмпирически («вручную») администратором сети, который, используя различные, часто неформализуемые соображения, анализирует топологию сети и задает последовательность интерфейсов, которую должны пройти данные, чтобы достичь получателя. Среди побудительных мотивов выбора того или иного пути могут быть: особые требо-

вания к сети со стороны различных типов приложений, решение передавать трафик через сеть определенного провайдера, предположения о пиковых нагрузках на некоторые каналы сети, соображения безопасности.

Однако эвристический подход к определению маршрутов для большой сети со сложной топологией не подходит. В этом случае задача решается чаще всего автоматически. Для этого конечные узлы и другие устройства сети оснащают специальными программными средствами, которые организуют взаимный обмен служебными сообщениями, позволяющий каждому узлу составить свое представление о топологии сети. Затем на основе этого исследования и математических алгоритмов определяются наиболее рациональные маршруты.

Определить маршрут – значит однозначно задать последовательность транзитных узлов и их интерфейсов, через которые надо передавать данные, чтобы доставить их адресату.

Оповещение сети о выбранном маршруте

После того как маршрут определен (вручную или автоматически), следует «сообщить» о нем всем устройствам сети. Сообщение о маршруте должно нести каждому транзитному устройству примерно такую информацию: «Если придут данные, относящиеся к потоку n , то нужно передать их на интерфейс F ».

Сообщение о маршруте обрабатывается транзитным устройством, в результате чего создается новая запись в таблице коммутации, в которой локальному или глобальному признаку (признакам) потока (например метке, номеру входного интерфейса или адресу назначения) ставится в соответствие номер интерфейса, на который устройство должно передать данные, относящиеся к этому потоку.

Ниже помещен фрагмент таблицы коммутации, содержащий запись, сделанную на основании сообщения о необходимости передачи потока n на интерфейс F .

Признаки потока	Направление передачи данных: номер интерфейса и/или адрес следующего узла
n	F

Конечно, структура сообщения о маршруте и содержимое таблицы коммутации зависят от конкретной технологии, однако эти особенности не меняют сущности рассматриваемых процессов.

Передача информации о выбранных маршрутах так же, как и определение маршрута, может осуществляться и вручную, и автоматически. Администратор сети может зафиксировать маршрут, выполнив конфигурацию устройства вручную, например жестко скоммутировав на длительное время определенные пары входных и выходных интерфейсов. Он может также по собственной инициативе внести запись о маршруте в таблицу коммутации. Однако поскольку топология сети и информационных потоков может меняться (отказ или появление новых промежуточных узлов, изменение адресов или определение новых потоков), то гибкое решение задач определения и назначения маршрутов предполагает постоянный анализ состояния сети и обновление маршрутов и таблиц коммутации, что требует применения средств автоматизации.

Оповестить сеть о найденных маршрутах – значит вручную или автоматически настроить каждый коммутатор таким образом, чтобы он «знал», в каком направлении следует передавать каждый поток.

Продвижение и распознавание потоков

Когда сеть оповещена о маршрутах, она может начать выполнять свои функции по соединению или коммутации абонентов. Для каждой пары абонентов эта операция может быть представлена совокупностью нескольких (по числу транзитных узлов) локальных операций коммутации. Отправитель должен выставить данные на тот порт, из которого выходит найденный маршрут, а все транзитные узлы должны соответствующим образом выполнить «переброску» данных с одного своего порта на другой, другими словами, выполнить коммутацию.

Устройство, предназначенное для выполнения коммутации, называется коммутатором (switch). Он производит коммутацию входящих в его порты информационных потоков, направляя их в соответствующие выходные порты (рис. 6.2).

Однако прежде чем выполнить коммутацию, коммутатор должен распознать поток. Для этого поступившие данные проверяются на наличие признаков какого-либо из потоков, заданных в таблице коммутации. Если произошло совпадение, то эти данные направляются на тот интерфейс, который был определен для них в маршруте.

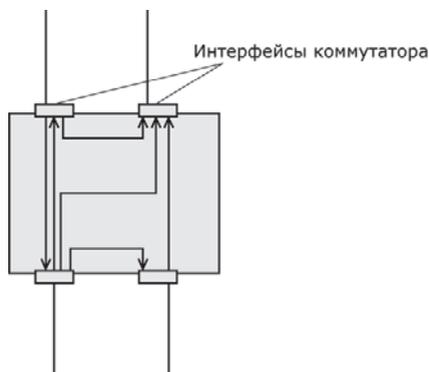


Рис. 6.2. Коммутатор

Термины «коммутация», «таблица коммутации» и «коммутатор» в телекоммуникационных сетях могут трактоваться неоднозначно. Термин «коммутация» уже был определен как процесс соединения абонентов сети через транзитные узлы. Этим же термином обозначается и соединение интерфейсов в пределах отдельного транзитного узла. Коммутатором в широком смысле слова называется устройство любого типа, способное выполнять операции переключения потока данных с одного интерфейса на другой. Операция коммутации может быть выполнена в соответствии с различными правилами и алгоритмами. Некоторые способы коммутации и соответствующие им таблицы и устройства получили специальные названия (например маршрутизация, таблица маршрутизации, маршрутизатор). В то же время за другими специальными типами коммутации и соответствующими устройствами закрепились те же самые названия (коммутация, таблица коммутации и коммутатор), которые используются в узком смысле, например коммутация и коммута-

тор локальной сети. В телефонных сетях, которые появились намного раньше компьютерных, также используется аналогичная терминология, здесь коммутатор – синонимом телефонной станции. Из-за солидного возраста и гораздо большей (пока) распространенности телефонных сетей чаще всего в телекоммуникациях под термином «коммутатор» понимают именно телефонный коммутатор.

Коммутатором может быть как специализированное устройство, так и универсальный компьютер со встроенным программным механизмом коммутации, в этом случае коммутатор называется *программным*. Компьютер может совмещать функции коммутации данных, направляемых на другие узлы, с выполнением своих обычных функций конечного узла. Однако во многих случаях более рационально решение, в соответствии с которым некоторые узлы в сети выделяются специально для выполнения коммутации. Эти узлы образуют *коммутационную сеть*, к которой подключаются все остальные. На рис. 6.3 показана коммутационная сеть, образованная из узлов 1, 5, 6 и 8, к которой подключаются конечные узлы 2, 3, 4, 7, 9 и 10.

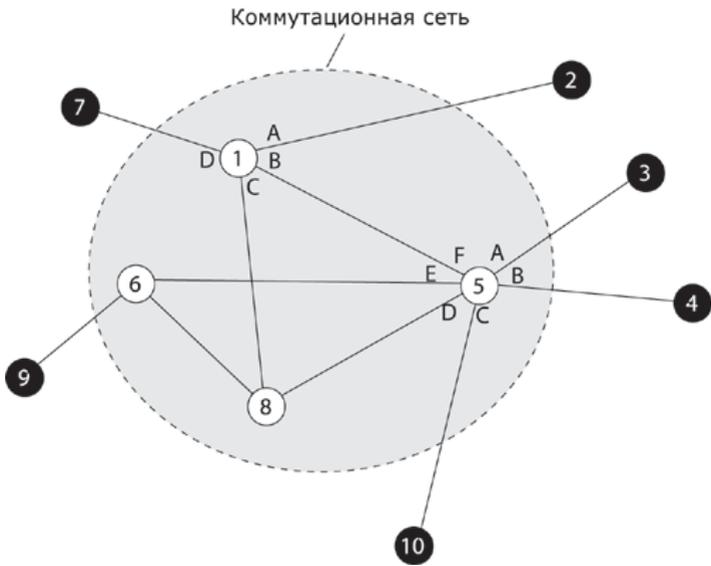


Рис. 6.3. Коммутационная сеть

6.3. Мультиплексирование и демультиплексирование

Прежде чем выполнить переброску данных на определенные для них интерфейсы, коммутатор должен понять, к какому потоку они относятся. Эта задача должна решаться независимо от того, поступает ли на вход коммутатора только один поток в «чистом» виде или «смешанный» поток, который объединяет в себе несколько потоков. В последнем случае к задаче распознавания добавляется задача демультиплексирования.

Задача демультиплексирования (demultiplexing) – это разделение суммарного агрегированного потока, поступающего на один интерфейс, на несколько составляющих потоков.

Как правило, операцию коммутации сопровождает также обратная операция – мультиплексирование.

Задача мультиплексирования (multiplexing) – это образование из нескольких отдельных потоков общего агрегированного потока, который можно передавать по одному физическому каналу связи.

Операции мультиплексирования и демультиплексирования имеют такое же важное значение в любой сети, как и операции коммутации, потому что без них пришлось бы все коммутаторы связывать большим количеством параллельных каналов, что свело бы на нет все преимущества неполносвязной сети.

На рис. 6.4 показан фрагмент сети, состоящий из трех коммутаторов. Коммутатор 1 имеет пять сетевых интерфейсов. Рассмотрим, что происходит на интерфейсе 1. Сюда поступают данные с трех интерфейсов – int.3, int.4 и int.5. Все их надо передать в общий физический канал, т. е. выполнить операцию мультиплексирования. Мультиплексирование представляет собой способ обеспечения доступности имеющихся физических каналов одновременно для нескольких сеансов связи между абонентами сети.

Существует множество способов мультиплексирования потоков в одном физическом канале, и важнейшим из них является разделение времени. При этом способе каждый поток время от времени (с фиксированным или случайным периодом) получает в свое распоряжение физический канал и передает по нему дан-

ные. Очень распространено также частотное разделение канала, когда каждый поток передает данные в выделенном ему частотном диапазоне.

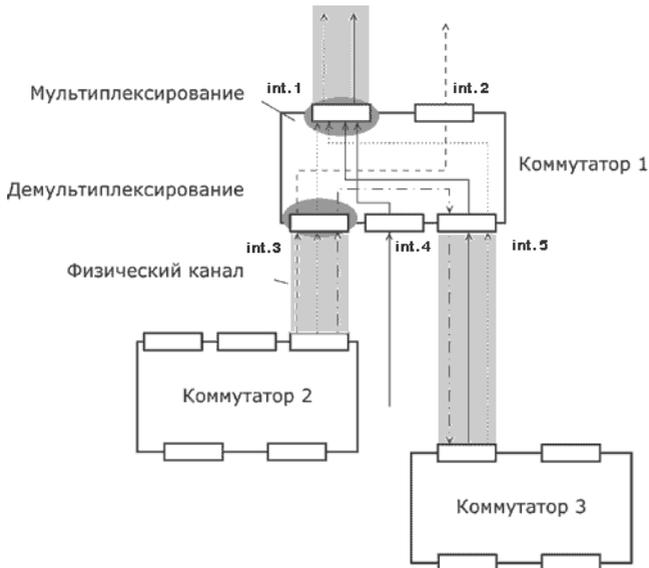


Рис. 6.4. Операции мультиплексирования и демультимплексирования потоков при коммутации

Технология мультиплексирования должна позволять получателю такого суммарного потока выполнять обратную операцию – разделение (демультимплексирование) данных на составляющие потоки. На интерфейсе int.3 коммутатор выполняет демультимплексирование потока на три составляющих подпотока. Один из них он передает на интерфейс int.1, другой – на int.2, а третий – на int.5. На интерфейсе int.2 нет необходимости выполнять мультиплексирование или демультимплексирование – этот интерфейс выделен одному потоку в монопольное пользование. В общем случае на каждом интерфейсе могут одновременно выполняться обе задачи – мультиплексирование и демультимплексирование.

Частный случай коммутатора (рис. 6.5, а), у которого все входящие информационные потоки коммутируются на один выходной интерфейс, где мультиплексируются в один агрегированный поток и направляются в один физический канал, называется *мультиплексором (multiplexer, mux)*. Коммутатор (рис. 6.5, б), который имеет один входной интерфейс и несколько выходных, называется *демультиплексором*.

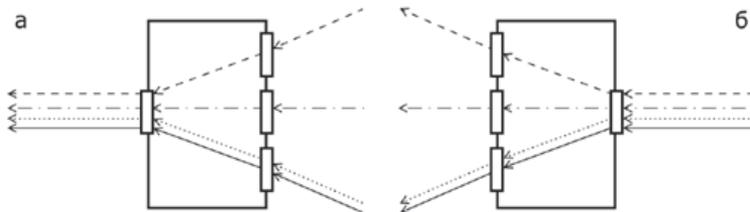


Рис. 6.5. Коммутатор: а – мультиплексор; б – демультиплексор

6.4. Разделяемая среда передачи данных

Еще один параметр, характеризующий использование разделяемых каналов связи, – количество узлов, подключенных к такому каналу. В приведенных выше примерах к каналу связи подключались только два взаимодействующих узла, точнее, два интерфейса. В телекоммуникационных сетях используется и другой вид подключения, когда к одному каналу подключается несколько интерфейсов. Такое множественное подключение интерфейсов порождает уже рассмотренную выше топологию «общая шина», иногда называемую также шлейфовым подключением. Во всех этих случаях возникает проблема согласованного использования канала несколькими интерфейсами. Ниже на рис. 6.6, 6.7, 6.8 показаны различные варианты разделения каналов связи между интерфейсами.

На рис. 6.6 коммутаторы К1 и К2 связаны двумя однонаправленными физическими каналами, т. е. такими каналами, по которым информация может передаваться только в одном направлении. Здесь передающий интерфейс является активным, и физическая среда передачи находится целиком и полностью под

его управлением. Пассивный интерфейс только принимает данные. Проблемы разделения канала между интерфейсами здесь нет. Заметим, однако, что задача мультиплексирования потоков данных в канале при этом сохраняется. На практике два однонаправленных канала, реализующие в целом дуплексную связь между двумя устройствами, обычно считаются одним дуплексным каналом, а два интерфейса одного устройства рассматриваются как передающая и принимающая части одного и того же интерфейса.



Рис. 6.6. Два однонаправленных физических канала

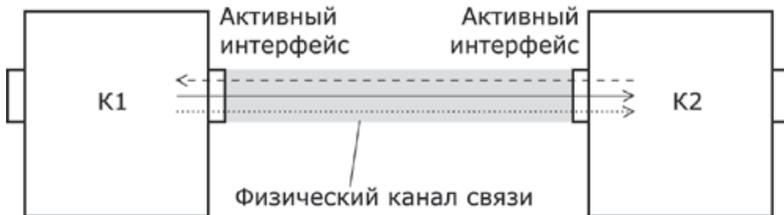


Рис. 6.7. Один полудуплексный канал

На рис. 6.7 коммутаторы K1 и K2 связаны каналом, который может передавать данные в обе стороны, но только попеременно. При этом возникает необходимость в механизме согласования доступа интерфейсов K1 и K2 к такому каналу. Обобщение

этого варианта – случай, показанный на рис. 6.8, когда к каналу связи подключается несколько (больше двух) интерфейсов, образуя общую шину.



Рис. 6.8. Схема «общая шина»

Совместно используемый несколькими интерфейсами физический канал называют разделяемым (shared). Часто используется также термин «разделяемая среда» (shared media) передачи данных. Разделяемые каналы связи применяют не только для связей типа коммутатор-коммутатор, но и для связей компьютер-коммутатор и компьютер-компьютер.

Существуют различные способы организации *совместного доступа к разделяемым линиям связи*. В одних случаях используют централизованный подход, когда доступом управляет специальное устройство – арбитр, в других – децентрализованный. Внутри компьютера проблемы разделения линий связи между различными модулями также существуют. Примером может служить доступ к системной шине, которым управляет либо процессор, либо специальный *арбитр шины*. В сетях организация совместного доступа к линиям связи имеет свою специфику из-за существенно большего времени распространения сигналов по линиям связи. Из-за этого процедуры согласования доступа к линии связи могут занимать слишком много времени и приводить к значительному снижению производительности сети.

Несмотря на все эти сложности в локальных сетях разделяемые среды используются очень часто. Этот подход, в частности, реализован в широко распространенных классических технологиях Ethernet, Token Ring, FDDI. В глобальных сетях разделяемые между интерфейсами среды практически не используются. Это объясняется тем, что большие временные задержки при распространении сигналов вдоль протяженных каналов связи приводят к слишком длительным переговорным процедурам доступа к разделяемой среде, сокращая до неприемлемого уровня долю полезного использования канала связи для передачи данных абонентов.

Однако в последние годы наметилась тенденция отказа от разделяемых сред передачи данных и в локальных сетях. Это связано с тем, что за достигаемое таким образом снижение стоимости сети приходится расплачиваться производительностью. Сеть с разделяемой средой при большом количестве узлов всегда будет работать медленнее, чем аналогичная сеть с индивидуальными линиями связи, так как пропускная способность индивидуальной линии связи достается одному компьютеру, а при совместном использовании делится на все компьютеры сети. Часто с такой потерей производительности приходится мириться ради увеличения экономической эффективности сети. Не только в классических, но и в новых технологиях, разработанных для локальных сетей, сохраняется режим разделяемых линий связи. Например, разработчики технологии Gigabit Ethernet, принятой в 1998 году в качестве нового стандарта, включили режим деления передающей среды в свои спецификации наряду с режимом работы по индивидуальным линиям связи.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Из каких взаимосвязанных частных задач состоит задача коммутации?
2. Что такое информационный поток?
3. В чем заключается задача определения маршрутов?
4. Что значит оповещение сети о выбранном маршруте?
5. Опишите структуру коммутационной сети.
6. Раскройте схему мультиплексирования и демультиплексирования.
7. Что такое разделяемая задача передачи данных?

Глава 7. Общая структура телекоммуникационной сети

Ярко выраженная в последнее время тенденция сближения различных типов сетей характерна не только для локальных и глобальных компьютерных сетей, но и для телекоммуникационных сетей других типов.

К телекоммуникационным сетям в настоящее время можно отнести:

- телефонные сети;
- радиосеть;
- телевизионные сети;
- компьютерные сети.

Во всех этих сетях предоставляемым клиентам ресурсом является информация.

Таблица характеризует изначальное распределение вида услуг и формы представления информации в сетях разного типа.

Вид телекоммуникационной сети	Вид услуг	Вид представления информации
Телефонные сети	Интерактивные услуги	Только голосовая информация
Радиосети	Широковещательные услуги	Только голосовая информация
Телевизионные сети	Широковещательные услуги	Голос и изображение
Компьютерные сети	Все услуги	Алфавитно-цифровое

Телефонные сети оказывают интерактивные услуги (*interactive services*), так как два абонента, участвующие в разговоре (или несколько абонентов, если это конференция), попеременно проявляют активность.

Радиосети и телевизионные сети оказывают широковещательные услуги (*broadcast services*), при этом информация распространяется только в одну сторону: из сети к абонентам по схеме «один ко многим» (*point-to-multipoint*).

Сегодня по многим направлениям идет конвергенция разных видов телекоммуникационных сетей.

Несмотря на то что различия между компьютерными, телефонными, телевизионными и первичными сетями, безусловно, существенны, все эти сети на достаточно высоком уровне абстракции имеют сходные структуры.

Телекоммуникационная сеть (рис. 7.1) в общем случае включает следующие компоненты:

- *сеть доступа (access network)*, которая предназначена для концентрации информационных потоков, поступающих по многочисленным каналам связи от оборудования пользователей, в сравнительно небольшом количестве узлов магистральной сети;
- *магистраль (backbone, или core network)*, которая объединяет отдельные сети доступа, обеспечивая транзит трафика между ними по высокоскоростным каналам;
- *информационные центры, или центры управления сервисами (data centers, или services control point)* – это собственные информационные ресурсы сети, на основе которых осуществляется обслуживание пользователей.

•

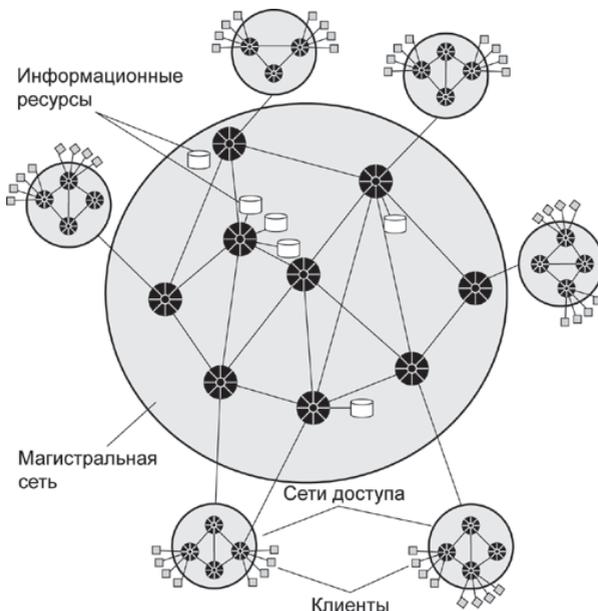


Рис. 7.1. Структура телекоммуникационной сети

И сеть доступа, и магистральная сеть строятся на базе коммутаторов. Каждый коммутатор оснащен некоторым количеством портов, которые соединяются с портами других коммутаторов каналами связи.

7.1. Сеть доступа

Сеть доступа представляет собой нижний уровень иерархии телекоммуникационной сети.

К этой сети подключаются конечные (терминальные) узлы – оборудование, установленное у пользователей (абонентов, клиентов) сети. В случае компьютерной сети конечными узлами являются компьютеры, телефонной – телефонные аппараты, а телевизионной или радиосети – соответствующие теле- и радио-приемники.

Основное назначение сети доступа – концентрация информационных потоков, поступающих по многочисленным каналам связи от оборудования пользователей, в сравнительно небольшом количестве узлов магистральной сети.

Сеть доступа, как и телекоммуникационная сеть в целом, может состоять из нескольких уровней. Коммутаторы, установленные в узлах нижнего уровня, мультиплексируют информацию, поступающую по многочисленным абонентским каналам (называемым часто абонентскими окончаниями, local loop), и передают ее коммутаторам верхнего уровня, чтобы те в свою очередь передали ее коммутаторам магистралей. Количество уровней сети доступа зависит от ее размера; небольшая сеть доступа может состоять из одного уровня, а крупная – из двух-трех. Следующие уровни осуществляют дальнейшую концентрацию трафика, собирая его и мультиплексируя в более скоростные каналы.

7.2. Магистральная сеть

Магистральная сеть объединяет отдельные сети доступа, выполняя функции транзита трафика между ними по высокоскоростным каналам. Коммутаторы магистралей могут оперировать не только информационными соединениями между отдельными

пользователями, но и агрегированными информационными потоками, переносящими данные большого количества пользовательских соединений. В результате информация с помощью магистралаи попадает в сеть доступа получателей, демультиплексируется там и коммутируется таким образом, что на входной порт оборудования пользователя поступает только та информация, которая ему адресована.

В том случае, когда абонент-получатель подключен к тому же коммутатору доступа, что и абонент-отправитель (непосредственно или через подчиненные по иерархии связи коммутаторы), последний выполняет необходимую операцию коммутации самостоятельно.

7.3. Информационные центры

Информационные центры, или центры управления сервисами – это собственные информационные ресурсы сети, на основе которых осуществляется обслуживание пользователей.

В таких центрах может храниться информация двух типов:

- пользовательская, т. е. те данные, которые непосредственно интересуют пользователей сети;
- вспомогательная служебная, позволяющая предоставлять пользователям некоторые услуги.

Примером информационных ресурсов первого типа могут служить Web-порталы, на которых расположена разнообразная справочная информация и новости, информация электронных магазинов и т.п. В телефонных сетях роль таких центров играют службы экстренного вызова (например милиции, скорой помощи) и справочные службы различных организаций и предприятий – вокзалов, аэропортов, магазинов и т.п. В телевизионных сетях такими центрами являются телестудии, поставляющие «живую» картинку или же воспроизводящие ранее записанные сюжеты или фильмы.

К ресурсам второго типа относятся, например, различные системы аутентификации и авторизации пользователей, с помощью которых организация, владеющая сетью, проверяет права пользователей на получение тех или иных услуг; системы бил-

линга, которые в коммерческих сетях подсчитывают плату за предоставленные услуги; базы данных учетной информации пользователей, хранящие имена и пароли, а также перечни услуг, на которые подписан каждый пользователь. В телефонных сетях существуют центры управления сервисами (Services Control Point, SCP), где установлены компьютеры, на которых хранятся программы нестандартной обработки телефонных вызовов пользователей, например вызовов бесплатных справочных служб коммерческих предприятий (так называемые службы 800) или вызовов при проведении телеголосования. Еще одним распространенным видом вспомогательного информационного центра является централизованная система управления сетью, которая представляет собой программное обеспечение, работающее на одном или нескольких компьютерах.

Естественно, у сетей каждого типа имеется много особенностей, тем не менее их структура в целом соответствует описанной выше. В то же время в зависимости от назначения и размера сети некоторые составляющие обобщенной структуры могут в ней отсутствовать или же иметь несущественное значение. Например, в небольшой локальной компьютерной сети нет ярко выраженных сетей доступа и магистрали – они сливаются в общую достаточно простую структуру. В корпоративной сети, как правило, система биллинга отсутствует, так как услуги сотрудникам предприятия оказываются не на коммерческой основе. В некоторых телефонных сетях могут отсутствовать информационные центры, а в телевизионных сеть доступа приобретает вид распределительной сети, так как информация в ней распространяется только в одном направлении: из сети к абонентам.

Компьютерные сети можно классифицировать по различным критериям.

Например, деление на локальные и глобальные сети происходит по территориальному признаку, т. е. по размерам территории, которую покрывает сеть. Другой важный признак классификации сетей – назначение предоставляемых услуг:

- сети операторов связи (сети провайдеров услуг) оказывают общедоступные услуги;
- корпоративные сети предоставляют услуги только сотрудникам того предприятия, которое владеет сетью.

7.4. Операторы связи и клиенты

Существуют сети, которые создаются специально для оказания общедоступных (публичных, public) телекоммуникационных услуг. Примерами таких сетей могут служить городские, региональные, национальные и международные телефонные сети. Их услугами пользуются многочисленные клиенты – владельцы домашних и мобильных телефонов, а также предприятия (корпоративные пользователи). Еще одна традиционная телекоммуникационная услуга – предоставление в аренду каналов связи. У первичных сетей PDH/SDH, создаваемых телекоммуникационным предприятием для объединения своих АТС, обычно остается неиспользуемая для внутренних нужд канальная емкость, которую логично сдавать в аренду. Типичные потребители этой услуги – крупные предприятия, которые создают с помощью арендованных каналов собственные сети – телефонные или компьютерные.

По мере роста популярности компьютерной обработки данных к набору телекоммуникационных услуг добавилась возможность объединения локальных сетей предприятий с помощью общедоступной территориальной сети передачи данных, например сети технологии X.25, frame relay, ATM или IP. Internet-революция 1990-х годов породила такую распространенную общедоступную услугу, как доступ в Internet для обмена сообщениями электронной почты и использования ресурсов многочисленных Web-сайтов. Вскоре среда Internet стала использоваться предприятиями не только для доступа к «чужим» информационным ресурсам, но и для объединения собственных, т. е. как типичная сеть передачи данных, оказывающая транспортные услуги. На стыке телефонных и компьютерных сетей начали появляться новые типы общедоступных услуг, использующие возможности комплексного применения различных технологий.

Специализированное предприятие, которое создает телекоммуникационную сеть для оказания общедоступных услуг, владеет этой сетью и поддерживает ее работу, традиционно называется *оператором связи (telecommunication carrier)*.

Операторы связи отличаются друг от друга:

- набором предоставляемых услуг;
- территорией, в пределах которой предоставляются услуги;
- типом клиентов, на которых ориентированы услуги;
- имеющейся во владении оператора инфраструктурой – линиями связи, коммутационным оборудованием, информационными серверами и т.п.

7.5. Услуги, провайдеры услуг и сетевая инфраструктура

Операторы связи осуществляют свою деятельность на коммерческой основе, заключая договоры с потребителями услуг.

Услуги можно разделить на несколько уровней и групп, используя разные критерии классификации.

1. На рис. 7.2 группы услуг определяются по типу сетей, которые их оказывают, – телефонные или компьютерные. Здесь показаны только некоторые основные уровни и группы, но и эта неполная картина хорошо иллюстрирует широту спектра современных телекоммуникационных услуг и сложность их взаимосвязей. Услуги каждого более высокого уровня опираются на услуги нижележащих уровней. Услуги предоставления в аренду каналов связи являются услугами самого нижнего уровня, так как пользователь сначала должен построить с помощью этих каналов собственную сетевую инфраструктуру (установить телефонные коммутаторы или коммутаторы пакетных сетей).

Следующий уровень составляют две большие группы услуг:

- телефонные услуги;
- услуги компьютерных сетей.

Этот уровень, в свою очередь, можно делить на подуровни, так как из более простых услуг строятся более сложные. Например, на основе услуги доступа к Internet, которая заключается в простом транспортном подключении компьютера или локальной сети к всемирной общедоступной сети, можно оказывать услуги электронной почты. Или же на основе базовой телефонной услуги соединения абонентов можно создать услугу голосовой почты.

Верхний уровень сегодня занимают комбинированные услуги, реализация которых требует совместного оперативного взаимодействия компьютерных и телефонных сетей.

Комбинированные услуги:	
<ul style="list-style-type: none"> ● IP-телефония ● Универсальная служба сообщений (Unified Messaging) 	
Услуги телефонии:	Услуги компьютерных сетей:
<ul style="list-style-type: none"> ● Соединение двух абонентов ● Доступ к справочным службам ● Переадресация вызовов ● Голосовая почта ● ... 	<ul style="list-style-type: none"> ● Доступ в Internet ● Электронная почта ● Объединение LAN ● Виртуальные частные сети ● Информационные порталы (www) ● ...
Предоставление каналов связи в аренду	

Рис. 7.2. Классификация услуг телекоммуникационной сети (закрашенные области соответствуют традиционным услугам операторов связи)

2. Услуги можно классифицировать в зависимости от того, предоставляется ли клиенту дополнительная информация:

- услуги, состоящие в передаче трафика в неизменном виде между абонентами сети;
- услуги, состоящие в предоставлении пользователю информации, созданной оператором или операторами связи.

Телефонный разговор – это пример услуги первого типа, так как информация создается абонентами сети, а оператор только доставляет ее от одного абонента к другому. К этому же типу относится услуга соединения двух локальных сетей клиента с помощью сети передачи данных оператора. Примеры услуг второго типа (их обычно называют информационными) – это услуги справочных служб телефонной сети или услуги какого-либо Web-сайта.

3. Еще один общепотребительный признак классификации услуг – наличие или отсутствие интерактивности. Если при оказании услуги попеременно и в реальном масштабе времени активны два (или более) абонента, то это интерактивная услуга.

Телефонный разговор – классический пример интерактивной услуги. Если же абонент только получает информацию, передаваемую по сети, то это не интерактивная услуга. Например, таковы услуги радио и телевидения, аналогичные услуги представляют Web-сайты, однако здесь грань между интерактивностью и неинтерактивностью провести зачастую сложно, так как пользователь может активно участвовать в просмотре содержимого сайта, играя или отвечая на вопросы анкеты.

Каждый оператор связи оказывает те услуги из общего набора, которые ему представляются наиболее соответствующими его профилю и экономически выгодными. В большинстве стран мира (и в России тоже) операторы связи должны получать от государственных органов лицензии на оказание тех или иных услуг связи. Такое положение существовало не всегда: практически во всех странах были операторы, которые фактически являлись монополистами на рынке телекоммуникационных услуг в масштабах страны. Сегодня происходит процесс демонополизации этой области деятельности, бывшие монополисты продолжают работать, но им приходится бороться за клиентов с новыми операторами, которых часто называют альтернативными, так как благодаря им у пользователей действительно появляется свобода выбора.

Все множество клиентов – потребителей инфотелекоммуникационных услуг – можно разделить на два больших лагеря:

- массовые индивидуальные клиенты;
- корпоративные клиенты.

7.6. Массовые индивидуальные клиенты

В первом случае место потребления услуг – квартира или частный дом, а клиенты – жильцы этой квартиры, которым нужны прежде всего базовые услуги – телефонная связь, телевидение, радио и (пока еще не всем) выход в Internet.

Для массовых клиентов очень важна экономичность услуги, возможность использования стандартных терминальных устройств (телефонные аппараты, телевизионные приемники, персональные компьютеры), а также существующей в квартире

проводки в виде телефонной пары и телевизионного коаксиального кабеля. Сложные в обращении и дорогие терминальные устройства, такие как, например, включающие компьютер телевизоры или IP-телефоны, вряд ли станут массовыми до тех пор, пока не приблизятся по стоимости к обычному телевизору или телефону и не будут поддерживать простой пользовательский интерфейс, не требующий для освоения прослушивания специальных курсов.

Существующая в наших домах проводка – это серьезное ограничение для предоставления услуг доступа в Internet и новых услуг компьютерных сетей, так как она не рассчитана на передачу данных, а подведение к каждому дому нового качественного кабеля, например волоконно-оптического, обойдется недешево. Поэтому доступ в Internet чаще всего осуществляется с помощью низкоскоростного модемного соединения по телефонной сети. Однако постепенно развиваются новые технологии – так называемые технологии цифровых абонентских линий, позволяющие передавать по существующей телефонной проводке данные с более высокой скоростью, чем обычные модемы, например технология ADSL.

7.7. Корпоративные клиенты

Корпоративные клиенты – это предприятия и организации различного профиля. Небольшие предприятия по набору предпочтительных услуг не слишком отличаются от массовых клиентов – это та же базовая телефония и телевидение, только телефонных номеров такому предприятию может потребоваться не один, а два-три, да и потребности в передаче данных сводятся к стандартному модемному доступу к Internet.

Крупные же предприятия, состоящие из нескольких территориально рассредоточенных отделений и филиалов, а также имеющие сотрудников, часто работающих дома, нуждаются в расширенном наборе услуг. Прежде всего такой услугой является виртуальная частная сеть (Virtual Private Network, VPN), когда оператор связи создает для предприятия иллюзию того, что все его отделения и филиалы соединены частной, т. е. полно-

стью принадлежащей и управляемой предприятием-клиентом сетью, в то время как на самом деле используется сеть оператора, т. е. общедоступная сеть, одновременно передающая данные многих клиентов. Услуги VPN могут предоставляться как для телефонии (например корпоративные пользователи звонят по сокращенным внутренним номерам), так и для сетей передачи данных.

В последнее время корпоративные клиенты все чаще пользуются не только коммуникационными, но и информационными услугами операторов, например переносят собственные Web-сайты и базы данных на территорию оператора, поручая последнему поддерживать их работу и обеспечивать быстрый доступ к ним для сотрудников предприятия и, возможно, других пользователей сети оператора.

Крупные корпоративные клиенты требуют расширенного набора услуг, и оператор может взяться за прокладку новой физической линии связи до помещения такого клиента и установку сложных коммуникационных устройств.

Одни операторы оказывают услуги как массовым, так и корпоративным клиентам, другие специализируются только на одной категории потребителей.

7.8. Инфраструктура

Кроме субъективных и правовых причин на формирование набора предлагаемых оператором услуг оказывает влияние материально-технический фактор, так как для предоставления определенной услуги оператор должен владеть соответствующей аппаратно-программной инфраструктурой. Так, для оказания услуг по аренде каналов оператор должен иметь в своем распоряжении транспортную сеть, например первичную сеть PDH/SDH или же сеть с коммутацией каналов, такую как ISDN. Для оказания информационных Web-услуг он должен создать собственный сайт, который должен быть соединен с Internet, чтобы пользователи Internet могли получить доступ к нему.

В тех случаях, когда у оператора отсутствует необходимая инфраструктура для оказания некоторой услуги, он может воспользоваться услугами другого оператора, на основе которых требуемая услуга может быть сконструирована. Например, для создания общедоступного Web-сайта электронной коммерции оператор связи может не иметь собственной IP-сети, соединенной с Internet. Для этого ему достаточно только создать информационное наполнение сайта и поместить его на компьютере другого оператора, сеть которого имеет подключение к Internet. Аренда физических каналов связи для создания собственной телефонной или компьютерной сети – другой типичный пример предоставления услуг при отсутствии одного из элементов аппаратно-программной инфраструктуры.

Оператора, который предоставляет услуги другим операторам связи, часто называют *оператором операторов (carrier of carriers)*.

Физические каналы связи и другие элементы первичной транспортной инфраструктуры играют ключевую роль в предоставлении любых коммуникационных услуг, так как без них передача информации становится просто невозможной. От наличия или отсутствия собственной транспортной инфраструктуры зависит и название предприятия, оказывающего информационно-коммуникационные услуги: традиционное «оператор связи» или новое «провайдер (поставщик) услуг». Хотя каждый оператор связи, безусловно, оказывает услуги своим клиентам, т. е. является провайдером услуг, в этих терминах есть некоторая разница. Говоря «оператор связи», обычно подчеркивают то обстоятельство, что компания владеет собственной транспортной инфраструктурой, поддерживает ее функционирование и на этой основе предоставляет услуги. Обычно традиционный оператор связи в первую очередь оказывает низкоуровневые транспортные услуги: простую передачу трафика (телефонного или данных) между географическими пунктами без его дополнительной обработки. Когда же говорят «провайдер услуг», то акцент делается на том, что предприятие предоставляет новые высокоуровневые услуги, например доступ в Internet, размещение в своей

сети информационных ресурсов (Web-сайты, базы данных предприятий), но не обязательно владеет собственной развитой транспортной инфраструктурой, так как часто для их эффективной реализации достаточно арендованных сетевых ресурсов.

7.9. Территория покрытия

По степени охвата территории, на которой предоставляются услуги, операторы делятся:

- на локальных;
- региональных;
- национальных;
- транснациональных.

Локальный оператор работает на территории города или сельского района.

Традиционный локальный оператор – это оператор городской телефонной сети, который владеет всей соответствующей транспортной инфраструктурой: физическими каналами между помещениями абонентов (квартирами, домами и офисами) и узлом связи, телефонными станциями (АТС) и каналами связи между ними.

Сегодня к традиционным локальным операторам добавились альтернативные, которые часто являются провайдерами услуг нового типа, прежде всего связанных с Internet, но иногда конкурируют с традиционными операторами и в области телефонии. Несмотря на монополизацию телекоммуникационной отрасли физическими каналами доступа к абонентам по-прежнему владеют традиционные локальные операторы, т. е. «Городские телефонные сети» (ГТС), поэтому альтернативным операторам проще оказывать высокоуровневые услуги, не столь сильно зависящие от наличия прямой связи с абонентом, такие, например, как доступ в Internet, размещение в своих узлах информационных ресурсов и т.п. А для организации доступа к этим ресурсам абонентам приходится заключать договор с традиционным оператором, который направляет трафик непосредственно подключенных к нему абонентов в сеть альтернативного оператора, если абонент подписался на соответствующую

услугу. Здесь мы видим естественную специализацию операторов – каждый занимается тем делом, для которого больше подходит имеющаяся инфраструктура, при этом сотрудничество дает дополнительный эффект, порождая новые услуги.

Региональные и национальные операторы оказывают услуги на большой территории, также располагая соответствующей инфраструктурой. Традиционные операторы этого масштаба выполняют транзитную передачу телефонного трафика между телефонными станциями локальных операторов, имея в своем распоряжении крупные транзитные АТС, связанные высокоскоростными физическими каналами связи. Это операторы операторов, их клиентами являются, как правило, локальные операторы или крупные предприятия, имеющие отделения и филиалы в различных городах региона или страны. Располагая развитой транспортной инфраструктурой, такие операторы обычно оказывают услуги дальней связи, передавая транзитом большие объемы информации без какой-либо обработки. Альтернативные операторы регионального и национального масштаба могут иметь собственную транспортную инфраструктуру, но это не обязательно. В первом случае они конкурируют с традиционными операторами на рынке услуг дальней связи, а во втором – стараются оказывать дополнительные информационные услуги, заключая договоры с большим числом локальных операторов, а также с каким-либо из операторов, предоставляющих услуги дальней связи, для организации взаимодействия между своими информационными ресурсами.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Что относят к телекоммуникационным сетям?
2. Покажите структуру телекоммуникационной сети.
3. Что объединяет магистральная сеть?
4. Что такое информационный центр?
5. Какие услуги предоставляют операторы связи, провайдеры услуг?
6. Дайте определение корпоративным клиентам.
7. Как делятся операторы по территориальному признаку?

Глава 8. Корпоративные сети

Корпоративная сеть – это сеть, главным назначением которой является обеспечение функционирования конкретного предприятия, владеющего данной сетью.

Пользователи корпоративной сети – только сотрудники данного предприятия. В отличие от сетей операторов связи корпоративные сети в общем случае не оказывают услуг другим организациям или пользователям.

В зависимости от масштаба предприятия, а также от сложности и многообразия решаемых задач различают *сети отдела*, *сети кампуса* и *корпоративные сети* (термин «корпоративные» в данной классификации приобретает узкое значение – сеть большого предприятия). Прежде чем обсуждать характерные особенности каждого из перечисленных типов сетей, остановимся на тех факторах, которые заставляют предприятия обзаводиться собственной компьютерной сетью.

Что дает предприятию использование сетей?

Этот вопрос можно уточнить следующим образом.

- В каких случаях развертывание на предприятии вычислительных сетей предпочтительнее использования автономных компьютеров или многомашинных систем?

- Какие новые возможности появляются на предприятии с созданием вычислительной сети?

- И, наконец, всегда ли предприятию нужна сеть?

Если не вдаваться в подробности, то конечная цель использования компьютерных сетей на предприятии – повышение эффективности его работы, которое может выражаться, например, в увеличении прибыли. Действительно, если благодаря компьютеризации снизились затраты на производство уже существующего продукта, сократились сроки разработки новой модели или ускорилось обслуживание заказов потребителей – это означает, что данному предприятию нужна была сеть.

Концептуальное *преимущество сетей*, которое вытекает из их принадлежности к распределенным системам, перед автономно работающими компьютерами – их способность выпол-

нять параллельные вычисления. За счет этого в системе с несколькими обрабатывающими узлами в принципе можно достичь производительности, превышающей максимально возможную на данный момент производительность любого отдельного, сколь угодно мощного процессора. Распределенные системы потенциально имеют лучшее соотношение производительности и стоимости, чем централизованные системы.

Еще одно очевидное и важное достоинство распределенных систем – это их более высокая отказоустойчивость. Под отказоустойчивостью следует понимать способность системы выполнять свои функции (может быть, не в полном объеме) при отказах отдельных элементов аппаратуры и неполной доступности данных. Основой повышенной отказоустойчивости распределенных систем является избыточность. Избыточность обрабатывающих узлов (процессоров в многопроцессорных системах или компьютеров в сетях) позволяет при отказе одного узла переназначать приписанные ему задачи на другие узлы. С этой целью в распределенной системе могут быть предусмотрены процедуры динамической или статической реконфигурации. В вычислительных сетях некоторые наборы данных могут дублироваться на внешних запоминающих устройствах нескольких компьютеров сети, так что при отказе одного из них данные остаются доступными.

Использование территориально распределенных вычислительных систем соответствует распределенному характеру прикладных задач в некоторых предметных областях, таких как автоматизация технологических процессов, банковская деятельность и т. п. Во всех этих случаях имеются рассредоточенные по некоторой территории отдельные потребители информации – сотрудники, организации или технологические установки. Эти потребители автономно решают свои задачи, поэтому следовало бы предоставлять им собственные вычислительные средства, но в то же время, поскольку решаемые ими задачи логически тесно взаимосвязаны, их вычислительные средства должны быть объединены в общую систему. Оптимально в такой ситуации использование вычислительной сети.

Для пользователя распределенные системы дают еще и такие преимущества, как возможность совместного использования данных и устройств, а также гибкого распределения работ по всей системе. Такое разделение дорогостоящих периферийных устройств, таких как дисковые массивы большой емкости, цветные принтеры, графопостроители, модемы, оптические диски, во многих случаях является основной причиной развертывания сети на предприятии. Пользователь современной вычислительной сети работает за своим компьютером, часто не отдавая себе отчета в том, что он пользуется данными другого мощного компьютера, находящегося за сотни километров от него. Он отправляет электронную почту через модем, подключенный к коммуникационному серверу, общему для нескольких отделов его предприятия. У пользователя создается впечатление, что эти ресурсы подключены непосредственно к его компьютеру или же «почти» подключены, так как для работы с ними нужны незначительные дополнительные действия по сравнению с использованием действительно собственных ресурсов.

В последнее время стал преобладать другой побудительный мотив развертывания сетей, гораздо более важный в современных условиях, чем экономия средств за счет разделения между сотрудниками корпорации дорогой аппаратуры или программ. Этим мотивом стало стремление обеспечить сотрудникам оперативный доступ к обширной корпоративной информации. В условиях жесткой конкурентной борьбы в любом секторе рынка выигрывает в конечном счете та компания, сотрудники которой могут быстро и правильно ответить на любой вопрос клиента о возможностях их продукции, об условиях ее применения, о решении различных проблем и т. п. На крупном предприятии даже хороший менеджер вряд ли знает все характеристики каждого из выпускаемых продуктов, тем более что их номенклатура может обновляться каждый квартал и даже месяц. Поэтому очень важно, чтобы менеджер имел возможность со своего компьютера, подключенного к корпоративной сети, например, в Магадане передать вопрос клиента на сервер, расположенный в центральном отделении предприятия в Новосибирске, и оперативно по-

лучить ответ, удовлетворяющий клиента. В таком случае клиент не обратится в другую компанию, а будет пользоваться услугами данного менеджера и впредь.

Использование сети приводит к совершенствованию коммуникаций между сотрудниками предприятия, а также его клиентами и поставщиками. Сети снижают потребность предприятий в других формах передачи информации, таких как телефон или обычная почта. Зачастую именно возможность организации электронной почты – одна из причин развертывания на предприятии вычислительной сети. Все большее распространение получают новые технологии, которые позволяют передавать по сетевым каналам связи не только компьютерные данные, но и голосовую и видеоинформацию. Корпоративная сеть, которая интегрирует данные и мультимедийную информацию, может использоваться для организации аудио- и видеоконференций. Кроме того, на ее основе может быть создана собственная внутренняя телефонная сеть.

Преимущества, которые дает использование сетей:

- 1) интегральное преимущество – повышение эффективности работы предприятия;
- 2) способность выполнять параллельные вычисления, за счет чего может быть повышена производительность и отказоустойчивость;
- 3) большее соответствие распределенному характеру некоторых прикладных задач;
- 4) возможность совместного использования данных и устройств;
- 5) возможность гибкого распределения работ по всей системе;
- 6) оперативный доступ к обширной корпоративной информации;
- 7) совершенствование коммуникаций.

Проблемы, которые возникают при использовании сетей:

- 1) сложность разработки системного и прикладного программного обеспечения для распределенных систем;
- 2) проблемы с производительностью и надежностью передачи данных по сети;
- 3) проблема обеспечения безопасности.

Конечно, при использовании вычислительных сетей возникают и проблемы, связанные в основном с организацией эффективного взаимодействия отдельных частей распределенной системы.

Во-первых, это неполадки в программном обеспечении: операционных системах и приложениях. Программирование для распределенных систем принципиально отличается от программирования для централизованных систем. Так, сетевая операционная система, выполняя в общем случае все функции по управлению локальными ресурсами компьютера, сверх того решает многочисленные задачи, связанные с предоставлением сетевых услуг. Разработка сетевых приложений осложняется из-за необходимости организовать совместную работу их частей, выполняющихся на разных машинах. Массу хлопот доставляет и обеспечение совместимости программного обеспечения, устанавливаемого в узлах сети.

Во-вторых, много проблем связано с транспортировкой сообщений по каналам связи между компьютерами. Основные задачи здесь – обеспечение надежности (чтобы передаваемые данные не терялись и не искажались) и производительности (чтобы обмен данными происходил с приемлемыми задержками). В структуре общих затрат на вычислительную сеть расходы на решение «транспортных вопросов» составляют существенную часть, в то время как в централизованных системах эти проблемы полностью отсутствуют.

В-третьих, это вопросы, связанные с обеспечением безопасности, которые гораздо сложнее решать в вычислительной сети, чем в автономно работающем компьютере. В некоторых случаях, когда безопасность особенно важна, от использования сети лучше отказаться.

Можно приводить еще много «за» и «против», но главное доказательство эффективности использования сетей – бесспорный факт их повсеместного распространения. Сегодня трудно найти предприятие, на котором нет хотя бы односегментной сети персональных компьютеров; все больше и больше появляется сетей с сотнями рабочих станций и десятками серверов, некоторые крупные организации обзаводятся частными глобальными сетями, объединяющими их филиалы, удаленные на тысячи километров.

8.1. Сети отделов

Сети отделов – это сети, которые используются сравнительно небольшой группой сотрудников, работающих в одном отделе предприятия. Эти сотрудники решают некоторые общие задачи, например ведут бухгалтерский учет или занимаются маркетингом. Считается, что отдел может насчитывать до 100 – 150 сотрудников.

Главная цель сети отдела – разделение локальных ресурсов, таких как приложения, данные, лазерные принтеры и модемы. Обычно сети отделов имеют один или два файловых сервера, не более тридцати пользователей (рис. 8.1) и не разделяются на подсети. В этих сетях локализуется большая часть трафика предприятия. Сети отделов обычно создаются на основе какой-либо одной сетевой технологии – Ethernet, Token Ring. В такой сети чаще всего используется один или максимум два типа операционных систем. Небольшое количество пользователей позволяет применять в сетях отделов одноранговые сетевые ОС, например Windows 98/NT/2000/XP.



Рис. 8.1. Пример сети масштаба отдела

Задачи управления сетью на уровне отдела относительно просты: добавление новых пользователей, устранение простых отказов, инсталляция новых узлов и установка новых версий программного обеспечения. Такой сетью может управлять сотрудник, посвящающий выполнению обязанностей администратора только часть своего времени.

Существует и другой тип сетей, близкий к сетям отделов, – сети рабочих групп. К таким сетям относят совсем небольшие сети, включающие до 10 – 20 компьютеров. Характеристики сетей рабочих групп практически не отличаются от описанных выше характеристик сетей отделов. Такие свойства, как простота сети и однородность, здесь проявляются в наибольшей степени, в то время как сети отделов могут приближаться в некоторых случаях к следующему по масштабу типу сетей – сетям кампусов.

8.2. Сети кампусов

Сети кампусов (рис. 8.2) получили свое название от английского слова *campus* – студенческий городок. Именно на территории университетских городков часто возникала необходимость в объединении нескольких мелких сетей в одну большую. Сейчас это название не связывают со студенческими городками, а используют для обозначения сетей любых предприятий и организаций.

Сети кампусов объединяют множество сетей различных отделов одного предприятия в пределах отдельного здания или одной территории, покрывающей площадь в несколько квадратных километров. При этом глобальные соединения в сетях кампусов не используются. Службы такой сети включают взаимодействие между сетями отделов, доступ к общим базам данных предприятия, к общим факс-серверам, высокоскоростным модемам и высокоскоростным принтерам. В результате сотрудники каждого отдела предприятия получают доступ к некоторым файлам и ресурсам сетей других отделов. Сети кампусов обеспечивают доступ к корпоративным базам данных независимо от того, на каких типах компьютеров они располагаются.

Именно на уровне сети кампуса возникают проблемы интеграции неоднородного аппаратного и программного обеспечения. Типы компьютеров, сетевых операционных систем, сетевого аппаратного обеспечения в каждом отделе могут отличаться.

Отсюда вытекают сложности управления сетями кампусов. Администраторы должны быть в этом случае более квалифицированными, а средства оперативного управления сетью – более эффективными.

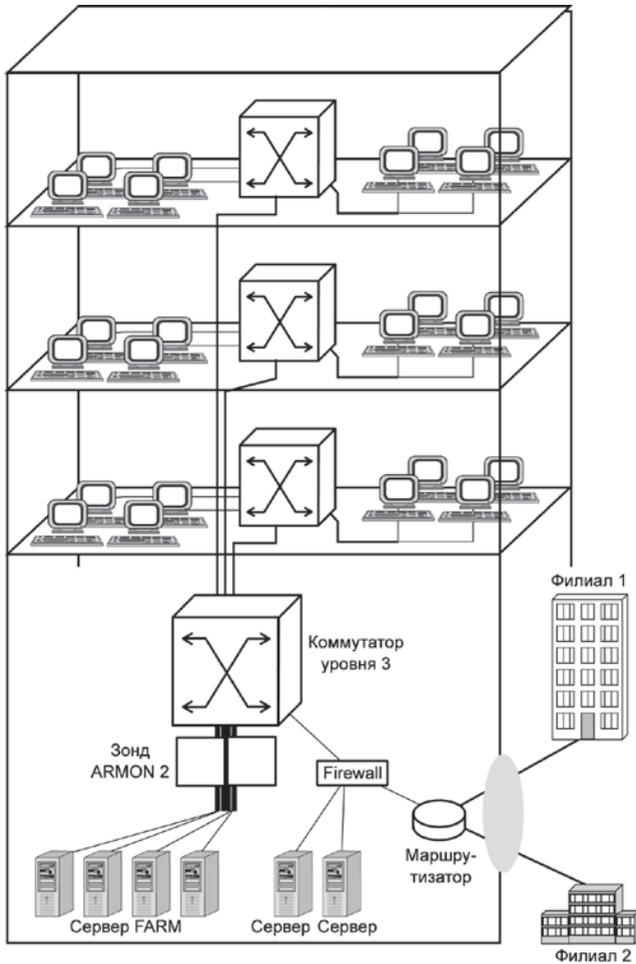


Рис. 8.2. Пример сети кампуса

8.3. Сети масштаба предприятия

Корпоративные сети называют также сетями масштаба предприятия, что соответствует дословному переводу термина «enterprise-wide networks», используемого в англоязычной литературе для обозначения этого типа сетей. Сети масштаба предприятия (корпоративные сети) объединяют большое количество компьютеров на всех территориях отдельного предприятия. Они могут быть сложно связаны и способны покрывать город, регион или даже континент. Число пользователей и компьютеров может измеряться тысячами, а число серверов – сотнями, расстояния между сетями отдельных территорий бывают такими, что приходится использовать глобальные связи (рис. 8.3). Для соединения удаленных локальных сетей и отдельных компьютеров в корпоративной сети применяются разнообразные телекоммуникационные средства, в том числе телефонные каналы, радиоканалы, спутниковая связь. Корпоративную сеть можно представить в виде «островков локальных сетей», «плавающих» в телекоммуникационной среде.

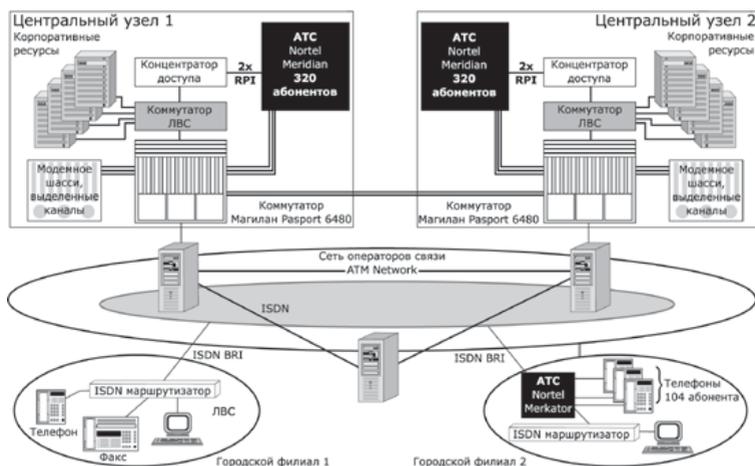


Рис. 8.3. Пример корпоративной сети

Непременный атрибут такой сложной и крупномасштабной сети – высокая степень неоднородности (гетерогенности): нельзя удовлетворить потребности тысяч пользователей с помощью однотипных программных и аппаратных средств. В корпоративной сети обязательно будут использоваться различные типы компьютеров – от мэйнфреймов до персональных ЭВМ, несколько типов операционных систем и множество различных приложений. Неоднородные части корпоративной сети должны работать как единое целое, предоставляя пользователям по возможности удобный и простой доступ ко всем необходимым ресурсам.

Сети предприятий (корпоративные сети) объединяют большое количество компьютеров на всех территориях отдельного предприятия. Для корпоративной сети характерны:

- масштабность – тысячи пользовательских компьютеров, сотни серверов, огромные объемы хранимых и передаваемых по линиям связи данных, множество разнообразных приложений;
- высокая степень гетерогенности – различные типы компьютеров, коммуникационного оборудования, операционных систем и приложений;
- использование глобальных связей – сети филиалов соединяются с помощью телекоммуникационных средств, в том числе телефонных каналов, радиоканалов, спутниковой связи.

Появление корпоративных сетей – это хорошая иллюстрация известного постулата о переходе количества в качество. При объединении отдельных сетей крупного предприятия, имеющие филиалы в разных городах и даже странах, в единую сеть многие количественные характеристики объединенной сети переходят некоторый критический порог, за которым начинается новое качество. В этих условиях существующие методы и подходы к решению традиционных задач сетей меньших масштабов для корпоративных сетей оказались непригодными. На первый план вышли такие задачи и проблемы, которые в сетях рабочих групп, отделов и даже кампусов либо имели второстепенное значение, либо вообще не проявлялись. Примером может служить простейшая (для небольших сетей) задача – ведение учетных данных о пользователях сети.

Наиболее простой способ ее решения – поместить учетные данные каждого пользователя в локальную базу учетных данных каждого компьютера, к ресурсам которого пользователь должен иметь доступ. При попытке доступа эти данные извлекаются из локальной учетной базы, и на их основе предоставляется или не предоставляется доступ. В небольшой сети, состоящей из 5 – 10 компьютеров и примерно такого же количества пользователей, этот способ работает очень хорошо. Но если в сети насчитывается несколько тысяч пользователей, каждому из которых нужен доступ к нескольким десяткам серверов, то, очевидно, это решение становится крайне неэффективным. Администратор должен повторить несколько десятков раз (по числу серверов) операцию занесения учетных данных каждого пользователя. Сам пользователь также вынужден повторять процедуру логического входа каждый раз, когда ему нужен доступ к ресурсам нового сервера. Хорошее решение этой проблемы для крупной сети – использование централизованной справочной службы, в базе данных которой хранятся учетные записи всех пользователей сети. Администратор один раз заносит данные пользователя в эту базу, а пользователь один раз выполняет процедуру логического входа, причем не в отдельный сервер, а в сеть целиком.

При переходе от более простого типа сетей к более сложному (от сетей отдела к корпоративной сети) территория охвата увеличивается, поддерживать связи компьютеров становится все сложнее. По мере увеличения масштабов сети повышаются требования к ее надежности, производительности и функциональным возможностям. По сети циркулирует всевозрастающее количество данных, и необходимо обеспечивать их безопасность наряду с доступностью. Поэтому корпоративные сети строятся на основе наиболее мощного и разнообразного оборудования и программного обеспечения.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Какие преимущества дает предприятию использование компьютерных сетей?
2. Что такое сети отделов? Приведите пример сети масштаба отдела.
3. Что такое сети кампуса? Приведите пример сети кампуса.
4. Что такое сети предприятия? Приведите пример корпоративной сети.
5. Что характерно для корпоративной сети?
6. Какие эксплуатационные требования предъявляют корпоративные сети?
7. Подумайте, как можно использовать компьютерные сети для задач управления качеством?

Глава 9. Модель взаимодействия открытых систем

Тезис о пользе стандартизации, справедливый для всех отраслей, в компьютерных сетях приобретает особое значение. Суть сети – это соединение разного оборудования, а значит, проблема совместимости является одной из наиболее острых. Без соблюдения всеми производителями общепринятых правил разработки оборудования прогресс в деле «строительства» сетей был бы невозможен. Поэтому все развитие компьютерной отрасли в конечном счете отражено в стандартах: любая новая технология только тогда приобретает «законный» статус, когда ее содержание закрепляется в соответствующем стандарте.

В компьютерных сетях идеологической основой стандартизации является многоуровневый подход к разработке средств сетевого взаимодействия. Именно на основе этого подхода была создана стандартная семиуровневая модель взаимодействия открытых систем, ставшая своего рода универсальным языком сетевых специалистов.

9.1. Декомпозиция задачи сетевого взаимодействия

Организация взаимодействия между устройствами сети – сложная задача. Как известно, для решения сложных задач используется универсальный прием – декомпозиция, т. е. разбиение одной задачи на несколько задач-модулей (рис. 9.1). Декомпозиция состоит в четком определении функций каждого модуля, а также порядка их взаимодействия (интерфейсов). В результате достигается логическое упрощение задачи и кроме того, появляется возможность модификации отдельных модулей без изменения остальной части системы.

При декомпозиции часто используют многоуровневый подход. Он заключается в следующем:

- все множество модулей, решающих частные задачи, разбивают на группы и упорядочивают по уровням, образующим иерархию;
- в соответствии с принципом иерархии для каждого промежуточного уровня можно указать непосредственно примыкающие к нему соседние вышележащий и нижележащий уровни (рис. 9.2);

- группа модулей, составляющих каждый уровень, должна быть сформирована таким образом, чтобы все модули этой группы для выполнения своих задач обращались с запросами только к модулям соседнего нижележащего уровня;
- с другой стороны, результаты работы всех модулей, отнесенных к некоторому уровню, могут быть переданы только модулям соседнего вышележащего уровня.
-

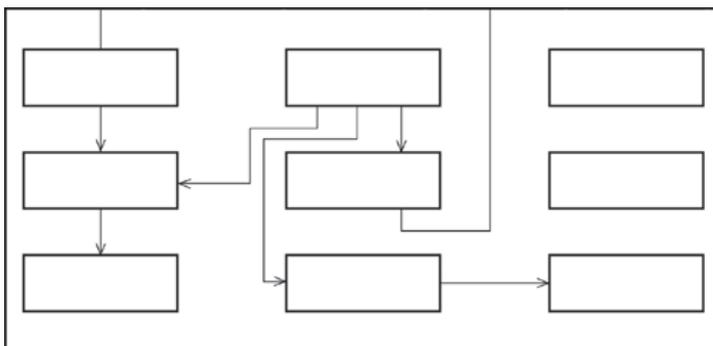


Рис. 9.1. Пример декомпозиции задачи

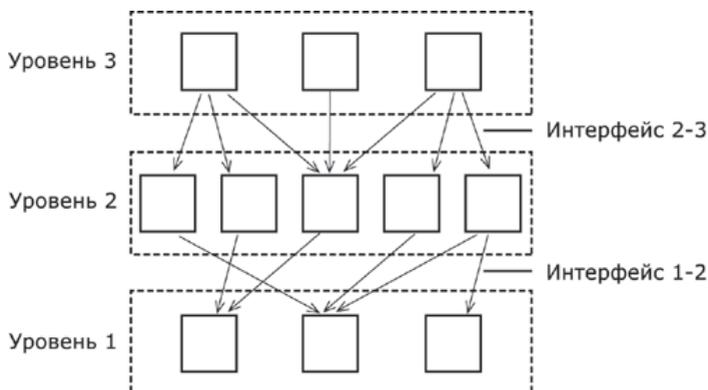


Рис. 9.2. Многоуровневый подход – создание иерархии задач

Такая иерархическая декомпозиция задачи предполагает четкое определение функции каждого уровня и интерфейсов между уровнями. Интерфейс определяет набор функций, которые нижележащий уровень предоставляет вышележащему. В результате иерархической декомпозиции достигается относительная независимость уровней, а значит, возможность их автономной разработки и модификации.

Средства решения задачи организации сетевого взаимодействия, конечно, тоже могут быть представлены в виде иерархически организованного множества модулей. Например, модулям нижнего уровня можно поручить вопросы, связанные с надежной передачей информации между двумя соседними узлами, а модулям следующего, более высокого, уровня – транспортировку сообщений в пределах всей сети. Очевидно, что последняя задача – организация связи двух любых, не обязательно соседних, узлов – является более общей, и поэтому ее можно решить посредством многократных обращений к нижележащему уровню.

Так, связывание узлов А и В (рис. 9.3) может быть сведено к последовательному связыванию пар промежуточных смежных узлов. Таким образом, модули вышележащего уровня при решении своих задач рассматривают средства нижележащего уровня как инструмент.

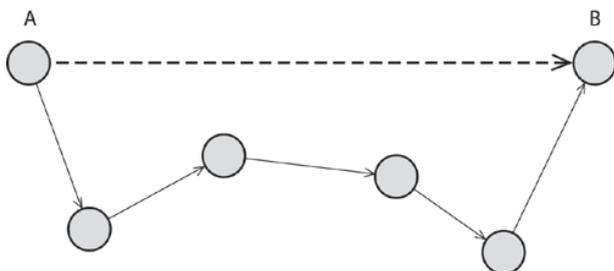


Рис. 9.3. Декомпозиция задачи связывания произвольной пары узлов на более частные задачи связывания пар соседних узлов

9.2. Протокол. Интерфейс. Стек протоколов

Многоуровневое представление средств сетевого взаимодействия имеет свою специфику, связанную с тем, что в процессе обмена сообщениями участвуют две стороны, т. е. в данном случае необходимо организовать согласованную работу двух «иерархий», работающих на разных компьютерах. Оба участника сетевого обмена должны принять множество соглашений. Например, они должны согласовать уровни и форму электрических сигналов, способ определения длины сообщений, договориться о методах контроля достоверности и т. п. Другими словами, соглашения должны быть приняты для всех уровней, начиная от самого низкого – уровня передачи битов – до самого высокого, реализующего сервис для пользователей сети.

На рис. 9.4 показана модель взаимодействия двух узлов. С каждой стороны средства взаимодействия представлены четырьмя уровнями. Процедура взаимодействия этих двух узлов может быть описана в виде набора правил взаимодействия каждой пары соответствующих уровней обеих участвующих сторон.

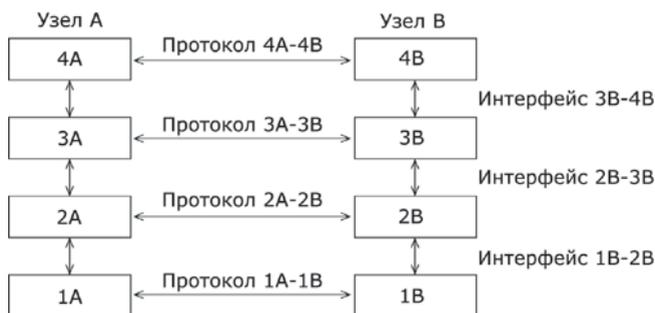


Рис. 9.4. Взаимодействие двух узлов

Формализованные правила, определяющие последовательность и формат сообщений, которыми обмениваются сетевые компоненты, лежащие на одном уровне, но в разных узлах, называются *протоколом*.

Модули, реализующие протоколы соседних уровней и находящиеся в одном узле, также взаимодействуют друг с другом в соответствии с четко определенными правилами с помощью стандартизированных форматов сообщений. Эти правила принято называть *интерфейсом*.

Интерфейс определяет последовательность и формат сообщений, которыми обмениваются сетевые компоненты, лежащие на соседних уровнях в одном узле; набор услуг, предоставляемый данным уровнем соседнему.

В сущности, протокол и интерфейс выражают одно и то же понятие, но традиционно в сетях за ними закреплены разные области действия: протоколы определяют правила взаимодействия модулей одного уровня в разных узлах, а интерфейсы – модулей соседних уровней в одном узле.

Средства каждого уровня должны обрабатывать, во-первых, собственный протокол, а во-вторых, интерфейсы с соседними уровнями.

Иерархически организованный набор протоколов, достаточный для организации взаимодействия узлов в сети, называется *стеком коммуникационных протоколов*.

Коммуникационные протоколы могут быть реализованы как программно, так и аппаратно, протоколы нижних уровней – комбинацией программных и аппаратных средств, а протоколы верхних уровней – как правило, чисто программными средствами.

Программный модуль, реализующий некоторый протокол, часто для краткости также называют протоколом. При этом соотношение между протоколом как формально определенной процедурой и протоколом – программным модулем, реализующим эту процедуру, аналогично соотношению между алгоритмом решения некоторой задачи и программой, решающей эту задачу.

Понятно, что один и тот же алгоритм может быть запрограммирован с разной степенью эффективности. Точно так же и протокол может иметь несколько программных реализаций. Именно поэтому при сравнении протоколов следует учитывать не только логику их работы, но и качество программных реше-

ний. Более того, на эффективность взаимодействия устройств в сети влияет качество всей совокупности протоколов, составляющих стек, в частности то, насколько рационально распределены функции между протоколами разных уровней и насколько хорошо определены интерфейсы между ними.

Протоколы реализуются не только компьютерами, но и другими сетевыми устройствами – концентраторами, мостами, коммутаторами, маршрутизаторами и т. д. Действительно, в общем случае связь компьютеров в сети осуществляется не напрямую, а через различные коммуникационные устройства. В зависимости от типа устройства в нем должны быть встроены средства, реализующие тот или иной набор протоколов.

Чтобы еще раз пояснить понятия «протокол» и «интерфейс», рассмотрим пример, не имеющий отношения к вычислительным сетям, а именно обсудим взаимодействие двух предприятий, А и В. Между этими предприятиями существуют многочисленные договоренности и соглашения, например о регулярных поставках продукции. В соответствии с договоренностью начальник отдела продаж предприятия А регулярно в начале каждого месяца посылает официальное сообщение начальнику отдела закупок предприятия В о том, сколько определенного товара может быть поставлено в этом месяце. В ответ на это сообщение начальник отдела закупок предприятия В посылает заявку установленного образца на нужное количество продукции. Возможно, подобная процедура включает дополнительные согласования; в любом случае существует установленный порядок взаимодействия, который можно считать «протоколом уровня начальников». Начальники посылают свои сообщения и заявки через секретарей. Порядок взаимодействия начальника и секретаря соответствует понятию межуровневого интерфейса «начальник – секретарь». На предприятии А обмен документами между начальником и секретарем идет через специальную папку, а на предприятии В начальник общается с секретарем по факсу. Таким образом, интерфейсы «начальник – секретарь» на этих двух предприятиях отличаются.

После того как сообщения переданы секретарям, начальнику не важно, каким образом эти сообщения будут перемещаться дальше – по обычной почте или электронной, факсом или нарочным. Выбор способа передачи – это уровень компетенции секретарей, они могут решать этот вопрос, не уведомляя о том своих начальников, так как их протокол взаимодействия связан только с передачей поступающих сверху сообщений и не касается содержания этих сообщений. На рис. 9.5 показано, что в качестве протокола взаимодействия «секретарь – секретарь» используется обмен письмами. При решении иных вопросов начальники могут взаимодействовать по другим правилам-протоколам, но это не повлияет на работу секретарей, для которых не важно, какие сообщения отправлять, а важно, чтобы они дошли до адресата. Итак, в данном случае мы имеем дело с двумя уровнями – уровнем начальников и уровнем секретарей. Каждый из них имеет собственный протокол, который может быть изменен независимо от протокола другого уровня. В этой независимости протоколов друг от друга и состоит преимущество многоуровневого подхода.



Рис. 9.5. Пример многоуровневого взаимодействия предприятий

9.3. Общая характеристика модели OSI

Из того, что протокол представляет собой соглашение, принятое двумя взаимодействующими объектами, в данном случае двумя работающими в сети компьютерами, совсем не следует, что он обязательно является стандартным. Но на практике при реализации сетей обычно используют стандартные протоколы. Это могут быть фирменные, национальные или международные стандарты.

В начале 1980-х годов ряд международных организаций по стандартизации (ISO, ITU-T и некоторые другие) разработали модель, которая сыграла значительную роль в развитии сетей. Эта модель называется моделью ISO/OSI.

Модель взаимодействия открытых систем (Open System Interconnection, OSI) определяет различные уровни взаимодействия систем в сетях с коммутацией пакетов, дает им стандартные имена и указывает, какие функции должен выполнять каждый уровень.

Модель OSI была разработана на основании большого опыта, полученного при создании компьютерных сетей, в основном глобальных, в 1970-е годы. Полное описание этой модели занимает более 1000 страниц текста.

В модели OSI (рис. 9.6) средства взаимодействия делятся на семь уровней: прикладной, представительный, сеансовый, транспортный, сетевой, канальный и физический. Каждый уровень имеет дело с определенным аспектом взаимодействия сетевых устройств.

Модель OSI описывает только системные средства взаимодействия, реализуемые операционной системой, системными утилитами и аппаратными средствами. Модель не включает средства взаимодействия приложений конечных пользователей. Собственные протоколы взаимодействия приложения реализуют, обращаясь к системным средствам. Поэтому необходимо различать уровень взаимодействия приложений и прикладной уровень.

Следует также иметь в виду, что приложение может взять на себя функции некоторых верхних уровней модели OSI. Например, некоторые СУБД имеют встроенные средства удаленного доступа к файлам. В этом случае приложение, выполняя доступ к удаленным ресурсам, не использует системную файловую службу; оно обходит верхние уровни модели OSI и обращается напрямую к системным средствам, ответственным за транспортировку сообщений по сети и расположенным на нижних уровнях модели OSI.

Итак, пусть приложение обращается с запросом к прикладному уровню, например к файловой службе. На основании этого запроса программное обеспечение прикладного уровня формирует сообщение стандартного формата. Обычное сообщение состоит из заголовка и поля данных. Заголовок содержит служеб-

После формирования сообщения прикладной уровень направляет его вниз по стеку представительному уровню. Протокол представительного уровня на основании информации, полученной из заголовка прикладного уровня, выполняет требуемые действия и добавляет к сообщению собственную служебную информацию – заголовок представительного уровня, в котором содержатся указания для протокола представительного уровня машины-адресата. Полученное в результате сообщение передается вниз сеансовому уровню, который в свою очередь добавляет свой заголовок, и т. д. (Некоторые протоколы помещают служебную информацию не только в начале сообщения в виде заголовка, но и в конце, в виде так называемого «концевика».) Наконец, сообщение достигает нижнего, физического уровня, который, собственно, и передает его по линиям связи машине-адресату. К этому моменту сообщение «обрастает» заголовками всех уровней (рис. 9.7).

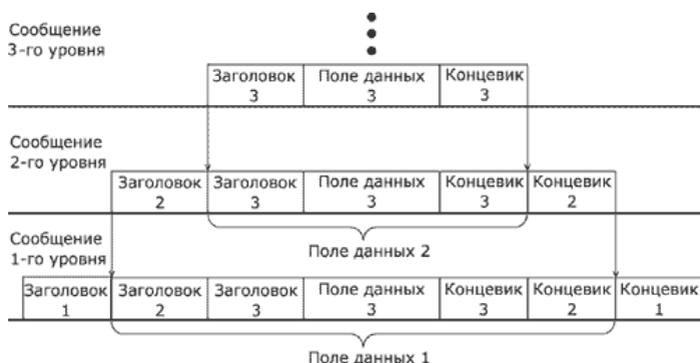


Рис. 9.7. Вложенность сообщений различных уровней

Когда сообщение по сети поступает на машину-адресат, оно принимается ее физическим уровнем и последовательно перемещается вверх с уровня на уровень. Каждый уровень анализирует и обрабатывает заголовок своего уровня, выполняя соответствующие функции, а затем удаляет этот заголовок и передает сообщение вышележащему уровню.

Наряду с термином сообщение (message) существуют и другие термины, применяемые сетевыми специалистами для обозначения единиц данных в процедурах обмена. В стандартах ISO для обозначения единиц данных, с которыми имеют дело протоколы разных уровней, используется общее название *протокольный блок данных (Protocol Data Unit, PDU)*. Для обозначения блоков данных определенных уровней часто применяют специальные названия: *кадр (frame)*, *пакет (packet)*, *дейтаграмма (datagram)*, *сегмент (segment)*.

Физический уровень

Физический уровень (Physical layer) имеет дело с передачей битов по физическим каналам связи, таким как коаксиальный кабель, витая пара, оптоволоконный кабель или цифровой территориальный канал. К этому уровню имеют отношение характеристики физических сред передачи данных, такие как полоса пропускания, помехозащищенность, волновое сопротивление и другие. На этом же уровне определяются характеристики электрических сигналов, передающих дискретную информацию, такую как крутизна фронтов импульсов, уровни напряжения или тока передаваемого сигнала, тип кодирования, скорость передачи сигналов. Кроме того, здесь стандартизируются типы разъемов и назначение каждого контакта.

На физическом уровне происходит:

- передача битов по физическим каналам;
- формирование электрических сигналов;
- кодирование информации;
- синхронизация;
- модуляция.

Он реализуется аппаратно.

Функции физического уровня осуществляются во всех устройствах, подключенных к сети. Со стороны компьютера функции физического уровня выполняются сетевым адаптером или последовательным портом.

Примером протокола физического уровня может служить спецификация 10Base-T технологии Ethernet, которая требует

использовать в качестве кабеля неэкранированную витую пару категории 3 с волновым сопротивлением 100 Ом, разъем RJ-45, максимальную длину физического сегмента 100 м, манчестерский код для представления данных в кабеле, а также некоторые другие характеристики среды и электрических сигналов.

Канальный уровень

На физическом уровне просто пересылаются биты. При этом не учитывается, что в тех сетях, в которых линии связи используются (разделяются) попеременно несколькими парами взаимодействующих компьютеров, физическая среда передачи может быть занята. Поэтому одна из задач канального уровня (Data Link layer) – *проверка доступности среды передачи*. Другая задача – *реализация механизмов обнаружения и коррекции ошибок*. Для этого на канальном уровне биты группируются в наборы, называемые *кадрами (frames)*. Канальный уровень обеспечивает корректность передачи каждого кадра, помещая специальную последовательность битов в начало и конец каждого кадра для его выделения, а также вычисляет *контрольную сумму*, обрабатывая все байты кадра определенным способом, и добавляет контрольную сумму к кадру. Когда кадр приходит по сети, получатель снова вычисляет контрольную сумму полученных данных и сравнивает результат с контрольной суммой из кадра. Если они совпадают, кадр считается правильным и принимается. Если же контрольные суммы не совпадают, то фиксируется ошибка. Канальный уровень может не только обнаруживать ошибки, но и исправлять их за счет повторной передачи поврежденных кадров. Необходимо отметить, что функция исправления ошибок для канального уровня не обязательна, поэтому в некоторых протоколах этого уровня она отсутствует, например в Ethernet и Frame relay.

Главная функция канального уровня – надежная доставка пакета:

- 1) между двумя соседними станциями в сети с произвольной топологией;
- 2) между любыми станциями в сети с типовой топологией.

Реализуется программно-аппаратно.

В протоколах канального уровня, используемых в локальных сетях, заложена определенная структура связей между компьютерами и способы их адресации. Хотя канальный уровень и обеспечивает доставку кадра между любыми двумя узлами локальной сети, он это делает только в сети с определенной топологией связей, для которой он был разработан. К таким типовым топологиям, поддерживаемым протоколами канального уровня локальных сетей, относятся «общая шина», «кольцо» и «звезда», а также структуры, полученные из них с помощью мостов и коммутаторов. Примеры протоколов канального уровня – протоколы Ethernet, Token Ring, FDDI, 100VG-AnyLAN.

В локальных сетях протоколы канального уровня используются компьютерами, мостами, коммутаторами и маршрутизаторами. В компьютерах функции канального уровня реализуются совместными усилиями сетевых адаптеров и их драйверов.

В глобальных сетях, которые редко обладают регулярной топологией, канальный уровень часто обеспечивает обмен сообщениями только между двумя соседними компьютерами, соединенными индивидуальной линией связи. Примерами протоколов «точка-точка» (как часто называют такие протоколы) могут служить широко распространенные протоколы PPP и LAP-B. В таких случаях для доставки сообщений между конечными узлами через всю сеть используются средства сетевого уровня. Именно так организованы сети X.25. Иногда в глобальных сетях функции канального уровня в чистом виде выделить трудно, так как в одном и том же протоколе они объединяются с функциями сетевого уровня. Примерами такого подхода могут служить протоколы технологий ATM и Frame relay.

В целом канальный уровень представляет собой весьма мощный набор функций по пересылке сообщений между узлами сети. В некоторых случаях протоколы канального уровня оказываются самодостаточными транспортными средствами, и тогда поверх них могут работать непосредственно протоколы прикладного уровня или приложения без привлечения средств сетевого и транспортного уровней. Например, существует реализа-

ция протокола управления сетью SNMP непосредственно поверх Ethernet, хотя стандартно этот протокол работает поверх сетевого протокола IP и транспортного протокола UDP. Естественно, что применение такой реализации будет ограниченным: она не подходит для составных сетей разных технологий, например Ethernet и X.25, и даже для такой сети, в которой во всех сегментах применяется Ethernet, но между ними существуют петлевидные связи. А вот в двухсегментной сети Ethernet, объединенной мостом, реализация SNMP над канальным уровнем будет вполне работоспособна.

Тем не менее для обеспечения качественной транспортировки сообщений в сетях любых топологий и технологий функций канального уровня оказывается недостаточно, поэтому в модели OSI решение этой задачи возлагается на два следующих уровня – сетевой и транспортный.

Канальный уровень обеспечивает передачу пакетов данных, поступающих от протоколов верхних уровней, узлу назначения, адрес которого также указывает протокол верхнего уровня. Протоколы канального уровня оформляют переданные им пакеты в кадры собственного формата, помещая указанный адрес назначения в одно из полей такого кадра, а также сопровождая кадр контрольной суммой. Протокол канального уровня имеет локальный смысл, он предназначен для доставки кадров данных, как правило, в пределах сетей с простой топологией связей и однотипной или близкой технологией, например в односегментных сетях Ethernet или же в многосегментных сетях Ethernet и Token Ring иерархической топологии, разделенных только мостами и коммутаторами. Во всех этих конфигурациях адрес назначения имеет локальный смысл для данной сети и не изменяется при прохождении кадра от узла-источника к узлу назначения. Возможность передавать данные между локальными сетями разных технологий связана с тем, что в этих технологиях используются адреса одинакового формата, к тому же производители сетевых адаптеров обеспечивают уникальность адресов независимо от технологии.

Другая область действия протоколов канального уровня – связи типа «точка-точка» глобальных сетей, когда протокол канального уровня ответственен за доставку кадра непосредственному соседу. Адрес в этом случае не имеет принципиального значения, а на первый план выходит способность протокола восстанавливать искаженные и утерянные кадры, так как плохое качество территориальных каналов, особенно коммутируемых телефонных, часто требует выполнения подобных действий. Если же перечисленные выше условия не соблюдаются, например связи между сегментами Ethernet имеют петлевидную структуру либо объединяемые сети используют различные способы адресации, как в сетях Ethernet и X.25, то протокол канального уровня не может самостоятельно справиться с задачей передачи кадра между узлами и требует помощи протокола сетевого уровня.

Сетевой уровень

Сетевой уровень (Network layer) служит для образования единой транспортной системы, объединяющей несколько сетей, причем эти сети могут использовать различные принципы передачи сообщений между конечными узлами и обладать произвольной структурой связей. Функции сетевого уровня достаточно разнообразны. Рассмотрим их на примере объединения локальных сетей.

Протоколы канального уровня локальных сетей обеспечивают доставку данных между любыми узлами только в сети с соответствующей типовой топологией, например топологией иерархической звезды. Это – жесткое ограничение, которое не позволяет строить сети с развитой структурой, например сети, объединяющие несколько сетей предприятия в единую сеть, или высоконадежные сети, в которых существуют избыточные связи между узлами. Можно было бы усложнять протоколы канального уровня для поддержания петлевидных избыточных связей, но принцип разделения обязанностей между уровнями приводит к другому решению. Чтобы, с одной стороны, сохранить простоту процедур передачи данных для типовых топологий, а с другой – допустить использование произвольных топологий, вводится дополнительный сетевой уровень.

На сетевом уровне сам термин «сеть» наделяют специфическим значением. В данном случае под сетью понимается совокупность компьютеров, соединенных между собой в соответствии с одной из стандартных типовых топологий и использующих для передачи данных один из протоколов канального уровня, определенный для этой топологии.

Внутри сети доставка данных обеспечивается соответствующим канальным уровнем, а вот доставкой данных между сетями занимается сетевой уровень, который и поддерживает возможность правильного выбора маршрута передачи сообщения даже в том случае, когда структура связей между составляющими сетями имеет характер, отличный от принятого в протоколах канального уровня.

Сети соединяются между собой специальными устройствами, называемыми маршрутизаторами.

Маршрутизатор – это устройство, которое собирает информацию о топологии межсетевых соединений и пересылает пакеты сетевого уровня в сеть назначения. Чтобы передать сообщение от отправителя, находящегося в одной сети, получателю, находящемуся в другой сети, нужно совершить некоторое количество транзитных передач между сетями, или хопов (от слова hop – прыжок), каждый раз выбирая подходящий маршрут. Таким образом, маршрут представляет собой последовательность маршрутизаторов, через которые проходит пакет.

Сетевой уровень предназначен для доставки пакета:

- между любыми двумя узлами сети с произвольной топологией;
- между любыми двумя сетями в составной сети.

Сеть – совокупность компьютеров, использующих для обмена данными единую сетевую технологию.

На рис. 9.8 показаны четыре сети, связанные тремя маршрутизаторами. Между узлами А и В данной сети пролегает два маршрута: первый – через *маршрутизаторы* 1 и 3, а второй – через маршрутизаторы 1, 2 и 3.

Проблема выбора наилучшего пути называется маршрутизацией, и ее решение – одна из главных задач сетевого уровня. Эта проблема осложняется тем, что самый короткий путь – не всегда самый лучший. Часто критерием при выборе маршрута является время передачи данных; оно зависит от пропускной способности каналов связи и интенсивности трафика, которая может с течением времени изменяться. Некоторые алгоритмы маршрутизации пытаются приспособиться к изменению нагрузки, в то время как другие принимают решения на основе средних показателей за длительное время. Выбор маршрута может осуществляться и по другим критериям, таким как надежность передачи.

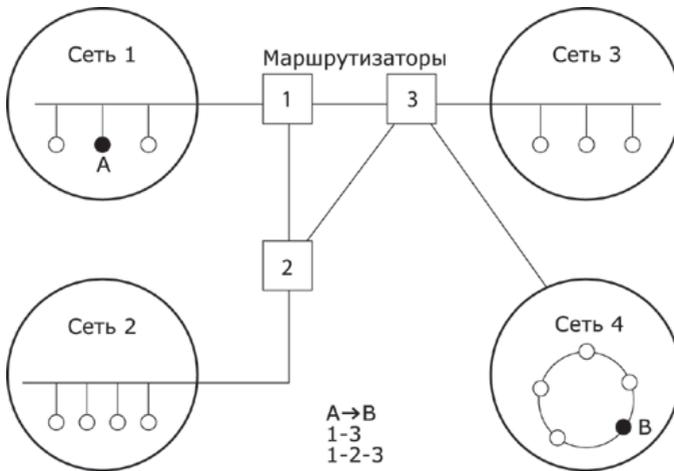


Рис. 9.8. Пример составной сети

В общем случае функции сетевого уровня шире, чем функции передачи сообщений по связям с нестандартной структурой, которые мы рассмотрели на примере объединения нескольких локальных сетей. Сетевой уровень также решает задачи согласования разных технологий, упрощения адресации в крупных сетях и создания надежных и гибких барьеров на пути нежелательного трафика между сетями.

Сообщения сетевого уровня принято называть пакетами (packet). При организации доставки пакетов на сетевом уровне используется понятие «номер сети». В этом случае адрес получателя состоит из старшей части – номера сети и младшей – номера узла в этой сети. Все узлы одной сети должны иметь одну и ту же старшую часть адреса, поэтому термину «сеть» на сетевом уровне можно дать и другое, более формальное, определение: сеть – это совокупность узлов, сетевой адрес которых содержит один и тот же номер сети.

На сетевом уровне определяется два вида протоколов. Первый вид – *сетевые протоколы (routed protocols)* – реализует продвижение пакетов через сеть. Именно эти протоколы обычно имеют в виду, когда говорят о протоколах сетевого уровня. Однако часто к сетевому уровню относят и другой вид протоколов, называемых протоколами обмена маршрутной информацией, или просто *протоколами маршрутизации (routing protocols)*. С помощью этих протоколов маршрутизаторы собирают информацию о топологии межсетевых соединений. Протоколы сетевого уровня реализуются программными модулями операционной системы, а также программными и аппаратными средствами маршрутизаторов.

На сетевом уровне работают протоколы еще одного типа, которые отвечают за отображение адреса узла, используемого на сетевом уровне, в локальный адрес сети. Такие протоколы часто называют *протоколами разрешения адресов (Address Resolution Protocol, ARP)*. Иногда их относят не к сетевому уровню, а к канальному, хотя тонкости классификации не изменяют сути.

Примеры протоколов сетевого уровня – протокол межсетевого взаимодействия IP стека TCP/IP и протокол межсетевого обмена пакетами IPX стека Novell.

Транспортный уровень

На пути от отправителя к получателю пакеты могут быть искажены или утеряны. Хотя некоторые приложения имеют собственные средства обработки ошибок, существуют и такие, которые предпочитают сразу иметь дело с надежным соединением.

Транспортный уровень (Transport layer) обеспечивает приложениям или верхним уровням стека – прикладному и сеансовому – передачу данных с той степенью надежности, которая им требуется. Модель OSI определяет пять классов сервиса, предоставляемого транспортным уровнем. Эти виды сервиса отличаются качеством предоставляемых услуг: срочностью, возможностью восстановления прерванной связи, наличием средств мультимплексирования нескольких соединений между различными прикладными протоколами через общий транспортный протокол, а главное – способностью к обнаружению и исправлению ошибок передачи, таких как искажение, потеря и дублирование пакетов.

Выбор класса сервиса транспортного уровня определяется, с одной стороны, тем, в какой степени задача обеспечения надежности решается самими приложениями и протоколами более высоких, чем транспортный, уровней, а с другой стороны, зависит от того, насколько надежна система транспортировки данных в сети, обеспечиваемая уровнями, расположенными ниже транспортного – сетевым, канальным и физическим. Так, например, если качество каналов передачи связи достаточно высоко и вероятность наличия ошибок, не обнаруженных протоколами более низких уровней, невелика, стоит воспользоваться одним из облегченных сервисов транспортного уровня, который исключает многочисленные проверки, квотирование и другие приемы повышения надежности. Если же транспортные средства нижних уровней изначально очень ненадежны, то целесообразно обратиться к наиболее развитому сервису транспортного уровня, который работает, используя максимум средств для обнаружения и устранения ошибок, т. е. с помощью предварительного установления логического соединения, отслеживания доставки сообщений по контрольным суммам и циклической нумерации пакетов, установления тайм-аутов доставки и т. п.

Транспортный уровень обеспечивает доставку информации с требуемым качеством между любыми узлами сети:

- разбивка сообщения сеансового уровня на пакеты, их нумерация;
- буферизация принимаемых пакетов;

- упорядочивание прибывающих пакетов;
- адресация прикладных процессов;
- управление потоком.

Как правило, все протоколы, начиная с транспортного уровня и выше, реализуются программными средствами конечных узлов сети – компонентами их сетевых операционных систем. В качестве примера транспортных протоколов можно привести протоколы TCP и UDP стека TCP/IP и протокол SPX стека Novell.

Протоколы четырех нижних уровней обобщенно называют сетевым транспортом, или транспортной подсистемой, так как они полностью решают задачу транспортировки сообщений с заданным уровнем качества в составных сетях с произвольной топологией и различными технологиями. Остальные три верхних уровня решают задачи предоставления прикладных сервисов на основании имеющейся транспортной подсистемы.

Сеансовый уровень

Сеансовый уровень (Session layer) обеспечивает управление диалогом: фиксирует, какая из сторон активна в настоящий момент, предоставляет средства синхронизации. Последние позволяют вставлять контрольные точки в длинные передачи, чтобы в случае отказа можно было вернуться назад к последней контрольной точке, а не начинать все сначала. На практике немногие приложения используют сеансовый уровень, и он редко реализуется в виде отдельных протоколов, хотя его функции часто объединяют с функциями прикладного уровня и реализуют в одном протоколе.

Сеансовый уровень управляет диалогом объектов прикладного уровня:

- установление способа обмена сообщениями (дуплексный или полудуплексный);
- синхронизация обмена сообщениями;
- организация «контрольных точек» диалога.

Представительный уровень

Представительный уровень (Presentation layer) имеет дело с формой представления передаваемой по сети информации и не меняет при этом ее содержания. За счет уровня представления информация, передаваемая прикладным уровнем одной системы, всегда понятна прикладному уровню другой системы. С помощью средств данного уровня протоколы прикладных уровней могут преодолеть синтаксические различия в представлении данных или же различия в кодах символов, например в кодах ASCII и EBCDIC. На этом уровне может выполняться шифрование и дешифрование данных, благодаря чему секретность обмена данными обеспечивается сразу для всех прикладных служб. Пример такого протокола – протокол Secure Socket Layer (SSL), который осуществляет секретный обмен сообщениями для протоколов прикладного уровня стека TCP/IP.

Уровень представления согласовывает представление (синтаксис) данных при взаимодействии двух прикладных процессов:

- преобразования данных из внешнего формата во внутренний;
- шифрования и расшифровки данных.

Прикладной уровень

Прикладной уровень (Application layer) – в действительности это набор разнообразных протоколов, с помощью которых пользователи сети получают доступ к разделяемым ресурсам, таким как файлы, принтеры или гипертекстовые Web-страницы, а также организуют совместную работу, например с помощью протокола электронной почты. Единица данных, которой оперирует прикладной уровень, обычно называется *сообщением* (*message*).

Прикладной уровень – набор всех сетевых сервисов, которые предоставляет система конечному пользователю:

- идентификация, проверка прав доступа;
- принт- и файл-сервис, почта, удаленный доступ.

Существует очень много различных служб прикладного уровня. Приведем в качестве примера хотя бы несколько наиболее распространенных реализаций файловых служб: NCP в операционной системе Novell NetWare, SMB в Microsoft Windows, NFS, FTP и TFTP, входящие в стек TCP/IP.

Сетезависимые и сетезависимые уровни

Функции всех уровней модели OSI могут быть отнесены к одной из двух групп: либо к функциям, зависящим от конкретной технической реализации сети, либо к функциям, ориентированным на работу с приложениями.

Три нижних уровня – физический, канальный и сетевой – являются сетезависимыми, т. е. протоколы этих уровней тесно связаны с технической реализацией сети и используемым коммуникационным оборудованием. Например, переход на оборудование FDDI означает полную смену протоколов физического и канального уровней во всех узлах сети.

Три верхних уровня – прикладной, представительный и сеансовый – ориентированы на приложения и мало зависят от технических особенностей построения сети. На протоколы этих уровней не влияют какие бы то ни было изменения в топологии сети, замена оборудования или переход на другую сетевую технологию. Так, переход от Ethernet к высокоскоростной технологии 100VG-AnyLAN не потребует никаких изменений в программных средствах, реализующих функции прикладного, представительного и сеансового уровней.

Транспортный уровень является промежуточным, он скрывает все детали функционирования нижних уровней от верхних. Это позволяет разрабатывать приложения, не зависящие от технических средств непосредственной транспортировки сообщений.

На рис. 9.9 показаны уровни модели OSI, на которых работают различные элементы сети. Компьютер с установленной на нем сетевой ОС взаимодействует с другим компьютером с помощью протоколов всех семи уровней. Это взаимодействие компьютеры осуществляют опосредованно, через различные коммуникационные устройства: концентраторы, модемы, мос-

ты, коммутаторы, маршрутизаторы, мультиплексоры. В зависимости от типа коммуникационное устройство может работать либо только на физическом уровне (повторитель), либо на физическом и канальном (мост), либо на физическом, канальном и сетевом, иногда захватывая и транспортный уровень (маршрутизатор). На рис. 9.10 показано соответствие функций различных коммуникационных устройств уровням модели OSI.

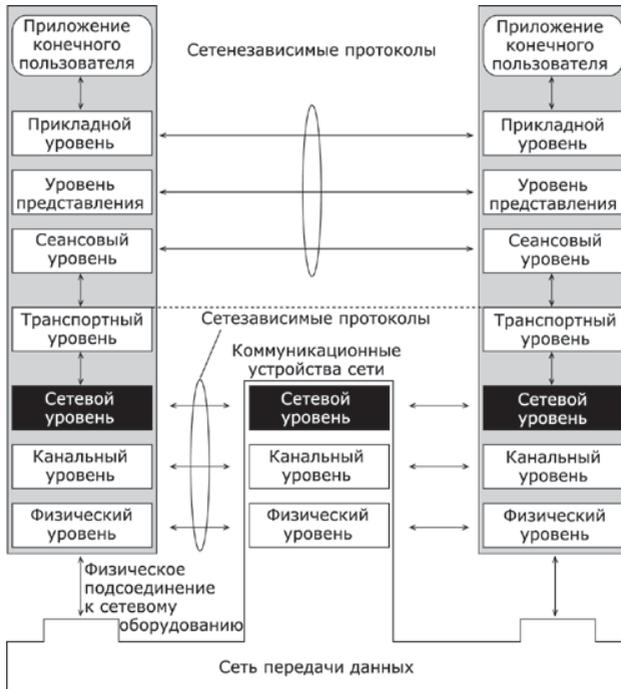


Рис. 9.9. Сетезависимые и сетезависимые уровни модели OSI

Модель OSI представляет хотя и очень важную, но только одну из многих моделей коммуникаций. Эти модели и связанные с ними стеки протоколов могут отличаться количеством уровней, их функциями, форматами сообщений, службами, поддерживаемыми на верхних уровнях, и прочими параметрами.

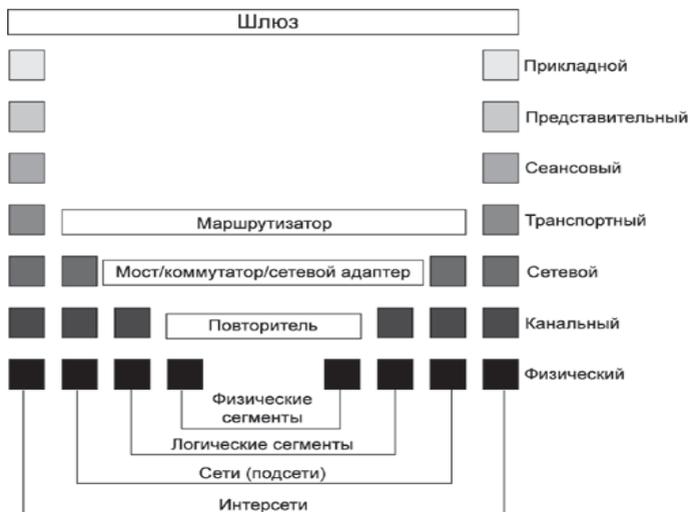


Рис. 9.10. Соответствие функций различных устройств сети уровням модели OSI

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Что такое модель взаимодействия открытых систем OSI?
2. В чем смысл декомпозиции задачи сетевого взаимодействия?
3. Приведите пример декомпозиции задачи связывания произвольной пары узлов на более частные задачи связывания пар соседних узлов.
4. Дайте определение понятию протокол. Как взаимодействуют протоколы?
5. Дайте определение понятию интерфейс.
6. Назовите уровни модели OSI. Дайте определение каждому из уровней.
7. Что такое маршрут, маршрутизатор?
8. Какие уровни являются сетезависимыми и сетезависимыми?

Глава 10. Стандартизация сетей

10.1. Понятие «открытая система»

Модель OSI, как следует из ее названия (Open System Interconnection), описывает взаимосвязи открытых систем. Что же такое открытая система?

В широком смысле *открытой системой* может быть названа любая система (компьютер, вычислительная сеть, ОС, программный пакет, другие аппаратные и программные продукты), построенная в соответствии с открытыми спецификациями.

Напомним, что под термином «*спецификация*» (в вычислительной технике) понимают формализованное описание аппаратных или программных компонентов, способов их функционирования, взаимодействия с другими компонентами, условий эксплуатации, ограничений и особых характеристик. Понятно, что не всякая спецификация является стандартом.

Под *открытыми спецификациями* понимаются опубликованные, общедоступные спецификации, соответствующие стандартам и принятые в результате достижения согласия после всестороннего обсуждения всеми заинтересованными сторонами.

Использование при разработке систем открытых спецификаций позволяет третьим сторонам разрабатывать для этих систем различные аппаратные или программные средства расширения и модификации, а также создавать программно-аппаратные комплексы из продуктов разных производителей.

Для реальных систем полная открытость – недостижимый идеал. Как правило, даже в системах, называемых открытыми, этому определению соответствуют лишь некоторые части, поддерживающие внешние интерфейсы. Например, открытость семейства операционных систем Unix заключается, кроме всего прочего, в наличии стандартизованного программного интерфейса между ядром и приложениями, что позволяет легко переносить приложения из среды одной версии Unix в среду другой версии. Еще один пример частичной открытости – применение в достаточно закрытой операционной системе Novell NetWare от-

крытого интерфейса Open Driver Interface (ODI) для включения в систему драйверов сетевых адаптеров производства независимых компаний. Чем больше открытых спецификаций использовано при разработке системы, тем более открытой она является.

Модель OSI касается только одного аспекта открытости, а именно открытости средств взаимодействия устройств, связанных в вычислительную сеть. Здесь под *открытой системой* понимается сетевое устройство, готовое взаимодействовать с другими сетевыми устройствами с использованием стандартных правил, определяющих формат, содержание и значение принимаемых и отправляемых сообщений.

Если две сети построены с соблюдением принципов открытости, то это дает следующие преимущества:

- возможность построения сети из аппаратных и программных средств различных производителей, придерживающихся одного и того же стандарта;
- возможность безболезненной замены одних компонентов сети другими, что позволяет сети развиваться с минимальными затратами;
- возможность легкого сопряжения одной сети с другой;
- простота освоения и обслуживания сети.

Ярким примером открытой системы является сеть Internet. Она развивалась в полном соответствии с требованиями, предъявляемыми к открытым системам. В разработке ее стандартов принимали участие тысячи специалистов-пользователей из различных университетов, научных организаций и фирм-производителей вычислительной аппаратуры и программного обеспечения, работающих в разных странах. В результате сеть Internet объединила в себе разнообразное оборудование и программное обеспечение огромного количества сетей, разбросанных по всему миру.

Модульность и стандартизация

Модульность – это одно из неотъемлемых свойств вычислительных сетей. Она проявляется не только в многоуровневом представлении коммуникационных протоколов в конечных уз-

лах сети, хотя это, безусловно, важная и принципиальная особенность сетевой архитектуры. Сеть состоит из огромного числа различных модулей – компьютеров, сетевых адаптеров, мостов, маршрутизаторов, модемов, операционных систем и модулей приложений.

Разнообразные требования, предъявляемые предприятиями к компьютерным сетям, привели к появлению многочисленных и разнообразных устройств и программ для построения сети. Эти продукты отличаются не только основными функциями (имеются в виду функции, выполняемые, например, повторителями, мостами или программными редирикторами), но и многочисленными вспомогательными функциями, предоставляющими пользователям или администраторам дополнительные удобства, такие как автоматизированное конфигурирование параметров устройства, автоматическое обнаружение и устранение некоторых неисправностей, возможность программного изменения связей в сети и т. п. Разнообразие увеличивается также потому, что многие устройства и программы отличаются сочетаниями тех или иных основных и дополнительных функций. Существуют, например, устройства, объединяющие в себе основные возможности коммутаторов и маршрутизаторов, к которым добавляется еще и набор некоторых дополнительных функций, характерный только для данного продукта.

В результате не существует компании, которая смогла бы обеспечить производство полного набора всех типов и подтипов оборудования и программного обеспечения, необходимого для построения сети. Но так как все компоненты сети должны работать согласованно, потребовалось принимать многочисленные стандарты, которые если не во всех, то хотя бы в большинстве случаев, гарантировали бы совместимость оборудования и программ различных фирм-изготовителей.

Таким образом, понятия «модульность» и «стандартизация» в сетях неразрывно связаны, и модульный подход только тогда дает преимущества, когда он сопровождается следованием стандартам.

В результате открытый характер стандартов и спецификаций важен не только для коммуникационных протоколов, но и для всех многочисленных функций разнообразных устройств и программ, выпускаемых для построения сети. Нужно отметить, что большинство принимаемых сегодня стандартов носит открытый характер. Время закрытых систем, точные спецификации на которые были известны только фирме-производителю, прошло. Стало очевидно, что возможность взаимодействия с продуктами конкурентов не снижает, а, наоборот, повышает ценность изделия, так как его можно применить в большем количестве работающих сетей, построенных на основе продуктов разных изготовителей. Поэтому даже компании, ранее выпускавшие весьма закрытые системы, такие как IBM, Novell или Microsoft, сегодня активно участвуют в разработке открытых стандартов и применяют их в своих продуктах.

Сегодня в секторе сетевого оборудования и программ с совместимостью продуктов разных производителей сложилась следующая ситуация. Все программные и аппаратные продукты в настоящее время соответствуют требованиям международных стандартов. В то же время очень часто принципиально новые устройства, протоколы и свойства оказываются несовместимыми даже у ведущих производителей. Такая картина характерна не только для тех устройств или функций, стандарты на которые еще не успели принять (это естественно), но и для устройств, стандарты на которые существуют уже несколько лет. Совместимость достигается только после того, как все производители реализуют соответствующий стандарт в своих изделиях, причем одинаковым образом.

Источники стандартов

Работы по стандартизации вычислительных сетей ведутся большим количеством организаций.

В зависимости от статуса организаций различают следующие виды стандартов:

- *стандарты отдельных фирм* (например стек протоколов DECnet компании Digital Equipment или графический интерфейс OPEN LOOK для UNIX-систем компании Sun);

- *стандарты специальных комитетов и объединений*, создаваемых несколькими фирмами, например стандарты технологии ATM, разрабатываемые объединением ATM Forum, насчитывающим около 100 коллективных участников, или стандарты союза Fast Ethernet Alliance по разработке стандартов 100 Мбит Ethernet;

- *национальные стандарты*, например стандарт FDDI – один из многочисленных стандартов, разработанных Американским национальным институтом стандартов (ANSI), или стандарты безопасности для операционных систем, разработанные Национальным центром компьютерной безопасности (NCSC) Министерства обороны США;

- *международные стандарты*, например модель и стек коммуникационных протоколов Международной организации по стандартизации (ISO), многочисленные стандарты Международного союза электросвязи (ITU), в том числе стандарты на сети с коммутацией пакетов X.25, сети Frame relay, ISDN, модемы и многие другие.

Некоторые стандарты, непрерывно развиваясь, могут переходить из одной категории в другую. В частности, фирменные стандарты на продукцию, получившую широкое распространение, обычно становятся международными стандартами де-факто, так как вынуждают производителей из разных стран следовать фирменным стандартам, чтобы обеспечить совместимость своих изделий с этими популярными продуктами. Например, из-за феноменального успеха персонального компьютера компании IBM фирменный стандарт на архитектуру IBM PC стал международным стандартом де-факто.

Более того, ввиду широкого распространения некоторые фирменные стандарты становятся основой для национальных и международных стандартов де-юре. Например, стандарт Ethernet, первоначально разработанный компаниями Digital Equipment, Intel и Xerox, через некоторое время и в несколько измененном виде был принят как национальный стандарт IEEE 802.3, а затем организация ISO утвердила его в качестве международного стандарта ISO 8802.3.

Далее приводятся краткие сведения об организациях, наиболее активно и успешно занимающихся разработкой стандартов в области вычислительных сетей.

Международная организация по стандартизации (International Organization for Standardization, ISO, часто называемая также International Standards Organization) представляет собой ассоциацию ведущих национальных организаций по стандартизации разных стран. Главным достижением ISO стала модель взаимодействия открытых систем OSI, которая в настоящее время является концептуальной основой стандартизации в области вычислительных сетей. В соответствии с моделью OSI этой организацией был разработан стандартный стек коммуникационных протоколов OSI.

Международный союз электросвязи (International Telecommunications Union, ITU) – организация, которая в настоящее время является специализированным органом Организации Объединенных Наций. Наиболее значительную роль в стандартизации вычислительных сетей играет постоянно действующий в рамках этой организации Международный консультативный комитет по телефонии и телеграфии (МККТТ) (Consultative Committee on International Telegraphy and Telephony, CCITT). В результате проведенной в 1993 году реорганизации ITU CCITT несколько изменил направление своей деятельности и сменил название – теперь он называется сектором телекоммуникационной стандартизации ITU (ITU Telecommunication Standardization Sector, ITU-T). Основу деятельности ITU-T составляет разработка международных стандартов в области телефонии, телематических служб (электронной почты, факсимильной связи, телетекста, телекса и т. д.), передачи данных, аудио- и видеосигналов. За годы своей деятельности ITU-T выпустил множество *рекомендаций-стандартов*. Свою работу ITU-T строит на изучении опыта различных организаций, а также на результатах собственных исследований. Раз в четыре года издаются труды ITU-T в виде так называемой «Синей Книги», которая на самом деле представляет собой целый набор обычных книг, сгруппированных в

выпуски, которые, в свою очередь, объединяются в тома. Каждый том и выпуск содержат логически взаимосвязанные рекомендации. Например, том III «Синей Книги» содержит рекомендации для цифровых сетей с интеграцией услуг (ISDN), а весь том VIII (за исключением выпуска VIII.1, который содержит рекомендации серии V для передачи данных по телефонной сети) посвящен рекомендациям серии X: X.25 для сетей с коммутацией пакетов, X.400 для систем электронной почты, X.500 для глобальной справочной службы и многим другим.

Институт инженеров по электротехнике и радиоэлектронике (Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE) – национальная организация США, определяющая сетевые стандарты. В 1981 году рабочая группа 802 этого института сформулировала основные требования, которым должны удовлетворять локальные вычислительные сети. Группа 802 определила множество стандартов, из них самые известные – стандарты 802.1, 802.2, 802.3 и 802.5, которые описывают общие понятия, используемые в области локальных сетей, а также стандарты на два нижних уровня сетей Ethernet и Token Ring.

Европейская ассоциация производителей компьютеров (European Computer Manufacturers Association, ECMA) – некоммерческая организация, активно сотрудничающая с ИТУ-Т и ISO. Занимается разработкой стандартов и технических обзоров, относящихся к компьютерной и коммуникационной технологиям. Известна своим стандартом ECMA-101, используемым при передаче отформатированного текста и графических изображений с сохранением оригинального формата.

Ассоциация производителей компьютеров и оргтехники (Computer and Business Equipment Manufacturers Association, CBEMA) – организация американских производителей аппаратного обеспечения; аналогична европейской ассоциации ECMA; участвует в разработке стандартов на обработку информации и соответствующее оборудование.

Ассоциация электронной промышленности (Electronic Industries Association, EIA) – промышленно-торговая группа производителей электронного и сетевого оборудования, нацио-

нальная коммерческая ассоциация США. Проявляет значительную активность в разработке стандартов для проводов, коннекторов и других сетевых компонентов. Ее наиболее известный стандарт – RS-232C.

Министерство обороны США (Department of Defense, DoD) имеет многочисленные подразделения, занимающиеся созданием *стандартов* для компьютерных систем. Одна из самых известных разработок DoD – стек транспортных протоколов TCP/IP.

Американский национальный институт стандартов (American National Standards Institute, ANSI) представляет США в Международной организации по стандартизации, ISO. Комитеты ANSI занимаются разработкой стандартов в различных областях вычислительной техники. Так, комитет ANSI X3T9.5 совместно с компанией IBM осуществляет стандартизацию локальных сетей крупных ЭВМ (архитектура сетей SNA). Известный стандарт FDDI также является результатом деятельности этого комитета ANSI. В области микрокомпьютеров ANSI разрабатывает стандарты на языки программирования, интерфейс SCSI, а также рекомендации по переносимости для языков C, FORTRAN, COBOL.

Стандарты Internet

Особую роль в выработке международных открытых стандартов играют стандарты Internet. Ввиду постоянно растущей популярности Internet эти стандарты становятся международными «де-факто», и многие из них приобретают впоследствии статус официальных международных стандартов за счет утверждения одной из вышеперечисленных организаций, в том числе ISO и ITU-T. Существует несколько организационных подразделений, отвечающих за развитие Internet и, в частности, за стандартизацию средств Internet (рис. 10.1).

Основным из них является Internet Society (ISOC) – профессиональное сообщество, которое занимается общими вопросами эволюции и роста Internet как глобальной коммуникационной инфраструктуры. Под управлением ISOC работает Internet

Architecture Board (IAB) – организация, в ведении которой находится технический контроль и координация работ для Internet. IAB координирует направление исследований и новых разработок для стека TCP/IP и является конечной инстанцией при определении новых стандартов Internet.

Internet Society (ISOC) - профессиональное сообщество (100 000 членов):
рост и эволюция, социальные, политические и технические проблемы Internet

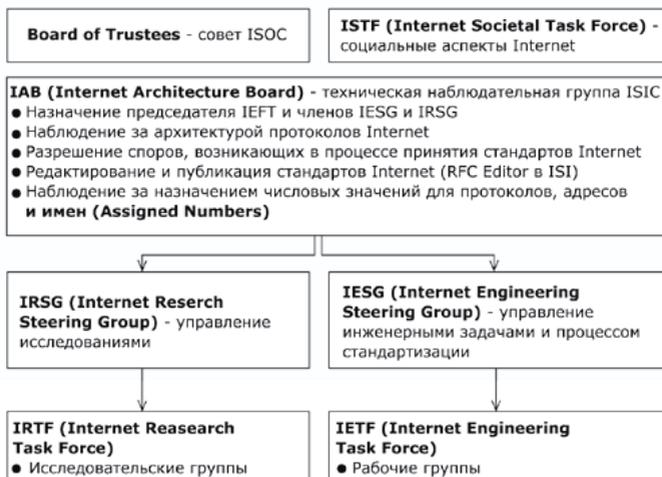


Рис. 10.1. Стандартизация Internet

В IAB входят две основные группы: Internet Engineering Task Force (IETF) и Internet Research Task Force (IRTF). IETF – это инженерная группа, которая занимается решением наиболее актуальных технических проблем Internet. Именно IETF определяет спецификации, которые затем становятся стандартами Internet. В свою очередь, IRTF координирует долгосрочные исследовательские проекты по протоколам TCP/IP.

В любой организации, занимающейся стандартизацией, процесс выработки и принятия стандарта состоит из ряда обязательных этапов, которые, собственно, и составляют процедуру стандартизации. Рассмотрим её на примере разработки стандар-

тов Internet. На рис. 10.2 показана схема прохождения стандарта через все этапы, которая является документом RFC. Заметим, что рис. 10.2 выполнен средствами псевдографики для того, чтобы его можно было прочесть практически в любой операционной среде.

1. Сначала в IETF представляется так называемый рабочий проект (draft) в виде, доступном для комментариев (на рис. 10.2 данный этап обозначен enter). Он публикуется в Internet, после чего широкий круг заинтересованных лиц включается в обсуждение этого документа, в него вносятся исправления, и, наконец, наступает момент, когда можно зафиксировать содержание документа. На данном этапе проекту присваивается номер RFC (возможен и другой вариант развития событий – после обсуждения рабочий проект отвергается и удаляется из Internet).

2. После присвоения номера проект приобретает статус предлагаемого стандарта (на рис. 10.2 proposed). В течение шести месяцев этот предлагаемый стандарт проходит проверку практикой, в результате в него вносятся изменения.

3. Если результаты практических исследований свидетельствуют об эффективности предлагаемого стандарта, то ему со всеми внесенными изменениями присваивается статус проекта стандарта (на рис. 10.2 draft std). Затем в течение как минимум четырех месяцев проходят его дальнейшие испытания «на прочность», при этом создается, по крайней мере, две программные реализации.

4. Если во время пребывания в статусе проекта стандарта в документ не было внесено никаких исправлений, ему может быть присвоен статус официального стандарта Internet (на рис. 10.2 standard).

Следует заметить, что все стандарты Internet носят название RFC с соответствующим порядковым номером, но далеко не все RFC являются стандартами Internet – часто эти документы представляют собой комментарии к какому-либо стандарту или описания некоторой проблемы Internet.

Список утвержденных официальных стандартов Internet публикуется в виде документа RFC и доступен в Internet, например по адресу <http://www.internic.net/>.



Рис. 10.2. Стадии стандартизации протокола Internet

10.2. Стандартные стеки коммуникационных протоколов

Важнейшее направление стандартизации в области вычислительных сетей – стандартизация коммуникационных протоколов. В настоящее время в сетях используется большое количество стеков коммуникационных протоколов. Наиболее популярны следующие стеки:

- TCP/IP;
- IPX/SPX;
- NetBIOS/SMB;
- DECnet;
- SNA;
- OSI.

Все эти стеки, кроме SNA на нижних уровнях – физическом и канальном, используют одни и те же хорошо стандартизированные протоколы Ethernet, Token Ring, FDDI и ряд других, которые позволяют задействовать во всех сетях одну и ту же аппаратуру. Зато на верхних уровнях все стеки работают по своим протоколам. Эти протоколы часто не соответствуют рекомендуемой модели OSI разбиению на уровни. В частности, функции сеансового и представительного уровня, как правило, объединены с прикладным уровнем. Такое несоответствие связано с тем, что модель OSI появилась как результат обобщения уже существующих и реально используемых стеков, а не наоборот.

Стек OSI

Следует четко различать модель OSI и стек OSI. Если модель OSI является концептуальной схемой взаимодействия открытых систем, то стек OSI представляет собой набор вполне конкретных спецификаций протоколов.

В отличие от других стеков протоколов стек OSI полностью соответствует модели OSI, он включает спецификации протоколов для всех семи уровней взаимодействия, определенных в этой модели. На нижних уровнях стек OSI поддерживает Ethernet, Token Ring, FDDI, протоколы глобальных сетей, X.25 и ISDN, т. е. использует разработанные вне стека протоколы нижних уровней, как и все другие стеки. Протоколы сетевого, транспортного и сеансового уровней стека OSI специфицированы и реализованы различными производителями, но распространены пока мало. Наиболее популярные протоколы стека OSI – прикладные протоколы. К ним относятся: протокол передачи файлов FTAM, протокол эмуляции терминала VTP, протоколы справочной службы X.500, электронной почты X.400 и ряд других.

Протоколы стека OSI отличаются сложностью и неоднозначностью спецификаций. Эти свойства стали результатом общей политики разработчиков стека, стремившихся учесть в своих протоколах все случаи и все существующие технологии. К этому нужно еще добавить и последствия большого количества политических компромиссов, неизбежных при принятии международных стандартов по такому злободневному вопросу, как построение открытых вычислительных сетей.

Из-за своей сложности протоколы OSI требуют больших затрат вычислительной мощности центрального процессора, что делает их наиболее подходящими для мощных машин, а не для сетей персональных компьютеров.

Стек OSI – независимый от производителей международный стандарт. Его поддерживает правительство США в своей программе GOSIP, в соответствии с которой все компьютерные сети, устанавливаемые в правительственных учреждениях США после 1990 года, должны или непосредственно поддерживать стек OSI, или обеспечивать средства для перехода на этот стек в будущем. Тем не менее стек OSI более популярен в Европе, чем в США, так как в Европе осталось меньше старых сетей, работающих по собственным протоколам. Большинство организаций пока только планирует переход к стеку OSI, и очень немногие приступили к созданию пилотных проектов. Из тех, что работают в этом направлении, можно назвать Военно-морское ведомство США и сеть NFSNET. Один из крупнейших производителей, поддерживающих OSI, – компания AT&T, ее сеть Stargroup полностью базируется на этом стеке.

Стек TCP/IP

Стек TCP/IP был разработан по инициативе Министерства обороны США более 20 лет назад для связи экспериментальной сети ARPAnet с другими сетями как набор общих протоколов для разнородной вычислительной среды. Большой вклад в развитие стека TCP/IP, который получил свое название от популярных протоколов IP и TCP, внесли специалисты из университета Беркли, реализовавшие протоколы стека в версии ОС UNIX. Популярность этой операционной системы привела к широкому распространению протоколов TCP, IP и других протоколов стека. Сегодня этот стек используется для связи компьютеров всемирной информационной сети Internet, а также в огромном количестве корпоративных сетей.

Стек TCP/IP на нижнем уровне поддерживает все популярные стандарты физического и канального уровней: для локальных сетей – это Ethernet, Token Ring, FDDI, для глобальных – протоколы работы на аналоговых коммутируемых и выделенных линиях SLIP, PPP, протоколы территориальных сетей X.25 и ISDN.

Основные протоколы стека, давшие ему название, – протоколы IP и TCP. В терминологии модели OSI они относятся к сетевому и транспортному уровням соответственно. IP обеспечивает продвижение пакета по составной сети, а TCP гарантирует надежность его доставки.

За долгие годы использования в сетях различных стран и организаций стек TCP/IP вобрал в себя большое количество протоколов прикладного уровня. К ним относятся такие популярные протоколы, как протокол пересылки файлов FTP, протокол эмуляции терминала telnet, почтовый протокол SMTP, используемый в электронной почте сети Internet, гипертекстовые сервисы службы WWW и многие другие.

Сегодня стек TCP/IP представляет собой один из самых распространенных стеков транспортных протоколов вычислительных сетей.

Действительно, только в сети Internet объединено около 10 миллионов компьютеров по всему миру, которые взаимодействуют друг с другом с помощью стека протоколов TCP/IP.

Стремительный рост популярности Internet привел и к изменениям в расстановке сил в мире коммуникационных протоколов – протоколы TCP/IP, на которых построен Internet, стали быстро теснить бесспорного лидера прошлых лет – стек IPX/SPX компании Novell. Сегодня в мире общее количество компьютеров, на которых установлен стек TCP/IP, превысило количество компьютеров, на которых работает стек IPX/SPX. Это говорит об изменении отношения администраторов локальных сетей к протоколам, используемым на настольных компьютерах, так как именно на них раньше почти везде работали протоколы компании Novell, необходимые для доступа к файловым серверам NetWare. Процесс продвижения стека TCP/IP на лидирующие позиции в любых типах сетей продолжается, и сейчас в комплекте поставки любой промышленной операционной системы обязательно имеется программная реализация этого стека.

Хотя протоколы TCP/IP неразрывно связаны с Internet, и каждый из многомиллионной армады компьютеров Internet работает на основе этого стека, существует большое количество

локальных, корпоративных и территориальных сетей, непосредственно не являющихся частями Internet, в которых также используются протоколы TCP/IP. Чтобы отличать эти сети от Internet, их называют сетями TCP/IP, или IP-сетями.

Поскольку стек TCP/IP изначально создавался для глобальной сети Internet, он имеет много особенностей, которые обеспечивают ему преимущество перед другими протоколами, когда речь заходит о построении сетей, включающих глобальные связи. В частности, очень полезное свойство, благодаря которому этот протокол может применяться в больших сетях, – его способность фрагментировать пакеты. Действительно, сложная составная сеть часто состоит из сетей, построенных на совершенно разных принципах. В каждой из этих сетей может быть установлена собственная максимальная длина единицы передаваемых данных (кадра). В таком случае при переходе из одной сети, имеющей большую максимальную длину, в другую, с меньшей максимальной длиной, может возникнуть необходимость разделения передаваемого кадра на несколько частей. Протокол IP стека TCP/IP эффективно решает эту задачу.

Другая особенность технологии TCP/IP – гибкая система адресации, позволяющая более просто по сравнению с другими протоколами аналогичного назначения включать в интернет (объединенную или составную сеть) сети других технологий. Это свойство также способствует применению стека TCP/IP для построения больших гетерогенных сетей.

В стеке TCP/IP очень экономно используются возможности широковещательных рассылок. Это свойство просто необходимо при работе на медленных каналах связи, характерных для территориальных сетей.

Однако платой за преимущества здесь оказываются высокие требования к ресурсам и сложность администрирования IP-сетей. Для реализации мощных функциональных возможностей протоколов стека TCP/IP требуются большие вычислительные затраты. Гибкая система адресации и отказ от широковещательных рассылок требуют наличия в IP-сети различных централизован-

ных служб типа DNS, DHCP и т. п. Каждая из этих служб упрощает администрирование сети и конфигурирование оборудования, но в то же время сама требует пристального внимания со стороны администраторов.

В настоящее время TCP/IP – самый популярный стек протоколов, широко используемый как в глобальных, так и в локальных сетях.

Стек IPX/SPX

Этот стек является оригинальным стеком протоколов фирмы Novell, разработанным для сетевой операционной системы NetWare еще в начале 1980-х годов. Протоколы сетевого и сеансового уровней Internetwork Packet Exchange (IPX) и Sequenced Packet Exchange (SPX), которые дали название стеку, – прямая адаптация протоколов XNS фирмы Xerox, распространенных в гораздо меньшей степени, чем стек IPX/SPX.

Популярность стека IPX/SPX непосредственно связана с операционной системой Novell NetWare, которая долгое время сохраняла мировое лидерство по числу установленных систем, хотя в последнее время ее популярность намного снизилась, и по темпам роста она заметно отстает от Microsoft Windows NT.

Многие особенности стека IPX/SPX обусловлены ориентацией ранних версий ОС NetWare (до версии 4.0) на работу в локальных сетях небольших размеров, состоящих из персональных компьютеров со скромными ресурсами. Понятно, что для таких компьютеров компании Novell нужны были протоколы, на реализацию которых требовалось бы минимальное количество оперативной памяти (ограниченной в IBM-совместимых компьютерах под управлением MS-DOS объемом 640 кбайт) и которые быстро работали бы на процессорах небольшой вычислительной мощности. В результате протоколы стека IPX/SPX до недавнего времени хорошо работали в локальных сетях и не очень – в больших корпоративных сетях, так как они слишком перегружали медленные глобальные связи широковещательными пакетами, которые интенсивно используются несколькими протоколами этого стека (например для установления связи ме-

жду клиентами и серверами). Это обстоятельство, а также тот факт, что стек IPX/SPX – собственность фирмы Novell и на его реализацию нужно получать лицензию (т. е. открытые спецификации не поддерживались), долгое время ограничивали его поле деятельности только сетями NetWare. Однако с момента выпуска версии NetWare 4.0 специалисты Novell внесли и продолжают вносить в протоколы серьезные изменения, направленные на их адаптацию для работы в корпоративных сетях. Сейчас стек IPX/SPX реализован не только в NetWare, но и в нескольких других популярных сетевых ОС, например SCO UNIX, Sun Solaris, Microsoft Windows NT.

Стек NetBIOS/SMB

Этот стек широко применяется в продуктах компаний IBM и Microsoft. На его физическом и канальном уровнях используются все наиболее распространенные протоколы Ethernet, Token Ring, FDDI и другие. На верхних уровнях работают протоколы NetBEUI и SMB.

Протокол NetBIOS (Network Basic Input/Output System) появился в 1984 году как сетевое расширение стандартных функций базовой системы ввода/вывода (BIOS) IBM PC для сетевой программы PC Network компании IBM. В дальнейшем этот протокол был заменен так называемым протоколом расширенного пользовательского интерфейса NetBEUI (NetBIOS Extended User Interface). Для обеспечения совместимости приложений в качестве интерфейса к протоколу NetBEUI был сохранен интерфейс NetBIOS. Протокол NetBEUI разрабатывался как эффективный протокол, потребляющий немного ресурсов и предназначенный для сетей, насчитывающих не более 200 рабочих станций.

Протокол NetBEUI выполняет много полезных сетевых функций, которые можно отнести к сетевому, транспортному и сеансовому уровням модели OSI, однако он не обеспечивает возможность маршрутизации пакетов. Это ограничивает применение протокола NetBEUI локальными сетями, не разделенными на подсети, и делает невозможным его использование в составных сетях.

Некоторые ограничения NetBEUI снимаются в реализации этого протокола NBF (NetBEUI Frame), которая включена в операционную систему Microsoft Windows NT.

Протокол SMB (Server Message Block) выполняет функции сеансового, представительного и прикладного уровней. На основе SMB реализуется файловая служба, а также службы печати и передачи сообщений между приложениями.

Стеки протоколов SNA компании IBM, DECnet корпорации Digital Equipment и AppleTalk/AFP компании Apple применяются в основном в операционных системах и сетевом оборудовании этих фирм.

На рис. 10.3 показано соответствие некоторых наиболее популярных протоколов уровням модели OSI. Часто это соответствие весьма условно, так как модель OSI – это только руководство к действию, причем достаточно общее, а конкретные протоколы разрабатывались для решения специфических задач, причем многие из них появились до разработки модели OSI. В большинстве случаев разработчики стеков отдавали предпочтение скорости работы сети в ущерб модульности: ни один стек, кроме стека OSI, не разбит на семь уровней. Чаще всего в стеке явно выделяются 3 – 4 уровня: уровень сетевых адаптеров, в котором реализуются протоколы физического и канального уровней, сетевой уровень, транспортный уровень и уровень служб, объединяющий функции сеансового, представительного и прикладного уровней.

Большинство функций двух нижних уровней модели (1 и 2) обычно реализуются аппаратно (часть функций уровня 2 – программным драйвером сетевого адаптера). Именно на этих уровнях определяется скорость передачи и топология сети, метод управления обменом и формат пакета, т. е. то, что имеет непосредственное отношение к типу сети, например Ethernet, Token Ring, FDDI, 100VG-AnyLAN. Более высокие уровни, как правило, не работают напрямую с конкретной аппаратурой, хотя

уровни 3, 4 и 5 еще могут учитывать ее особенности. Уровни 6 и 7 никак не связаны с аппаратурой, замены одного типа аппаратуры на другой они не замечают.

Модель OSI	IBM/Microsoft		TCP/IP		Novell	Стек OSI
Прикладной						X.400 X.500 FTAM
Представительный	SMB		Telnet FTP SNMP WWW		NCP SAP	Представительный протокол OSI
Сеансовый						Сенсовый протокол OSI
Транспортный		NetBIOS	TCP		SPX	Транспортный протокол OSI
Сетевой			IP RIP OSPF		IPX RIP NLSP	ES-ES IS-IS
Канальный	802.3 (Ethernet), 802.5 (Token Ring), FDDI, Fast Ethernet, SLIP, 100VG-AnyLAN, X.25, ATM, LAP-B, LAP-D, PPP Коаксиал, экранированная и неэкранированная витая пара, оптоволокно, радиоволны					
Физический						

Рис. 10.3. Соответствие популярных стеков протоколов модели OSI

Как уже отмечалось, в уровне 2 (канальном) нередко выделяют два подуровня (sublayers) LLC и MAC (рис. 10.4).

1. *Верхний подуровень (LLC – Logical Link Control)* осуществляет управление логической связью, т. е. устанавливает виртуальный канал связи. Строго говоря, эти функции не связаны с конкретным типом сети, но часть из них все же возлагается на аппаратуру сети (сетевой адаптер). Другая часть функций подуровня LLC выполняется программой драйвера сетевого адаптера. Подуровень LLC отвечает за взаимодействие с уровнем 3 (сетевым).

2. *Нижний подуровень (MAC – Media Access Control)* обеспечивает непосредственный доступ к среде передачи информации (каналу связи). Он напрямую связан с аппаратурой сети. Именно на подуровне MAC осуществляется взаимодействие с физическим уровнем. Здесь производится контроль состояния

сети, повторная передача пакетов заданное число раз при коллизиях, прием пакетов и проверка правильности передачи.

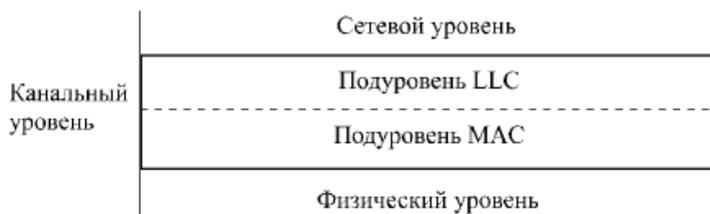


Рис. 10.4. Подуровни LLC и MAC канального уровня

Помимо модели OSI существует также модель IEEE Project 802, принятая в феврале 1980 года (отсюда и число 802 в названии), которую можно рассматривать как модификацию, развитие, уточнение модели OSI. Стандарты, определяемые этой моделью (так называемые 802-спецификации), относятся к нижним двум уровням модели OSI и делятся на двенадцать категорий, каждой из которых присвоен свой номер:

- 802.1 – объединение сетей с помощью мостов и коммутаторов;
- 802.2 – управление логической связью на подуровне LLC;
- 802.3 – локальная сеть с методом доступа CSMA/CD и топологией «шина» (Ethernet);
- 802.4 – локальная сеть с топологией «шина» и маркерным доступом (Token-Bus);
- 802.5 – локальная сеть с топологией «кольцо» и маркерным доступом (Token-Ring);
- 802.6 – городская сеть (Metropolitan Area Network, MAN) с расстояниями между абонентами более 5 км;
- 802.7 – широкополосная технология передачи данных;
- 802.8 – оптоволоконная технология;
- 802.9 – интегрированные сети с возможностью передачи речи и данных;
- 802.10 – безопасность сетей, шифрование данных;
- 802.11 – беспроводная сеть по радиоканалу (WLAN – Wireless LAN);

- 802.12 – локальная сеть с централизованным управлением доступом по приоритетам запросов и топологией «звезда» (100VG-AnyLAN).

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Что значит открытая система?
2. Дайте определение понятий «модульность» и «стандартизация».
3. Назовите различные виды организаций, ведущих стандартизацию компьютерных сетей.
4. Какое общество занимается стандартизацией сети Internet? Из каких организаций оно состоит?
5. Какие этапы включает в себя стандартизация протокола Internet?
6. Назовите наиболее популярные стеки коммуникационных протоколов.
7. Постройте таблицу соответствия популярных стеков протоколов модели OSI.
8. Назовите некоторые стандарты модели IEEE Project 802.

Глава 11. Классические сети передачи данных

За время, прошедшее с момента появления первых локальных сетей, было разработано несколько сот самых разных сетевых технологий, однако заметное распространение получили немногие. Это связано прежде всего с высоким уровнем стандартизации принципов организации сетей и поддержкой их известными компаниями. Тем не менее не всегда стандартные сети обладают рекордными характеристиками, обеспечивают оптимальные режимы обмена. Но большие объемы выпуска их аппаратуры и, следовательно, ее невысокая стоимость дают им огромные преимущества. Немаловажно и то, что производители программных средств также в первую очередь ориентируются на самые распространенные сети, поэтому пользователь, выбирающий стандартные сети, имеет полную гарантию совместимости аппаратуры и программ.

В настоящее время уменьшение количества типов используемых сетей стало тенденцией. Дело в том, что увеличение скорости передачи в локальных сетях до 100 и даже 1000 Мбит/с требует применения самых передовых технологий, проведения дорогих научных исследований. Естественно, это могут позволить себе только крупнейшие фирмы, которые поддерживают свои стандартные сети и их более совершенные разновидности. К тому же большинство потребителей уже установило у себя какие-то сети и не желает сразу и полностью заменять сетевое оборудование. В ближайшем будущем вряд ли стоит ожидать того, что будут приняты принципиально новые стандарты.

На рынке предлагаются стандартные локальные сети всех возможных топологий, так что выбор у пользователей имеется. Стандартные сети обеспечивают широкий диапазон допустимых размеров сети, количества абонентов и, что не менее важно, цен на аппаратуру. Но сделать выбор все равно непросто. Ведь в отличие от программных средств, заменить которые нетрудно, аппаратура обычно служит многие годы, ее замена ведет не только к значительным затратам и необходимости перекладки кабелей, но и к пересмотру системы компьютерных средств организации. В связи с этим ошибки в выборе аппаратуры обычно обходятся гораздо дороже ошибок при выборе программных средств.

В данной главе будут рассмотрены основные особенности аппаратуры наиболее популярных локальных сетей, что несомненно поможет читателю при необходимости сделать правильный выбор.

В таблице приведены характеристики классических вариантов стандартных локальных сетей. Все стандартные сети имеют несколько вариантов, отличающихся типом используемого кабеля, скоростями передачи, допустимыми размерами сети. О них подробнее рассказано в главах, посвященных конкретным типам сетей.

Параметры базовых вариантов стандартных сетей

Тип сети Параметр сети	Ethernet	Token-Ring	Arcnet	FDDI	100VG-AnyLAN
Стандарт	IEEE 802.3	IEEE 802.5	Datapoint	ISO 9314	IEEE 802.12
Топология	Шина	Кольцо	Шина	Кольцо	Звезда
Скорость передачи	10 (100) Мбит/с	(16) Мбит/с	2,5 Мбит/с	100 Мбит/с	100 Мбит/с
Длина	5 км	120 м	6 км	20 км	1 км
Среда	КК	ВП	КК	ОВ	ВП
Метод управления	CSMA/CD	Маркер	Маркер	Маркер	Центр
Код	Манчестер	Бифазный	Arcnet	4B/5B	5B/6B
Количество абонентов	До 1024	До 260	До 255	До 1000	До 1024

Примечание. КК – коаксиальный кабель, ВП – кабель на витых парах, ОВ – оптоволоконный кабель.

11.1. Cemu Ethernet u Fast Ethernet

Наибольшее распространение среди стандартных сетей получила сеть Ethernet. Впервые она появилась в 1972 году (разработчиком выступила известная фирма Хегох). Сеть оказалась довольно удачной, и вследствие этого ее в 1980 году поддержали такие крупнейшие компании, как DEC и Intel (объединение этих компаний назвали DIX по первым буквам их названий). Их стараниями в 1985 году сеть Ethernet стала международным стандартом, ее приняли крупнейшие международные организации по стандартам: комитет 802 IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers) и ECMA (European Computer Manufacturers Association).

Стандарт получил название IEEE 802.3. Он определяет множественный доступ к моноканалу типа «шина» с обнаружением конфликтов и контролем передачи, т. е. уже упоминавшийся метод доступа CSMA/CD. Этому стандарту удовлетворяли и некоторые другие сети, так как уровень его детализации невысок. В результате сети стандарта IEEE 802.3 нередко были несовместимы между собой как по конструктивным, так и по электрическим характеристикам. Однако в последнее время стандарт IEEE 802.3 считается стандартом именно сети Ethernet.

Основные характеристики первоначального стандарта IEEE 802.3:

- топология – шина;
- среда передачи – коаксиальный кабель;
- скорость передачи – 10 Мбит/с;
- максимальная длина сети – 5 км;
- максимальное количество абонентов – до 1024;
- длина сегмента сети – до 500 м;
- количество абонентов на одном сегменте – до 100;
- метод доступа – CSMA/CD;
- передача узкополосная, то есть без модуляции (моноканал).

Строго говоря, между стандартами IEEE 802.3 и Ethernet существуют незначительные отличия, но о них обычно предпочитают не вспоминать.

Сеть Ethernet сейчас наиболее популярна в мире (более 90 % рынка), предположительно таковой она и останется в ближайшие годы. Этому в немалой степени способствовало то, что с самого начала характеристики, параметры, протоколы сети были открыты, в результате чего огромное число производителей во всем мире стало выпускать аппаратуру Ethernet, полностью совместимую между собой.

В классической сети Ethernet применялся 50-омный коаксиальный кабель двух видов (толстый и тонкий). Однако в последнее время (с начала 1990-х годов) наибольшее распространение получила версия Ethernet, использующая в качестве среды передачи витые пары. Определен также стандарт для применения в сети оптоволоконного кабеля. Для учета этих изменений в изначальный стандарт IEEE 802.3 были сделаны соответствующие добавления. В 1995 году появился дополнительный стандарт на более быструю версию Ethernet, работающую на скорости 100 Мбит/с (так называемый Fast Ethernet, стандарт IEEE 802.3u) и использующую в качестве среды передачи витую пару или оптоволоконный кабель. В 1997 году появилась и версия, работающая на скорости 1000 Мбит/с (Gigabit Ethernet, стандарт IEEE 802.3z).

Помимо стандартной топологии «шина» все шире применяются топологии типа «пассивная звезда» и «пассивное дерево». При этом предполагается использование репитеров и репитерных концентраторов, соединяющих между собой различные части (сегменты) сети. В результате может сформироваться древовидная структура на сегментах разных типов (рис. 11.1).

В качестве сегмента (части сети) может выступать классическая шина или единичный абонент. Для шинных сегментов используется коаксиальный кабель, а для лучей пассивной звезды (для присоединения к концентратору одиночных компьютеров) – витая пара и оптоволоконный кабель. Главное требование к полученной в результате топологии – чтобы в ней не было

замкнутых путей (петель). Фактически получается, что все абоненты соединены в физическую шину, так как сигнал от каждого из них распространяется сразу во все стороны и не возвращается назад (как в кольце).

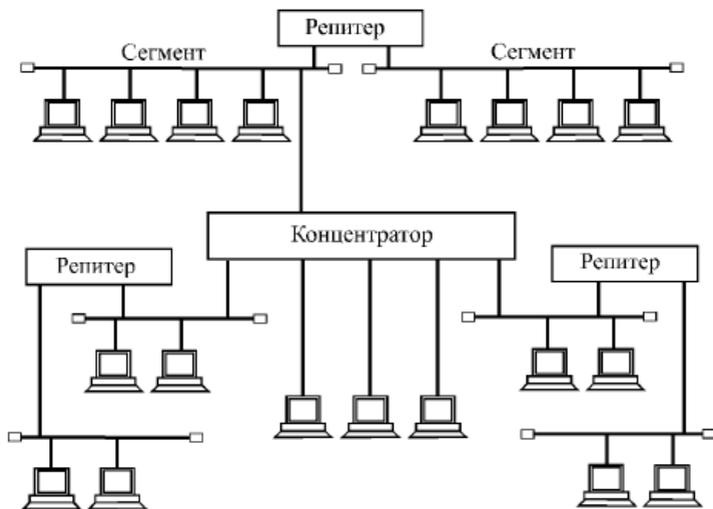


Рис. 11.1. Классическая топология сети Ethernet

Максимальная длина кабеля сети в целом (максимальный путь сигнала) теоретически может достигать 6,5 км, но практически не превышает 3,5 км.

В сети Fast Ethernet не предусмотрена физическая топология «шина», используется только «пассивная звезда» или «пассивное дерево». К тому же в Fast Ethernet более жесткие требования к предельной длине сети. Ведь при увеличении в 10 раз скорости передачи и сохранении формата пакета его минимальная длина становится в 10 раз короче. Таким образом в 10 раз уменьшается допустимая величина двойного времени прохождения сигнала по сети (5,12 мкс против 51,2 мкс в Ethernet).

Для передачи информации в сети Ethernet применяется стандартный манчестерский код.

Доступ к сети Ethernet осуществляется по случайному методу CSMA/CD, обеспечивающему равноправие абонентов. В сети используются пакеты переменной длины со структурой, представленной на рис. 11.2 (цифры показывают количество байт).



Рис. 11.2. Структура пакета сети Ethernet

Длина кадра Ethernet (т. е. пакета без преамбулы) должна быть не менее 512 битовых интервалов, или 51,2 мкс (именно такова предельная величина двойного времени прохождения в сети). Предусмотрена индивидуальная, групповая и широковещательная адресация.

В пакет Ethernet входят следующие поля:

- преамбула состоит из 8 байт, первые семь представляют собой код 10101010, а последний байт – код 10101011. В стандарте IEEE 802.3 восьмой байт называется признаком начала кадра (SFD – Start of Frame Delimiter) и образует отдельное поле пакета;
- адреса получателя (приемника) и отправителя (передатчика) включают по 6 байт и строятся по стандарту, описанному в пункте «Адресация пакетов» гл. 4. Эти адресные поля обрабатываются аппаратурой абонентов;
- поле управления (L/T – Length/Type) содержит информацию о длине поля данных. Оно может также определять тип используемого протокола. Принято считать, что если значение этого поля не больше 1500, то оно указывает на длину поля данных. Если же его значение больше 1500, то оно определяет тип кадра. Поле управления обрабатывается программно;

- поле данных должно включать в себя от 46 до 1500 байт данных. Если пакет должен содержать менее 46 байт данных, то поле данных дополняется байтами заполнения. Согласно стандарту IEEE 802.3 в структуре пакета выделяется специальное поле заполнения (pad data – незначащие данные), которое может иметь нулевую длину, когда данных достаточно (больше 46 байт);

- поле контрольной суммы (FCS – Frame Check Sequence) содержит 32-разрядную циклическую контрольную сумму пакета (CRC) и служит для проверки правильности передачи пакета.

Таким образом, минимальная длина кадра (пакета без преамбулы) составляет 64 байта (512 бит). Именно эта величина определяет максимально допустимую двойную задержку распространения сигнала по сети в 512 битовых интервалов (51,2 мкс для Ethernet или 5,12 мкс для Fast Ethernet). Стандарт предполагает, что преамбула может уменьшаться при прохождении пакета через различные сетевые устройства, поэтому она не учитывается. Максимальная длина кадра равна 1518 байтам (12144 бита, т. е. 1214,4 мкс для Ethernet, 121,44 мкс для Fast Ethernet). Это важно для выбора размера буферной памяти сетевого оборудования и оценки общей загруженности сети.

Выбор формата преамбулы не случаен. Дело в том, что последовательность чередующихся единиц и нулей (101010...10) в манчестерском коде характеризуется тем, что имеет переходы только в середине битовых интервалов (информационные переходы). Приемнику достаточно синхронизироваться при такой последовательности, даже если она по какой-то причине укорачивается на несколько бит. Последние два единичных бита преамбулы (11) существенно отличаются от последовательности 101010...10 (появляются переходы еще и на границе битовых интервалов), поэтому уже синхронизировавшийся приемник легко может выделить их и детектировать тем самым начало полезной информации (начало кадра).

Для сети Ethernet, работающей на скорости 10 Мбит/с, стандарт определяет четыре основных типа сегментов сети, ориентированных на различные *среды передачи* информации:

- 10BASE5 (толстый коаксиальный кабель);

- 10BASE2 (тонкий коаксиальный кабель);
- 10BASE-T (витая пара);
- 10BASE-FL (оптоволоконный кабель).

Наименование сегмента включает в себя три элемента. Цифра «10» означает скорость передачи 10 Мбит/с, слово BASE – передачу в основной полосе частот (т. е. без модуляции высокочастотного сигнала), а последний элемент – допустимую длину сегмента: «5» – 500 м, «2» – 200 м (точнее, 185 м), или тип линии связи: «Т» – витая пара (от англ. twisted-pair), «F» – оптоволоконный кабель (от англ. fiber optic).

Точно так же для сети Ethernet, работающей на скорости 100 Мбит/с (Fast Ethernet), стандарт определяет три типа сегментов, отличающихся типами среды передачи:

- 100BASE-T4 (счетверенная витая пара);
- 100BASE-TX (сдвоенная витая пара);
- 100BASE-FX (оптоволоконный кабель).

Здесь цифра «100» означает скорость передачи 100 Мбит/с, буква «Т» – витую пару, буква «F» – оптоволоконный кабель. Типы 100BASE-TX и 100BASE-FX иногда объединяют под именем 100BASE-X, а 100BASE-T4 и 100BASE-TX – под именем 100BASE-T.

Подробнее особенности аппаратуры Ethernet, а также алгоритма управления обменом CSMA/CD и алгоритма вычисления циклической контрольной суммы (CRC) будут рассмотрены далее. Отметим только то, что сеть Ethernet не отличается ни рекордными характеристиками, ни оптимальными алгоритмами, она уступает по ряду параметров другим стандартным сетям. Но благодаря мощной поддержке, высочайшему уровню стандартизации, огромным объемам выпуска технических средств *Ethernet* выгодно выделяется среди других стандартных сетей, и поэтому любую другую сетевую технологию принято сравнивать именно с Ethernet.

Развитие технологии Ethernet идет по пути все большего отхода от первоначального стандарта. Применение новых сред передачи и коммутаторов позволяет существенно увеличить размер сети. Отказ от манчестерского кода (в сети Fast Ethernet

и Gigabit Ethernet) обеспечивает увеличение скорости передачи данных и снижение требований к кабелю. Отказ от метода управления CSMA/CD (при полнодуплексном режиме обмена) дает возможность резко повысить эффективность работы и снять ограничения с длины сети. Тем не менее все новые разновидности сети также называются Ethernet.

11.2. Сеть Token-Ring

Сеть Token-Ring (маркерное кольцо) была предложена компанией IBM в 1985 году (первый вариант появился в 1980 году). Она предназначалась для объединения всех типов компьютеров, выпускаемых IBM. Уже тот факт, что ее поддерживает компания IBM, крупнейший производитель компьютерной техники, говорит о том, что этой сети необходимо уделить особое внимание. Но не менее важно и то, что Token-Ring является в настоящее время международным стандартом IEEE 802.5 (хотя между Token-Ring и IEEE 802.5 есть незначительные отличия). Это ставит данную сеть на один уровень с Ethernet.

Разрабатывалась Token-Ring как надежная альтернатива Ethernet. И хотя сейчас Ethernet вытесняет все остальные сети, Token-Ring нельзя считать безнадежно устаревшей. Более 10 миллионов компьютеров по всему миру объединены этой сетью.

Компания IBM сделала все для максимально широкого распространения своей сети: была выпущена подробная документация вплоть до принципиальных схем адаптеров. В результате многие компании, например 3COM, Novell, Western Digital, Proteon и другие, приступили к производству адаптеров. Кстати, специально для этой сети, а также для другой сети IBM PC Network была разработана концепция NetBIOS. Если в созданной ранее сети PC Network программы NetBIOS хранились во встроенной в адаптер постоянной памяти, то в сети Token-Ring уже применялась эмулирующая NetBIOS программа.

Сеть Token-Ring имеет топологию «кольцо», хотя внешне она больше напоминает «звезду». Это связано с тем, что отдельные абоненты (компьютеры) присоединяются к сети не напря-

мую, а через специальные концентраторы или многостанционные устройства доступа (MSAU, или MAU – Multistation Access Unit). Физически сеть образует звездно-кольцевую топологию (рис. 11.3). В действительности же абоненты объединяются в кольцо, т. е. каждый из них передает информацию одному соседнему абоненту, а принимает информацию от другого.

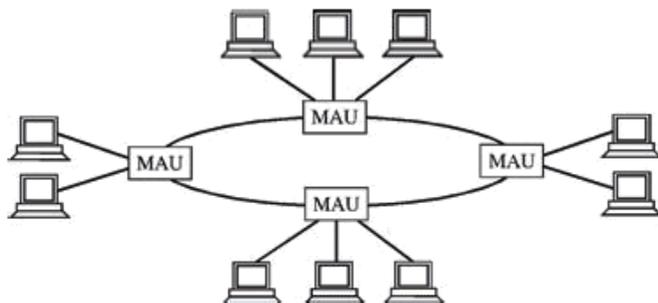


Рис. 11.3. Звездно-кольцевая топология сети Token-Ring

Концентратор (MAU) позволяет централизовать задание конфигурации, отключение неисправных абонентов, контроль работы сети и т.д. (рис. 11.4). Никакой обработки информации он не производит.

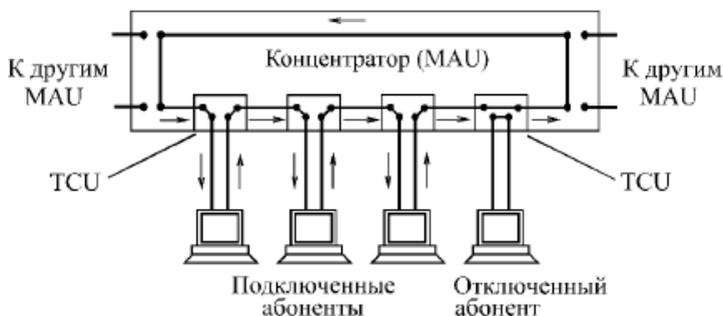


Рис. 11.4. Соединение абонентов сети Token-Ring в кольцо с помощью концентратора (MAU)

Для каждого абонента в составе концентратора применяется специальный блок подключения к магистрали (TCU – Trunk Coupling Unit), который обеспечивает автоматическое включение абонента в кольцо, если он подключен к концентратору и исправен. Если абонент отключается от концентратора или же неисправен, то блок TCU автоматически восстанавливает целостность кольца без участия данного абонента. Срабатывает TCU по сигналу постоянного тока (так называемый «фантомный» ток), который приходит от абонента, желающего включиться в кольцо. Абонент может также отключиться от кольца и провести процедуру самотестирования (крайний правый абонент на рис. 11.4). «Фантомный» ток никак не влияет на информационный сигнал, так как сигнал в кольце не имеет постоянной составляющей.

Конструктивно концентратор представляет собой автономный блок с десятью разъемами на передней панели (рис. 11.5).

Восемь центральных разъемов (1...8) предназначены для подключения абонентов (компьютеров) с помощью адаптерных (Adapter cable) или радиальных кабелей. Два крайних разъема: входной RI (Ring In) и выходной RO (Ring Out), служат для подключения к другим концентраторам с помощью специальных магистральных кабелей (Path cable). Предлагаются настенный и настольный варианты концентратора.

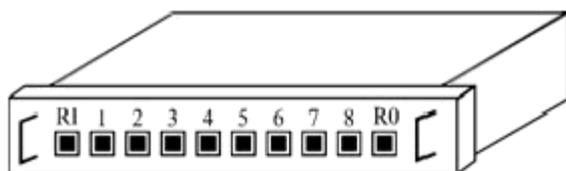


Рис. 11.5. Концентратор Token-Ring (8228 MAU)

Существуют как пассивные, так и активные концентраторы MAU. Активный концентратор восстанавливает сигнал, входящий от абонента (т. е. работает как концентратор *Ethernet*). Пассивный концентратор не восстанавливает сигнал, только переконмутирует линии связи.

Концентратор в сети может быть единственным (как на рис. 11.4), в этом случае в кольцо замыкаются только абоненты, подключенные к нему. Внешне такая топология выглядит, как звезда. Если же нужно подключить к сети более восьми абонентов, то несколько концентраторов соединяются магистральными кабелями и образуют звездно-кольцевую топологию.

Как уже отмечалось, кольцевая топология очень чувствительна к обрывам кабеля. Для повышения «живучести» сети в Token-Ring предусмотрен режим так называемого сворачивания кольца, что позволяет обойти место обрыва.

В нормальном режиме концентраторы соединены в кольцо двумя параллельными кабелями, но передача информации производится при этом только по одному из них (рис. 11.6).

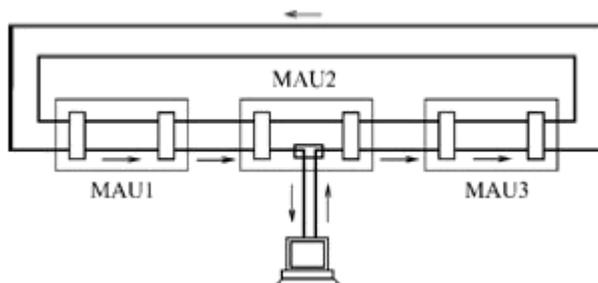


Рис. 11.6. Объединение концентраторов MAU в нормальном режиме

В случае одиночного повреждения (обрыва) кабеля сеть осуществляет передачу по обоим кабелям, обходя тем самым поврежденный участок. При этом сохраняется даже порядок обхода абонентов, подключенных к концентраторам (рис. 11.7). Однако увеличивается суммарная длина кольца.

В случае множественных повреждений кабеля сеть распадается на несколько частей (сегментов), не связанных между собой, но сохраняющих полную работоспособность (рис. 11.8). Максимальная часть сети остается при этом связанной, как и

прежде. Конечно, это уже не спасает сеть в целом, но позволяет при правильном распределении абонентов по концентраторам сохранять значительную часть функций поврежденной сети.

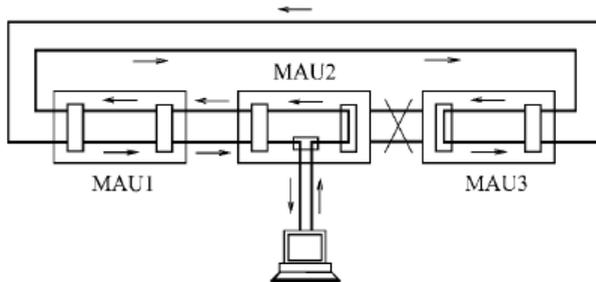


Рис. 11.7. Сворачивание кольца при повреждении кабеля

Несколько концентраторов можно конструктивно объединить в группу, кластер (cluster), внутри которого абоненты также соединены в кольцо. Применение кластеров позволяет увеличивать количество абонентов, подключенных к одному центру, например до 16 (если в кластер входит два концентратора).

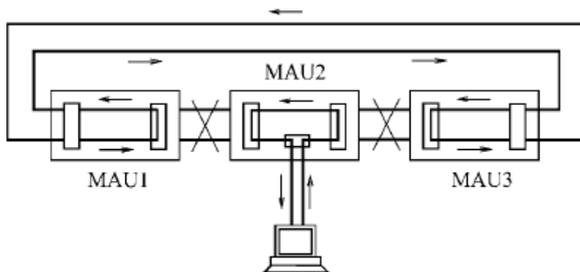


Рис. 11.8. Распад кольца при множественных повреждениях кабеля

В качестве среды передачи в сети IBM Token-Ring сначала применялась витая пара, как неэкранированная (UTP), так и экранированная (STP), но затем появились варианты аппаратуры для коаксиального кабеля, а также для оптоволоконного кабеля в стандарте FDDI.

Основные технические характеристики классического варианта сети Token-Ring:

- максимальное количество концентраторов типа IBM 8228 MAU – 12;
- максимальное количество абонентов в сети – 96;
- максимальная длина кабеля между абонентом и концентратором – 45 м;
- максимальная длина кабеля между концентраторами – 45 м;
- максимальная длина кабеля, соединяющего все концентраторы, – 120 м;
- скорость передачи данных – 4 и 16 Мбит/с.

Все приведенные характеристики относятся к случаю использования неэкранированной витой пары. Если применяется другая среда передачи, характеристики сети могут отличаться. Например, при использовании экранированной витой пары (STP) количество абонентов может быть увеличено до 260 (вместо 96), длина кабеля – до 100 м (вместо 45 м), количество концентраторов – до 33, а полная длина кольца, соединяющего концентраторы, – до 200 м. Оптоволоконный кабель позволяет увеличивать длину кабеля до двух километров.

Для передачи информации в Token-Ring применяется бифазный код (точнее, его вариант с обязательным переходом в центре битового интервала). Как и в любой звездообразной топологии, никаких дополнительных мер по электрическому согласованию и внешнему заземлению не требуется. Согласование выполняется аппаратурой сетевых адаптеров и концентраторов.

Для присоединения кабелей в Token-Ring используют разъемы RJ-45 (для неэкранированной витой пары), а также MIC и DB9P. Провода в кабеле соединяют одноименные контакты разъемов (т. е. используются так называемые "прямые" кабели).

Сеть Token-Ring в классическом варианте уступает сети Ethernet как по допустимому размеру, так и по максимальному количеству абонентов. Что касается скорости передачи, то в настоящее время имеются версии Token-Ring, работающие на скорости 100 (High Speed Token-Ring, HSTR) и 1000 Мбит/с (Gigabit Token-Ring). Компании, поддерживающие Token-Ring (среди которых IBM, Olicom, Madge), не намерены отказываться от своей сети, рассматривая ее как достойного конкурента Ethernet.

По сравнению с аппаратурой Ethernet аппаратура Token-Ring заметно дороже, так как в ней используется более сложный метод управления обменом, поэтому сеть Token-Ring не получила столь широкого распространения.

Однако в отличие от Ethernet сеть Token-Ring значительно лучше выдерживает высокий уровень нагрузки (более 30–40 %) и обеспечивает гарантированное время доступа. Это необходимо, например, в сетях производственного назначения, в которых задержка реакции на внешнее событие может привести к серьезным авариям.

В сети Token-Ring используется классический маркерный метод доступа, т. е. по кольцу постоянно циркулирует маркер, к которому абоненты могут присоединять свои пакеты данных. Отсюда следует такое важное достоинство данной сети, как отсутствие конфликтов, но есть и недостатки, в частности необходимость контроля целостности маркера и зависимость функционирования сети от каждого абонента (в случае неисправности абонент обязательно должен быть исключен из кольца).

Предельное время передачи пакета в Token-Ring – 10 мс. При максимальном количестве абонентов 260 полный цикл работы кольца составит $260 \cdot 10 = 2,6$ с. За это время все 260 абонентов смогут передать свои пакеты. За это же время свободный маркер обязательно дойдет до каждого абонента. Этот же интервал является верхним пределом времени доступа в Token-Ring.

Каждый абонент сети (его сетевой адаптер) должен выполнять следующие функции:

- выявление ошибок передачи;
- контроль конфигурации сети (восстановление сети при выходе из строя того абонента, который предшествует ему в кольце);
- контроль многочисленных временных соотношений, принятых в сети.

Большое количество функций, конечно, усложняет и удорожает аппаратуру сетевого адаптера.

Для контроля целостности маркера в сети используется один из абонентов (так называемый активный монитор). При этом его аппаратура ничем не отличается от остальных, но его программные средства следят за временными соотношениями в сети и формируют в случае необходимости новый маркер.

Активный монитор выполняет следующие функции:

- запускает в кольцо маркер в начале работы и при его исчезновении;
- регулярно (раз в 7 с) сообщает о своем присутствии специальным управляющим пакетом (AMP – Active Monitor Present);
- удаляет из кольца пакет, который не был удален пославшим его абонентом;
- следит за допустимым временем передачи пакета.

Активный монитор выбирается при инициализации сети, им может быть любой компьютер сети, но, как правило, таковым становится первый включенный в сеть абонент. Абонент, ставший активным монитором, включает в сеть свой буфер (сдвиговый регистр), который гарантирует, что маркер будет умещаться в кольце даже при минимальной длине кольца. Размер этого буфера – 24 бита для скорости 4 Мбит/с и 32 бита для скорости 16 Мбит/с.

Каждый абонент постоянно следит за тем, как активный монитор выполняет свои обязанности. Если активный монитор по какой-то причине выходит из строя, то включается специальный механизм, посредством которого все другие абоненты (запасные, резервные мониторы) принимают решение о назначении нового активного монитора. Для этого абонент, обнаруживший аварию активного монитора, передает по кольцу управляющий пакет (пакет запроса маркера) со своим MAC-адресом. Каждый следующий абонент сравнивает MAC-адрес из пакета с собственным. Если его собственный адрес меньше, он передает пакет дальше без изменений. Если же больше, то он устанавливает в пакете свой MAC-адрес. Активным монитором станет тот абонент, у которого значение MAC-адреса больше, чем у остальных (он должен трижды получить обратно пакет со своим MAC-адресом). Признаком выхода из строя активного монитора – невыполнение им одной из перечисленных функций.

Маркер сети Token-Ring представляет собой управляющий пакет, содержащий всего три байта (рис. 11.9): байт начального разделителя (SD – Start Delimiter), байт управления доступом (AC – Access Control) и байт конечного разделителя (ED – End Delimiter). Все эти три байта входят также в состав информационного пакета, однако функции их в маркере и пакете несколько различаются.

Начальный и конечный разделители представляют собой не просто последовательность нулей и единиц, они содержат сигналы специального вида. Это было сделано для того, чтобы разделители нельзя было спутать ни с какими другими байтами пакетов.

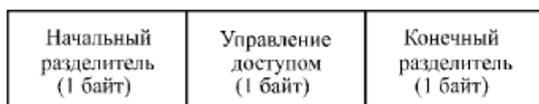


Рис. 11.9. Формат маркера сети Token-Ring

Начальный разделитель SD содержит четыре нестандартных битовых интервала (рис. 11.10). Два из них, обозначаемых J, представляют собой низкий уровень сигнала в течение всего битового интервала. Два других бита, обозначаемых K, – высокий уровень сигнала в течение всего битового интервала. Понятно, что такие сбои в синхронизации легко выявляются приемником. Биты J и K никогда не могут встречаться среди битов полезной информации.



Рис. 11.10. Форматы начального (SD) и конечного (ED) разделителей

Конечный разделитель ED также содержит в себе четыре бита специального вида (два бита J и два бита K), а также два единичных бита. Но, кроме того, в него входят и два информа-

ционных бита, которые имеют смысл только в составе информационного пакета:

- бит I (Intermediate) представляет собой признак промежуточного пакета («1» соответствует первому в цепочке или промежуточному пакету, «0» – последнему в цепочке или единственному пакету);

- бит E (Error) – признак обнаруженной ошибки («0» соответствует отсутствию ошибок, «1» – их наличию).

Байт управления доступом (АС – Access Control) разделен на четыре поля (рис. 11.11): поле приоритета (три бита), бит маркера, бит монитора и поле резервирования (три бита).

Биты (поле) приоритета позволяют абоненту присваивать приоритет своим пакетам или маркеру (приоритет может быть от «0» до «7», причем «7» соответствует наивысшему приоритету, а «0» – низшему). Абонент может присоединить к маркеру свой пакет только тогда, когда его собственный приоритет (приоритет его пакетов) такой же или выше приоритета маркера.

Бит маркера определяет, присоединен ли к маркеру пакет или нет (единица соответствует маркеру без пакета, нуль – маркеру с пакетом). Бит монитора, установленный в единицу, означает, что данный маркер передан активным монитором.

Биты (поле) резервирования позволяют абоненту зарезервировать свое право на дальнейший захват сети. Если приоритет абонента (приоритет его пакетов) выше, чем текущее значение поля резервирования, то он может записать туда свой приоритет вместо прежнего. После обхода по кольцу в поле резервирования будет записан наивысший приоритет среди всех абонентов. Содержимое поля резервирования аналогично содержимому поля приоритета, но отражает будущий приоритет.

В результате использования полей приоритета и резервирования обеспечивается возможность доступа к сети только або-



Рис. 11.11. Формат байта управления доступом

нентам, имеющим пакеты для передачи с наивысшим приоритетом. Менее приоритетные пакеты будут обслуживаться только по исчерпанию более приоритетных пакетов.

Формат информационного пакета (кадра) Token-Ring представлен на рис. 11.12. Помимо начального и конечного разделителей, а также байта управления доступом в этот пакет входят байт управления пакетом, сетевые адреса приемника и передатчика, данные, контрольная сумма и байт состояния пакета.

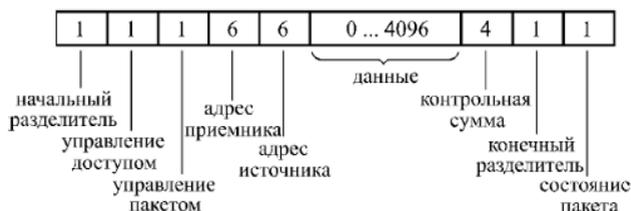


Рис. 11.12. Формат пакета (кадра) сети Token-Ring (длина полей дана в байтах)

Назначение полей пакета (кадра):

- начальный разделитель (SD) – признак начала пакета, его формат такой же, как и в маркере;
- байт управления доступом (AC) имеет тот же формат, что и в маркере;
- байт управления пакетом (FC – Frame Control) определяет тип пакета (кадра);
- шестибайтовые MAC-адреса отправителя и получателя пакета имеют стандартный формат, описанный в п. 3.2;
- поле данных (Data) включает в себя передаваемые данные (в информационном пакете) или информацию для управления обменом (в управляющем пакете);
- поле контрольной суммы (FCS – Frame Check Sequence) представляет собой 32-разрядную циклическую контрольную сумму пакета (CRC);
- конечный разделитель (ED), как и в маркере, указывает на конец пакета. Кроме того, он определяет, является ли данный

пакет промежуточным или заключительным в последовательности передаваемых пакетов, а также содержит признак ошибочности пакета (см. рис. 11.10);

- байт состояния пакета (FS – Frame Status) определяет, что происходило с данным пакетом: был ли он увиден приемником (существует ли приемник с заданным адресом) и скопирован в его память. По нему отправитель пакета узнает, дошел ли пакет по назначению и без ошибок или его надо передавать заново.

Следует отметить, что большой допустимый размер передаваемых данных в одном пакете по сравнению с сетью Ethernet может стать решающим фактором для увеличения производительности сети. Теоретически для скоростей передачи 16 и 100 Мбит/с длина поля данных может достигать 18 кбайт, что принципиально при передаче больших объемов данных. Но даже при скорости 4 Мбит/с благодаря маркерному методу доступа сеть Token-Ring часто обеспечивает большую фактическую скорость передачи, чем сеть Ethernet (10 Мбит/с). Особенно заметно преимущество Token-Ring при больших нагрузках (свыше 30 – 40 %), так как в этом случае метод CSMA/CD требует много времени на разрешение повторных конфликтов.

Абонент, желающий передать пакет, ждет прихода свободного маркера и захватывает его. Захваченный маркер превращается в обрамление информационного пакета. Затем абонент передает информационный пакет в кольцо и ждет его возвращения. После этого он освобождает маркер и снова посылает его в сеть.

Помимо маркера и обычного пакета в сети Token-Ring может передаваться специальный управляющий пакет, служащий для прерывания передачи (Abort). Он может быть послан в любой момент и из любого места потока данных. Пакет этот состоит из двух однобайтовых полей – начального (SD) и конечного (ED) разделителей описанного формата.

Интересно, что в более быстрой версии Token-Ring (16 Мбит/с и выше) применяется так называемый метод раннего формирования маркера (ETR – Early Token Release). Он позволяет избежать непроизводительного использования сети в то время, пока пакет данных не вернется по кольцу к своему отправителю.

Метод ETR сводится к тому, что сразу после передачи своего пакета, присоединенного к маркеру, любой абонент выдает в сеть новый свободный маркер. Другие абоненты могут начинать передачу своих пакетов сразу же после окончания передачи пакета предыдущего абонента, не дожидаясь, пока он завершит обход всего кольца сети. В результате в сети может находиться несколько пакетов одновременно, но всегда будет не более одного свободного маркера. Этот конвейер особенно эффективен в сетях большой протяженности, имеющих значительную задержку распространения.

При подключении абонента к концентратору он выполняет процедуру автономного самотестирования и тестирования кабеля (в кольцо он пока не включается, так как нет сигнала «фантомного» тока). Абонент посылает сам себе ряд пакетов и проверяет правильность их прохождения (его вход напрямую соединен с его же выходом блоком TCU, как показано на рис. 11.4). После этого абонент включает себя в кольцо, посылая «фантомный» ток. В момент включения, передаваемый по кольцу пакет может быть испорчен. Далее абонент настраивает синхронизацию и проверяет наличие в сети активного монитора. Если активного монитора нет, абонент начинает состязание за право стать им. Затем абонент проверяет уникальность собственного адреса в кольце и собирает информацию о других абонентах. После чего он становится полноправным участником обмена по сети.

В процессе обмена каждый абонент следит за исправностью предыдущего абонента (по кольцу). Если он подозревает отказ предыдущего абонента, он запускает процедуру автоматического восстановления кольца. Специальный управляющий пакет (бакен) говорит предыдущему абоненту о необходимости провести самотестирование и, возможно, отключиться от кольца.

В сети Token-Ring предусмотрено также использование мостов и коммутаторов для разделения большого кольца на несколько кольцевых сегментов, имеющих возможность обмена пакетами между собой. Это позволяет снизить нагрузку на каждый сегмент и увеличить долю времени, предоставляемого каждому абоненту.

В результате можно сформировать распределенное кольцо, т. е. объединение нескольких кольцевых сегментов одним большим магистральным кольцом (рис. 11.13) или же звездно-кольцевую структуру с центральным коммутатором, к которому подключены кольцевые сегменты (рис. 11.14).



Рис. 11.13. Объединение сегментов магистральным кольцом с помощью мостов



Рис. 11.14. Объединение сегментов центральным коммутатором

11.3. Сеть Arcnet

Сеть Arcnet (или ARCnet от англ. Attached Resource Computer Net – компьютерная сеть соединенных ресурсов) – это одна из старейших сетей. Она была разработана компанией Datapoint Corporation еще в 1977 году. Международные стандарты на эту сеть отсутствуют, хотя именно она считается родоначальницей метода маркерного доступа. Несмотря на отсутствие стандартов сеть Arcnet до недавнего времени (1980 – 1990-е годы.)

пользовалась популярностью, даже серьезно конкурировала с Ethernet. Большое количество компаний (например Datarpoint, Standard Microsystems, Xigcom и др.) производили аппаратуру для сети этого типа. Но сейчас производство аппаратуры Arcnet практически прекращено.

Среди основных достоинств сети Arcnet по сравнению с Ethernet можно назвать ограниченную величину времени доступа, высокую надежность связи, простоту диагностики, а также сравнительно низкую стоимость адаптеров. К наиболее существенным недостаткам сети относятся низкая скорость передачи информации (2,5 Мбит/с), система адресации и формат пакета.

Для передачи информации в сети Arcnet используется довольно редкий код, в котором логической единице соответствует два импульса в течение битового интервала, а логическому нулю – один импульс. Очевидно, что это самосинхронизирующийся код, который требует еще большей пропускной способности кабеля, чем манчестерский.

В качестве среды передачи в сети применяют коаксиальный кабель с волновым сопротивлением 93 Ом, к примеру, марки RG-62A/U. Варианты с витой парой (экранированной и неэкранированной) не получили широкого распространения. Были предложены и варианты на оптоволоконном кабеле, но и они не спасли Arcnet.

В качестве топологии сеть Arcnet использует классическую шину (Arcnet-BUS), а также пассивную звезду (Arcnet-STAR). В звезде применяются концентраторы (хабы). Возможно объединение с помощью концентраторов шинных и звездных сегментов в древовидную топологию (как и в Ethernet). Главное ограничение – в топологии не должно быть замкнутых путей (петель). Еще одно ограничение – количество сегментов, соединенных последовательной цепочкой с помощью концентраторов, не должно превышать трех.

Концентраторы бывают двух видов:

- активные – восстанавливают форму входящих сигналов и усиливают их. Количество портов – от 4 до 64. Активные концентраторы могут быть соединены между собой;

- пассивные – смешивают входящие сигналы без усиления. Количество портов – 4. Пассивные концентраторы не могут быть соединены между собой. Они могут связывать только активные концентраторы и/или сетевые адаптеры.

Шинные сегменты могут подключаться только к активным концентраторам.

Сетевые адаптеры также бывают двух видов:

- высокоимпедансные (Bus), предназначенные для использования в шинных сегментах;
- низкоимпедансные (Star), предназначенные для использования в пассивной звезде.

Низкоимпедансные адаптеры отличаются от высокоимпедансных тем, что они содержат в своем составе согласующие 93-омные терминаторы. При их применении внешнее согласование не требуется. В шинных сегментах низкоимпедансные адаптеры могут использоваться как оконечные для согласования шины. Высокоимпедансные адаптеры требуют применения внешних 93-омных терминаторов. Некоторые сетевые адаптеры имеют возможность переключения из высокоимпедансного состояния в низкоимпедансное, они могут работать и в шине, и в звезде.

Таким образом, топология сети Arcnet имеет следующий вид (рис. 11.15).

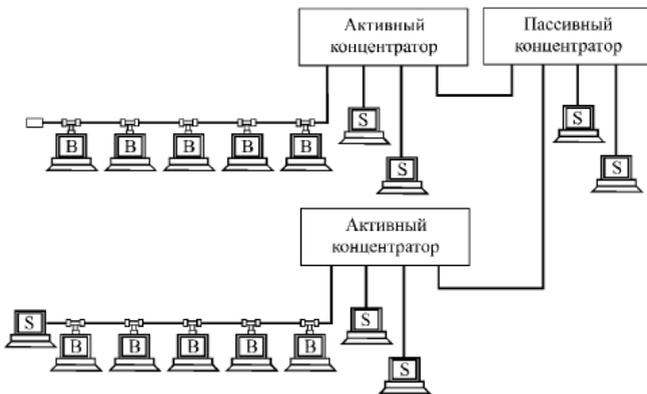


Рис. 11.15. Топология сети Arcnet типа шина: В – адаптеры для работы в шине, S – адаптеры для работы в звезде

Основные технические характеристики сети Arcnet следующие:

- среда передачи – коаксиальный кабель, витая пара;
- максимальная длина сети – 6 км;
- максимальная длина кабеля от абонента до пассивного концентратора – 30 м;
- максимальная длина кабеля от абонента до активного концентратора – 600 м;
- максимальная длина кабеля между активным и пассивным концентраторами – 30 м;
- максимальная длина кабеля между активными концентраторами – 600 м;
- максимальное количество абонентов в сети – 255;
- максимальное количество абонентов на шинном сегменте – 8;
- минимальное расстояние между абонентами в шине – 1 м;
- максимальная длина шинного сегмента – 300 м;
- скорость передачи данных – 2,5 Мбит/с.

При создании сложных топологий необходимо следить за тем, чтобы задержка распространения сигналов в сети между абонентами не превышала 30 мкс. Максимальное затухание сигнала в кабеле на частоте 5 МГц не должно превышать 11 дБ.

В сети Arcnet используется маркерный метод доступа (метод передачи права), но он несколько отличается от аналогичного в сети Token-Ring. Ближе всего этот метод к тому, который предусмотрен в стандарте IEEE 804.

Последовательность действий абонентов при данном методе следующая.

1. Абонент, желающий передавать, ждет прихода маркера.
2. Получив маркер, он посылает запрос на передачу абоненту-приемнику информации (спрашивает, готов ли приемник принять его пакет).
3. Приемник, получив запрос, посылает ответ (подтверждает свою готовность).
4. Получив подтверждение готовности, абонент-передатчик посылает свой пакет.

5. Получив пакет, приемник посылает подтверждение приема пакета.

6. Передатчик, получив подтверждение приема пакета, заканчивает свой сеанс связи. После этого маркер передается следующему абоненту по порядку убывания сетевых адресов.

Таким образом, в данном случае пакет передается только тогда, когда есть уверенность в готовности приемника принять его. Это существенно увеличивает надежность передачи.

Так же, как и в случае Token-Ring, конфликты в Arcnet полностью исключены. Как и любая маркерная сеть, Arcnet хорошо держит нагрузку и гарантирует величину времени доступа к сети (в отличие от Ethernet). Полное время обхода маркером всех абонентов составляет 840 мс. Соответственно этот же интервал определяет верхний предел времени доступа к сети.

Маркер формируется специальным абонентом – контроллером сети. Им является абонент с минимальным (нулевым) адресом.

Если абонент не получает свободный маркер в течение 840 мс, то он посылает в сеть длинную битовую последовательность (для гарантированного уничтожения испорченного старого маркера). После этого проводится процедура контроля сети и назначения (при необходимости) нового контроллера.

Размер пакета сети Arcnet составляет 0,5 кбайта. Помимо поля данных в него входят также восьмибитные адреса приемника и передатчика и 16-битная циклическая контрольная сумма (CRC). Такой небольшой размер пакета оказывается не слишком удобным при высокой интенсивности обмена по сети.

Адаптеры сети Arcnet отличаются от адаптеров других сетей тем, что в них необходимо с помощью переключателей или перемычек установить собственный сетевой адрес (всего их может быть 255, так как последний, 256-й, адрес применяется в сети для режима широкого вещания). Контроль уникальности каждого адреса сети полностью возлагается на пользователей. Подключение новых абонентов становится при этом довольно сложным, так как необходимо задавать тот адрес, который еще не использовался. Выбор восьмибитного формата адреса ограничивает допустимое количество абонентов в сети – 255, что может быть недостаточно для крупных компаний.

В результате все это привело к практически полному отказу от сети Arcnet. Существовали варианты сети Arcnet, рассчитанные на скорость передачи 20 Мбит/с, но они не получили широкого распространения.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Назовите основные параметры базовых вариантов стандартных сетей.
2. Дайте определение и назовите основные характеристики сетей Ethernet и Fast Ethernet.
3. Приведите пример классической топологии сетей Ethernet и Fast Ethernet.
4. Какие стандарты регламентируют работу сетей Ethernet и Fast Ethernet?
5. Дайте определение сети Token-Ring.
6. Дайте определение сети Arcnet.

Заключение

Основу процессов человеческой деятельности составляют материально-энергетические и информационные ресурсы. По словам Н. Винера, одного из основоположников кибернетики, «информация есть информация, не материя и не энергия», она обладает свойствами неограниченного тиражирования, неисчерпаемости, универсальности, применимости в любой сфере жизнедеятельности общества.

Автоматизация производства, компьютеризация образования, создание новых продуктов, работ и услуг невозможны без применения совокупности ресурсов, в которых информация выступает системообразующим компонентом. Гуманитарные исследования, проводимые в сферах экономики, социологии, психологии, политологии и других наук, базируются лишь на информации (наборе фактов, гипотез, правил, сформулированных на качественном уровне), естественные и технические – на законах и закономерностях, которые можно проверить экспериментально или описать количественно на основе математических моделей.

Совокупность задач и процессов, описываемых количественными и качественными характеристиками (с преобладанием последних), составляет базу слабоструктурированных проблем, решение которых связано с методами искусственного интеллекта, проектированием и построением информационных интеллектуальных систем различного рода и назначения.

Рост конкуренции, глобализации и информатизации в мировой экономике вынуждает руководство и менеджмент фирм искать новые способы оптимизации ресурсов и расширения своего присутствия на рынке, поддержания рентабельности, функционирования на основе принципов диверсификации, децентрализации, управления качеством. Современная информационная система должна отвечать всем нововведениям в теории и практике систем менеджмента, интеллектуальных информационных технологий.

Повышение мощности и производительности современных компьютерных систем, развитие сетевых технологий и систем сбора, обработки и передачи данных, интеграция разнородных компьютеров в сети, сопряжение их с разнообразным высокоавтоматизированным оборудованием обуславливают автоматизацию производств и создание разнообразных информационно-управляющих, контролирующих и прочих систем, расширение их функциональных и интеллектуальных возможностей, инновационных методов, моделей и средств программно-технической реализации.

К числу инноваций, оказавших особенно сильное влияние на развитие современных информационных систем, следует отнести:

- новый подход к программированию: замена модульного программирования на объектно-ориентированное; непрерывное совершенствование методов построения объектных моделей, внедрение объектно-ориентированных технологий, существенно сокращающих сроки разработки сложных информационных систем, а также упрощающих их поддержку и развитие;
- развитие сетевых технологий: вытеснение локальных информационных систем и замена их на клиент-серверные и многоуровневые реализации;
- развитие сети Интернет, открывшей широкие перспективы становления электронного бизнеса и коммерции, образования и культуры, туризма, спорта, работы с удаленными пользователями, обслуживания их посредством торгово-платежных и финансовых систем, использования интернет-технологий в интрасетях предприятий.

Использование определенных технологий при создании информационных систем – это не самоцель разработчика, а стремление наилучшим образом удовлетворить реальные потребности конечных пользователей в различных предметных областях.

Современное состояние сфер экономики, финансов, производства, банковского и туристического бизнеса, образования и обучения персонала крайне чувствительно к любым ошибкам в управлении. Для принятия эффективного, грамотного управленческого решения в условиях неопределенности и риска необходимо держать под контролем и синхронизировать во времени различные сферы деятельности субъектов рынка, что немыслимо без информационно-компьютерных технологий. Чем крупнее предприятие, тем серьезнее должны быть инвестиции в информационно-компьютерные и телекоммуникационные технологии, так как в конкуренции побеждает тот, кто лучше оснащен и организован.

Таким образом, знания, полученные в результате изучения курса «Сети ЭВМ и средства коммуникаций», позволят будущим специалистам эффективнее решать задачи управления в масштабах корпорации.

Библиографический список

1. Бройдо, В. Л. Основы информатики : учеб. для вузов / В. Л. Бройдо– СПб. : СПб ГИЭА, 1999. – 104 с. – ISBN 5-318-00530-6.
2. Гук, М. Аппаратные средства локальных сетей / М. Гук. – СПб. : Питер, 2000. – 576 с. – ISBN 5-353-00255-4.
3. Каган, Б. М. Электронные вычислительные машины и системы / Б. М. Каган. – М. : Энергоатомиздат, 1991. – 592 с.
4. Пилгрим, А. Персональные компьютеры. В 2 кн. Кн. 1. Аппаратно-программная организация / А. Пилгрим. – СПб. : БХВ, 1999. – 848 с. – ISBN 5-272-00731-7.
5. Олифер, В. Г. Компьютерные сети / В. Г. Олифер, Н. А. Олифер. – СПб. : Питер, 2000. – 672 с. – ISBN 5-8046-0133-4.
6. Нанс, Б. Глобальные сети компьютеров / Б. Нанс. – М. : ДИАЛОГ-МИФИ, 1996. – 288 с. – ISBN 5-643-07443-3.
7. Спургеон, У. Компьютерные сети : пер. с англ. / У. Спургеон. – М. : БИНОМ, 1996. – 400 с. – ISBN 5-853-05670-6.
8. Нессер, Д. Дж. Локальные сети Novell. Карманная энциклопедия / Д. Дж. Нессер. – СПб. : Питер, 1996. – 288 с. – ISBN 5-356-05653-7.
9. Просис, Д. Оптимизация и поиск неисправностей в сетях : пер. с англ. / Д. Просис. – М. : Диалектика, 1996. – 384 с. – ISBN 5-643-07754-7.
10. Новиков, Ю. В. Компьютерные сети: учеб. курс : пер. с англ. / Ю. В. Новиков, О. А. Калашников, С. Э. Гуляев. – М. : Channel Trading Ltd., 1997. – 832 с. – ISBN 5-542-06643-3.
11. Новиков, Ю. В. Аппаратура локальных сетей: функции, выбор, разработка / Ю. В. Новиков, Д. Г. Карпенко. – М. : ЭКОМ, 1998. – 288 с. – ISBN 5-786-34674-8.
12. Мюллер, С. Волоконно-оптическая сеть персональных компьютеров типа «кольцо» / С. Мюллер // Информационные продукты, процессы и технологии : Computer-Aided Software and

Hardware Engineering. – М. : Технология машиностроения, 1998. – С. 66 – 73.

13. Гук, М. Fast Ethernet / М. Гук. – BHV, 1998. – 448 с. – ISBN 5-564-67544-7.

14. Закер, К. Локальные сети. Архитектура, алгоритмы, проектирование / К. Закер. – М. : ЭКОМ, 2000. – 312 с. – ISBN 5-635-85563-7.

15. Гук, М. Компьютерные сети. Модернизация и поиск неисправностей / М. Гук. – СПб. : БХВ-Петербург, 2001. – 1008 с. – ISBN 5-542-57743-3.

16. Ирвин, Дж. Аппаратные средства локальных сетей / Дж. Ирвин, Д. Харль. – СПб. : Питер, 2001. – 576 с. – ISBN 5-643-77532-4.

17. Хамбракен, Д. Передача данных в сетях: инженерный подход : пер. с англ. / Д. Хамбракен. – СПб. : БХВ-Петербург, 2003. – 448 с. – ISBN 5-432-54446-6.

18. Сунчелей, И. Р. Компьютерные сети : пер. с англ. / И. Р. Сунчелей, С. К. Стрижанов, А. Б. Семенов. – М. : ДМК Пресс, 2004. – 448 с. – ISBN 5-554-77543-1.

19. Погорелов А. А. Структурированные кабельные системы / А. А. Погорелов, А. В. Черемушкина, С. И. Чечета. – 5-е изд. – М. : ДМК, 2004. – 640 с. – ISBN 5-567-35754-8.

Учебное издание
ОРЛОВ Дмитрий Юрьевич
СЕТИ ЭВМ И СРЕДСТВА КОММУНИКАЦИЙ
Учебное пособие
Часть 1

Подписано в печать 30.06.08.
Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 11,39. Тираж 100 экз.
Заказ
Издательство
Владимирского государственного университета.
600000, Владимир, ул. Горького, 87.