

МИНИСТЕРСТВО ОБОРОНЫ РФ

**Пушкинский военный институт радиоэлектроники Космических войск
имени маршала авиации Е.Я. Савицкого**

Актерский Ю.Е.

СЕТИ ЭВМ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

Учебное пособие

Издание ПВИРЭ КВ
2005

УДК 681.324(075)

Актерский Ю.Е. Сети ЭВМ и телекоммуникации: Учебное пособие. – СПб.: ПВИРЭ КВ, 2005. – 223 с.

Учебное пособие предназначено для курсантов, адъюнктов и инженерно-технических специалистов, изучающих основы, принципы построения и функционирования сетей ЭВМ различного масштаба и назначения, в том числе, применяемых в частях и на объектах Ракетно-космической обороны.

В учебном пособии рассматриваются общие подходы к стандартизации и построению существующих и перспективных компьютерных и телекоммуникационных сетей, анализируются особенности информационных технологий локальных и глобальных сетей ЭВМ, приводятся общие сведения о сети Интернет, базовых пользовательских технологиях работы в ней и об основах Web-дизайна.

Работа рассмотрена, одобрена и рекомендована к изданию на заседании кафедры «Вычислительной техники» Пушкинского военного института радиотехники Космических войск имени маршала авиации Е.Я. Савицкого 19 января 2005 года, протокол № 6.

Рецензенты:

Доктор технических наук, профессор И.В. ПАНФИЛОВ
Доктор технических наук, профессор А.Д. ХОМОНЕНКО

© Актерский Ю.Е., 2005
© Издательство ПВИРЭ КВ, 2005

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
-----------------------	---

ЧАСТЬ I. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЕТЕЙ ЭВМ

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СИСТЕМАХ ТЕЛЕОБРАБОТКИ ДАННЫХ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЯХ	9
1.1. Предмет изучения, цель, задачи и структура дисциплины.....	9
1.2. Общие сведения о системах телеобработки данных.....	12
1.3. Общие сведения о телекоммуникационных сетях.....	18
2. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ СОСТАВ, СТРУКТУРА И КЛАССИФИКАЦИЯ СЕТЕЙ ЭВМ	21
2.1. Функциональный состав и структура сетей ЭВМ.....	21
2.2. Классификация сетей ЭВМ.....	23
3. МЕТОДЫ СТРУКТУРИЗАЦИИ СЕТЕЙ ЭВМ	28
3.1. Физическая структуризация сетей ЭВМ.....	28
3.2. Логическая структуризация сетей ЭВМ.....	31
4. АРХИТЕКТУРА И ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СЕТЕЙ ЭВМ	36
4.1. Эталонная модель взаимодействия открытых систем (модель OSI). Иерархия протоколов.....	36
4.2. Сетезависимые и сетенезависимые уровни модели взаимодействия открытых систем.....	42
4.3. Стандартные стеки коммуникационных протоколов.....	43
5. КОНЦЕПЦИИ УПРАВЛЕНИЯ СЕТЕВЫМИ РЕСУРСАМИ	46
5.1. Сети ЭВМ с рассредоточенными и сосредоточенными ресурсами.....	46
5.2. Критерии выбора типа сети ЭВМ.....	52
5.3. Сетевые службы.....	53

ЧАСТЬ II. ОСНОВЫ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЯХ

6. КАНАЛЫ СВЯЗИ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ, ИХ ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И КЛАССИФИКАЦИЯ	55
6.1. Линии и каналы связи. Основные характеристики каналов связи.....	55
6.2. Классификация каналов связи телекоммуникационных сетей.....	59
7. ОСНОВНЫЕ ТИПЫ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛИНИЙ СВЯЗИ	62
7.1. Факторы, ограничивающие скорость и дальность передачи сигналов по физическим линиям связи.....	62
7.2. Проводные и кабельные линии связи.....	65
7.3. Беспроводные линии связи.....	70
8. МЕТОДЫ КОДИРОВАНИЯ И ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ НА ФИЗИЧЕСКОМ УРОВНЕ	72
8.1. Методы аналоговой модуляции.....	72
8.2. Методы цифрового кодирования.....	75
8.3. Методы логического кодирования.....	80

9. МОДЕМЫ	84
9.1. Устройство модемов.....	84
9.2. Классификация модемов.....	86
9.3. Модемные протоколы и стандарты передачи данных.....	91
10. МЕТОДЫ И ПРОТОКОЛЫ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ КАНАЛЬНОГО УРОВНЯ	94
10.1. Назначение и классификация методов и протоколов передачи данных канального уровня.....	94
10.2. Асинхронные методы и протоколы передачи данных канального уровня.....	96
10.3. Синхронные символьно-ориентированные и бит-ориентированные методы и протоколы передачи данных канального уровня.....	97
11. МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ И КОРРЕКЦИИ ОШБОК ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ КАНАЛЬНОГО УРОВНЯ	102
11.1. Общие сведения и классификация методов обнаружения ошибок передачи данных.....	102
11.2. Методы восстановления искаженных и потерянных кадров.....	108
12. МЕТОДЫ КОММУТАЦИИ АБОНЕНТСКИХ СИСТЕМ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЯХ	112
12.1. Метод коммутации каналов.....	113
12.2. Метод коммутации пакетов.....	115
12.3. Метод коммутации сообщений.....	119
 ЧАСТЬ III. ЛОКАЛЬНЫЕ СЕТИ ЭВМ	
13. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЛОКАЛЬНЫХ СЕТЯХ ЭВМ	120
13.1. Особенности локальных сетей ЭВМ и области их применения.....	120
13.2. Характеристики и классификация локальных сетей ЭВМ.....	121
13.3. Архитектура и стандарты локальных сетей ЭВМ.....	124
14. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА И ОБОРУДОВАНИЕ ЛОКАЛЬНЫХ СЕТЕЙ ЭВМ	127
14.1. Оконечное оборудование.....	127
14.2. Коммуникационное оборудование.....	129
14.3. Структурированная кабельная система.....	132
15. БАЗОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОСТРОЕНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ СЕТЕЙ ЭВМ	135
15.1. Сетевая технология Ethernet.....	135
15.2. Сетевая технология Token Ring.....	138
15.3. Сетевая технология FDDI.....	140
16. ВЫСОКОСКОРОСТНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЛОКАЛЬНЫХ СЕТЕЙ ЭВМ	143
16.1. Технология Fast Ethernet 100Мбит/с.....	143
16.2. Технология Gigabit Ethernet 1000 Мбит/с.....	145
16.3. Технология 100VG-AnyLAN.....	147

17. БЕСПРОВОДНЫЕ ЛОКАЛЬНЫЕ СЕТИ ЭВМ	150
17.1. Общие сведения о беспроводных локальных сетях ЭВМ.....	150
17.2. Беспроводные локальные сети на основе стандарта Hiperlan	153
17.3. Беспроводные локальные сети на основе стандарта IEEE 802.11.....	155
18. ЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРИЗАЦИЯ ЛОКАЛЬНЫХ СЕТЕЙ ЭВМ ..	158
18.1. Достоинства и недостатки разделяемой среды передачи данных локальных сетей ЭВМ	158
18.2. Логическая структуризация локальных сетей с применением мостов и коммутаторов.....	160
18.3. Виртуальные локальные сети ЭВМ.....	163
19. ОБЪЕДИНЕНИЕ СЕТЕЙ ЭВМ НА ОСНОВЕ СЕТЕВОГО УРОВНЯ	165
19.1. Архитектура составной сети, принципы организации межсетевого взаимодействия.....	166
19.2. Протоколы маршрутизации составных сетей	169
19.3. Области применения и основные характеристики маршрутизаторов	171
ЧАСТЬ IV. ГЛОБАЛЬНЫЕ СЕТИ ЭВМ	
20. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ГЛОБАЛЬНЫХ СЕТЯХ ЭВМ	173
20.1. Обобщенная структура и функции глобальных сетей ЭВМ.....	173
20.2. Интерфейсы «пользователь–сеть» глобальных сетей ЭВМ	177
20.3. Типы глобальных сетей ЭВМ	178
21. ТЕХНОЛОГИИ ПОСТРОЕНИЯ ГЛОБАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СЕТЕЙ	181
21.1. Цифровые сети с интеграцией услуг (сети ISDN)	181
21.2. Сети и технология X.25	185
21.3. Сети и технология Frame Relay.....	188
21.4. Сети и технология АТМ	192
22. ГЛОБАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СЕТЬ ИНТЕРНЕТ	200
22.1. Общие сведения о глобальной информационной сети Интернет	200
22.2. Протоколы информационного взаимодействия абонентских систем в сети Интернет	202
22.3. Система адресации абонентских систем в сети Интернет	204
22.4. Подключение к глобальной сети Интернет	207
23. ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАБОТЫ В ИНТЕРНЕТЕ .	209
23.1. Сервисные возможности глобальной сети Интернет	209
23.2. Основные технологии работы в World Wide Web	211
23.3. Программы – обозреватели Интернета и поисковые системы.....	214
ЗАКЛЮЧЕНИЕ. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СЕТЕЙ ЭВМ	218
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	222

ВВЕДЕНИЕ

Начиная с конца XX века и по настоящее время создание высокоэффективной телекоммуникационной среды является для нашего государства важнейшей национальной проблемой. Без ее успешного решения невозможно построение современного информационного сообщества и внедрение новейших информационных технологий в сферы государственной обороны, науки, экономики и производства, бизнеса, образования, медицины и т.д.

В современных условиях именно информация стала наиболее важным стратегическим ресурсом, а наибольший военно-политический, экономический и социальный успех сопутствует тем, кто активно использует и предлагает новейшие информационные и телекоммуникационные средства и услуги.

На сегодняшний день к наиболее эффективным и динамично развивающимся средствам информатизации нашей жизни относятся сети ЭВМ и телекоммуникационные сети. Поэтому изучение основных принципов их построения и функционирования, структурных и технологических особенностей, аппаратных и программных средств является острой необходимостью для научного, инженерного и технического персонала, занятого в сфере разработки и использования современных компьютерных и информационных технологий.

Особенно эта потребность актуальна для военных специалистов частей Ракетно-космической обороны, выполнение стратегической боевой задачи которыми немислимо без концепции использования локальных и глобальных сетей ЭВМ, различных сетевых и телекоммуникационных технологий. Исходя из этого учебное пособие предназначено для курсантов, адъюнктов и инженерно-технических специалистов войск Ракетно-космической обороны, изучающих основы, принципы построения и функционирования сетей ЭВМ и телекоммуникационных сетей различного масштаба и назначения.

В учебном пособии рассматриваются общие подходы к стандартизации и построению существующих и перспективных компьютерных и телекоммуникационных сетей, анализируются особенности информационных технологий локальных и глобальных сетей ЭВМ, приводятся общие сведения о сети Интер-

нет, базовых пользовательских технологиях работы в ней и об основах Web-дизайна.

Структура учебного пособия включает в себя введение четыре части и заключение.

В первой части «Принципы построения и функционирования сетей ЭВМ» излагаются общие сведения о системах телеобработки данных и сетях ЭВМ, их функциональном составе и методах структуризации, рассматривается архитектура и классификация сетей ЭВМ, концепции управления сетевыми ресурсами.

Во второй части «Основы передачи данных в телекоммуникационных сетях» приводятся общие сведения о каналах связи, их основные характеристики и классификация, анализируются основные типы физических линий связи, рассматриваются методы кодирования и передачи дискретных данных на физическом уровне, приводятся общие сведения о модемах и методах обнаружения и коррекции ошибок, рассматриваются методы коммутации абонентских систем в телекоммуникационных сетях.

В третьей части «Локальные сети ЭВМ» рассматриваются особенности локальных сетей ЭВМ и области их применения, их архитектура и стандарты построения, технические средства и оборудование, перспективные беспроводные технологии построения и функционирования локальных сетей ЭВМ.

Четвертая часть «Глобальные информационные сети. Общие сведения о сети Интернет и WEB-технологиях» посвящена изучению современных наиболее распространенных и перспективных технологий построения глобальных информационных сетей, приводятся общие сведения о сети Интернет и используемых в ней протоколах информационного обмена, проводится краткий обзор сервисных возможностей и пользовательских технологий работы в этой сети. Даются базовые сведения по работе с программами – обозревателями Интернета и поисковыми системами. Кратко излагаются особенности создания и размещения в сети Web-страниц.

Содержание учебного пособия соответствует требованиям государственного образовательного стандарта по специальностям 220100 «Применение и

эксплуатация вычислительных комплексов предупреждения о ракетном нападении, противоракетной, противокосмической обороны и контроля космического пространства» и 220400 «Математическое программное и информационное обеспечение функционирования автоматизированных систем управления ракетно-космической обороны».

ЧАСТЬ I. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЕТЕЙ ЭВМ

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СИСТЕМАХ ТЕЛЕОБРАБОТКИ ДАННЫХ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЯХ

Разработка, производство и сопровождение аппаратных и программных средств для сетей ЭВМ являются в настоящее время одними из наиболее быстроразвивающихся научных и инженерных областей. Это развитие обусловлено быстрым прогрессом и широким внедрением во все сферы человеческой деятельности компьютерных и сетевых технологий. В этой связи умение общаться с ЭВМ, объединенными в различные по назначению и масштабу компьютерные сети, для людей разных, в том числе и военных, профессий становится также необходимо, как умение читать, писать и считать. Особенно актуальным это требование является для военных специалистов частей Ракетно-космической обороны (РКО), системы вооружения которых в наибольшей степени оснащены различными информационно–вычислительными средствами, компьютерными сетями и телекоммуникационным оборудованием.

1.1. Предмет изучения, цель, задачи и структура дисциплины

Дисциплина «Сети ЭВМ и телекоммуникации» относится к циклу специальных дисциплин и предназначена для обеспечения подготовки военных специалистов для частей РКО в области сетевых и телекоммуникационных технологий.

Предметом изучения дисциплины являются методы и способы организации и функционирования систем сетевой телеобработки данных.

Целью данной дисциплины является формирование у обучающихся базовых знаний, умений и навыков по принципам построения, функционирования и эксплуатации основных аппаратных и программных компонентов сетей ЭВМ и телекоммуникационного оборудования различного класса и назначения.

Основными задачами дисциплины являются:

1. Дать обучающимся общие сведения о системах телеобработки данных и телекоммуникационных сетях.

2. Раскрыть и обосновать наиболее общие теоретические и практические основы построения и функционирования сетей ЭВМ.

3. Охарактеризовать основные методы и способы кодирования и передачи дискретных данных в телекоммуникационных сетях, состав и функциональное назначение основных аппаратных компонентов сетевого телекоммуникационного оборудования.

4. Раскрыть особенности базовых технологий построения локальных, корпоративных и глобальных сетей ЭВМ.

5. Дать обучающимся общие сведения о WEB – технологиях, языках и средствах создания WEB – приложений.

В результате реализации перечисленных задач обучающийся должен удовлетворять следующим требованиям:

1. Иметь представление:

- об истории возникновения, внедрения и использования телекоммуникационных сетей и сетей ЭВМ различного класса и назначения;
- о современном состоянии и концепциях развития сетевых и телекоммуникационных технологий;
- о направлениях совершенствования и развития сетевых аппаратных и программных средств;
- об основных сервисных возможностях глобальной сети Интернет;
- об использовании современных сетевых и телекоммуникационных технологий для построения автоматизированных систем управления частями и объектами РКО.

2. Знать и уметь использовать:

- основные разновидности и признаки классификации телекоммуникационных сетей и сетей ЭВМ;

- понятия: открытая система, эталонная модель взаимодействия открытых систем, протокол, интерфейс, стек протоколов;
- стандарты архитектуры сетей ЭВМ и стандартные стеки коммуникационных протоколов;
- основные характеристики каналов связи и физических линий передачи данных;
- методы передачи дискретных данных по каналам связи и способы контроля правильности их передачи;
- базовые технологии построения локальных, корпоративных и глобальных сетей ЭВМ;
- методы физической и логической структуризации сетей ЭВМ;
- особенности построения и функционирования глобальной сети Интернет;
- основные Web – технологии, языки и средства создания Web – приложений.

3. Владеть:

- навыками настройки и работы с сетевыми аппаратными и программными средствами локальных сетей ЭВМ;
- навыками работы с программами – браузерами и поисковыми системами сети Интернет;
- навыками работы с программами и системами электронной почты;
- навыками разработки и отладки Web – приложений;
- навыками анализа работоспособности и эффективности функционирования оборудования и программных средств локальных сетей ЭВМ.

Учебная дисциплина «Сети ЭВМ и телекоммуникации» изучается в VII семестре. Ее успешное освоение обучающимися обеспечивается предшествующими дисциплинами: «Дискретная математика», «Информатика», «Схемотехника ЭВМ», «Организация ЭВМ и систем», «Периферийные устройства», «Архитектура вычислительных систем» и др. В свою очередь, дисциплина «Сети ЭВМ и телекоммуникации» является обеспечивающей для изучения дисциплин по профилю подготовки военных специалистов на выпускных кафедрах.

Структура дисциплины и время, отводимое на изучение отдельных ее разделов, представлены в таблице 1.

Таблица 1.1. Структура дисциплины

Название разделов дисциплины	Время
Часть 1. Принципы построения и функционирования сетей ЭВМ.	20 ч.
Часть 2. Основы передачи данных в телекоммуникационных сетях.	26 ч.
Часть 3. Локальные сети ЭВМ.	26 ч.
Часть 4. Глобальные сети ЭВМ. Общие сведения о сети Интернет и Web – технологиях.	28 ч.
ИТОГО :	100 ч.
Вид отчетности – ЭКЗАМЕН	

1.2. Общие сведения о системах телеобработки данных

Под *телеобработкой* понимается обработка данных (прием данных от источника, их преобразование вычислительными средствами и выдача результатов потребителю), передаваемых по каналам связи. Различают системную и сетевую телеобработку.

Системная телеобработка основана на принципе централизованной обработки данных, когда удаленным пользователям, как правило, не имеющим своих вычислительных ресурсов, обеспечивается доступ к ресурсам одной высокопроизводительной ЭВМ (мэйнфрейма) или вычислительной системы по каналам связи.

Сетевая телеобработка основана на принципе распределенной обработки данных, реализуемой совокупностью ЭВМ, объединенных в сеть и взаимодействующих между собой с помощью каналов связи и специального сетевого оборудования. В сетях ЭВМ обеспечивается доступ локальных и удаленных пользователей к распределенным в сети информационно-вычислительным ресурсам и базам данных.

1.2.1. Системная телеобработка данных

Системная телеобработка данных получила наибольшее распространение в 70-х - 80-х годах XX века, в настоящее время продолжает широко использоваться в различных отраслях экономики, промышленности и в военном деле. Реализация данного вида обработки информации осуществляется на основе использования систем телеобработки данных (СТОД).

Система телеобработки данных представляет собой совокупность технических и программных средств, обеспечивающих одновременный и независимый удаленный доступ большого количества абонентов (пользователей, объектов управления) к централизованным информационно-вычислительным ресурсам.

Структурная схема типовой системы телеобработки данных приведена на рис. 1.1.

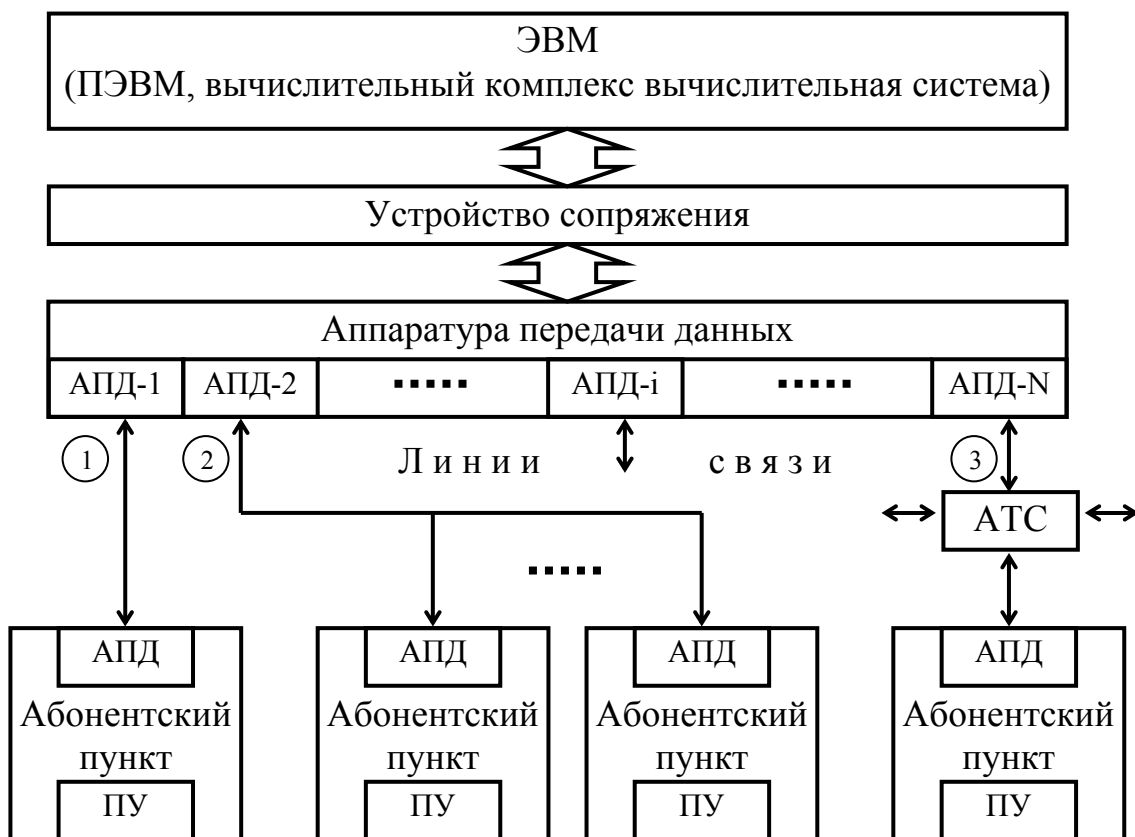


Рис. 1.1. Структура системы телеобработки данных

Технические средства СТОД, как правило, включают в себя:

- универсальную ЭВМ (ПЭВМ, вычислительный комплекс или систему);
- устройства сопряжения (УС) ЭВМ с аппаратурой передачи данных (АПД);
- аппаратуру передачи данных с линиями связи, образующими в совокупности каналы связи (КС);
- абонентские пункты (АП).

ЭВМ является основным элементом и обеспечивает решение задач по обработке данных и управлению всей системой в целом.

Устройства сопряжения предназначены для обеспечения физического и логического согласования ЭВМ и аппаратуры передачи данных. В качестве УС применяются линейные адаптеры, мультиплексоры передачи данных, связные процессоры и т.п.

Абоненты системы (пользователи, технические объекты) подключаются к ЭВМ с помощью *каналов связи*. Каждый канал связи состоит из линии связи, по которой передаются сигналы, и аппаратуры передачи данных, преобразующей дискретные данные в сигналы, соответствующие конкретному типу линии связи, и наоборот. Канал связи может обслуживать единственного абонента, образуя двухточечное соединение (линия связи 1 на рис. 1.1), или одновременно нескольких абонентов, образуя многоточечное соединение (линия связи 2 на рис.1.1). В этом случае абоненты разделяют между собой канал во времени, принимая адресованные им данные и снабжая передаваемые данные адресом (номером) источника.

Для передачи информации могут использоваться некоммутируемые (постоянно выделенные абоненту) и коммутируемые каналы. В последнем случае для подключения удаленных абонентов могут использоваться телефонные линии связи и автоматические телефонные станции (АТС) (линия связи 3 на рис. 1.1).

Абоненты взаимодействуют с ЭВМ через *абонентские пункты*. Абонентский пункт содержит в своем составе АПД, обслуживающую канал связи, набор ПУ, используемых для ввода-вывода данных, и обеспечивает обмен данными

между каналом связи и периферийными устройствами. В качестве ПУ абонентских пунктов наиболее широко используются различные клавиатуры, дисплеи и печатающие устройства.

Функционирование технических средств систем телеобработки поддерживается программными средствами. Программные средства СТОД включают в себя специальные модули операционной системы ЭВМ, прикладные или пользовательские программы, реализующие телекоммуникационные методы доступа к информации и обеспечивающие решение следующих задач:

- управление работой ЭВМ в различных режимах телеобработки;
- прием данных от абонентов и их редактирование;
- управление очередями на прием и передачу данных;
- организация соединений с требуемыми абонентами;
- передача результатов обработки данных абонентам;
- обработка ошибок и восстановление работоспособности системы.

Системы телеобработки данных обеспечивают решение следующих задач:

- дистанционные вычисления, при выполнении которых с АП по каналам связи в ЭВМ вводятся исходные данные, а обратно выдаются результаты их обработки;
- дистанционный информационно-справочный режим, при котором по запросам АП из баз данных ЭВМ им предоставляется необходимая информация;
- дистанционный режим сбора данных, формируемых абонентами системы;
- коллективный доступ к ЭВМ абонентов с удаленных АП.

Таким образом, основной целью создания и основным достоинством систем телеобработки является повышение эффективности обработки данных за счет оперативного приема их непосредственно от источников информации и выдачи результатов обработки к местам их использования. Кроме того, телеобработка позволяет эффективно использовать мощные ЭВМ за счет высокого уровня их загрузки и возможности создания на их основе больших баз данных.

Наряду с указанными достоинствами СТОД имеют и ряд существенных недостатков:

- неравномерная интенсивность запросов от абонентских пунктов может привести к частичному простоя оборудования ЭВМ или возникновению пиковых нагрузок;
- отказ или сбой функционирования центральной ЭВМ приводит к нарушению работоспособности всей системы телеобработки;
- отказ отдельных каналов связи делает полностью невозможным взаимодействие соответствующих абонентских пунктов с ЭВМ;
- невозможность информационного взаимодействия между различными СТОД.

1.2.2. Сетевая телеобработка данных

Недостатки централизованных систем телеобработки данных и технологический прорыв в области производства электронных компонентов привели к возникновению концепции объединения удаленных друг от друга ЭВМ в единую систему. Реализация данной концепции привела к созданию сетей ЭВМ и технологии распределенной обработки данных. Наиболее широкое внедрение сетей ЭВМ во все сферы человеческой деятельности началось в середине 70-х годов XX века и продолжается по настоящее время.

Сеть ЭВМ (вычислительная сеть, компьютерная сеть) – это сеть обмена и распределенной обработки информации, образуемая множеством абонентских систем, взаимодействующих между собой посредством телекоммуникационной сети.

Абонентская система (АС) - это совокупность аппаратных и программных средств ЭВМ (ПЭВМ, рабочей станции, вычислительного комплекса и т.п.), периферийного оборудования и средств связи с телекоммуникационной сетью, реализующих прикладные процессы.

Телекоммуникационная сеть (ТКС) - это совокупность физических линий связи, аппаратных и программных средств, обеспечивающих информационное взаимодействие абонентских систем.

Прикладные процессы - это различные процедуры ввода, хранения, обработки и выдачи информации, выполняемые абонентскими системами по запросам и в интересах пользователей вычислительной сети.

Обобщенная схема сети ЭВМ представлена на рис. 1.2.

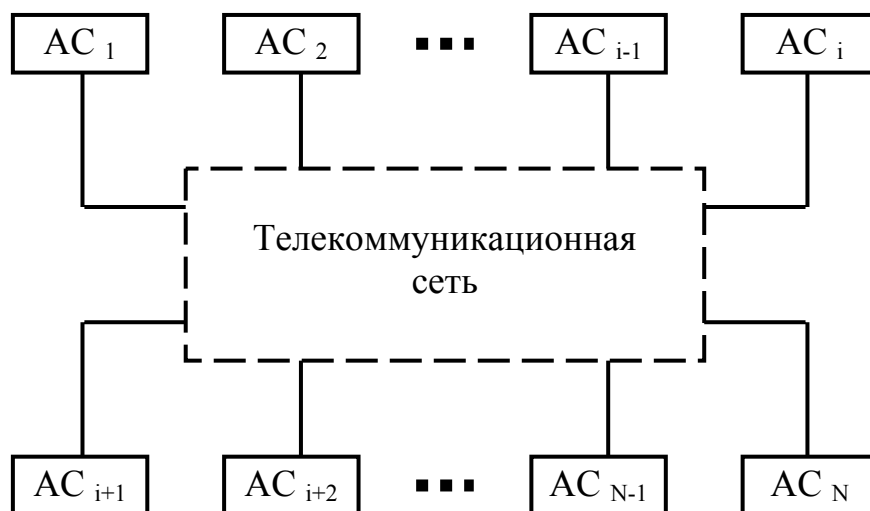


Рис. 1.2. Обобщенная схема сети ЭВМ

Целесообразность создания сетей ЭВМ обуславливается двумя основными факторами:

- возможностью использования территориально рассредоточенными пользователями программного обеспечения и информационных ресурсов, размещенных в различных абонентских системах сети;
- возможностью организации распределенной обработки данных вычислительными ресурсами нескольких абонентских систем сети для решения особо сложных задач.

В общем случае сети ЭВМ позволяют:

- обеспечить широкий дистанционный доступ пользователей к аппаратным, программным и информационным ресурсам сети;
- повысить уровень загрузки и эффективность использования оборудования абонентских систем сети;

- оперативно перераспределять нагрузку между вычислительными средствами абонентских систем с целью недопущения ее пиковых значений;
- создавать распределенные по сети и централизованные базы данных;
- увеличить надежность обработки и передачи данных за счет избыточности и возможности резервирования отдельных технических компонентов сети.

Сети ЭВМ могут характеризоваться совокупностью *показателей качества*, к основным из которых относятся следующие:

- функциональные возможности сети — перечень основных информационно-вычислительных услуг, предоставляемых пользователям сети;
- производительность сети — среднее количество запросов пользователей сети, обслуживаемых за единицу времени;
- пропускная способность сети — объем данных, передаваемых по сети или отдельному ее сегменту за единицу времени;
- надежность сети — среднее время наработки на отказ основных компонентов сети;
- информационная безопасность сети — вероятность несанкционированного доступа к обрабатываемой и передаваемой по каналам сети информации;
- масштабируемость сети — возможность расширения сети без заметного снижения ее производительности.

1.3. Общие сведения о телекоммуникационных сетях

Телекоммуникационная сеть - это совокупность физических линий связи, аппаратных и программных средств, обеспечивающих информационное взаимодействие абонентских систем.

В общем случае телекоммуникационную сеть образуют каналы связи и узлы коммутации (УК).

Обобщенная схема телекоммуникационной сети представлена на рис. 1.3.

Узлы коммутации представляют собой специализированные ЭВМ, мосты, коммутаторы, маршрутизаторы или модульные концентраторы, управляющие выбором маршрутов передачи данных в сети.

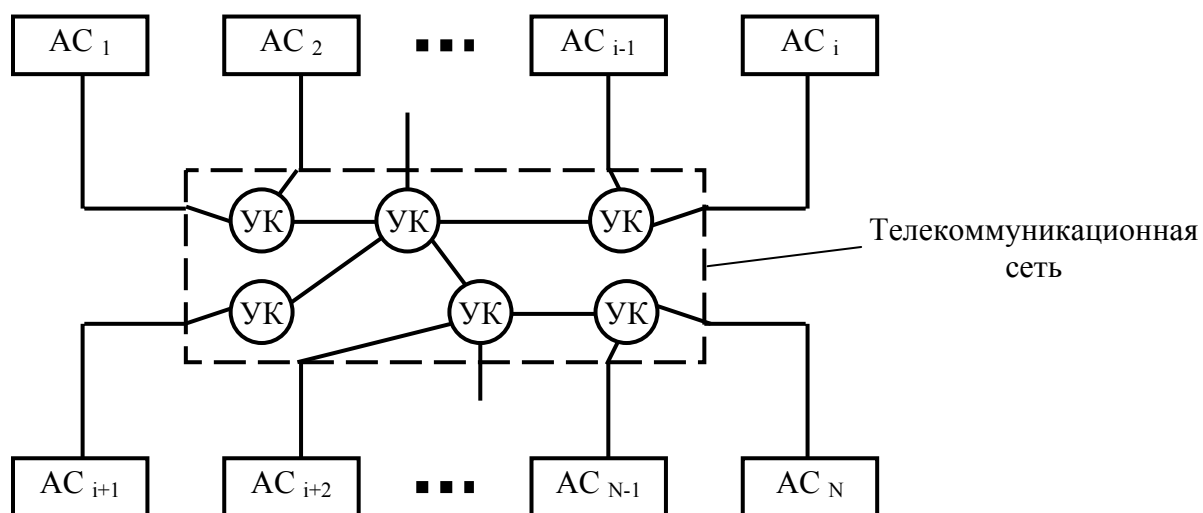


Рис. 1.3. Обобщенная схема телекоммуникационной сети

Узлы коммутации и абонентские системы обобщенно называются *оконечным оборудованием данных* (ООД).

Каналом связи называют физическую среду и аппаратуру передачи данных (АПД), осуществляющих передачу информации от одного узла коммутации к другому либо между узлом коммутации и абонентской системой.

Физическая среда передачи данных - это пространство или материал, обеспечивающие распространение информационных сигналов.

В качестве физической среды передачи данных в телекоммуникационных сетях могут использоваться:

- проводные (воздушные) линии связи – не изолированные провода, натянутые между телеграфными столбами и висящие в воздухе;
- кабельные линии связи - кабели на основе витых пар медных проводов, коаксиальные кабели, волоконно-оптические кабели и т.п.;
- радиоканалы наземной и спутниковой связи.

Аппаратура передачи данных – совокупность технических средств, предназначенных для преобразования дискретных сигналов, формируемых передающим ООД, в сигналы, передаваемые по физическим линиям связи, и обратного преобразования сигналов, поступающих по линиям связи в принимающее ООД.

В качестве АПД используются модемы, сетевые адаптеры (сетевые карты), оптические модемы, устройства подключения к цифровым каналам и т.п. При большой протяженности линий связи АПД может включать промежуточное оборудование в виде различных усилителей – формирователей передаваемых сигналов.

Состав канала связи телекоммуникационной сети представлен на рис. 1.4.

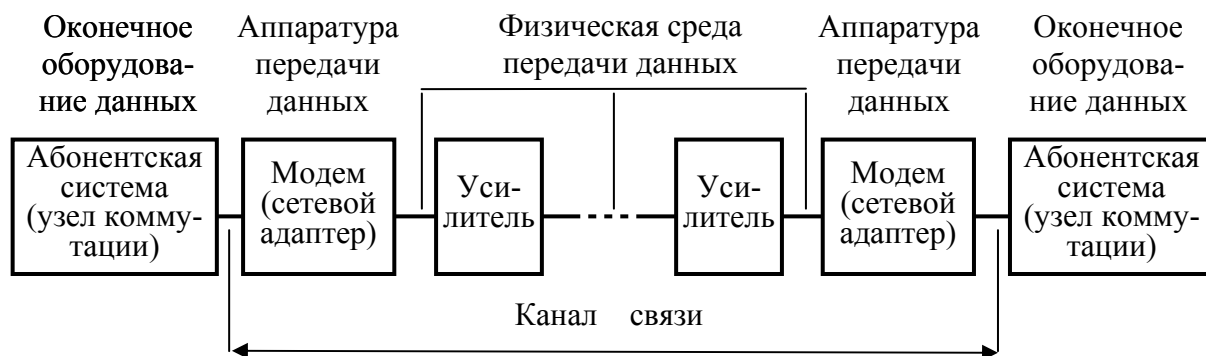


Рис. 1.4. Состав канала связи

К основным характеристикам телекоммуникационных сетей относятся:

- пропускная способность сети или отдельного канала связи;
- достоверность передачи данных;
- надежность работы.

Пропускная способность сети (канала) – максимально возможное количество информации, которое может быть передано по сети (по каналу) за единицу времени. Пропускная способность измеряется в битах в секунду (бит/с), в килобитах в секунду (Кбит/с), в мегабитах в секунду (Мбит/с), в гигабитах в секунду (Гбит/с) и т.д.

Достоверность передачи данных – вероятность искажения каждого передаваемого бита информации. Для проводных линий связи вероятность искажения бита информации составляет $10^{-3} - 10^{-4}$, для кабельных – $10^{-5} - 10^{-6}$, для оптоволоконных линий – $10^{-8} - 10^{-9}$.

Надежность – свойство телекоммуникационной сети сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность сети выполнять требуемые функции в заданных условиях применения.

2. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ СОСТАВ, СТРУКТУРА И КЛАССИФИКАЦИЯ СЕТЕЙ ЭВМ

2.1. Функциональный состав и структура сетей ЭВМ

Полный перечень функций, реализуемых любой сетью ЭВМ, можно представить двумя компонентами – обработка и передача данных.

Вычислительные средства (ЭВМ, вычислительные комплексы и системы) абонентских систем и их программное обеспечение (сетевые операционные системы и приложения) являются основными функциональными элементами сетей ЭВМ, выполняющих обработку данных. Их главная задача состоит в реализации функций предоставления, потребления и распределения ресурсов сети. Вычислительные средства, реализующие весь комплекс перечисленных функций относятся к универсальным и составляют основу *универсальных абонентских систем (УАС)*. Вычислительные средства, специализированные на предоставлении ресурсов, называются серверами и составляют основу *сервисных абонентских систем (САС)*. Специализированные на потреблении сетевых ресурсов – называются клиентами и составляют основу *клиентских абонентских систем (КАС)*. Специализированные на управлении вычислительной сетью – называются административными и составляют основу *административных абонентских систем (ААС)*. Классификация сетевых абонентских систем по функциональному признаку представлена на рис. 2.1.



Рис. 2.1. Классификация сетевых абонентских систем

Универсальные абонентские системы используются для построения одноранговых сетей ЭВМ. Остальные виды абонентских систем используются для построения сетей типа «клиент – сервер».

Вычислительные средства узлов коммутации, совместно с каналами связи, образуют телекоммуникационную сеть с определенной топологической структурой и реализуют функции передачи данных между всеми абонентскими системами сети.

Таким образом, в составе любой сети ЭВМ можно выделить следующие основные функциональные компоненты:

- абонентские системы различного назначения (УАС, САС, КАС, ААС), в совокупности образующие *абонентскую сеть*;
- узлы коммутации и каналы связи, образующие *телекоммуникационную сеть*.

В общем виде структура сети ЭВМ представлена на рис. 2.2.

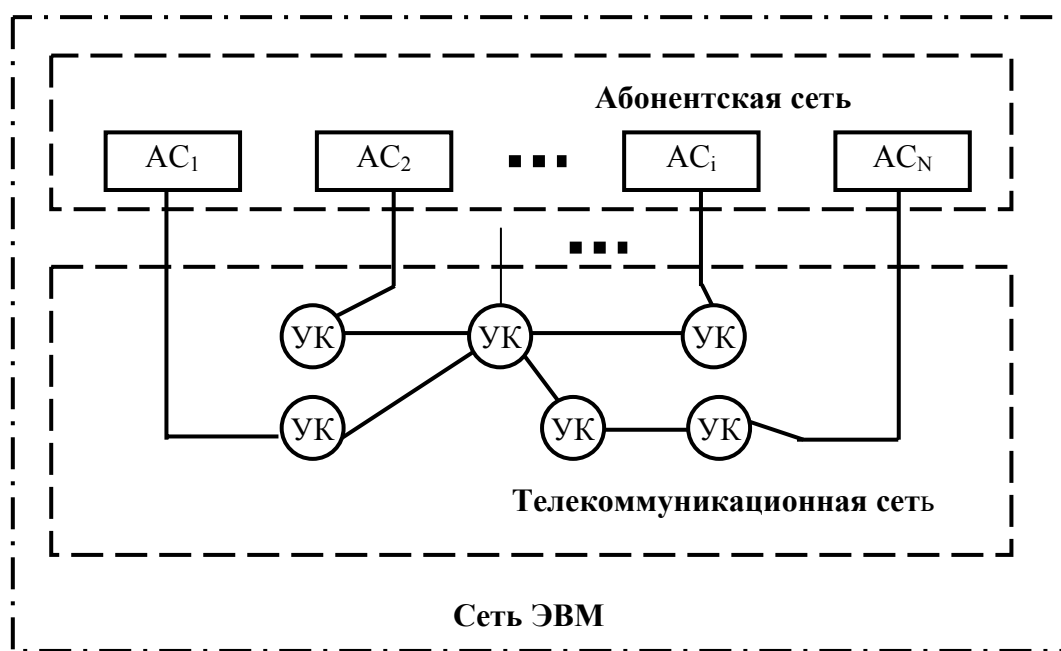


Рис. 2.2. Обобщенная структура сети ЭВМ

Отдельные сети ЭВМ посредством специального межсетевого оборудования (МСО) могут объединяться между собой, образуя одноуровневые или многоуровневые иерархические структуры (рис. 2.3).

По такому принципу могут объединяться локальные, региональные и глобальные сети ЭВМ.

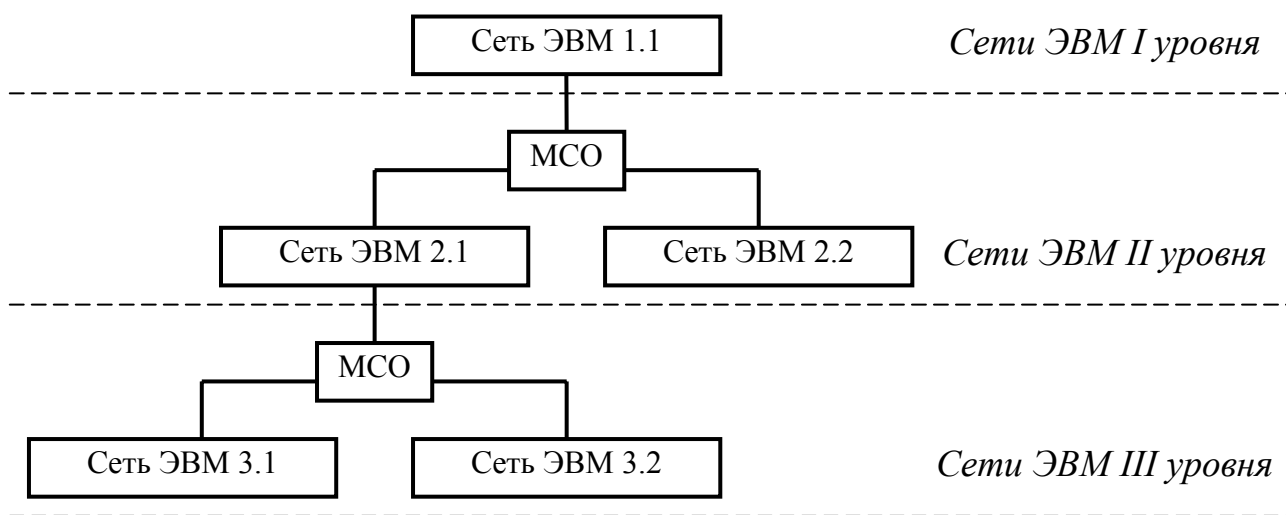


Рис. 2.3. Объединение сетей ЭВМ

2.2. Классификация сетей ЭВМ

Сети ЭВМ относятся к разряду сложных вычислительных систем, поэтому для их классификации используется не один, а целый ряд признаков, наиболее характерные из которых представлены на рис. 2.4.



Рис. 2.4. Классификация сетей ЭВМ

По функциональному назначению сети ЭВМ подразделяются на:

- информационные сети;
- вычислительные сети;
- информационно-вычислительные сети.

Информационные сети предоставляют пользователям в основном информационные услуги. К таким сетям относятся сети научно-технической и справочной информации, резервирования и продажи билетов на транспорте, сети оперативной информации служб специального назначения и т.д.

Вычислительные сети отличаются наличием в своем составе более мощных вычислительных средств, запоминающих устройств повышенной емкости для хранения прикладных программ, банков данных и знаний, доступных для пользователей, возможностью оперативного перераспределения ресурсов между задачами.

На практике наибольшее распространение получили смешанные *информационно-вычислительные сети*, в которых осуществляются хранение и передача данных, а также решение различных задач по обработке информации.

По размещению основных информационных массивов (банков данных) сети подразделяются на следующие типы:

- сети с централизованным размещением информационных массивов;
- сети с локальным (абонентским) размещением информационных массивов.

В сетях с централизованным размещением информационные массивы формируются и хранятся на главном файловом сервере сети. В сетях с локальным размещением информационные массивы могут находиться на различных файловых серверах.

По степени территориальной рассредоточенности компонентов сети различают:

- глобальные сети, охватывающие территорию страны или нескольких стран с расстояниями между отдельными узлами сети в несколько тысяч километров;
- региональные сети, расположенные в пределах определенного территориального региона (города, района, области и т.п.);
- локальные вычислительные сети, охватывающие сравнительно небольшую территорию (в радиусе до 10 км).

По типу используемых вычислительных средств сети могут быть:

- однородными (ЭВМ всех абонентских систем сети аппаратно и программно совместимы);
- неоднородными (ЭВМ абонентских систем сети аппаратно и программно несовместимы).

Локальные сети ЭВМ обычно являются однородными, а региональные и глобальные – неоднородными.

По методу передачи данных различают сети:

- с коммутацией каналов;
- с коммутацией сообщений;
- с коммутацией пакетов;
- со смешанной коммутацией.

Для современных сетей ЭВМ наиболее характерным является использование метода коммутации пакетов. Особенности каждого из методов передачи данных более подробно будут рассмотрены в дальнейшем.

Важным признаком классификации сетей ЭВМ является их топология, т.е. структура связей между элементами сети. Топология оказывает существенное влияние на пропускную способность, на устойчивость сети к отказам ее оборудования, на качество обслуживания запросов пользователей, на логические возможности и стоимость сети.

Для построения сетей ЭВМ используются следующие топологические структуры (рис. 2.5):

- радиальная (звездообразная);
- кольцевая;
- шинная;
- полносвязная;
- древовидная (иерархическая);
- смешанная.

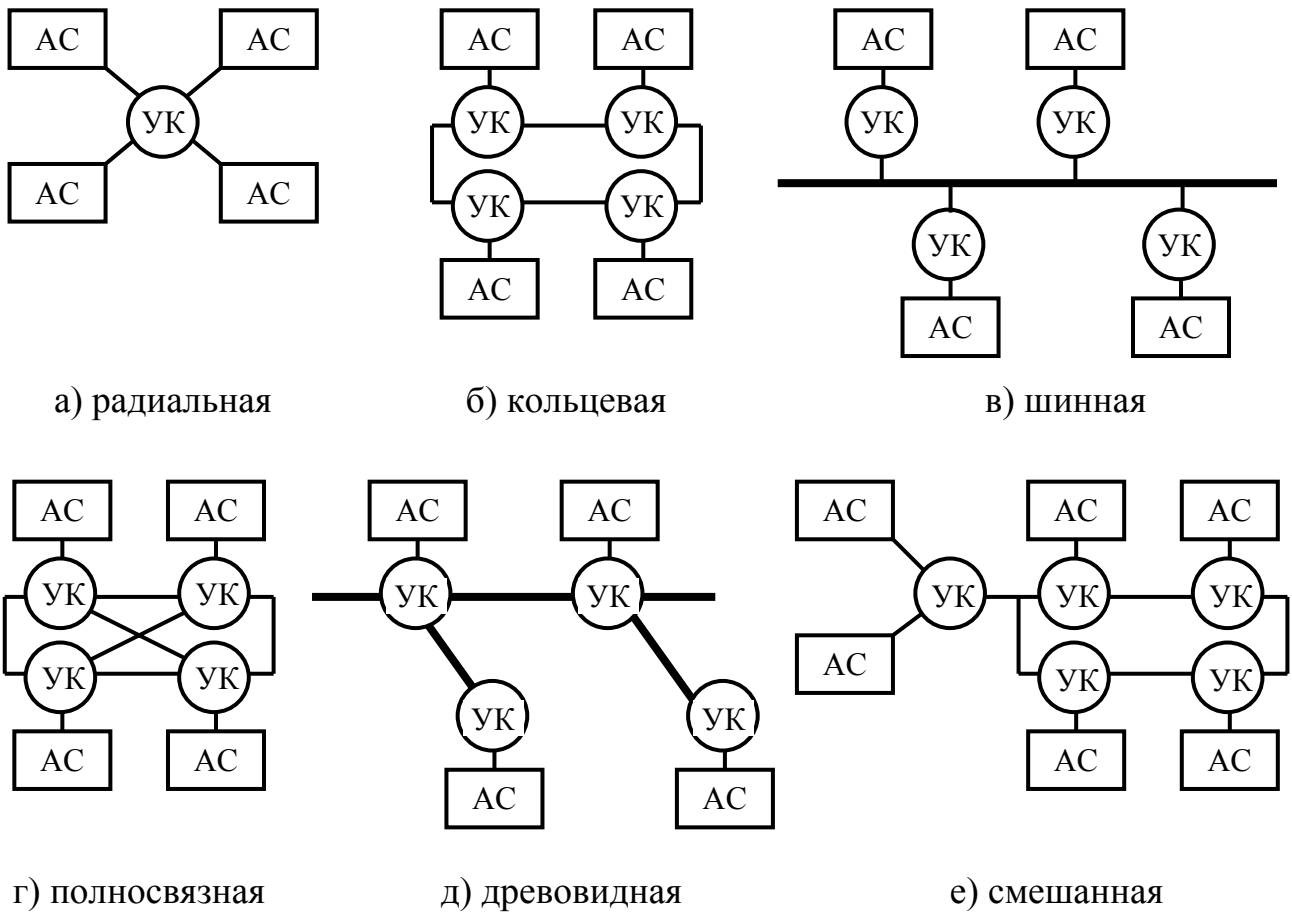


Рис. 2.5. Топологические структуры сетей ЭВМ

Основу сетей с радиальной (звездообразной) топологией (рис. 2.5а) составляет главный центр, который может быть как активным (выполняется обработка информации), так и пассивным (выполняется только ретрансляция информации). Такие сети довольно просты по своей структуре и организации управления. К недостаткам сетей с радиальной топологией можно отнести: нарушение связи при выходе из строя центрального узла коммутации, отсутствие свободы выбора различных маршрутов для установления связи между АС, увеличение задержек в обслуживании запросов при перегрузке центра обработки, значительное возрастание общей протяженности линий связи при размещении АС на большой территории.

В сетях с кольцевой топологией (рис. 2.5б) информация между абонентскими станциями передается только в одном направлении. Кольцевая структура обеспечивает широкие функциональные возможности сети при высокой эффективности использования моноканала, низкой стоимости, простоте методов

управления, возможности контроля работоспособности моноканала. К недостаткам сетей с кольцевой топологией можно отнести: нарушение связи при выходе из строя хотя бы одного сегмента канала передачи данных.

В сетях с шинной топологией (рис. 2.5в) используется моноканал передачи данных, к которому подсоединяются абонентские системы. Данные от передающей АС распространяются по каналу в обе стороны. Информация поступает на все АС, но принимает сообщение только та АС, которой оно адресовано. Шинная топология – одна из наиболее простых. Она позволяет легко наращивать и управлять сетью ЭВМ, является наиболее устойчивой к возможным неисправностям отдельных абонентских систем. Недостатком шинной топологии является полный выход из строя сети при нарушении целостности моноканала.

В полносвязной сети (рис. 2.5г) информация может передаваться между всеми АС по собственным каналам связи. Такое построение сети требует большого числа соединительных линий связи. Оно эффективно для малых сетей с небольшим количеством центров обработки, работающих с полной загрузкой каналов связи.

В сетях с древовидной топологией (рис. 2.5д) реализуется объединение нескольких более простых сетей с шинной топологией. Каждая ветвь дерева представляет собой сегмент. Отказ одного сегмента не приводит к выходу из строя остальных сегментов.

Топология крупных сетей обычно представляет собой комбинации нескольких топологических решений. Примером такой сети может служить сеть со смешанной радиально – кольцевой топологией, представленная на рис. 2.5е.

Правильный и рациональный выбор основных функциональных, технических и программных компонентов сетей ЭВМ, их топологической структуры оказывают непосредственное влияние на все технические характеристики и общую эффективность функционирования сетей ЭВМ в целом. Это особенно важно для вычислительных сетей военного назначения, предназначенных для обработки и передачи больших информационных массивов данных в условиях жесткого лимита времени и высоких требований к достоверности информации.

3. МЕТОДЫ СТРУКТУРИЗАЦИИ СЕТЕЙ ЭВМ

Построение сетей ЭВМ с небольшим (10-30) количеством абонентских систем чаще всего осуществляется на основе одной из типовых топологий — общая шина, кольцо, звезда или полносвязная сеть. Все перечисленные топологии обладают свойством однородности, то есть все компьютеры абонентских систем в такой сети имеют одинаковые права в отношении информационного взаимодействия друг с другом (за исключением центрального компьютера при соединении звезда). Такая однородность структуры значительно упрощает процедуру наращивания общего числа абонентских систем, облегчает обслуживание и эксплуатацию сети ЭВМ. Однако увеличение количества абонентских систем в сети сверх указанного количества приводит к существенному снижению пропускной способности каналов связи и общей эффективности функционирования сети. Одним из основных направлений разрешения указанной проблемы является применение методов структуризации больших сетей ЭВМ.

3.1. Физическая структуризация сетей ЭВМ

Построение больших сетей ЭВМ, объединяющих более 30 – ти абонентских систем, на основе унифицированных типовых топологических структур порождает различные ограничения, наиболее существенными из которых являются:

- ограничения на длину связи между узлами;
- ограничения на количество узлов в сети;
- ограничения на интенсивность трафика, порождаемого узлами сети.

Например, технология Ethernet на тонком коаксиальном кабеле позволяет использовать кабель длиной не более 185 метров, к которому можно подключить не более 30 сетевых ЭВМ (рис.3.1). Однако, если абонентские системы интенсивно обмениваются информацией между собой, то приходится снижать число подключенных к каналу компьютеров до 10 — 20, чтобы каждой аба-

нентской системе доставалась приемлемая доля общей пропускной способности сети.

Для снятия этих ограничений используются специальные методы структуризации сети и специальное структурообразующее оборудование – повторители, концентраторы, мосты, коммутаторы, маршрутизаторы. Такое оборудование также называют *коммуникационным*.

Простейшим из коммуникационных устройств является *повторитель* (repeater). Повторители используются для физического соединения различных сегментов кабеля локальной сети ЭВМ с целью увеличения общей длины сети. Повторитель передает сигналы, приходящие из одного сегмента сети, в другие ее сегменты (рис. 1). Повторитель позволяет преодолеть ограничения на длину линий связи за счет улучшения качества передаваемого сигнала — восстановления его мощности и амплитуды, улучшения фронтов и т. п.

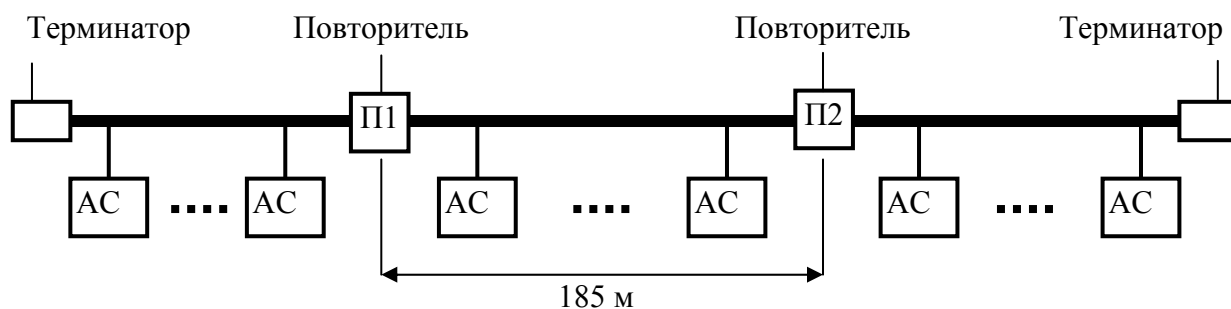


Рис.3.1. Увеличение сети ЭВМ на основе повторителей

Повторитель, который имеет несколько портов и соединяет несколько физических сегментов, называется *концентратором* или *хабом*. В данном устройстве сосредотачиваются все связи между сегментами сети.

Концентраторы характерны практически для всех базовых технологий локальных сетей — Ethernet, ArcNet, Token Ring, FDDI и т.п.

В работе концентраторов различных типов и технологий много общего — они повторяют сигналы, пришедшие с одного из своих портов, на других своих портах. Разница состоит в том, на каких именно портах повторяются входные сигналы. Так, концентратор Ethernet повторяет входные сигналы на всех своих портах, кроме того, с которого сигналы поступают (рис. 3.2, а). А концентратор

Token Ring (рис. 3.2, б) повторяет входные сигналы, поступающие с некоторого порта, только на одном порту — на том, к которому подключена следующая в кольце АС.

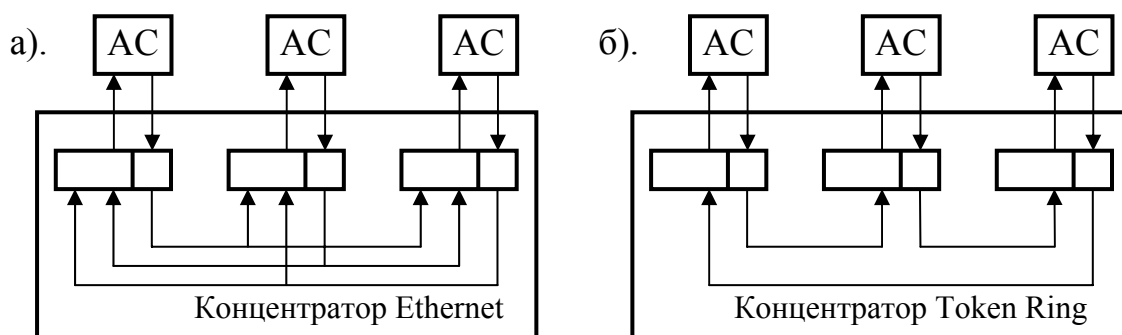


Рис.3.2. Концентраторы технологий : Ethernet (рис. а.) и Token Ring (рис. б.)

Концентратор всегда изменяет физическую топологию сети, но при этом оставляет без изменения ее логическую топологию.

Под физической топологией понимается конфигурация связей, образованных отдельными частями кабеля, а под логической — конфигурация информационных потоков между компьютерами сети. Во многих случаях физическая и логическая топологии сети совпадают (рис. 3.3а). Однако это выполняется не всегда. Сеть на рис. 3.3б, демонстрирует пример несовпадения физической и логической топологии. Физически компьютеры соединены по топологии общая шина, а логически — по кольцевой топологии.

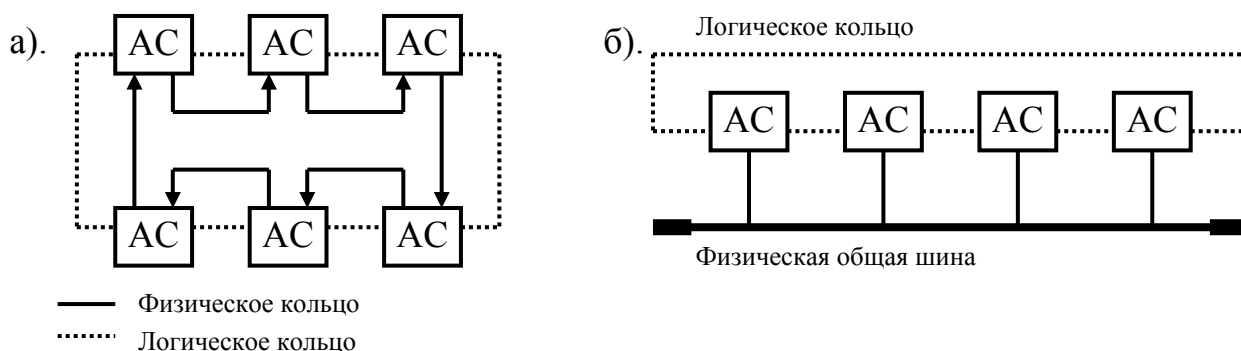


Рис. 3.3. Физическая и логическая топологии сети

Физическая структуризация сети с помощью концентраторов целесообразна не только для увеличения расстояния между узлами сети, но и для повы-

шения ее надежности. Например, если какая-либо абонентская система сети Ethernet с физической общей шиной из-за сбоя начинает непрерывно передавать данные по общему кабелю, то вся сеть выходит из строя, и для решения этой проблемы остается только один выход — вручную отсоединить сетевой адаптер этой абонентской системы от кабеля. В сети Ethernet, построенной с использованием концентратора, эта проблема может быть решена автоматически — концентратор отключает свой порт, если обнаруживает, что присоединенный к нему узел слишком долго монополюно занимает сеть. Концентратор может блокировать некорректно работающий узел и в других случаях, выполняя роль некоторого управляющего узла.

3.2. Логическая структуризация сетей ЭВМ

Физическая структуризация не позволяет решать в полной мере проблемы, связанные с построением и функционированием больших многоуровневых и составных сетей ЭВМ. Наиболее важной проблемой, не решаемой путем физической структуризации, остается проблема перераспределения передаваемого трафика между различными физическими сегментами сети.

На рис. 3.4а приведена структурная схема составной сети, построенной на основе концентраторов (физической структуризации). В такой сети при информационном обмене между любой парой абонентских систем (предположим между абонентскими системами А и В сегмента 1) концентраторы распространяют любой информационный кадр по всем ее сегментам. Поэтому кадр, посылаемый абонентской системой А абонентской системе В, хотя и не нужен абонентским системам сегментов 2 и 3, в соответствии с логикой работы концентраторов, поступает на эти сегменты тоже. И до тех пор, пока АС В не получит адресованный ей кадр, ни одна из абонентских систем этой сети не сможет передавать данные.

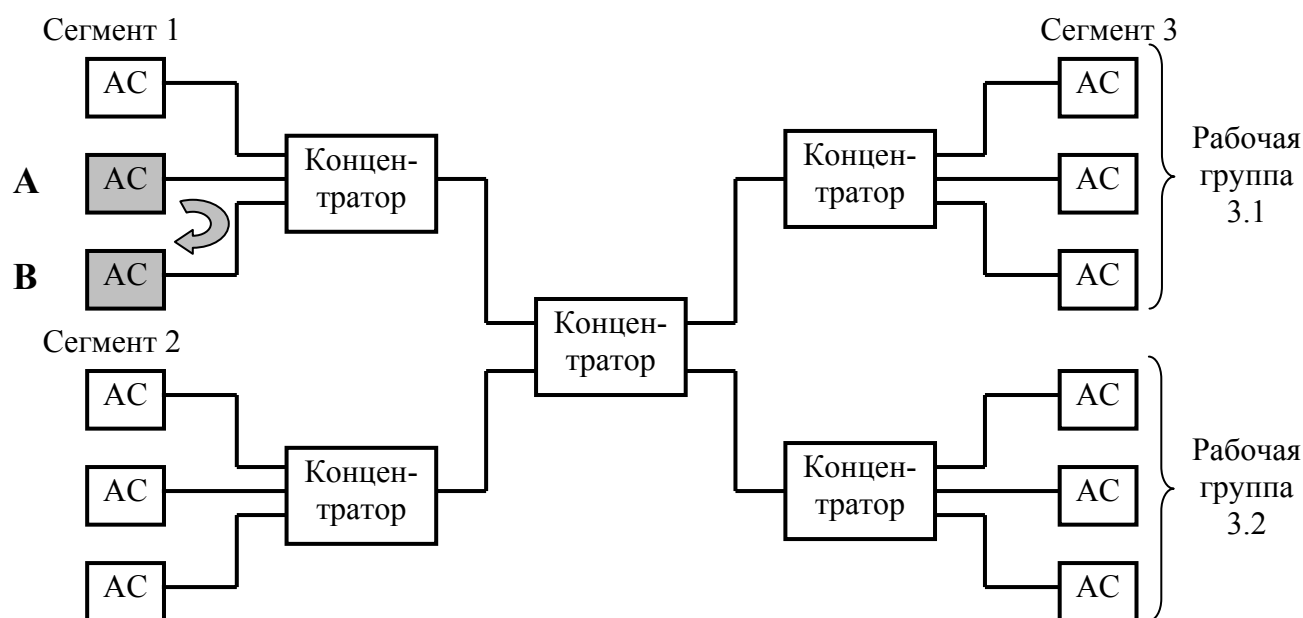
Такая ситуация возникает из-за того, что логическая структура сети после ее физической структуризации остается неизменной (однородной) – она никак не учитывает интенсивность трафика внутри сегментов и предоставляет всем

парам абонентских систем равные возможности по обмену информацией (рис. 3.4б).

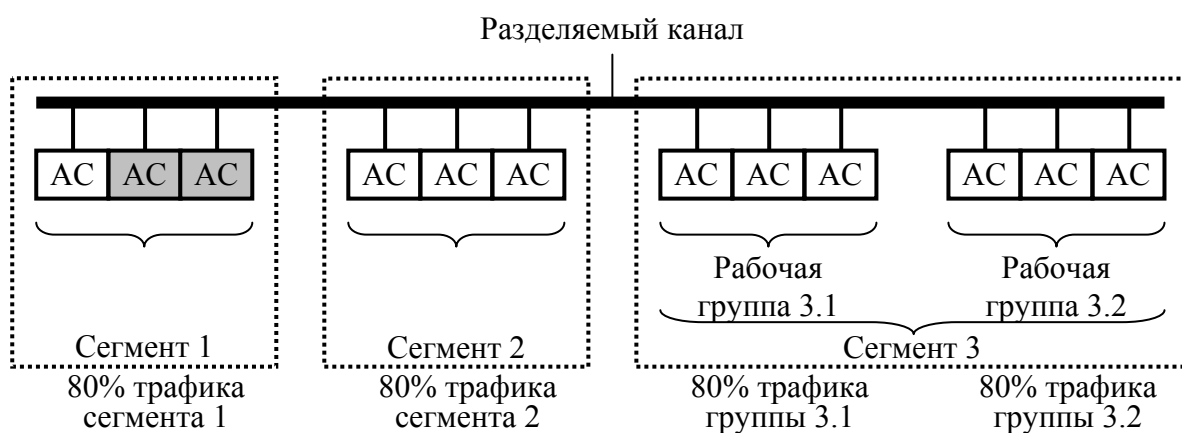
Данная проблема может быть решена путем логической структуризации сети.

Логическая структуризация сети – это разбиение сети на сегменты с локализованным трафиком.

Под локализацией трафика понимается распространение трафика, предназначенного для абонентских систем конкретного сегмента сети, только в пределах этого сегмента.



а) физическая структуризация с помощью концентраторов



б) логическая структура сети

Рис. 3.4. Противоречие между логической структурой сети и информационными потоками

Локализация трафика позволяет значительно повысить общую эффективность сети, так как позволяет организовать информационный обмен одновременно внутри всех сегментов сети.

Для логической структуризации сети используются специальные коммуникационные устройства, такие как мосты, коммутаторы, маршрутизаторы и шлюзы.

Мост (Bridge) делит сеть на логические сегменты. Адреса абонентских систем внутри одного сегмента принадлежат заданному диапазону. Передача информации из одного сегмента сети в другой возможна лишь при условии, если адресуемая абонентская система принадлежит другому логическому сегменту, т.е. мост изолирует трафики логических сегментов друг от друга, повышая общую производительность передачи данных в сети. Одновременно мост может обеспечивать информационный обмен только между двумя сегментами сети. Локализация трафика также снижает вероятность несанкционированного доступа к передаваемым по сети данным, так как кадры не выходят за пределы своего сегмента и их сложнее перехватить злоумышленнику.

На рис. 3.5 показана логическая структуризация сети с помощью моста. Абонентская система А (сегмент 1) передает информационный кадр абонентской системе В (сегмент 2).

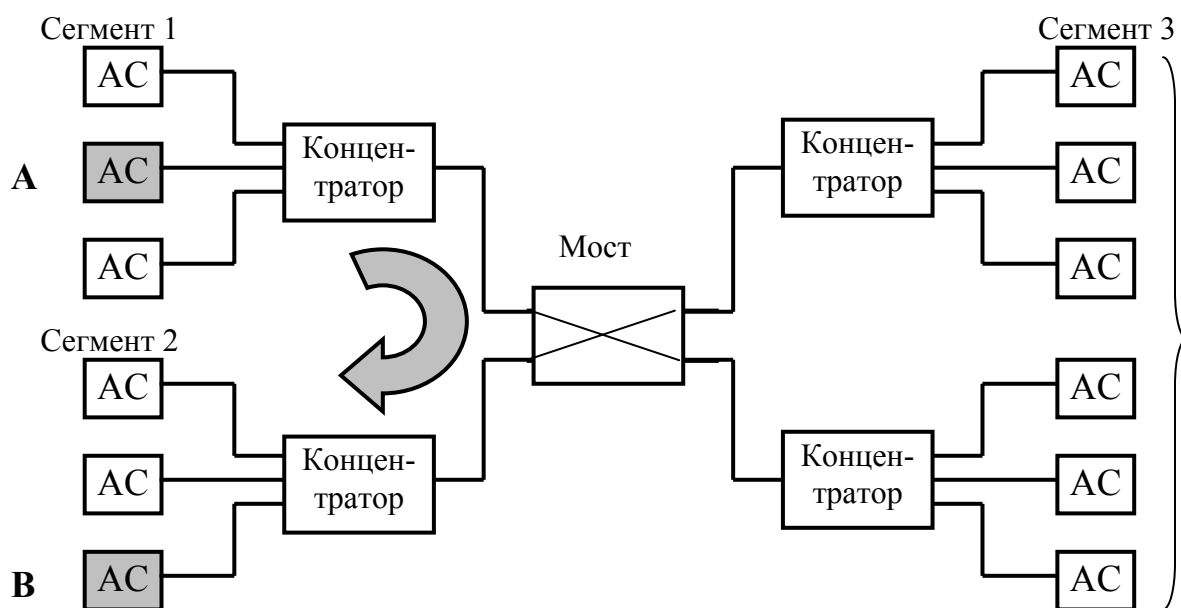


Рис. 3.5. Логическая структуризация сети с помощью моста

Коммутатор (Switch) по принципу обработки информационных кадров полностью аналогичен мосту. Основное его отличие от моста состоит в том, что он способен осуществлять информационный обмен одновременно между несколькими парами логических сегментов сети, так как каждый его порт оснащен специализированным процессором, который обрабатывает кадры по алгоритму моста независимо от процессоров других портов. За счет этого общая производительность коммутатора обычно намного выше производительности традиционного моста, имеющего один процессорный блок.

Маршрутизатор (Router) – коммуникационное устройство с расширенными интеллектуальными возможностями по сравнению с мостами и коммутаторами. Маршрутизаторы реализуют более эффективные методы разграничения трафика отдельных логических сегментов сети. Это достигается за счет использования составных числовых адресов и явной адресации логических сегментов сети (рис. 3.6).

№ сегмента сети	№ абонентской системы
-----------------	-----------------------

Рис. 3.6. Структура составного адреса

Кроме локализации трафика маршрутизаторы способны выполнять еще ряд задач, наиболее важными из которых являются выбор из нескольких возможных наиболее рационального маршрута передачи информационного кадра и организация взаимодействия сегментов сети, реализованных на основе различных сетевых технологий.

Логическая структуризация сети с помощью маршрутизаторов представлена на рис. 3.7. Особенностью данной сети является наличие дополнительной связи между сегментами 1 и 2, которая может благодаря наличию маршрутизаторов использоваться как для повышения производительности сети, так и для повышения ее надежности. В данной сети информационный обмен осуществляется одновременно между двумя парами абонентских систем А и В, С и D.

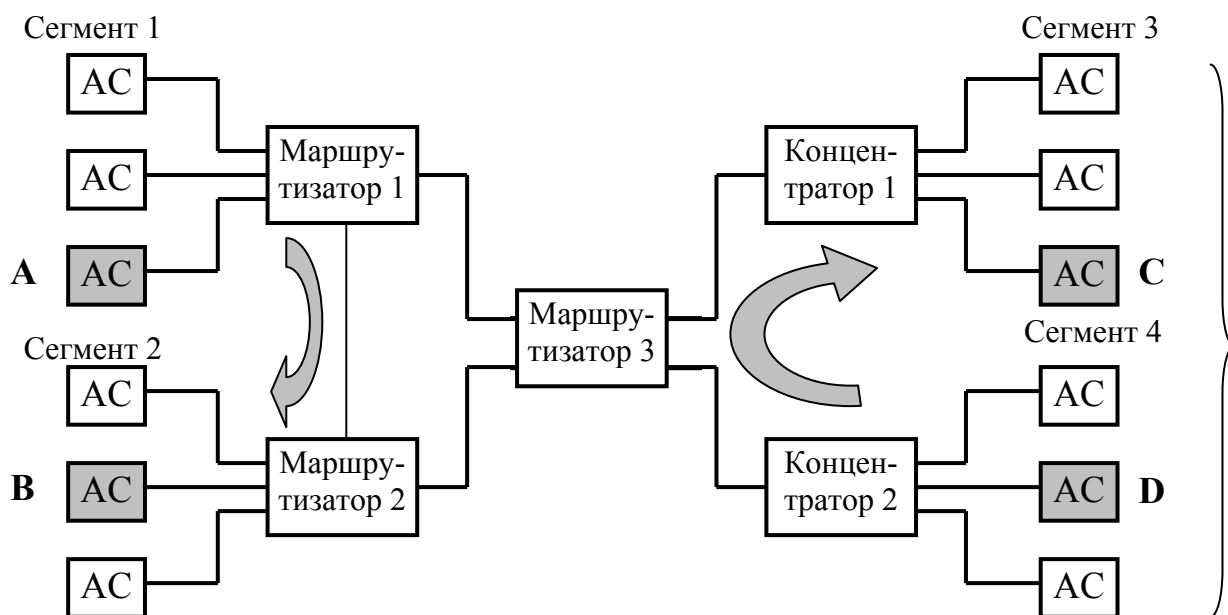


Рис. 3.7. Логическая структуризация сети с помощью маршрутизаторо-

Коммуникационные устройства шлюзы (Gateway) также способны локализовывать трафик и логически структурировать сети, однако основное их предназначение – объединять сети с разными типами системного и прикладного программного обеспечения.

Крупные сети практически никогда не строятся без физической и логической структуризации. Для отдельных сегментов и подсетей характерны типовые однородные топологии базовых технологий, и для их объединения всегда используется оборудование, обеспечивающее локализацию трафика, — мосты, коммутаторы, маршрутизаторы, шлюзы и т.п.

4. АРХИТЕКТУРА И ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СЕТЕЙ ЭВМ

При разработке, создании и эксплуатации сетей ЭВМ одной из основных и наиболее сложных задач является организация обмена данными между их отдельными компонентами. Сложность решения указанной задачи определяется тем, что в состав сетей могут входить неоднородные и несовместимые между собой аппаратные и программные средства. Поэтому возникает необходимость в стандартизации, регламентации и упорядочении всех функций, связанных с передачей данных между всеми компонентами сети и реализуемыми ими вычислительными процессами.

4.1. Эталонная модель взаимодействия открытых систем (модель OSI).

Иерархия протоколов

Любые сети ЭВМ представляют собой сложные технические системы, объединяющие между собой как аппаратно и программно совместимые (однородные), так и несовместимые (неоднородные) вычислительные и другие средства, поэтому организация информационного обмена между всеми компонентами сети является чрезвычайно сложной и наиболее важной задачей. При решении данной задачи должны быть учтены и реализованы следующие основные требования:

- *открытость системы* – возможность включения в состав сети однородных и неоднородных дополнительных абонентских систем, узлов коммутации и линий связи без существенного изменения аппаратных и программных средств существующих компонентов сети;
- *гибкость системы* – сохранение основных свойств и технических характеристик сети ЭВМ при изменении структуры в результате выхода из строя отдельных абонентских систем, узлов коммутации и линий связи, или при изменении их типов и численного состава;
- *эффективность системы* – обеспечение требуемого качества обслуживания пользователей сети ЭВМ при заданном уровне ограничения затрат.

В связи с большой сложностью комплексное решение указанной задачи возможно только на основе принципа *декомпозиции*, предполагающего разбиение одной сложной задачи на несколько иерархически взаимосвязанных более простых. Именно такой подход к проблеме построения сетей ЭВМ любой сложности был разработан в начале 80-х годов XX века Международной организацией по стандартизации (ISO – International Organization for Standardization) и представлен в виде «Эталонной модели взаимодействия открытых систем» (*модель OSI – Open System Interconnection*), определяющей архитектуру построения различных компьютерных сетей.

Под *сетевой архитектурой* понимается общая логическая и техническая организация сетей ЭВМ, представленная в виде совокупности сетевых аппаратных и программных решений, методов доступа к ресурсам сети и используемых для этого протоколов.

В соответствии с идеологией, заложенной в модели OSI, функционирование сетей ЭВМ принято представлять в терминах процессов, реализуемых системами сети. В качестве систем в модели выступают вычислительные средства абонентских систем и узлов коммутации.

Процесс – это динамический объект, представляющий собой целенаправленный акт обработки данных. Процесс порождается программой или пользователем и связан с входными или выходными данными и необходимыми вычислительными ресурсами. Логическая модель процесса представлена на рис. 4.1.

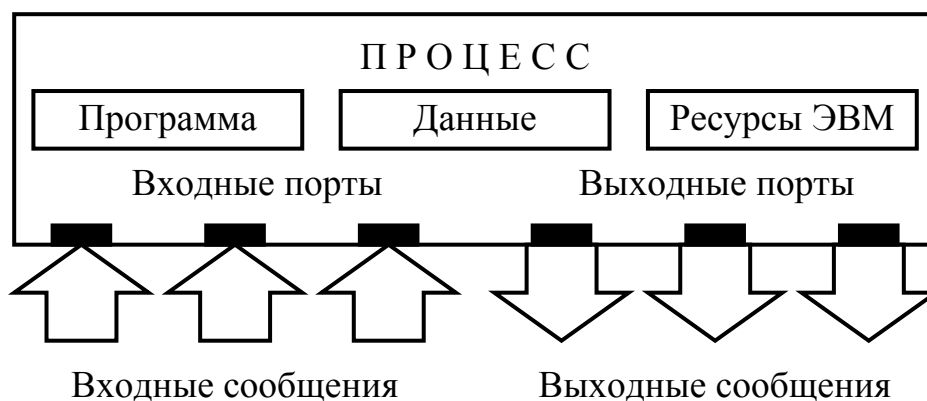


Рис. 4.1. Логическая модель процесса

Ввод и вывод данных из процесса производится в форме сообщений.

Сообщение – это последовательность данных, имеющих законченное смысловое значение. Ввод сообщений в процесс и вывод из процесса производится через логические (программно – организованные) точки, называемые соответственно входными и выходными портами.

В общем случае в модели OSI любая система представляется семиуровневой иерархической структурой. (рис. 4.2). Каждому уровню ставятся в соответствие некоторые процессы, аппаратные и программные средства (объекты уровня), реализующие функции по обработке и передаче данных. Каждый уровень обслуживает смежный старший уровень. Связь между объектами смежных уровней одной системы регламентируется *межуровневым интерфейсом*.

Интерфейс представляет собой формализованные правила, определяющие набор сервисов, предоставляемых данным уровнем соседнему уровню, последовательность и формат сообщений, которыми обмениваются смежные уровни одной системы.

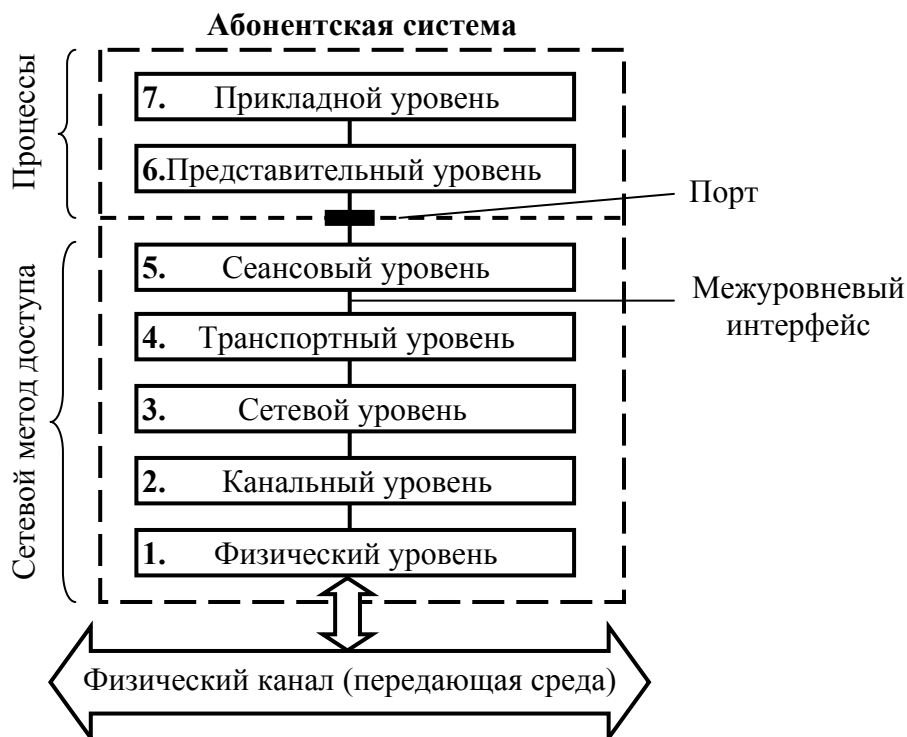


Рис. 4.2. Многоуровневое представление системы в модели OSI

Организация взаимодействия между одинаковыми уровнями различных систем определяется соответствующим *протоколом* (рис. 4.3).

Протокол представляет собой формализованные правила, определяющие последовательность и формат сообщений, которыми обмениваются сетевые компоненты, лежащие на одном уровне, но принадлежащие разным системам.

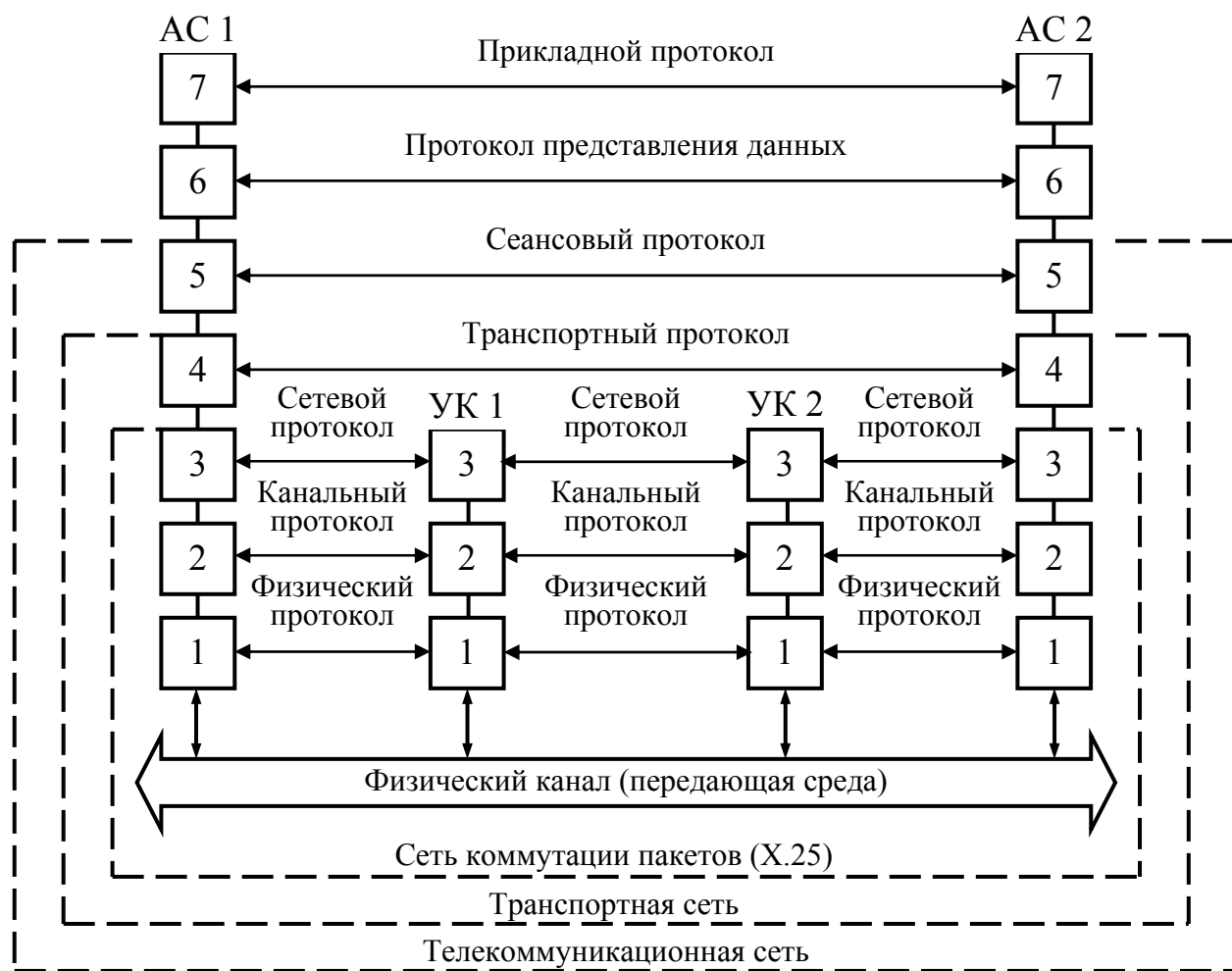


Рис. 4.3. Модель взаимодействия открытых систем (модель OSI).
Иерархия протоколов

Таким образом, протокол и интерфейс выражают одни и те же понятия, но распространяются на разные области действия: протоколы определяют правила взаимодействия объектов одного уровня в разных системах сети, а интерфейсы – объектов соседних уровней в одной системе.

Два старших уровня (6 и 7) соответствуют процессам (процессам представления и преобразования данных, выполнения прикладных программ, административного управления сетью). Остальные уровни определяют сетевой метод доступа к указанным процессам. Точки в процессах, через которые осуществляется эта связь, представляют собой *входные и выходные порты*.

Назначение и краткая характеристика всех уровней модели OSI и соответствующих им протоколов приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1. Назначение уровней и протоколов модели OSI

Уровни модели OSI	Назначение уровней и протоколов модели OSI
7. Прикладной	Обеспечивает прикладным процессам пользователя средства доступа к сетевым ресурсам; является интерфейсом между программами пользователя и сетью. Имеет интерфейс с пользователем.
6. Представительный	Устанавливает стандартные способы представления данных, которые удобны для всех взаимодействующих объектов прикладного уровня. Имеет интерфейс с прикладными программами.
5. Сеансовый	Обеспечивает средства, необходимые сетевым объектам для организации, синхронизации и административного управления обменом данными между ними.
4. Транспортный	Обеспечивает надежную, экономичную и «прозрачную» передачу данных между взаимодействующими объектами сеансового уровня.
3. Сетевой	Обеспечивает маршрутизацию передачи данных в сети, устанавливает логический канал между объектами для реализации протоколов транспортного уровня.
2. Канальный	Обеспечивает непосредственную связь объектов сетевого уровня, функциональные и процедурные средства ее поддержки для эффективной реализации протоколов сетевого уровня.
1. Физический	Формирует физическую среду передачи данных, устанавливает соединения объектов сети с этой средой.

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

Коммуникационные протоколы могут быть реализованы как программно, так и аппаратно. Протоколы нижних уровней обычно реализуются комбинацией программных и аппаратных средств, а протоколы верхних уровней – только программными средствами.

Совокупность протоколов, приведенных в таблице 4.1, составляют стек протоколов модели OSI.

Многоуровневая организация управления процессами в сети порождает необходимость модифицировать на каждом уровне передаваемые сообщения в соответствии с функциями, реализуемыми на этом уровне. Модификация выполняется по схеме, представленной на рис. 4.4. Данные, передаваемые в форме

сообщения, снабжаются заголовком (З) и концевиком (К), в которых содержится информация, необходимая для обработки сообщения на соответствующем уровне: указатели типа сообщения, адреса отправителя, получателя, канала, порта и т.д.

Заголовок и концевик называются обрамлением сообщения. Сообщение, сформированное на уровне N+1, при обработке на уровне N снабжается дополнительной информацией в виде заголовка Z_N и концевика K_N . При поступлении на нижележащий уровень к сообщению вновь добавляется дополнительная информация в виде заголовка Z_{N-1} и концевика K_{N-1} . При передаче от низших уровней к высшим сообщение освобождается от соответствующего обрамления. Таким образом, каждый уровень оперирует с собственным заголовком и концевиком, а сопровождаемая ими информация рассматривается как данные более высокого уровня. За счет этого обеспечивается независимость данных, относящихся к разным уровням управления передачей сообщений.



Рис. 4.4. Структура сообщений на разных уровнях

4.2. Сетезависимые и сетенезависимые уровни модели взаимодействия открытых систем

Все уровни модели OSI и соответствующие им протоколы подразделяются на две группы:

- сетезависимые уровни и протоколы;
- сетенезависимые уровни и протоколы.

Методы и способы реализации протоколов сетезависимых уровней напрямую зависят от конкретной технической реализации всех компонентов сети.

Сетенезависимые уровни и их протоколы ориентированным на работу только с приложениями и не зависят от технических характеристик сетевых компонентов.

Три нижних уровня модели OSI — физический, канальный и сетевой — являются сетезависимыми, то есть протоколы этих уровней тесно связаны с технической реализацией сети и используемым коммуникационным оборудованием. Например, замена в сетевых каналах связи коаксиального кабеля на волоконно-оптический приведет к необходимости полной смены протоколов физического и канального уровней во всех узлах сети.

Три верхних уровня модели OSI — прикладной, представительный и сеансовый — ориентированы на приложения и мало зависят от технических особенностей построения сети. На протоколы этих уровней не влияют изменения в топологии сети, замена оборудования или переход на другую сетевую технологию.

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

На рис. 4.5 показаны уровни модели OSI, на которых работают различные элементы сети. Вычислительные средства абонентских систем взаимодействуют между собой с помощью протоколов всех семи уровней. Это взаимо-

действие осуществляется опосредовано через различные коммуникационные устройства: концентраторы, модемы, мосты, 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).

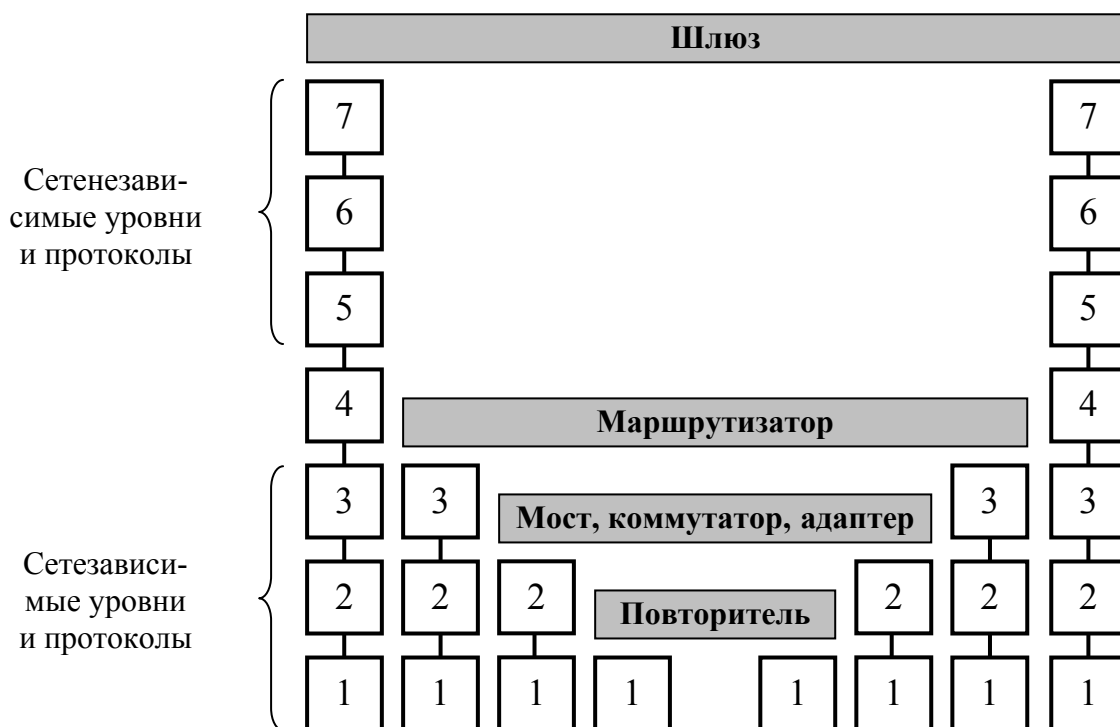


Рис. 4.5. Сетезависимые и сетезависимые уровни модели OSI

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.

4.3. Стандартные стеки коммуникационных протоколов

Разработкой и совершенствованием стандартов построения и функционирования сетей ЭВМ занимаются многие международные и национальные организации. Поэтому в настоящее время в компьютерных сетях используется несколько разновидностей стеков коммуникационных протоколов.

К наиболее популярным и широко используемым в настоящее время относятся следующие стеки:

- стек OSI;
- стек TCP / IP;
- стек IPX / SPX;
- стек NetBIOS / SMB.

4.3.1. Стек протоколов OSI

Следует различать модель OSI и стек протоколов OSI. Модель OSI определяет концепцию построения сетей (сетевую архитектуру), а стек OSI представляет собой набор конкретных спецификаций протоколов. Особенностью данного стека протоколов является его полное соответствие модели OSI, он включает спецификации для всех семи уровней взаимодействия, определенных в этой модели.

Реализация протоколов стека OSI требует значительных вычислительных ресурсов, поэтому они ориентированы на сети с мощными компьютерами.

Стек протоколов OSI распространен пока мало, однако является наиболее перспективным международным стандартом, независимым от конкретных производителей сетевого оборудования.

4.3.2. Стек протоколов TCP / IP

Стек протоколов TCP / IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol) был разработан и внедрен в сетевые структуры в начале 80-х годов XX века по инициативе Министерства обороны США. В настоящее время данный стек протоколов широко используется для организации взаимодействия абонентских систем в сети Internet и многих корпоративных сетях.

Основу стека составляют протоколы IP и TCP, давшие ему название. Эти протоколы, в соответствии с моделью OSI, относятся к сетевому (IP) и транспортному (TCP) уровням. Протокол IP обеспечивает передачу информационных пакетов по составной сети, а TCP гарантирует надежность их доставки.

В настоящее время стек TCP / IP является одним из самых распространенных стеков транспортных протоколов глобальных, региональных и корпоративных сетей ЭВМ.

4.3.3. Стек протоколов IPX / SPX

Стек протоколов IPX / SPX (Internetwork Packet eXchange / Sequenced Packet eXchange) разработан фирмой Novell в начале 80-х годов XX века для сетевой операционной системы NetWare. Данная операционная система до сих пор широко используется в компьютерных сетях, однако, в последнее время интенсивно вытесняется сетевыми операционными системами MS Windows.

Протоколы стека IPX / SPX ориентированы на работу в локальных сетях небольших размеров на основе компьютеров с ограниченными вычислительными ресурсами.

4.3.4. Стек протоколов NetBIOS / SMB

Стек протоколов NetBIOS / SMB (Network Basic Input/Output System / Server Message Block) разработан фирмами IBM и Microsoft в середине 80-х годов XX века.

Протоколы NetBIOS и SMB, давшие название стеку, соответствуют верхним уровням модели OSI.

Первоначально протокол NetBIOS выполнял роль сетевого расширения стандартных функций системы BIOS компьютеров IBM PC. В дальнейшем этот протокол был заменен протоколом расширенного пользовательского интерфейса NetBEUI (NetBIOS Extended User Interface).

Протокол NetBEUI реализует функции сетевого, транспортного и сеансового уровней модели OSI, не требует больших вычислительных ресурсов, наиболее эффективен в сетях, объединяющих не более 200 абонентских систем.

Протокол SMB выполняет функции сеансового, представительного и прикладного уровней. На основе SMB реализуются сетевые службы печати и передачи сообщений между приложениями, а также файловая служба.

5. КОНЦЕПЦИИ УПРАВЛЕНИЯ СЕТЕВЫМИ РЕСУРСАМИ

5.1. Сети ЭВМ с рассредоточенными и сосредоточенными ресурсами

В зависимости от концепции управления распределением сетевых ресурсов и функциональных возможностей аппаратно-программных средств абонентских систем (АС) все сети ЭВМ могут быть разделены на три типа:

- одноранговые сети;
- сети типа «клиент-сервер»;
- гибридные сети.

Основу одноранговых сетей ЭВМ составляют универсальные (одноранговые) абонентские системы, способные как потреблять сетевые ресурсы (формировать запросы к внешним серверам), так и предоставлять собственные ресурсы другим абонентским системам сети (обрабатывать запросы от внешних клиентов).

Упрощенная структурная схема одноранговой сетевой абонентской системы приведена на рис. 5.1. Взаимодействие абонентской системы с внешними серверами и клиентами осуществляется с помощью локальных телекоммуникационных средств (ТКС).

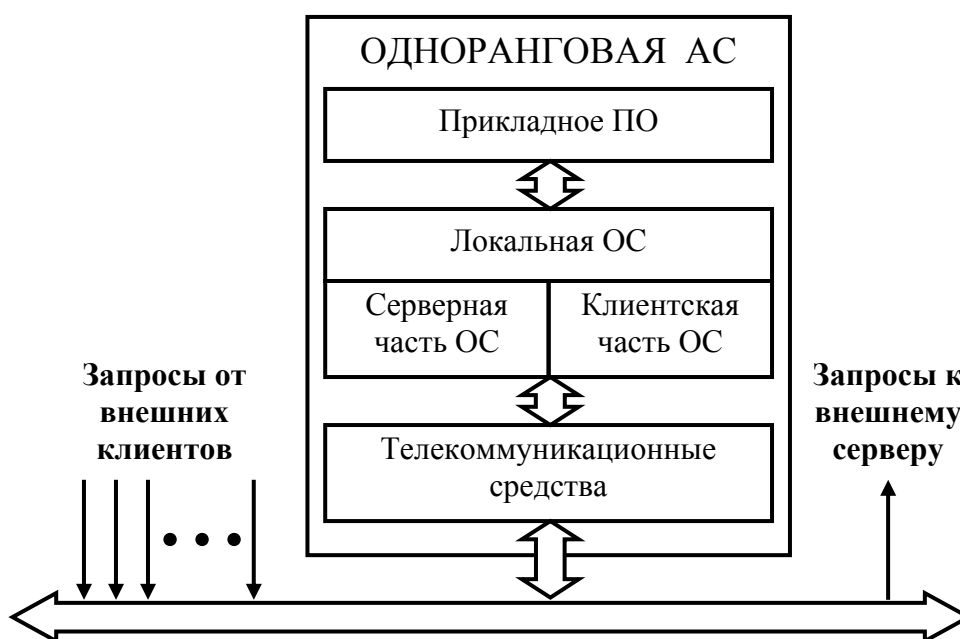


Рис. 5.1. Одноранговая абонентская система

Сети типа «клиент-сервер» строятся на основе клиентских и сервисных абонентских систем, которые называются клиентами и серверами и ориентированы соответственно на потребление и предоставление сетевых ресурсов. Их структурные схемы приведены на рис. 5.2 и рис. 5.3.

Гибридные сети строятся на основе объединения сегментов одноранговых сетей и сетей типа «клиент-сервер».

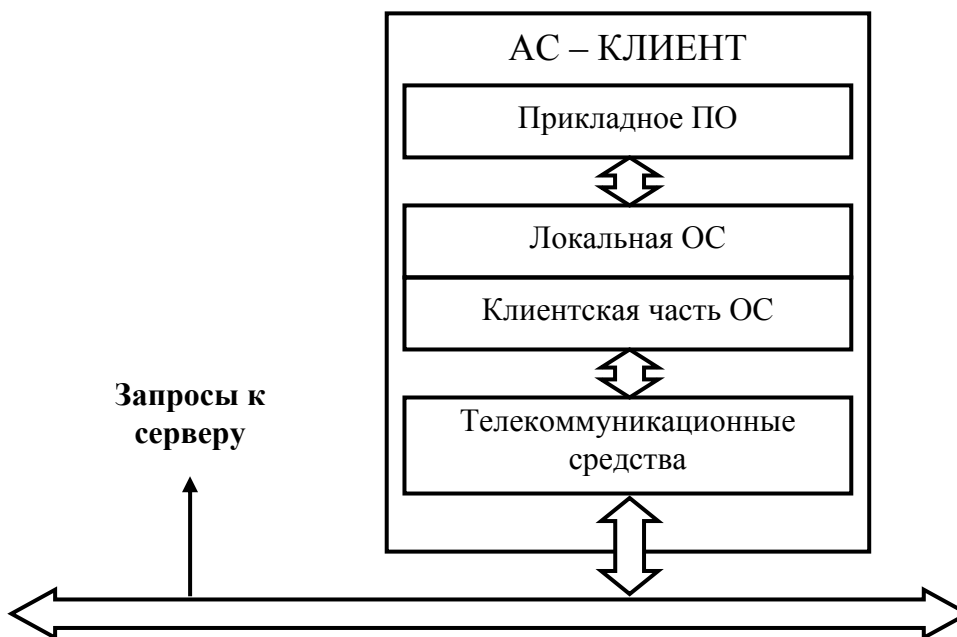


Рис. 5.2. Клиентская абонентская система

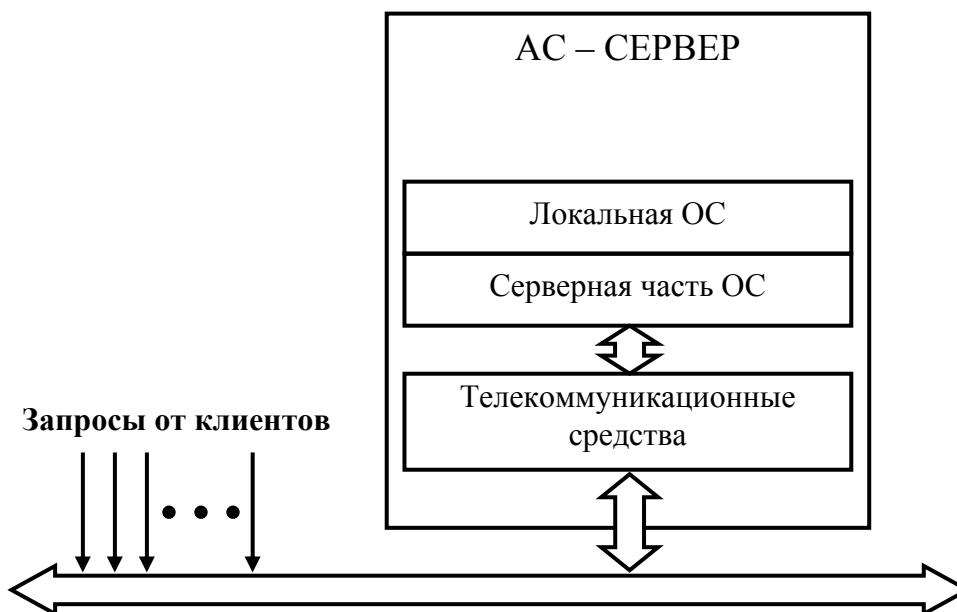


Рис. 5.3. Сервисная абонентская система

Каждый из этих типов сетей имеет свои достоинства и недостатки, определяющие их функциональные возможности и сферы применения.

Рассмотрим более подробно особенности построения и функционирования сетей ЭВМ указанных типов.

5.1.1. Одноранговые сети ЭВМ

Одноранговая сеть ЭВМ – это информационная сеть, в которой ее ресурсы рассредоточены по всем абонентским системам.

В одноранговых сетях (рис. 5.4) все абонентские системы имеют равные потенциальные возможности доступа к аппаратно-программным ресурсам друг друга. При этом пользователи с помощью программных настроек имеют возможность изменять конфигурацию, ограничивать или запрещать широкий доступ к отдельным ресурсам собственных абонентских систем.

В одноранговых сетях вычислительные средства всех абонентских систем функционируют под управлением локальных однотипных операционных систем, (ОС) в состав которых входят одновременно клиентские (К) и сервисные (С) модули сетевых служб. Сетевые операционные системы такого типа называются одноранговыми ОС.

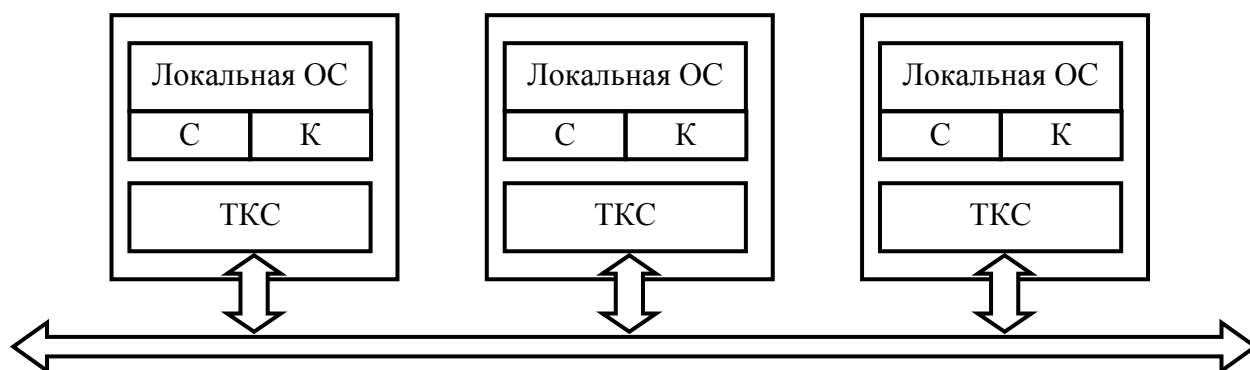


Рис. 5.4. Одноранговая сеть

Сферой применения одноранговых сетей ЭВМ главным образом являются небольшие организации и учреждения, количество сетевых абонентских систем в которых не превышает 15-20 штук, и между ними отсутствует высокоинтенсивный трафик.

К основным достоинствам одноранговых сетей ЭВМ можно отнести следующее:

- простота и малые затраты при развертывании, настройке и эксплуатации;
- функциональные возможности отдельных сетевых абонентских систем не зависят друг от друга;
- не требуют централизованного администрирования;
- пользователи абонентских систем имеют возможность индивидуальной настройки их конфигурации.

К недостаткам одноранговых сетей можно отнести следующее:

- резкое снижение эффективности функционирования сети при увеличении до 20 и более числа абонентских систем;
- при интенсивном обращении к разделяемым ресурсам конкретных абонентских систем могут возникать существенные временные задержки в обслуживании запросов;
- отключение от сети отдельных абонентских систем приводит к потере их аппаратно-программных ресурсов;
- отсутствие централизованного управления усложняет конфигурирование сетевых ресурсов и организацию их безопасного использования.

5.1.2. Сети ЭВМ типа «клиент-сервер»

Сеть ЭВМ типа «клиент-сервер» – это информационная сеть, в которой основная часть ее ресурсов сосредоточена в сервисных абонентских системах, называемых серверами, обслуживающих запросы клиентских абонентских систем, называемых клиентами (рис. 5.5).

На серверах устанавливаются специализированные операционные системы, оптимизированные для эффективного обслуживания запросов от клиентских абонентских систем. Такие операционные системы называются *серверными ОС*. Клиентские абонентские системы работают под управлением *клиентских ОС*.

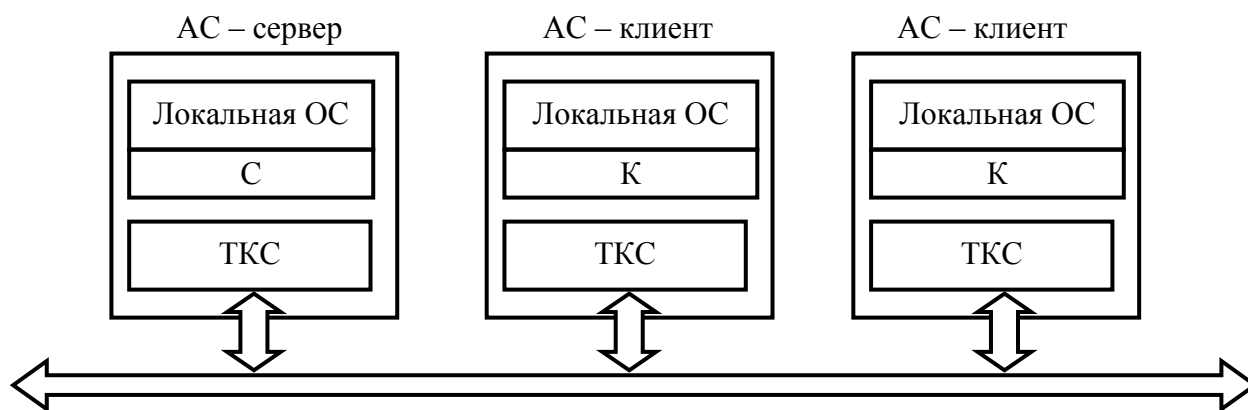


Рис. 5.5. Сеть типа «клиент–сервер»

При существовании в сети сотен или даже тысяч клиентских абонентских систем интенсивность запросов от них к разделяемым ресурсам серверов может быть очень значительной, и серверы должны справляться с такими потоками запросов без существенных задержек. Поэтому в качестве серверов обычно используются компьютеры с мощной аппаратной платформой и операционной системой, оптимизированной для серверных функций.

К основным свойствам серверных операционных систем можно отнести следующее:

- поддержка мощных аппаратных платформ, в том числе мультипроцессорных;
- поддержка большого числа одновременно выполняемых процессов и сетевых соединений;
- наличие в составе ОС компонентов централизованного администрирования сети (например, справочной службы или службы аутентификации и авторизации пользователей сети);
- более широкий набор сетевых служб.

Клиентские операционные системы обычно освобождаются от серверных функций, что значительно упрощает их организацию. Это позволяет значительно расширить возможности реализованного в них пользовательского интерфейса и клиентских частей сетевых служб. Наиболее простые клиентские ОС поддерживают только базовые сетевые службы, обычно файловую и службу печати. В то же время существуют так называемые универсальные клиенты, кото-

рые поддерживают широкий набор клиентских частей, позволяющих им работать практически со всеми серверами сети.

Большинство сетевых операционных систем выпускаются в двух версиях. Одна версия предназначена для работы в качестве серверной ОС, а другая - для работы на клиентской абонентской системе. Эти версии чаще всего основаны на одном и том же базовом коде, но отличаются набором служб и утилит, а также параметрами конфигурации, в том числе устанавливаемыми по умолчанию и не подлежащие изменению.

Сети «клиент–сервер» обычно имеют лучшие функциональные характеристики и повышенную надежность по сравнению с одноранговыми сетями. Серверы владеют главными ресурсами сети, к которым обращаются сетевые клиенты.

Сети ЭВМ типа «клиент – сервер» имеют следующие достоинства:

- позволяют организовывать сети с большим количеством абонентских систем;
- обеспечивают централизованное управление учетными записями пользователей, безопасностью и доступом, что упрощает сетевое администрирование;
- эффективный доступ к сетевым ресурсам;
- пользователю нужен один пароль для входа в сеть и для получения доступа ко всем ресурсам, на которые распространяются права пользователя.

Наряду с достоинствами сети «клиент – сервер» имеют и ряд недостатков:

- неисправность сервера может сделать сеть неработоспособной, как минимум привести к потере сетевых ресурсов;
- требуют квалифицированного персонала для администрирования;
- имеют более высокую стоимость сетей и сетевого оборудования.

5.1.3. Гибридные сети

В больших сетях наряду с отношениями «клиент-сервер» сохраняется необходимость и в одноранговых связях, поэтому такие сети чаще всего строятся по гибридной схеме (рис. 5.6).

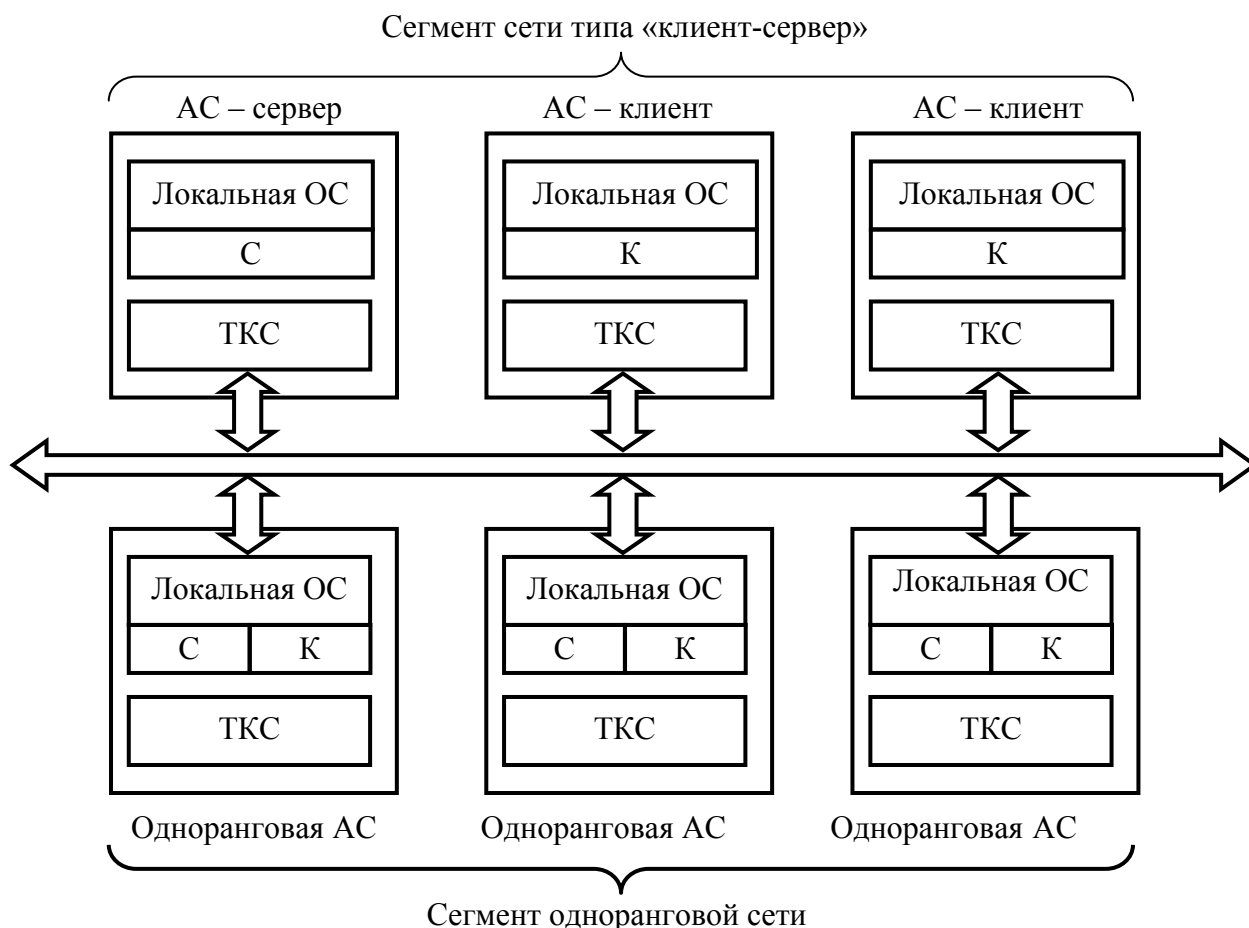


Рис. 5.6. Гибридная сеть

5. 2. Критерии выбора типа сети ЭВМ

Выбор типа сети зависит от ее назначения, количества сетевых абонентских систем и от рода выполняемых на них работ.

Критерии выбора одноранговой сети ЭВМ:

- количество клиентских абонентских систем не превышает десяти;
- все абонентские системы размещены относительно близко друг от друга;
- имеют место ограниченные финансовые возможности по созданию и эксплуатации сети;

- нет необходимости в специализированном сервере, таком как сервер баз данных, факс-сервер или каком-либо другом;
- нет возможности или необходимости в централизованном администрировании.

Критерии выбора сети ЭВМ типа «клиент–сервер»:

- количество клиентских абонентских систем превышает десяти;
- требуется централизованное управление, безопасность, управление ресурсами или резервное копирование больших объемов данных;
- необходим специализированный сервер;
- нужен доступ к глобальной сети;
- требуется разделять ресурсы на уровне пользователей.

5.3. Сетевые службы

Сетевые службы – это совокупность программно реализованных модулей сетевой операционной системы или специализированных утилит, предоставляющих сетевым администраторам возможности эффективного управления сетью, а конечным пользователям – возможности эффективной работы с информационными ресурсами сети. Все сетевые службы реализуются на основе принципа «клиент – сервер».

К наиболее широко распространенным относятся следующие сетевые службы:

- *служба каталогов* – обеспечивает поиск, идентификацию и управление всеми ресурсами сети;
- *служба удаленного доступа* – позволяет удаленным пользователям подключаться к сетевым ресурсам по выделенным или коммутируемым каналам связи;
- *файловая служба* – обеспечивает доступ к распределенным файловым ресурсам сети;
- *служба сценариев* – поддерживает исполнение сценариев автоматизированного администрирования и мониторинга сетевых ресурсов;

- *служба терминалов* – предоставляет доступ пользователям клиентских абонентских систем к приложениям, которые могут выполняться только на сетевых серверах;
- *служба безопасности* – обеспечивает присвоение и управление правами доступа пользователей к сетевым ресурсам;
- *службы групповой политики* – обеспечивают возможность сетевым администраторам объединять пользователей в группы по определенным признакам, и организуют корректную совместную работу пользователей клиентских абонентских систем в сети.

Существуют и другие службы, решающие более специфические задачи, например, задачи, связанные с распределенной обработкой данных. К таким задачам относится обеспечение непротиворечивости нескольких копий данных, размещенных в разных абонентских системах (*служба репликации*), или организация выполнения одной задачи параллельно несколькими абонентскими системами (*служба вызова удаленных процедур*) и т.п.

Программные модули основных (наиболее часто используемых) служб обычно включаются в состав сетевых операционных систем. Вспомогательные службы (*служба баз данных, факсимильной связи, служба передачи голоса* и т.п.) реализуются в виде *системных сетевых приложений* или *утилит*, работающих в тесном взаимодействии с операционной системой.

Одним из главных показателей качества сетевых служб является удобство их использования. Данный показатель является субъективным, поэтому для одного и того же сетевого ресурса может быть разработано несколько служб, по-разному решающих одну и ту же задачу. Отличия могут заключаться в производительности, интерфейсных возможностях и т.п.

При определении степени удобства работы с сетевыми ресурсами часто употребляют термин «прозрачность». Прозрачный доступ к сетевому ресурсу - это такой доступ, при котором пользователь работает с удаленными ресурсами по тем же правилам, что и с ресурсами собственной абонентской системы.

ЧАСТЬ 2. ОСНОВЫ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЯХ

6. КАНАЛЫ СВЯЗИ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ, ИХ ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И КЛАССИФИКАЦИЯ

Телекоммуникационные сети и их оборудование оказывают непосредственное и весьма существенное влияние на эффективность функционирования сетей ЭВМ в целом. Они могут строиться на основе различных технических и программных средств и использовать для передачи информационных сигналов различные физические среды (линии связи), поэтому знание основных параметров и особенностей функционирования всех компонентов телекоммуникационных сетей может способствовать выбору и заданию наиболее рациональных режимов их использования по назначению, что позволит обеспечить максимально возможную эффективность функционирования сети ЭВМ в конкретных условиях.

6.1. Линии и каналы связи. Основные характеристики каналов связи

Основная функция телекоммуникационных сетей (ТКС) заключается в обеспечении информационного обмена между всеми абонентскими системами сети ЭВМ. Обмен осуществляется по каналам связи, которые составляют один из основных компонентов телекоммуникационных сетей.

Каналом связи называют совокупность физической среды (линии связи) и аппаратуры передачи данных (АПД), осуществляющих передачу информационных сигналов от одного узла коммутации ТКС к другому либо между узлом коммутации и абонентской системой.

Таким образом, канал связи и физическая линия связи – это не одно и то же. В общем случае на основе одной линии связи может быть организовано несколько логических каналов путем временного, частотного, фазового и других видов разделения.

Функциональный состав канала связи ТКС приведен на рис. 6.1.

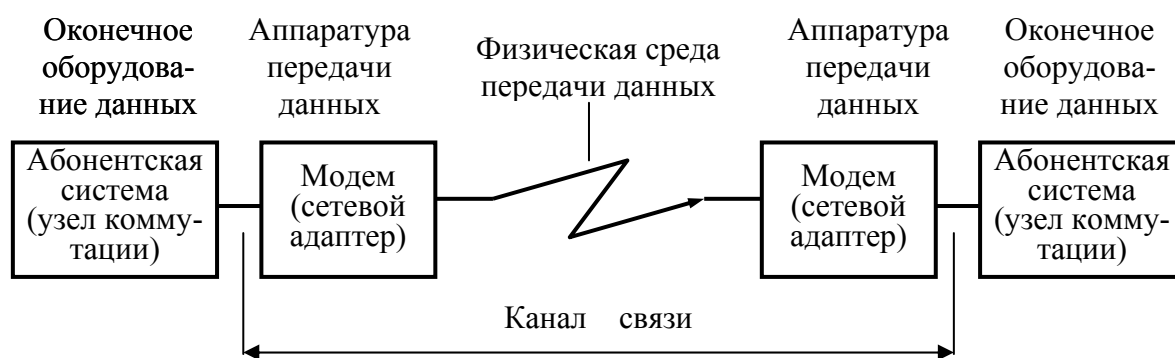


Рис. 6.1. Функциональный состав канала связи

Каналы связи современных телекоммуникационных сетей характеризуются следующими особенностями:

- разнотипностью физической среды передачи данных (проводные, кабельные, радиоканалы наземной и спутниковой связи);
- ограниченной пропускной способностью.

Пропускная способность канала связи – это максимально возможная скорость передачи данных по каналу. Пропускная способность измеряется в битах в секунду (бит/с), а также в производных единицах - (Кбит/с, Мбит/с, Гбит/с, и т.д.).

Пропускная способность канала оказывает наиболее существенное влияние на общую эффективность функционирования ТКС и определяется характеристиками как самого канала, так и передаваемых по нему информационных сигналов.

Характеристики канала связи:

- $F_{КС}$ – *полоса пропускания канала*, т.е. полоса частот, которую канал может пропустить, не внося существенного затухания сигнала;
- $H_{КС}$ – *динамический диапазон канала*, равный отношению максимально допустимого уровня полезного сигнала в канале к уровню помех, нормированного для этого типа каналов;
- $T_{КС}$ – *время*, в течение которого канал используется для передачи данных.

Характеристики информационного сигнала:

- F_C – ширина спектра частот сигнала, под которой понимается интервал по шкале частотного спектра, занимаемый сигналом;
- H_C – динамический диапазон, представляющий собой отношение средней мощности сигнала к средней мощности помехи в канале;
- T_C – длительность сигнала, то есть время его существования.

Произведения трех названных параметров определяют, соответственно объем канала связи (6.1) и объем сигнала (6.2):

$$V_{KC} = F_{KC} * H_{KC} * T_{KC} \text{ – объем канала связи} \quad (6.1).$$

$$V_C = F_C * H_C * T_C \text{ – объем сигнала} \quad (6.2).$$

$$V_{KC} \geq V_C \text{ – необходимое условие неискаженной передачи сигнала} \quad (6.3).$$

$$\left. \begin{array}{l} F_{KC} \geq F_C \\ H_{KC} \geq H_C \\ T_{KC} \geq T_C \end{array} \right\} \text{ – достаточные условия неискаженной передачи сигнала} \quad (6.4).$$

Рис. 6.2а графически иллюстрирует случай неискаженной передачи по каналу связи информационного сигнала, а рис. 6.2б – случай передачи сигнала со значительными искажениями.

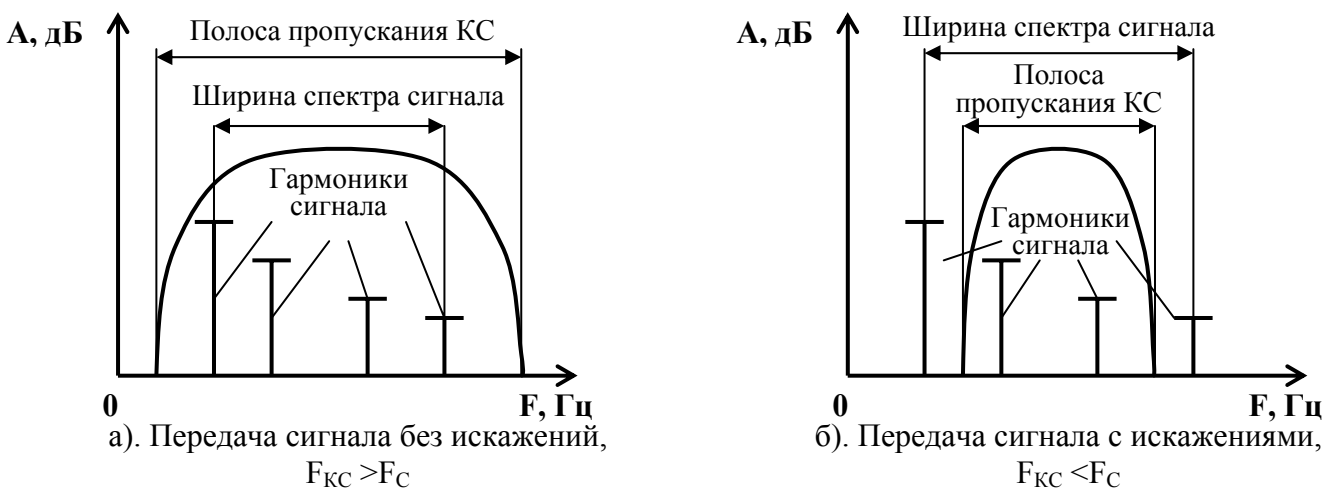


Рис. 6.2. Соответствие между полосой пропускания канала связи и спектром сигнала

Один из создателей теории информации Клод Шеннон показал, что количество информации на синтаксическом уровне (по Шеннону), которое несет сигнал, пропорционально объему этого сигнала; с другой стороны, выполнение неравенства (6.3) является необходимым условием возможности неискаженной передачи данного сигнала по данному каналу, то есть в этом случае принципиально возможна такая передача. Для непосредственной реализации этой возможности необходимо выполнение достаточных условий (6.4).

Выражение (6.5), также предложенное К. Шенноном, позволяет рассчитать непосредственно максимально возможную скорость передачи данных по каналу:

$$C = F \log_2 (1 + P_C / P_{\text{ш}}), \quad (6.5)$$

где C – максимально возможная скорость передачи данных по каналу в битах в секунду (бит/с);

F – ширина полосы пропускания канала связи в герцах (Гц);

P_C – мощность сигнала;

$P_{\text{ш}}$ – мощность шума.

Из этого соотношения (так же как из предыдущих) следует, что увеличить скорость передачи данных в канале связи можно или увеличив мощность сигнала или уменьшив мощность помех. Увеличение мощности сигнала ограничено величиной допустимого уровня мощности сигнала в канале и мощностью передатчика (мощные передатчики имеют большие габариты и стоимость). Уменьшения мощности помех можно достигнуть, применяя хорошо экранированные и защищенные от помех кабели (что также требует больших затрат). Но главная трудность в том, что скорость зависит от логарифма соотношения сигнал/шум, поэтому, например, увеличение мощности передатчика в два раза при типичном соотношении $P_C/P_{\text{ш}} = 100$ даст увеличение максимально возможной скорости только на 15%.

В инженерных расчетах отношение $P_C/P_{\text{ш}}$ обычно выражается в децибелах (дБ) и определяется формулой (6.6):

$$P_C/P_{\text{ш}} \text{ (дБ)} = 10 \log_{10} (P_C/P_{\text{ш}}) \quad (6.6)$$

Так, например, при $P_C/P_{\text{ш}} = 100$ мощность полезного сигнала превышает мощность шумовой помехи в 100 раз. В этом случае отношение сигнал/шум в децибелах составит:

$$P_C/P_{\text{ш}} \text{ (дБ)} = 10 \log_{10} (P_C/P_{\text{ш}}) = 10 \log_{10} (100) = 20 \text{ дБ.}$$

Таким образом, отношение $P_C/P_{\text{ш}} = 20$ дБ означает, что мощность полезного сигнала в 100 раз превышает мощность шума.

В более общем виде, если $P_C/P_{\text{ш}} \text{ (дБ)} = A$ дБ, то $P_C/P_{\text{ш}} = 10^{A/10}$.

Пример: Необходимо определить максимально возможную скорость передачи данных (C) по телефонному каналу связи, если передаваемый по нему сигнал занимает полосу частот от 300 Гц до 3400 Гц, а соотношение сигнал - шум $P_C/P_{\text{ш}} = 35$ дБ

Решение: В соответствии с выражением (5) имеем:

$$\begin{aligned} C &= F \log_2 (1 + P_C / P_{\text{ш}}) = (3400 - 300) * \log_2 (1 + 10^{A/10}) = \\ &= 3100 * \log_2 (1 + 3162) = 36044 \text{ бит/с.} \end{aligned}$$

6.2. Классификация каналов связи телекоммуникационных сетей

Каналы связи являются обязательным компонентом любой телекоммуникационной сети. Они могут иметь различную физическую природу и структуру, поэтому для их классификация используется не один, а совокупность различных признаков.

Основные признаки классификации каналов связи приведены на рис. 6.3.

По физической природе КС телекоммуникационных сетей делятся на:

- оптические – передают световой сигнал;
- электромагнитные – передают электромагнитный сигнал.



Рис. 6.3. Классификация каналов связи ТКС

Электромагнитные и оптические КС могут быть:

- проводными, использующими для передачи сигналов проводниковые линии связи (электрические провода, кабели, световоды и т. д.);
- беспроводными (радиоканалы, инфракрасные каналы и т. д.), использующими для передачи сигналов электромагнитные волны, распространяющиеся по эфиру.

По форме представления передаваемой информации КС делятся на:

- аналоговые – по аналоговым каналам передается информация, представленная в непрерывной форме, то есть в виде непрерывного ряда значений какой – либо физической величины;
- цифровые — по цифровым каналам передается информация, представленная в виде цифровых (дискретных) сигналов той или иной физической природы.

В зависимости от возможных направлений передачи информации различают:

- симплексные КС, позволяющие передавать информацию только в одном направлении;
- полудуплексные КС, обеспечивающие попеременную передачу информации в прямом и обратном направлениях;
- дуплексные КС, позволяющие вести передачу информации одновременно и в прямом, и в обратном направлениях.

Каналы связи по наличию коммутации могут быть:

- коммутируемыми;
- некоммутируемыми.

Коммутируемые каналы создаются из отдельных участков (сегментов) только на время передачи по ним информации; по окончании передачи такой канал ликвидируется (разъединяется).

Некоммутируемые каналы создаются на длительное время и имеют постоянные характеристики по длине, пропускной способности, помехозащищенности.

По пропускной способности КС можно разделить на:

- низкоскоростные КС, скорость передачи информации в которых от 50 до 200 бит/с (коммутируемые и некоммутируемые телеграфные КС);
- среднескоростные КС, со скоростью передачи информации от 300 до 56 000 бит/с (аналоговые телефонные каналы связи);
- высокоскоростные (широкополосные) КС, обеспечивающие скорость передачи информации выше 56 000 бит/с.

Следует особо отметить, что при простом кодировании максимально достижимая скорость передачи данных по аналоговым каналам не превосходит 9600 бод = 9600 бит/с. Применяемые в настоящее время сложные протоколы кодирования передаваемых данных используют не два, а несколько значений параметра сигнала для отображения элемента данных и позволяют достичь скорости передачи данных по аналоговым телефонным линиям связи 56 кбит/с = 9600 бод.

По цифровым КС, организованным на базе телефонных линий, скорость передачи данных благодаря уменьшению F_c и увеличению N_c оцифрованного сигнала также может быть выше (до 64 кбит/с), а при мультиплексировании нескольких цифровых каналов в один в таком составном КС скорость передачи может удваиваться, утраиваться и т. д. Существуют подобные каналы со скоростями десятки и сотни мегабит в секунду.

7. ОСНОВНЫЕ ТИПЫ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛИНИЙ СВЯЗИ

7.1. Факторы, ограничивающие скорость и дальность передачи сигналов по физическим линиям связи

Физической средой передачи информации в низкоскоростных и средне-скоростных каналах связи телекоммуникационных сетей обычно являются проводные линии связи (группы параллельных или скрученных проводов). Для организации высокоскоростных широкополосных каналов используются металлические и волоконно-оптические кабели, линии радио и спутниковой связи.

Все перечисленные линии связи имеют ограничения по скорости и дальности передачи информации при помощи электромагнитных и электрических сигналов, определяемые следующими факторами:

- затуханием мощности сигнала;
- искажениями сигнала;
- дисперсией сигнала;
- помеховыми воздействиями на сигнал.

Затухание мощности сигнала

Затухание - это относительное уменьшение амплитуды или мощности сигнала при передаче по линии связи вследствие поглощения и превращения в тепло части его энергии.

График зависимости затухания сигнала от длины линии связи показан на рис. 7.1.

После того, как электромагнитная волна, передающая информационный сигнал, пройдет некоторое расстояние, её мощность может оказаться недостаточной для надежного приёма и распознавания сигнала. Таким образом, затухание ограничивает расстояние, при котором обес -

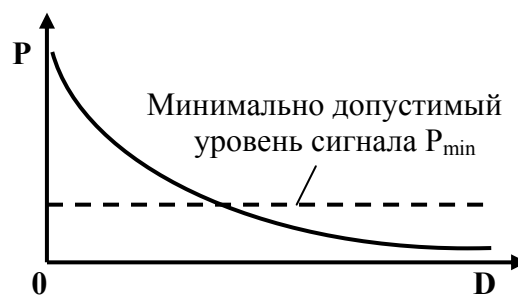


Рис.7.1. Затухание мощности сигнала

печивается нормальная работа аппаратуры приема и передачи данных.

Затухание в проводных и кабельных линиях связи зависит от мощности и частоты передаваемого сигнала. Затухание радиосигналов зависит от их мощности, затенения и отражения сигналов.

Затухание обычно измеряется в децибелах и вычисляется по формуле:

$$A = 10 \log_{10} P_{\text{вых}} / P_{\text{вх}} \quad (7.1),$$

где $P_{\text{вых}}$ – мощность сигнала на выходе линии;

$P_{\text{вх}}$ – мощность сигнала на входе линии.

Так как мощность сигнала на выходе линии ($P_{\text{вых}}$) всегда меньше, чем на входе ($P_{\text{вх}}$), затухание передающей среды является отрицательной величиной.

Например, кабель на витой паре 5 категории характеризуется затуханием не ниже (-23.6) дБ для частоты 100 МГц при длине кабеля 100 метров.

На практике часто оперируют с абсолютными значениями затухания, без указания знака.

Искажения сигнала

Передаваемые по физическим линиям связи сигналы могут быть представлены в виде суперпозиция синусоидальных колебаний различных частот и амплитуд. Каждая составляющая сигнал синусоида называется гармоникой, а набор всех гармоник – спектральным разложением сигнала. Воздействие передающей среды на различные гармоники сигнала неодинаково. В результате форма принимаемого сигнала отличается от формы переданного. В технике связи такое изменение принимаемого сигнала называется *искажением*. На рис. 7.2 показано возможное искажение сигнала.

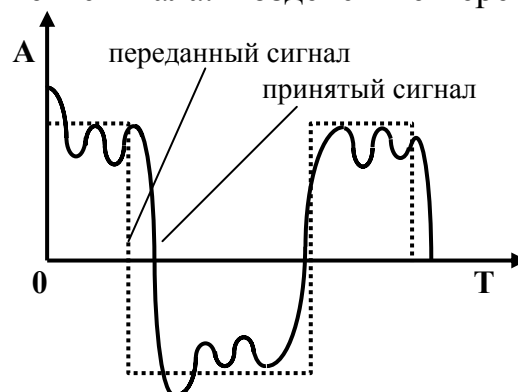


Рис. 7.2. Искажения сигнала

Дисперсия сигнала

Длительность (T) информационного сигнала по мере его распространения по линии связи может увеличиваться. Это явление называется *дисперсией*. Поэтому сигналы, посылаемые с высокой частотой, имеют тенденцию к слиянию по мере их распространения, что может затруднить их селекцию в приемной аппаратуре.

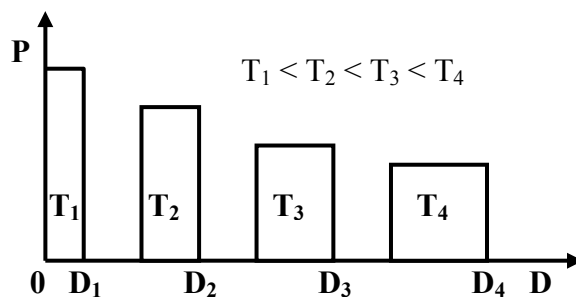


Рис. 7.3. Дисперсия сигнала

На рис. 7.3 схематически показано расширение сигнала по мере его распространения. Таким образом, дисперсия сигнала ограничивает возможную длину линии передачи, максимальное значение которой зависит также и от параметров передаваемых сигналов, в частности, от периода их следования.

Помеховое воздействие на сигнал

Четвертым фактором, воздействующим на передачу информационных сигналов, являются помехи.

Помеха - это непредсказуемое изменение сигнала, поступающего на вход приемника.

Источниками помех могут быть:

тепловое движение электронов в проводниках, изменение количества фотонов, излучаемых оптическим генератором, или электромагнитные волны, которые генерируются другим источником и принимаются приемником. На рис. 7.4. показана помеха, искажающая сигнал.

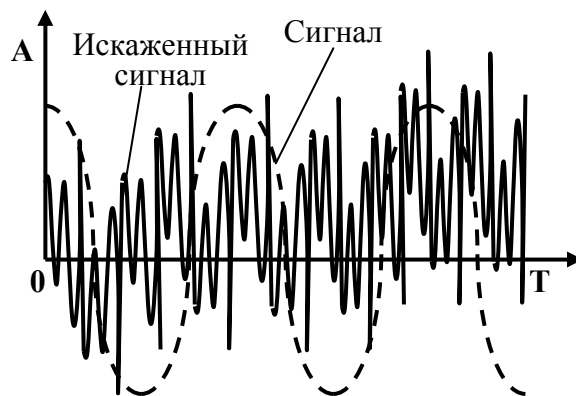


Рис. 7.4. Помеховое воздействие

В отсутствие помех передача информационных сигналов по линиям связи возможна практически с той скоростью, которую определяет быстродействие приемо – передающей аппаратуры.

7.2. Проводные и кабельные линии связи

Проводные линии связи реализуются на основе телефонных и телеграфных проводов, подвешенных в воздухе (рис. 7.5). Они обладают крайне низкой пропускной способностью и помехоустойчивостью. Используются в низкоскоростных и среднескоростных каналах связи.

В настоящее время считаются морально устаревшими и в телекоммуникационных системах практически не применяются.

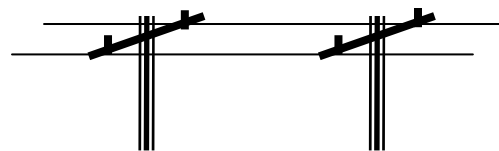


Рис. 7.5. Проводная линия связи

Кабельные линии связи реализуются на основе металлических и волоконно-оптических кабелей.

Кабель – это сложное изделие, состоящее, в общем случае, из совокупности проводников, слоев экрана, изоляции и защитного слоя.

Кабели, применяемые для построения высокоскоростных телекоммуникационных сетей, характеризуются следующими наиболее важными параметрами:

- *Затухание* – это потеря энергии сигнала при распространении его по линии связи. Измеряется в децибелах на метр для определенной частоты или диапазона частот сигнала (этот параметр более подробно был рассмотрен ранее).
- *Перекрестные наводки на ближнем конце* – определяют помехоустойчивость кабеля к внутренним источникам помех, когда электромагнитное поле сигнала, передаваемого по одной паре проводников, наводит помеховый сигнал в других парах проводников. Измеряются в децибелах для определенной частоты сигнала. Чем меньше значение данного показателя, тем лучше кабель.
- *Импеданс (волновое сопротивление)* — это полное (активное и реактивное) сопротивление в электрической цепи. Измеряется в Омах и является относительно постоянной величиной для кабельных систем. Например, для коаксиальных кабелей в сетях Ethernet он составляет 50 Ом, для неэкранированной витой пары – 100 или 120 Ом.

- *Активное сопротивление* — это сопротивление постоянному току. В отличие от импеданса оно не зависит от частоты и возрастает с увеличением длины кабеля. Измеряется в Омах.
- *Емкость* — это свойство металлических проводников накапливать энергию. Два проводника в кабеле, разделенные диэлектриком, представляют собой конденсатор, способный накапливать заряд. Емкость является нежелательной величиной, приводящей к искажению сигнала и ограничивающей полосу пропускания линии.
- *Уровень внешнего электромагнитного излучения или электрический шум.* — это нежелательное переменное напряжение в проводнике. Электрический шум бывает: фоновый и импульсный, низко-, средне- и высокочастотный. Источниками фонового шума являются линии электропередачи, телефоны и лампы дневного света, средства вычислительной техники, телевизионные и радиопередатчики, микроволновые печи. Основными источниками импульсного электрического шума являются моторы, электропереключатели и сварочные агрегаты. Электрический шум измеряется в милливольтгах.
- *Диаметр или площадь сечения проводника.* Указывается в миллиметрах.

Наиболее широкое применение для создания высокоскоростных каналов связи телекоммуникационных сетей в настоящее время получили следующие типы кабелей:

неэкранированные с витыми парами из медных проводов (Unshielded Twisted Pair – UTP);

экранированные с витыми парами из медных проводов (Shielded Twisted Pair – STP);

коаксиальные кабели (Coaxial Cable – CC);

волоконно – оптические кабели (Fiber Optic Cable – FOC).

Кабели на основе неэкранированной витой пары (UTP – кабели)

Неэкранированные UTP – кабели в зависимости от электрических и механических характеристик разделяются на 5 категорий.

Кабели категорий 1 и 2 использовались для создания низкоскоростных каналов связи. В настоящее время устарели и практически не используются.

Кабели категорий 3, 4 и 5 применяются для создания высокоскоростных каналов с пропускной способностью соответственно до 16, 25 и 155 Мбит/с (при использовании стандарта Gigabit Ethernet – до 1000 Мбит/с). При хороших технических характеристиках эти кабели сравнительно недороги, удобны в работе и не требуют заземления.

Все кабели UTP независимо от их категории выпускаются в 4-парном исполнении. Каждая из четырех пар кабеля имеет определенный цвет и шаг скрутки. Обычно две пары предназначены для передачи данных, а две – для передачи голоса.

Для соединения кабелей с оборудованием используются стандартные вилки и розетки RJ – 45, представляющие 8-контактные разъемы.

Кабели на основе экранированной витой пары (STP – кабели)

Экранированные STP – кабели обладают хорошими техническими характеристиками, но имеют высокую стоимость, очень жесткие и неудобные в работе, требуют обязательного заземления экрана. Они подразделяются на типы: Type 1, Type 2, Type 3, Type 5, Type 9. Наиболее популярным является кабель Type 1 стандарта IBM, состоящий из двух пар скрученных проводов, экранированных проводящей оплеткой, которую необходимо заземлять. Экранированные STP – кабели применяются в основном только для передачи данных.

Коаксиальные кабели

Коаксиальный кабель представляет собой медный проводник, покрытый диэлектриком, экранирующей и защитной оболочками.

Коаксиальные кабели для телекоммуникационных сетей делятся на две группы: толстые коаксиальные кабели и тонкие коаксиальные кабели.

Толстый коаксиальный кабель имеет наружный диаметр около 12 мм и достаточно толстый внутренний проводник (2,17 мм), обеспечивающий хорошие электрические и механические характеристики. Скорость передачи данных по толстому коаксиальному кабелю достигает 50 Мбит/с. Однако, кабели этого типа очень жесткие, что затрудняет их монтаж, и дорогостоящие.

Тонкий коаксиальный кабель имеет наружный диаметр 5-6 мм, он дешевле и удобнее в работе, но тонкий проводник в нем (0,9 мм) обуславливает худшие электрические (передает сигнал с допустимым затуханием на меньшее расстояние) и механические характеристики. Рекомендуемые скорости передачи данных по «тонкому» кабелю не превышают 10 Мбит/с.

Волоконно – оптические кабели

Волоконно-оптические кабели состоят из центрального проводника света (сердцевины) — стеклянного волокна, окруженного другим слоем стекла — оболочкой, обладающей меньшим показателем преломления, чем сердцевина. Распространяясь по сердцевине, лучи света не выходят за ее пределы, отражаясь от покрывающего слоя оболочки. В зависимости от распределения показателя преломления и от величины диаметра сердечника различают:

- многомодовое волокно со ступенчатым изменением показателя преломления (рис. 7.6а);
- многомодовое волокно с плавным изменением показателя преломления (рис. 7.6б);
- одномодовое волокно (рис. 7.6в).

В одномодовом кабеле используется центральный проводник очень малого диаметра — от 5 до 10 мкм. При этом практически все лучи света распространяются вдоль оптической оси световода, не отражаясь от внешнего проводника. Полоса пропускания одномодового кабеля очень широкая — до сотен гигагерц на километр. Изготовление тонких качественных волокон для одно-

дового кабеля представляет сложный технологический процесс, что делает одномодовый кабель достаточно дорогим. Кроме того, в волокно такого диаметра достаточно сложно направить пучок света, не потеряв при этом значительную часть его энергии.

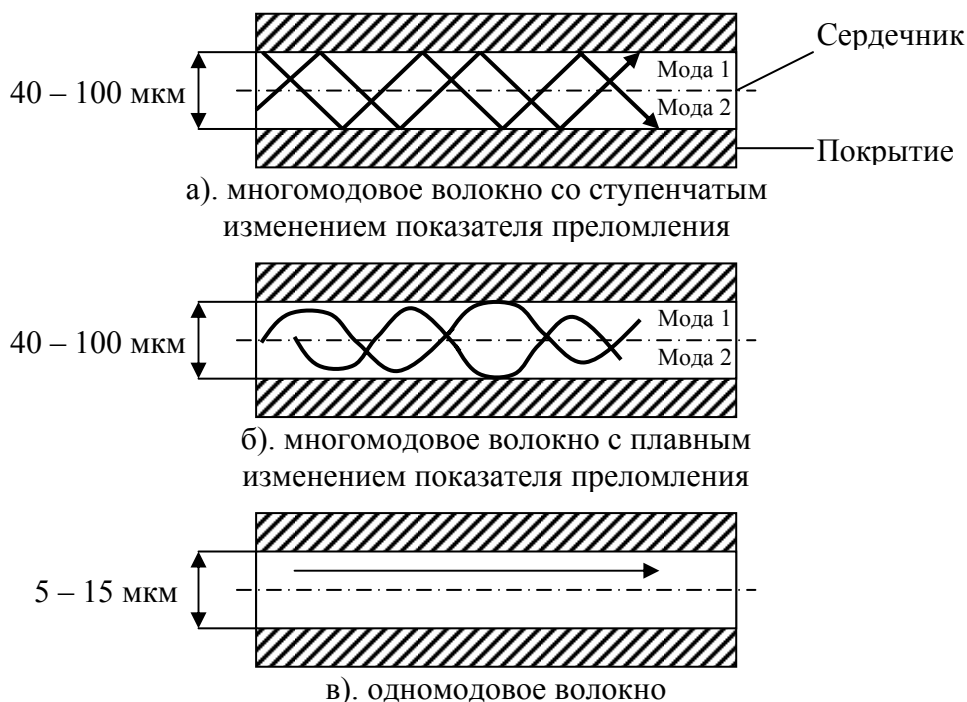


Рис. 7.6. Типы оптического кабеля

В многомодовых кабелях используются более широкие внутренние сердечники, которые легче изготовить технологически. В стандартах определены два наиболее употребительных многомодовых кабеля: 62,5/125 мкм и 50/125 мкм, где 62,5 мкм или 50 мкм — это диаметр центрального проводника, а 125 мкм — диаметр внешнего проводника.

В многомодовых кабелях во внутреннем проводнике одновременно существует несколько световых лучей, отражающихся от внешнего проводника под разными углами. Угол отражения луча называется модой луча.

Многомодовые кабели имеют более узкую полосу пропускания — от 500 до 800 МГц/км. Сужение полосы происходит из-за потерь световой энергии при отражениях, а также из-за интерференции лучей разных мод.

В качестве источников излучения света в волоконно-оптических кабелях применяются светодиоды и полупроводниковые лазеры.

Для одномодовых кабелей применяются только полупроводниковые лазеры, так как при таком малом диаметре оптического волокна световой поток, создаваемый светодиодом, невозможно без больших потерь направить в волокно. Для многомодовых кабелей используются более дешевые светодиодные излучатели.

Волоконно-оптические кабели присоединяют к оборудованию разъемами MIC, ST и SC.

Волоконно-оптические кабели обладают отличными характеристиками всех типов: электромагнитными, механическими (хорошо гнутся, а в соответствующей изоляции обладают хорошей механической прочностью). Однако у них есть один серьезный недостаток — сложность соединения волокон с разъемами и между собой при необходимости наращивания длины кабеля.

7.3. Беспроводные линии связи

Беспроводные линии связи используются в тех случаях, когда требуется организовать оперативную связь с подвижными абонентами или необходимо избежать затраты на прокладку кабельных линий. Беспроводные линии связи реализуются на основе радиолиний наземной и спутниковой связи.

Аппаратура передачи данных по радиолиниям включает в себя радиопередатчик и радиоприемник, настроенные на один и тот же радиоволновой диапазон. Часто такую АПД называют просто радиоканалом. Скорости передачи данных по радиоканалу практически не ограничены (они ограничиваются полосой пропускания приемо-передающей аппаратуры). Высокоскоростной радиодоступ предоставляет пользователям каналы со скоростью передачи 2 Мбит/с и выше. В ближайшем будущем ожидаются радиоканалы со скоростями 20-50 Мбит/с.

Беспроводные каналы связи обладают плохой помехозащищенностью, но обеспечивают пользователю максимальную мобильность и оперативность свя-

зи. В сетях ЭВМ беспроводные каналы связи для передачи данных используются чаще всего там, где применение традиционных кабельных технологий затруднено или просто невозможно. Но в ближайшем будущем ситуация может измениться – активно ведется разработка новой технологии беспроводной связи Bluetooth.

Bluetooth – это технология передачи данных по радиоканалам на короткие расстояния, позволяющая осуществлять связь беспроводных телефонов, компьютеров и различной периферии даже в тех случаях, когда нарушается требование прямой видимости.

Первоначально Bluetooth рассматривалась исключительно как альтернатива использованию инфракрасных соединений между различными портативными устройствами. Но сейчас прорабатываются уже два направления широкого использования Bluetooth. Первое направление – это домашние сети, включающие в себя различную электронную технику, в частности компьютеры, телевизоры и т. п. Второе, гораздо более важное направление – локальные сети ЭВМ небольших организаций и учреждений, где стандарт Bluetooth может прийти на смену традиционным проводным технологиям.

Недостатком Bluetooth является сравнительно низкая скорость передачи данных – она не превышает 720 кбит/с, поэтому эта технология не способна обеспечить передачу мультимедийной информации в настоящее время.

8. МЕТОДЫ КОДИРОВАНИЯ И ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ НА ФИЗИЧЕСКОМ УРОВНЕ

Дискретные данные, передаваемые по каналам связи телекоммуникационных сетей, предварительно подвергаются физическому кодированию. Существует две основные разновидности физического кодирования — на основе синусоидального несущего сигнала и на основе последовательности прямоугольных импульсов.

Первый способ часто называется *аналоговой модуляцией*, так как кодирование осуществляется за счет изменения параметров аналогового сигнала. Второй способ обычно называют *цифровым кодированием*. Эти способы отличаются шириной спектра результирующего сигнала и сложностью аппаратуры, необходимой для их реализации.

При использовании прямоугольных импульсов спектр результирующего сигнала получается весьма широким, что требует использования дорогостоящих линий связи с широкой полосой пропускания. Применение синусоиды приводит к спектру гораздо меньшей ширины при той же скорости передачи информации. Однако для реализации синусоидальной модуляции требуется более сложная и дорогая приемопередающая аппаратура, чем для реализации прямоугольных импульсов.

8.1. Методы аналоговой модуляции

Аналоговая модуляция является таким способом физического кодирования, при котором информация кодируется изменением амплитуды, частоты или фазы непрерывного синусоидального сигнала несущей частоты.

Аналоговая модуляция применяется для передачи дискретных данных по каналам связи с узкой полосой пропускания. Типичными представителями таких каналов являются телефонные каналы тональной частоты. Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) телефонного канала представлена на рис. 8.1.

Этот канал передает сигналы тональной частоты в диапазоне от 300 до 3400 Гц. То есть, его полоса пропускания составляет 3100 Гц.

Устройство, которое выполняет функции модуляции несущей синусоиды на передающей стороне и демодуляции на приемной стороне, называется *модемом* (модулятор–демодулятор).

Основные методы аналоговой модуляции показаны на рис. 8.2, а их физическую сущность иллюстрируют диаграммы на рис.8.3.

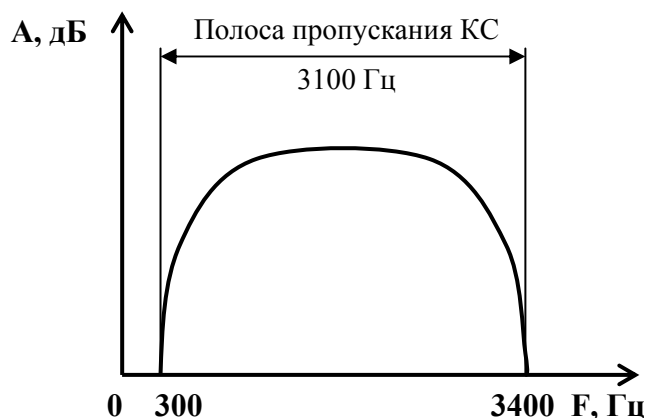


Рис. 8.1. АЧХ телефонного канала

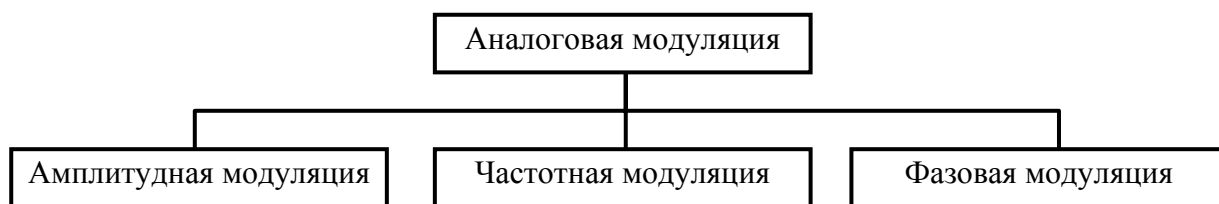


Рис. 8.2. Методы аналоговой модуляции

На диаграмме (рис. 8.3а) показана последовательность бит исходной информации, представленная потенциалами высокого уровня для логической единицы и потенциалом нулевого уровня для логического нуля. Такой способ кодирования называется потенциалным кодом, который часто используется при передаче данных между блоками компьютера.

При *амплитудной модуляции* (рис. 8.3б) для логической единицы выбирается один уровень амплитуды синусоиды несущей частоты, а для логического нуля — другой. Этот способ редко используется в чистом виде на практике из-за низкой помехоустойчивости, но часто применяется в сочетании с другим видом модуляции — фазовой модуляцией.

При *частотной модуляции* (рис. 8.3в) значения 0 и 1 исходных данных передаются синусоидами с различной частотой — f_0 и f_1 . Этот способ модуля-

ции не требует сложных схем в модемах и обычно применяется в низкоскоростных модемах, работающих на скоростях 300 или 1200 бит/с.

При *фазовой модуляции* (рис. 8.3г) значениям данных 0 и 1 соответствуют сигналы одинаковой частоты, но с различной фазой, например 0 и 180 градусов.

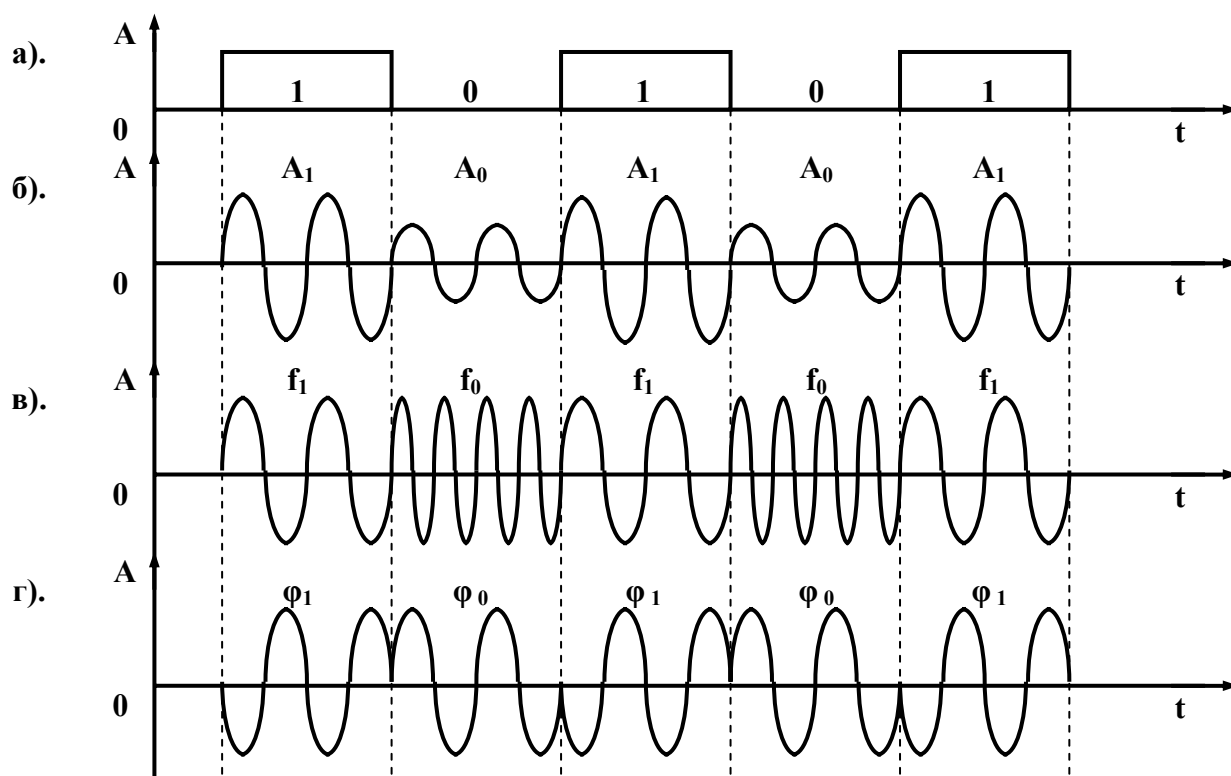


Рис. 8.3. Амплитудная (б), частотная (в) и фазовая (г) модуляция

Для повышения скорости передачи данных могут использоваться методы, основанные на модификации или комбинации рассмотренных методов модуляции. К одним из таких методов относится *квадратурная фазовая модуляция*, при которой передаваемые биты информации группируются по 3. Для каждой из 8-ми возможных групп по три бита (000, 001, 010, ..., 111) формирователь выбирает пару чисел (a_n, b_n), равномерно расположенных на круговой диаграмме (рис. 8.4а). Передатчик передает сигнал $Y(t) = a_n \cos(2\pi f_0 t) + b_n \sin(2\pi f_0 t)$ в течение T секунд. На рис. 8.4б) показаны сигналы, соответствующие 3-битовым словам 000, 001, 010. На рис. 8.4в) показано, как передатчик передает цифровую последовательность 010'000'001'010.

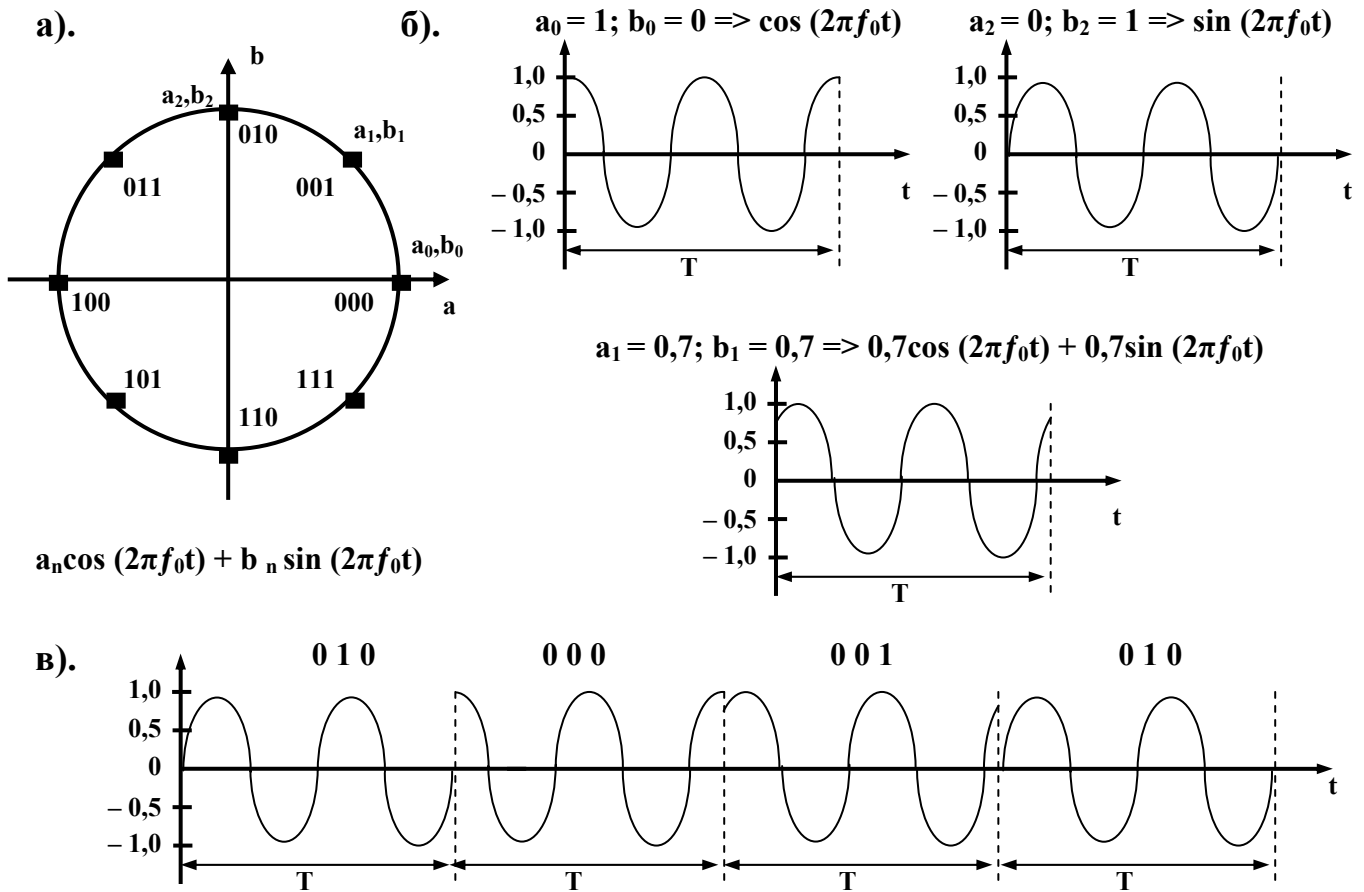


Рис. 8.4. Метод квадратурной фазовой модуляции

Еще один широко применяемый метод *квадратурной амплитудной модуляции* основан на сочетании фазовой модуляции с 8 значениями величин сдвига фазы и амплитудной модуляции с 4 уровнями амплитуды, что позволяет одновременно передавать 32 бита информации.

8.2. Методы цифрового кодирования

При цифровом кодировании дискретной информации применяют потенциальные и импульсные коды.

В потенциальных кодах для представления логических единиц и нулей используется только значение потенциала сигнала. Импульсные коды представляют двоичные данные либо импульсами определенной полярности, либо их фронтами – перепадом потенциала определенного направления.

Методы цифрового кодирования должны удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечивать наименьшую ширину спектра результирующего сигнала;
- поддерживать постоянную синхронизацию между передатчиком и приемником;
- обладать способностью распознавать ошибки;
- обладать низкой стоимостью реализации.

При уменьшении ширины спектра результирующего сигнала может быть достигнута более высокая скорость передачи данных без изменения полосы пропускания линии связи.

Постоянная синхронизация передатчика и приемника необходима для предотвращения искажения или потери передаваемых между ними данных. В сетях ЭВМ с линиями связи большой протяженности такая синхронизация обеспечивается на основе применения самосинхронизирующихся кодов.

Возможность распознавания и коррекции искаженных данных на физическом уровне позволяет сократить временные задержки, связанные с необходимостью организации повторной передачи данных между передатчиком и приемником.

На рис. 8.5 приведены основные разновидности цифровых кодов, применяемых для кодирования дискретных данных. На рис. 8.6 – временные диаграммы, иллюстрирующие их реализацию.

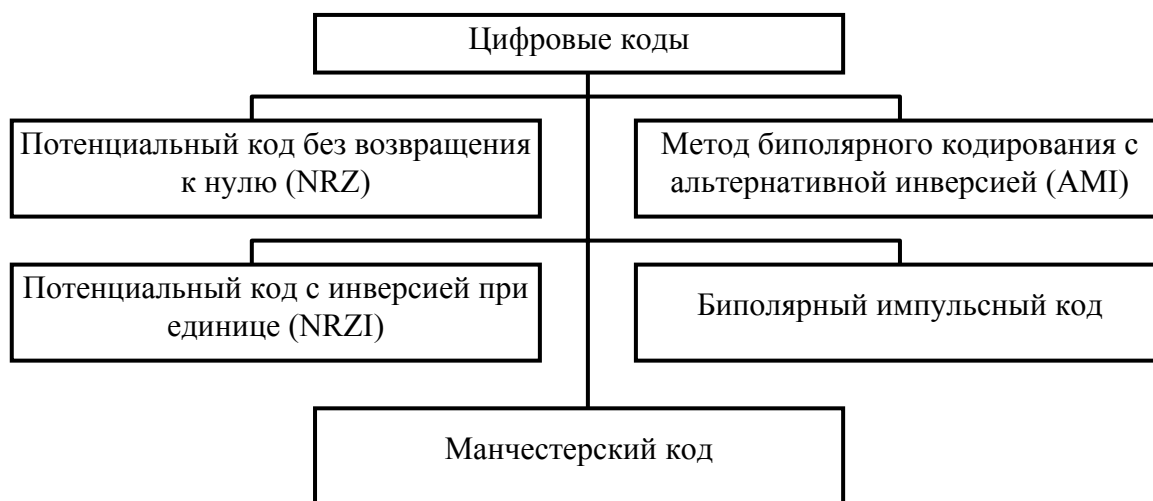


Рис. 8.5. Основные разновидности цифровых кодов

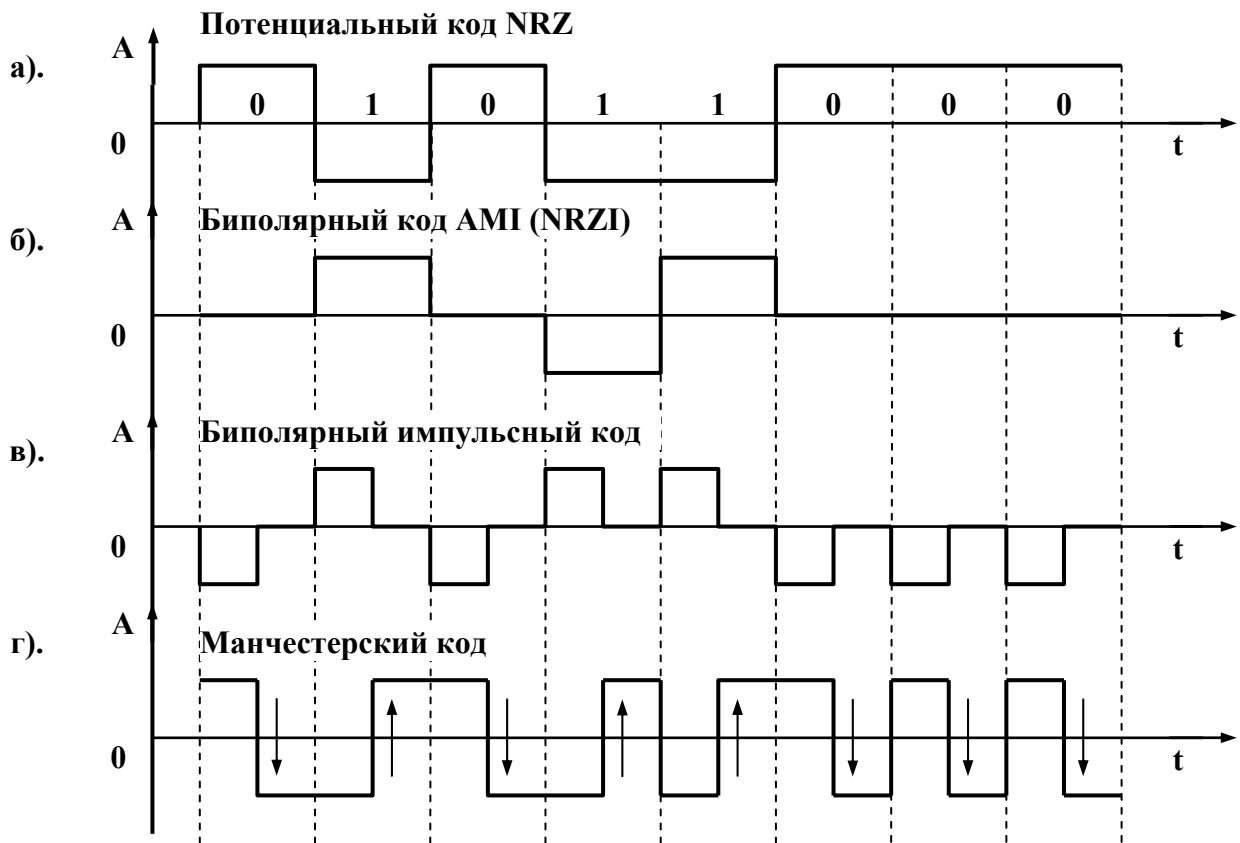


Рис. 8.6. Методы цифрового кодирования

Потенциальный код без возврата к нулю (*Non Return to Zero, NRZ*) и реализованный на его основе метод потенциального кодирования приведены на рис. 8.6а.

Указание на отсутствие возврата к нулю отражает то обстоятельство, что при передаче последовательности единиц сигнал не возвращается к нулю в течение такта.

Метод NRZ прост в реализации, обладает хорошей распознаваемостью ошибок (из-за двух резко отличающихся потенциалов), но не обладает свойством самосинхронизации. При передаче длинной последовательности единиц или нулей сигнал на линии не изменяется, поэтому приемник лишен возможности определять по входному сигналу моменты времени, когда нужно в очередной раз считывать данные. Даже при наличии высокоточного тактового генератора приемник может ошибиться с моментом съема данных, так как частоты двух генераторов никогда не бывают полностью идентичными. Поэтому при высоких скоростях обмена данными и длинных последовательностях единиц

или нулей небольшое рассогласование тактовых частот может привести к ошибке в целый такт и, соответственно, некорректному считыванию значения бита.

Другим недостатком метода NRZ является наличие низкочастотной составляющей, которая приближается к нулю при передаче длинных последовательностей единиц или нулей. Из-за этого многие каналы связи, не обеспечивающие прямого гальванического соединения между приемником и источником, этот вид кодирования не поддерживают. В результате в чистом виде код NRZ в сетях не используется, однако, используются различные его модификации.

Метод биполярного кодирования с альтернативной инверсией (Bipolar Alternate Mark Inversion, AMI) является одной из модификаций метода NRZ. В этом методе (рис. 8.6б) используются три уровня потенциала – отрицательный, нулевой и положительный. Для кодирования логического нуля используется нулевой потенциал, а логическая единица кодируется либо положительным потенциалом, либо отрицательным, при этом потенциал каждой новой единицы противоположен потенциалу предыдущей.

Код AMI частично ликвидирует проблемы отсутствия самосинхронизации, присущие коду NRZ. Это происходит при передаче длинных последовательностей единиц. В этих случаях сигнал на линии представляет собой последовательность разнополярных импульсов с тем же спектром, что и у кода NRZ, передающего чередующиеся нули и единицы, то есть без постоянной составляющей и с основной гармоникой $N/2$ Гц (где N — битовая скорость передачи данных). Длинные же последовательности нулей также нежелательны для кода AMI, как и для кода NRZ – сигнал вырождается в постоянный потенциал нулевой амплитуды. Поэтому код AMI также не нашел широкого применения в сетях ЭВМ.

В целом, для различных комбинаций бит на линии использование кода AMI приводит к более узкому спектру сигнала, чем для кода NRZ, а значит, и к более высокой пропускной способности линии.

Потенциальный код с инверсией при единице (Non Return to Zero with ones Inverted, NRZI), похож на код АМІ, но имеет только два уровня сигнала (рис 8.6б). При передаче нуля он передает потенциал, который был установлен в предыдущем такте (то есть не меняет его), а при передаче единицы потенциал инвертируется на противоположный. Этот код удобен в тех случаях, когда использование третьего уровня сигнала весьма нежелательно, например в оптических кабелях, где устойчиво распознаются два состояния сигнала — свет и отсутствие света.

Биполярный импульсный код - простейшая разновидность импульсных кодов, в которых данные представляются либо полным импульсом, либо его частью – фронтом. В данном коде логическая единица представляется импульсом одной полярности, а ноль — другой (рис. 8.6в). Каждый импульс длится половину такта. Такой код обладает хорошими самосинхронизирующими свойствами, но постоянная составляющая может присутствовать, например, при передаче длинной последовательности единиц или нулей. Кроме того, спектр у него шире, чем у потенциальных кодов. Так, при передаче всех нулей или единиц частота основной гармоники кода будет равна N Гц, что в два раза выше основной гармоники кода NRZ и в четыре раза выше основной гармоники кода АМІ при передаче чередующихся единиц и нулей. Из-за слишком широкого спектра биполярный импульсный код используется редко.

Манчестерский код – является разновидностью импульсных кодов. Для кодирования единиц и нулей используется перепад потенциала, то есть фронт импульса (рис. 8.6г). При манчестерском кодировании каждый такт делится на две части. Информация кодируется перепадами потенциала, происходящими в середине каждого такта. Единица кодируется перепадом от низкого уровня сигнала к высокому, а ноль — обратным перепадом. В начале каждого такта может происходить служебный перепад сигнала, если нужно представить несколько единиц или нулей подряд. Так как сигнал изменяется по крайней мере один раз за такт передачи одного бита данных, то манчестерский код обладает хорошими самосинхронизирующими свойствами. Полоса пропускания манчестерского

кода уже, чем у биполярного импульсного. У него также нет постоянной составляющей, а основная гармоника в худшем случае (при передаче последовательности единиц или нулей) имеет частоту N Гц, а в лучшем (при передаче чередующихся единиц и нулей) она равна $N/2$ Гц, как и у кодов AMI или NRZ. В среднем ширина полосы манчестерского кода в полтора раза уже, чем у биполярного импульсного кода, а основная гармоника колеблется вблизи значения $3N/4$. Манчестерский код имеет еще одно преимущество перед биполярным импульсным кодом. В последнем для передачи данных используются три уровня сигнала, а в манчестерском — два.

Манчестерский код широко применяется в локальных сетях ЭВМ Ethernet и Token Ring.

8.3. Методы логического кодирования

Методы логического кодирования применяются для улучшения характеристик потенциальных кодов типа AMI, NRZI. Эти методы позволяют заменять длинные последовательности логических нулей, приводящие к постоянному потенциалу, вставками единиц.

Для логического кодирования характерны два метода – избыточные коды и скремблирование.

Избыточные коды основаны на разбиении исходной последовательности бит на порции, называемые символами. В процессе кодирования каждый исходный символ заменяется на новый, содержащий большее количество бит, чем исходный. Например, логический код 4B/5B, используемый в технологиях FDDI и Fast Ethernet, заменяет исходные символы длиной в 4 бита на символы длиной в 5 бит. Так как результирующие символы содержат избыточные биты, то общее количество битовых комбинаций в них больше, чем в исходных. Так, в коде 4B/5B результирующие символы могут содержать 2^5 битовых комбинаций, в то время как исходные символы — только 2^4 . Поэтому в результирующем коде можно отобрать 16 таких комбинаций, которые не содержат большого количества нулей, а остальные считать запрещенными кодами (code

violation). Кроме устранения постоянной составляющей и придания коду свойства самосинхронизации, избыточные коды позволяют приемнику распознавать искаженные биты. Если приемник принимает запрещенный код, значит, на линии произошло искажение сигнала.

Соответствие исходных и результирующих кодов 4В/5В представлено в таблице 8.1.

Таблица 8.1. Логический код 4В/5В

Исходный код	Результирующий код	Исходный код	Результирующий код	Исходный код	Результирующий код
0000	11110	0110	01110	1100	11010
0001	01001	0111	01111	1101	11011
0010	10100	1000	10010	1110	11100
0011	10101	1001	10011	1111	11101
0100	01010	1010	10110	–	–
0101	01011	1011	10111	–	–

После замены символов код 4В/5В подвергается физическому кодированию по одному из методов потенциального кодирования, чувствительному только к длинным цепочкам нулей. Символы кода 4В/5В длиной 5 бит гарантируют, что при любом их сочетании на линии не могут встретиться более трех нулей подряд.

Использование таблицы перекодировки является очень простой операцией, поэтому этот подход не усложняет сетевые адаптеры и интерфейсные блоки коммутаторов и маршрутизаторов.

Для обеспечения заданной пропускной способности линии передатчик, использующий избыточный код, должен работать с повышенной тактовой частотой. Так, для передачи кодов 4В/5В со скоростью 100 Мб/с передатчик должен работать с тактовой частотой 125 МГц. При этом спектр сигнала на линии расширяется по сравнению со случаем, когда по линии передается чистый, не избыточный код. Тем не менее, спектр избыточного потенциального кода оказывается уже спектра манчестерского кода, что оправдывает дополнительный этап логического кодирования, а также работу приемника и передатчика на повышенной тактовой частоте.

Скрэмблирование (scramble – свалка, беспорядочная сборка) основано на предварительном «перемешивании» исходной информации таким образом, чтобы вероятность появления единиц и нулей на линии становилась приблизительно одинаковой. Устройства, выполняющие такую операцию, называются *скрэмблерами*. При скремблировании используется известный алгоритм, поэтому приемник, получив двоичные данные, передает их на *дескрэмблер*, который восстанавливает исходную последовательность бит. Избыточные биты при этом по линии не передаются.

Например, скрэмблер может реализовывать следующее соотношение:

$$B_i = A_i \oplus B_{i-3} \oplus B_{i-5},$$

где B_i – двоичная цифра результирующего кода, полученная на i -м такте работы скрэмблера, A_i – двоичная цифра исходного кода, поступающая на i -м такте на вход скрэмблера, B_{i-3} и B_{i-5} – двоичные цифры результирующего кода, полученные на предыдущих тактах работы скрэмблера, соответственно на 3 и на 5 тактов ранее текущего такта, \oplus – операция “Сложение по модулю 2”.

Например, для исходной последовательности 110110000001 скрэмблер даст следующий результирующий код:

$$B_1 = A_1 = 1$$

$$B_2 = A_2 = 1$$

$$B_3 = A_3 = 0$$

$$B_4 = A_4 \oplus B_1 = 1 \oplus 1 = 0$$

$$B_5 = A_5 \oplus B_2 = 1 \oplus 1 = 0$$

$$B_6 = A_6 \oplus B_3 \oplus B_1 = 0 \oplus 0 \oplus 1 = 1$$

$$B_7 = A_7 \oplus B_4 \oplus B_2 = 0 \oplus 0 \oplus 1 = 1$$

$$B_8 = A_8 \oplus B_5 \oplus B_3 = 0 \oplus 0 \oplus 0 = 0$$

$$B_9 = A_9 \oplus B_6 \oplus B_4 = 0 \oplus 1 \oplus 0 = 1$$

$$B_{10} = A_{10} \oplus B_7 \oplus B_5 = 0 \oplus 1 \oplus 0 = 1$$

$$B_{11} = A_{11} \oplus B_8 \oplus B_6 = 0 \oplus 0 \oplus 1 = 1$$

$$B_{12} = A_{12} \oplus B_9 \oplus B_7 = 1 \oplus 1 \oplus 1 = 1$$

Первые три цифры результирующего кода будут совпадать с исходным, так как еще нет нужных предыдущих цифр.

Таким образом, на выходе скремблера появится последовательность 110001101111, в которой нет последовательности из шести нулей, присутствовавшей в исходном коде.

После получения результирующей последовательности приемник передает ее дескремблеру, который восстанавливает исходную последовательность на основании обратного соотношения:

$$C_i = B_i \oplus B_{i-3} \oplus B_{i-5} = (A_i \oplus B_{i-3} \oplus B_{i-5}) \oplus B_{i-3} \oplus B_{i-5} = A_i$$

Различные алгоритмы скремблирования отличаются количеством слагаемых, дающих цифру результирующего кода, и сдвигом между слагаемыми. Так, в сетях ISDN при передаче данных от сети к абоненту используется преобразование со сдвигами в 5 и 23 позиции, а при передаче данных от абонента в сеть – со сдвигами 18 и 23 позиции.

9. МОДЕМЫ

В настоящее время продолжается широкое использование модемной связи для информационного обмена между удаленными абонентскими системами по выделенным и коммутируемым каналам связи. Пользователями такого вида связи являются как частные лица, государственные и коммерческие организации и учреждения, так и различные структурные подразделения Министерства обороны РФ.

9.1. Устройство модемов.

Модем (МОдулятор–ДЕМОдулятор) – устройство прямого (модулятор) и обратного (демодулятор) преобразования сигналов к виду, принятому для использования в определенном канале связи.

Модемы применяются в тех случаях, когда каналные линии связи не позволяют надежно передавать двоичные сигналы простым изменением их амплитуды.

Для повышения надежности и скорости передачи информации по линиям связи в современных модемах используются различные методы модуляции сигналов (частотная, фазовая, квадратурная фазовая и т.п.).

Количество модуляций в секунду называется скоростью модуляции и измеряется в бодах (Бод). Количество переданной при этом информации измеряется в битах в секунду (бит/с или BPS - Bits Per Second). Одна модуляция может передавать как один бит, так и большее или меньшее их количество.

Обобщенная структурная схема модема представлена на рисунке 9.1.

Несмотря на большое разнообразие модемов в их структуре можно выделить ряд общих узлов:

- интерфейс с абонентской системой;
- интерфейс с линией канала связи;
- модемный (основной) процессор;
- сигнальный процессор;

- оперативное запоминающее устройство (ОЗУ);
- постоянное запоминающее устройство (ПЗУ);
- энергонезависимое полупостоянное запоминающее устройство (ППЗУ)
- панель управления, индикации и сигнализации.

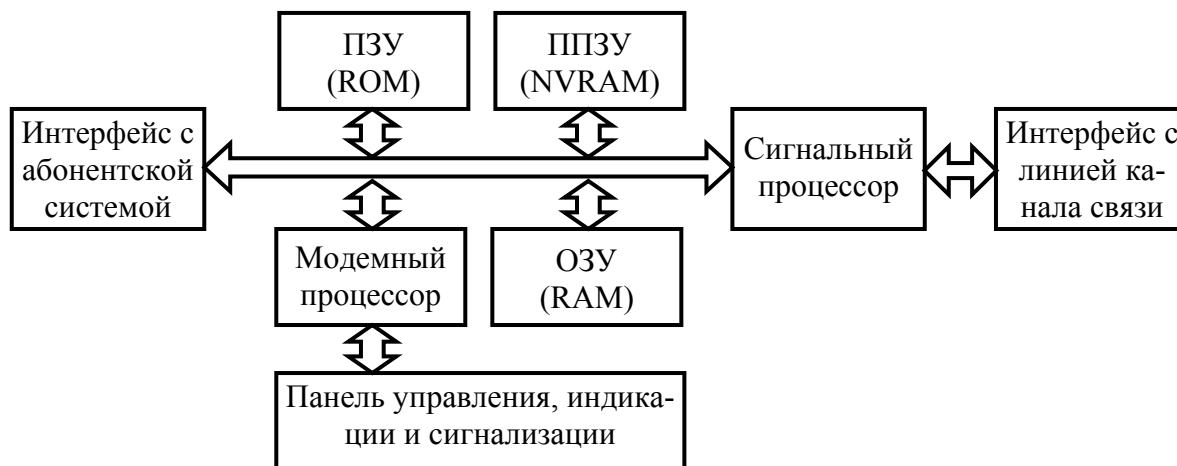


Рис. 9.1. Структурная схема модема

Интерфейс с абонентской системой обеспечивает взаимодействие модема с оконечным оборудованием данных, в качестве которого обычно выступают вычислительные средства абонентских систем или узлов коммутации.

Интерфейс с линией канала связи обеспечивает согласование электрических и других параметров модема с физическими характеристиками используемых линий связи.

Модемный (основной) процессор реализует функции приема и выполнения управляющих команд, буферизацию и обработку принимаемых и передаваемых данных (кодирование, декодирование, сжатие/распаковку и т.п.), контроль и управление сигнальным процессором, а также панелью индикации и сигнализации.

Сигнальный процессор (DSP, Digital Signal Processor - цифровой сигнальный процессор) реализует операции с непосредственно принимаемыми или передаваемыми в линию связи сигналами (модуляцию/демодуляцию, разделение частотных полос, подавлением эха и т.п.).

В ПЗУ (ROM – read only memory) хранятся программы для основного и сигнального процессоров (firmware) и интерпретатор команд. ПЗУ может быть

однократно программируемым (PROM) или перепрограммируемым электрически (EEPROM, Flash ROM). Последний тип ПЗУ позволяет оперативно менять их программные прошивки по мере исправления ошибок или появления новых возможностей.

ОЗУ (RAM – random access memory) используется в качестве временной быстродействующей памяти при работе основного и сигнального процессоров. Оно может быть как отдельным, так и общим. В ОЗУ хранится также текущий набор параметров модема (active profile).

В энергонезависимом ППЗУ (NVRAM – non-volatile RAM) после выключения модема сохраняются его текущие настройки и параметры.

Панель управления, индикации и сигнализации содержит микропереключатели (SW), светодиоды (LED) и динамик (Speaker), с помощью которых можно задать и проконтролировать правильность реализации различных режимов функционирования модема и состояние канала.

9.2. Классификация модемов

В связи с большим разнообразием конструктивного исполнения, сфер применения и режимов работы строгая классификация модемов весьма затруднительна. Тем не менее, можно выделить ряд признаков, позволяющих провести их условную классификацию (рис. 9.2).



Рис. 9.2. Классификация модемов

По области применения модемы можно разделить на следующие группы:

- для коммутируемых и выделенных аналоговых телефонных каналов;
- для цифровых каналов связи;
- для линий кабельного телевидения;
- для сотовых систем связи;

- для пакетных и локальных радиосетей;
- для передачи данных по сетям электропитания.

Большинство выпускаемых в настоящее время модемов предназначено для работы с аналоговыми коммутируемыми телефонными каналами, имеющими ограниченную полосу пропускания шириной 3,1 КГц (300 – 3400 Гц). В них реализованы функции взаимодействия с автоматическими телефонными станциями (АТС), они способны различать их сигналы и передавать свои сигналы набора номера. Скорость передачи данных по таким линиям в настоящее время составляет до 56 Кбит/с. Выделенные телефонные линии имеют полосу пропускания более широкую, чем коммутируемые. Для них выпускаются специальные модемы, обеспечивающие передачу данных со скоростями до 2 Мбит/с и более.

Модемы для цифровых каналов связи оперируют не с аналоговыми модулированными, а с дискретными импульсными сигналами. Они обеспечивают подключение абонентских систем к стандартным высокоскоростным цифровым телекоммуникационным каналам, таким как E1/T1 или ISDN (будут рассмотрены в дальнейшем), и поддерживают функции соответствующих канальных интерфейсов. Обычно модемы для цифровых каналов связи ассиметричны, т.е. скорость приема данных из линии значительно выше скорости их передачи в линию. Так, например, модемы для работы в цифровых сетях ADSL (ADSL-модемы) обеспечивают скорость приема данных из канала до 10 Мбит/с, а передачи – до 400 Кбит/с. Большинство цифровых модемов позволяют одновременно и независимо использовать одну и ту же физическую линию связи и для передачи дискретных данных и для аналоговых телефонных переговоров, чего не позволяют обычные аналоговые модемы для коммутируемых линий.

Модемы для линий кабельного телевидения (кабельные модемы) обеспечивают информационный обмен между абонентскими системами посредством коммуникаций кабельного телевидения. Кабельные модемы также как и цифровые обычно ассиметричны. Они позволяют осуществлять передачу дискретных данных к абонентским системам со скоростями до 40 Мбит/с и прием данных

от них со скоростями до 2- 5 Мбит/с параллельно с видеовещанием. В основном предназначены для предоставления пользователям высокоскоростного доступа к ресурсам сети Интернет. В нашей стране широкого распространения не получили в виду ограниченного развития коммуникаций кабельного телевидения.

Модемы для сотовых систем связи предназначены для организации информационного обмена между абонентскими системами по беспроводным сотовым телефонным каналам. Такие модемы отличаются компактностью исполнения и поддержкой специальных протоколов модуляции и исправления ошибок, позволяющих эффективно передавать данные в условиях сотовых каналов с высоким уровнем помех и постоянно изменяющимися параметрами. Различают модемы для цифровых и аналоговых стандартов сотовой связи. Сотовые модемы обеспечивают относительно невысокую (до нескольких десятков Кбит/с) скорость передачи данных.

Пакетные радиомодемы предназначены для передачи данных по радиоканалу между мобильными абонентскими системами. Радиоканал по своим характеристикам близок к телефонному и организуется с использованием типовых радиостанций, настроенных на одну и ту же частоту в УКВ либо КВ диапазоне. Пакетные радиомодемы реализуют различные методы аналоговой модуляции и множественного доступа к передающей среде. Реализуемая такими модемами скорость передачи данных также относительно невелика.

Радиомодемы локальных сетей ЭВМ, в отличие от пакетных, обеспечивают передачу данных на небольшие расстояния (до 500 м), но с высокой скоростью (до 50 Мбит/с), сопоставимой со скоростью передачи в проводных локальных сетях.

В настоящее время ведутся активные работы по созданию стандартов, технологий и аппаратных средств для передачи дискретных данных по сетям электропитания. В рамках этих исследований созданы специализированные силовые модемы. Их широкое применение в современных телекоммуникационных системах маловероятно, однако в перспективе они могут составить серьезную конкуренцию традиционным модемам.

По методу передачи данных модемы можно разделить на:

- асинхронные;
- синхронные.

Асинхронные модемы передают данные в линию связи в виде последовательности отдельных байтов данных (символов). Каждый байт передается независимо от остальных. Синхронизация принимающей абонентской системы в этом случае осуществляется в начале каждого получаемого байта. Для этого каждый передаваемый байт обрамляется дополнительным стартовым и одним или более стоповыми битами (рис. 9.3). Асинхронный метод передачи данных прост и дешев, но обладает низкой эффективностью, т.к. каждый байт данных сопровождается как минимум двумя служебными битами. Применяется главным образом для передачи данных, генерируемых в случайные моменты времени, например пользователем.

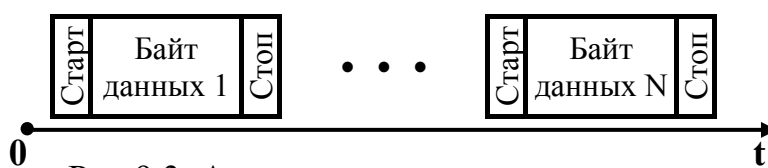


Рис.9.3. Асинхронная передача данных

Синхронные модемы группируют передаваемые байты (символы) в информационные кадры. Каждый кадр передается как цепочка байтов без каких-либо задержек между отдельными байтами (рис. 9.4).

Для обеспечения синхронной работы передающей и принимающей абонентских систем должны выполняться следующие условия:

- передаваемые кадры не должны содержать длинных последовательностей нулей или единиц для того, что бы принимающая абонентская система могла устойчиво выделять тактовую частоту синхронизации;
- каждый кадр должен иметь зарезервированные последовательности битов или символов, отмечающие его начало и конец (синхробайты).

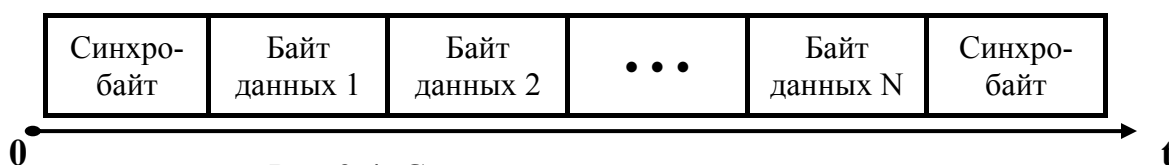


Рис.9.4. Синхронная передача данных

Существует два альтернативных метода организации синхронной связи: символьно - или байт-ориентированный, и бит-ориентированный. Особенности их реализации были рассмотрены ранее.

По *конструктивному исполнению* модемы можно разделить на:

- внутренние модемы;
- внешние модемы;
- портативные модемы;
- групповые модемы.

Внутренние модемы выполняются в виде отдельных плат, которые устанавливаются в слоты расширения системной платы компьютера. Они не имеют собственного источника питания и получают электроэнергию от общего блока питания компьютера. Внутренние модемы компактны и требуют небольших материальных затрат на их приобретение, но обычно обладают ограниченными функциональными возможностями.

Внешние модемы выполняются в виде самостоятельных автономных устройств. Подключаются к компьютеру с помощью одного из портов (обычно последовательного), запитываются от собственного сетевого источника. Внешние модемы обычно более сложны, реализуют широкий спектр функциональных возможностей, снабжаются собственными индикаторами режимов работы и состояния канала в виде набора светодиодов или жидкокристаллического дисплея. Имеют более высокую стоимость по сравнению с внутренними модемами.

Портативные модемы предназначены для использования мобильными пользователями совместно с компьютерами класса Notebook. Они отличаются малыми габаритами и высокой ценой. Их функциональные возможности, как правило, не уступают возможностям полнофункциональных модемов. Часто портативные модемы оснащены интерфейсом PCMCIA.

Групповыми модемами (модемным пулом) называют совокупность отдельных модемов, объединенных в общий блок и имеющих общие блок питания, устройства управления и отображения. Отдельный модем группового мо-

дема представляет собой плату с разъемом, устанавливаемую в блок, и рассчитан на один или небольшое число каналов.

По функциональным возможностям модемы можно разделить на два класса:

- аппаратные модемы (hard-modem);
- программные модемы (soft-modem).

Аппаратные модемы самостоятельно реализуют большинство функций приема и передачи данных, факсов (графических изображений) и голоса. Имеют более сложную структуру и относительно высокую стоимость. Достоинством аппаратных модемов является простота их установки и настройки, выполнение всех операций приема и передачи различных видов информации без задействования ресурсов компьютера, высокоэффективная работа даже с плохими телефонными линиями.

Программные модемы реализуют часть своих функциональных возможностей не собственными аппаратными средствами, а программно с помощью центрального процессора компьютера. Такая замена существенно упрощает структуру и удешевляет модем, но обуславливает дополнительную нагрузку на оперативную память и процессор компьютера. Программные модемы требуют более сложной программной настройки при установке. Эффективность их работы сильно зависит от качества телефонной линии. Программные модемы, предназначенные для работы в компьютерах с операционной системой Windows, называются Win-модемами.

9.3. Модемные протоколы и стандарты передачи данных

Для организации информационного обмена между сетевыми абонентскими системами их модемы должны использовать одинаковые протоколы и стандарты передачи данных.

Модемные протоколы – это совокупность правил, регламентирующих формат данных и все процедуры их передачи в канале связи. Стандарты орга-

низации модемной связи обычно включают в себя несколько различных протоколов.

Модемные протоколы и стандарты разрабатываются как международными организациями по стандартизации (например, Международным комитетом по телекоммуникационной стандартизации – ИТУ-Т), так и отдельными фирмами – производителями модемов. Все рекомендации ИТУ-Т по разработке и функционированию модемов относятся к протоколам серии V.

Модемные протоколы по функциональному признаку можно разделить на следующие группы:

- протоколы, определяющие соединение модема и канала связи (протоколы V.2, V.25 и др.);
- протоколы, определяющие соединение модема с оконечным оборудованием данных (компьютером, сетевым периферийным или телекоммуникационным оборудованием, протоколы V.10, V.11, V.14, V.25, V.25bis, V.28 и др.);
- протоколы модуляции (протоколы V.17, V.22, V.32, V.32bis, V.32ter, V.34, V.90, V.92, HST, PEP, ZyX и др.);
- протоколы коррекции ошибок (протоколы MNP1-MNP4, MNP6, MNP10, V.41, V.42 и др.);
- протоколы сжатия данных (протоколы V.42bis, MNP5, MNP7–MNP10 и др.);
- протоколы согласования параметров связи (протокол V.8 и др.);
- протоколы диагностики модемов (протоколы V.51-V.54, V.56 и др.).

Некоторые из приведенных протоколов могут относиться одновременно к нескольким функциональным группам. Например, регламентировать тип используемой модуляции и алгоритмы коррекции ошибок.

Сравнительные характеристики отдельных протоколов модуляции, определяющих основные скоростные возможности модемов, приведены в таблице 9.1.

Функционирование большинства современных модемов основано на протоколах дуплексной асимметричной передачи информации V.90 и V.92. В соот-

ветствии с этими протоколами модем может принимать данные из линии со скоростью до 56 Кбит/с и передавать их в линию со скоростью 33,6 Кбит/с для протокола V.90 или 48 Кбит/с для V.92. Протоколы предусматривают тестирование канала связи с целью оптимизации режима работы взаимодействующих модемов (несущая частота, полоса пропускания, скорость передачи данных, уровень передаваемых сигналов и т.п.). В соответствии с этими протоколами начальное соединение модемов осуществляется на минимальной скорости 300 бит/с, что обеспечивает устойчивую работу даже на плохих линиях. Далее выполняется идентификация взаимодействующих модемов, определяются доступные протоколы коррекции ошибок и сжатия данных, тип используемой модуляции, после чего устанавливается наиболее эффективная скорость передачи данных. Протокол V.92 дополнительно предусматривает реализацию функции временного удержания соединения, что позволяет пользователю вести телефонные разговоры в течение 16 минут без разрыва модемной связи.

Таблица 9.1. Характеристики протоколов модуляции

Классификатор протокола по ITU-T	V.32	V.32 bis	V.34	V.34 bis	V.92
Год принятия протокола	1987 г.	1990 г.	1994 г.	1995 г.	2002 г.
Максимальная скорость, бит/с	9600	14400	28800	33600	56000
Режим передачи	Дуплекс.	Дуплекс.	Дуплекс.	Дуплекс.	Дуплекс.
Время передачи 1 Мбайта, мин.	25	17	8,5	7	4

10. МЕТОДЫ И ПРОТОКОЛЫ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ КАНАЛЬНОГО УРОВНЯ

10.1. Назначение и классификация методов и протоколов передачи данных канального уровня

Методы и протоколы передачи данных канального уровня обеспечивают решение следующих задач:

- проверку доступности физической среды для передачи данных;
- преобразование потока битов, передаваемых по линиям связи физического уровня, в информационные кадры (frames) заданного формата;
- присоединение к каждому информационному кадру маркеров начала и конца;
- вычисление и добавление к каждому кадру контрольной суммы;
- обнаружение и коррекция ошибок в информационных кадрах;
- организация повторной передачи поврежденных кадров;
- обеспечение передачи данных между различными локальными сетями;
- обеспечение двухточечного соединения между абонентскими системами в глобальных сетях ЭВМ.

Протоколы канального уровня формируют и оперируют кадрами, формат которых приведен на рис. 10.1.

	8 р	16 р	16 р	8 р	
Флаг начала	Заголовок		Данные	Контрольная сумма (CRC)	Флаг конца
01111110	Адрес	Управляющее поле			01111110

а) структура информационного кадра

1 р. 0	3 р. RSN	1 р. P/F	3 р. SSN		2 р. 01	2 р. RSN	1 р. P/F	3 р. FC		2 р. 10	2 р. RSN	1 р. P/F	3 р. FC
I кадр					S кадр					U кадр			

б) структура управляющего поля

Рис. 10.1. Формат кадра и управляющего поля

Поля «Флаг начала» и «Флаг конца» (рис. 10.1а) являются маркерами начала и конца кадра, логическое кодирование данных исключает появление такой цепочки бит в других полях.

Поле «Заголовок» состоит из двух частей: адреса и управляющего поля.

Поле «Адрес» – (1–2 байта) представляет адрес узла отправителя или получателя информационного кадра.

«Управляющее поле» – (1–2 байта) несет управляющую информацию (тип кадра, циклический номер и т. п.).

Поле «Данные» – несет передаваемые полезные данные.

Поле «Контрольная сумма» (CRC) – (обычно 2 байта) служит для контроля достоверности передаваемых данных.

Из битовых последовательностей, относящихся к полям заголовка, данных и контрольной сумме, в результате логического кодирования исключаются длинные последовательности «1». На приемной стороне вставленные биты извлекаются, чем обеспечивается полная прозрачность по данным. При отсутствии кадров для передачи в канал связи постоянно передается последовательность флагов, причем она может передаваться как в полной 8-битной форме (01111110 01111110...), так и в сокращенной 7-битной, используя «общие» нули (011111101111110...). Последовательность 8-14 смежных «1» сигнализирует о покое канала, 15 и более «1» — признак аварийного завершения.

По значению 1-2 младших бит управляющего поля различают три типа кадров:

Информационный (I-кадр) несет данные верхнего уровня. Поле RSN (receive sequence number) содержит номер кадра, ожидаемого при приеме; поле SSN (send sequence number) – номер передаваемого кадра. Биты P/F (poll/final) обеспечивают надежность доставки и контроль потока. Первичный узел использует этот бит для требования немедленного ответа, вторичный — для указания на последний кадр в текущем ответе.

Супервизорный (S-кадр) передает управляющую информацию в полях FC (Function Code), информационное поле отсутствует. Позволяет запросить, при-

остановить передачу, передать сообщение состояния, подтвердить прием I-кадров.

Ненумерованный (U-кадр) используется для целей управления (например, для инициализации вторичных узлов). Управляющее поле может иметь длину 1 или 2 байта, возможно использование информационного поля.

В целом канальный уровень представляет собой весьма мощный и законченный набор функций по пересылке сообщений между узлами сети. В некоторых случаях методы передачи данных и протоколы канального уровня оказываются самодостаточными транспортными средствами и могут допускать работу поверх них непосредственно протоколов прикладного уровня или приложений, без привлечения средств сетевого и транспортного уровней.

Классификация методов и протоколов передачи данных канального уровня по их наиболее существенным характеристикам представлена в таблице 10.1.

Таблица 10.1.

Классификация методов передачи данных канального уровня	
асинхронный	синхронный
символьно-ориентированный	бит-ориентированный
с предварительным установлением соединения	дейтаграммный
с обнаружением искаженных данных	без обнаружения искаженных данных
с обнаружением потерянных данных	без обнаружения потерянных данных
с восстановлением искаженных и потерянных данных	без восстановления искаженных и потерянных данных
с поддержкой динамической компрессии данных	без поддержки динамической компрессии данных

10.2. Асинхронные методы и протоколы передачи данных канального уровня

Асинхронные протоколы представляют собой наиболее старый способ связи. Эти протоколы оперируют не с кадрами, а с отдельными символами, которые представлены байтами со старт-стоповыми символами.

В асинхронных протоколах применяются стандартные наборы символов, чаще всего ASCII-коды. Первые 32 кода из данного набора являются специальными кодами, которые не отображаются на устройствах вывода информации и используются асинхронными протоколами для управления режимами обмена данными.

В последних версиях асинхронных протоколов наряду с отдельными символами стали использоваться целые блоки данных, то есть кадры. Например, популярный протокол XMODEM передает файлы между двумя компьютерами по асинхронному модему. Начало приема очередного блока файла инициируется символьной командой — принимающая сторона постоянно передает символ ASCII NAK. Передающая сторона, приняв NAK, отправляет очередной блок файла, состоящий из 128 байт данных, заголовка и концевика. Заголовок состоит из специального символа SOH (Start of Header) и номера блока. Концевик содержит контрольную сумму блока данных. Приемная сторона, получив новый блок, проверяла его номер и контрольную сумму. В случае совпадения этих параметров с ожидаемыми приемник отправлял символ ACK, а в противном случае — символ NAK, после чего передатчик должен повторить передачу данного блока. В конце передачи файла передается символ EOH.

Таким образом, часть управляющих операций выполняется в асинхронных протоколах посылкой в асинхронном режиме отдельных символов, в то же время часть данных пересылается блоками, что более характерно для синхронных протоколов.

10.3. Синхронные символьно-ориентированные и бит-ориентированные методы и протоколы передачи данных канального уровня

В синхронных протоколах между пересылаемыми символами (байтами) нет стартовых и стоповых сигналов, поэтому отдельные символы в этих протоколах пересылать нельзя. Все обмены данными осуществляются кадрами, которые имеют в общем случае заголовок, поле данных и концевик (рис. 10.2). Все

биты кадра передаются непрерывным синхронным потоком, что значительно ускоряет передачу данных.

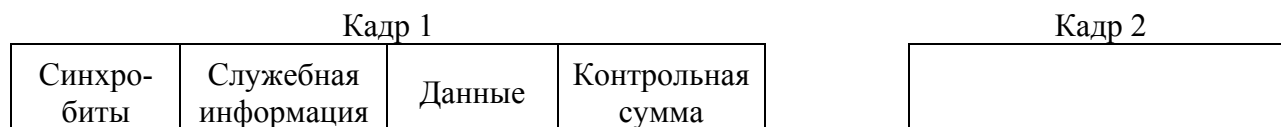


Рис. 10.2. Кадры синхронных протоколов

Большинство протоколов используют в кадре поля данных переменной длины. Заголовок также может иметь переменную длину.

Синхронные методы и протоколы передачи данных канального уровня бывают двух типов: символьно-ориентированные (байт-ориентированные) и бит-ориентированные. Для обоих характерны одни и те же методы синхронизации бит. Главное различие между ними заключается в методе синхронизации символов и кадров.

10.3.1. Символьно-ориентированные методы и протоколы

Символьно-ориентированные методы и протоколы используются в основном для передачи блоков отображаемых символов, например текстовых файлов. Так как при синхронной передаче нет стоповых и стартовых битов, для синхронизации символов необходим другой метод. Синхронизация достигается за счет того, что передатчик добавляет два или более управляющих символа, называемых символами SYN, перед каждым блоком символов. В коде ASCII символ SYN имеет двоичное значение 0010110, это несимметричное относительно начала символа значение позволяет легко разграничивать отдельные символы SYN при их последовательном приеме. Символы SYN выполняют две функции: во-первых, они обеспечивают приемнику побитную синхронизацию, во-вторых, как только битовая синхронизация достигается, они позволяют приемнику начать распознавание границ символов SYN. После того как приемник начал отделять один символ от другого, можно задавать границы начала кадра с помощью другого специального символа. Обычно в символьных протоколах для этих целей используется символ STX (Start of text, ASCII 0000010). Другой символ отмечает окончание кадра — ETX (End of text, ASCII 0000011).

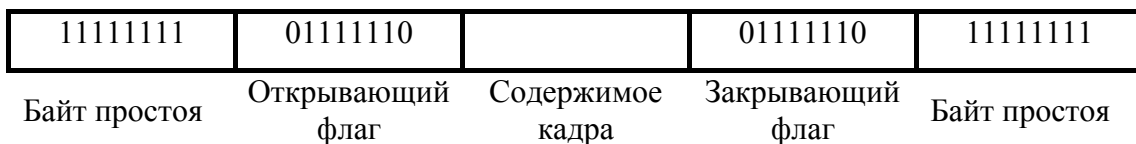
10.3.2. Бит-ориентированные методы и протоколы

Символьно-ориентированные методы и протоколы не эффективны при передаче двоичных данных, так как в поле данных кадра приходится добавлять много избыточных данных. Кроме того, формат управляющих символов для разных кодировок различен, что ограничивает применение символьно-ориентированных методов передачи данных.

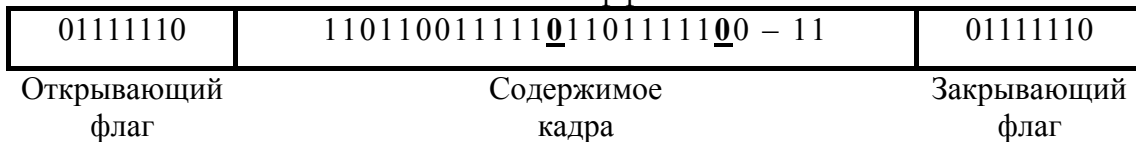
Универсальные методы *бит-ориентированной* передачи свободны от перечисленных выше недостатков. В настоящее время они применяются при передаче как двоичных, так и символьных данных.

На рис.10.3 показаны 3 различные схемы бит-ориентированной передачи. Они отличаются способом обозначения начала и конца каждого кадра.

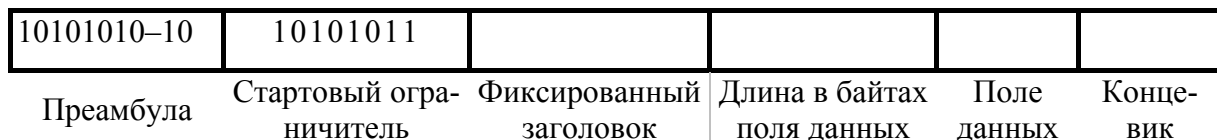
а)



Бит—стаффинг



б)



в)



Рис. 10.3. Способы выделения начала и конца кадра при синхронной передаче

Первая схема, показанная на рис. 10.3а, похожа на схему с символами STX и ETX в символьно-ориентированных протоколах. Начало и конец каждого кадра отмечается одной и той же 8-битовой последовательностью —

01111110, называемой флагом. Термин «бит-ориентированный» используется потому, что принимаемый поток бит сканируется приемником на побитовой основе для обнаружения стартового флага, а затем во время приема для обнаружения стопового флага. Поэтому длина кадра в этом случае не обязательно должна быть кратна 8 бит.

Чтобы обеспечить синхронизацию приемника, передатчик посылает последовательность байтов простоя (каждый состоит из 11111111), предшествующую стартовому флагу.

Для достижения прозрачности данных в этой схеме необходимо, чтобы флаг не присутствовал в поле данных кадра. Это достигается с помощью приема, известного как вставка 0 бита, — *бит-стаффинга*. Схема вставки бита работает только во время передачи поля данных кадра. Если эта схема обнаруживает, что подряд передано пять 1, то она автоматически вставляет дополнительный 0 (даже если после этих пяти 1 шел 0). Поэтому последовательность 01111110 никогда не появится в поле данных кадра. Аналогичная схема работает в приемнике и выполняет обратную функцию. Когда после пяти 1 обнаруживается 0, он автоматически удаляется из поля данных кадра. Бит-стаффинг гораздо более экономичен, чем байт-стаффинг, так как вместо лишнего байта вставляется один бит, следовательно, скорость передачи пользовательских данных в этом случае замедляется в меньшей степени.

Во второй схеме (рис. 10.3б) для обозначения начала кадра имеется только стартовый флаг, а для определения конца кадра используется поле длины кадра, которое при фиксированных размерах заголовка и концевика чаще всего имеет смысл длины поля данных кадра. Эта схема наиболее применима в локальных сетях. В этих сетях для обозначения факта незанятости среды в исходном состоянии по среде вообще не передается никаких символов. Чтобы все остальные станции вошли в битовую синхронизацию, посылающая станция предваряет содержимое кадра последовательностью бит, известной как преамбула, которая состоит из чередования единиц и нулей 101010... Войдя в битовую синхронизацию, приемник исследует входной поток на побитовой основе, пока не

обнаружит байт начала кадра 10101011, который выполняет роль символа STX. За этим байтом следует заголовок кадра, в котором в определенном месте находится поле длины поля данных. Таким образом, в этой схеме приемник просто отсчитывает заданное количество байт, чтобы определить окончание кадра.

Третья схема (рис. 10.3в) использует для обозначения начала и конца кадра флаги, которые включают запрещенные для данного кода сигналы. Например, при манчестерском кодировании вместо обязательного изменения полярности сигнала в середине тактового интервала уровень сигнала остается неизменным и низким (запрещенный сигнал J) или неизменным и высоким (запрещенный сигнал K). Начало кадра отмечается последовательностью JK0JK000, а конец — последовательностью JK1JK111. Этот способ очень экономичен, так как не требует ни бит-стаффинга, ни поля длины, но его недостаток заключается в зависимости от принятого метода физического кодирования. При использовании избыточных кодов роль сигналов J и K играют запрещенные символы, например, в коде 4B/5B этими символами являются коды 11000 и 10001.

Каждая из трех схем имеет свои преимущества и недостатки. Флаги позволяют отказаться от специального дополнительного поля, но требуют специальных мер: либо по разрешению размещения флага в поле данных за счет бит-стаффинга, либо по использованию в качестве флага запрещенных сигналов, что делает эту схему зависимой от способа кодирования.

11. МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ И КОРРЕКЦИИ ОШБОК ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ КАНАЛЬНОГО УРОВНЯ

Каналы и линии связи телекоммуникационных сетей постоянно подвергаются помеховым воздействиям, которые могут приводить к искажению или полной потере передаваемых по ним информационным кадрам. Это требует реализации на канальном уровне специальных методов и протоколов обнаружения ошибок передачи данных и их коррекции. Особенно эта проблема актуальна для сетевых структур военного назначения.

Большинство известных протоколов канального уровня ориентированы только на обнаружение ошибок. Коррекция ошибок в этом случае выполняется протоколами верхних уровней. Так работают протоколы локальных сетей Ethernet, Token Ring, FDDI и другие. Однако существуют протоколы канального уровня, такие как LLC2 или LAP-B, которые способны самостоятельно решать обе задачи.

Сравнительная оценка показывает, что протоколы с обнаружением ошибок целесообразно использовать в высоконадежных сетях с низкой вероятностью искажения и потерей информационных кадров (в локальных сетях ЭВМ), а протоколы с обнаружением и коррекцией ошибок – в сетях с высокой вероятностью искажения и потерей передаваемой по каналам связи информации (например – в глобальных и корпоративных сетях с малозащищенными линиями связи большой протяженности).

11.1. Общие сведения и классификация методов обнаружения ошибок передачи данных

Задача обнаружения ошибок, возникающих в процессе передачи информационных кадров по каналам связи телекоммуникационных сетей, решается протоколами канального уровня.

Большинство методов обнаружения ошибок основаны на передаче в составе кадра избыточной информации, по которой можно судить с некоторой

степенью вероятности о достоверности принятых данных. Такую информацию принято называть *контрольной суммой*. Контрольная сумма (КС) вычисляется как функция от основной информации, причем необязательно только путем суммирования. Принимающая сторона повторно вычисляет контрольную сумму кадра по известному алгоритму и в случае ее совпадения с контрольной суммой, вычисленной передающей стороной, делает вывод о том, что данные были переданы через сеть корректно.

Существует несколько распространенных методов обнаружения ошибок и соответствующих им алгоритмов вычисления контрольной суммы, отличающихся вычислительной сложностью и способностью обнаруживать искажения (рис. 11.1).



Рис.11.1 Методы обнаружения ошибок

Контроль *по паритету* на четность (нечетность) является одним из наиболее простых методов контроля данных, обладает весьма слабыми возможностями по контролю. Позволяет обнаруживать только одиночные или нечетной кратности ошибки в проверяемых данных. Метод заключается в суммировании по модулю 2 всех бит контролируемой информации. Значение контрольного разряда r , добавляемого к информационному сообщению $U = (u_0, \dots, u_m)$, формируется в соответствии с (11.1) при контроле на четность или (11.2) – при контроле на нечетность.

$$r = \begin{cases} 1, & \text{если } \sum u_i - \text{нечетная} \\ 0, & \text{если } \sum u_i - \text{четная} \end{cases} \quad (11.1)$$

$$r = \begin{cases} 1, & \text{если } \sum u_i - \text{четная} \\ 0, & \text{если } \sum u_i - \text{нечетная} \end{cases} \quad (11.2)$$

Пример 1.

	Чет.	Нечет.
U = 10011011	1	0
U = 10011001	0	1

Сформированный контрольный разряд r пересылается вместе с контролируемой информацией. При искажении при пересылке любого одного бита исходных данных (или контрольного разряда) результат повторного суммирования будет отличаться от принятого контрольного разряда, что говорит об ошибке.

Контроль по паритету применяется к небольшим порциям данных, как правило, к каждому байту, что дает коэффициент избыточности для этого метода $1/8$. Метод в настоящее время редко применяется в вычислительных сетях из-за его большой избыточности и невысоких диагностических возможностей.

Вертикальный и горизонтальный контроль по паритету представляет собой модификацию описанного выше метода. Его отличие состоит в том, что исходные данные рассматриваются в виде матрицы, строки которой составляют байты данных. Контрольный разряд подсчитывается отдельно для каждой строки и для каждого столбца матрицы (рис. 11.2). Этот метод обнаруживает большую часть двойных ошибок, однако, обладает еще большей избыточностью. На практике почти не применяется.

Байты	0 р.	1 р.	2 р.	3 р.	4 р.	5 р.	6 р.	7 р.	Нечет.
1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2	0	0	0	0	0	0	0	1	0
3	0	0	0	0	0	0	1	0	0
4	0	0	0	0	0	0	1	1	1
5	1	1	1	1	0	0	0	0	1
6	1	0	1	0	1	0	1	0	1
7	1	1	1	1	1	1	1	0	0
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Нечет.	1	0	1	0	0	1	0	0	

Рис. 11.2. Вертикальный и горизонтальный контроль по паритету

Циклический избыточный контроль (Cyclic Redundancy Check, CRC) является разновидностью использования блочных кодов. В настоящее время широко применяется для контроля передачи данных в компьютерных и телекоммуникационных сетях. Метод основан на представлении информационных кадров в виде единой совокупности двух блоков: информационной и проверочной последовательности двоичных символов (рис. 11.3) Наличие специальной проверочной последовательности позволяет не только выявлять факт искажения отдельных информационных разрядов, но и корректировать их.

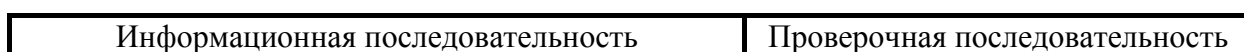


Рис. 11.3. Структура информационного кадра при циклическом контроле

Например, в кадре стандарта Ethernet, содержащего 8192 бита (1024 байта) в качестве контрольной последовательности используется остаток от деления этого числа на известный делитель $P(x)$, представляющий собой порождающий полином. Обычно в качестве такого делителя выбирается семнадцатили тридцати трехразрядное число, чтобы остаток от деления имел длину 16 разрядов (2 байта) или 32 разряда (4 байта).

При получении кадра данных снова вычисляется остаток от деления на тот же делитель $P(x)$, но при этом к данным кадра добавляется и содержащаяся в нем контрольная сумма. Если остаток от деления на $P(x)$ равен нулю, то делается вывод об отсутствии ошибок в полученном кадре, в противном случае кадр считается искаженным.

Метод циклического контроля обладает более высокой вычислительной сложностью, но его диагностические возможности гораздо выше, чем у методов контроля по паритету. Метод CRC обнаруживает все одиночные ошибки, двойные ошибки и ошибки в нечетном числе бит. Метод обладает также невысокой степенью избыточности. Например, для кадра Ethernet размером в 1024 байта контрольная информация длиной в 4 байт составляет только 0,4 %.

Рассмотрим пример использования метода циклического контроля.

Введем следующие обозначения:

1. $U(x) = u_{m-1} x^{m-1} + u_{m-2} x^{m-2} + \dots + u_0 x^0$ – полином, определяющий информационную последовательность данных (m – разрядность данных);
2. $P(x) = p_k x^k + p_{k-1} x^{k-1} + \dots + p_0 x^0$ – порождающий полином (k – разрядность проверочной последовательности);
3. $F(x) = f_{n-1} x^{n-1} + f_{n-2} x^{n-2} + \dots + f_0 x^0$ – полином, определяющий кодовую комбинацию, передаваемую по каналу связи ($n = m + k$) – разрядность кодовой комбинации);
4. $Q(x) = q_{m-1} x^{m-1} + q_{m-2} x^{m-2} + \dots + q_0 x^0$ – частное от деления кодовой комбинации $F(x)$ на порождающий полином $P(x)$;
5. $R(x) = r_{k-1} x^{k-1} + r_{k-2} x^{k-2} + \dots + r_0 x^0$ – остаток от деления кодовой комбинации $F(x)$ на порождающий полином $P(x)$, образующий проверочную последовательность символов;

Алгоритм кодирования передаваемых данных при циклическом контроле:

1. Для формирования блоков информационных и проверочных символов исходная информационная последовательность $U(x)$ сдвигается на k разрядов в лево. Освободившиеся младшие разряды заполняются нулями. В дальнейшем их место займут проверочные символы. Аналитически данная операция может быть представлена выражением:

$$x^k U(x)$$

2. Сдвинутая последовательность информационных символов делится на порождающий полином $P(x)$.
3. Для формирования кодовой комбинации $F(x)$, выдаваемой в канал связи, полученный в результате деления k – разрядный остаток $R(x)$ добавляется к младшим разрядам сдвинутой последовательности информационных символов. Операция сложения выполняется по модулю 2:

$$F(x) = x^k U(x) \oplus R(x)$$

Пример 2. Формирование кодовой комбинации

Дано:

1. $U(x) = x^4 + x^2 + x + 1 = 10111$ – информационная последовательность ($m=5$).

2. $P(x) = x^4 + x + 1 = 10011$ – порождающий полином ($k=4$).

Решение:

1. Сдвиг информационной последовательности на $k=4$ разряда влево.

$$U(x) x^4 = (x^4 + x^2 + x + 1) x^4 = x^8 + x^6 + x^5 + x^4 = 101110000$$

2. Формирование проверочной последовательности путем деления $U(x) x^4$ на порождающий полином $P(x)$. Проверочные символы определяются остатком от деления.

$$\begin{array}{r}
 \oplus \quad 1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \quad | \quad 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \\
 \hline
 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \quad | \quad \underbrace{1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0}_{\text{частное } Q(x)} \\
 \oplus \quad 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \\
 \hline
 \oplus \quad 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \\
 \hline
 \quad \quad \quad \underbrace{1 \ 1 \ 0 \ 0}_{\text{остаток } R(x)}
 \end{array}$$

3. Формирование кодовой комбинации $F(x)$.

$$\begin{array}{r}
 \oplus \quad 1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \quad | \\
 \hline
 \quad \quad \quad 1 \ 1 \ 0 \ 0 \\
 \hline
 \underbrace{1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 1}_{\text{Информационные}} \quad \underbrace{1 \ 1 \ 0 \ 0}_{\text{Проверочные}} \\
 \text{символы} \quad \quad \quad \text{символы}
 \end{array}$$

Обнаружение ошибок при циклическом кодировании сводится к делению принятой кодовой комбинации на тот же порождающий полином, который использовался для кодирования. Если ошибок в принятой комбинации нет, то деление на порождающий полином производится без остатка. Наличие остатка свидетельствует о присутствии ошибок.

При использовании в циклических кодах декодирования с исправлением ошибок остаток от деления может играть роль *синдрома*. Нулевой синдром указывает на то, что принятая комбинация является разрешенной. Всякому ненулевому синдрому соответствует определенная конфигурация ошибок, которая и исправляется.

Однако, обычно в телекоммуникационных сетях исправление ошибок при использовании циклических кодов не производится, а при обнаружении ошибок выдается запрос на повтор испорченной ошибками комбинации. Такие системы называются *системами с обратной связью*.

11.2. Методы восстановления искаженных и потерянных кадров

Большинство методов коррекции ошибок и восстановления потерянных информационных кадров в современных телекоммуникационных сетях основаны на повторной передаче данных. Для принятия решения на повторную передачу источник информации нумерует передаваемые кадры и для каждого кадра ожидает от приемника так называемой квитанции. Возвращаемые квитанции могут быть положительными и отрицательными. Положительная квитанция высылается, если переданный кадр был получен приемником и данные в нем не искажены. Время отправки и ожидания положительной квитанции ограничено. При превышении временного лимита кадр считается утерянным и передается источником информации в канал связи повторно. Приемник в случае получения кадра с искаженными данными может отправить отрицательную квитанцию, указывающую на необходимость повторной передачи информационного кадра.

В телекоммуникационных сетях и сетях ЭВМ используется два основных метода организации обмена квитанциями:

- метод с остановкой и ожиданием;
- метод с организацией «скользящего окна».

Метод с остановкой и ожиданием предусматривает, чтобы источник, пославший кадр, ожидал получения квитанции (положительной или отрицательной) от приемника и только после этого посылал следующий кадр (или повторял искаженный). Если же квитанция не приходит в течение тайм-аута, то кадр (или квитанция) считается утерянным и его передача повторяется. На рис. 11.4 видно, что в этом случае производительность обмена данными существенно снижается, — хотя передатчик и мог бы послать следующий кадр сразу же после отправки предыдущего, он обязан ждать прихода квитанции. Снижение

производительности этого метода коррекции особенно заметно на низкоскоростных каналах связи, то есть в корпоративных и глобальных сетях.

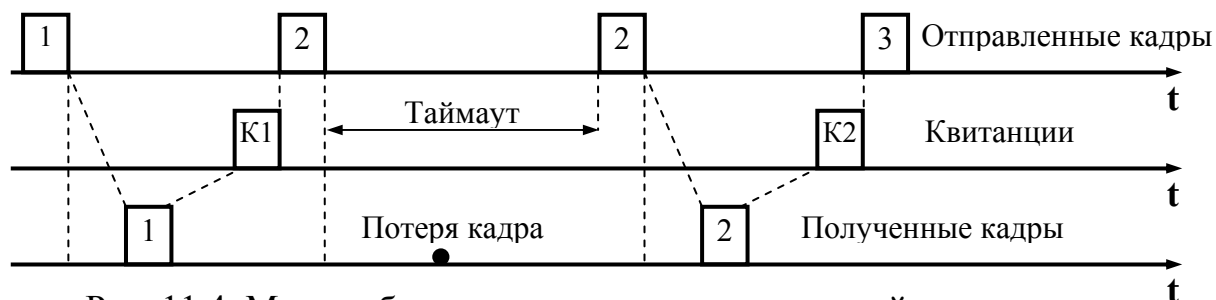


Рис. 11.4. Метод обмена квитанциями с остановкой и ожиданием

Метод «скользящего окна» позволяет повысить коэффициент использования канала связи. Он предусматривает непрерывную передачу источником данных некоторой ограниченной последовательности информационных кадров без получения на эти кадры положительных ответных квитанций. Количество кадров, которые разрешается передавать таким образом, называется размером окна. Рисунок 11.5 иллюстрирует данный метод для окна размером в W кадров.

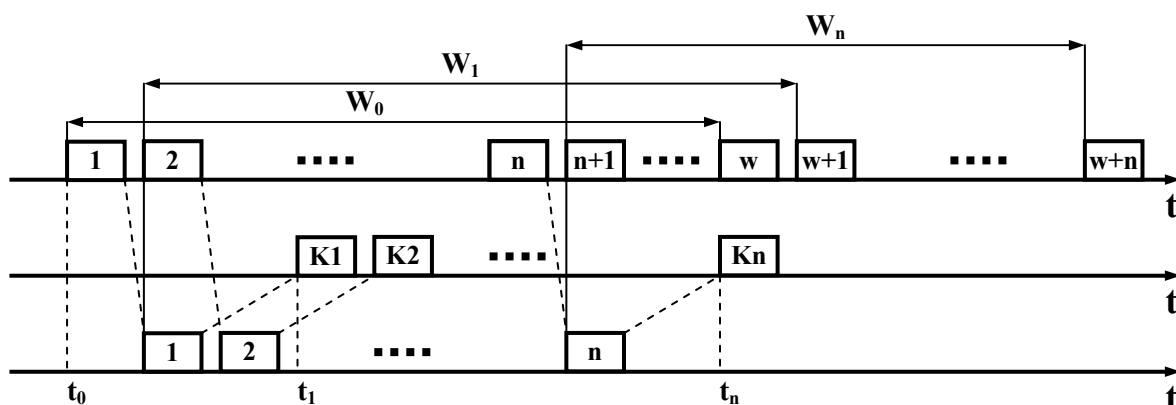


Рис. 11.5. Метод «скользящего окна»

В начальный момент, когда еще не послано ни одного кадра, окно определяет диапазон кадров с номерами от 1 до W включительно. Источник начинает передавать кадры и получать в ответ квитанции. Для простоты предположим, что квитанции поступают в той же последовательности, что и кадры, которым они соответствуют. В момент t_1 при получении первой квитанции K_1 окно сдвигается на одну позицию, определяя новый диапазон от 2 до $(W+1)$.

Отправка кадров и получение квитанций осуществляются достаточно независимо друг от друга. Рассмотрим произвольный момент времени t_n , когда

источник получил квитанцию на кадр с номером n . Окно сдвинулось вправо и определило диапазон разрешенных к передаче кадров от $(n+1)$ до $(W+n)$.

Все множество кадров, формируемых источником, можно разделить на следующие группы (рис.11.5):

- кадры, с номерами от 1 до n уже были отправлены и квитанции на них получены, то есть они находятся за пределами окна слева;
- кадры, начиная с номера $(n+1)$ и кончая номером $(W+n)$, находятся в пределах окна и потому могут быть отправлены не дожидаясь прихода какой-либо квитанции;
- кадры с номерами, большими или равными $(W+n+1)$, находятся за пределами окна справа и поэтому пока не могут быть отправлены.

Итак, при отправке кадра с номером n источнику разрешается передать еще $W-1$ кадров до получения квитанции на кадр n , так что в сеть последним уйдет кадр с номером $(W+n-1)$. Если же за это время квитанция на кадр n так и не пришла, то процесс передачи приостанавливается, и по истечении некоторого тайм-аута кадр n (или квитанция на него) считается утерянным, и он передается снова.

Если поток квитанций поступает регулярно, в пределах допуска в W кадров, то скорость обмена достигает максимально возможной величины для данного канала и принятого протокола.

Метод «скользящего окна» более сложен в реализации, чем метод с остановкой и ожиданием, так как передатчик должен хранить в буфере все кадры, на которые пока не получены положительные квитанции. Кроме того, требуется отслеживать несколько параметров алгоритма:

- размер окна W ;
- номер кадра, на который получена квитанция;
- номер кадра, который еще можно передать до получения новой квитанции.

Метод «скользящего окна» имеет два параметра, существенно влияющих на эффективность передачи данных между передатчиком и приемником, — это размер окна W и величина таймаута ожидания квитанции.

В надежных сетях, когда кадры искажаются и теряются редко, для повышения скорости обмена данными размер окна целесообразно увеличивать, так как при этом передатчик будет посылать кадры с меньшими паузами.

В ненадежных сетях размер окна следует уменьшать, так как при частых потерях и искажениях кадров резко возрастает объем вторично передаваемых через сеть кадров, а значит, полезная пропускная способность сети будет падать.

Выбор длительности таймаута зависит не от надежности сети, а от задержек передачи кадров телекоммуникационной сетью.

Во многих реализациях метода «скользящего окна» величина окна и таймаут выбираются адаптивно, в зависимости от текущего состояния сети.

12. МЕТОДЫ КОММУТАЦИИ АБОНЕНТСКИХ СИСТЕМ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЯХ

Основной задачей телекоммуникационных сетей является установление по запросу связи между двумя любыми абонентскими системами и организация эффективного информационного обмена между ними. Наиболее просто и полно эти требования могут быть реализованы в сетях ЭВМ с полносвязной топологией. Однако при большом количестве абонентских систем или значительной удаленности их друг от друга построение таких сетей становится экономически нецелесообразным. Поэтому в телекоммуникационных сетях применяются специальные методы и способы коммутации, обеспечивающие доступность имеющихся физических каналов одновременно для нескольких сеансов связи между различными парами абонентов сети. На рис. 12.1 показана типичная структура сети с коммутацией абонентских систем.

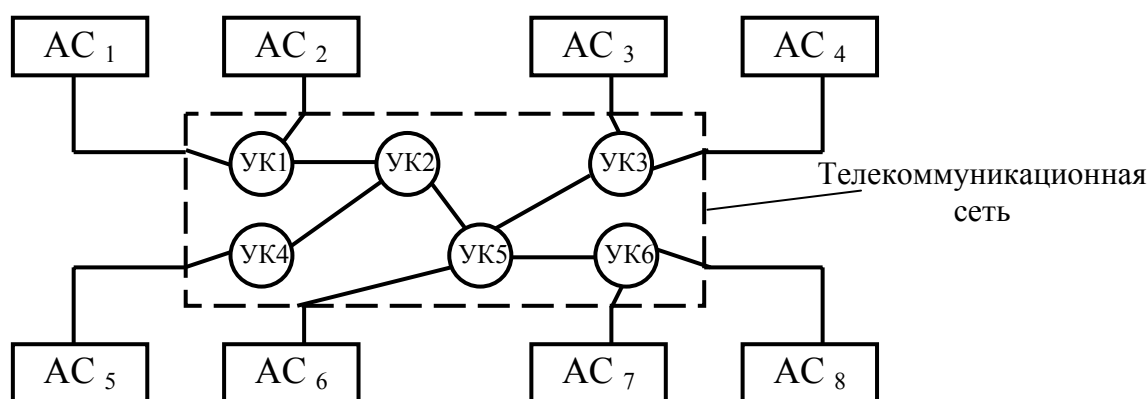


Рис. 12.1. Структура сети с коммутацией абонентских систем

Абонентские системы соединяются с узлами коммутации индивидуальными каналами связи. Между узлами коммутации каналы связи разделяются несколькими абонентскими системами, то есть используются совместно.

Существуют три принципиально различных метода коммутации абонентских систем в телекоммуникационных сетях:

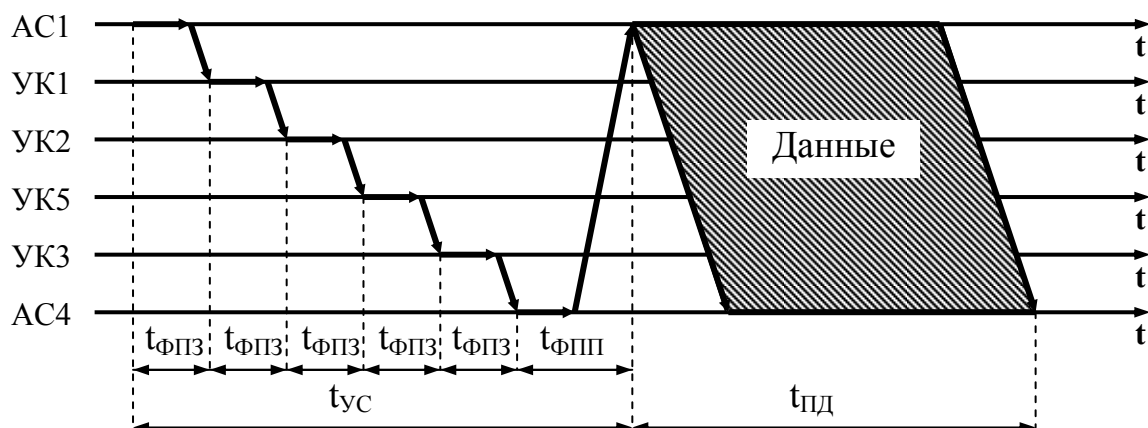
- метод коммутации каналов;
- метод коммутации пакетов;
- метод коммутации сообщений.

Каждый из этих методов имеет свои преимущества и недостатки, но по прогнозам специалистов будущее принадлежит технологии коммутации пакетов, как более гибкой и универсальной.

12.1. Метод коммутации каналов

Метод коммутации каналов основан на образовании непрерывного составного физического канала из последовательно соединенных отдельных сегментов для прямой передачи данных между абонентскими системами. В сети с коммутацией каналов перед передачей данных выполняется процедура установления соединения, в процессе которой и создается составной канал.

Так, например, для установления соединения между АС1 и АС4 (рис. 12.1) по методу коммутации каналов АС1 необходимо передать запрос на установление соединения узлу коммутации УК1, указав адрес назначения АС4. УК1 выбирает маршрут образования составного канала, после чего передает запрос следующему узлу коммутации, в данном случае УК2. Затем УК2 передает запрос коммутатору УК5, а тот, в свою очередь, передает запрос УК3. Если АС4 принимает запрос на установление соединения, то она направляет по уже установленному каналу подтверждение АС1, после чего составной канал считается скоммутированным и абонентские системы АС1 и АС4 могут обмениваться по нему данными (рис. 12.2).



- $t_{ФПЗ}$ – время формирования и передачи запроса на соединение;
- $t_{ФПП}$ – время формирования и передачи подтверждения соединения;
- $t_{УС}$ – время установления соединения (коммутации составного канала);
- $t_{ПД}$ – время передачи данных.

Рис. 12.2. Передача данных в сетях с коммутацией каналов

Время передачи данных $t_{\text{ПД}}$ в сетях с коммутацией каналов в общем случае определяется объемом передаваемой информации и пропускной способностью канала. Наибольшая эффективность данного метода коммутации достигается при передаче с постоянной скоростью больших объемов информации между двумя абонентскими системами.

Для организации дуплексного режима работы скомутированного канала (передача данных ведется одновременно в двух направлениях) могут применяться технологии частотного (Frequency Division Multiplexing, FDM) или временного (Time Division Multiplexing, TDM) мультиплексирования.

В волоконно-оптических кабелях для организации дуплексного режима работы применяется передача данных в одном направлении с помощью светового пучка одной длины волны, а в обратном – другой длины волны. Такая технология относится к методу FDM, однако для оптических кабелей она получила название разделения по длине волны (Wave Division Multiplexing, WDM).

К основным достоинствам метода коммутации каналов относится следующее:

- возможность использования скомутированного составного канала для организации дуплексного (диалогового) информационного обмена между абонентами;
- возможность организации информационного обмена между абонентами в реальном масштабе времени;
- обеспечение полной прозрачности канала при передаче информации.

Недостатками данного метода коммутации являются:

- снижение пропускной способности телекоммуникационной сети из-за монополизации большого числа сегментов составного канала связи одной парой абонентских систем на все время их информационного взаимодействия;
- значительные временные затраты на формирование канала связи в случае ожидания освобождения отдельных его сегментов;
- неравномерность загрузки каналов при передаче информационных потоков различной интенсивности (при пульсациях трафика).

12.2. Метод коммутации пакетов

Метод коммутации пакетов относится к логическим видам коммутации, так как при его использовании между взаимодействующими абонентскими системами формируется только логический канал.

Метод коммутации пакетов основан на разбиении формируемых абонентскими системами и передаваемых по сети информационных сообщений (данных) на сравнительно небольшие части, называемые пакетами. Длина пакетов, в отличие от сообщений, ограничивается некоторым фиксированным размером.

Каждый пакет снабжается заголовком, в котором указывается адресная информация (номера АС источника и приемника), необходимая для доставки пакета по назначению, а также номер пакета, который будет использоваться абонентской системой – приемником для сборки сообщения (рис. 12.3).

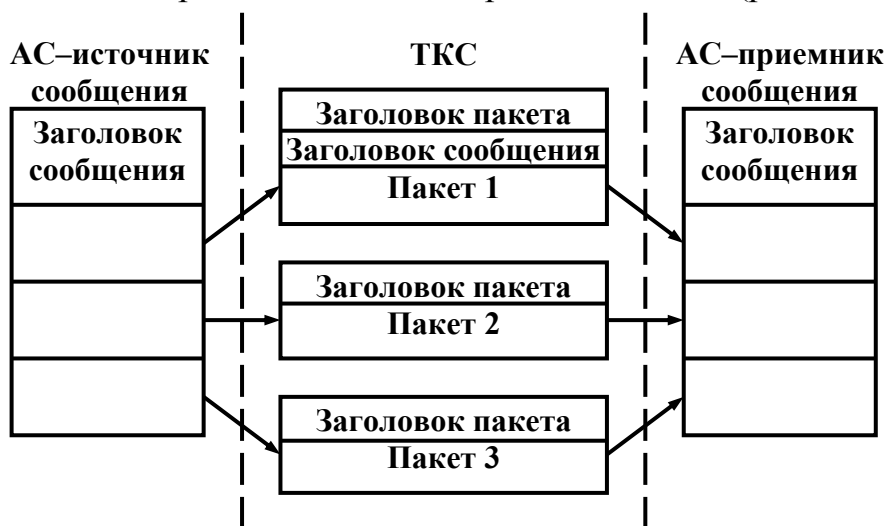


Рис. 12.3. Разбиение сообщения на пакеты

Пакеты передаются по сети как независимые информационные блоки и могут следовать от АС – источника к АС – приемнику даже по различным маршрутам. Узлы коммутации ТКС принимают пакеты от АС – источников и на основании адресной информации передают их друг другу, а в конечном итоге — АС – приемникам, в которых пакеты вновь объединяются в информационные сообщения.

Узлы коммутации пакетов являются более сложными по сравнению с узлами коммутации каналов. Они имеют внутреннюю буферную память для временного хранения пакетов на случай, если выходной порт в момент принятия

пакета занят передачей другого пакета (рис. 12.4). В этом случае пакет находится некоторое время в очереди пакетов в буферной памяти выходного порта, а когда до него дойдет очередь, то он передается следующему узлу коммутации. Такая схема передачи данных с временным мультиплексированием позволяет сглаживать пульсации трафика в каналах связи и тем самым использовать их наиболее эффективным образом для повышения пропускной способности ТКС в целом (рис 12.5).

На рис. 12.5 представлена временная диаграмма, иллюстрирующая принцип мультиплексирования пакетов. На первых трех осях изображены потоки пакетов, формируемые абонентскими системами АС1, АС2, АС3. Канал связи КС используется для обслуживания абонентских систем путем разделения во времени. Несмотря на пульсации передаваемых абонентскими системами пакетов канал связи загружен достаточно равномерно.

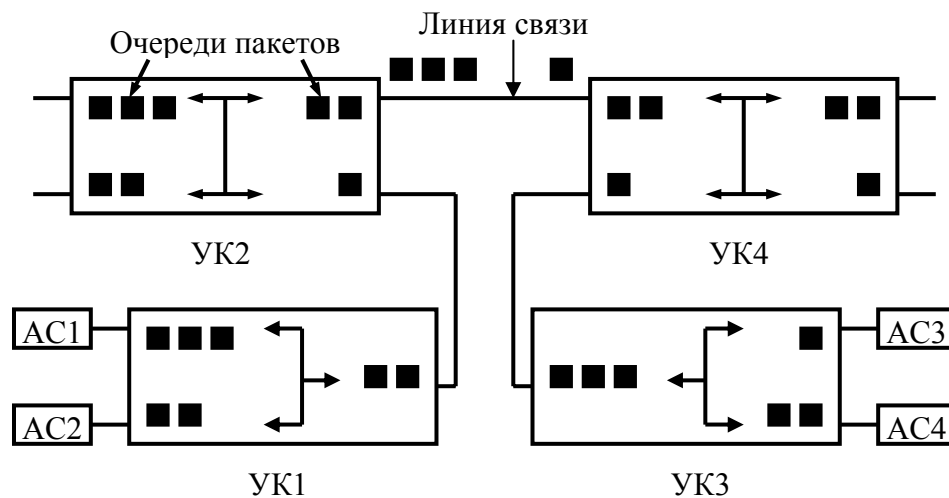


Рис. 12.4. Узлы коммутации пакетов

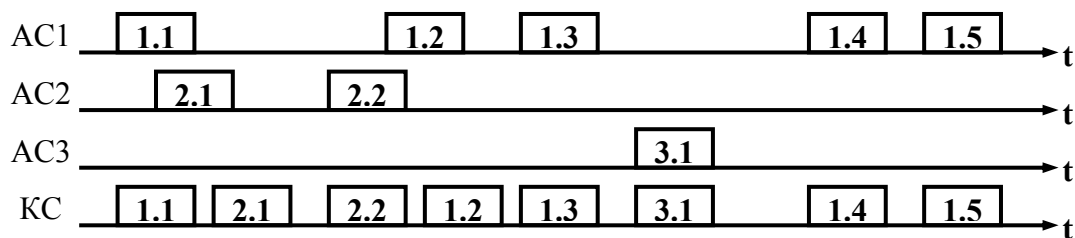


Рис. 12.5. Сглаживание пульсаций трафика в ТКС с коммутацией пакетов

В сетях с коммутацией пакетов сеансы информационного взаимодействия между конкретными парами абонентских систем в отдельных случаях могут быть более длительными, чем в сетях с коммутацией каналов. Однако, при большом количестве абонентских систем и узлов коммутации средний объем трафика, передаваемого по сетям с коммутацией пакетов, значительно больше, чем в сетях с коммутацией каналов при одинаковой пропускной способности каналов связи.

Рисунок 12.6 иллюстрирует в общем виде процесс передачи информационного сообщения из четырех пакетов от абонентской системы АС3 через узлы коммутации УК3 и УК5 к абонентской системе АС6.

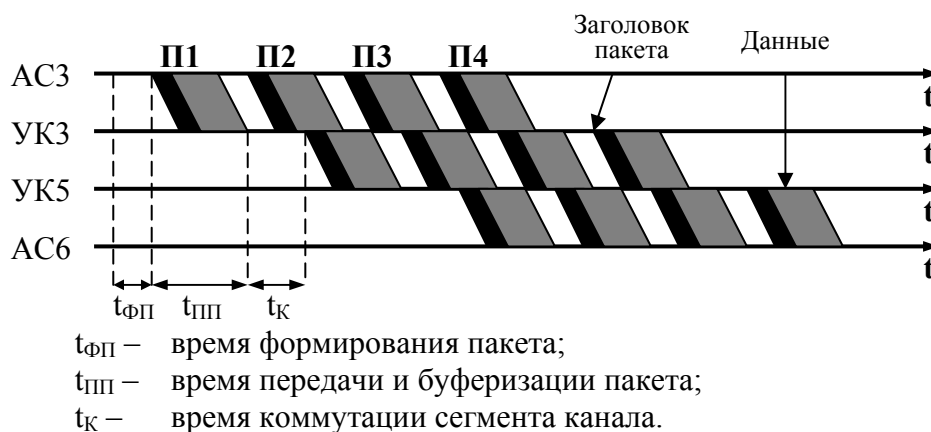


Рис.12.6. Передача данных в сетях с коммутацией пакетов

Передача пакетов в телекоммуникационной сети может осуществляться двумя способами: дейтаграммным и на основе организации виртуального канала.

Дейтаграммный способ предусматривает передачу пакетов как не связанных между собой данных. В этом случае каждый пакет может следовать по сети любым возможным маршрутом и поступать к АС–приемнику в произвольном порядке.

Дейтаграммный способ не гарантирует высокую надежность доставки пакетов получателю, но обеспечивает высокую скорость информационного обмена, так как не требует предварительного установления соединения между АС и

узлами коммутации сети. Кроме того, дейтаграммный способ передачи пакетов позволяет быстрее адаптироваться к изменениям в сети.

Организация виртуального канала предусматривает предварительный выбор единственного маршрута передачи пакетов между АС-источником и АС-приемником. Пакеты в этом случае передаются по сети в виде строгой последовательности связанных между собой данных. Основное свойство виртуального канала – сохранение порядка поступления пакетов. При этом отсутствие в пункте назначения даже одного пакета исключает возможность передачи всех последующих пакетов.

При организации виртуального канала узлы коммутации сети запоминают маршрут для данного соединения, и все пакеты данного соединения отправляются по проложенному маршруту.

При использовании способа виртуальных каналов время, затраченное на установление виртуального канала, компенсируется последующей быстрой передачей всего потока пакетов. Узлы коммутации распознают принадлежность пакета к виртуальному каналу по специальной метке – номеру виртуального канала, а не анализируют адреса АС – приемников, как это делается при дейтаграммном методе.

К основным достоинствам метода коммутации пакетов относится:

- более высокая по сравнению с методом коммутации каналов эффективность использования ресурсов телекоммуникационной сети;
- возможность сглаживания в разделяемых каналах связи пульсаций трафика;
- возможность использования каналов с различной пропускной способностью;
- высокая адаптивность к изменению условий передачи данных в сети.

Недостатками метода коммутации пакетов являются:

- неопределенность пропускной способности соединения между двумя взаимодействующими абонентскими системами;
- использование более сложных и дорогостоящих узлов коммутации;
- трудность организации интерактивного (диалогового) режима обмена данными и обмена данными в реальном масштабе времени.

12.3.Метод коммутации сообщений

Метод коммутации сообщений, как и метод коммутации пакетов, относится к логическим видам коммутации.

Метод коммутации сообщений основан на передаче единого информационного блока данных (сообщения) между абонентскими системами с временной буферизацией этого блока в специализированной памяти промежуточных узлов коммутации. Сообщения в отличие от пакетов имеют произвольную длину, которая определяется не технологическими соображениями, а содержанием информации, составляющей сообщение. Например, сообщением может быть текстовый или графический документ, файл с кодом программы, электронное письмо и т.п.

Метод коммутации сообщений используется для передачи данных, не требующих высокой оперативности их обработки.

В телекоммуникационных сетях метод коммутации сообщений начал использоваться раньше, чем метод коммутации пакетов. Однако, в настоящее время вытесняется последним, как более эффективным по критерию пропускной способности сети, и самостоятельно практически не используется.

В современных телекоммуникационных сетях метод коммутации сообщений используется только в отдельных сетевых службах прикладного уровня, не требующих высокой оперативности обработки информации, причем чаще всего совместно с методом коммутации пакетов.

Графическая иллюстрация метода приведена на рис. 12.7.

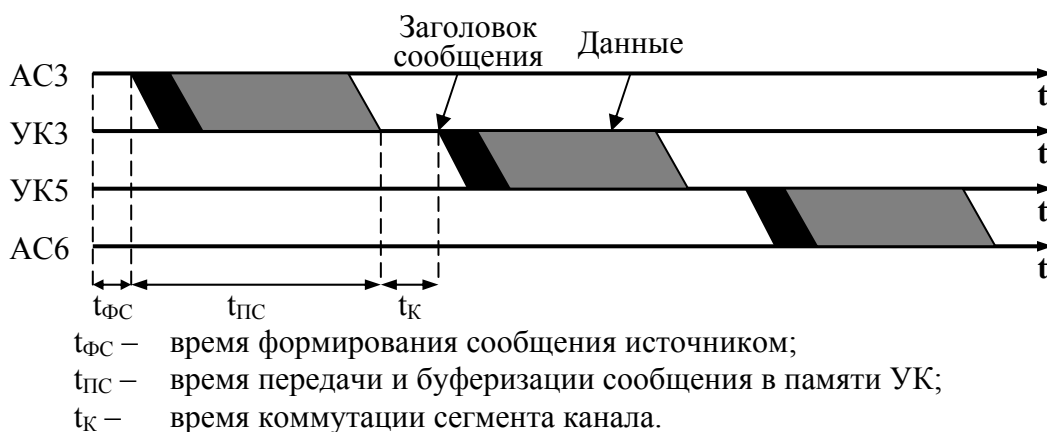


Рис. 12.7. Передача данных в сетях с коммутацией сообщений

ЧАСТЬ III. ЛОКАЛЬНЫЕ СЕТИ ЭВМ

13. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЛОКАЛЬНЫХ СЕТЯХ ЭВМ

Локальные сети ЭВМ, начиная с середины 70-х годов XX века, активно внедряются практически во все сферы человеческой деятельности. Они широко используются в науке, экономике и промышленности, в государственных и коммерческих учреждениях, входят в состав комплексов средств автоматизации сложных военно-технических систем, объектов военного назначения и систем вооружения. Особенно характерно их наличие в составе систем вооружения частей РКО.

13.1. Особенности локальных сетей ЭВМ и области их применения

Локальной сетью ЭВМ (локальной вычислительной сетью) называют сеть, образованную взаимодействующими между собой абонентскими системами и коммуникационными устройствами, расположенными в пределах ограниченного пространства (в радиусе до 10 км.).

Бурное развитие и внедрение локальных сетей ЭВМ (ЛС ЭВМ) началось в середине 70 – х годов XX века и продолжается по настоящее время. Локальные сети предназначены и используются для сбора, накопления, передачи, расщепленной и распределенной обработки информации в пределах одной организации, предприятия, воинской части или подразделения. Локальные сети могут входить в состав автоматизированных систем управления различного назначения, в том числе и военного.

Основными особенностями локальных сетей ЭВМ являются:

- размещение абонентских систем и коммуникационного оборудования на ограниченной территории;
- высокая интенсивность информационного обмена между абонентскими системами по сетевым каналам связи;
- передача информации по сетевым каналам связи в дискретной форме;

- возможность оперативного информационного взаимодействия всех абонентских систем сети между собой;
- простота изменения конфигурации сети;
- малые затраты на создание, использование, наращивание возможностей и обслуживание сети.

Внедрение и использование локальных сетей ЭВМ позволяет создавать высокоэффективные универсальные и специализированные комплексы средств автоматизации управления деятельностью административными, промышленными и военными объектами. При этом обработка осуществляется в непосредственной близости от источников и потребителей информации, что значительно сокращает временные затраты на ее передачу по каналам связи.

Основными областями применения локальных сетей ЭВМ являются:

- автоматизация административно-хозяйственной и управленческой деятельности в государственных и коммерческих учреждениях, в воинских частях и подразделениях;
- автоматизация управления производственными и технологическими процессами, службами оперативного реагирования, сложными социо-техническими и военно-техническими системами и комплексами вооружений;
- автоматизация опытно-конструкторских работ, научных исследований и разработок;
- создание информационно-справочных систем, распределенных баз и банков данных;
- автоматизация обучения, подготовки и переподготовки кадров.

13.2. Характеристики и классификация локальных сетей ЭВМ

К основным характеристикам локальных сетей ЭВМ относятся:

- территориальная протяженность сети (канала связи);
- число и тип абонентских систем в сети;
- тип физической среды, используемой для передачи информации в сети;
- скорость передачи данных (пропускная способность сети);

- топология сети;
- методы доступа к физической среде передачи информации;
- способ управления ресурсами сети;
- возможность связи ЛС между собой и с сетью более высокого уровня, и другие характеристики.

Перечисленные характеристики обычно используются и в качестве признаков классификации локальных сетей ЭВМ. Кратко проанализируем их.

В зависимости от территориальной протяженности (длины общего канала связи) различают следующие виды локальных сетей:

- сети малой протяженности (длина канала связи до 500 м);
- сети средней протяженности (длина канала связи до 1 км);
- сети большой протяженности (длина канала связи до 10 км и более).

По количеству абонентских систем различают:

- малые сети (до 20 абонентских систем);
- средние сети (до 50 абонентских систем);
- большие сети (более 50 абонентских систем);

По типу абонентских систем различают:

- однородные локальные сети;
- неоднородные локальные сети.

В однородных локальных сетях абонентские системы представляют собой однотипные ЭВМ с однотипным периферийным оборудованием. Неоднородные локальные сети строятся на основе ЭВМ, относящихся к различным классам или платформам.

В зависимости от типа передающей (физической) среды различают:

- локальные сети на витой паре проводов;
- локальные сети на коаксиальном кабеле (в настоящее время практически не используются);
- локальные сети на волоконно-оптическом кабеле;
- беспроводные локальные сети.

По скорости передачи данных (пропускной способности) локальные сети подразделяются на:

- сети с малой пропускной способностью (до 10 Мбит/с);
- сети со средней пропускной способностью (от 10 до 100 Мбит/с);
- сети с большой пропускной способностью (100 и более Мбит/с).

Достаточно высокая скорость передачи данных позволяет строить локальные сети ЭВМ на основе одного моноканала, обслуживающего все абонентские системы сети в режиме мультиплексирования.

По топологической структуре локальные сети подразделяются на:

- сети с шинной топологией;
- сети со звездообразной топологией;
- сети с кольцевой топологией;
- сети со смешанными и другими видами топологий.

Большинство современных локальных сетей (более 90%) построены на основе шинной, звездообразной или кольцевой топологий. Примеры различных сетевых топологических структур были рассмотрены в первом разделе дисциплины.

По методу доступа к передающей (физической) среде различают:

- локальные сети со случайным доступом к моноканалу;
- локальные сети с детерминированным доступом к моноканалу.

В сетях со случайным доступом при одновременном обращении к моноканалу нескольких абонентских систем возникают конфликтные ситуации, приводящие к значительным временным задержкам передачи информации. Это ограничивает применение таких сетей для работы в реальном масштабе времени. Методы случайного доступа к моноканалу используются в сетях с шинной топологией. Наибольшее распространение получил метод множественного доступа с контролем несущей и обнаружением конфликтов (МДКН/ОК – CSMA/CD, carrier sense multiple access with collision detection).

В сетях с детерминированным доступом каждой абонентской системе выделяется определенный квант времени для обращения к моноканалу. Кон-

фликтные ситуация в этом случае отсутствуют, что позволяет использовать сети для обработки информации в реальном масштабе времени. Наибольшее распространение получил детерминированный метод доступа «маркерное кольцо» (метод доступа Token Ring).

Особенности различных методов доступа к моноканалу будут рассмотрены ниже.

По способам управления ресурсами локальные сети подразделяются на:
сети с централизованным управлением (сети типа клиент–сервер);
сети с децентрализованным управлением (одноранговые сети).

В сетях с централизованным управлением один из компьютеров реализует функции управления всеми ресурсами сети или предоставляет собственные ресурсы всем остальным сетевым компьютерам по их запросам. Такой компьютер называется сервером, а все остальные – клиентскими рабочими станциями или клиентами.

В сетях с децентрализованным управлением все сетевые рабочие станции имеют одинаковые возможности по предоставлению и использованию сетевых ресурсов и могут выполнять функции как серверов, так и клиентов.

Возможность связи ЛС между собой и с сетями более высокого уровня определяется наличием дополнительного коммуникационного оборудования (модемов, коммутаторов, мостов, маршрутизаторов и т.п.) и соответствующих программных средств и систем.

13.3. Архитектура и стандарты локальных сетей ЭВМ

Под *архитектурой сети ЭВМ* понимается совокупность сетевых аппаратных и программных решений, методов доступа к сетевым ресурсам и используемых протоколов.

Архитектура локальных сетей ЭВМ базируется на принципе многоуровневого управления процессами, реализуемого иерархической совокупностью протоколов и интерфейсов, и практически полностью соответствует семиуровневой архитектуре эталонной модели взаимодействия открытых систем (модели

OSI). Основное отличие архитектур заключается в реализации физического и канального уровней. Эти уровни в наибольшей степени отражают специфику локальных сетей. Физический уровень определяет тип используемого кабеля, электрических разъемов, форму и способ кодирования дискретных сигналов. Канальный уровень обеспечивает передачу информационных кадров (пакетов) между абонентскими системами, входящими в состав одной сети.

В архитектуре локальных сетей канальный уровень делится на два подуровня (рис. 13.1):

- управления логическим каналом передачи данных (Logical Link Control, LLC);
- управления доступом к среде (Media Access Control, MAC).

Подуровень MAC управляет доступом к разделяемому моноканалу. Он преобразует разделяемый физический моноканал в виртуальные каналы типа «точка-точка» между парами абонентских систем.

7. Прикладной уровень	
6. Представительный уровень	
5. Сеансовый уровень	
4. Транспортный уровень	
3. Сетевой уровень	
2. Канальный уровень	2.2 Подуровень LLC
	2.1. Подуровень MAC
1. Физический уровень	

Рис.13.1. Архитектура локальных сетей ЭВМ

В современных локальных сетях получили распространение несколько протоколов MAC-уровня, реализующих различные алгоритмы доступа к разделяемой среде. Эти протоколы полностью определяют специфику таких сетевых технологий как Ethernet, Token Ring, FDDI, 100VG-AnyLAN.

Подуровень LLC обеспечивает достоверную передачу информационных кадров между абонентскими системами, а также реализует функции интерфейса с прилегающим к нему сетевым уровнем. Для подуровня LLC также существует несколько вариантов протоколов, отличающихся наличием или отсутствием на

этом подуровне процедур восстановления кадров в случае их потери или искажения, то есть отличающихся качеством транспортных услуг этого уровня.

Протоколы подуровней MAC и LLC взаимно независимы - каждый протокол MAC-уровня может применяться с любым типом протокола LLC-уровня и наоборот.

Проектирование и построение локальных сетей осуществляется на основе стандартов, разработанных рабочей группой 802 IEEE (Института инженеров по электротехнике и электронике США). Стандарты, получившие наибольшее распространение, приведены в таблице 13.1.

Для каждого из этих стандартов определены спецификации физического уровня, определяющие среду передачи данных (коаксиальный кабель, витая пара или оптоволоконный кабель), ее параметры, а также методы кодирования информации для передачи по данной среде.

Таблица 13.1. Стандарты IEEE 802.x

Стандарт	Содержание стандарта
802.1	Основные понятия и определения, общие характеристики и требования к локальным сетям.
802.2	Определяет подуровень управления логическим каналом LLC.
802.3	Описывает коллективный доступ с опознаванием несущей и обнаружением конфликтов (Carrier sense multiple access with collision detection - CSMA/CD), прототипом которого является метод доступа стандарта Ethernet;
802.4	Определяет метод доступа к шине с передачей маркера (Token bus network), прототип - ArcNet;
802.5	Описывает метод доступа к кольцу с передачей маркера (Token ring network), прототип - Token Ring.
802.11 802.16	Определяют принципы построения и функционирования беспроводных локальных сетей.

14. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА И ОБОРУДОВАНИЕ ЛОКАЛЬНЫХ СЕТЕЙ ЭВМ.

Технические средства и оборудование локальных сетей ЭВМ можно разделить на три функциональные группы:

- сетевое оконечное оборудование;
- коммуникационное оборудование;
- структурированные кабельные системы.

Знание назначения, характеристик и возможностей сетевых устройств каждой группы может способствовать оптимизации построения и эксплуатации локальных сетей различного назначения, в том числе и входящих в комплексы средств автоматизации частей ракетно-космической обороны.

14.1 Оконечное оборудование

Абонентские системы локальных сетей ЭВМ представляют собой сетевое оконечное оборудование.

Под *оконечным оборудованием* понимаются все устройства, являющиеся источниками или приемниками информации, передаваемой по сети.

Наиболее типичными представителями оконечного оборудования являются сетевые компьютеры (рабочие станции), серверы и периферийные устройства, совместно используемые всеми абонентами сети (рис. 14.1).

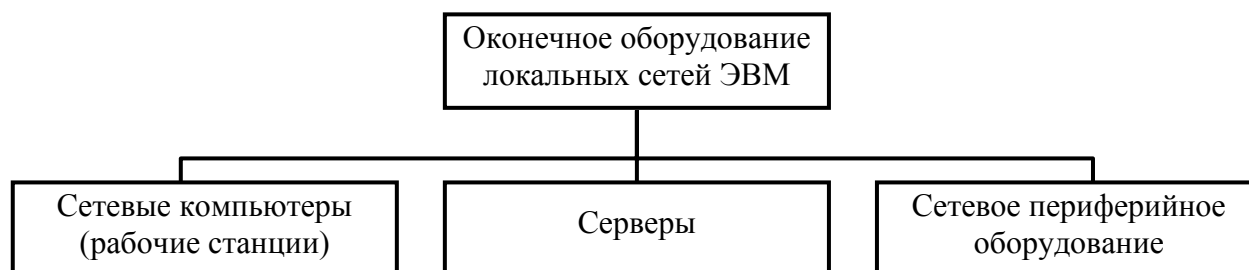


Рис. 14.1. Оконечное оборудование локальных сетей

Из всего многообразия оборудования перечислим наиболее широко распространенные типы и дадим их краткие характеристики.

Компьютеры, подключенные к локальной сети, называются *сетевыми рабочими станциями* и являются самым универсальным сетевым оборудованием. Прикладное использование компьютеров в сети определяется их программным обеспечением (ПО) и установленными дополнительными техническими средствами. Установка мультимедийного оборудования позволяет использовать сетевые компьютеры не только для локальной или распределенной обработки данных, но и в качестве IP-телефонов, видеотелефонов, терминалов видеоконференцсвязи, видео- и звуковоспроизводящей или записывающей цифровой аппаратуры. Сетевой интерфейс обеспечивается сетевыми адаптерами (сетевыми картами) и программными средствами операционной системы. Для дальних коммуникаций могут использоваться, внутренние или внешние модемы.

Сетевые адаптеры (СА) могут входить в состав системной платы рабочей станции (интегрированные СА) или подключаться к ней через слоты (разъемы) расширения. СА обеспечивают формирование информационных кадров (пакетов), передачу и прием информационных кадров из сети, буферизацию данных для согласования скорости их приема и передачи, кодирование и декодирование данных, проверку правильности передачи данных, установление соединения с требуемой абонентской системой и т.п.

Серверы сети – это аппаратно – программные системы, выполняющие функции управления распределением сетевых ресурсов общего доступа. Серверы могут использоваться и в качестве сетевых рабочих станций. Аппаратная часть сервера обычно представляет собой мощный универсальный или специализированный компьютер. В составе локальных сетей может быть одновременно несколько различных серверов (файл – сервер, сервер приложений, принт – сервер и т.д.).

Для подключения серверов к сети обычно используются полнодуплексные высокопроизводительные сетевые адаптеры для высокоскоростных шин.

Серверы могут иметь возможность «горячей» замены (hot swap) дисковых накопителей, резервирование питания, блокировку несанкционированного

доступа, средства мониторинга состояния (включая возможность сообщения о критических событиях на пейджер администратора). Серверы, как правило, должны иметь высокопроизводительную дисковую подсистему, в качестве интерфейса которой используют шину SCSI.

Терминалы – это устройства удаленного ввода–вывода информации. Используются в клиент-серверных системах в качестве рабочих мест пользователей, а также в качестве консоли для управления сетевым оборудованием.

Разделяемые (сетевые) принтеры обеспечивают печать заданий от множества пользователей локальной сети. В общем случае для этого требуется принт-сервер – средство выборки заданий из очереди (очередей) и собственно принтер, логически подключенный к принт-серверу. В роли принт-сервера может выступать сетевая рабочая станция (рис.14.2а) или отдельное устройство (микроконтроллер), непосредственно встраиваемое в сетевой принтер. Принт-сервер всегда снабжается сетевым интерфейсом, поэтому сетевой принтер территориально может располагаться в любом месте помещения, где есть розетка кабельной сети (рис.14.2б).

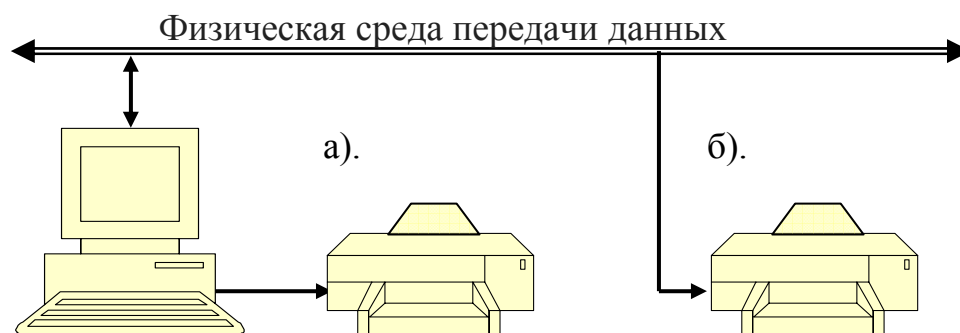


Рис.14.2. Подключение сетевых принтеров:
а – через сетевую рабочую станцию; б – через встраиваемый принт-сервер.

14.2 Коммуникационное оборудование

Под *коммуникационным оборудованием* локальных сетей понимаются устройства, обеспечивающие передачу информационных пакетов (кадров) между всеми абонентскими системами сети и взаимодействие с другими сетями ЭВМ. Коммуникационное сетевое оборудование не является источником или конечным получателем данных.

Наиболее типичное коммуникационное оборудование локальных сетей ЭВМ представлено на рис.14.3.

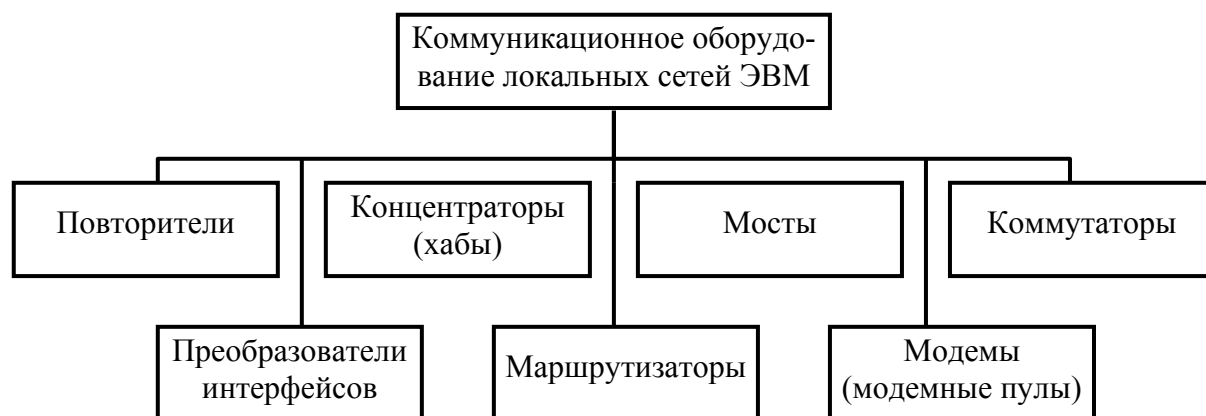


Рис. 14.3. Коммуникационное оборудование локальных сетей ЭВМ

Кратко охарактеризуем перечисленные устройства.

Повторители (repeater) — устройства, усиливающие электрические сигналы и обеспечивающие сохранение их формы и амплитуды при передаче на большие расстояния. Используются для физического соединения различных сегментов кабеля локальной сети с шинной топологией с целью увеличения общей протяженности сети.

Концентраторы или хабы (hub) – разновидность повторителей. Имеют несколько портов, что позволяет подключать к одному концентратору одновременно несколько физических сегментов сети. Концентраторы ретранслируют сигналы, пришедшие на один из портов, на все другие порты. Концентраторы всегда изменяют физическую топологию сети на звездообразную, но оставляют без изменения ее логическую топологию.

Мосты (bridge) – устройства, позволяющие разделять единую локальную сеть на несколько логических сегментов и изолировать трафик одного логического сегмента от другого. Локализация трафика внутри сегментов позволяет повысить общую пропускную способность сети. Информационное взаимодействие между сегментами осуществляется только в том случае, когда источник и приемник информации находятся в разных сегментах. Одновременно информационный обмен может осуществляться только между одной парой сегментов. В

настоящее время мосты вытесняются из состава сетевого оборудования коммутаторами.

Коммутаторы (switch) – по логике работы идентичны мостам, но за счет большей интеллектуализации своей работы способны осуществлять информационный обмен одновременно между несколькими парами логических сегментов сети.

Преобразователи интерфейсов (media converter) – устройства, позволяющие использовать в одной локальной сети различные типы передающей физической среды. Позволяют осуществлять переходы от одной среды передачи к другой (например, от витой пары к оптоволокну или радиоканалу) без логического преобразования сигналов, а также позволяют увеличивать общую протяженность сети.

Маршрутизаторы (router) — устройства, обеспечивающие информационный обмен между логически не связанными локальными сетями ЭВМ. Маршрутизаторы анализируют содержание информационного кадра, определяют его дальнейший наилучший путь, выполняют его некоторое протокольное преобразование для согласования и передачи в другую сеть, создают нужный логический канал и передают сообщение по назначению. Маршрутизаторы обеспечивают достаточно сложный уровень сервиса: они могут соединять сети с разными методами доступа к передающей среде; перераспределять нагрузки в линиях связи, направляя информационные кадры в обход наиболее загруженных участков и т. д.

Модемы — устройства для передачи информационных кадров на большие расстояния по выделенным или коммутируемым линиям. Интерфейс со стороны оконечных устройств (источников и приемников данных) может быть последовательным, параллельным, шиной USB и т.п. В состав локальных сетей могут входить модемные пулы и LAN-модемы.

Модемный пул — сборка из нескольких модемов, которые со стороны сетевого оконечного оборудования объединены общим портом с интерфейсом локальной сети (как правило, Ethernet). Каждый модем пула подключается к

своей внешней линии. Устройство позволяет одновременно нескольким (в пределах числа модемов и линий) абонентам локальной сети пользоваться индивидуальными выходами во внешний мир (dial-out) и/или обеспечивать нескольким внешним пользователям доступ к локальной сети (dial-in).

LAN-модем — комбинация модема и маршрутизатора, имеющая в качестве интерфейса, обращенного к оконечному оборудованию, сетевой порт (обычно Ethernet). Позволяет одновременно пользоваться одним выходом во внешний мир группе абонентов локальной сети.

14.3 Структурированная кабельная система

Физическую среду передачи данных большинства современных локальных сетей ЭВМ образуют различные кабели. Постоянное увеличение размеров и объединение локальных сетей привело к появлению сложных кабельных систем и необходимости их структуризации в рамках отдельных учреждений и объектов гражданского и военного назначения.

Структурированная кабельная система (Structured Cabling System, SCS) – это набор коммутационных элементов (кабелей, разъемов, коннекторов, кроссовых панелей и шкафов), а также способы и методы их совместного использования, которые позволяют создавать регулярные, легко расширяемые структуры связей в сетях ЭВМ.

Структурированная кабельная система имеет иерархическую структуру и включает в себя (рис.14.4):

- точки (розетки) подключения к сети абонентских систем (в пределах отдельных помещений каждого этажа многоэтажного здания);
- горизонтальные подсистемы (в пределах каждого этажа);
- вертикальные подсистемы (между этажами многоэтажного здания);
- подсистему кампуса (в пределах одной территории с несколькими зданиями или объектами).

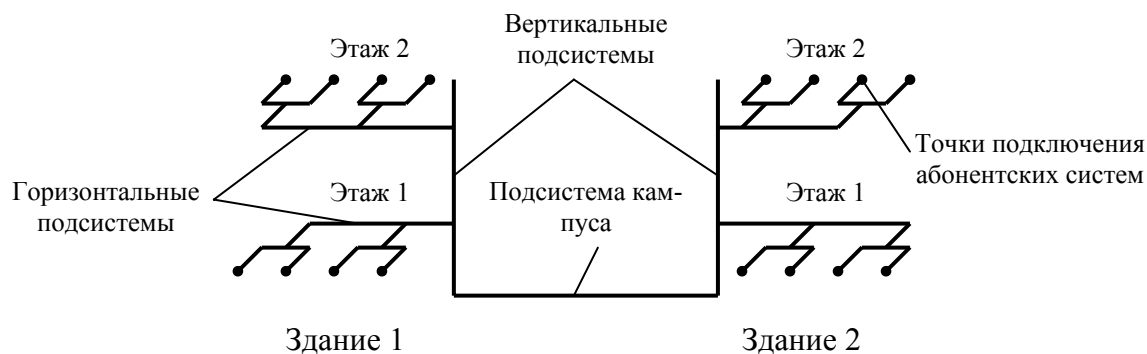


Рис. 14.4. Структурированная кабельная система локальной сети ЭВМ

Горизонтальные подсистемы соответствуют этажам здания. Они соединяют кроссовые шкафы этажей с розетками пользователей.

Вертикальные подсистемы соединяют кроссовые шкафы каждого этажа с центральным распределительным узлом здания.

Подсистема кампуса соединяет сетевое оборудование нескольких зданий между собой. Эта часть кабельной системы обычно называется магистралью.

Использование структурированной кабельной системы вместо хаотически проложенных кабелей дает следующие преимущества:

- *универсальность*. Структурированная кабельная система может использоваться как единая среда для передачи компьютерных данных в локальной сети ЭВМ, организации локальной телефонной сети, передачи видеoinформации и даже передачи сигналов от датчиков пожарной безопасности или охранных систем. Это позволяет автоматизировать многие процессы контроля, мониторинга и управления службами и системами жизнеобеспечения организации или военного объекта.
- *увеличение срока службы*. Срок морального старения хорошо структурированной кабельной системы может составлять 10-15 лет.
- *уменьшение стоимости* добавления новых пользователей и изменения их мест размещения. Известно, что стоимость кабельной системы значительна и определяется в основном не стоимостью кабеля, а стоимостью работ по его прокладке. Поэтому более выгодно провести однократную работу по

прокладке кабеля, возможно, с большим запасом по длине, чем несколько раз выполнять прокладку, наращивая длину кабеля. При таком подходе все работы по добавлению или перемещению пользователя сводятся к подключению компьютера к уже имеющейся розетке.

- *возможность легкого расширения сети.* Структурированная кабельная система является модульной, поэтому ее легко расширять. Например, к магистрали можно добавить новую подсеть, не оказывая никакого влияния на существующие подсети. Можно заменить в отдельной подсети тип кабеля независимо от остальной части сети. Структурированная кабельная система является основой для деления сети на легко управляемые логические сегменты, так как она сама уже разделена на физические сегменты.
- *обеспечение более эффективного обслуживания.* Структурированная кабельная система облегчает обслуживание и поиск неисправностей по сравнению с шинной кабельной системой. При шинной организации кабельной системы отказ одного из устройств или соединительных элементов приводит к трудно локализуемому отказу всей сети. В структурированных кабельных системах отказ одного сегмента не действует на другие, так как объединение сегментов осуществляется с помощью концентраторов. Концентраторы диагностируют и локализуют неисправный участок.
- *надежность.* Структурированная кабельная система имеет повышенную надежность, поскольку производитель такой системы гарантирует не только качество ее отдельных компонентов, но и их совместимость.

15. БАЗОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОСТРОЕНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ СЕТЕЙ ЭВМ.

Сетевая технология – это совокупность согласованных между собой протоколов и реализующих их технических и программных средств, необходимых и достаточных для построения и нормального функционирования сети ЭВМ.

В настоящее время наибольшее распространение получили сетевые технологии Ethernet, Token Ring, FDDI, использующие для передачи данных кабельные каналы связи с различной топологией, также активно развиваются и внедряются технологии беспроводных локальных сетей, передача данных в которых между абонентскими системами осуществляется по каналам радиочастотной связи.

15.1. Сетевая технология Ethernet

Сетевая технология Ethernet была разработана корпорацией Xerox в начале 70 - х годов XX века. В начале 80 – х годов в результате совместной доработки компаниями Digital Equipment Corporation, Intel Corporation и Xerox Corporation была предложена технология Ethernet DIX, в дальнейшем принятая за основу международного стандарта локальных сетей IEEE 802.3. На сегодняшний день технология Ethernet / IEEE 802.3 являются наиболее распространенной. На ее основе построены более 80% существующих в мире локальных сетей.

Первоначально сети Ethernet / IEEE 802.3 строились на основе шинной топологии, а в качестве передающей среды использовался коаксиальный кабель (рис.15.1). В настоящее время в сетях Ethernet / IEEE 802.3 коаксиальный кабель практически полностью вытеснен витой парой проводов и волоконно-оптическим кабелем, а шинная топология – звездообразной, но с сохранением логической шины (рис.15.2). Появились новые поколения и модификации сетей с улучшенными характеристиками такие, как Fast Ethernet и Gigabit Ethernet.

В таблице 15.1 приведены характеристики различных поколений и модификаций сетей Ethernet / IEEE 802.3.

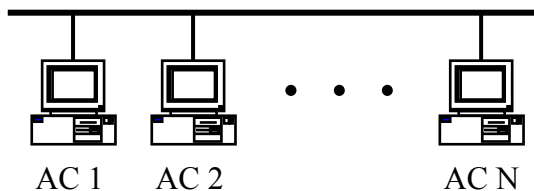


Рис.15.1. Сеть Ethernet / IEEE 802.3 с шинной топологией



Рис.15.2. Сеть Ethernet / IEEE 802.3 с топологией «звезда»

Таблица 15.1. Модификации сетей Ethernet / IEEE 802.3

Характеристики локальной сети	Ethernet / IEEE 802.3	Fast Ethernet / IEEE 802.3u	Gigabit Ethernet / IEEE 802.3z
Номинальная скорость передачи информации, Мбит/с	10	100	1000
Тип передающей среды	Витая пара, коаксиал, оптоволокно	Витая пара, оптоволокно	Витая пара, оптоволокно
Варианты модификаций	10 Base 5 10 Base 2 10 Base T 10 Base F	100 Base-TX, 100 Base-FX, 100 Base-T4	1000 Base-LX 1000 Base-SX 1000 Base-CX 1000 Base-T
Топология	Шина, звезда	Звезда	Звезда

Обозначение модификаций включает в себя три элемента:

- первый элемент – числовое значение (10, 100, 1000), обозначающее скорость передачи информации по сети в Мбит/с;
- второй элемент – «Base» обозначает, что передача сигналов осуществляется в основной полосе частот без высокочастотной модуляции;
- третий элемент – числовые и буквенные символы, обозначающие допустимую длину кабеля сетевого сегмента или тип передающей среды.

Все виды и модификации стандартов Ethernet / IEEE 802.3 используют для доступа к передающей среде метод множественного доступа с контролем

несущей и обнаружением конфликтов (МДКН/ОК – CSMA/CD, carrier sense multiple access with collision detection). Данный метод применяется только в сетях с логической общей шиной и разрешает доступ к передающей среде всем абонентским системам сети в любое время.

Перед началом передачи информации сетевой адаптер абонентской системы «прослушивает» сеть, чтобы определить ее занятость. Если среда передачи в данный момент кем-то используется, адаптер абонентской системы задерживает передачу данных. Если же - нет, то начинает передачу. После окончания передачи все АС обязаны выдержать технологическую паузу в 9,6 мкс для приведения своих сетевых адаптеров в исходное состояние и для предотвращения захвата передающей среды одной АС.

Конфликт (коллизия) происходит когда две или более АС, прослушав сетевой трафик и обнаружив «тишину», начинают передачу данных одновременно. В случае обнаружения конфликта все передачи прерываются, и АС должны повторить передачу данных спустя некоторое случайное время. Специальный алгоритм «задержки» определяет для каждой конфликтующей АС время повторной передачи (рис. 15.3).

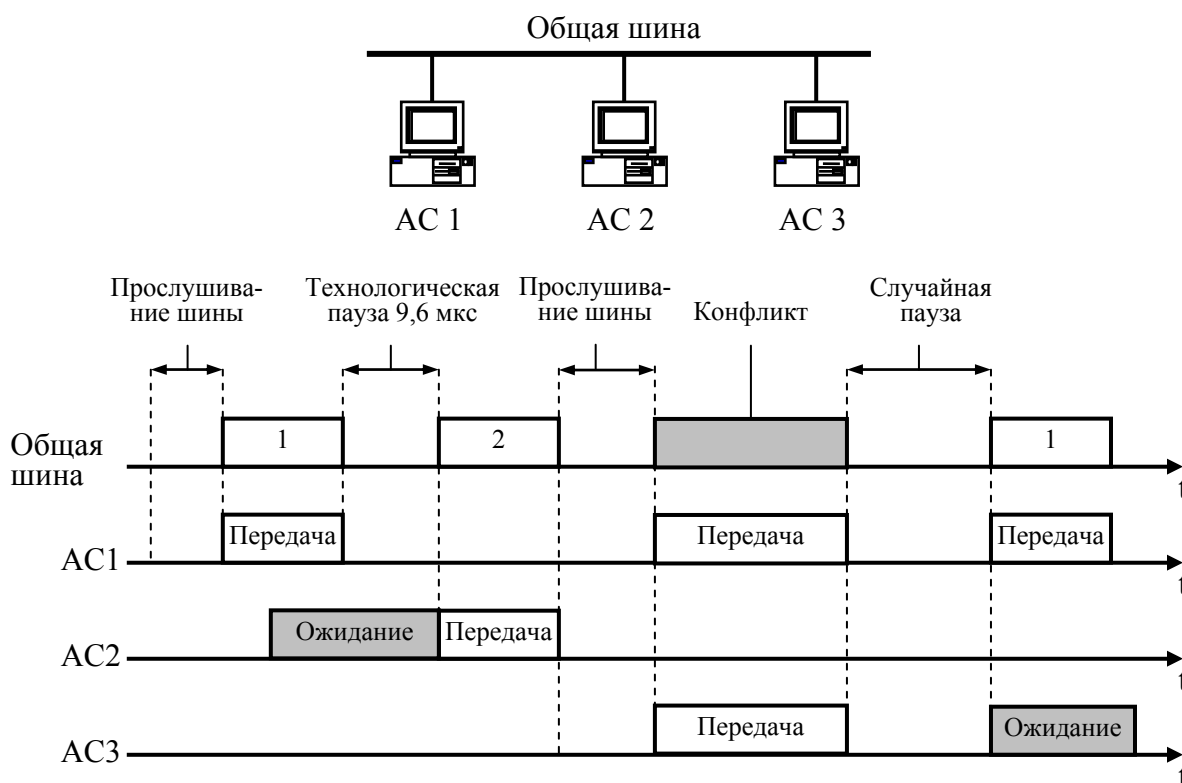


Рис. 15.3. Метод случайного доступа МДКН/ОК (CSMA/CD)

Сети Ethernet/IEEE 802.3 относятся к широковещательным. В таких сетях сетевые адаптеры абонентских систем принимают все передаваемые по сети информационные кадры и анализируют их адресную часть. Если АС распознает собственный адрес, то обработка кадра продолжается в ней в соответствии с протоколами верхних уровней.

Основной недостаток сетей Ethernet/IEEE 802.3 обусловлен жесткой зависимостью их пропускной способности от числа конфликтов в сети. Это делает невозможным работу сетей Ethernet/IEEE 802.3 в реальном масштабе времени. Увеличение в сети числа одновременно передающих АС приводит к увеличению количества конфликтов и к значительному снижению пропускной способности сети. Частично этот недостаток может быть устранен применением коммутаторов вместо концентраторов. При этом трафик между портами, подключенными к передающему и принимающему сетевым адаптерам, изолируется от других портов и адаптеров.

Достоинством различных вариантов сетей Ethernet/IEEE 802.3 является относительная простота их структуры и небольшие экономические затраты на построение и эксплуатацию сети.

15.2.Сетевая технология Token Ring

Сетевая технология Token Ring была разработана компанией IBM в начале 80 – х годов XX века. В дальнейшем она стала основой стандарта IEEE 802.5. Данная технология является основной технологией IBM для локальных сетей и по популярности занимает второе место после технологии Ethernet.

Локальные сети Token Ring/IEEE 802.5 могут иметь кольцевую (рис.15.4) или звездообразную (рис.15.5) физическую топологию, но логически данные всегда передаются по кольцу последовательно в одном направлении от одной абонентской системы к другой. В случае звездообразной топологии сеть строится на основе специального концентратора, способного автоматически отключать неисправные абонентские системы и реконфигурировать сеть.

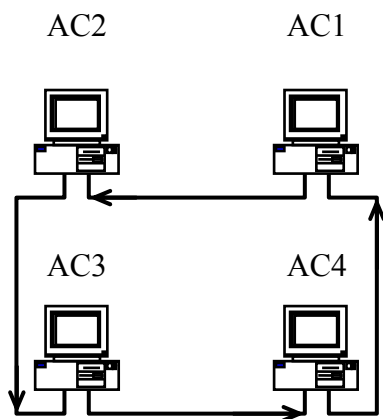


Рис.15.4. Сеть Token Ring/IEEE 802.5 с кольцевой топологией

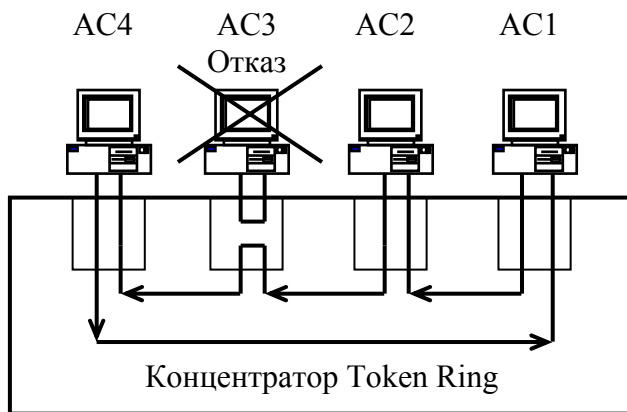


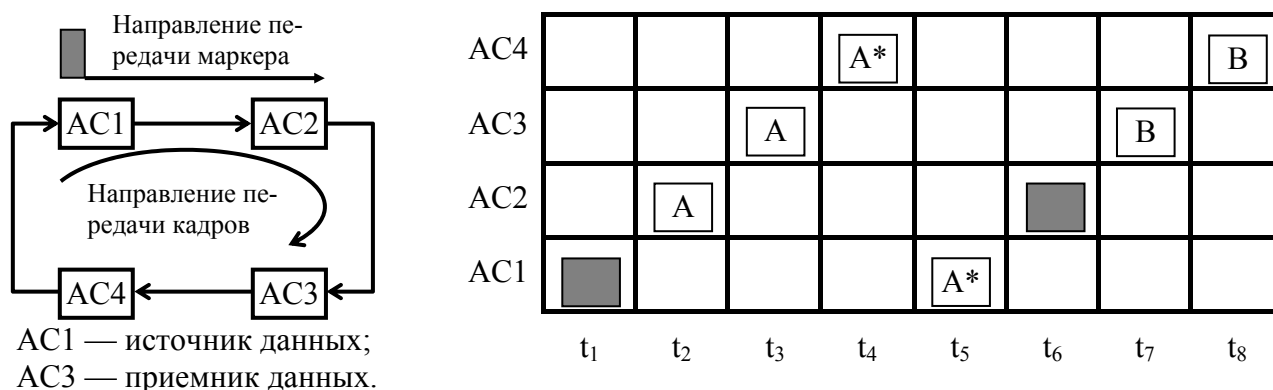
Рис.15.5. Сеть Token Ring/IEEE 802.5 с топологией звезда

В сетях Token Ring/IEEE 802.5 используется детерминированный маркерный метод доступа к разделяемой среде передачи данных, в качестве которой может использоваться витая пара или волоконно-оптический кабель (рис. 15.6).

При этом методе передачи информации по сети циркулирует небольшой блок данных – маркер. Каждая абонентская система принимает маркер и может удерживать его в течении определенного времени. Если АС не готова передавать информацию, то она просто ретранслирует маркер следующей абонентской системе. Если АС начинает передачу, она модифицирует маркер, который преобразовывается в последовательность «начало блока данных», после которой следует собственно передаваемая информация. На время прохождения данных маркер в сети отсутствует, таким образом, остальные АС не имеют возможности передачи и конфликты (коллизии) в сети невозможны в принципе. При прохождении АС назначения информация копируется в буфер ее сетевого адаптера с установлением признаков распознавания адреса и копирования и продолжает передаваться по кольцу, пока не достигнет абонентской системы – отправителя, где удаляется окончательно (рис.15.6).

Для обработки возможных ошибок, таких как потеря маркера, в состав сети включается АС с особыми полномочиями (активный монитор). Она может удалять информацию, отправитель которой не может удалить ее самостоятельно, а также восстанавливать потерянный маркер. Поскольку для Token Ring всегда можно заранее рассчитать максимальную задержку доступа к среде для

передачи информации, она может применяться в различных автоматизированных системах управления, производящих обработку информации и управление процессами в реальном масштабе времени. Для сохранения работоспособности сети при возникновении неисправностей предусмотрены специальные алгоритмы, позволяющие в ряде случаев изолировать неисправные участки путем автоматической реконфигурации. Скорость передачи, описанная в IEEE 802.5, составляет 4 Мбит/с, однако существует также реализация 16 Мбит/с, разработанная в результате развития технологии Token Ring. Локальные сети ЭВМ с детерминированным доступом позволяют организовать обработку и передачу информации в реальном масштабе времени.



t₁ – предоставление маркера AC1, модификация маркера и отправка информационного кадра A.

t₂ – прием и ретрансляция кадра A абонентской системой AC2.

t₃ – прием кадра AC3, распознавание адреса и запись кадра в буфер, установка признаков распознавания адреса и копирования (A*), дальнейшая ретрансляция кадра.

t₄ – прием и ретрансляция кадра A* абонентской системой AC4

t₅ – прием и удаление из кольца абонентской системой AC1 кадра A*.

t₆ – передача маркера AC2.

Рис. 15.6. Метод маркерного доступа

15.3.Сетевая технология FDDI

Технология FDDI (Fiber Distributed Data Interface – оптоволоконный интерфейс распределенных данных) была разработана в 1986 – 1988 годах комитетом Американского национального института стандартов (ANSI – American National Standard Institute). Она явилась дальнейшим развитием технологии Token Ring и стала первой технологией локальных сетей ЭВМ, использовавшей в качестве передающей среды оптоволоконный кабель.

Причинами разработки новой сетевой технологии стали возросшие требования к пропускной способности и надежности локальных сетей. Технология FDDI обеспечивает передачу данных по двойному кольцу оптоволоконного кабеля со скоростью 100 Мбит/с (рис. 15.7).

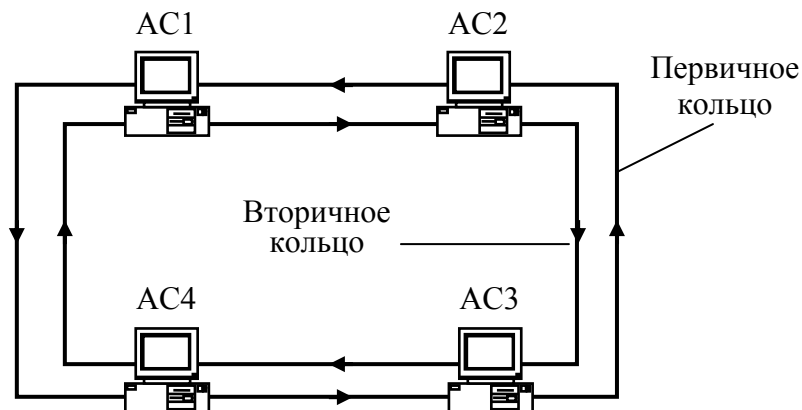


Рис. 15.7. Сеть FDDI

Протяженность кольца может составлять до 100 км. Максимальное количество абонентских систем – 500. Максимальное расстояние между АС – 2 км при использовании многомодового оптоволокна и 6-8 км – при одномодовом оптоволокне.

В локальных сетях FDDI используется бесприоритетный детерминированный маркерный метод доступа к передающей среде. Технология FDDI предусматривает деление передаваемого по сети трафика на синхронный и асинхронный, что позволяет обрабатывать информацию в реальном масштабе времени. Полоса пропускания сети, выделяемая для синхронного трафика, предоставляется абонентским системам при передаче критичной к временным задержкам информации (аудио- и видеoinформация). Полоса пропускания под асинхронный трафик предоставляется абонентским системам при передаче данных, допускающих значительные временные задержки.

Применение двух оптоволоконных колец позволяет существенно повысить надежность сети. В обычном режиме передача данных происходит по основному (первичному) кольцу, вторичное кольцо не задействуется (рис. 15.7). При возникновении неисправности в основном кольце (обрыв передающей среды, отказ оборудования АС) вторичное кольцо объединяется с первичным,

вновь образуя замкнутое кольцо (рис. 15.8). При множественных неисправностях сеть распадается на отдельные кольца. Реконфигурация сети выполняется сетевыми адаптерами абонентских систем или концентратором с помощью специальных оптических переключателей.

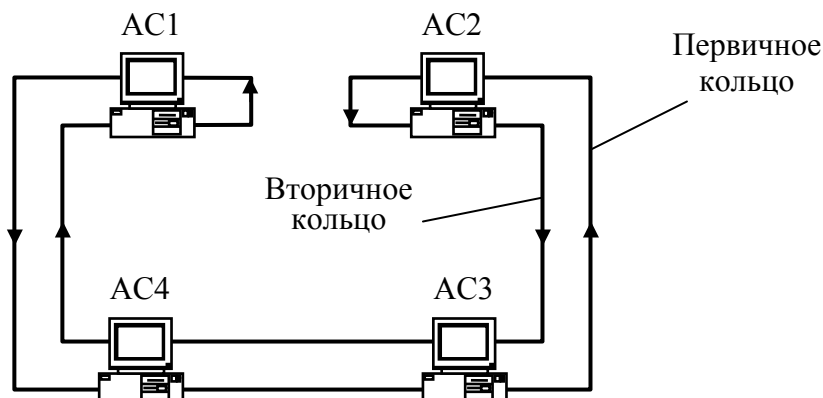


Рис. 15.8. Реконфигурация сети FDDI при отказах

Основными достоинствами технологии FDDI являются высокая надежность и пропускная способность сети, большие расстояния между абонентскими системами.

К недостаткам технологии относятся высокая стоимость сетевого оборудования и сложность его монтажа.

Основными областями применения технологии FDDI является построение высокоскоростных магистральных или широкомасштабных локальных сетей ЭВМ.

Технология, основанная на принципах FDDI, но с применением в качестве среды передачи медной витой пары, называется CDDI. Хотя стоимость построения сетей CDDI ниже, чем FDDI, теряется очень существенное преимущество - большие допустимые расстояния между абонентскими системами (расстояния между АС не более 100 м).

16. ВЫСОКОСКОРОСТНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЛОКАЛЬНЫХ СЕТЕЙ ЭВМ

16.1. Технология Fast Ethernet 100Мбит/с

В 1995 году комитет IEEE 802.3 принял стандарт IEEE 802.3u (дополнительные главы к стандарту IEEE 802.3), описывающий 100-мегабитную технологию Fast Ethernet. Новый стандарт не затронул канальный уровень (подуровни MAC и LLC), соответственно полностью сохранился метод доступа CSMA/CD, форматы кадров и временные соотношения. Все отличия между Ethernet и Fast Ethernet сосредоточены на физическом уровне.

Поскольку одной из целей разработки было обеспечение максимальной преемственности и согласованности 10-мегабитных и 100-мегабитных сетей, было принято решение увеличить скорость за счет сокращения до 10 нс битового интервала (против 100 нс в Ethernet). При этом максимально допустимое время оборота сигнала составило 2,6 мкс, поэтому максимальный диаметр сегмента Fast Ethernet составляет 205 м.

Сети Fast Ethernet могут строиться на волоконно-оптическом (многомодовом) кабеле (два волокна) или витой паре 5 категории (используется две пары). Коаксиальный кабель не используется. Сеть всегда строится на концентраторах или коммутаторах и имеет иерархическую топологию. Без концентратора можно соединить (при помощи специального кросс-кабеля) только две абонентские системы.

Физический уровень делится на подуровень согласования (Reconciliation Sublayer) и устройство физического уровня (Physical Layer Device), связанные через интерфейс, независимый от среды передачи (Media Independent Interface, МИ).

Уровень согласования необходим для того, чтобы канальный уровень (точнее, подуровень MAC), рассчитанный на интерфейс АUI, мог работать через интерфейс МИ.

Устройство физического уровня выполняет логическое кодирование (4В/5В или 8В/6Т), физическое кодирование (NRZI или MLT-3) и присоединение к среде передачи, а также автоматическое согласование режимов передачи (например, дуплексный или полудуплексный режим).

Версия физического уровня 100BaseFX определяет работу по многомодовому оптоволокну на длине волны 1300 нм. По одному волокну передаются данные от абонентской системы, по второму – к абонентской системе. Из FDDI заимствован метод логического кодирования 4В/5В и метод физического кодирования NRZI. В полудуплексном режиме максимальное расстояние между абонентскими системами – 412 м, при полном дуплексе – 2 км (по одномодовому оптоволокну – до 32 км). 100BaseFX несовместим с 10BaseFL, поскольку использует другую длину волны.

Версия физического уровня 100BaseTX определяет работу по витой паре (UTP или STP). Используется две пары, назначение проводников (разводка по контактам разъемов) полностью совпадает с 10-мегабитным Ethernet. Максимальная длина сегмента – 100 м. Логическое кодирование – 4В/5В, физическое кодирование – MLT-3.

Версия физического уровня 100BaseT4 определяет работу по устаревшей, но еще распространенной и дешевой витой паре (UTP 3 категории). Используется четыре пары: по трем парам передаются данные, четвертая используется для прослушивания несущей частоты и обнаружения коллизий. Логическое кодирование – 8В/6Т, которое обладает более узким спектром сигнала и при скорости 33,3 Мбит/с укладывается в полосу 16МГц (витая пара, 3 категория). Поскольку передача идет одновременно по трем парам, суммарная скорость составляет 100Мбит/с. Максимальная длина сегмента – 100 м.

Устройства, поддерживающие 100BaseTX или 100BaseT4, должны иметь функцию согласования режимов (auto-negotiation), позволяющую выбрать самый эффективный режим, доступный обоим участникам обмена. Всего определено 5 режимов (перечислены в порядке возрастания приоритета): 10BaseT, дуплексный 10BaseT, 100BaseTX, 100BaseT4, дуплексный 100BaseTX.

Для согласования узлы передают пакеты из 17-ти импульсов FLP (Fast Link Pulse), в которых содержится слово, кодирующее наиболее приоритетный из доступных режимов работы. Если одна из абонентских систем посылает импульсы NLP (используемые в 10BaseT для контроля целостности линии), вторая абонентская система распознаёт, что единственный возможный режим – это 10BaseT.

Существует еще несколько малораспространенных версий Fast Ethernet, из которых представляет интерес 100BaseSX, работающая по многомодовому оптоволокну на длине волны 830 нм (максимальная длина кабельного сегмента – 300 м). Этот стандарт совместим с 10BaseFL и поддерживает автоматическое согласование скорости передачи 10/100 Мбит/с.

В зависимости от того, какой набор методов логического кодирования поддерживает повторитель, он относится к классу I (поддерживает 4B/5B и 8B/6T) или к классу II (поддерживает только один из методов). Повторители класса I порты всех трех типов – 100baseFX, 100BaseTх, 100BaseT4, но, за счет необходимости преобразования схем кодирования, вносят большую задержку – до 140 бит. Поэтому в одном домене коллизий может быть не более одного повторителя класса I. Повторители класса II имеют либо порты 100BaseFX и 100BaseTX, либо только порты 100BaseT4. Вносимая задержка может достигать 92 бит (TX/FX) или 67 бит (T4). Максимальное количество повторителей класса II в одном домене коллизий – 2. Поскольку максимальный диаметр домена коллизий Fast Ethernet для витой пары – 205 м, а каждая станция может быть удалена от повторителя на расстояние до 100 м, в худшем случае повторители (только класса II) должны соединяться кабелем длиной не более 5 м.

16.2. Технология Gigabit Ethernet 1000 Мбит/с

Технология Gigabit Ethernet описывается двумя стандартами: IEEE 802.3z (1998 год) и IEEE 802.3ab (1999 год). Разработчики стандартов старались максимально сохранить идеи классического Ethernet. Как и при переходе от Ethernet к Fast Ethernet, основное новшество состояло в десятикратном (по

сравнению с Fast Ethernet) уменьшении длительности битового интервала – до 1нс. Для того, чтобы сохранить максимальный диаметр домена коллизий на уровне 200 м, пришлось увеличить минимальный размер кадра с 64 до 512 байт (4096 бит). Если передается короткий кадр, его поле данных должно быть дополнено до требуемой длины запрещенными символами. С другой стороны, эти ограничения диктуются необходимостью распознавания коллизий, что существенно только для полудуплексного режима работы. Для Gigabit Ethernet более характерен дуплексный режим, при котором длина кабельного сегмента ограничивается не временем двойного оборота, а затуханием сигнала и частотными свойствами линии.

Для снижения накладных расходов при передаче коротких кадров (например, подтверждений приема пакетов), предусмотрен пакетный режим передачи (Burst Mode). Узел может передать подряд несколько небольших кадров (не дополняя каждый из них до 512 байт), суммарной длиной не более 8192 байт. Отдельные кадры в такой группе могут быть адресованы разным получателям.

Стандарт IEEE 802.3z определяет следующие версии: 1000BaseSX, 1000BaseLX, 1000BaseCX.

Версия 1000BaseSX определяет работу по многомодовому оптоволокну на длине волны 850 нм. Максимальная длина сегмента при работе в полудуплексном режиме составляет 100 м. В дуплексном режиме максимальная длина кабеля зависит от его полосы пропускания и может достигать 800 м.

Версия 1000BaseLX определяет работу по многомодовому или одномодовому оптоволокну на длине волны 1310 нм. Максимальная длина сегмента для одномодового волокна достигает 5 км, а для многомодового – 550 м.

Версия 1000BaseCX использует в качестве среды передачи твинксильный (twinaxial) кабель, представляющий собой два коаксиальных кабеля (волновое сопротивление 75 Ом) в общей оплетке. По такому кабелю можно организовать только полудуплексный режим. Максимальная длина сегмента со-

ставляет 25 м, поэтому такой кабель наиболее применим для связи оборудования в пределах одной комнаты.

Стандарт IEEE 802.3ab определяет версию Gigabit Ethernet на витой паре 5 категории - 1000BaseT. Сигнал физически кодируется с использованием 5 уровней потенциала (код PAM-5) и передается одновременно по четырем парам. Код PAM-5 на тактовой частоте 125 МГц укладывается в полосу пропускания 100 МГц кабеля 5 категории. Для дуплексного режима передача ведется одновременно в обоих направлениях, а для выделения принимаемого сигнала, приемник вычитает из принятой смеси сигналов свой собственный сигнал. Для выполнения этой операции используются цифровые сигнальные процессоры.

16.3. Технология 100VG-AnyLAN

Комитет IEEE 802.12 в 1995 году принял технологию 100VG-AnyLAN, использующую новый метод доступа Demand Priority (приоритет запросов) и поддерживает кадры двух форматов – Ethernet и Token Ring. Эта технология была разработана фирмами Hewlett-Packard и AT&T. Аббревиатура VG (Voice Grade, для голоса) указывает на применимость технологии для телефонии, а AnyLAN (любая ЛВС) означает возможность работы с Ethernet и Token Ring.

Метод доступа Demand Priority основан на централизованном арбитраже доступа к среде передачи. Концентратор циклически опрашивает узлы, подключенные к его портам. Если узел желает передать кадр, он сообщает об этом концентратору и указывает приоритет кадра (всего определено два приоритета - низкий и высокий). Пока сеть занята, запрос ставится концентратором в очередь, обслуживаемую в порядке поступления запросов, но с учетом приоритетов. Если к порту подключен другой концентратор, то концентратор верхнего уровня ожидает, пока он не закончит опрос своих портов. Если сеть свободна, концентратор разрешает передачу пакета, анализирует адрес получателя, и передает кадр только на тот порт, к которому подключен получатель. Фактически, концентратор 100VG-AnyLAN выполняет функции моста: он ведет таблицу MAC-адресов и соответствующих им портов. MAC-адреса узлов определяются

в момент их подключения. В отличие от моста, концентратор 100VG-AnyLAN не выполняет буферизацию кадров, а побитно транслирует их в нужный порт.

Первоначальный вариант технологии 100VG-AnyLAN подразумевал использование 4 витых пар категории 3 (и выше). Позже были разработаны версии 100VGF-AnyLAN, работающие по двум парам категории 5 или по многомодовому оптоволокну.

При работе по витой паре 3 категории (гарантированная полоса пропускания 16 МГц), технология 100VG-AnyLAN задействует четыре пары для полудуплексной передачи (дуплексный режим не поддерживается). При этом по каждой паре передается 25 Мбит/с. Логическое кодирование – 5В/6В, физическое – NRZ.

Используется только строго иерархическая топология, допускается наличие до пяти уровней концентраторов. Длина любого кабельного сегмента (узел-концентратор или концентратор-концентратор) при использовании витой пары категории 3 - не более 100 м, а категории 5 – до 200 м. Диаметр сети может достигать 2 км. Максимальное количество узлов в сети – до 1024 (рекомендуется – до 250).

Технология 100VG-AnyLAN не определяет своего формата кадра, а может использовать либо кадры Ethernet 802.3, либо кадры Token Ring 802.5, но в одной сети может использоваться только один тип кадра. Оборудование 100VG-AnyLAN физически несовместимо с оборудованием других технологий, однако выпускались адаптеры 100VG-AnyLAN со встроенной поддержкой Ethernet (и двумя отдельными разъемами для подключения к сети 100VG-AnyLAN и к сети Ethernet). Такие адаптеры позволяли более плавно перейти от Ethernet к 100VG-AnyLAN, заменив сначала адаптеры, и только потом концентратор.

Централизованное управление доступом и наличие системы приоритетов позволяет использовать 100VG-AnyLAN для приложений, чувствительных ко времени отклика – мультимедийных приложений, видеоконференций и т.п.

Технология 100VG-AnyLAN не выдержала конкуренции с более простым и преемственным (по отношению к Ethernet) стандартом Fast Ethernet, и в настоящее время не развивается.

17. БЕСПРОВОДНЫЕ ЛОКАЛЬНЫЕ СЕТИ ЭВМ

По прогнозам специалистов в ближайшее десятилетие ожидается значительный рост потребности в беспроводных локальных сетях ЭВМ. Особенно эта проблема актуальна для государственных силовых министерств и ведомств, учреждений здравоохранения и образования и т.п. В таких сетях абонентские системы не связаны между собой кабельными и проводными линиями и могут свободно перемещаться в пространстве.

17.1. Общие сведения о беспроводных локальных сетях ЭВМ

К *беспроводным локальным сетям* (БПЛС) относятся сети, абонентские системы которых обмениваются между собой информацией в диапазонах инфракрасного, лазерного или радиочастотного излучения электромагнитных волн без использования кабельных или проводных соединений (рис.17.1).



Рис.17.1 Способы передачи информации в БПЛС

Реализация указанных способов передачи информации возможна при наличии в составе сетевого оборудования специальных устройств – трансиверов.

Трансивер (transceiver) – это приемопередающее устройство для прямого и обратного преобразования электрических сигналов в электромагнитное излучение.

Название устройства образовано путем слияния двух английских слов TRANSMitter (передатчик) и reCEIVER (приемник). Трансиверы могут входить в состав сетевых адаптеров абонентских систем или выполняться в виде самостоятельных устройств.

Технологии построения БПЛС наиболее бурно начали развиваться в начале 90 - х годов XX века.

Первоначально использовались беспроводные двухточечные соединения, предусматривающие обмен данными только между одной парой абонентских систем, например, между компьютером проводной локальной сети и мобильным компьютером или беспроводным периферийным устройством. Для организации такой связи необходимы дополнительные устройства:

- локальные трансиверы;
- хост – трансиверы.

Локальными трансиверами обычно оборудуются мобильные абонентские системы. Хост-трансиверы входят в состав стационарных проводных локальных сетей. Хост-трансиверы также называются *точками доступа* (access point).

Пример реализации двухточечного взаимодействия абонентских систем в локальной сети приведен на рис.17.2.

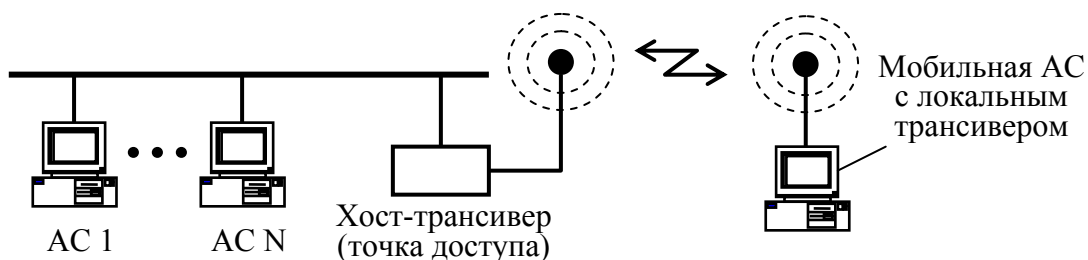


Рис.17.2. Двухточечное взаимодействие абонентских систем

Дальнейшее развитие беспроводных технологий позволило создавать полноценные локальные сети с различными топологическими структурами и режимами работы. Наибольшее распространение получили:

- беспроводные одноранговые сети на основе локальных трансиверов;
- беспроводные сети на основе хост-трансиверов.

В первом случае абонентские системы сети непосредственно взаимодействуют друг с другом. Для этого каждая абонентская система оснащается локальным трансивером (рис.17.3).

Такие сети являются полностью мобильными, требуют минимума оборудования и не требуют создания какой-либо стационарной сетевой инфраструк-

туры. Основным недостатком таких сетей является ограниченный радиус их действия (зависит от технических характеристик приемопередающих устройств, рельефа местности и т.п.), а также невозможность подключения к внешним сетям (например, к Интернету).

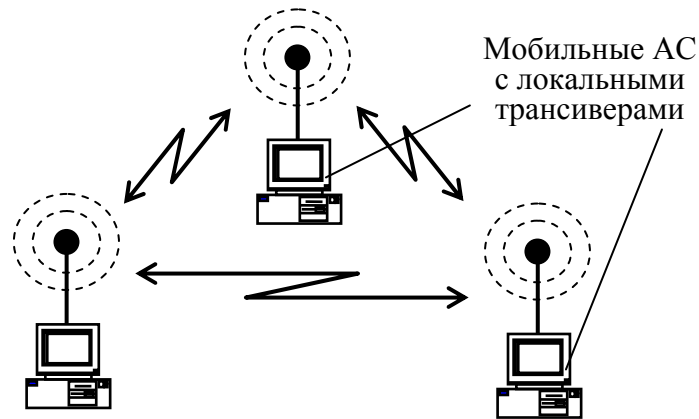


Рис.17.3. Беспроводная одноранговая сеть

Во втором случае все абонентские системы могут взаимодействовать друг с другом только через хост-трансивер (точку доступа).

Различают два способа взаимодействия с точками доступа:

- базовый способ доступа – Basic Service Set (BSS) (рис. 4);
- расширенный способ доступа – Extended Service Set (ESS) (рис. 5).

При базовом способе BSS все абонентские системы связываются между собой только через стационарную точку доступа, которая может выполнять и функцию моста с внешней сетью (рис. 17.4).

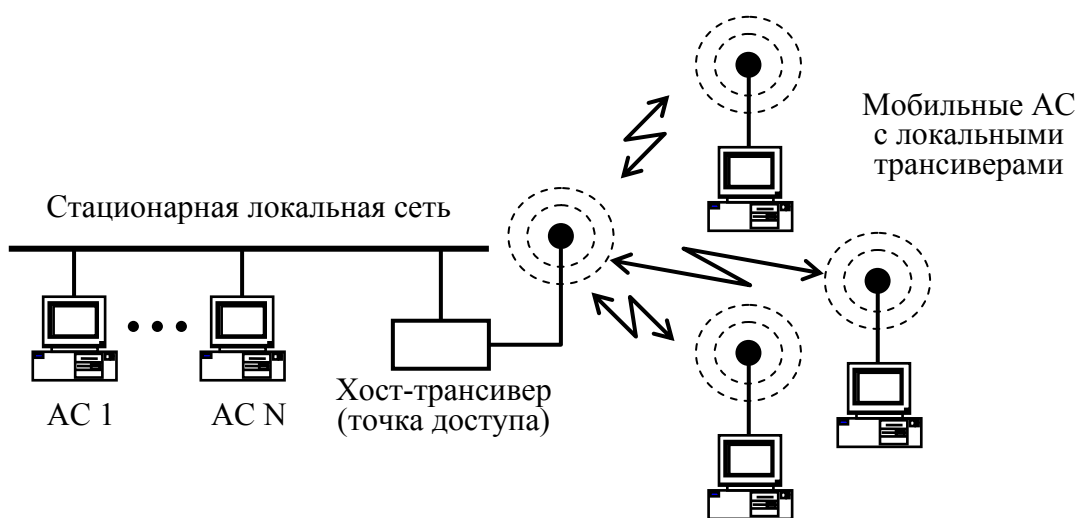


Рис.17.4. Базовый способ взаимодействия с точкой доступа

При расширенном способе ESS создается стационарная инфраструктура нескольких сетей BSS. Точки доступа в этом случае взаимодействуют между собой посредством высокоскоростных кабельных магистралей, что позволяет передавать трафик от одной сети BSS к другой (рис. 17.5).

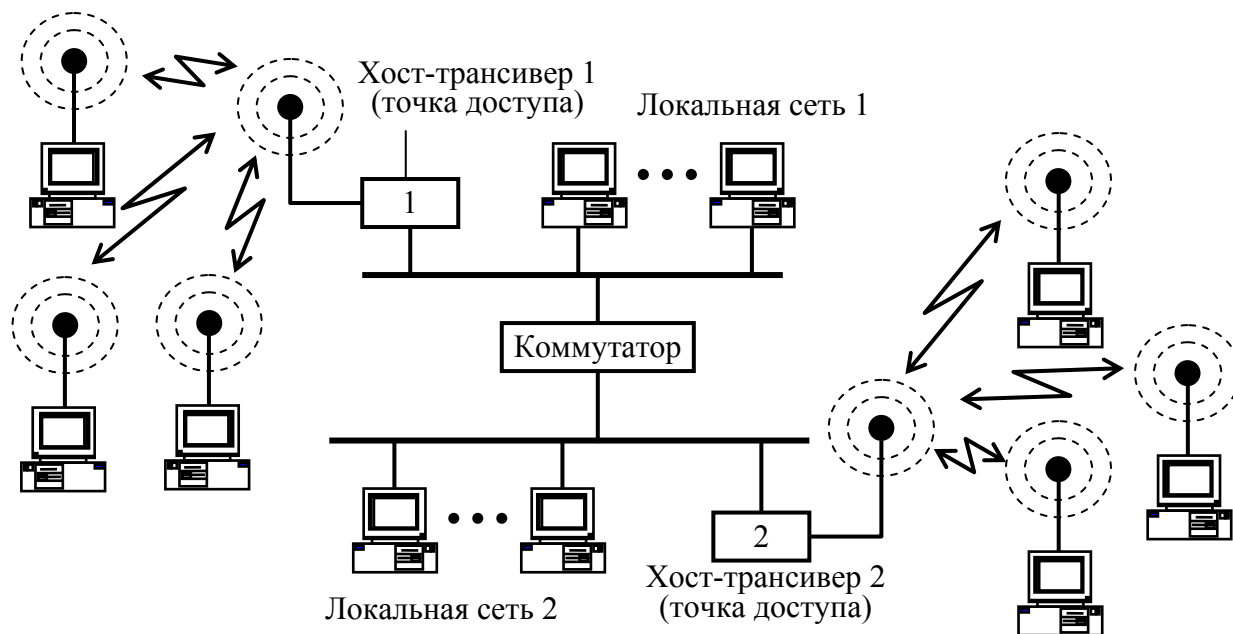


Рис.17.5. Расширенный способ взаимодействия с точкой доступа

В дальнейшем, при рассмотрении конкретных стандартов и технологий построения беспроводных локальных сетей ЭВМ, более подробно будем анализировать особенности реализации в них подуровня управления доступом к физической среде передачи данных – подуровня MAC.

17.2. Беспроводные локальные сети на основе стандарта Hiperlan

Стандарт построения беспроводных локальных сетей ЭВМ Hiperlan был предложен в середине 90-х годов XX века Европейским институтом стандартизации по электросвязи ETSI (European Telecommunications Standards Institute). Отличительной особенностью данного стандарта является реализация множественного доступа к передающей среде с невытесняющим приоритетом - NPMA (elimination yield, nonpreemptive priority multiple access). В соответствии с этим стандартом каждой абонентской системе сети присваивается определенный приоритет. Абонентские системы с одинаковым приоритетом объединяют-

ся в группы. Задачей NPMA является обеспечение невытесняющего доступа к высокоприоритетному трафику и равноправного доступа к трафику своего приоритета.

Реализация метода доступа NPMA разбита на циклы. Каждый цикл содержит три фазы (рис.17.6):

- разрешение приоритетов;
- конкурентное разрешение;
- передача данных.

В фазе разрешения приоритетов осуществляется отбор абонентских систем с наивысшим приоритетом, одновременно претендующих на захват передающей среды. В фазе конкурентного разрешения из числа отобранных выбирается единственная абонентская система, которой в текущем цикле предоставляется право захвата передающей среды. В последней фазе выбранная абонентская система осуществляет непосредственную передачу информационных пакетов в сеть.

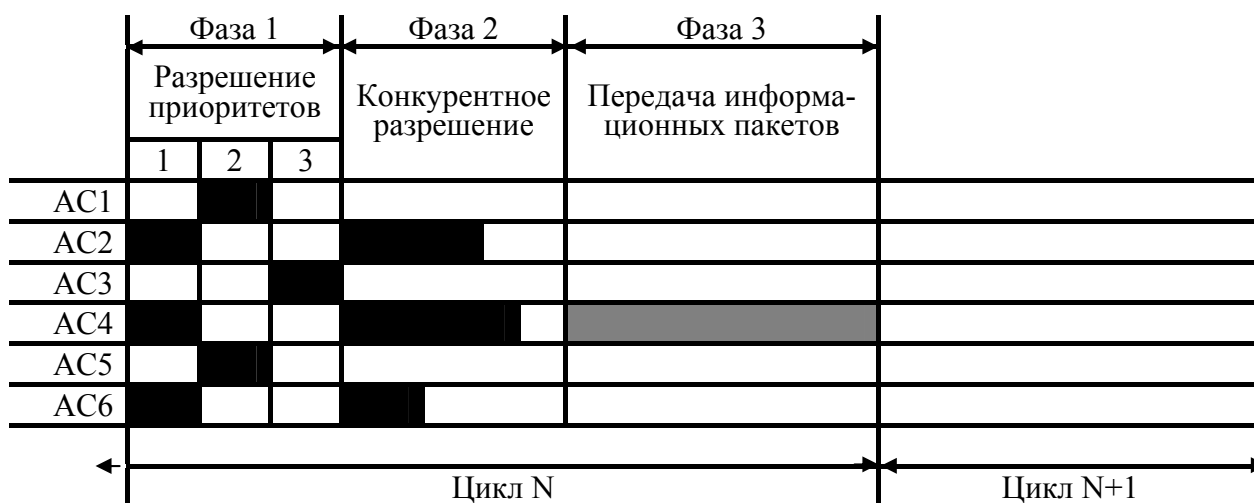


Рис.17.6. Временная диаграмма функционирования сети стандарта Hiperlan

На рисунке 6 изображены абонентские системы АС1 – АС6, претендующие на захват передающей среды. Абонентские системы АС2, АС4, АС6 имеют приоритет передачи 1, АС1, АС5 – приоритет 2, а АС3 – приоритет 3.

Фаза разрешения приоритетов разделена на некоторое число интервалов, равное числу уровней приоритета. Абонентские системы излучают свои сигнала

лы в течение соответствующего интервала. Прослушивая эфир в первой фазе, абонентские системы могут определить, является ли их приоритет наивысшим. На рисунке 6 в конце фазы разрешения приоритетов АС1, АС3, АС5 уже знают, что их приоритет не является наивысшим, и в дальнейшей конкуренции за передающую среду они не участвуют.

Во время фазы конкурентного разрешения оставшиеся АС2, АС4 и АС6 передают служебные последовательности случайной длины. Абонентская система считается прошедшей эту фазу, если сразу по окончании ее сигнала канал оказывается свободным. На рисунке 17.6 сигнал АС4 оказался самым продолжительным, и эта абонентская система переходит в фазу передачи информационных пакетов.

Во время фазы передачи могут передаваться пакеты двух типов: пакеты данных и подтверждения.

Пакеты данных содержат низкоскоростной заголовок, определяющий адрес получателя. Получатели прослушивают этот заголовок и включают свои высокоскоростные приемники только в том случае, если пакет адресован им. Пакеты подтверждений передаются на низкой скорости.

Эффективность Hiperlan зависит от загрузки сети и длины информационных пакетов. При высокой загрузке эффективность сети составляет около 80% для пакетов длиной 2000 байтов и 8 процентов для 53-байтных пакетов.

17.3. Беспроводные локальные сети на основе стандарта IEEE 802.11

Стандарт построения беспроводных локальных сетей ЭВМ IEEE 802.11 был предложен во второй половине 90-х годов XX века рабочей группой 802 Института инженеров по электротехнике и электронике США. В настоящее время является одним из наиболее перспективных направлений построения сетей ЭВМ, использующих для информационного обмена между абонентскими системами радиоволны.

Стандарт IEEE 802.11 предполагает работу сетевых трансиверов на частоте 2.4 ГГц при использовании передатчиков мощностью 10мВт-1Вт. Средняя

пропускная способность сети составляет 2 Мбит/с. В настоящее время разработано и используется сетевое оборудование, обеспечивающее пропускную способность более 50 Мбит/с. Радиус возможного установления связи с мобильными абонентскими системами может достигать 100 км. В условиях городской застройки и сложных погодных условиях радиус устойчивой работы может уменьшаться до 3-5 км.

Отличительной особенностью MAC - подуровня данного стандарта является организация неконкурентного и конкурентного обслуживания сетевых абонентских систем.

Подуровень MAC реализован следующим образом. Время обслуживания мобильных абонентских систем разделяется на циклы. Цикл содержит две фазы: неконкурентную и конкурентную. Во время неконкурентной фазы управляющая абонентская система (хост - трансивер) опрашивает мобильные абонентские системы, которые поочередно передают свои информационные пакеты.

Во время конкурентного периода мобильные абонентские системы осуществляют передачу, используя протокол множественного доступа с контролем несущей и особым протоколом исключения конфликтов – CSMA/CA (carrier sense multiple access with collision avoidance).

Протокол CSMA/CA, иллюстрируемый рисунком 17.7, подобен протоколу МДКН/ОК (CSMA/CD), но пытается благоприятствовать абонентским системам, которым пришлось ждать больше. На рисунке 7 между станциями АС1, АС3 и АС5 произошел конфликт, и они выбирают время ожидания соответственно T_1 , T_3 и T_5 . У АС3 время ожидания наименьшее, и она начинает передачу первой. Абонентские системы АС1 и АС5 определяют свое остаточное время ожидания следующим образом: $T'_1 = T_1 - T_3$; $T'_5 = T_5 - T_3$ и используют его в следующем цикле передачи информационных пакетов. Эта процедура продолжается и при последующих конфликтах ($T''_3 = T'_3 - T'_1$; $T''_5 = T'_5 - T'_1$).

Эффективность протокола CSMA/CA зависит от задержки распространения сигналов и размеров информационных пакетов.



$$T'_1 = T_1 - T_3; \quad T'_5 = T_5 - T_3;$$

$$T''_3 = T'_3 - T'_1; \quad T''_5 = T'_5 - T'_1.$$

Рис. 17.7. Временная диаграмма функционирования сети стандарта IEEE 802.11

Перспективами развития беспроводных локальных сетей ЭВМ на основе стандарта IEEE 802.11 является использование 5 ГГц радиочастотного диапазона. Это должно обеспечить более высокие скорости и качество передачи данных.

Предполагается, что новое оборудование для 5 ГГц диапазона будет полностью совместимо с существующим. Кроме того, ведется разработка и внедрение сетевых устройств, обеспечивающих передачу по одному информационному каналу мультимедийного трафика (сигналов телевидения высокой четкости, видео и телефонии). Многие из новых требований к передаче информации в диапазоне 5 ГГц формулируются с учетом прогнозируемых потребностей так называемого беспроводного жилища (wireless home).

Несмотря на значительные успехи в развитии беспроводных сетей ЭВМ они остаются пока крайне ненадежными и критичными к различным внешним факторам и воздействиям (городской застройке, погодным условиям, помеховым воздействиям, несанкционированному доступу и т.п.). Потери информационных пакетов в таких сетях весьма вероятны, а понижение скорости передачи данных, как правило, не приводит к понижению вероятности потерь.

18. ЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРИЗАЦИЯ ЛОКАЛЬНЫХ СЕТЕЙ ЭВМ.

Построение локальных сетей, объединяющих большое количество ЭВМ, приводит к необходимости решения задачи обеспечения требуемой эффективности их функционирования. Одним из перспективных направлений в этой области является логическая структуризация сетей.

Под логической структуризацией локальной сети понимается разбиение общей разделяемой среды передачи данных на логические сегменты, которые представляют самостоятельные разделяемые среды с меньшим количеством узлов. Сеть, разделенная на логические сегменты, обладает более высокой производительностью и надежностью. Взаимодействие между отдельными логическими сегментами сети организуется в этом случае с помощью специального коммуникационного оборудования – мостов, коммутаторов, маршрутизаторов и т.п.

18.1. Достоинства и недостатки разделяемой среды передачи данных локальных сетей ЭВМ

Разделяемая среда передачи данных (моноканал) используется в стандартных технологиях построения локальных сетей ЭВМ, таких как Ethernet, Token Ring, FDDI и т.п. При небольшом количестве ЭВМ (10 – 30 ЭВМ) на основе разделяемой среды могут быть построены высокоэффективные и надежные сети. Высокая эффективность в этом случае достигается за счет следующих факторов:

- простота топологии сети, допускающая легкое наращивание числа ЭВМ (в пределах 10 – 30 машин);
- отсутствие потерь информационных кадров из-за переполнения буферов коммуникационных устройств, так как новый кадр не передается в сеть, пока не принят предыдущий;
- простота протоколов, обеспечивающих низкую стоимость сетевых адаптеров, повторителей и концентраторов.

При значительном увеличении числа ЭВМ в составе локальной сети (более 50 машин) использование для информационного обмена единой разделяемой среды становится малоэффективным. Это определяется следующими основными факторами:

- технологическими ограничениями числа ЭВМ в сети (для Ethernet всех разновидностей – до 1024 ЭВМ, для Token Ring – до 260 ЭВМ, для FDDI – до 500 ЭВМ);
- неравномерностью распределения пропускной способности разделяемой среды передачи данных между всеми ЭВМ сети из-за случайного характера доступа к среде (особенно в сетях Ethernet);
- увеличение задержек доступа к среде передачи данных при возрастании коэффициента использования сети (особенно в случае мультимедийного трафика).

Под коэффициентом использования сети понимается отношение величины трафика, который должна передавать сеть, к ее максимальной пропускной способности.

Наиболее критичными к увеличению коэффициента использования сети являются все разновидности сетей Ethernet. Эффективность использования локальных сетей других технологий также сильно зависит от данного фактора. Поэтому ограничения, связанные с возникающими коллизиями и большим временем ожидания доступа к моноканалу при значительном увеличении коэффициента использования сети, оказываются более серьезными, чем ограничения на максимальное количество ЭВМ в сети.

Одним из наиболее простых и эффективных способов преодоления указанных ограничений является логическая структуризация локальных сетей с большим количеством ЭВМ и напряженным трафиком.

18.2. Логическая структуризация локальных сетей с применением мостов и коммутаторов

Структуризация большой локальной сети ЭВМ представляет собой ее разбиение на несколько более мелких сегментов с собственными моноканалами. Объединение сегментов в единую сеть осуществляется с помощью мостов, коммутаторов или маршрутизаторов.

Структуризация сети позволяет снизить коэффициент использования разделяемого моноканала в отдельных сегментах за счет сокращения АС, имеющих доступ к этому моноканалу (рис. 18.1).

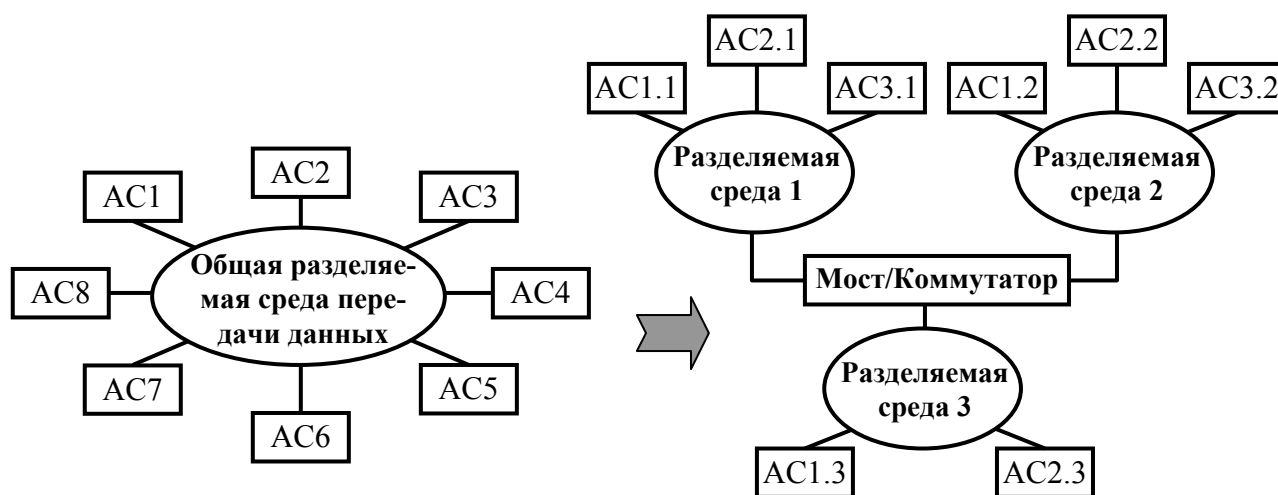


Рис. 18.1. Логическая структуризация локальной сети

Мост (bridge), а также его быстродействующий функциональный аналог – коммутатор (switching hub), делят общую среду передачи данных на логические сегменты. Логический сегмент образуется путем объединения нескольких физических сегментов (отрезков кабеля) с помощью одного или нескольких концентраторов. Каждый логический сегмент подключается к отдельному порту моста/коммутатора (рис. 18.1.). При поступлении информационного кадра на какой-либо из портов мост/коммутатор повторяет этот кадр, но не на всех портах, как это делает концентратор, а только на том порту, к которому подключен сегмент, содержащий компьютер-адресат.

Разница между мостом и коммутатором состоит в том, что мост в каждый момент времени может осуществлять передачу кадров только между одной па-

рой портов, а коммутатор одновременно поддерживает потоки данных между всеми своими портами. Другими словами, мост передает кадры последовательно, а коммутатор параллельно. В дальнейшем для обозначения этих обоих разновидностей устройств будет использоваться термин "коммутатор".

Следует отметить, что в последнее время локальные мосты полностью вытеснены коммутаторами. Мосты используются только для связи локальных сетей с глобальными, то есть как средства удаленного доступа, поскольку в этом случае необходимость в параллельной передаче между несколькими парами портов не возникает.

При работе коммутатора среда передачи данных каждого логического сегмента остается общей только для тех ЭВМ, которые подключены к этому сегменту непосредственно. Коммутатор осуществляет связь сред передачи данных различных логических сегментов. Он передает кадры между логическими сегментами только при необходимости, то есть только тогда, когда взаимодействующие ЭВМ находятся в разных сегментах (рис. 18.2).

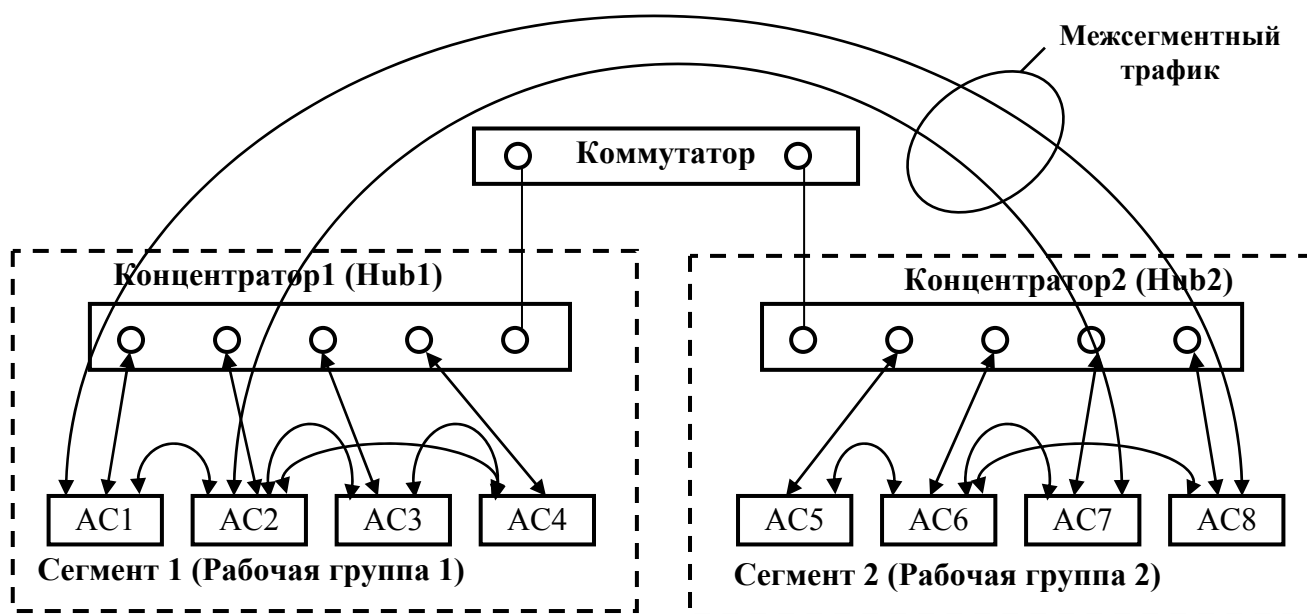


Рис. 18.2. Информационное взаимодействие логических сегментов сети

Деление сети на логические сегменты улучшает производительность сети, если в сети имеются группы компьютеров, преимущественно обменивающиеся информацией между собой. Если же таких групп нет, то введение в сеть коммутаторов может только ухудшить общую производительность сети, так как при-

нятие решения о том, нужно ли передавать пакет из одного сегмента в другой, требует дополнительного времени.

Однако даже в сети средних размеров такие группы, как правило, имеются. Поэтому разделение ее на логические сегменты дает выигрыш в производительности - трафик локализуется в пределах групп, и нагрузка на их разделяемые кабельные системы существенно уменьшается.

Коммутаторы принимают решение о том, на какой порт нужно передать кадр, анализируя адрес назначения, помещенный в кадре, а также на основании информации о принадлежности того или иного компьютера определенному сегменту, подключенному к одному из портов коммутатора, то есть на основании информации о конфигурации сети. Для того, чтобы собрать и обработать информацию о конфигурации подключенных к нему сегментов, коммутатор должен пройти стадию "обучения", то есть самостоятельно проделать некоторую предварительную работу по изучению проходящего через него трафика. Определение принадлежности компьютеров сегментам возможно за счет наличия в кадре не только адреса назначения, но и адреса источника, сгенерировавшего пакет. Используя информацию об адресе источника, коммутатор устанавливает соответствие между номерами портов и адресами компьютеров. В процессе изучения сети мост/коммутатор просто передает появляющиеся на входах его портов кадры на все остальные порты, работая некоторое время повторителем. После того, как мост/коммутатор узнает о принадлежности адресов сегментам, он начинает передавать кадры между портами только в случае межсегментной передачи. Если, уже после завершения обучения, на входе коммутатора вдруг появится кадр с неизвестным адресом назначения, то этот кадр будет повторен на всех портах.

Коммутаторы, работающие описанным способом, обычно называются прозрачными (transparent), поскольку появление таких коммутаторов в сети совершенно не заметно для ее конечных узлов. Это позволяет не изменять их программное обеспечение при переходе от простых конфигураций, использующих только концентраторы, к более сложным, сегментированным.

Существует и другой класс коммутаторов, передающих кадры между сегментами на основе полной информации о межсегментном маршруте. Эту информацию записывает в кадр станция-источник кадра, поэтому говорят, что такие устройства реализуют алгоритм маршрутизации от источника (source routing). При использовании коммутаторов с маршрутизацией от источника конечные узлы должны быть в курсе деления сети на сегменты и сетевые адаптеры, в этом случае должны в своем программном обеспечении иметь компонент, занимающийся выбором маршрута кадров.

За простоту принципа работы прозрачного коммутатора приходится расплачиваться ограничениями на топологию сети, построенной с использованием устройств данного типа - такие сети не могут иметь замкнутых маршрутов - петель. Коммутатор не может правильно работать в сети с петлями, при этом сеть засоряется зацикливающимися пакетами и ее производительность снижается.

Для автоматического распознавания петель в конфигурации сети разработан алгоритм покрывающего дерева (Spanning Tree Algorithm, STA). Этот алгоритм позволяет коммутаторам адаптивно строить дерево связей, когда они изучают топологию связей сегментов с помощью специальных тестовых кадров. При обнаружении замкнутых контуров некоторые связи объявляются резервными. Коммутатор может использовать резервную связь только при отказе какой-либо основной. В результате сети, построенные на основе коммутаторов, поддерживающих алгоритм покрывающего дерева, обладают некоторым запасом надежности, но повысить производительность за счет использования нескольких параллельных связей в таких сетях нельзя.

18.3.Виртуальные локальные сети ЭВМ

Виртуальные локальные сети ЭВМ (VLAN) обеспечивают возможность создания логических групп пользователей в масштабе большой локальной или корпоративной сети. За счет использования технологии виртуальной локальной сети администратор сети может организовать пользователей в логические группы независимо от физического расположения ЭВМ этих пользователей. Это

одно из основных достижений в сетевых технологиях - возможность создавать рабочие группы на основе служебных функций пользователей, не привязываясь к сетевой топологии. Виртуальные сети позволяют организовать работу в сети более эффективно.

Виртуальные локальные сети обладают следующими достоинствами:

- простота внесения изменений в сеть, добавления или удаления устройств;
- более эффективное использование ограниченных сетевых ресурсов;
- высокий уровень обеспечения безопасности.

Возможность организации виртуальных ЛВС обусловлена переходом от разделяемых сред к коммутируемым.

Пример построения виртуальной локальной сети на основе одного коммутатора с использованием технологии группирования портов приведен на рис. 18.3. При этом каждый порт приписывается к той или иной виртуальной сети. Информационный кадр, пришедший от порта виртуальной сети 1 никогда не будет передан порту, который не принадлежит этой сети. Порт может быть приписан одновременно к нескольким виртуальным сетям, но на практике такое бывает редко, так как теряется эффект полной изоляции сетей.

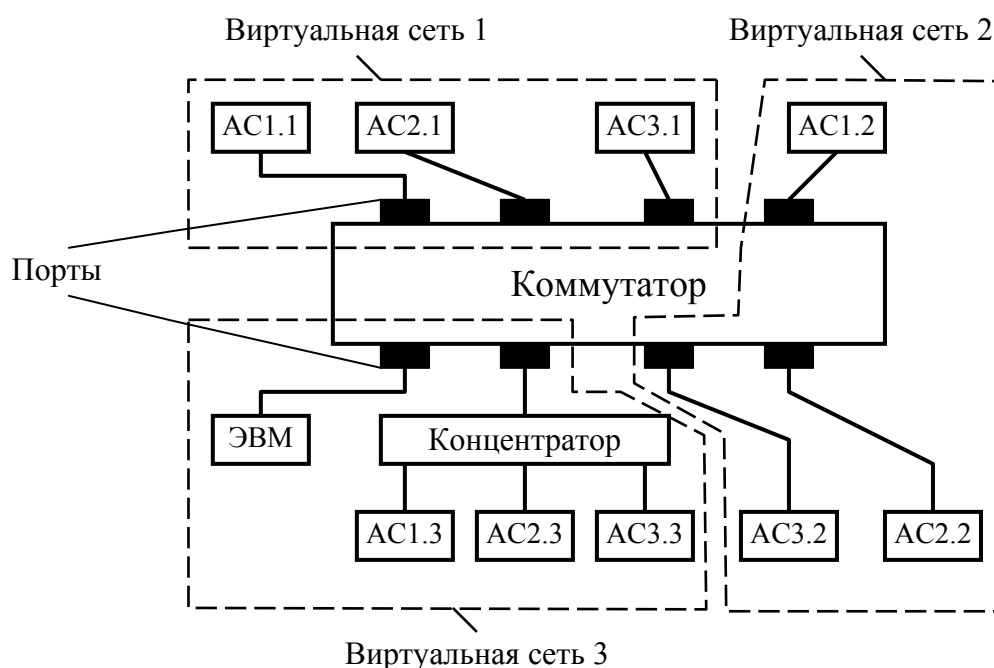


Рис. 18.3. Виртуальная сеть на одном коммутаторе

19. ОБЪЕДИНЕНИЕ СЕТЕЙ ЭВМ НА ОСНОВЕ СЕТЕВОГО УРОВНЯ

Сетевой уровень модели взаимодействия открытых систем (OSI) регламентирует способы объединения различных по масштабу и назначению сетей ЭВМ и построения на их основе сложных составных сетей с произвольными связями.

Подобные сети могут создаваться и на канальном уровне модели OSI с помощью мостов или коммутаторов, однако такие решения часто имеют следующие существенные ограничения и недостатки:

- в топологии составной сети должны отсутствовать замкнутые маршруты (петли), т.к. мосты и коммутаторы могут передавать информационные пакеты между абонентскими системами только при наличии между ними единственного пути;
- логические сегменты составной сети, расположенные между мостами или коммутаторами, слабо изолированы друг от друга, что снижает их защиту от так называемых широковещательных штормов (многократных посылок отдельными абонентскими системами широковещательных сообщений);
- усложняется задача управления трафиком на основе данных, содержащихся в информационных пакетах;
- допускается использование только недостаточно гибкой, одноуровневой системы адресации абонентских систем (MAC-адрес, жестко связан с сетевым адаптером АС);
- ограниченные возможности по совместимости и трансляции различных протоколов канального уровня.

Указанные ограничения и недостатки канального уровня делают более предпочтительным построение сложноструктурированных составных сетей ЭВМ на основе средств и протоколов более высокого сетевого уровня модели OSI.

19.1. Архитектура составной сети, принципы организации межсетевого взаимодействия

Составная сеть ЭВМ (*internet*) – это совокупность нескольких сетей, называемых также подсетями (*subnet*), которые соединяются между собой маршрутизаторами. Организация совместной транспортной службы в составной сети называется межсетевым взаимодействием (*internetworking*).

Компонентами составной сети могут являться как локальные, так и глобальные сети, построенные на основе различных технологий (локальные сети Ethernet, Fast Ethernet, Token Ring, FDDI, глобальные сети Frame relay, X.25, ISDN, ATM). Пример составной сети приведен на рис.19.1.

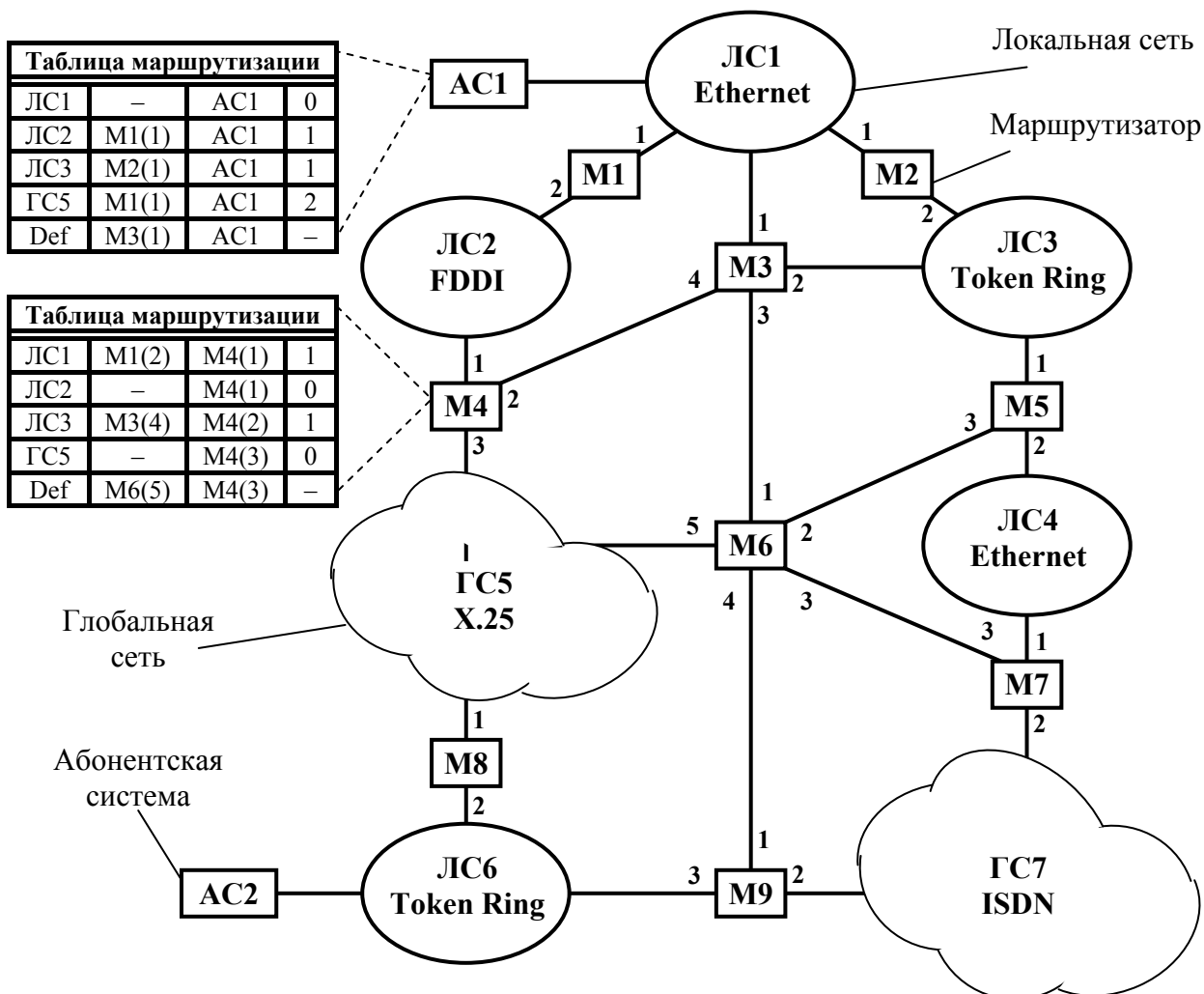


Рис. 19.1. Составная сеть ЭВМ

В составных сетях основными функциями сетевого уровня являются:

- согласование локальных технологий построения отдельных подсетей;
- передача информационных пакетов между абонентскими системами;
- выбор наилучшего по некоторому критерию маршрута передачи пакетов.

Маршрут — это последовательность маршрутизаторов, которые должен пройти пакет от АС – отправителя до АС – назначения (на рис.1 соответственно АС1 и АС2). Задачу выбора наиболее рационального маршрута из нескольких возможных решают маршрутизаторы и конечные абонентские системы на основе таблиц маршрутизации (рис.1). Записи в таблицу могут заноситься вручную сетевыми администраторами или автоматически средствами протоколов маршрутизации. Пример таблицы маршрутизации маршрутизатора М4 приведен на рис.19.2.

Номер сети назначения	Адрес порта следующего маршрутизатора	Адрес выходного порта	Расстояние до сети назначения
ЛС1	М1(2)	М4(1)	1
ЛС2	–	М4(1)	0
ЛС3	М3(4)	М4(2)	1
ГС5	–	М4(3)	0
Default	М6(5)	М4(3)	–

Рис. 19.2. Таблица маршрутизации маршрутизатора М4

В первом столбце указываются номера сетей, входящих в составную сеть. В каждой строке следом за номером сети указывается сетевой адрес соответствующего порта следующего маршрутизатора, на который надо направить информационный пакет, чтобы тот перемещался по направлению к сети с данным номером по рациональному маршруту.

При поступлении на маршрутизатор нового пакета из него извлекается номер сети назначения и последовательно сравнивается с номерами сетей в каждой строке таблицы. Строка с совпавшим номером сети указывает, на какой ближайший маршрутизатор следует направить пакет. Например, если на какой-либо порт маршрутизатора 4 поступает пакет, адресованный в сеть ЛС3, то из таблицы маршрутизации следует, что адрес следующего маршрутизатора –

M3(4), т.е. очередным этапом движения данного пакета будет перемещение к порту 4 маршрутизатора 3.

Для уменьшения размерности таблиц маршрутизации в них могут применяться специальные указатели на «маршрутизаторы по умолчанию» (default). Через такие маршрутизаторы передается большая часть пакетов при информационном взаимодействии удаленных друг от друга подсетей (на рис.19.2. – маршрутизатор M6).

Перед тем как передать пакет следующему маршрутизатору, текущий маршрутизатор должен определить, на какой из нескольких собственных портов он должен поместить данный пакет. Для этого служит третий столбец таблицы. В данном случае каждый порт идентифицируется собственным сетевым адресом.

Протоколы маршрутизации (например, RIP или OSPF) и сетевые протоколы (например, IP или IPX) имеют принципиальные отличия. Протоколы маршрутизации предназначены для сбора и передачи по сети чисто служебной информации о возможных маршрутах. Сетевые протоколы непосредственно реализуют передачу по сети пользовательских данных.

Сетевые протоколы и протоколы маршрутизации реализуются в виде программных модулей на конечных абонентских системах, называемых *хостами*, и на промежуточных узлах–маршрутизаторах, называемых также *шлюзами*.

Маршрутизатор представляет собой сложное многофункциональное устройство, в задачи которого входит:

- построение таблицы маршрутизации;
- определение маршрута передачи пакетов;
- буферизация, фрагментация и фильтрация поступающих пакетов;
- поддержка сетевых интерфейсов.

В процессе функционирования сложной составной сети ее структура может неоднократно меняться, что приводит к необходимости своевременного внесения изменений во все таблицы маршрутизации. С этой целью маршрутизаторы по собственной инициативе генерируют и обмениваются служебными

пакетами с информацией об изменениях структуры и характеристик ближайших к ним сегментов сети. При больших задержках коррекции таблиц маршрутизации часть информационных пакетов в сети может направляться по ложным маршрутам, что приведет к их потере. Поэтому, насколько оперативно протоколы маршрутизации приводят в соответствие содержимое таблиц реальному состоянию сети, зависит качество работы составной сети в целом. Однако высокая интенсивность обмена служебными пакетами может привести к снижению эффективности передачи по каналам сети информационных пакетов пользователей.

Функции маршрутизаторов могут выполнять как специализированные устройства, так и универсальные компьютеры с соответствующим программным обеспечением, оптимизированным для выполнения операций построения таблиц маршрутизации и продвижения пакетов по сети на их основе.

19.2. Протоколы маршрутизации составных сетей

Большие составные сети всегда можно представить в виде совокупности автономных систем (сегментов), в каждой из которых реализованы однотипные протоколы маршрутизации.

По отношению к автономным системам составной сети протоколы маршрутизации делятся на внешние и внутренние. Внешние протоколы переносят маршрутную информацию между автономными системами, а внутренние применяются только в пределах конкретной автономной системы.

Внутренние протоколы, по сравнению с внешними, оказывают более существенное влияние на общую эффективность маршрутизации пакетов в составных сетях. В настоящее время наиболее распространенными внутренними протоколами маршрутизации являются:

- протокол RIP (Routing Information Protocol);
- протокол OSPF (Open Shortest Path First).

Для оптимизации маршрута передачи информационных пакетов в протоколе RIP используется простой *дистанционно-векторный алгоритм (алгоритм*

Беллмана-Форда), не требующий существенных вычислительных ресурсов. Протокол RIP наиболее успешно работает в небольших сетях с количеством промежуточных маршрутизаторов не более 15.

RIP-маршрутизаторы при выборе маршрута обычно используют самую простую метрику — количество промежуточных маршрутизаторов между сетями, измеряемое в хопх (четвертый столбец в таблице на рис.2).

В сетях, использующих RIP и имеющих петлевидные маршруты, могут наблюдаться достаточно длительные периоды нестабильной работы, когда пакеты зацикливаются в маршрутных петлях и не доходят до адресатов. Для борьбы с этими явлениями в RIP-маршрутизаторах предусмотрено несколько приемов (*Split Horizon, Hold Down, Triggered Updates*), которые сокращают в некоторых случаях периоды нестабильности. В настоящее время из-за указанных недостатков RIP-маршрутизаторы усиленно вытесняются OSPF- маршрутизаторами.

Протокол OSPF был разработан для эффективной маршрутизации информационных пакетов в больших составных сетях со сложной топологией, включающей петли. Он основан на алгоритме *поиска кратчайшего пути*, (*алгоритм «кратчайшего пути» Дейкстры*) который обладает высокой устойчивостью к изменениям топологии сети.

При выборе маршрута OSPF – маршрутизаторы используют метрику, учитывающую пропускную способность составных сетей.

Протокол OSPF является первым протоколом маршрутизации для составных сетей, который учитывает параметры качества обслуживания (пропускная способность, задержка и надежность), указываемые в заголовках информационных пакетов. Для каждого типа качества обслуживания строится отдельная таблица маршрутизации.

Протокол OSPF обладает высокой вычислительной сложностью, поэтому чаще всего реализуется на мощных аппаратных маршрутизаторах.

19.3. Области применения и основные характеристики маршрутизаторов

Типичный маршрутизатор представляет собой сложный вычислитель или компьютер, который работает под управлением специализированной операционной системы, оптимизированной для реализации протоколов и алгоритмов маршрутизации.

Обычно маршрутизаторы строятся по мультипроцессорной схеме, сочетающей наличие универсальных и специализированных процессоров. Наиболее рутинные операции обработки пакетов выполняются программно или аппаратно специализированными процессорами. Более высокоинтеллектуальная обработка выполняется программно универсальными процессорами.

По областям применения маршрутизаторы делятся на:

- магистральные маршрутизаторы;
- маршрутизаторы региональных подразделений;
- маршрутизаторы удаленных офисов и подразделений;
- маршрутизаторы локальных сетей (коммутаторы 3-го уровня).

Основными характеристиками маршрутизаторов являются:

- общая производительность в пакетах в секунду;
- набор поддерживаемых сетевых протоколов и протоколов маршрутизации;
- набор поддерживаемых сетевых интерфейсов глобальных и локальных сетей.

К числу дополнительных функций маршрутизатора относится одновременная поддержка сразу нескольких сетевых протоколов и нескольких протоколов маршрутизации, возможность приоритетной обработки трафика, разделение функций построения таблиц маршрутизации и продвижения пакетов между маршрутизаторами разного класса на основе готовых таблиц маршрутизации.

Основной особенностью маршрутизаторов локальных сетей (коммутаторов 3-го уровня) является высокая скорость выполнения операций маршрутизации за счет их аппаратной реализации на основе специализированных БИС.

Корпоративные многофункциональные концентраторы представляют собой устройства, в которых на общей внутренней шине объединяются модули разного типа — повторители, мосты, коммутаторы и маршрутизаторы. Такое объединение дает возможность программного конфигурирования сети с определением состава подсетей и сегментов вне зависимости от их физического подключения к тому или иному порту устройства.

ЧАСТЬ IV. ГЛОБАЛЬНЫЕ СЕТИ ЭВМ

20. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ГЛОБАЛЬНЫХ СЕТЯХ ЭВМ

Появление и совершенствование глобальных сетей ЭВМ обусловлено необходимостью оперативного обмена большими объемами информации между различными абонентскими системами, расположенными друг от друга на значительных расстояниях. Первые технологии глобальных сетей ЭВМ обеспечивали передачу преимущественно компьютерного трафика с небольшими скоростями. Необходимость обмениваться большими объемами мультимедийной информации привела к появлению новых сетевых технологий и стремительному совершенствованию известных.

20.1.Обобщенная структура и функции глобальных сетей ЭВМ

Глобальная сеть ЭВМ (Wide Area Networks, WAN) – это компьютерная сеть, обеспечивающая информационное взаимодействие между большим числом разнородных абонентских систем, рассредоточенных на большой территории – в пределах области, региона, страны, континента или всего земного шара.

Ввиду большой протяженности каналов связи построение глобальной сети требует очень больших затрат, в которые входит стоимость кабелей и работ по их прокладке, затраты на коммуникационное оборудование и промежуточную усилительную аппаратуру, обеспечивающую необходимую полосу пропускания каналов связи, а также эксплуатационные затраты на постоянное поддержание в работоспособном состоянии разбросанной по большой территории аппаратуры сети.

Глобальные сети ЭВМ обычно создаются крупными телекоммуникационными компаниями для оказания платных услуг абонентам. Такие, сети называют публичными или общественными. Существуют также такие понятия, как *оператор сети* и *поставщик услуг сети*. *Оператор сети* – это компания, кото-

рая поддерживает нормальную работу сети. *Поставщик услуг (провайдер)* — это компания, которая оказывает платные услуги абонентам сети.

В общем случае по каналам связи глобальной сети должны передаваться данные любых типов. В этом случае пользователям сети могут предоставляться следующие услуги:

- передача информационных пакетов локальных сетей;
- передача пакетов хост – компьютеров;
- обмен факсами;
- передача трафика офисных АТС;
- выход в городские, междугородные и международные телефонные сети;
- обмен аудиосигналами и видеоизображениями для организации видеоконференций;
- передача трафика кассовых аппаратов, банкоматов и т. п.

Основные типы потенциальных потребителей услуг глобальной сети ЭВМ изображены на рис. 20.1.

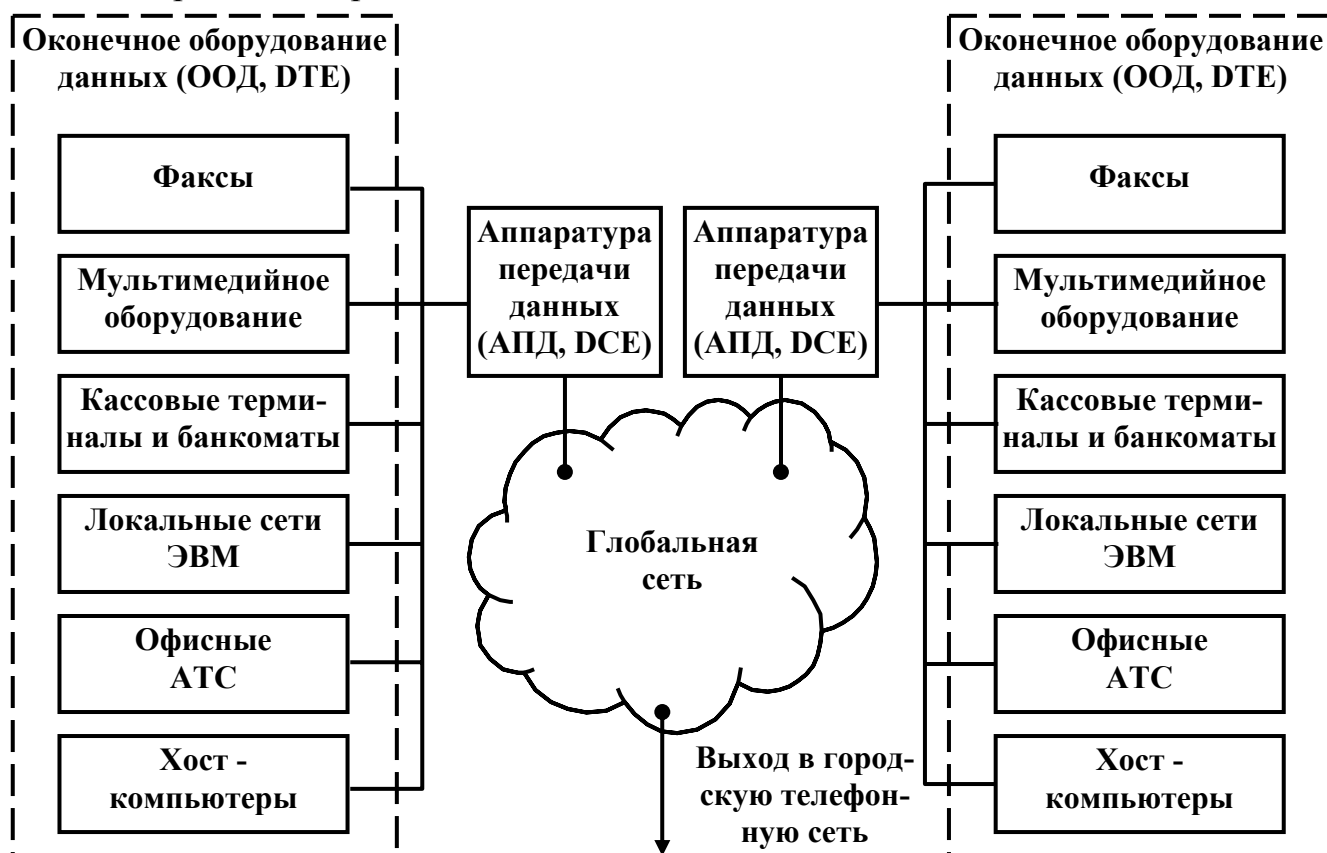


Рис. 20.1. Абоненты глобальной сети

Типичный пример структуры глобальной компьютерной сети приведен на рис. 20.2.

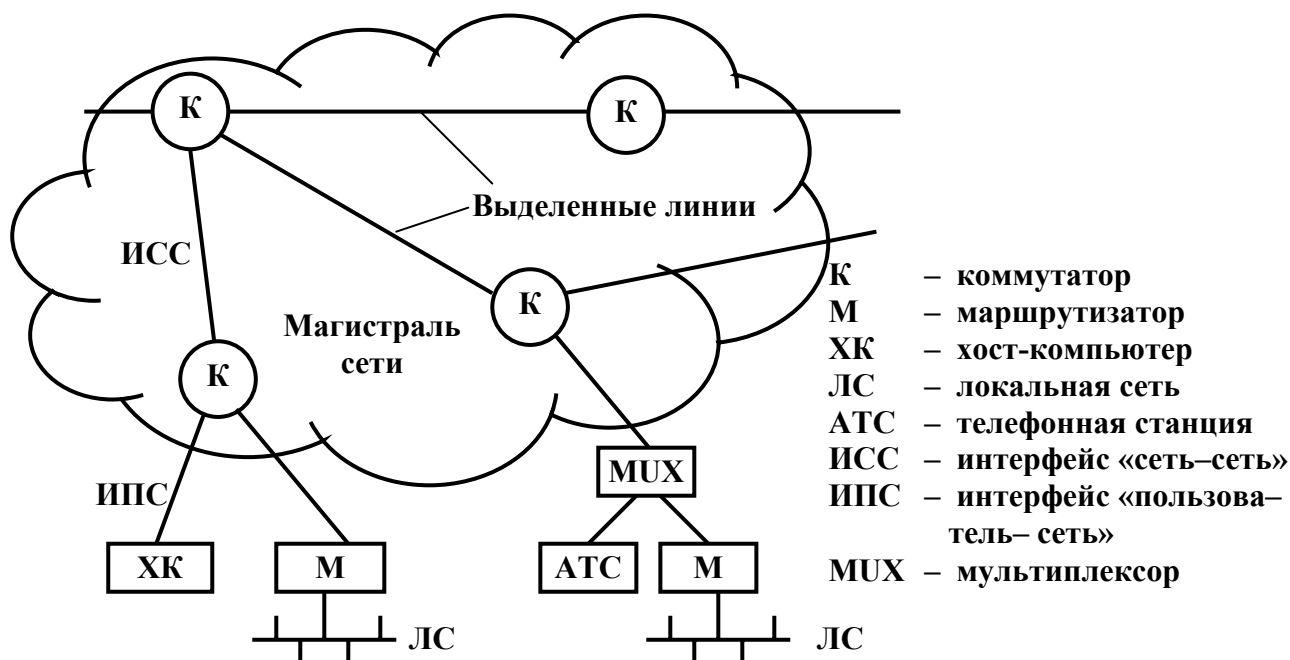


Рис. 20.2. Типовая структура глобальной сети ЭВМ

Сеть строится на основе некоммутируемых (выделенных) каналов связи, которые соединяют коммутаторы глобальной сети между собой. Такие каналы образуют магистраль сети.

Коммутаторы устанавливаются в тех географических пунктах, в которых требуется ответвление или слияние потоков данных конечных абонентов или магистральных каналов, переносящих данные многих абонентов. Естественно, выбор мест расположения коммутаторов определяется многими соображениями, в которые включается также возможность обслуживания коммутаторов квалифицированным персоналом, наличие выделенных каналов связи в данном пункте, надежность сети, определяемая избыточными связями между коммутаторами.

Абоненты сети подключаются к коммутаторам в общем случае также с помощью выделенных каналов связи. Эти каналы связи имеют более низкую пропускную способность, чем магистральные каналы, объединяющие коммутаторы, иначе сеть бы не справилась с потоками данных своих многочисленных пользователей. Для подключения конечных пользователей допускается исполь-

зование коммутируемых каналов, то есть каналов телефонных сетей, хотя в таком случае качество транспортных услуг обычно ухудшается. Принципиально замена выделенного канала на коммутируемый ничего не меняет, но вносятся дополнительные задержки, отказы и разрывы канала по вине сети с коммутацией каналов, которая в таком случае становится промежуточным звеном между пользователем и сетью с коммутацией пакетов. Кроме того, в аналоговых телефонных сетях канал обычно имеет низкое качество из-за высокого уровня шумов. Применение коммутируемых каналов на магистральных связях коммутатор—коммутатор также возможно, но по тем же причинам весьма нежелательно.

Оконечное оборудование (DTE) принимает и передает в глобальную сеть данные по каналам связи определенного стандарта. Поэтому в состав каждого устройства типа ООД (DTE) должна входить аппаратура передачи данных (DCE), реализующая протокол физического уровня данного канала. Кроме этого, должны быть четко определены все параметры интерфейса «пользователь—сеть» (ИПС).

Для связи ООД с каналами глобальной сети используется АПД трех основных типов:

- модемы для работы по выделенным и коммутируемым аналоговым каналам;
- устройства сопряжения для работы по выделенным цифровым каналам с мультиплексированием на основе разделения времени (технология TDM);
- терминальные адаптеры для работы по каналам цифровых сетей с интеграцией услуг (сети ISDN).

Протоколы взаимодействия коммутаторов внутри глобальной сети образуют интерфейс «сеть-сеть» (ИСС). Они стандартизируются не всегда. Стандартизация указанных протоколов обычно применяется для организации взаимодействия двух и более глобальных сетей различных операторов. Тем не менее, если стандарт ИСС принимается, то в соответствии с ним обычно организуется взаимодействие всех коммутаторов объединенной сети, а не только пограничных.

20.2. Интерфейсы «пользователь–сеть» глобальных сетей ЭВМ

Для подключения аппаратуры передачи данных (устройства типа DCE) к оконечному оборудованию данных (устройства типа DTE) используется ряд стандартных интерфейсов, которые представляют собой стандарты физического уровня. Данные интерфейсы позволяют передавать данные со скоростями от 300 бит/с до нескольких десятков мегабит в секунду на небольшие расстояния (от 15-20 м до 1,5-2 км), достаточные для удобного размещения, например, маршрутизатора или модема.

Характеристики основных разновидностей интерфейсов «пользователь–сеть» приведены в таблице 20.1.

Интерфейс RS-232 является наиболее популярным низкоскоростным интерфейсом. Первоначально он был разработан для передачи данных между компьютером и модемом со скоростью не выше 9600 бит/с на расстояние до 15 метров. Позднее практические реализации этого интерфейса стали работать и на более высоких скоростях — до 115200 бит/с. Интерфейс поддерживает как асинхронный, так и синхронный режим работы. Особую популярность этот интерфейс получил после его реализации в персональных компьютерах (его поддерживают СОМ-порты), где он работает, как правило, только в асинхронном режиме и позволяет подключать к компьютеру не только коммуникационные устройства (такое, как модем), но и многие другие периферийные устройства — мышь, сканер, принтер и т. д.

Таблица 20.1. Интерфейсы «пользователь–сеть»

Характеристики	Интерфейс				
	RS-232	RS-449	V.35	HSSI	USB
Длина, номинал.	15 м	100 м	600 м	15 м	15 м
Скорость, номинал.	64 Кбит/с	20 Кбит/с	64 Кбит/с	52 Мбит/с	12 Мбит/с
Режим работы	Синхр/асинхр	Синхр/асинхр	Синхр.	Синхр.	Синхр.

Интерфейс RS-449 поддерживает более высокую скорость обмена данными и большую удаленность ООД от АПД. Скорость обмена до 20 000 бит/с

на расстоянии до 100 м. Интерфейс RS-449 поддерживает асинхронный и синхронный режимы обмена между ООД и АПД.

Интерфейс V.35 был разработан для подключения синхронных модемов. Он обеспечивает только синхронный режим обмена между ООД и АПД на скорости до 168 Кбит/с. Для синхронизации обмена используются специальные тактирующие линии. Типовое расстояние между ООД и АПД составляет 600 м при скорости обмена 64 Кбит/с.

Интерфейс HSSI разработан для подключения к устройствам АПД, работающим на высокоскоростные каналы. Интерфейс работает в синхронном режиме и поддерживает передачу данных в диапазоне скоростей от 300 Кбит/с до 52 Мбит/с. Максимальная длина кабеля составляет 15 метров.

Интерфейс USB, так же как и HSSI, предназначен для работы с высокоскоростными каналами. Интерфейс обеспечивает скорость обмена данными до 12 Мбит/с. Длина кабеля может составлять от 2 до 15 метров.

20.3. Типы глобальных сетей ЭВМ

Глобальные сети ЭВМ в зависимости от используемого в них метода коммутации абонентских систем подразделяются на следующие типы:

- сети с выделенными каналами;
- сети с коммутацией каналов;
- сети с коммутацией пакетов.

20.3.1 Глобальные сети с выделенными каналами

Выделенные каналы могут предоставляться для построения глобальных сетей ЭВМ телекоммуникационными компаниями, владеющими каналами дальней связи (например, «Ростелеком»). Наиболее часто выделенные каналы используются для соединения между собой отдельных локальных сетей и мощных хост-компьютеров без установки транзитных коммутаторов (рис. 20.3). Выделенные каналы широко используются Министерством обороны для построения специализированных глобальных сетей военного назначения. Исполь-

зование выделенных каналов гарантирует высокую пропускную способность сети, но при большом их количестве в сети приводит к значительным материальным затратам. В настоящее время для построения глобальных сетей ЭВМ используются аналоговые и цифровые выделенные каналы.

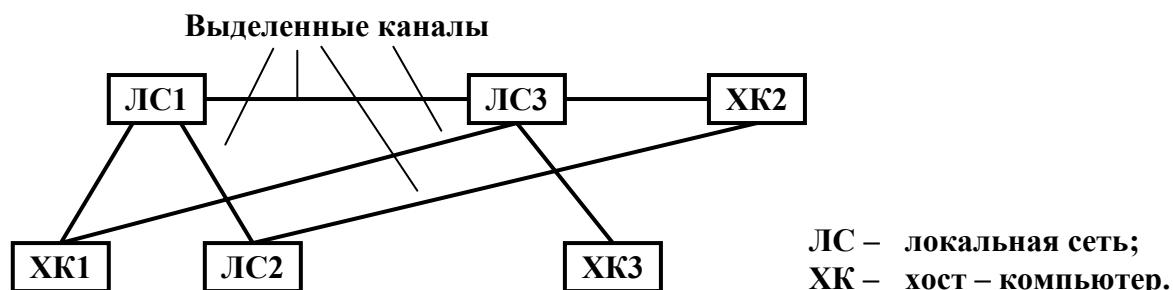


Рис. 20.3. Использование выделенных каналов

20.3.2 Глобальные сети с коммутацией каналов

Для построения глобальных сетей ЭВМ с коммутацией каналов могут использоваться телекоммуникационные сети двух типов:

- аналоговые телефонные сети;
- цифровые сети с интеграцией услуг (сети ISDN).

Достоинством сетей с коммутацией каналов является их широкая распространенность, особенно аналоговых телефонных сетей. Основным недостатком аналоговых телефонных сетей является низкое качество составного канала и большое время установления соединения, особенно при импульсном способе набора номера, характерного для нашей страны.

Телефонные сети, полностью построенные на цифровых коммутаторах, и сети ISDN свободны от многих недостатков традиционных аналоговых телефонных сетей. Они предоставляют пользователям высококачественные линии связи, а время установления соединения в сетях ISDN существенно сокращено.

Однако даже при качественных каналах связи, которые могут обеспечить сети с коммутацией каналов, для построения глобальных связей эти сети могут оказаться экономически неэффективными. Так как в таких сетях пользователи платят не за объем переданного трафика, а за время соединения, то при трафике с большими пульсациями и, соответственно, большими паузами между пакета-

ми оплата идет во многом не за передачу данных, а за их отсутствие. Это прямое следствие плохой приспособленности метода коммутации каналов для соединения компьютеров.

Тем не менее, при подключении массовых абонентов к глобальной сети, например сотрудников предприятия, работающих дома, телефонная сеть оказывается единственным подходящим видом глобальной службы из соображений доступности и стоимости (при небольшом времени связи удаленной абонентской системы с глобальной сетью).

20.3.3 Глобальные сети с коммутацией пакетов

Глобальные сети ЭВМ с коммутацией информационных пакетов начали активно использоваться с начала 80-х годов XX века. В настоящее время для построения глобальных сетей указанного типа используются следующие основные технологии: сети X.25; Frame Relay; АТМ; TCP/IP.

В таблице 20.2 приведены наиболее важные характеристики этих сетей. В графе «Тип трафика» указывается тип трафика, который наиболее подходит для данного типа сетей, а в графе «Скорость доступа» — наиболее типичный диапазон скоростей, предоставляемых поставщиками услуг этих сетей.

Таблица 20.2. Характеристики сетей с коммутацией пакетов

Тип сети	Скорость доступа	Тип трафика	Примечание
X.25	1.2 – 64 Кбит/с	Терминальный	Большая избыточность протоколов, хорошо работают на каналах низкого качества
Frame Relay	64 – 2000 Кбит/с	Компьютерный	Допускают пульсации трафика, поддерживают службу постоянных виртуальных каналов.
АТМ	1.5 – 155 Мбит/с	Компьютерный, графика, мультимедийный	Активное внедрение и использование началось с 1996 года. Являются наиболее перспективными
TCP/IP	1.2 – 2 Кбит/с	Терминальный, компьютерный	Широко распространены в некоммерческом варианте (сеть Internet).

21. ТЕХНОЛОГИИ ПОСТРОЕНИЯ ГЛОБАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СЕТЕЙ.

21.1. Цифровые сети с интеграцией услуг (сети ISDN)

Цифровая сеть с интеграцией услуг ISDN (Integrated Services Digital Network) – это глобальная телекоммуникационная сеть, в которой передача данных между абонентскими системами реализуется на основе метода коммутации каналов, а данные передаются и обрабатываются в цифровой форме.

Внедрение сетей ISDN в эксплуатацию началось в конце 80-х годов XX века. Наибольшее распространение они получили в странах Европы, в США и Японии.

Архитектура сети ISDN предусматривает предоставление пользователям следующих служб и услуг:

- передача данных по выделенным некоммутируемым цифровым каналам;
- коммутируемая телефонная сеть общего пользования;
- сеть передачи данных с коммутацией каналов;
- сеть передачи данных с коммутацией пакетов;
- сеть передачи данных с трансляцией кадров (режим frame relay);
- средства контроля и управления работой сети.

21.1.1. Основные принципы построения и компоненты сетей ISDN

Информационное взаимодействие между компонентами сети осуществляется на трех уровнях: физическом, канальном и сетевом.

Компонентами сетей ISDN являются (рис. 21.1):

терминалы (Т);

терминальные адаптеры (ТА);

сетевые терминалы (СТ);

линейные терминалы (ЛТ);

магистральные устройства (МУ).

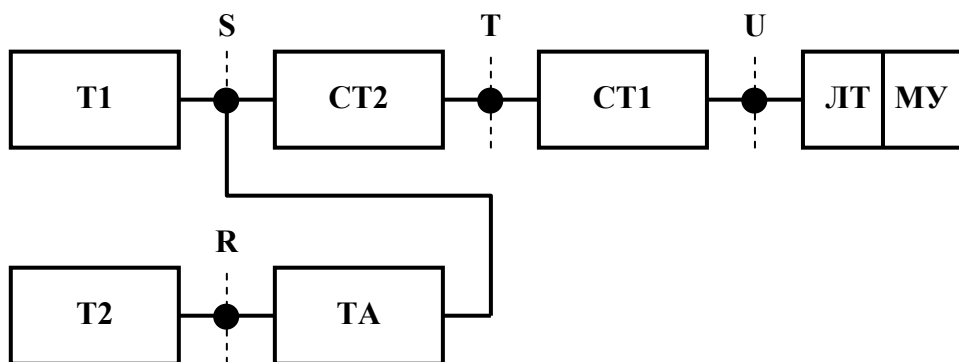


Рис. 21.1. Основные компоненты сети ISDN

Специализированные ISDN терминалы T1 (цифровые телефоны, факсы, оборудование видеоконференцсвязи, мосты/маршрутизаторы, терминальные адаптеры) обеспечивают представление данных пользователя в требуемом формате и непосредственное подключение пользователя к сети ISDN.

Обычные (не ISDN) терминалы T2 представляют собой такое оборудование, как аналоговые телефоны, факсы, компьютеры с аналоговыми модемами, и не обеспечивают непосредственного подключения пользователя к сети ISDN.

Терминальный адаптер ТА обеспечивает подключение неспециализированных терминалов T2 к сети ISDN.

Точка сопряжения R используется для подключения неспециализированных терминалов T2 к терминальным адаптерам

Сетевые терминалы CT1 и CT2 обеспечивают подключение терминалов пользователя к различным точкам сопряжения сети ISDN.

Сетевой терминал CT2 обеспечивает взаимодействие с сетью терминалов пользователя, которые подключены к магистрали S.

Точка сопряжения S используется для подключения терминалов пользователя к сетевому терминалу.

Точка сопряжения T используется для подключения сетевых терминалов CT1 и CT2.

Точка сопряжения U используется для подключения сетевого терминала CT1 к коммутатору ISDN.

Обычно указанные выше компоненты сети ISDN не изготавливаются в виде отдельных блоков. Как правило, сетевые терминалы изготавливаются в виде единого устройства, которое обозначается СТ (NT). Точка сопряжения с терминалами пользователя в данном случае обозначается S/T.

21.1.2. Типы сервиса сетей ISDN

Существует две разновидности цифровых сетей с интеграцией услуг: сеть N-ISDN и сеть B-ISDN.

Сеть N-ISDN (narrowband) обеспечивает передачу данных со скоростью до 2048 Кбит/сек. Сеть B-ISDN (broadband) предназначена для передачи данных со скоростью до 155000 Кбит/сек. В дальнейшем будет рассматриваться только сеть N-ISDN. Интеграция разнородных трафиков в сети ISDN выполняется по принципу временного разделения (time division multiplexing - TDM). Основные типы сервиса сетей ISDN представлены в таблице 21.1.

Таблица 21.1. Основные типы сервиса сетей ISDN

Тип канала	Скорость	Назначение
A	-	Аналоговый телефонный канал 4 кГц
B	64 Кбит/сек	Данные или оцифрованный аудиосигнал
C	8 или 16 Кбит/сек	Цифровой канал передачи данных
D	16 Кбит/сек	Цифровой канал передачи внеканальной сигнализации
E	64К бит/сек	Цифровой канал для внутренней сигнализации ISDN
H0	384 Кбит/сек	Цифровой канал передачи данных
H10	1472 Кбит/сек	Цифровой канал передачи данных
H11	1536К бит/сек	Цифровой канал передачи данных
H12	1920 Кбит/сек	Цифровой канал передачи данных

21.1.3. Пользовательские интерфейсы сетей ISDN

Цифровые сети с интеграцией услуг ISDN поддерживают два типа пользовательских интерфейсов (рис. 21.2).

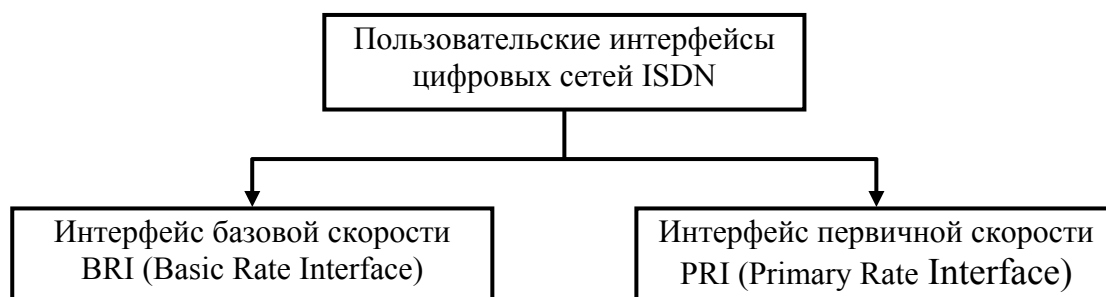


Рис. 21.2. Пользовательские интерфейсы ISDN

Интерфейс базовой скорости ISDN (Basic Rate Interface- BRI) предоставляет пользователю услуги сети ISDN в виде двух каналов с пропускной способностью 64 Кбит/с (два канала типа В) . Для передачи канальной сигнализации используется отдельный канал, который имеет пропускную способность 16 Кбит/с (канал типа D). Таким образом, интерфейс базовой скорости обозначается 2В+D и обеспечивает общую пропускную способность 192 Кбит/с.

Интерфейс первичной скорости ISDN (Primary Rate Interface- PRI) имеет различную структуру в различных регионах. В Европе PRI предоставляет пользователю сеть ISDN в виде 30 каналов В - типа и одного канала D - типа (30В+D). В США и Японии PRI предоставляет пользователю сеть ISDN в виде 23 каналов В - типа и одного канала D - типа (23В+D). Суммарная пропускная способность составляет в Европе 2048 Кбит/с и 1544 Кбит/с – в США и Японии.

Сети ISDN можно использовать для передачи данных, для объединения удаленных локальных сетей, для доступа к сети Internet, для интеграции передачи разного вида трафика, в том числе видео и голосового. Терминальными устройствами сети могут быть цифровые телефонные аппараты, компьютеры с ISDN-адаптерами, видео- и аудиооборудование.

Основные достоинства сетей ISDN:

- предоставление пользователям широкого круга качественных услуг;
- использование обычных линий связи с мультиплексированием одного канала между несколькими абонентами;

- высокая скорость (до 128 Кбит/с) передачи информации по телефонным каналам связи;
- высокая эффективность использования в глобальных сетях.

Недостатки сетей ISDN:

- большие затраты при создании и модернизации сети;
- синхронное использование каналов связи, не позволяющее динамически подключать к работающему каналу новых абонентов.

21.2.Сети и технология X.25

21.2.1. Принципы построения и компоненты сети X.25

Главным принципом построения сетей X.25 является использование метода виртуальных каналов для обеспечения информационного взаимодействия между компонентами сети. Виртуальные каналы могут быть постоянными и коммутируемыми. Информационный обмен в сети X.25 во многом похож на аналогичный процесс в сетях ISDN и состоит из трех обязательных фаз:

- установление вызова (виртуального канала)
- информационный обмен по виртуальному каналу
- разрывание вызова (виртуального канала)

Структурная схема сети X.25 приведена на рисунке 21.3.

Компонентами сети являются устройства трех основных категорий:

- абонентские системы или терминальные устройства – ООД (DTE, Data Terminal Equipment). К устройствам данного типа относятся вычислительные комплексы и ЭВМ различного класса и назначения, рабочие станции и периферийные устройства локальных сетей ЭВМ, различное терминальное оборудование (кассовые аппараты, банкоматы, факсы и т.п.), а также устройства СРП, предназначенные для сборки и разборки информационных пакетов (PAD, packet assembler/disassembler);
- сетевые терминалы – АПД (DCE, Data Circuit-Terminating Equipment). К устройствам данного типа относятся синхронные и асинхронные модемы и уст-

ройства для работы по выделенным и коммутируемым аналоговым и цифровым каналам;

- магистральные коммутаторы – устройства PSE (Packet Switching Exchange), называемые также центрами коммутации пакетов (ЦКП). Коммутаторы размещаются в различных географических точках и реализуют маршрутизацию и передачу информационных пакетов по выделенным высокоскоростным магистральным каналам.

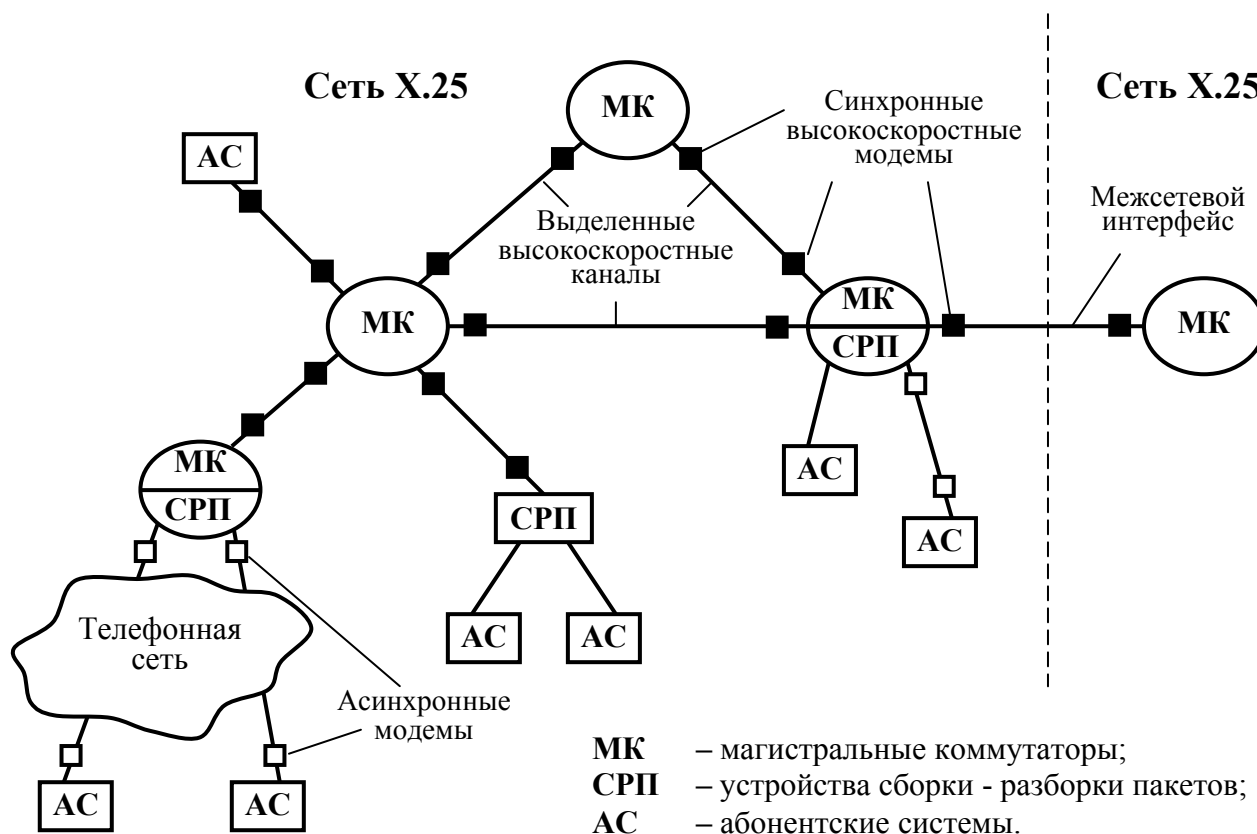


Рис. 21.3. Структура сети X.25

Устройства СРП являются специфическими устройствами сетей X.25. Они предназначены для обеспечения взаимодействия неспециализированных абонентских систем с магистральными коммутаторами путем преобразования формируемых ими потоков двоичных сигналов в информационные пакеты и выполнения обратного преобразования. Устройства СРП могут быть встроенными или удаленными. Встроенные СРП размещаются внутри магистральных коммутаторов, удаленные – выполняются в виде самостоятельных автономных устройств.

Абонентские системы в сети X.25 не имеют собственных адресов. Их адресация осуществляется путем присваивания адреса соответствующему порту устройства СРП, подключенного к магистральному коммутатору.

21.2.2. Уровни информационного взаимодействия в сети X.25

Информационное взаимодействие в сети X.25 осуществляется на физическом, канальном и сетевом уровнях.

На физическом уровне определены последовательные синхронные интерфейсы X.21 и X.21bis к аппаратуре передачи данных (допустимо использование интерфейсов V.24, V.35, RS-232C, RS-449, G.703). Физический уровень не контролирует правильность передачи информационных пакетов между абонентскими системами.

На канальном уровне сеть X.25 гарантирует правильную доставку пакетов, обеспечивает целостность данных и управление их потоком. Канальный уровень реализуется подмножеством протокола HDLC (High-level Data Link Control)– протоколом LAP-B (Link Access Protocol – Balanced). Протокол LAP-B функционирует подобно протоколу LLC2 (IEEE 802.2), то есть требует передачи квитанций и выполняет повторную передачу потерянных пакетов.

На сетевом уровне определен протокол X.25/3 (PLP, Packet Layer Protocol), описывающий обмен пакетами между АПД и СПД. Он выполняет функции маршрутизации пакетов, установления и разрыва виртуального канала, управления потоком пакетов.

После установления соединения АПД с коммутатором на канальном уровне, АПД передает пакет запроса виртуального соединения с другим ЦКП (Call Request), который маршрутизируется коммутаторами, прокладывая виртуальный канал.

Протокол X.25 допускает длину поля данных пользователя в пакете до 4096 байт, но предпочтительной является длина по умолчанию 128 байт.

Адресация узлов в сети X.25, не связанной с другими сетями, может быть произвольной (до 16 байт на адрес). Для сетей передачи общего пользования

Рекомендация ССІТТ Х.121 определяет международную систему нумерации адресов. Первая цифра указывает на формат остальной части адреса: “0” – полный международный сетевой адрес (три следующих десятичных цифры указывают на страну, например, 250 или 251 – Россия, затем одна цифра под номер сети в стране, затем до десяти цифр номер узла в сети), “9” – полный международный телефонный номер (следующие цифры содержат телефонный код страны, например, 7 – Россия, затем код города и номер телефона в городе, всего до 14 цифр).

Производительность коммутаторов Х.25 обычно составляет несколько тысяч пакетов в секунду, что существенно ограничивает пропускную способность сети. Это связано с тем, что протоколы Х.25 предназначались для использования на низкоскоростных линиях связи с высоким уровнем помех, поэтому каждый коммутатор должен подтвердить каждый принятый пакет, выполнить разбор пакета для определения дальнейшего пути и повторную его упаковку в кадр LAP-B. При этом задержка коммутации составляет сотни миллисекунд.

Достоинства сетей Х.25:

- обеспечивают гарантированную доставку пакетов;
- эффективный контроль за появлением ошибок и наличие механизма альтернативной маршрутизации;
- возможность работы с выделенными и коммутируемыми, с аналоговыми и цифровыми каналами;
- возможность разделения в реальном масштабе времени одного физического канала между несколькими абонентами.

Недостатки сетей Х.25:

- невысокая скорость передачи данных (от 56 до 64 Кбит/с);
- невозможность передавать чувствительный к временным задержкам трафик.

21.3.Сети и технология Frame Relay

Технология коммутации кадров Frame Relay (FR) разработана в начале 80-х годов XX века для использования в сетях ISDN и является упрощенным

вариантом сетей с коммутацией пакетов. Обеспечивает информационное взаимодействие на физическом и канальном уровне модели OSI. Результаты сравнительного анализа и преимущества технологии FR по сравнению с X.25 и ISDN приведены в таблице 21.1.

Таблица 21.1. Характеристики технологий глобальных сетей

Параметр	ISDN	X.25	FR
Выделение фиксированной полосы под вызов	+	–	–
Виртуальные каналы	–	+	+
Высокая степень готовности	+	–	+
Малая величина задержки	+	–	+
Высокая эффективность использования канала	–	–	+
Возможность масштабирования сети	–	+	+
Низкая стоимость использования канала	–	–	+

21.3.1. Принципы построения и компоненты сетей Frame Relay

Принципиальное отличие технологии Frame Relay от других заключается в организации информационного взаимодействия абонентских систем сети только на физическом и канальном уровнях модели OSI. Это позволяет сократить объем управляющей информации в информационном кадре и тем самым повысить общую эффективность передачи данных по каналам сети.

Технология Frame Relay не имеет встроенных функций контроля доставки и управления потоком кадров. Предполагается, что каналы передачи данных являются достаточно надежными, а функции управления потоком выполняются протоколами верхних уровней. Эти особенности и обеспечивают преимущества сетей Frame Relay по сравнению с другими сетями.

Компонентами сети Frame Relay являются устройства трех типов:

- абонентские системы или терминальные устройства – ООД (DTE);
- аппаратура передачи данных – устройства АПД (DCE);
- мультимедийные коммутаторы кадров – устройства FRAD (Frame Relay Access Device).

Структурная схема сети Frame Relay представлена на рис. 21.4. В качестве устройств ООД могут выступать отдельные терминалы, хост-компьютеры, локальные сети и т.п.

Информационный обмен в сетях Frame Relay осуществляется на основе виртуальных каналов (virtual circuits). Виртуальный канал представляет собой логическое соединение, которое создается между двумя устройствами ООД и используется для передачи данных. В сети Frame Relay используется два типа виртуальных каналов - коммутируемые (SVC, Switched Virtual Circuit) и постоянные (PVC, Permanent Virtual Circuit).

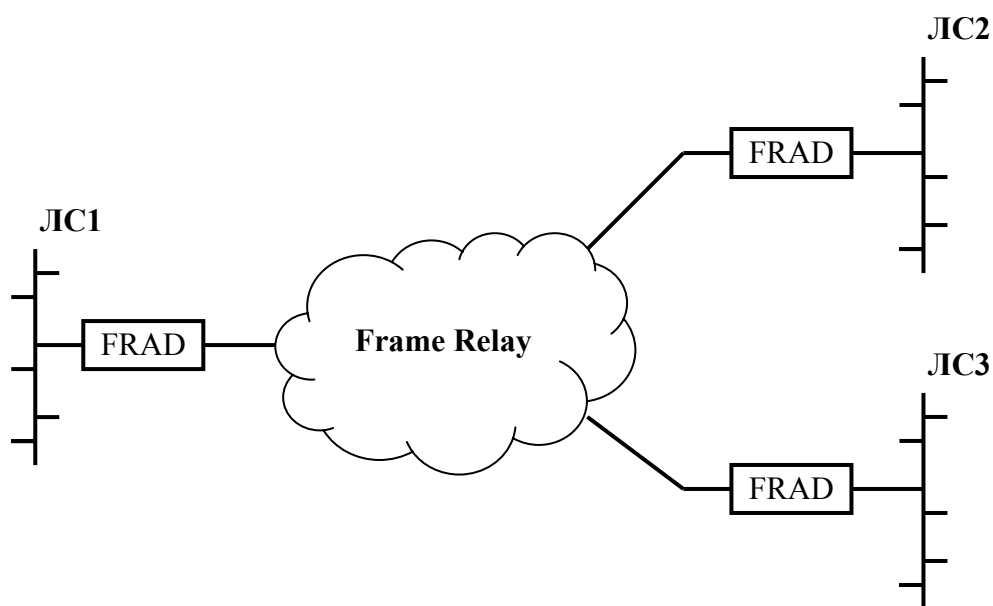


Рис. 21.4. Структура сети Frame Relay

Коммутируемые виртуальные каналы SVC представляют собой временные соединения для передачи импульсного трафика между двумя устройствами ООД.

Постоянные каналы PVC представляют собой постоянное соединение, обеспечивающее информационный обмен между двумя устройствами ООД.

Для идентификации виртуальных каналов в сети Frame Relay используется аппарат DLCI (Data-Link Connection Identifier). Идентификатор DLCI определяет номер виртуального порта для процесса пользователя.

21.3.2. Структура кадра Frame Relay

Кадр Frame Relay содержит минимально необходимое количество служебных полей. Структура кадра приведена на рис. 21.5.

Флаг	Заголовок кадра	Поле данных	FCS	Флаг
1 байт	2 байта		2 байта	1 байт

Рис.21.5. Структура кадра Frame Relay

Поле «Флаг» выполняет функцию обрамления кадра.

В поле «Заголовок кадра» размещается информация, которая используется для управления виртуальными соединениями и процессами передачи данных в сети Frame Relay.

Поле данных в кадре Frame Relay имеет переменную длину и предназначено для переноса пользовательских блоков данных.

Поле FCS содержит 16-ти разрядную контрольную сумму всех полей кадра Frame Relay за исключением поля "флаг".

21.3.3. Параметры качества обслуживания Frame Relay

В качестве таких параметров в сети Frame Relay используются:

- согласованное значение информационной скорости (V_C);
- гарантируемый объем передаваемых данных (B_T);
- не гарантируемый объем передаваемых данных (B_{HT}).

Согласованная информационная скорость (V_C) - это максимальная скорость, с которой пользователь может обеспечивать информационный обмен по отдельному постоянному каналу PVC.

Гарантированный объем передаваемых данных определяется в соответствии с формулой:

$$B_T = T_C * V_C.$$

Таким образом, значение B_T определяет максимальный объем данных, который может быть передан без потерь за период T_C со скоростью V_C .

Не гарантированный объем передаваемых данных $V_{НГ}$ определяет величину предельного увеличения трафика пользователя для конкретного виртуального канала PVC. Кадрам пользователя, которые образовали добавку $V_{НГ}$ к согласованному значению $V_{Г}$, присваивается соответствующий признак, позволяющий удалять их при возникновении перегрузок в сети.

Достоинства технологии Frame Relay:

- гарантированная согласованная скорость передачи данных;
- высокая надежность функционирования сети;
- возможность работы с мультимедийным трафиком;
- простые и дешевые средства управления сетью.

Недостатки технологии Frame Relay:

- используются дорогостоящие качественные каналы связи;
- не обеспечивается достоверность доставки кадров;
- возможна потеря отдельных кадров в процессе передачи;
- возможна перегрузки сети из-за отсутствия эффективного контроля за трафиком.

21.4.Сети и технология АТМ

Базовые основы сетевой технологии асинхронной передачи данных АТМ (Asynchronous Transfer Mode) были разработаны и приняты в начале 90-х годов XX века. Необходимость ее разработки была вызвана следующими недостатками существующих технологий:

- технология N-ISDN не обеспечивала высокую гибкость, эффективность и пропускную способность (не более 2 Мбит/с) физического канала при передаче разнородного (мультимедийного) трафика;
- технология X.25 обладала низкой пропускной способностью (не более 64 Кбит/с) и не позволяла передавать мультимедийный трафик;

- технология Frame Relay допускала потерю части передаваемых информационных кадров и не обеспечивала выделения гарантированной полосы пропускания для передачи пульсирующего трафика.

В настоящее время технология АТМ является наиболее универсальной и перспективной. Продолжает активно развиваться и совершенствоваться с целью широкого внедрения нового поколения информационных сетей с интеграцией услуг, получивших название широкополосных сетей ISDN (Broadband-ISDN, B-ISDN).

Высокая универсальность и эффективность сетей на основе технологии АТМ достигается за счет:

- возможности одновременной передачи компьютерного и мультимедийного трафика с гарантированным качеством обслуживания;
- реализации широкого диапазона скоростей передачи данных (от десятков мегабит до нескольких гигабит в секунду) с гарантированной пропускной способностью канала для наиболее важных приложений;
- унификации транспортных протоколов для локальных и глобальных сетей ЭВМ;
- возможности использования инфраструктуры физических каналов передачи данных существующих сетевых технологий;
- возможности взаимодействия с наиболее популярными протоколами локальных и глобальных сетей (Ethernet, IP, ISDN и др.).

21.4.1. Принципы построения и компоненты сетей АТМ

Отличительной особенностью асинхронной сетевой технологии АТМ является повышение пропускной способности физического канала передачи данных за счет более эффективного уплотнения трафика логических подканалов.

Сравнительные возможности по уплотнению разнородного трафика традиционных синхронных технологий, основанных на временном мультиплексировании каналов TDM (Time Division Multiplexing), и технологии АТМ представлены на рис.21.6.

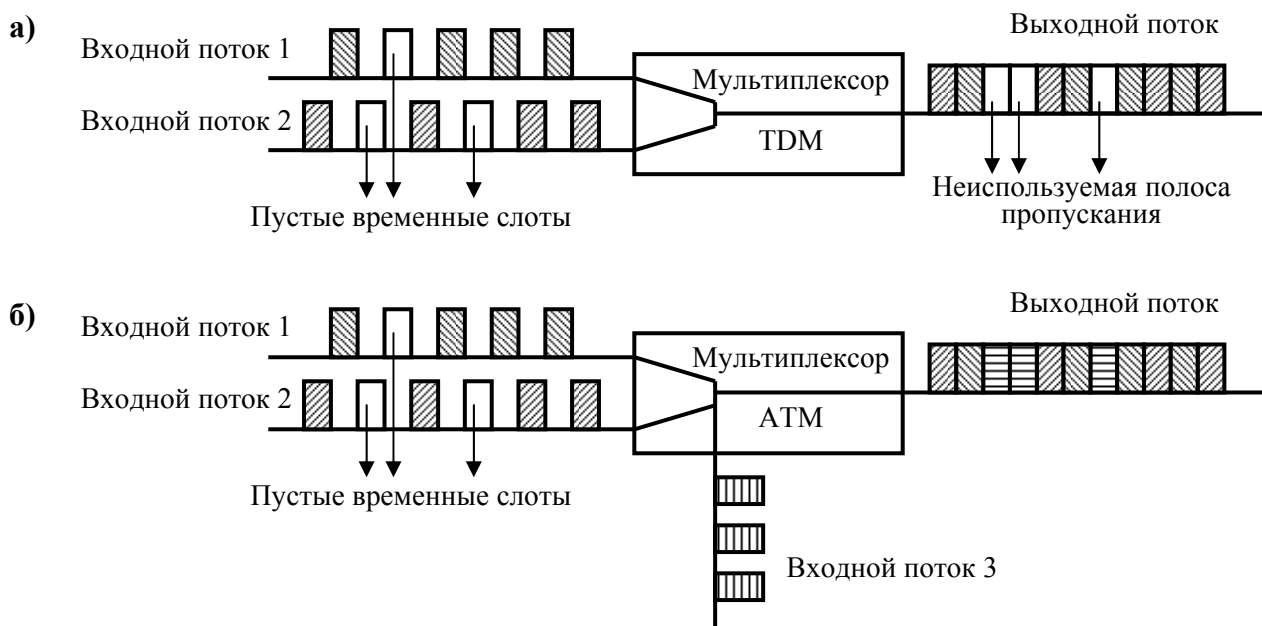


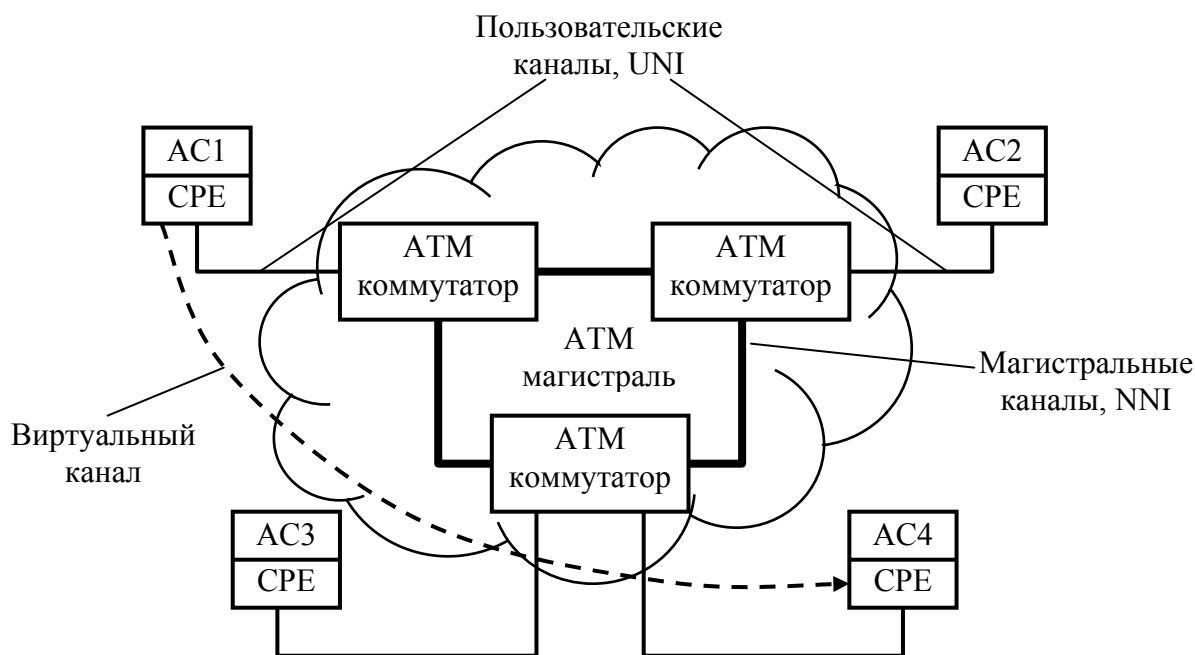
Рис. 21.6. Возможности повышения пропускной способности канала за счет уплотнения трафика технологий TDM (рис. 21.6а.) и АТМ (рис. 21.6б.)

Структурная схема сети АТМ представлена на рис. 21.7.

Основными компонентами сетей АТМ являются:

- АТМ – коммутаторы, представляющие собой высокопроизводительные специализированные вычислительные устройства, реализующие передачу информационных ячеек по магистральным каналам сети;
- сетевые магистральные и пользовательские каналы связи;
- абонентские системы с сетевыми АТМ – адаптерами.

В сетях АТМ информация, передаваемая между абонентскими системами, разбивается на информационные кадры фиксированного размера в 53 байта. Такие кадры называются ячейками (cell). Ячейки пересылаются между абонентскими системами через сеть АТМ – коммутаторов. Коммутация ячеек сочетает преимущества коммутации пакетов (передача данных в виде индивидуально адресуемых кадров) и коммутации каналов (использование кадров небольшого фиксированного размера, уменьшающих задержки в сети), что обеспечивает передачу данных по каналам АТМ со скоростями от 155 Мбит/с до 2,2 Гбит/с (в перспективе до 10 Гбит/с).



AC – абонентская система.
 CPE (Customer Premises Equipment) – ATM – адаптер абонентской системы.
 UNI (User - Network Interface) – интерфейс пользователь – сеть.
 NNI (Network - Network Interface) – интерфейс сеть – сеть.

Рис. 21.7. Структура сети ATM

Передача ячеек в сетях ATM возможна только после предварительного установления соединения между абонентскими системами. Соединение выполняется сетевыми коммутаторами по запросу передающей абонентской системы. ATM – коммутаторы создают широкополосный физический канал, в котором динамически можно формировать более узкополосные виртуальные каналы.

Для передачи ячеек с требуемым качеством сформированные каналы должны обладать заданной пропускной способностью, а соответствующие им коммутаторы – необходимым объемом буферной памяти.

Все физические соединения в сетях ATM выполняются по принципу «точка – точка». Определено два основных интерфейса, которые должны поддерживать сетевые коммутаторы:

- интерфейс пользователь-сеть (UNI, User-to-Network Interface), используемый для соединения абонентских систем с ATM – коммутаторами;
- интерфейс сеть-сеть (NNI, Network-to-Network Interface), предназначенный для соединения магистральных коммутаторов между собой.

21.4.2. Формат АТМ – ячеек

Все АТМ – ячейки имеют фиксированный размер в 53 байта, 5 байтов из которых отведены под заголовок и 48 байтов – под пользовательские данные. Ячейки, передаваемые через интерфейсы UNI и NNI, отличаются друг от друга только форматом заголовка (рис. 21.8).

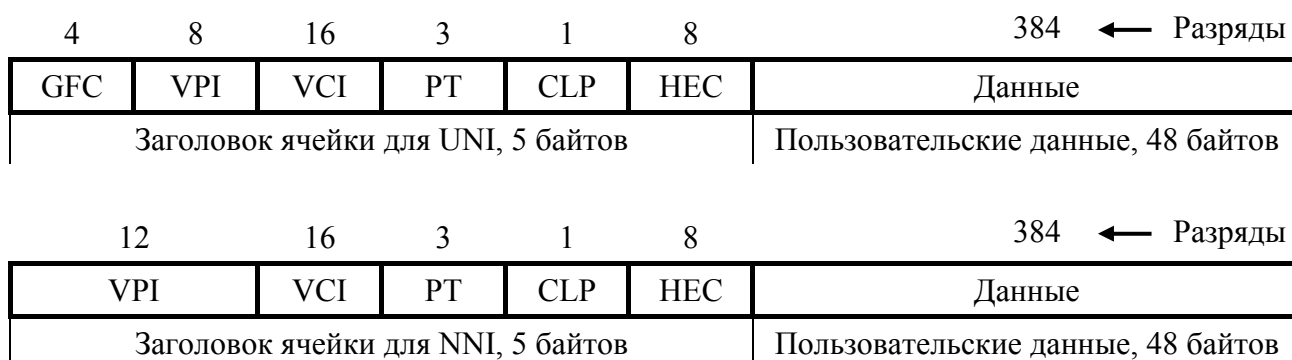


Рис. 21.8. Форматы АТМ – ячеек для интерфейсов UNI и NNI

Поле GFC (Generic Flow Control) – общее управление потоком, существует только в UNI и, как правило, не используется. В NNI биты, занимаемые этим полем, передаются полю VPI.

Поле VPI (Virtual Path Identifier), идентификатор виртуального пути. Виртуальный путь может объединять виртуальные каналы, проложенные по одному маршруту через сеть, или каналы, имеющие общую часть маршрута.

Поле VCI (Virtual Channel Identifier), идентификатор виртуального канала, назначаемый соединению при его установлении. Все ячейки, передаваемые через это соединение, имеют одинаковый VCI. Поля VCI и VPI позволяют определить следующую точку назначения ячейки – следующий коммутатор на маршруте ее передачи. Каждый коммутатор назначает этим полям новые значения, так что содержимое полей VPI и VCI имеют смысл только для одной конкретной линии связи, а не для всей сети.

Поле PT (Payload Type), тип информации, позволяет различать пользовательские и служебные ячейки. Первый бит этого поля в пользовательских ячейках равен 0, а в служебных – 1.

Поле CLP (Congestion Loss Priority), приоритет потерь при перегрузках, выставляется в 1 для указания низкоприоритетных ячеек, которые можно удалить при перегрузке сети.

Поле HEC (Header Error Control), контрольная последовательность для заголовка, содержит контрольную сумму, вычисленную с помощью корректирующего кода Хемминга.

Коммутаторы АТМ могут работать в двух режимах, различающихся использованием значений полей VCI и VPI:

- в режиме коммутации виртуального пути;
- в режиме коммутации виртуального канала.

Виртуальный путь представляет собой группу виртуальных каналов, которые в пределах данного интерфейса имеют одинаковое направление передачи данных.

Виртуальный канал представляет собой фрагмент логического соединения, по которому производится передача данных одного пользовательского процесса.

Первый режим игнорирует поле VCI и выполняет передачу ячеек только на основе поля VPI. Так работают магистральные коммутаторы, коммутирующие группы виртуальных каналов как единое целое – виртуальный путь. Коммутаторы локальных сетей обычно работают во втором режиме – режиме коммутации виртуальных каналов, игнорируя поле VPI и анализируя только поле VCI.

21.4.3. Типы и классы сервиса в АТМ – сетях

АТМ – сети предоставляют пользователям три типа сервиса:

- Постоянные виртуальные соединения (PVC, Permanent Virtual Circuits) функционируют аналогично выделенным линиям, обеспечивая прямую связь между узлами. В этом случае соединение устанавливается вручную (при создании цепи) и не требует выполнения дополнительных процедур перед передачей данных.

- Коммутируемые виртуальные соединения (SVC, Switched Virtual Circuits) функционируют аналогично коммутируемым телефонным линиям – соединение устанавливается только на время передачи данных, для чего необходимо затратить время и трафик на выполнение специальных процедур установления соединения.
- Сервис без установления соединения (connectionless service) представляет собой традиционный для сетей с коммутацией пакетов дейтаграммный сервис.

Для различных видов информации, передаваемой через сети АТМ, определены пять классов сервиса (классов трафика), приведенные в таблице 21.2:

Таблица 21.2. Классы сервиса в АТМ – сетях

Класс	Характеристика класса
Класс А	Используется для передачи данных с постоянной битовой скоростью (CBR, Constant Bit Rate) и изохронностью, позволяет передавать голос, видеоизображение (в том числе телевизионное).
Класс В	Используется для передачи данных с переменной битовой скоростью (VBR, Variable Bit Rate) и изохронностью, позволяет передавать компрессированный голос и видеоизображение, например, для видеоконференций.
Класс С	Используется для передачи данных с переменной битовой скоростью без требования изохронности с установлением соединения, позволяет передавать трафик компьютерных сетей, работающих по протоколам с установлением соединения – TCP, X.25 и т.п.
Класс D	Используется для передачи данных с переменной битовой скоростью без требования изохронности, без установления соединения, позволяет передавать трафик компьютерных сетей, работающих по протоколам без установления соединения – IP (UDP), Ethernet и т.п.
Класс X	Не имеет стандартного описания и определяется параметрами трафика и качества обслуживания, оговоренными в контракте на предоставление услуг передачи данных.

21.4.4. Параметры качества обслуживания в АТМ – сетях

Для характеристики качества информационного взаимодействия абонентских систем в АТМ – сетях используются следующие параметры:

- доля ячеек, теряемых при передаче CLR (Cell Lost Ratio);
- максимальная разница между величинами задержек доставки ячеек от абонентской системы – источника к абонентской системе – получателю (задержка сквозной доставки) CDV (Cell Delay Variation);

- максимальная задержка при сквозной доставке Max CTD (Maximum Cell Transfer Delay);
- средняя задержка при сквозной доставке Mean CTD (Mean Cell Transfer Delay);
- минимальная скорость доставки ячеек сетью MCR (Minimum Cell Rate).

В таблице 21.3 приведены параметры качества для различных классов трафика.

Таблица 21.3. Параметры качества обслуживания в ATM – сетях

Класс трафика	CLR	CDV	Max CTD	Mean CTD	MCR
Видеоконференция	10^{-5}	50 мс	120 мс	100 мс	не прим.
Телефон	10^{-5}	2 мс	41 мс	40 мс	не прим.
Электронная почта	10^{-5}	не прим.	не опред.	не опред.	не прим.
Передача файлов	10^{-8}	не прим.	не опред.	не опред.	20 ячеек/с

Достоинства технологии ATM:

- обеспечивает высокую скорость передачи данных;
- поддерживает все виды трафика, гарантирует своевременную доставку критичной к задержкам аудио и видео информации;
- совместима с большинством существующих технологий построения глобальных и локальных сетей ЭВМ;
- обладает хорошими свойствами масштабируемости и высокой надежностью.

Недостатки технологии ATM:

- использует дорогостоящее телекоммуникационное оборудование;
- передаче данных обязательно предшествует установление соединения;
- большие издержки, связанные с обработкой служебной информации в заголовках ячеек;
- возможна потеря отдельных ячеек в процессе передачи.

22. ГЛОБАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СЕТЬ ИНТЕРНЕТ

22.1. Общие сведения о глобальной информационной сети Интернет

История возникновения и развития сети Интернет началась в конце пятидесятых годов XX века, когда с целью ускорения темпов разработок новейших систем вооружений в США было создано Агентство Перспективных Разработок (ARPA). Новая структура включала в себя большое количество различных научных и исследовательских учреждений. Для их успешной работы необходима была четкая, налаженная высоконадежная система, позволяющая различным исследовательским центрам координировать свою работу и обмениваться информацией по принципу «каждый с каждым». Основу такой системы должны были составить крупные вычислительные центры, объединенные каналами связи в единую информационную сеть.

В 1969 году была создана сеть, впервые связавшая между собой четыре компьютера в разных концах США. А через год новая информационная сеть, названная ARPANET, приступила к работе.

С каждым годом ARPANET росла и развивалась, становилась все более доступной для гражданских организаций. В 1973 году через ARPANET впервые «пообщались» компьютеры разных стран. Сеть стала международной.

Резкое увеличение пользователей сети привело к необходимости разработки нового механизма доступа к ее ресурсам. Такой механизм, названный «протоколом TCP/IP» (Transmission Control Protocol / Internet Protocol), был разработан и введен в использование в 1983 году. Протокол TCP/IP значительно упростил и позволил пользователям подключаться к сети при помощи обычной телефонной линии. Это привело к дальнейшему увеличению числа пользователей сети.

В начале 90-х годов произошло еще два значимых в истории сети события - повсеместное распространение графического способа отображения информации в виде «интернет-страничек», способных нести не только текст, но и графику с элементами мультимедиа (звук и видео), и внедрение технологии

«гипертекста», связавшей все ресурсы Интернета Всемирной Паутиной (World Wide Web). После этого спрос на Интернет – услуги у пользователей всех категорий ежегодно как минимум удваивается. С 1995 года сеть Интернет стала самым крупным и динамично развивающимся средством массовой телекоммуникации.

На сегодняшний день Интернет охватывает все континенты и большинство стран мира. Состоит всемирная сеть из большого количества более мелких сетей разного масштаба. К их числу можно отнести и крупные региональные сети, охватывающие целые страны (например, российский сегмент сети, называется «Рунетом»), и небольшие локальные сети отдельных предприятий и организаций, каждая из которых интегрирована в Интернет. Таким образом, отдельные сети в составе Интернет относительно независимы и могут развиваться по своим собственным законам и правилам, оставаясь в то же время частью единой структуры с ярко выраженной клиент-серверной направленностью. Структура фрагмента сети Интернет приведена на рис.22.1.

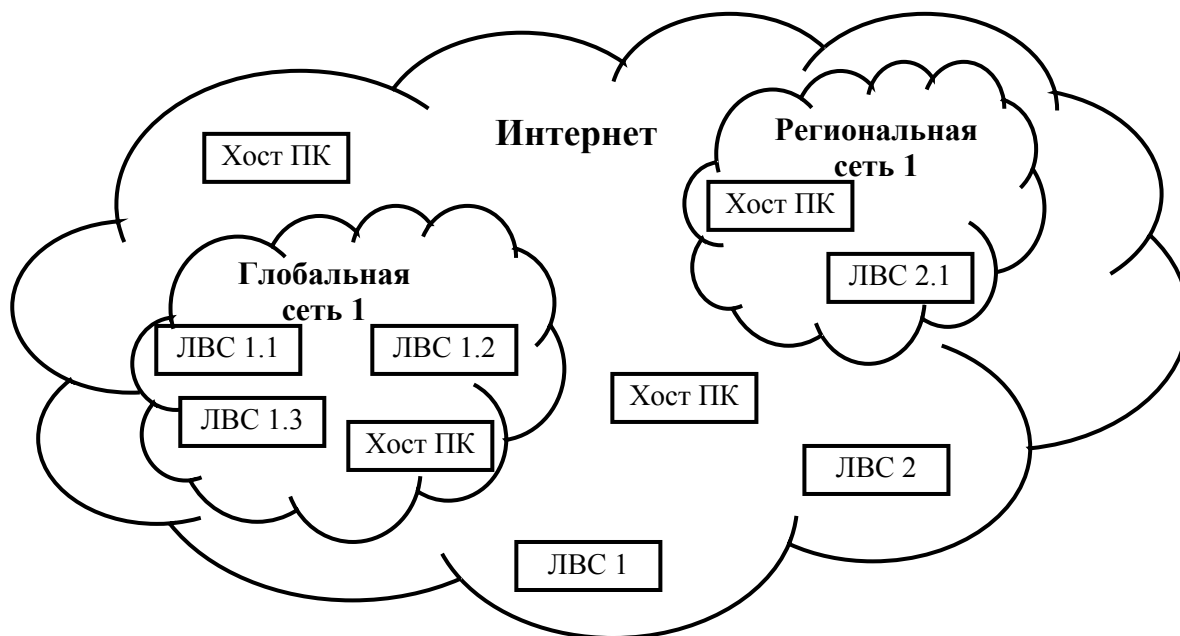


Рис. 22.1. Структура фрагмента сети Интернет

22.2. Протоколы информационного взаимодействия абонентских систем в сети Интернет

Глобальная сеть Интернет объединяет миллионы абонентских систем, оснащенных компьютерами разных типов (от персональных компьютеров до больших и сверхбольших компьютеров — мэйнфреймов). Для обеспечения их информационного взаимодействия между собой используется специальная система протоколов. Основу этой системы составляют два главных протокола:

Internet Protocol (IP) — протокол межсетевого взаимодействия, выполняет функции сетевого уровня модели OSI.

Transmission Control Protocol (TCP) — протокол управления передачей, выполняет функции транспортного уровня модели OSI.

Функции протокола IP:

- организует разбиение сообщений на электронные пакеты (IP-дейтаграммы);
- маршрутизирует отправляемые пакеты;
- обрабатывает получаемые пакеты.

Функции протокола TCP:

- управляет потоком информационных пакетов;
- обрабатывает ошибки в пакетах;
- гарантирует получение и сборку информационных пакетов в нужном порядке.

Реализация стека протоколов TCP/IP включает следующие процедуры:

- передаваемая информация упаковывается средствами прикладной программы в блоки заданного формата;
- протокол IP разделяет эти блоки на информационные пакеты. Пакеты имеют стандартный размер. Одно длинное сообщение может размещаться в нескольких пакетах или в один пакет может быть помещено несколько коротких сообщений, если у них одинаковый адрес получателя;
- каждому пакету присваивается индивидуальный номер и заголовок. Номера пакетов позволяют в дальнейшем контролировать полноту получения информации;

- каждый пакет доставляется адресату независимо от всех других пакетов по оптимальному на текущий момент времени маршруту, т.е. пакеты могут передаваться разными путями, что позволяет повысить общую эффективность использования каналов телекоммуникационной сети и надежность доставки пакетов;
- полученные пакеты контролируются средствами протокола TCP на наличие ошибок. В случае искажения или потери пакета организуется его повторная передача;
- все пакеты одного сообщения группируются вместе, проверяется наличие всех пакетов этого сообщения. В случае полноты и достоверности пакетов, они объединяются в единое сообщение.

Поскольку сообщение восстанавливается только после получения всех неискаженных пакетов, последовательность их получения может быть произвольной и значения не имеет.

Протоколы IP и TCP тесно связаны между собой и часто указываются под одним названием – протоколы стека TCP/IP.

На основе стека протоколов TCP/IP разработаны следующие широко применяемые в сети Internet сервисные протоколы:

- протокол передачи файлов (FTP, File Transfer Protocol);
- протокол удаленного доступа, то есть дистанционного исполнения команд на удаленном компьютере (Telnet);
- простой протокол пересылки электронной почты (SMTP, Simple Mail Transfer Protocol);
- протокол передачи гипертекста в World Wide Web (HTTP, Hyper Text Transfer Protocol);
- протокол передачи новостей (NNTP, Network News Transfer Protocol).

Эти протоколы порождают в сети соответствующие им прикладные процессы. Информационное взаимодействие между процессами реализуется протоколом TCP. Одновременно в сети может выполняться несколько процессов. Для идентификации процессов им присваиваются номера, называемые номера-

ми портов. Номера портов могут жестко закрепляться за конкретными процессами или динамично присваиваться процессам сервером портов при их активизации.

Пример жесткого закрепления номеров портов:

- порт 21 – закреплен за процессом передачи файлов протоколом FTP;
- порт 23 – закреплен за процессом удаленного доступа к файлам протоколом Telnet.

Номер порта и IP-адрес однозначно определяют процесс, выполняемый в сети.

22.3. Система адресации абонентских систем в сети Интернет

Для идентификации источников и приемников информации в сети Интернет всем абонентским системам (хост-компьютерам) присваиваются уникальные адреса, отвечающие следующим требованиям:

- адрес должен иметь формат, позволяющий просто и оперативно выполнять вычислительным средствам абонентских систем и узлов коммутации его обработку;
- адрес должен быть понятен пользователю и нести определенную информацию об адресуемом объекте.

С учетом этих требований адреса абонентских систем в сети Интернет могут иметь двойную кодировку:

- обязательный цифровой IP-адрес, легко воспринимаемый и обрабатываемый всеми вычислительными средствами сети;
- необязательный символьный DNS-адрес (DNS, Domain Name System), удобный для восприятия пользователем.

Цифровой IP-адрес версии V.4 представляет собой 32-разрядное двоичное число, которое разделяется на четыре блока по 8 бит. Два старших блока могут в зависимости от формата (класса адреса) определять адрес сети, входящей в состав глобальной сети Интернет, а два других — адреса подсети и хост-

компьютера внутри этой подсети. Структура одного из возможных форматов IP-адреса представлена на рис.22.2.

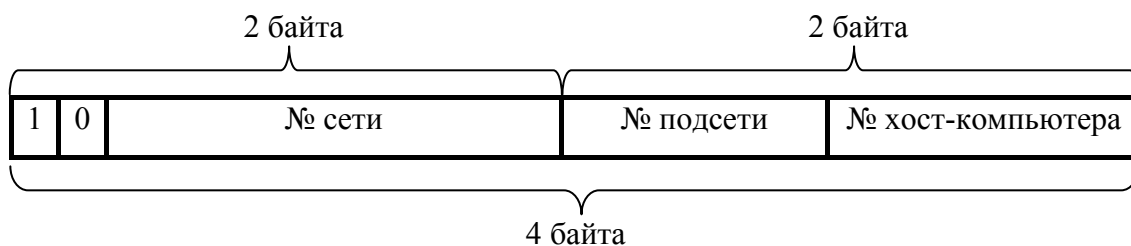


Рис.22.2. Структура IP-адреса

Пример 1:

10110010 00011110 10011100 11110111 – IP-адрес в двоичном коде;

178. 030. 152. 247 – IP-адрес в десятичном коде;

178. 030 – адрес сети;

152 – адрес подсети;

247 – адрес хост-компьютера внутри подсети.

Ввиду огромного количества подключенных к сети Интернет абонентских систем ощущается ограниченность 32-разрядных IP-адресов, поэтому ведется разработка модернизированного протокола IP-адресации, имеющего целью:

- повышение пропускной способности сети;
- создание лучше масштабируемой и адаптируемой схемы адресации;
- обеспечение гарантий качества транспортных услуг;
- обеспечение защиты информации, передаваемой в сети.

Основой этого протокола являются 128-битные адреса, обеспечивающие более 1000 адресов на каждого жителя земли. Внедрение этой адресации (IP-адресация версии V.6) снимет проблему дефицита цифровых адресов.

Доменный адрес состоит из нескольких, отделяемых друг от друга точкой буквенно-цифровых доменов (domain – область). Этот адрес построен на основе иерархической классификации: каждый домен, кроме крайнего левого, определяет целую группу абонентских систем, выделенных по какому-либо признаку, при этом домен группы, находящейся слева, является подгруппой (поддоме-

ном) правого домена. Всего в сети сейчас насчитывается более 120 000 разных доменов.

Пример двухбуквенного обозначения доменов некоторых стран приведен в таблице 22.1.

Таблица 22.1. Обозначение доменов некоторых стран

Страна	Домен	Страна	Домен
Австрия	at	Россия	ru
Болгария	br	США	us
Канада	ca	Франция	fr

Пример обозначения доменов, разделяемых по тематическим признакам, приведен в таблице 22.2.

Таблица 22.2. Обозначение доменов по тематическому признаку

Тематический признак	Домен	Тематический признак	Домен
Правительственные учреждения	gov	Сетевые организации	net
Коммерческие организации	com	Учебные заведения	edu
Военные учреждения	mil	Прочие организации	org

Доменный адрес может иметь произвольную длину. В отличие от цифрового адреса он читается в обратном порядке. Вначале указывается домен нижнего уровня – имя хост-компьютера, затем последующие домены – имена подсетей и сетей, в которых он находится, и домен верхнего уровня – чаще всего идентификатор географического региона (страны). Каждый уровень доменов отделяется друг от друга точкой.

Пример 2:

WWW.PVIRE_KV.NAROD.RU – DNS-адрес рекламного сайта ПВИРЭ КВ.

RU – домен страны России.

NAROD – поддомен – специализированный сервер для размещения сайтов.

PVIRE_KV – рекламный сайт Пушкинского ВИРЭ КВ.

WWW – сервер World Wide Web.

Преобразование доменного адреса в соответствующий цифровой IP-адрес автоматически выполняют специальные DNS- серверы (Domain Name Server) – серверы имен. Поэтому пользователю нет необходимости знать цифровые адреса.

Для работы в Интернете достаточно знать только доменный адрес компьютера или пользователя, с которым необходимо установить связь.

Но более эффективно для адресации использовать не просто доменный адрес, а универсальный локатор ресурсов – URL – адрес (Universal Resource Locator), который дополнительно к доменному адресу содержит указания на используемую технологию доступа к ресурсам и спецификацию ресурса внутри файловой структуры компьютера.

Пример 3:

HTTP: //WWW. PVIRE_KV. NAROD. RU – URL – адрес рекламного сайта.

HTTP – протокол передачи гипертекста, используемый для доступа.

WWW. PVIRE_KV. NAROD. RU – DNS-адрес рекламного сайта ПВИРЭ КВ.

22.4.Подключение к глобальной сети Интернет

Существует большое количество различных видов подключения к сети Интернет, однако все они могут быть объединены в две большие группы:

- сеансовое подключение;
- постоянное подключение.

При сеансовом подключении абонентская система пользователя не подключена к сети постоянно, а соединяется с ней посредством коммутируемой телефонной линии лишь на относительно короткое время. Данные в сеть передаются и принимаются в аналоговом виде.

При постоянном подключении абонентская система подключается к высокоскоростному постоянному каналу для доступа в Интернет, при этом данные передаются в сеть в цифровом виде.

22.4.1. Виды сеансового подключения

1. *Коммутируемый доступ по телефонной линии.* В этом случае работа с сетью осуществляется посредством телефонной линии и обычного, аналогового модема. Скорость приема данных зависит от трех величин: типа модема, качества телефонной линии и от ее типа. В самом благоприятном случае она может составить около 56 кбит/с.

2. *Асинхронное подключение через спутник.* При этом типе соединения с сетью Интернет используется два канала связи: при передаче информации, в том числе команд и запросов на открытие страниц или файлов, пользователь работает через обычный модем в стандартном режиме, а для приема информации используется быстрый спутниковый канал, скорость потока данных в котором превышает модемную в 6—8 раз и составляет 256 – 512 кбит/с. Такая организация доступа весьма рациональна, поскольку при работе в Интернете на компьютер поступает примерно в 10 раз больше данных, чем уходит с него.

22.4.2 Виды постоянного подключения:

1. *Асимметричный доступ по телефонной линии (ADSL).* Особенность данного вида подключения заключается в том, что при работе с Интернет телефонная линия пользователя остается свободной. Реальная скорость передачи данных по такой линии может достигать при передаче от АТС к абоненту от 500 Кбит/с до 8 Мбит/с и от 64 Кбит/с до .1 Мбит/с в обратном направлении.

2. *Синхронный доступ по выделенному каналу.* В отличие от ADSL, скорость передачи данных здесь одинакова всегда, независимо от количества пользователей и качества линии. Данный вид подключения обеспечивает наибольшую оперативность доступа к ресурсам сети, однако является наиболее дорогостоящим.

23. ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАБОТЫ В ИНТЕРНЕТЕ

23.1. Сервисные возможности глобальной сети Интернет

К основным сервисным возможностям глобальной сети Интернет, получившим наибольшее распространение и популярность у пользователей, относятся следующие:

1. *Всемирная паутина (WWW, World Wide Web)* – это система «страниц», содержащих текст, графику, звуковые файлы и видеоизображения. Построены «страницы» по системе гипертекста, то есть каждый их элемент может быть связан с другой страницей. Для работы с Интернет–страницами необходима специальная программа просмотра – браузер. В ОС WINDOWS такой программой является *Internet Explorer*.

World Wide Web является на сегодняшний день самым распространенным сервисом сети Интернет.

2. *Серверы FTP (File Transfer Protocol)* – вторая по значимости сервисная служба сети Интернет. Серверы FTP – это файловые архивы на удаленных компьютерах. Работать с ними можно точно так же, как с файлами на собственном компьютере с помощью программы «Проводник» или другой программы для работы с файлами.

3. *E-Mail* – Электронная почта. Очень широко распространенный сервис. Для работы с этим сервисом необходима специальная почтовая программа.

4. *News* – серверы новостей. Этот сервис напоминает электронную почту, только сообщения посылаются не на «почтовый ящик» конкретного адресата, а в специальную «группу новостей». И читать их может не один человек, а все подписчики.

При работе с перечисленными сервисными службами наиболее значимые достоинства сети Интернет проявляются в следующем:

1. *Интернет – самый массовый и оперативный источник информации.*

В Интернете расположены электронные варианты многих тысяч газет и журналов, через сеть ведут трансляцию сотни радиостанций и телекомпаний.

Трудно найти какую-либо область человеческой деятельности, которая не была бы представлена в Интернете во всей своей полноте сотнями и тысячами «страничек».

Другая популярная технология получения информации — через так называемые группы новостей, число которых приближается сегодня к ста тысячам, а также многочисленные рассылки, распространяющиеся автоматически по каналам электронной почты.

2. Интернет — крупнейший в мире источник развлечений.

Игры и музыка, кино и театр — все виды искусства и все новинки индустрии развлечений представлены сегодня в Интернете.

3. Интернет — самое прогрессивное средство общения и коммуникации.

Ежедневно пользователи сети отправляют друг другу сотни миллионов электронных посланий — для многих из них Интернет полностью заменил обычную почту. Пока сравнительно небольшое число людей пользуется услугами интернет-телефонии и видеоконференций, однако эти технологии общения становятся все более популярными: «пик» спроса на них в России ожидается к концу 2008 года.

4. Интернет — благоприятное пространство для бизнеса.

Все более популярной становится электронная торговля, позволяющая пользователю совершить покупку практически любого товара в любой точке планеты.

5. Интернет — это высокоэффективный инструмент для рекламы.

Сеть дает любому человеку практически бесплатную возможность оповестить многомиллионную аудиторию о предлагаемых им услугах или продукции.

6. Интернет — источник оперативного обновления и получения новых файлов и программ.

Через сеть можно получать новые драйверы для устройств, входящих в состав компьютера, исправления и дополнения для используемых программ, а

также их новые версии. Программные средства в сети могут распространяться бесплатно или по безналичному расчету.

Все сервисные возможности сети Интернет по времени реакции на запрос пользователя подразделяются на следующие группы:

- сервисные услуги отложенного ответа;
- сервисные услуги прямого обращения;
- сервисные услуги интерактивного взаимодействия.

Услуги отложенного ответа являются наиболее распространенными. Они универсальны и наименее требовательны к ресурсам абонентских систем и каналов связи. Основным признаком этой группы услуг – запрос и ответ на него могут быть существенно разделены во времени.

Услуги прямого обращения характеризуются тем, что информация по запросу пользователю предоставляется немедленно, но от пользователя немедленной ответной реакции не требуется.

Услуги интерактивного взаимодействия предоставляют пользователю возможность немедленного получения ответа на запрос, но требуют от него немедленной ответной реакции на полученную информацию.

23.2. Основные технологии работы в World Wide Web

WWW (World Wide Web) – Всемирная паутина – является наиболее распространенной и популярной информационной службой Интернета. Она предполагает наличие в сети клиентских и сервисных абонентских систем, которые получили название web-клиенты и web-серверы.

Основу WWW составляют три базовые технологии:

- универсальный способ адресации ресурсов в сети – URL-адреса (Universal Resource Locator);
- протокол обмена гипертекстовой информацией HTTP (Hypertext Transfer Protocol);
- язык гипертекстовой разметки документов HTML (Hypertext Markup Language).

23.2.1. Протокол обмена гипертекстовой информацией НТТР

Web - серверы содержат информационные страницы, которые обычно называют web - страницами.

Информация на web-страницах имеет следующие характерные особенности:

- она может быть представлена в различных формах – в виде форматированного текста, графических и анимированных объектов, в аудио- и видеоформе;
- она снабжена перекрестными ссылками для вызова нового сервера, страницы, абзаца на странице или нового объекта.

В основе организации перекрестных ссылок лежит технология гипертекста, определяемая протоколом передачи гипертекста НТТР (Hypertext Transfer Protocol).

Гипертекст (гипертекстовый документ) — это текстовый документ, содержащий ссылки на другие части данного документа, на другие документы, на объекты нетекстового формата (звук, графика, видео), в совокупности с системой, позволяющей такой текст читать, отслеживать ссылки, отображать графику, воспроизводить аудио- и видеовставки. Гипертекст с мультимедийными компонентами (аудио, видео) часто называют системами гипермедиа (Hypermedia).

Таким образом, *гипертекст* — это документ, имеющий ссылки на другие документы.

Внутри гипертекста ссылки обычно выделяются другим цветом и подчеркиваются. Указание на них курсором мыши приводит к его видоизменению (появляется кисть руки с вытянутым указательным пальцем), а щелчок левой кнопкой позволяет автоматически перейти в соответствии с тематикой выделенного текста на другую часть этого же документа, на другой документ в этом же компьютере или на документы на любом другом компьютере, подключенном к Интернету. Связь между гипертекстовыми документами осуществляется с помощью ключевых слов. Найдя ключевое слово, пользователь может перей-

ти в другой документ, чтобы получить дополнительную информацию. Новый документ также будет иметь гипертекстовые ссылки.

Структурно гипертекстовые документы представляют собой текстовые файлы, в которые встроены команды специального языка разметки гипертекстов HTML (Hypertext Markup Language).

23.2.2. Язык гипертекстовой разметки документов HTML

Язык гипертекстовой разметки документов HTML приобрел популярность в середине 90-х годов XX века благодаря стремительному расширению сети Интернет. Язык HTML не является языком программирования. Он предназначен для форматирования и оформления web-документов. Основу языка HTML составляют специальные операторы, называемые тэгами. В HTML их насчитывается более 100. Тэги вставляются непосредственно в текстовый документ и позволяют задавать его структуру, цветовое оформление текста и фона, включать в документ графические и мультимедийные объекты, формировать и выполнять многоуровневые гипертекстовые ссылки.

Пример оформления web-документа.

```
<HTML>
<HEAD>
<TITLE>Назначение размера и цвета шрифта</TITLE>
</HEAD>
<BODY>
<FONT COLOR=green>
<FONT SIZE=1>Этот текст будет зеленого цвета и иметь размер № 1</FONT>
</FONT>
</BODY>
</HTML>
```

Назначение тегов:

<HTML>, </HTML> – теги начала и конца HTML документа.
<HEAD>, </HEAD> – теги открытия и закрытия раздела заголовка документа.
<TITLE>, </TITLE> – теги заголовка документа.
<BODY>, </BODY> – теги содержательной части документа
, – теги установки параметров текста.

23.3. Программы – обозреватели Интернета и поисковые системы

23.3.1. Программы обозреватели Интернета

Программы–обозреватели, называемые браузерами (Browser), предназначены для организации доступа к web-объектам с известным URL–адресом.

В настоящее время разработано большое количество различных по сложности и функциональным возможностям программ–браузеров. Наиболее популярными и конкурентоспособными из них являются две: MS Internet Explorer и Netscape Navigator. Указанные браузеры обладают следующими функциональными возможностями:

- графический дружественный интерфейс для поиска и просмотра web–документов;
- возможность русскоязычного общения с пользователем;
- электронная почта;
- пересылка файлов;
- телеконференции, публикация и просмотр новостей;
- работа с файлами как в текстовом формате, так и в формате HTML;
- формирование системы закладок;
- расширенные возможности установки шрифта;
- поддержка одновременно нескольких окон для работы с разными документами и возможность разбивки окон на фреймы;
- запись в буферной памяти (кэширование) входящих по сети документов.

В качестве примера рассмотрим более подробно программу–браузер Internet Explorer, которая входит в состав операционной системы MS Windows.

После запуска Internet Explorer на экране компьютера открывается диалоговое окно, вид которого приведен на рис. 23.1. Окно содержит следующие основные элементы: логотип программы, строку заголовка, строку меню, панель инструментов, строку адреса, строку состояния и рабочую область.

Строка заголовка содержит название просматриваемого документа и стандартные кнопки окна Windows. Строка меню содержит 6 пунктов, содержащих команды браузера. Панель инструментов обеспечивает быстрый доступ

к наиболее популярным командам браузера. Функциональное назначение кнопок панели инструментов приведено в таблице 23.1.

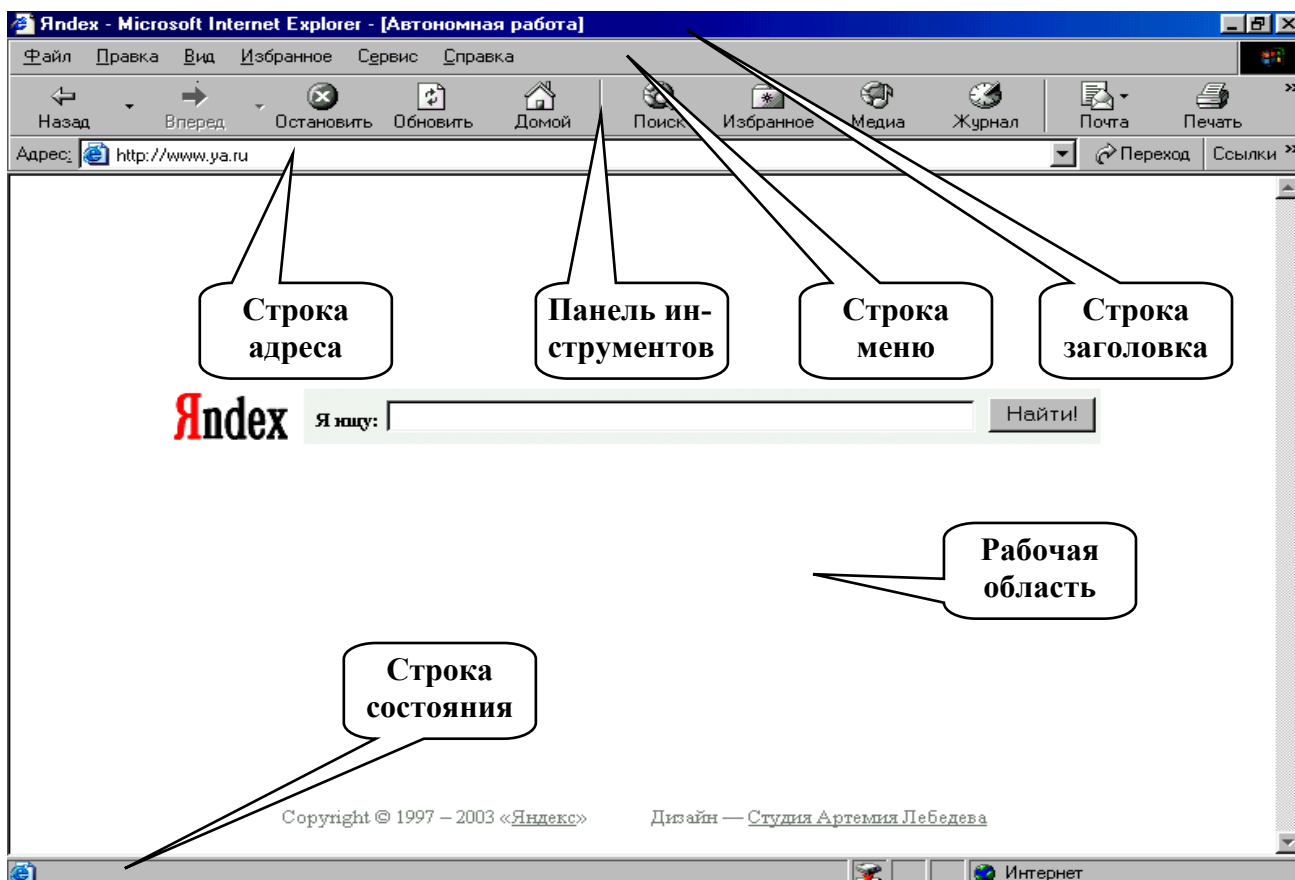


Рис. 23.1. Диалоговое окно браузера Internet Explorer

Таблица 23.1. Назначение кнопок панели инструментов

Кнопки панели инструментов	Функциональное назначение кнопок
Вперед, Назад	Продвижение по страницам, которые недавно просматривались
Остановить	Остановка и завершение выполнения процедуры
Обновить	Обновление вида просматриваемой страницы
Домой	Переход на основную (начальную) страницу
Поиск	Переход на универсальную поисковую страницу
Избранное	Переход в папку, хранящую ссылки на наиболее интересные для пользователя web-документы
Медиа	Переход в папку, хранящую ссылки на наиболее интересные для пользователя web-медиа документы
Журнал	Список использованных web-страниц и документов
Почта	Отправка сообщения по электронной почте или просмотр группы новостей Интернета
Печать	Вывод на печать текущей web-страницы

Строка адреса содержит URL–адрес документа.

Строка состояния может содержать:

- во время загрузки документов – сообщения, описывающие процесс загрузки (в частности, скорость передачи данных и процент уже загруженной части документа, время, оставшееся до конца загрузки);
- при просмотре уже загруженного документа – адрес гипертекстовой ссылки, на которую указывает курсор мыши.

23.3.2. Поисковые системы

Поиск нужной информации в Интернете представляет собой весьма трудоемкую задачу, поэтому для ее решения используются автоматизированные справочно–поисковые системы. Одной из наиболее эффективных разновидностей таких систем являются поисковые машины. Поисковые машины постоянно автоматически исследуют сеть с целью пополнения своих баз данных о новых web–документах.

К наиболее мощным и популярным международным поисковым машинам относятся системы Alta Vista, Yahoo! и др. Но поиск в них информации по русским ключевым словам часто бывает затруднительным, а иногда и невозможным. Поэтому для русскоязычного поиска более удобными являются отечественные поисковые системы Rambler, Yandex, Aport и др.

Основные достоинства этих систем: высокая скорость поиска и простота использования — пользователь обращается на сервер поиска, задает поисковый образ — ключевые слова интересующей его темы, вводит их в систему, и система выдает списки и адреса тех документов, в которых эти ключевые слова встречаются.

Все поисковые системы имеют текстовое окно поиска (см. рис. 23.1, Yandex), в которое вводятся используемые для поиска web–документов ключевые слова. Каждая поисковая система имеет свои правила составления запросов, поясняемые обычно в окнах этих поисковых систем.

Для организации результативного поиска необходимо учитывать следующие рекомендации:

- четкое формулирование цели и темы поиска;
- тщательный подбор ключевых слов с исключением слов общего характера, предлогов, союзов и вспомогательных слов;
- подбор к ключевым словам максимального количества синонимов и альтернативных слов.

Почти все поисковые системы позволяют выполнять:

- простой поиск, когда задаются лишь ключевые слова без указания структурно-логических отношений между ними;
- расширенный поиск с учетом структурно-логических отношений между ключевыми словами, с указаниями зон поиска и других ограничительных условий.

Поиск нужной информации с использованием справочно-поисковых систем продолжает оставаться недостаточно эффективным, т.к. позволяет пользователям получать лишь ссылки на интересующие их документы, а не сами web-документы.

В настоящее время разрабатываются новые технологии распространения информации в WWW. Одной из них является так называемая push-технология. Эта технология подразумевает отправку пользователю информации с соответствующего сервера в режиме реального времени. Пользователь указывает системе, какие источники и какая тематика сообщений его интересуют, и система сама посылает на его компьютер всю заказанную им новую информацию. Эта технология является альтернативой используемой сейчас pull-технологии, которая требует от пользователя самостоятельного отбора и скачивания на свой компьютер интересующей его информации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ

Существующие компьютерные и телекоммуникационные сети обладают целым рядом недостатков, из которых следует отметить их узкую специализацию, отсутствие гибкости и адаптации к изменению требований пользователей, а также низкую эффективность использования сетевых ресурсов. Поэтому дальнейшее совершенствование и повышение эффективности компьютерных и телекоммуникационных сетей является одним из наиболее приоритетных направлений развития отечественных информационных технологий. Успехи в этой области должны позволить существенно повлиять на усиление обороноспособности страны, активизировать и стимулировать науку, экономику, бизнес, образование, медицину и т.д., что позволит создать в России современное информационное сообщество.

Главной тенденцией развития отечественной и мировой телекоммуникационной среды в ближайшей перспективе является постепенная конвергенция всех типов и разновидностей информационных сетей – телефонных, компьютерных, телевизионных, радиосетей. Уже сегодня компьютерные сети способны передавать несвойственные им изначально типы трафика. Это, прежде всего, звук в разных видах: в форме интерактивного взаимодействия двух участников телефонного разговора; в форме вещания по запросу — передача песен или заранее записанных выступлений или интервью через Интернет; в форме голосовой почты. Передача изображения требует существенно более высокой пропускной способности и поэтому пока применяется гораздо в более скромных масштабах, однако даже при скорости доступа 64-128 кбит/с можно просмотреть в реальном времени телепередачу в небольшом прямоугольном окошке на экране ПК.

Таким образом, телекоммуникационные сети будущего — это сети, одинаково хорошо передающие и пульсирующий трафик данных, и потоковый трафик звука и видео. Сети будущего унаследуют лучшие черты своих прародителей — телефонных и компьютерных сетей, а также сетей радио и телеве-

щения, но с использованием общей транспортной технологии, которая должна обеспечить передачу каждого типа трафика с требуемым для него качеством обслуживания (QoS). Такая технология должна, по общему мнению специалистов, основываться на технике коммутации пакетов и широко применять IP-протокол, что роднит сети будущего с нынешними компьютерными сетями, но со значительными технологическими новациями.

В число таких усовершенствований, скорее всего, войдут терминальные устройства нового типа, которые будут сочетать функциональную мощь ПК с простотой в обращении телефона. Пробразом таких устройств сегодня являются портативные и карманные компьютеры, органайзеры, персональные секретари и мобильные телефоны. Появление устройства, которое позволяет нажатием нескольких кнопок получить доступ к заранее заданным веб-страницам, организовать телефонный разговор, отправить электронное письмо с мультимедийными вложениями или заказать демонстрацию на экране нужного видеофильма (и получить доступ ко многим другим услугам, которые сегодня пока еще только угадываются), придаст мощный импульс развитию телекоммуникаций. Ответом на резкий рост потребности в сверхскоростном и качественном транспорте станет технология управляемых виртуальных путей на основе стандартов DWDM и GMPLS. Ядро новой публичной телекоммуникационной сети будет строиться на оптических кабелях с большим количеством волокон, что обеспечит мультитерабитную пропускную способность между узлами коммутации и создаст основу для передачи кажущихся сегодня невыполнимыми объемов информации между абонентами сети. Для экономичности ядро должно поддерживать коммутацию только сверхскоростных потоков, таких как поток данных определенной длины волны (DWDM-коммутация) или даже поток определенного волокна, не занимаясь более мелкими единицами коммутации. В результате технология SDH уступит свое место в ядре сети, сменив его на роль сети доступа к DWDM-коммутаторам. Еще одним революционным преобразованием станет управляемость ядра сети на основе технологии GMPLS, когда пути составных

волокон, длин волн (и контейнеров SDH) создаются динамически с помощью единого протокола сигнализации. Важно, что будет существовать и пользовательская версия этого протокола, то есть абонент ядра, например поставщик услуг, сможет пользоваться пропускной способностью гибко, в зависимости от текущих потребностей.

Низкая скорость доступа, особенно для массовых абонентов, является сегодня одним из основных препятствий на пути широкого внедрения новых мультимедийных услуг. Существует несколько путей решения этой проблемы — использование существующих медных абонентских окончаний, что наиболее подходит для массового индивидуального доступа; беспроводной доступ, как фиксированный, так и мобильный; прокладка оптических абонентских окончаний с использованием экономичной пассивной технологии PON. Для разделения пропускной способности каналов доступа будет применяться технология виртуальных соединений для микропотоков в форме ATM или IP/MPLS.

Несмотря на существенное повышение пропускной способности как ядра сети, так и сетей доступа, заторы трафика при одновременном повышении информационной емкости соединений все же возможны, поэтому для качественной передачи трафика в сетях будущего будут широко применяться методы поддержания QoS. В ядре сети это будут методы, предоставляющие гарантии обслуживания крупным агрегированным потокам, несущим данные одного типа для большого количества абонентов, то есть методы, близкие к технологии DiffServ, начинающей находить применение в сетях операторов. В сети доступа будут применяться методы поддержки качества обслуживания для индивидуальных потоков, аналогичные тем, которые применяются в технологиях ATM и IntServ.

Изменяются и локальные сети. Вместо соединяющего компьютеры пассивного кабеля в них в большом количестве появилось разнообразное коммуникационное оборудование — коммутаторы, маршрутизаторы, шлюзы, радиоточки доступа. Благодаря такому оборудованию стало возможным по-

строение больших корпоративных сетей, насчитывающих тысячи компьютеров и имеющих сложную структуру. Возродился интерес к крупным компьютерам — в основном из-за того, что после спада эйфории по поводу легкости работы с персональными компьютерами выяснилось, что системы, состоящие из сотен серверов, обслуживать сложнее, чем несколько больших компьютеров. Особенно это важно на современном этапе для сложных военнотехнических систем военного назначения и, прежде всего, для систем ракетно-космической обороны, которые в наибольшей степени насыщены компьютерными, сетевыми и телекоммуникационными средствами и системами. Поэтому на новом витке эволюционной спирали в крупные организации различного назначения и на предприятия стали возвращаться мэйнфреймы, но уже как полноправные сетевые узлы, поддерживающие технологию Ethernet или Token Ring, а также стек протоколов TCP/IP, ставший благодаря Интернету сетевым стандартом де-факто.

Вот только некоторые направления развития компьютерных и телекоммуникационных сетей, которые отчетливо видны уже сегодня, и знание которых позволит военным и гражданским специалистам в области информационных технологий более целенаправленно совершенствовать свою профессиональную подготовку.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. 2-е изд. / В.Г.Олифер, Н.А.Олифер. — СПб.: Питер, 2004. — 864 с.: ил.
2. Гук М. Аппаратные средства локальных сетей. Энциклопедия – СПб.: Питер, 2000. –576с.:ил.
3. Дж. Уолрэнд. Телекоммуникационные и компьютерные сети. Вводный курс. – М.: Постмаркет, 2001. – 480 с.
4. Танненбаум Э. Компьютерные сети. – СПб.: Питер, 2002.
5. Якубайтис Э.А. Информационные сети и системы. Справочная книга. — М.: Финансы и статистика, 1996. — 368с.: ил.
6. Смирнова И.Е. Начала Web–дизайна. – СПб.: БХВ–Петербург, 2003.
7. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации / В.Л. Бройдо – СПб.: Питер, 2002.
8. Сети ЭВМ и телекоммуникации. Учебное пособие. Часть 1. Общие принципы построения сетей. Локальные сети. /Брейман А.Д. – М.:МГАПИ, 2001.
9. Панфилов И.В., Хабаров С.П., Заяц А.М. Информационные сети: Учебное пособие. – СПб.: СПбГЛТА, 2003.
10. Основы современных компьютерных технологий: Учебник / Под ред. проф. А.Д. Хомоненко, – СПб.: КОРОНА принт, 2005.

Ю.Е. АКТЕРСКИЙ

СЕТИ ЭВМ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

Учебное пособие

Подписано в печать

Печ. л. _____

Зак. _____

_____ Усл. печ. л. _____

Формат 60x84. 1/16.

Уч. –изд. л. _____

Тип. ПВИРЭ КВ