

Программа

1. Сетевые ОС.
2. Модель открытых систем OSI/ISO.
3. Протоколы TCP/IP.
4. Сети TCP/IP, маршрутизация.
Некоторые протоколы и сервисы.
5. Среды передачи.
6. Технологии доступа к среде (HDLC, Ethernet, ArcNet, Token Ring, 100VG-AnyLAN, FDDI, ATM).
7. Сетевое оборудование (коммутаторы, шлюзы, маршрутизаторы).
8. Программный интерфейс к сетевым протоколам.
9. Гипертекст и гипермедиа. WWW (SGML, HTML, HTTP).
10. Телекоммуникации по телефонным каналам.

Книги

1. Беляков М.И. и др. Инструментальная мобильная операционная система. М. "Финансы и статистика". 1985.
2. Джехани Н. Программирование на языке Си в ОС UNIX. М., "Радио и связь", 1988 г.
3. Дансмур М., Дейвис Г. Операционная система UNIX и программирование на языке Си. М. "Радио и связь". 1989.
4. Свиридов С.В., Системные вызовы ОС UNIX, М. МП "Память". 1992.
5. Керниган Б.В., Пайк Р. UNIX — универсальная среда программирования. М. "Финансы и статистика". 1992.
6. Дунаев С., UNIX SystemV. Release 4.2 общее руководство, М., "Диалог-МИФИ", 1995 г.
7. Баурн С. Операционная система UNIX.
8. Браун П. Введение в операционную систему UNIX.
9. Бах Морис Дж. Архитектура операционной системы UNIX.
Vach Maurice J. The design of the Unix operating system. 1986.

Некоторые URL

1. Noritoshi Demizu. Internetworking.
<http://www.csl.sony.co.jp/person/demizu>
2. Network Professionals Resource Center
<http://www.inetassist.com/urlidx.htm>
3. John Wobus. Local Area Networks.
<http://web.syr.edu/~jmwobus/lans/#technologies>
4. Cisco Systems Inc.
Internetworking Technology Overview.
Содержание:
<http://www.cisco.com/univercd/data/doc/cintrnet/75818.htm>
5. Сервер Института геологии и геофизики СО РАН
<http://www.uiggm.nsc.ru>
6. Сервер ВЦ СО РАН
<http://www.sccc.ru>
7. <http://www.osp.ru>

Директории

100VG	материалы по 100VG-AnyLAN
ARCNET	материалы по ARCNET
ATM	материалы по ATM
COMM	учебное пособие “Электронные телекоммуникации”
ETHERNET	материалы по ETHERNET
FDDI	материалы по FDDI
HTML	описание HTML
INTER	обзор сетевых технологий
IP_NET	введение в IP-сети
KLIMENKO	книга по Internet
RIVS	курс лекций
TCP_IP	описание протоколов TCP/IP
TOK_RING	материалы по Token Ring
UNIX	материалы по UNIX
WINSOCK	материалы по Windows Sockets

1. Сетевые операционные системы

1.1. Назначение ОС

1.2. Классификация ОС

1.3. Сетевые ОС

1.4. Управление ресурсами

1.5. Архитектуры ОС

1.6. ОС UNIX

1.1. Назначение ОС

ОС — самая большая программа, исполняемая на ЭВМ.
Две точки зрения:

пользователя — предоставление пользователю программисту удобной в работе виртуальной ЭВМ (особенно важно поддержк операций ввода/вывода);

использование вычислительной системы — эффективное распределение разнообразных ресурсов (процессоров, многоуровневой оперативной памяти, коммуникационного оборудования, внешних и других устройств, а также данных) между процессами, конкурирующими за эти ресурсы.

Две основных задачи распределения ресурсов:

планирование ресурса (кому, когда, сколько);

контроль состояния ресурса (занят или нет, сколько имеется).

1.2. Классификация ОС

по алгоритмам управления ресурсами,
по аппаратной платформе,
по области приложений,
по архитектуре ОС.

1.2.1. Типы ОС по алгоритмам управления ресурсами

однозадачные (MS-DOS, DR-DOS и т.д.). Как правило ограничиваются предоставлением пользователю виртуальной машины, управлением периферией и файлами;

многозадачные (Windows 95, Unix и др.). Поддерживается параллельное исполнение нескольких задач. Обеспечивают управление разделяемыми ресурсами (процессор, память, периферия, файлы);

- невытесняющая многозадачность (Windows 3.x)
- вытесняющая многозадачность (Unix,)

Многозадачная = многопользовательская.

Однопользовательская = однозадачная.

многонитевые. Процессорное время делится между отдельными ветвями задач.

одно- (MS-DOS, DR-DOS, Windows 3.x) и многопользовательские.

В многопользовательских обеспечивается защита пользователей друг от друга.

мультипроцессорные (Windows NT, Unix,)

- асимметричные ОС
- симметричные ОС

сетевые

- справочник о сетевых ресурсах, серверах,
- средства адресации процессов в сети,
- прозрачность доступа к ресурсам,
- разделение и безопасность данных.

1.2.2. Типы ОС по аппаратной платформе

ОС ПК,
ОС мини и мега мини,
ОС майнфреймов,
ОС кластеров ЭВМ,
ОС сетей ЭВМ,
мобильные ОС.

ОС многопроцессорных ЭВМ обеспечивает параллельное выполнение на отдельных процессорах сети как самой ОС, так и прикладных систем. Основные задачи следующие:

синхронизация процессов,
согласование доступа процессоров к общим ресурсам.

Кластер — совокупность слабо связанных ВС, решающих общую задачу. Основные проблемы следующие:

аппаратная поддержка кластера,
согласование доступа к разделяемым ресурсам,
обнаружение отказов и динамическая реконфигурация.

Сетевая ОС должна поддерживать обмен между ЭВМ по линиям связи с целью разделения ресурсов компьютера между удаленными пользователями.

Мобильная (переносимая) ОС — ОС, которая сравнительно легко переносится между программно несовместимыми платформами. Ее характерные особенности:

четкая локализация аппаратно зависимого кода,

написание на языке высокого уровня.

1.2.3. Типы ОС по области приложений

пакетная обработка

разделение времени

реального времени

смешанные режимы

область приложений — вычислительные неоперативные задачи;

критерий качества — эффективное использование оборудования;

формируется (на внешней памяти) пакет заданий;

каждое задание имеет паспорт с описанием требуемых ресурсов;

из пакета заданий формируется мультипрограммная смесь максимально сбалансированно использующая ресурсы;

переключение задач в смеси — при отказе очередной исполняемой от процессора или при завершении;

результат — работа пользователя неэффективна, ресурсы ВС используются эффективно.

1.2.3.2. ОС разделения времени

область приложений — диалоговые оперативные задачи;

критерий качества — эффективная работа пользователя;

каждому заданию в мультипрограммной смеси предоставляется квант времени (менее 100 мс) на обслуживание, т.е. задачи в смеси переключаются достаточно часто;

результат — повышение эффективности работы пользователя, снижение эффективности использования аппаратуры ВС.

1.2.3.3. ОС реального времени

область приложений — системы автоматизированного управления;

критерий качества — обслуживание всех заявок (до сотен тысяч сигналов и временем реакции от 10 мкс и более);

мультипрограммная смесь обычно состоит из фиксированного набора заранее разработанных программ. Программы, как правило, создаются с помощью той или иной инструментальной SCADA-системы.

Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA) — диспетчерские системы сбора данных и управления;

выбор исполняемой программы определяется расписанием обслуживания и текущим состоянием объекта управления (событиями на объекте);

критерии эффективности — время реакции системы и гарантированность времени ответа.

1.2.3.4. ОС со смешанным режимом

пакетный режим + разделение времени или реальное время;

пакетные задания — в фоновом разделе.

1.2.4. Типы ОС по их архитектурам

монолитное ядро;
микроядерный подход;
объектно-ориентированный подход;
распределенная ОС (по процессорам сети);
множественность операционного окружения.

1.2.4.1. ОС с монолитным ядром

ОС с вертикальным распределением функций.

“Монолитные ОС” (рис. 1) состоят из наборов процедур.

Любая из процедур может вызывать требуемую когда ей это нужно.

Для построения такой ОС необходимо оттранслировать все процедуры и связать их с помощью компоновщика в единый исполняемый код.

При обычной технологии программирования каждая процедура “видит” любую другую.

При использовании модулей большая часть информации локализована в них, т.е. доступ к процедурам модуля выполняется через специальные точки входа.

Таким образом взаимно видны только точки входа в модули.

Используются одно- и многоточечные входы в модули.

Для упорядочивания разработки и упрощения отладки и сопровождения ОС разбивается на несколько логических уровней (рис. 2).

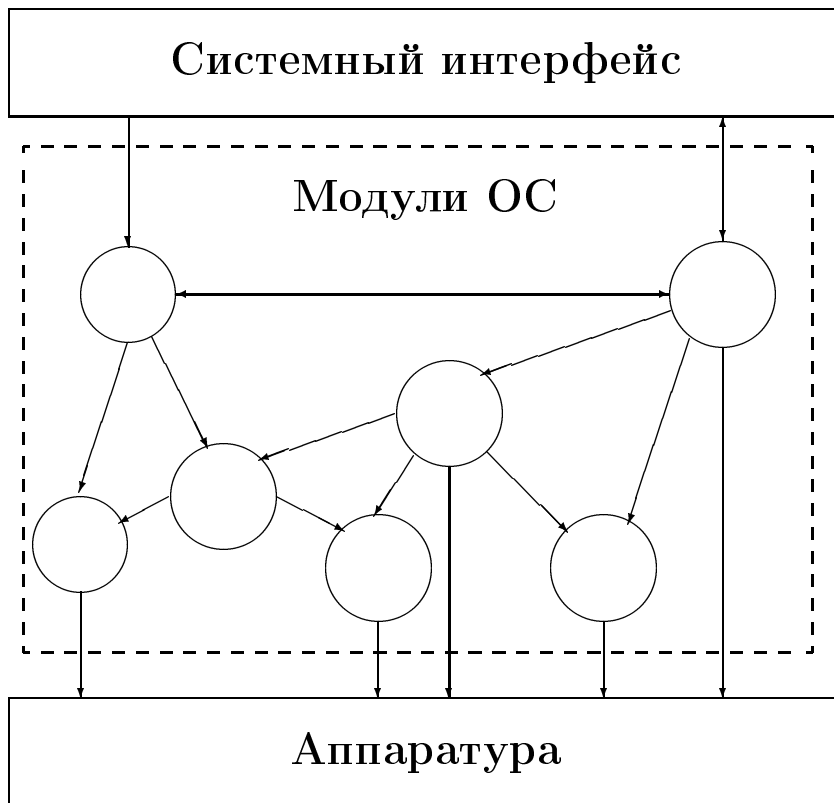


Рис. 1. Монолитная ОС

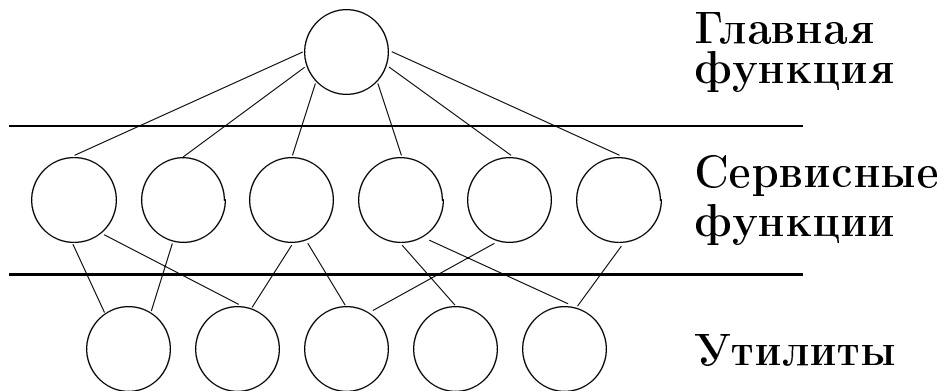


Рис. 2. Трехуровневая монолитная ОС

1.2.4.2. ОС с микроядром

ОС с горизонтальным распределением функций.

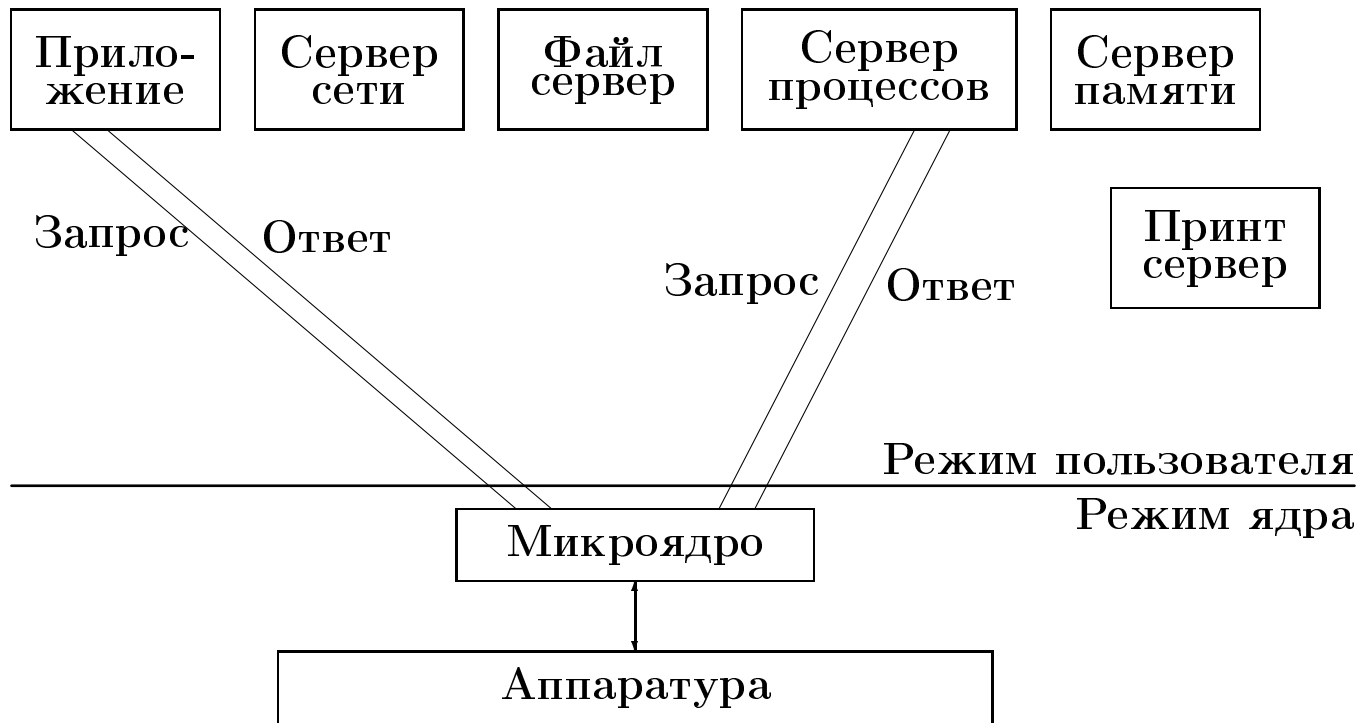


Рис. 3. Микроядерная ОС

Основные функции ядра:
обмен сообщениями,
доступ к аппаратуре.

Характерные особенности:
функции планирования выносятся в сервера,
сервера выполняются в режиме пользователя.

Достоинства:

сокращение размеров,
упрощение разработки,
упрощение адаптации к обстановке
(выбором только требуемых серверов),
упрощение сопровождения.

Недостаток — понижение реактивности.

Примеры:

ОС реального времени QNX-4 (ядро 10 К);

ОС Windows NT.

Исполняющая система NT Executive кроме
микроядерных функций выполняет многое другое,
(ввод-вывод, обеспечение безопасности и т.д.);

Workplace OS (IBM) — чисто микроядерная
(разрабатывается).

1.2.4.3. Объектно-ориентированный подход

объектно-ориентированное программирование — дан-
ные и программы их обработки составляют модуль
с недоступностью данных (и процедур) извне, кроме
программных точек входа;

создание новых объектов из имеющихся с помощью
механизма наследования свойств;

хорошая защита данных;

увеличение объема кода;

понижение реактивности системы.

1.2.4.4. Распределенная ОС (по процессорам сети)

сеть представляется в виде однопроцессорной ЭВМ;

единая служба времени;

удаленный вызов процедур (Remote Procedure Call — RPC) для прозрачного распределения процедур по ЭВМ;

единая подсистема контроля за разделяемыми ресурсами;

многопитевность;

симметричные и ассимметричные ОС.

исполнение программ, написанных для других ОС и процессоров

двоичная совместимость — на уровне готовых программ;

эмуляторы (низкая скорость);

имитация библиотек

(вызовы те же, но код для ОС, на которой исполнение);

реализация требуемой прикладной среды;

примеры

- некоторые версии UNIX (фирмы Sun, IBM, HP) транслятор прикладных сред — на уровне прикладной программы;
- Windows NT (фирма Microsoft), Workplace OS (фирма IBM) модули прикладной среды уже тесно связаны с ОС, но все же относительно независимы;
- OS/2.2x (фирма IBM) реализация прикладной среды встроена в ОС.

1.3. Сетевые ОС

простой случай — ОС отдельной ЭВМ, обеспечивающая работу в сети,

общий случай — совокупность ОС отдельных ЭВМ, взаимодействующих по четко определенным протоколам с целью обмена сообщениями и обеспечения разделения ресурсов.

(одно или многопроцессорной)



локальная ОС,

сервер для предоставления локальных ресурсов и услуг в общее пользование (ведение справочников сетевых ресурсов; обработка запросов удаленного доступа к локальным ресурсам; управление очередями запросов удаленного доступа к локальным периферийным устройствам;

клиент (редиректор) для доступа к удаленным ресурсам (прием запроса на обслуживание, трансляция в форму, требуемую сервером, обслуживающим запрос, передача его в сеть; обратное преобразование результатов исполнения запроса на обслуживание на удаленном сервере);

коммуникационные средства, используемые для обмена сообщениями в сети (адресация и буферизация сообщений, выбор маршрутов, обеспечение надежности передачи и т.д.).

локальная ОС + сетевая оболочка,
ОС со встроенными сетевыми функциями.

1.3.3. Распределение функций между ЭВМ сети

одноранговая сеть без выделения специализированных серверов

(LANtastic, Netlite, Windows NT Workstation);

двухранговая сеть с выделением специализированных серверов

(файл-сервер, принт-сервер, сервер вычислений, факс-сервер)

(NetWare, Windows NT).

2. Модель открытых систем OSI/ISO

проблема взаимодействия сетей

1980 — начало разработки

1984 — появление стандарта OSI

2.1. Уровни OSI

ь Наименование уровня	Наименование блока данных	Средства связи
7. Прикладной	Сообщение (message)	
6. Представления	Сообщение (message)	
5. Сеансовый	Сообщение (message)	
4. Транспортный	Сообщение (message)	
3. Сетевой	Пакет (packet)	Маршрутизатор (router)
2. Канальный	Кадр (frame)	Мост (bridge)
1. Физический		Повторитель (repeater)

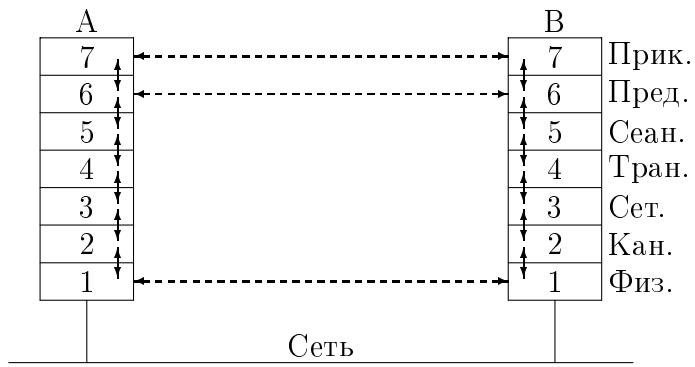


Рис. 1: Взаимодействие двух систем

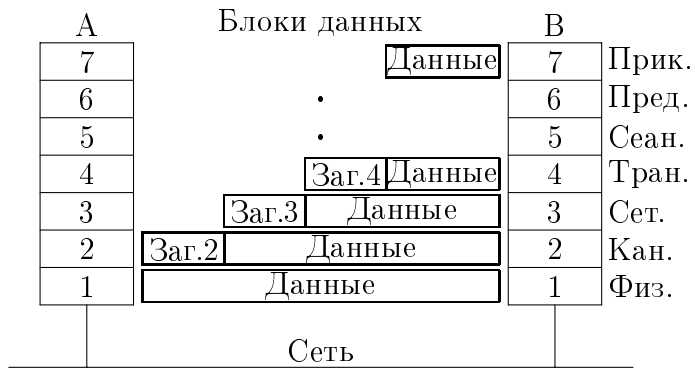


Рис. 2: Блоки данных в OSI

2.2. Функции уровней OSI

Прикладной уровень обеспечивает взаимопонимание двух прикладных процессов, способствующих осуществлению желаемой обработки информации на каждом конце сети. Этот уровень ответственен за семантику информации, которой обмениваются два прикладных процесса.

Прикладной уровень идентифицирует и устанавливает наличие предполагаемых партнеров для связи, синхронизирует совместно работающие прикладные программы, а также устанавливает соглашение по процедурам устранения ошибок и управления целостностью информации. Прикладной уровень также определяет, имеется ли в наличии достаточно ресурсов для предполагаемой связи.

Уровень представления отвечает за то, чтобы информация, посылаемая из прикладного уровня одной системы, была читаемой для прикладного уровня другой системы.

При необходимости данный уровень осуществляет трансляцию между форматами представления информации.

Уровень представления изолирует процессы на прикладном уровне от разнообразий в представлении и синтаксисе фактически передаваемых данных.

Кроме этого уровень представления должен обеспечивать открытие и закрытие связи, управлять состояниями уровня и контролировать ошибки.

Сеансовый уровень устанавливает, управляет и завершает сеансы взаимодействия между прикладными задачами.

Сеансы состоят из диалога между двумя или более объектами представления.

Сеансовый уровень синхронизирует диалог между объектами представительного уровня и управляет обменом информацией между ними. Синхронизация осуществляется вставлением меток синхронизации в поток данных пользователя услуги сеанса.

Кроме этого сеансовый уровень предоставляет средства для отправки информации, класса услуг и уведомления в исключительных ситуациях о проблемах сеансового, представительного и прикладного уровней.

Транспортный уровень — нижний из верхних уровней OSI обеспечивает надежный, последовательный обмен данными между двумя оконечными пользователями.

Данный уровень обеспечивает механизмы для установки, поддержания и упорядоченного завершения действия виртуальных каналов, систем обнаружения и устранения неисправностей транспортировки и управления информационным потоком (с целью предотвращения переполнения системы данными из другой системы).

На транспортном уровне различаются два типа передачи данных: передача, ориентированная на соединение, и передача без соединения. Эти виды передачи подобны соответствующим способам работы на сетевом уровне, а именно способам с виртуальными каналами и дейтаграммами.

В первом случае перед тем как может начаться передача данных, должно быть установлено транспортное соединение. При этом по завершении передачи следует фаза разъединения.

Работа без соединения позволяет непосредственно передавать блоки данных транспортного уровня без предварительной установки транспортного уровня или соединения. Это позволяет повысить скорость передачи за счет отсутствия фазы установления соединения.

Сетевой уровень служит для установления маршрута передачи данных по сети или при необходимости через несколько сетей.

Этот уровень предусматривает также управление потоком или перегрузками с целью предотвращения переполнения сетевых ресурсов (накопителей в узлах и каналов передачи), которое может привести к прекращению работы. При выполнении этих функций на сетевом уровне используется услуга нижестоящего уровня — канала передачи данных, обеспечивающего безошибочное поступление по сетевому маршруту блока данных, введенного в канал на противоположном конце.

Канальный уровень (формально называемый информационно-канальным уровнем) обеспечивает надежную передачу данных через физический канал. Канальный уровень решает вопросы физической адресации (в противоположность сетевой или логической адресации), топологии сети, линейной дисциплины (каким образом конечной системе использовать сетевой канал), уведомления о неисправностях, упорядоченной доставки блоков данных и управления потоком информации.

IEEE (Институт инженеров по электротехнике и электронике) поделил канальный уровень на два подуровня. Верхний — LLC (Logical Link Control — управление логическим каналом и нижний — MAC (Media Access Control — управление доступом к среде).

Задачи LLC — кадрирование, управление потоком информации, управление неисправностей и адресация подуровня MAC.

MAC разрешает и управляет доступом к среде передачи.

ISO предложила международный стандарт на протокол канала передачи данных HDLC (High-level Data Link Control).

Физический уровень определяет электротехнические, механические, процедурные и функциональные характеристики активации, поддержания и деактивации физического канала между конечными системами. Спецификации физического уровня определяют такие характеристики, как уровни напряжений, синхронизацию изменения напряжений, скорость передачи физической информации, максимальные расстояния передачи информации, физические соединители и другие аналогичные характеристики.

2.3. Адресация

адреса канального уровня

(физические или аппаратные адреса)

устройства с одним физическим соединением

устройства с несколькими физическими соединениями

адреса сетевого уровня

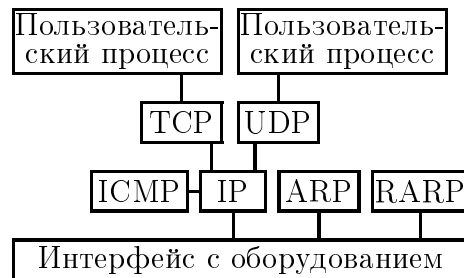
(виртуальные или логические адреса)

3. Протоколы TCP/IP

конец 60-х, 1970-е гг DARPA (Defence Advanced Research Project Agency) вело работу по созданию вычислительной сети НИИ США — ARPANET.

начало 80-х на базе протоколов сети ARPA сформировано семейство TCP/IP
(Transmission Control Protocol / Internet Protocol)

Семейство протоколов TCP/IP



Компоненты семейства.

TCP Transmission Control Protocol (протокол управления передачей). Транспортный протокол, ориентированный на соединения, обеспечивающий надежную полнодуплексную передачу потока байтов между пользовательскими процессами. Большинство прикладных программ в Internet используют TCP.

UDP User Datagram Protocol (пользовательский дейтаграммный протокол). Транспортный протокол для пользовательских процессов, работающий без установления соединений. В отличие от TCP, который относится к “надежным” протоколам, нет гарантии, что посланная UDP-дейтаграмма достигнет своего адресата.

ICMP Internet Control Message Protocol (протокол управляющих сообщений Internet). Поддерживает передачу информации об ошибках и управляющей информации между шлюзами и узлами сети. ICMP-сообщения передаются с использованием IP-дейтаграмм, они генерируются и обрабатываются программным обеспечением Internet, а не пользовательскими процессами.

IP Internet Protocol — это протокол сетевого уровня, который обеспечивает службу доставки пакетов для TCP, UDP и ICMP.

ARP Address Resolution Protocol (протокол преобразования адресов). Преобразует адреса Internet в адреса оборудования, используется не во всех сетях.

RARP Reverse Address Resolution Protocol (протокол обратного преобразования адресов). Преобразует адреса оборудования в адреса Internet, используется не во всех сетях.

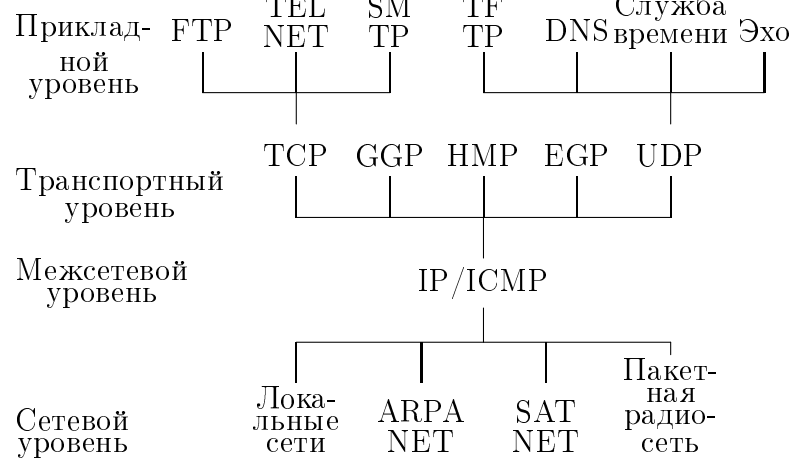


Рис. 3:

4.1. OSI и TCP/IP

4.2. Протокол ARP, преобразование адресов

4.3. Прямая и косвенная IP-маршрутизация

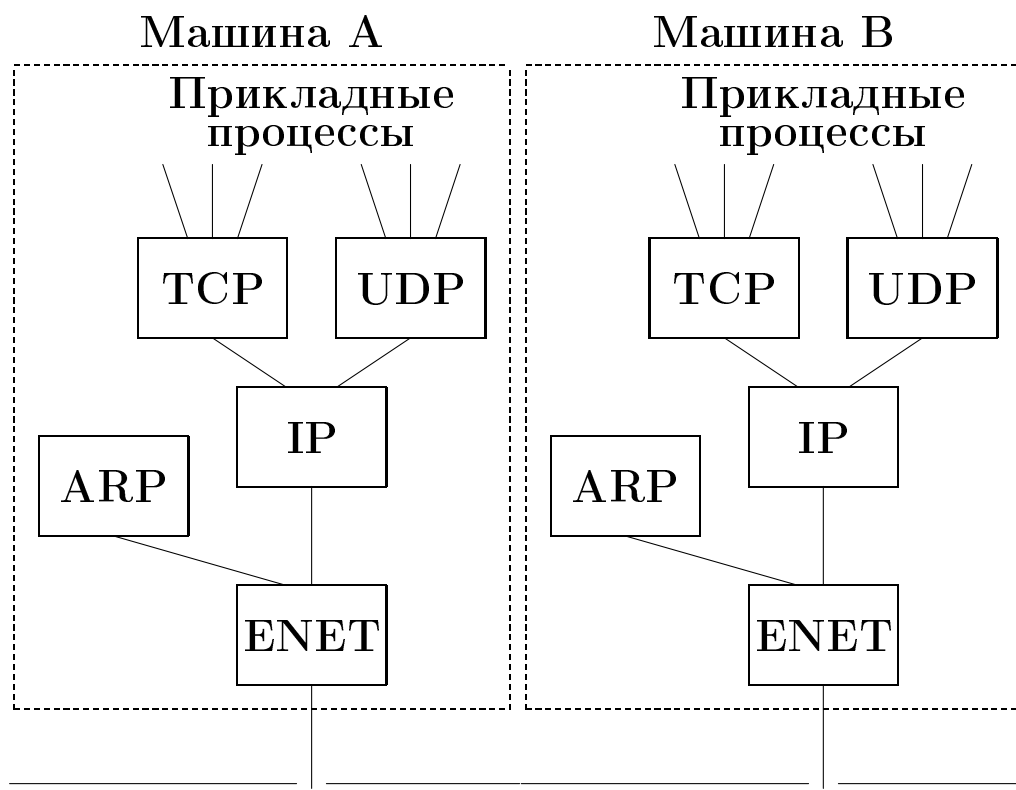
4.4. Установка маршрутов

4.5. Некоторые протоколы и сервисы

Уровни OSI и протоколы TCP/IP

OSI	TCP/IP	
7. Прикладной	FTP, Telnet, SMTP, SNMP	NFS
6. Представления		XDR
5. Сеансовый		RPC
4. Транспортный	TCP, UDP	
3. Сетевой	IP, ICMP	
2. Канальный	ARP, RARP	
1. Физический	Не специфицированы	

Взаимодействие двух машин в сети TCP/IP



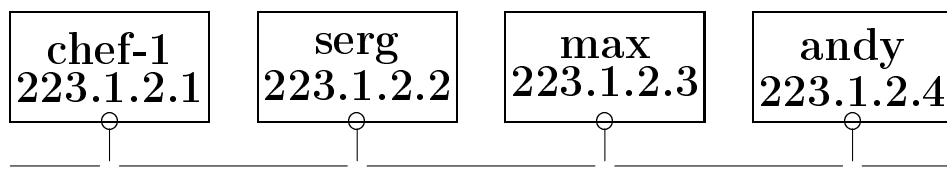
Обмен машина А машина В

1. Прикладной уровень машины А формирует и передает сообщение либо модулю TCP, либо модулю UDP.
2. TCP-сегмент, либо UDP-дейтаграмма передается модулю IP.
3. Модуль IP, используя ARP, формирует IP-пакет и передает его драйверу Ethernet.
4. Драйвер Ethernet формирует Ethernet-кадр и выдает его в сеть.

Adress Resolution Protocol (Протокол Разрешения Адреса). Использует широковещательные сообщения для определения аппаратного адреса по IP-адресу.

Reverse Adress Resolution Protocol (Протокол Разрешения Обратного Адреса). Использует широковещательные сообщения для определения IP-адреса по аппаратному адресу.

IP-пакет из узла 223.1.2.1 в узел 223.1.2.2 в сети:



Исх. ARP-табл.узла “chef-1” Рез. ARP-табл.узла “chef-1”

IP-адрес	Ethernet-адрес	IP-адрес	Ethernet-адрес
223.1.2.1	08:00:39:00:2F:C3	223.1.2.1	08:00:39:00:2F:C3
223.1.2.3	08:00:5A:21:A7:22	223.1.2.2	08:00:39:02:1A:C4
223.1.2.4	08:00:10:99:AC:54	223.1.2.3	08:00:5A:21:A7:22
		223.1.2.4	08:00:10:99:AC:54

ARP-запрос	IP отправителя	223.1.2.1
	Ethernet отправителя	08:00:39:00:2F:C3
	IP получателя	223.1.2.2
	Ethernet получателя	пусто

ARP-ответ	IP отправителя	223.1.2.2
	Ethernet отправителя	08:00:39:02:1A:C4
	IP получателя	223.1.2.1
	Ethernet получателя	08:00:39:00:2F:C3

Формат IP-пакета

← 32 бита →			
Версия	Дл.заг.	Сервис	Полная длина
Идентификация		Флаги	Сдвиг
t жизни	Протокол	КС заголовок	
Адрес источника			
Адрес приемника			
Опции			
Данные			

Версия () — номер версии IP.

Дл.заг. () — длина заголовка в 32-бит словах.

Сервис () — как д.б. обработана дейтаграмма для конкретного протокола высшего уровня.

Полная длина () всего IP-пакета в байтах.

Идентификация () — номер текущей дейтаграммы.

Флаги, Сдвиг (— биты DF, MF и) задают возможности фрагментации дейтаграммы и признак последнего фрагмента.

t жизни () — счетчик времени жизни дейтаграммы, после его истечения она отвергается.

Протокол () — номер протокола высшего уровня, принимающего входящие пакеты после модуля IP.

КС заголовок () — контрольная сумма заголовка.

Адрес источника и Адрес приемника () IP-адреса отправляющего и принимающего узлов.

Опции () позволяет обеспечивать факультативные возможности, такие, как защита данных.

Данные () содержит информацию высших уровней.

Пример записи IP-адреса: 223.1.2.2

Структура IP-адреса:

1. адрес сети.
2. адрес подсети (если он имеется).
3. адрес ЭВМ.

Классы IP-адресов:

	0	8	16	24	31
Класс А	0	ь сети		ь узла	
Класс В	10	ь сети		ь узла	
Класс С	110	ь сети		ь узла	
Класс D	1110		групповой адрес		
Класс E	1111		зарезервировано		

Характеристики классов IP-адресов:

Класс	Диапазон значений первого октета	ь сети		ь узла	
		бит	Макс. кол-во сетей	бит	Макс. кол-во узлов
A	1 –126	7	126	24	16777214
B	128–191	14	16382	16	65534
C	192–223	22	2097150	8	254
D	224–239			28	2 ²⁸
E	240–247			27	2 ²⁷

все нули		Данный узел
ь сети	все нули	Данная IP-сеть
все нули	ь узла	Узел в данной (локальной) IP-сети
все единицы		Все узлы в данной (локальной) IP-сети
ь сети	все единицы	Все узлы в указанной IP-сети
127	что-нибудь	“Петля”

Подсети

	0	8	16	24	31
Класс В	10	ь сети	ь узла		
Класс В	10	ь сети	ь подсети	ь узла	

191.10.1.0 — сеть 191.10, подсеть 1;

191.10.2.0 — сеть 191.10, подсеть 2;

Маска подсети

Константа, изображаемая как и IP-адрес, содержащая 1 в разрядах номера сети и 0 — в номере узла.

Для приведенного примера маска подсети: 255.255.255.0

Если же для номера подсети достаточно отвести 7 разрядов, а под номер узла — 9 разрядов, то маска подсети будет: 255.255.254.0

прямая маршрутизация

косвенная маршрутизация

Прямая маршрутизация

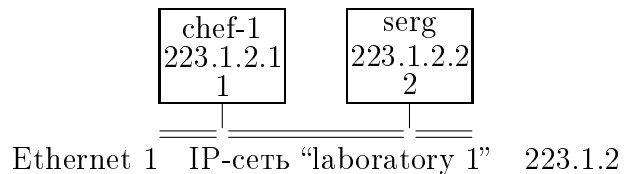


Таблица маршрутов в узле chef-1 (с именами):

Сеть	Флаг вида маршрутизации	Шлюз	Номер интерфейса
Laboratory 1	прямая	пусто	1

Таблица маршрутов в узле chef-1 (с номерами):

Сеть	Флаг вида маршрутизации	Шлюз	Номер интерфейса
223.1.2	прямая	пусто	1

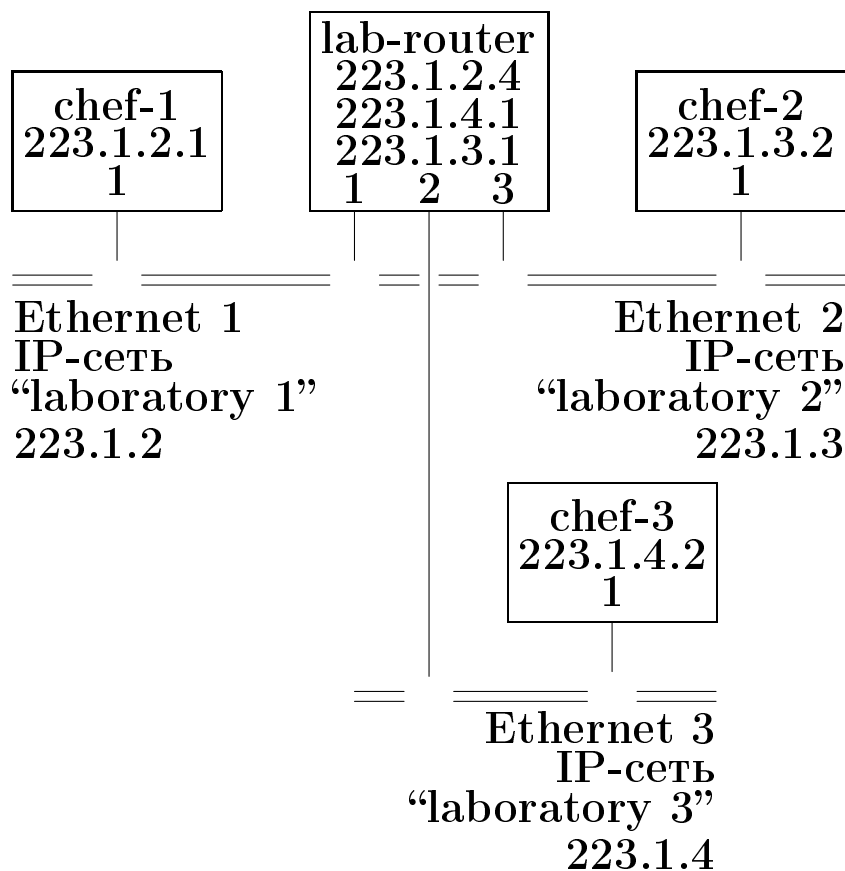


Таблица маршрутов в узле chef-1 (с именами):

Сеть	Флаг вида маршрутизации	Шлюз	Номер интерфейса
Laboratory 1	прямая	пусто	1
Laboratory 2	косвенная	lab-router	1
Laboratory 3	косвенная	lab-router	1

Таблица маршрутов в узле chef-1 (с номерами)

Сеть	Флаг вида маршрутизации	Шлюз	Номер интерфейса
223.1.2	прямая	пусто	1
223.1.3	косвенная	223.1.2.4	1
223.1.4	косвенная	223.1.2.4	1

статическая маршрутизация
(задается администратором)

динамическая маршрутизация
(определяется ПО)

маршрут по умолчанию в ОС Unix командой

ICMP (Internet Control Message Protocol)
протокол межсетевых управляющих сообщений

сообщения об отказах маршрутизации

сообщения о перенаправлении маршрутов

сообщения об истечении времени жизни

сообщения о текущей маске подсети

Протокол ARP с представителем

Вся работа на уровне Ethernet, а не таблицы маршрутов

Транспортный уровень

TCP (Transmission Control Protocol)

UDP (User Datagram Protocol)

сообщения о текущей маске подсети

Протоколы высших уровней

FTP (File Transfer Protocol)

TELNET

SMTP (Simple Mail Transfer Protocol)

SNMP (Simple Network Management Protocol)

NFS (Network File System)

XDR (eXternal Data Representation)

RPC (Remote Procedure Call)

и многие другие

1. Топология сетей
2. Требования к средствам передачи
3. Методы передачи
4. Носители данных

5.1. Топология сетей

произвольная конфигурация

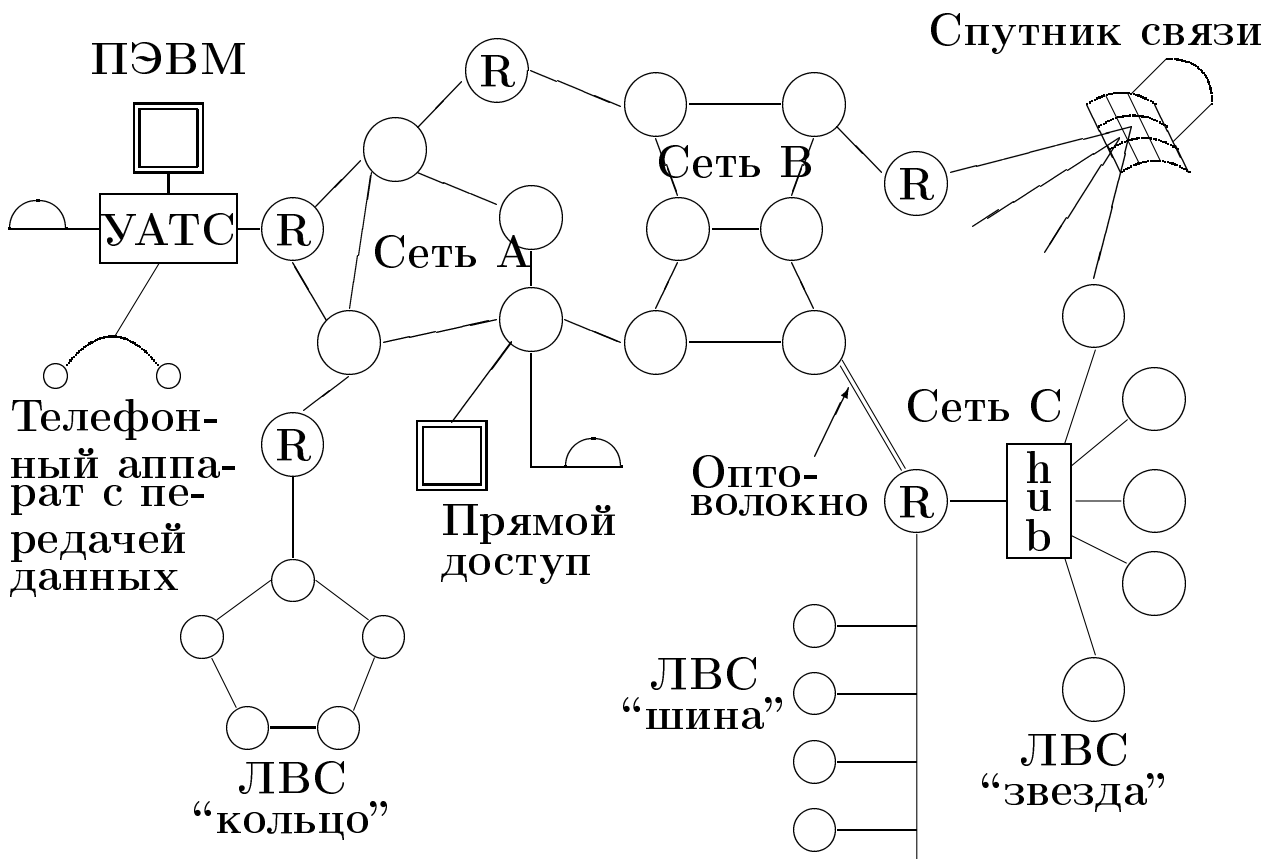
иерархическая конфигурация

кольцо

шина

звезда

физическая и логическая топология



5.2. Требования к средствам передачи

Ширина полосы пропускания

Надежная транспортировка

Стоимость

Техническая реализуемость

Локальные сети (в пределах отдела, здания)

Корпоративные сети (масштаба предприятия)

Глобальные сети (масштаба страны и более)

Локальные сети — от десятков Мбит/с до Гбит/с

Корпоративные сети — до сотен Мбит/с

Глобальные сети — от десятков Кбит/с до первых Мбит/с

5.3. Методы передачи

аналоговый

цифровой

5.4. Типы носителей данных

проводные

- обычные провода, например, телефонные пары
- витая пара
- коаксиальный кабель

оптический кабель

беспроводные

- радиоканал
- оптический канал
- акустический канал

5.5. Обычные (телефонные) провода

модемы

коммутируемая линия

выделенная линия

выделенное физическое соединение

скорость, надежность

5.6. Витая пара (Twisted pair — TP)

устройство

категории

обычная топология сети — звезда

концентраторы

(hub — ступица колеса, ядро сети, концентратор сети)

скорость, надежность

Витая пара — пара скрученных проводов с соблюдением числа скруток на единицу длины. Один из проводов скрученной пары используется как сигнальный, второй — как сигнальная земля. Тем самым обеспечивается экранирование от помех. Различные кабели имеют от 6 до 63 скруток на метр. Обычные значения от 36 до 58 скруток на метр.

Первоначально кабели скрученных пар использовались в телефонии. В настоящее время широко используются в телекоммуникационных сетях.

Стоимость кабеля на 4-х витых парах и однопроводного коаксиального приблизительно равны.

Различаются

UTP — Unshielded Twisted Pair

STP — Unshielded Twisted Pair

Наиболее широко используются UTP-кабели. Волновое сопротивление 100 Ом.

Category 3 — до 10 Мбит/с

Параметры специфицируются до 16 МГц

Затухание на 305 м (1/16 МГц) = 7.8/40 дБ

Шаг скрутки 1.25–2.5 дюйма

Category 4 — до 16 Мбит/с

Параметры специфицируются до 20 МГц

Затухание на 305 м (1/20 МГц) = 6.5/31 дБ

Шаг скрутки 0.1–1 дюйм

Category 5 — до 100 Мбит/с

Затухание на 305 м (1/100 МГц) = 6.3/67 дБ

Параметры специфицируются до 100 МГц

Шаг скрутки 0.5–0.8 дюйма

5.6.1 Сводка параметров кабелей на витых парах

точка-точка, многоточечное, звезда

большое число пар в кабеле (до 250)

нормируется число витков на 1 м

потери 1 дБ/км (для звука)

5–6 км, аналог+усилители

2–3 км, цифра+повторители

малая защищенность от помех

малая цена (\$0.1/соединение)

частота 25 МГц для малых длин (100 м)

вероятность ошибки 10^{-5}

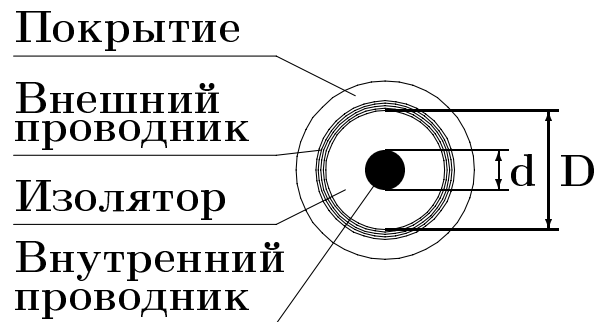
5.7. Коаксиальный кабель

конструкция

основные характеристики

топология сети произвольная

скорость, надежность



Коаксиальные кабели характеризуются:

$R/1 \text{ м}$ — погонным активным сопротивлением

$L/1 \text{ м}$ — погонной индуктивностью

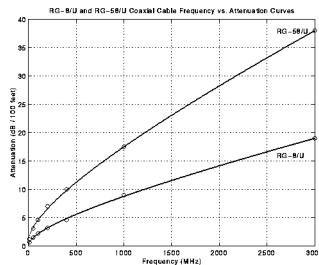
$G/1 \text{ м}$ — погонной шунтирующей проводимостью

$C/1 \text{ м}$ — погонной шунтирующей емкостью

Импеданс коаксиального кабеля

$$\frac{Z_0}{\ln \frac{D}{d}}$$

Тип		D	d	D/d	Z ₀
RG-8		7.239	2.497	2.899	50
RG-58	PK-50	2.946	0.861	3.422	53.5
RG-59	PK-75	3.708	0.686	5.405	75



5.7.1. Сводка параметров коаксиальных кабелей

точка-точка, многоточечное, кольцо

потери — линейная функция частоты 1 дБ/км для МГц

хорошая защищенность от помех

умеренная цена (\$1–\$3 /м)

50 МГц для видеосигналов при длинах до 2 км

400 МГц для радиосигналов при длинах до 50 км (с усилителем)

вероятность ошибки 10⁻⁷ 10⁻⁹

5.8. Оптический кабель

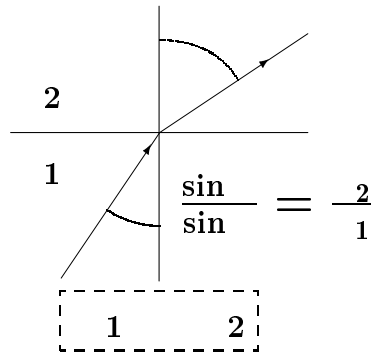
физические принципы работы

типы оптоволоконных кабелей

скорость, надежность

5.8.1. Физические принципы работы

Волоконно-оптические кабели используют явление полного внутреннего отражения на границе раздела сред с различными показателями преломления.



Полное внутреннее отражение при угле $\theta = 90^\circ$.
сердцевина — кварц легированный германием (n_1)
отражающая оболочка — чистый кварц (n_2)

Ранние кабели — $d = 0.85$ и 1.3 мкм

Современные кабели — $d = 1.55$ мкм

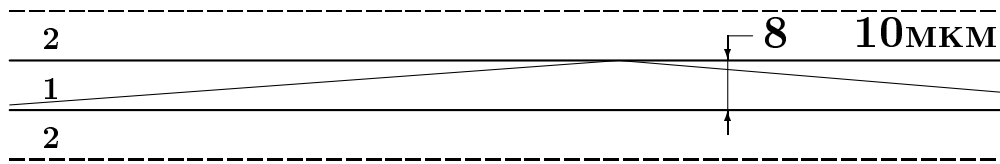
Частота несущей 10^{14} Гц

Теоретическая скорость передачи 10^{12} бит/с

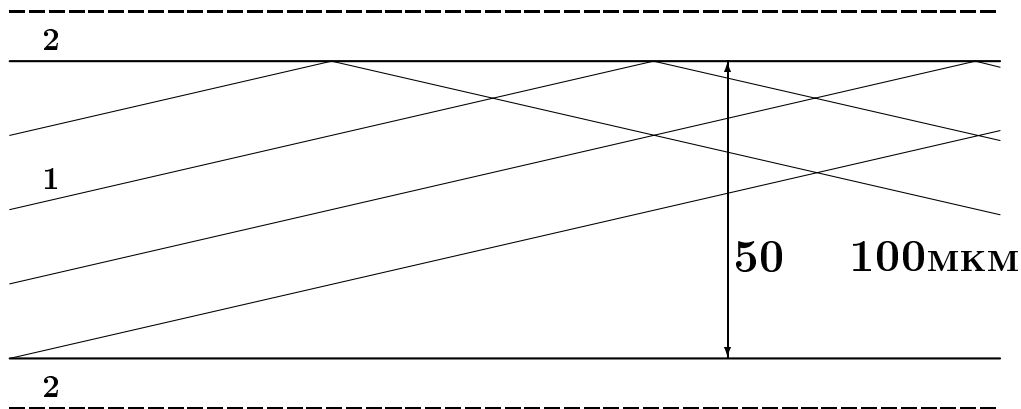
Затухание — не хуже 0.22 дБ/км (до 100 км без усиления)

Разрабатываются т.н. фторцирконатные волокна с теоретическим затуханием 0.02 дБ/км ($d = 2.5$ мкм) — 4600 км

Внешние условия — от 60 до $+80$



Луч в одномодовом волокне



Лучи в многомодовом волокне

Проблемы

механические

Эффект Керра — вращение плоскости поляризации в поперечном электрическом поле

Подземный кабель, удар молнии — 20

ЛЭП, 3–5 кВ/м — 10 20

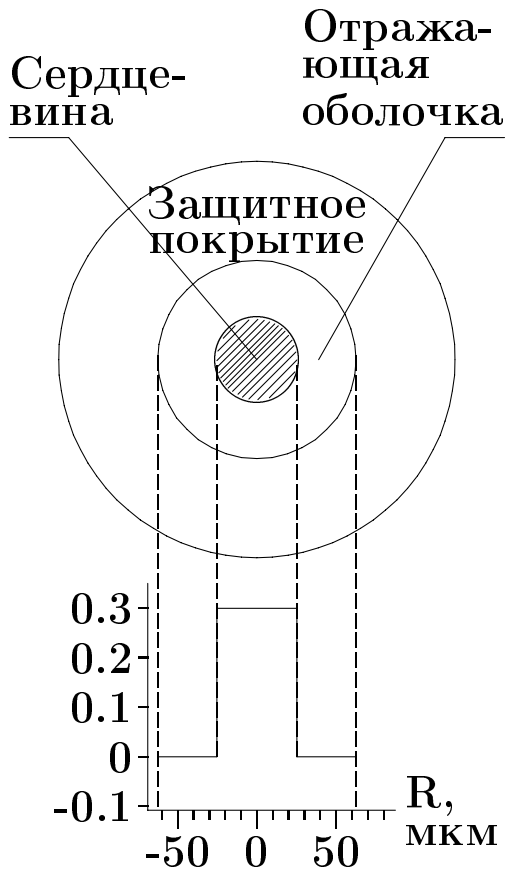
Высотный ядерный взрыв ($E =$ десятки кВ/м)

10

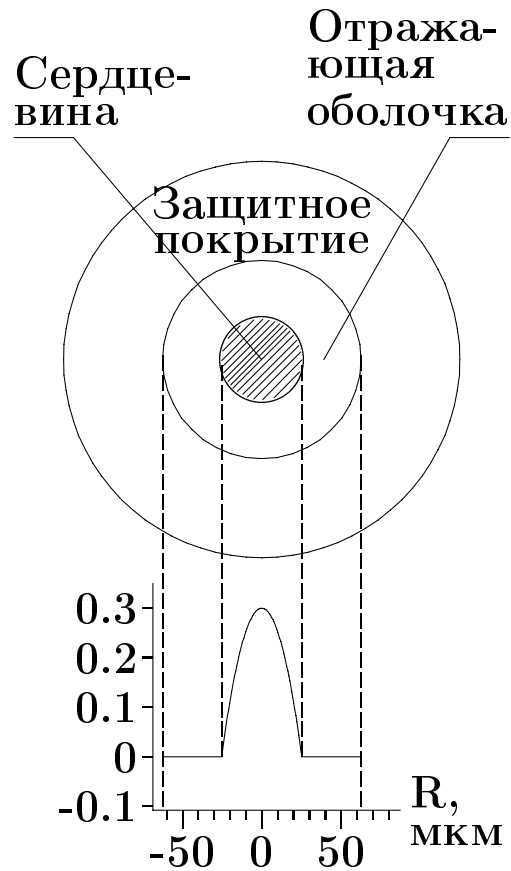
Эффект Фарадея — вращение плоскости поляризации в продольном магнитном поле

Подземный кабель, удар молнии — 23

Высотный ядерный взрыв — — градусы



Многомодовое волокно



Градиентное волокно

Основные характеристики волокон:

Затухание (дБ/км) — потери на поглощение и рассеяние излучения в волокне

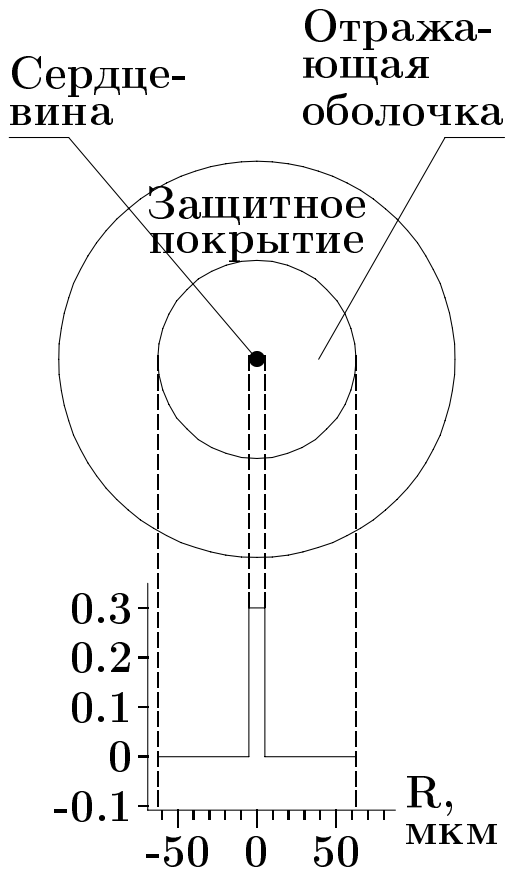
Дисперсия, т.е. зависимость скорости распространения от длины излучения.

Т.к. светодиод или лазер излучают спектр частот, то дисперсия приводит к расширению импульса.

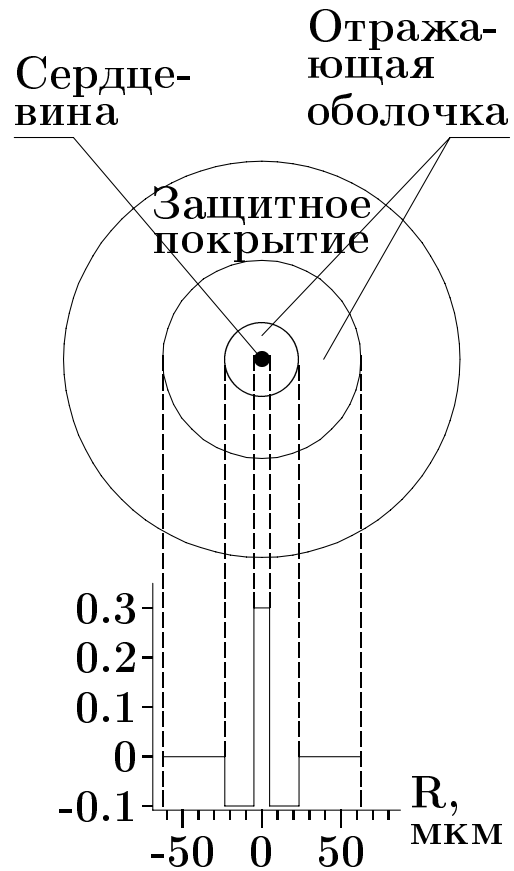
Оценка дисперсии — полоса пропускания (МГц км)

Для многомодовых от 100 до 1000 МГц км

Для одномодовых менее 20 км



Ступенчатый профиль

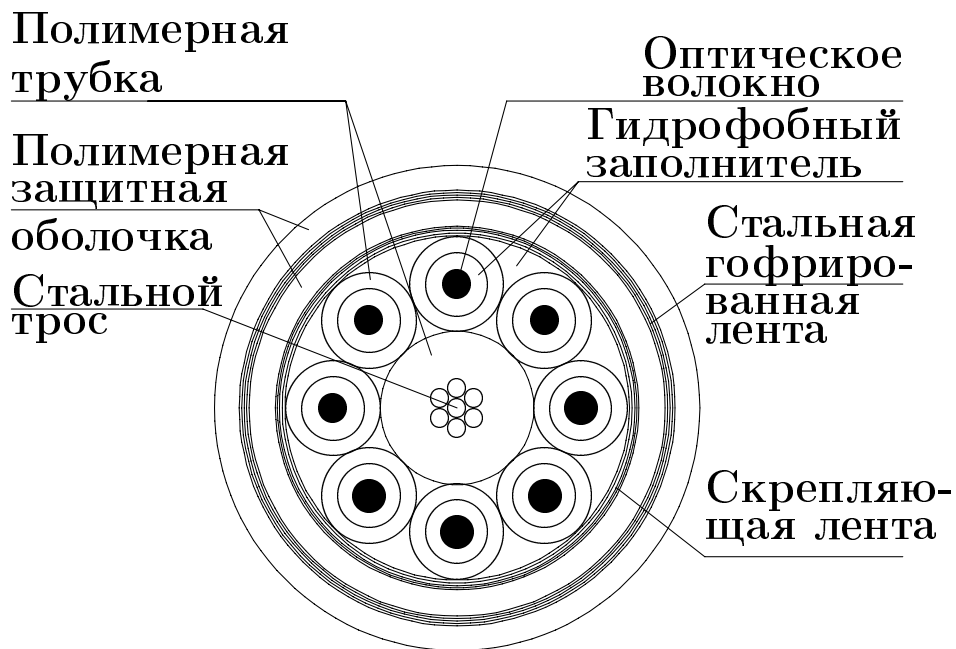


W-образный профиль

5.8.4. Поколения систем оптической связи

1. 1975, на многомодовых светодиодах 850 нм
2. 1978, одномодовые передатчики 1330 нм
3. 1982, диодные лазеры 1550 нм
4. когерентные передатчики (частотная или фазовая модуляция) фирма NTT, 1990, безрегенеративная система 2223 км, 2.5 Гбит/с
5. оптические усилителя на основе световодов, легированных эрбием (+30 дБ) — системы дальней оптической связи (тысячи км)
6. солитоновые системы (10 пс импульс). 1 бит — нет/есть солитон (5 Гбит/с, 10 000 км)

монтажные
 станционные
 зоновые
 магистральные



5.8.6. Оптические соединители

переходные втулки
 разъемы

Оптические разъемы

Тип	ЛВС	Теле-ком-муникации	Кабельное ТВ	Измерит. аппаратура	Дуплекси-сист. связи	Фиксация
FC/PC						Резьба
ST						BNC
SMA						Резьба
SC						Push-Pull
MIC						FDDI

3.8.7. Сводка параметров оптокабелей

точка-точка, кольцо, звезда

потери очень малы 0.15–0.5 дБ/км

очень высокая защищенность от помех

умеренная цена (\$1–\$5/волоконно/м)

2 Гбит/с при длинах в сотни км

незаменимы для связи на расстоянии 1000 км без повторителей

вероятность ошибки до 10^{-15}

(обычные значения 10^{-11})

радиоканалы

- с шумоподобными сигналами
- наземные микроволновые
- спутниковые микроволновые

оптический канал

акустический канал

5.9.1. Шумоподобные Сигналы (ШПС)

Spread Spectrum Technology (SST) — технологии с распределенным спектром.

Сигнал “размазывается” по широкой полосе частот с помощью псевдослучайной последовательности

Отличительные свойства:

- защита от помех
- защита от глушения
- достижение секретности

Два основных метода:

1. Прямой последовательности (Direct Sequence — DS SST).

Каждый бит одновременно излучается в нескольких (10) частотных каналах.

2. Скачки по частоте (Frequency Hopping — FH SST)

Передатчик и приемник синхронно каждые несколько миллисекунд меняют частоту.

лучшая (чем для DS) избирательность по соседнему каналу

лучшее (чем для DS) отношение сигнал/шум

неравномерное использование частотного диапазона

5.9.1.1. Основные частотные диапазоны ШПС

2400-2483.5 МГц ($\lambda = 12$ см, S-диапазон).

Стандарт (IEEE 802.11) предполагает скорости обмена 1–2 Мбит/с в 22-х выделенных каналах.

Предусмотрено реконфигурирование.

Или 22 сети работают одновременно или используются все 22 канала для максимальной защищенности от помех и подслушивания.

Мощность ограничена 100 мВт.

902–928 МГц ($\lambda = 33$ см, L-диапазон).

Здесь вероятно буде доминировать ШПС с прямой последовательностью.

Мощность ограничена 1 Вт.

Выпускаются 4 основных класса устройств:

1. Радиомодемы.

Асинхронные — 9.6 38.4 Кбит/с.

Синхронные — 56 512 Кбит/с.

2. Радиоадаптеры

Связь точка—точка.

Подключение к проводной сети по радиоканалу через устройства доступа или же радиобриджи.

3. Устройства доступа

Подключение компьютеров с радиоадаптерами к проводной сети.

Обеспечивается перемещение из соты одного устройства в соту другого без прерывания связи (roaming).

4. Радиобриджи.

Доступ к проводной сети через радиоадаптеры.

Фильтрация пакетов между проводной и радиосетью.

Функции ретранслятора для радиосети.

5.9.1.3. Сводка параметров оборудования ШПС

точка-точка, множественный доступ

в основном небольшие расстояния (50–150 м)

на открытом пространстве при прямой видимости и направленных антеннах 10–50 км

большая цена (радиоадаптер \$1000, радиобридж \$4000)

от 9600 бит/с до 2 Мбит/с

удобны для быстрого расширения сети

вероятность ошибки 10^{-3} 10^{-6}

Основные характеристики:

точка-точка

в пределах прямой видимости 10–100 км

низкая защищенность от помех

легкий перехват, низкая секретность

большая затраты на установку, требуется лицензирование

12–274 Мбит/с

вероятность ошибки 10^{-4}

5.9.3. Спутниковые микроволновые радиоканалы

Основные характеристики:

точка-точка и широкоэвещательная связь с большим числом абонентов

в пределах прямой видимости спутника

для спутников выделены 4 полосы (4/6 ГГц и 12/14 ГГц)

низкая защищенность от помех

легкий перехват, низкая секретность

большая затраты на развертывание, требуется лицензирование

500 МГц

вероятность ошибки 10^{-4}

5.9.4. Инфракрасные оптические линии связи

Используют ИК приемники и передатчики для быстрого развертывания сети.

Основные характеристики:

точка-точка и широковещательная связь

в пределах прямой видимости

низкая защищенность от помех, зависимость от погоды

возможность перехвата и степень секретности определяются оптической схемой передатчика

низкая стоимость \$1 м

тривиальная установка

10 и более Мбит/с

вероятность ошибки 10^{-4}

1. Методы передачи
2. Методы доступа среде передачи
3. Передача кадров в сетях
4. Стандарты IEEE 802.xx
5. OSI и IEEE-802
6. IEEE-802.2, HDLC
7. Ethernet и IEEE 802.3
8. Arcnet и IEEE 802.4
9. Token Ring и IEEE 802.5
10. FDDI
11. 100 VG AnyLAN и IEEE 802.12
12. ATM

6.1. Методы передачи:

baseband — передача в основной полосе, прямая, немодулированная передача.

Цифровой сигнал направляется непосредственно в среду передачи без модуляции некоторой несущей частоты, т.е. несущая не требуется. Вся полоса используется для передачи только одного цифрового сигнала. Метод удобен для передачи по широкополосным каналам на небольшие расстояния.

Обычно используется в ЛВС.

broadband — широкополосная передача.

Данные в широкополосной среде передаются по нескольким частотным каналам за счет использования частотного уплотнения — FDM (Frequency Division Multiplexing), предусматривающего модуляцию несущей каждого канала в своем диапазоне частот полосы пропускания среды передачи (кабеля).

случайный доступ к среде;

детерминированный доступ, маркерная сеть;

детерминированный доступ, обработка запросов с учетом приоритетов.

6.2.1. Случайный доступ к общей среде

Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection.

Многостанционный Доступ с Проверкой Несущей и Обнаружением Столкновений (МДПН/ОС):

прослушивание канала (проверка несущей);

начало передачи;

если обнаруживается столкновение — посылка всем станциям сигнала о помехе и отмена (на время) передачи.

Методы МДПН

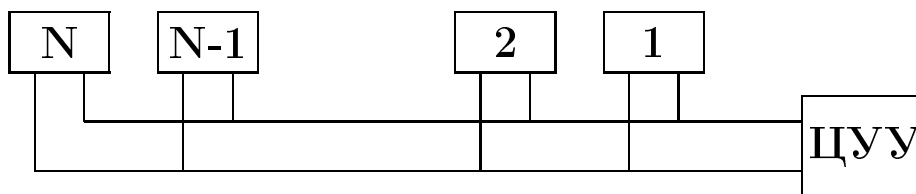
Схема с p -настойчивостью — станция, обнаружившая занятость, начинает передачу после того как канал станет свободным с вероятностью p .

С вероятностью $(1-p)$ передача откладывается на Δ распространения сигнала.

Схема с 1-настойчивостью — попытка передачи как только канал стал свободен.

Ethernet — 1-настойчивость + обнаружение столкновений

6.2.2. Детерминированный доступ к общей среде



децентрализованный (маркерная сеть);

централизованный (запрос с учетом приоритета)

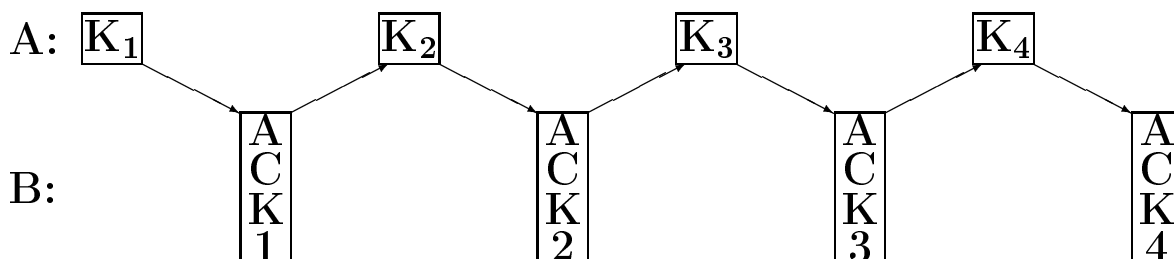
ACK — ACKnowledge — подтверждение,

NAK — Negative ACKnowledge — неподтверждение

Протокол с остановками и ожиданием.

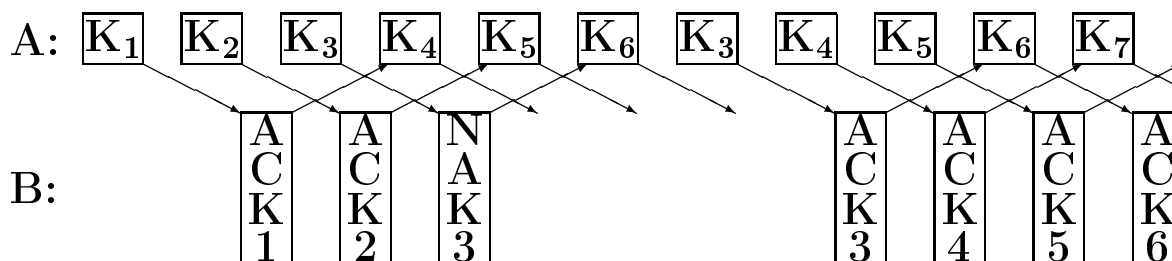
Одновременно передается один кадр.

Пакет сбрасывается из накопителя после получения положительного подтверждения.

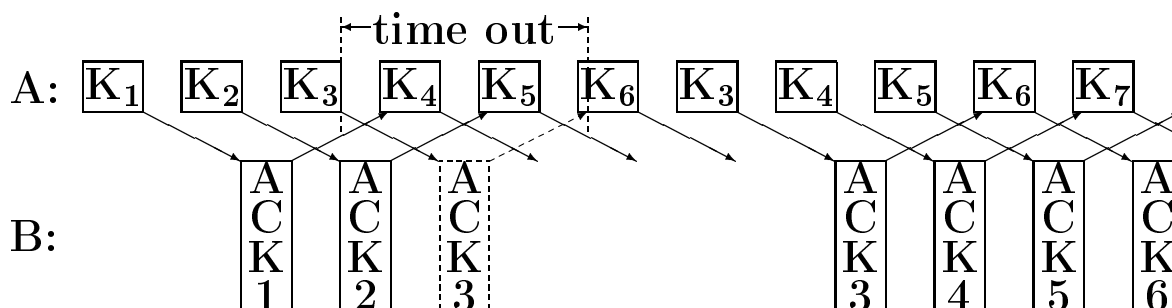


N-возвращения (непрерывная передача).

Непрерывно передаются кадры. При отрицательном подтверждении или истечении тайм-аута неподтвержденный и все последующие выдаются повторно.



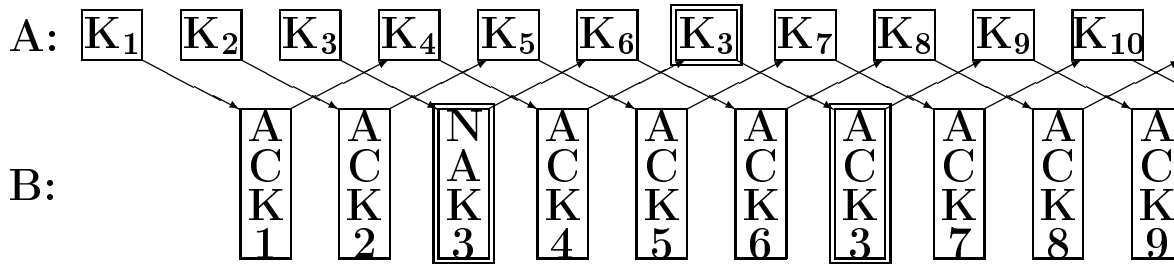
N-возвращения с отрицательным подтверждением



N-возвращения без отрицательного подтверждения

Выборочное повторение.

Повторно передается только неподтвержденный кадр или для которого истек тайм-аут.



6.4. Стандарты IEEE 802.xx

IEEE 802.2 1989 г — Logical Link Control

IEEE 802.3 1985 г — сеть CSMA/CD (Ethernet)

IEEE 802.4 1990 г — шина с передачей маркера (ARCNET)

IEEE 802.5 1989 г — кольцо с передачей маркера (Token Ring)

IEEE 802.6 1990 г — двойная шина с распределенным опросом

IEEE 802.12 1995 г — централизованное управление с обработкой запросов с учетом приоритета (100VG-AnyLAN)

6.5. OSI и IEEE-802

Уровни OSI

Стандарты IEEE-802

Высшие уровни

Высшие уровни

	802.2 Управл. логическим каналом		
Уровень канала	Управление доступом к среде		
Физический уровень	802.3	802.4	802.5

IEEE-802.2 — стандарт канального уровня, предназначен для совместного использования с 802.3, 802.4, 802.5. Специфицирует способы управления логическим каналом. Относится к подуровню LLC канального уровня. Является модификацией HDLC (High-level Data Link Control) для LAN. Передача — бит-ориентированная.

6.6.1. Формат кадра HDLC



- N(R) — последовательный номер приема
- N(S) — последовательный номер передачи
- S — биты кода функции супервизора
- M — биты модификатора функций
- P/F — бит Poll/Final — Опрос/Конец

Кадры I и S используются для передачи данных, проверки ошибок и восстановления.

Кадры U используются в фазе соединения/разъединения и для предоставления расширенного набора номеров кадров.

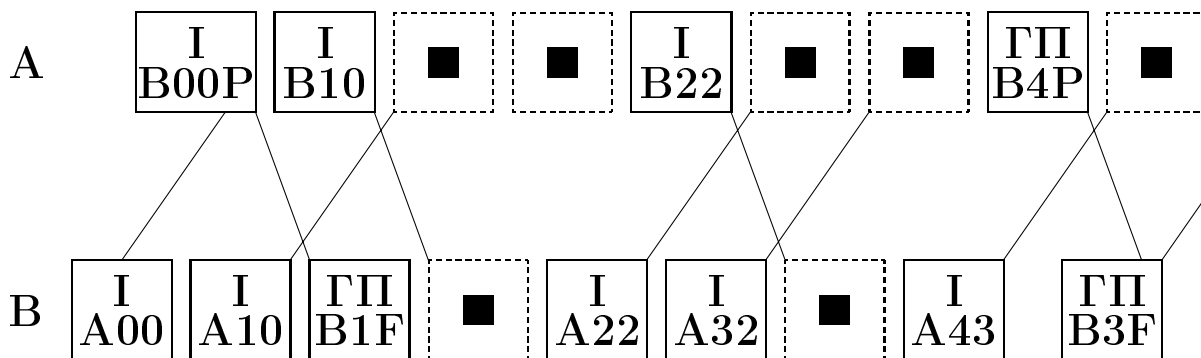
1. Нормального ответа (NRM — Normal Response Mode).
Главная станция управляет вторичными, разрешая передачу.
2. Асинхронного ответа (ARM — Asynchronous Response Mode). Подобен NRM, но вторичной станции для передачи не требуется разрешение главной.
3. Асинхронный балансный (ABM — Asynchronous Balanced Mode). Обслуживает равноправных партнеров.

6.6.3. Передача данных по протоколу HDLC

Некоторые кадры супервизора:

ГП	—	готовность приема	N(R)	P/F	00	01
НГП	—	неготовность приема	N(R)	P/F	01	01
ОТК	—	неготовность приема	N(R)	P/F	10	01

Бит P/F может использоваться для задания немедленного ответа. При установке в кадре передатчика P=1 приемник немедленно посылает кадр супервизора с битом F=1.



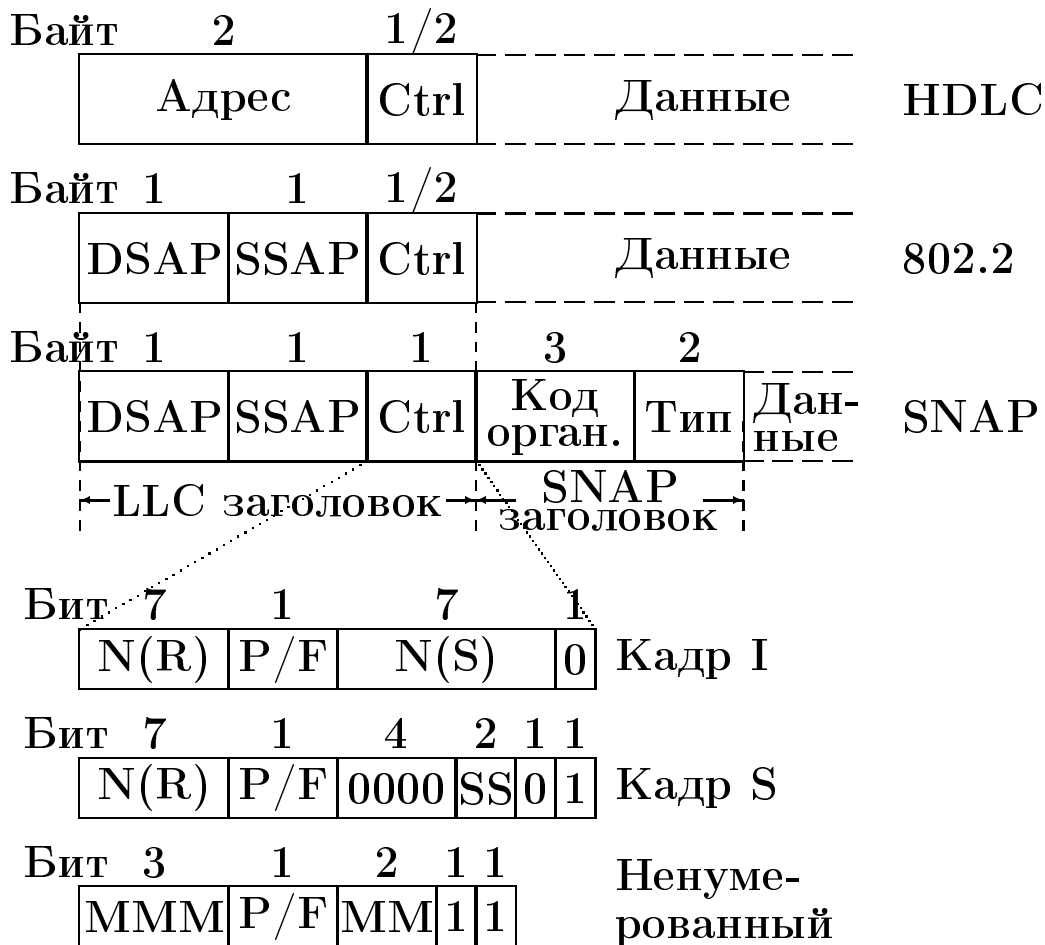
Кадры I: I, адрес, N(S), N(R) и, возможно, P

Кадры S: Тип, адрес, N(R) и, возможно, P или F

Тип = ГП НГП ОТК

Если команда то бит P и адрес приемника

Если ответ на P то бит F адрес передатчика



DSAP (Destination Service Access Point) — идентификатор протокола, принимающего кадры. Определяется в различных RFC (Request For Comments), например, в RFC-1340 IEEE 802 Number of interest.

SSAP (Source Service Access Point) — идентификатор протокола, передающего кадры. Определяется в RFC.

SNAP (Sub-Network Access Protocol). Расширение LLC. Служит для решения проблемы миграции протоколов. Для идентификации SNAP-формата используются predetermined значения DSAP и SSAP. Значения полей “Код организации” (Organizational Code) и “Тип” (Type) определяются RFC.

Типы услуг:

- Тип 1 (LLC1) — без установления соединения и подтверждения приема;
- Тип 2 (LLC2) — с установлением соединения;
- Тип 3 (LLC3) — без установления соединения с подтверждением приема.

Классы устройств:

Класс	Услуги	Класс	Услуги
1	LLC 1	2	LLC1 + LLC2
3	LLC 1 + LLC3	4	LLC1 + LLC2 + LLC3

Семантика кадров

U — ненумерованные

UI (Unnumbered Information). Используется при передаче информации Типа 1

XID (eXchange IDentification) и команда и ответ. Используется услугами Типа 1 и Типа 2.

TEST и команда и ответ. Используется при тестировании связи.

FRM (FRaMe reject) — ответ на нарушение протокола

SABME (Set Asynchronous Balanced Mode Extended). Запрос на установление связи.

UA (Unnumbered Acknowledgment) — успешный ответ на SABME

DM (Disconnect Mode) — отрицательный ответ на SABME

DISC (Disconnect) команда закрытия связи (после UA или DM).

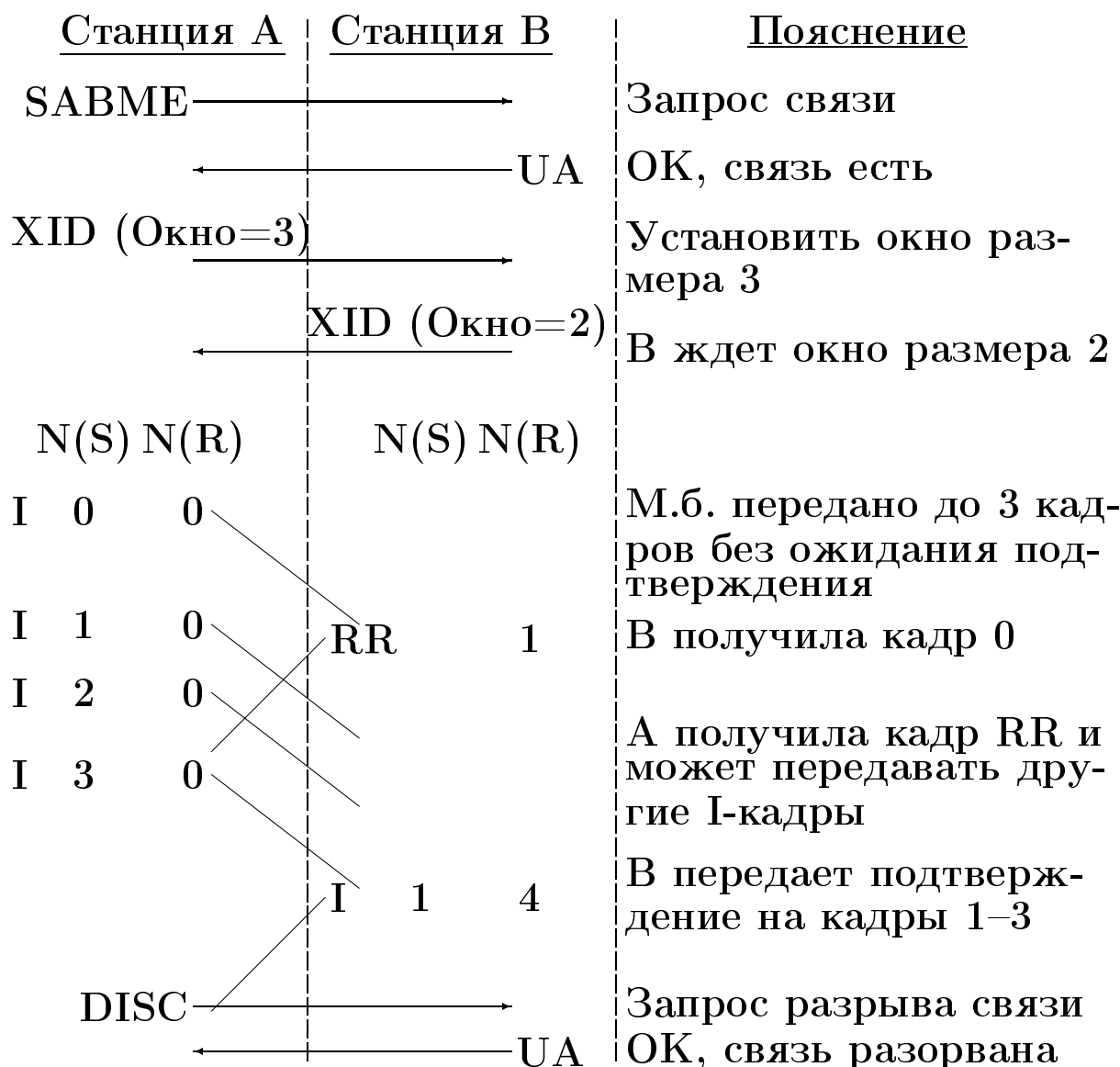
RR (Receiver Ready) — готовность к приему следующего кадра. Если связь простаивает, то кадр периодически выдается для контроля линии.

RNR (Receiver Not Ready) — неготовность к приему следующего кадра. Передатчик не должен выдавать, пока не получит RR.

RNR (Receiver Not Ready) — неготовность к приему следующего кадра.

REJ (frame REJect) — кадр отброшен, необходим его повтор.

Пример сеанса



1970, Xerox, ЛВС Alto Aloha Network

22.05.1973, переименование в Ethernet

1980, спецификация IEEE 802.3

Название Ethernet появилось в заметке Боба Меткалфа, написанной в Исследовательском центре Пало Альто компании Xerox 22 мая 1973 г. До этого разработанная ими ЛВС с пропускной способностью несколько мегабит в секунду называлась Alto Aloha Network.

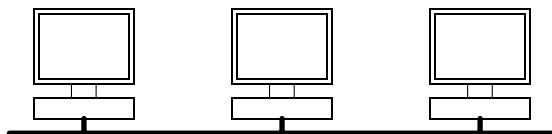
Слово ether является составной частью термина lumeniferous ether — “мировой (светоносный) эфир”. В 1976 г. Xerox переименовала этот продукт в Xerox Wire при переделке этого продукта в 20 Мбит/с сеть. В 1979 г. Xerox, Digital и Intel вернулись к названию Ethernet при разработке стандарта на 10 Мбит/с сеть.

Распространение Ethernet (1997 г):

выпущено 42 млн карт и 54 млн портов;

остальные — 5 млн карт (12%) и 7 млн портов (13%).

6.7.1. Логическая топология Ethernet-сети



CSMA/CD — Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection

МДПН/ОС — Множественный доступ с контролем несущей и обнаружением столкновений

1. Контроль несущей. Если нет активности — передача.
2. Во время передачи контроль за столкновениями. Если есть столкновение — сброс кадра. Выдержка времени и повторная передача кадра.

Сопряжение канала с физическим уровнем



Манчестерский код

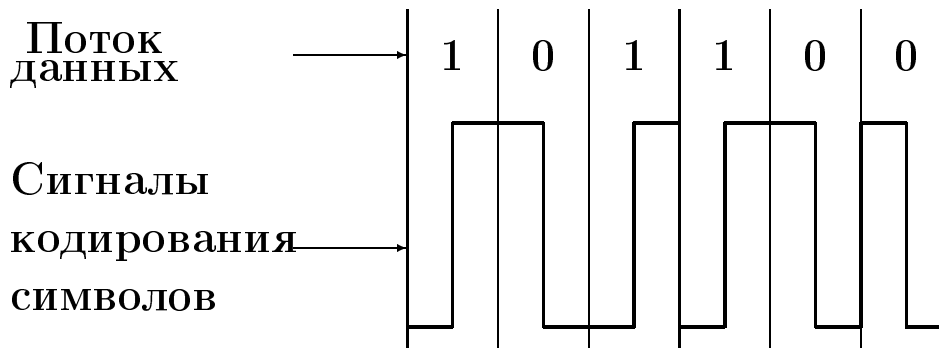
1-я половина Δ — передача лог. дополн. разряда.

2-я половина Δ — передача значения разряда.

Итак:

1 — положительный переход сигнала

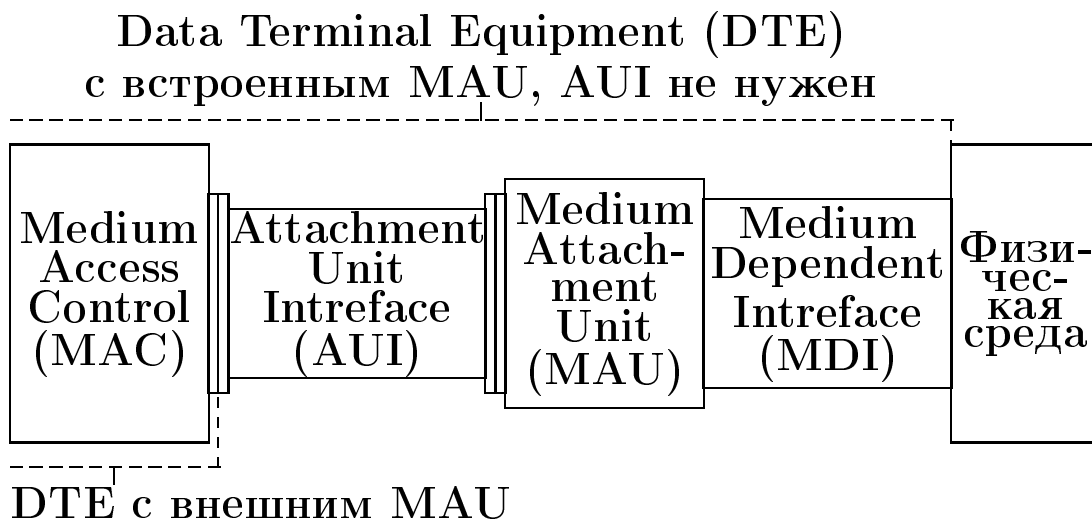
0 — отрицательный переход сигнала



Длина поля в байтах		Ethernet					
7	1	6	6	2	46-1500	4	
P	SOF	Получатель	Источник	Тип	Данные	FCS	

Длина поля в байтах		IEEE 802.3					
7	1	6	6	2	46-1500	4	
P	SOF	Получатель	Источник	Длина	Данные	FCS	

- P — Preamble (преамбула) — последовательность вида 1010101010
- SOF — Start Of Frame (начало кадра) вида 10101011
- Получатель — физический адрес получателя
3 байта — номер производителя
3 байта — номер адаптера
- Источник — физический адрес источника
3 байта — номер производителя
3 байта — номер адаптера
- Тип — тип протокола верхнего уровня
- Длина — число байт в данных
- Данные — передаваемые данные
- FCS — Frame Check Sequence — контрольная сумма всех полей, кроме P, SFD и FCS



6.7.5. Разновидности Ethernet

10BASE5 — “толстый” Ethernet, 50 Ω , 10.16 мм

“10” — 10 Мбит/с;

“BASE” — метод доступа baseband, немодулированная передача данных, несущая не требуется, вся полоса служит для передачи одного цифрового сигнала;

“5” — максимальная длина сегмента = 500 м.

В сегменте 100 абонентов, подключенных посредством MAU — transceiver (TRANSMIT и RECEIVE).

Мин. расстояние между трансиверами — 2.5 м.

Расстояние трансивер – DTE до 50 м (AUI-кабель)

10BASE2 — “тонкий” Ethernet, 50 Ω , 4.76 мм,

максимальная длина сегмента = 185 м. В сегменте

30 абонентов, подключенных посредством MAU в виде BNC T-коннекторов.

Мин. расстояние между подключениями — 0.5 м.

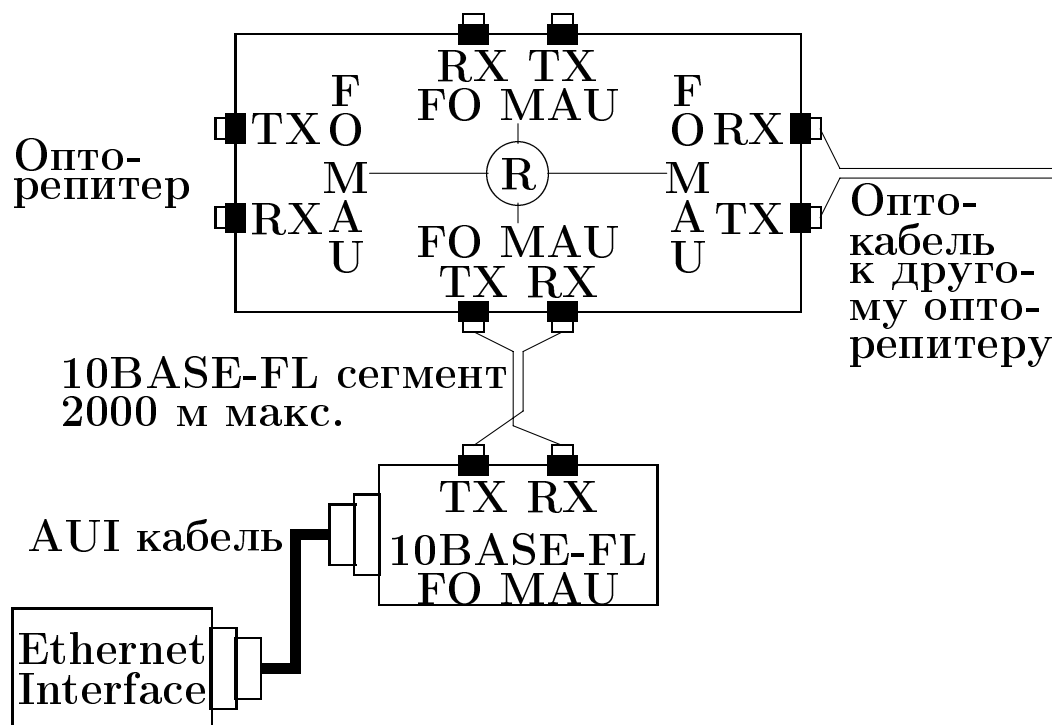
10BASE-T — Ethernet на витой паре, 100 Ω ,

одна пара — передача, вторая — прием,

максимальная длина кабеля HUB–абонент = 100 м.

MDI — RJ-45 коннекторы.

Контакты: 1/2 — передача +/–, 3/6 — прием +/–



Устаревшие спецификации FOIRL (Fiber Optic Inter Repeater Link) предусматривают объединение только репитеров оптокабелями длиной до 1 км.

Современные спецификации 10BASE-F включают 3 типа сегментов:

10BASE-FL — полнодуплексное соединение репитеров. Длина до 2 км. Возможно использование для соединений ЭВМ–ЭВМ и ЭВМ–порт репитера.

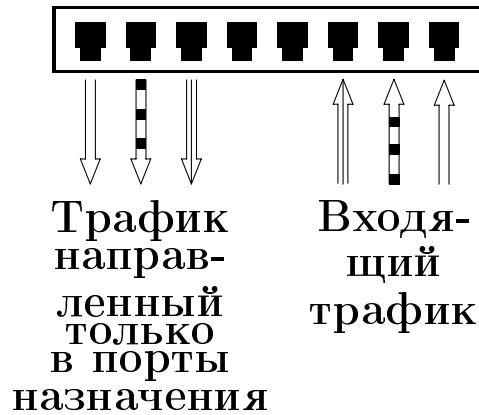
10BASE-FB Fiber Backbone — специальное синхронное объединение только репитеров. Длина до 2 км.

10BASE-FP Fiber Passive — для звездообразного объединения оптической средой передачи нескольких (обычно до 33) ЭВМ без использования репитеров. Длины до 500 м.

Ethernet switching предложен фирмами Synernetics и Kalpana (в 1994 г. приобретена фирмой Cisco).

Сеть строится по физической схеме звезда с коммутатором (switch) в качестве центрального узла сети.

Коммутатор анализирует адрес получателя и передает пакет только ему.



6.7.8. Fast Ethernet

Два варианта IEEE-стандарта Fast Ethernet:

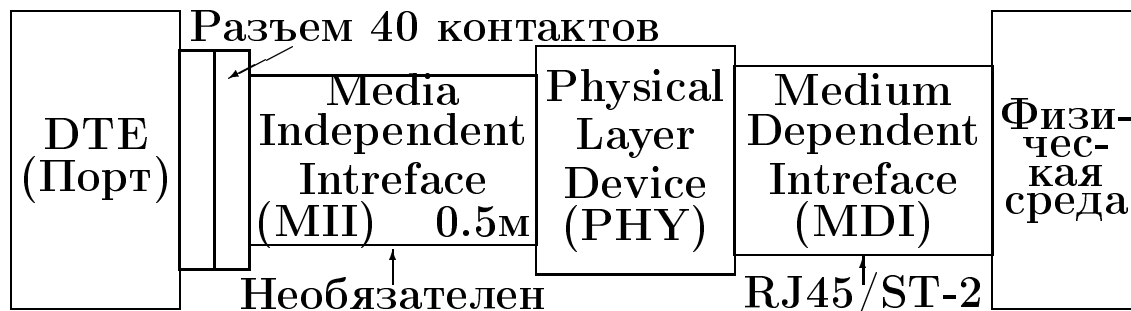
1. С сохранением механизма CSMA/CD.
100BASE-T Fast Ethernet.
2. С новым методом доступа "Demand Priority"
100VG-AnyLAN — IEEE 802.12.

Среды передачи стандартов 100BASE-T:

100BASE-T4 — по 4 парам.

100BASE-TX — по 2 парам.

100BASE-FX — по 2 волокнам оптокабеля.



НУВ'ы–повторители:

Класс I транслирует сигнал из порта в порт в цифровой форме. Порты могут быть различных типов T4, TX или FX. Обозначение: (I)

Класс II немедленно передает сигнал, принятый из порта, в остальные без трансляции. Все порты — какого-то одного типа T4, TX или FX. Обозначение: (II)

Полный дуплекс (Full duplex) — средство удвоения скорости для двух взаимодействующих устройств. Нет необходимости прослушивания линии перед передачей. Режим используется в 10BASE-T, 100BASE-TX, 100BASE-FX. Т.к. нет проблемы обнаружения коллизий, то в 100BASE-FX длина кабеля до 2 км.

Автопереговоры (Auto-Negotiation) — средство настройки мультискоростных средств, работающих по TP, (интерфейсной карты и порта НУВ'а) на максимальную скорость. Классы приоритетов:

- A: 100BASE-TX Полный дуплекс
- B: 100BASE-T4
- C: 100BASE-TX
- D: 10BASE-T Полный дуплекс
- E: 10BASE-T

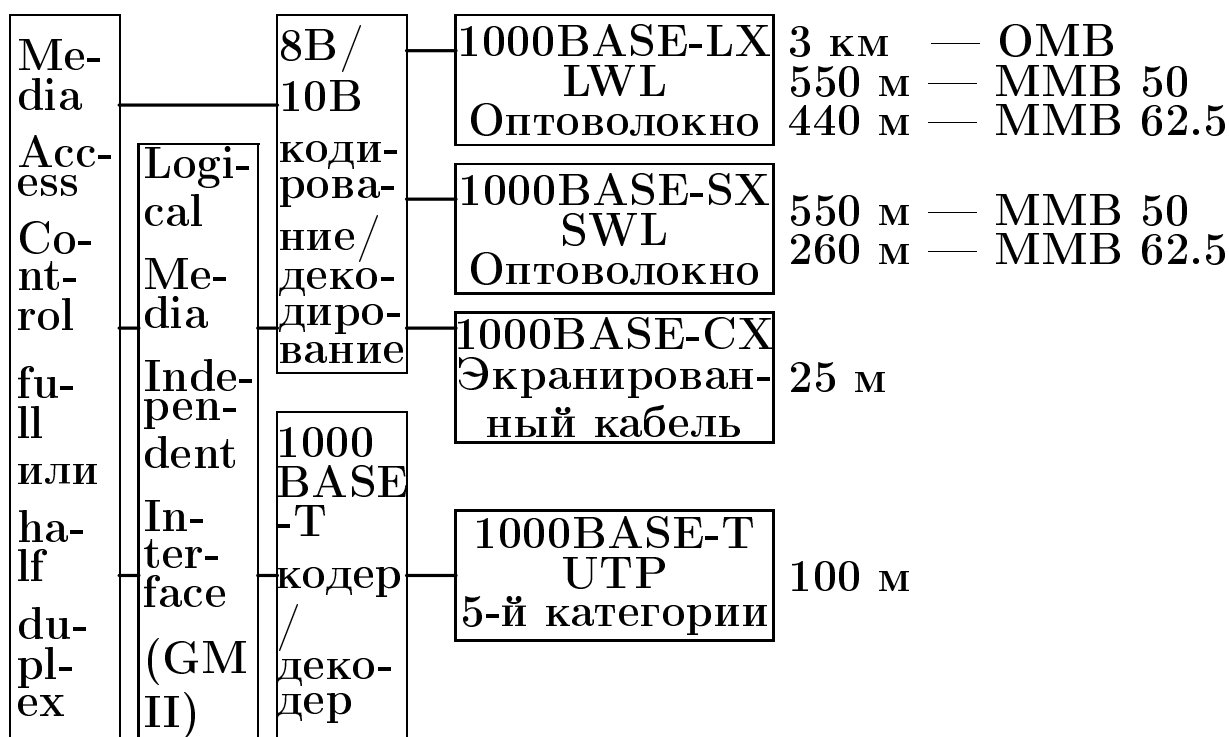
6.7.10. Параметры Fast Ethernet

Тип	Длина сегмента	Ø домена коллизий
100BASE-T4	100 м	200 м
100BASE-TX	100 м	200 м
100BASE-FX	412 м	HUB (II) 320 м
		HUB (I) 272 м
		HUB (II) + HUB (II) 228 м

Регламентируется стандартом IEEE 802.3. Сохранены формат кадров, метод доступа CSMA/CD, возможности полного дуплекса и управления потоком.

Предложено новое многопортовое устройство полного дуплекса “буферизующий распределитель” (buffered distributor, “CSMA/CD in box”). Пришедшие кадры перенаправляются во все порты, кроме исходного. Таким образом образуется домен разделения полосы частот, подобный 802.3 домену коллизий.

6.7.12. Классификация Gigabit Ethernet



Адаптация CSMA/CD для Gigabit Ethernet:

для поддержки 200 м диаметра коллизий расширены с 64 до 512 байт минимальное время несущей в CSMA/CD и временной интервал Ethernet;

для компенсации падения скорости при передаче коротких кадров, которые должны удлиняться до 512 байт, вводится разделение кадра на части (packet bursting).

1977, Attached Resource Computing Network (ARCNET).

2.5 Мбит/с, протокол передачи маркера.

Логическая топология сети — маркерная шина.

Физическая топология — звезда или шина.

Передача байта — 3 старт/стоп + 8 бит данных.

5 типов кадров:

1. ITT — Invitation To Transmit
2. FBE — Free Buffer Enquiry
3. DATA — передача данных
4. ACK — ACKnowledgement — подтверждение
5. NAK — Negative AcKnowledgegement —
неподтверждение

ITT		FBE		DATA		ACK		NAK	
AB	1	AB	1	AB	1	AB	1	AB	1
EOT	1	ENQ	1	SOH	1	ACK	1	NAK	1
DID	1	DID	1	SID	1				
DID	1	DID	1	DID	1				
				DID	1				
				COUNT	2				
				Данные	1–508				
				CRC	2				

- AB — Alert Brust (6 единиц)
- EOT — End Of Transmit (04h)
- DID — Destination Identification
- ENQ — ENquiry (85h)
- SOH — Start Of Header (01h)
- SID — Source Identification
- COUNT — 256-N (512-N) — число байт данных
- CRC — Cyclic Redundancy Check
- ACK — ACKnowledgement (86h)
- NAK — Negative AcKnowledgegement (15h)

Передача данных узлом ведется следующим образом:

1. Получение маркера (кадр ITT).
2. Посылка кадра FBE приемнику.
3. Если получен кадр АСК
то передача данных (кадр DATA)
Если от приемника получен АСК
то данные приняты
иначе если получен кадр NAK
то повторная передача данных
иначе если получен кадр NAK
то приемник не готов
4. Передача маркера (кадр ITT) следующему узлу

6.8.2. Реконфигурация ARCNET-сети

Если какой-либо узел за 840 мс не принял кадр ITT, то он начинает переконфигурацию, 765 раз выдавая посылку из 8 маркеров и пробела.

В результате любые посылки в сети разрушаются и ее активность подавляется.

Если некоторый узел за 78.2 мкс не обнаружит активности сети, то:

взводится таймер на $\Delta = 146 \quad (256 \quad ID)$;

$NID = ID$.

По истечению таймаута и неактивности линии:

посылается кадр ITT с $DID = NID$;

если 74.7 мкс нет активности,

то $NID = NID + 1$; посылается ITT с $DID = NID$;

иначе соседний узел найден, ему отдается маркер.

Эта процедура повторяется пока маркер не вернется к станции с максимальным адресом (от 24 до 61 мс).

6.8.3. Некоторые характеристики ARCNET

гарантированное время ответа;

автоматическая реконфигурация;

распределенная звезда;

кабель 93 Ω ;

активные/пассивные HUB'ы – 8/4 порта,

удаление PC от активного HUB'а — 600 м,

удаление PC от пассивного HUB'а — 30.5 м,

макс. расстояние между PC в сети “звезда” — 6 км,

макс. длина сети “шина” — 305 м,

макс. число станций в сети — 255,

ARCNET Plus — 20 Мбит/с, поддержка Ethernet, Token Ring, TCP/IP.

Топология — маркерное кольцо (Token Ring).

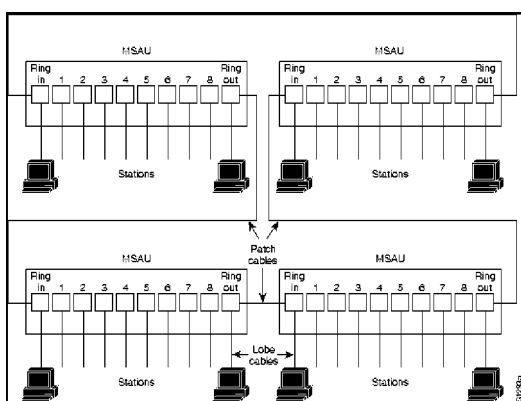
Скорости передачи 4 и 16 Мбит/с.

Основные моменты:

станции подключаются к сети в логической топологии кольцо;

любая станция сети может передавать данные только получив маркер;

в любой момент времени право на передачу имеет только одна станция.



Используются три типа кадров:

Data/Command Frame (кадр данные/команда);

Token (маркер);

Abort (сброс).

Data/Command		Token		Abort	
SD	1	SD	1	SD	1
AC	1	AC	1	ED	1
FC	1	ED	1		
DA	6				
SA	6				
Пакет	4202				
FCS	4				
ED	1				
FS	1				

SD (Start Delimiter) — признак начала кадра

AC (Access Control) — управление доступом. Поля:

P = 3 бита — поле приоритета

T = 1 бит — поле маркера

M = 1 бит — поле монитора

R = 3 бита — рабочее поле

ED (End Delimiter) — признак конца кадра

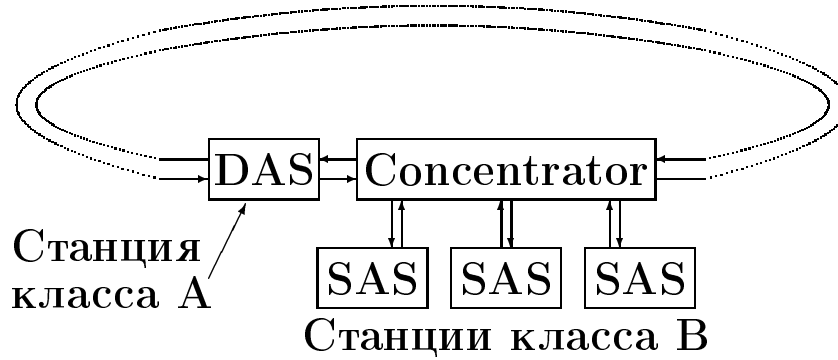
FC (Frame Control) — управление кадром, определяет что содержится в кадре — данные или управляющая информация

DA (Destination Address) — адрес получателя

SA (Source Address) — адрес источника

FCS (Frame Control Sequence) — контрольная сумма

FS (Frame Status) — статус кадра

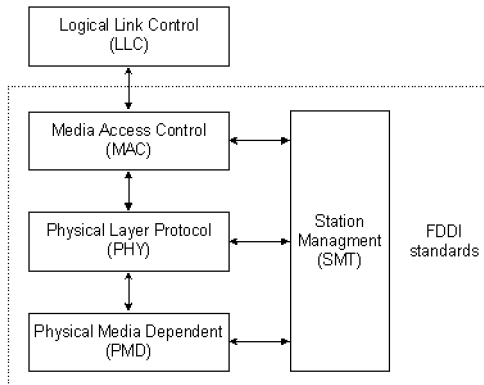


FDDI — Fiber Distributed Data Interface.

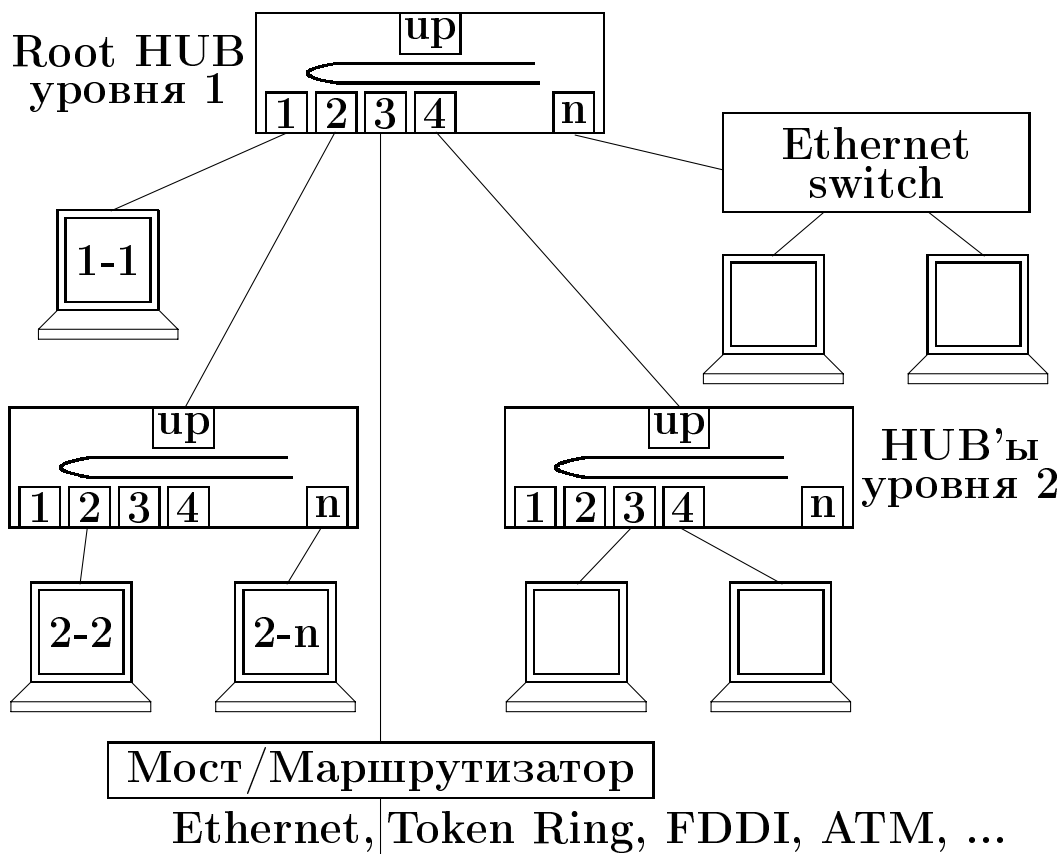
Адаптеры FDDI поддерживают метод доступа Token Ring.

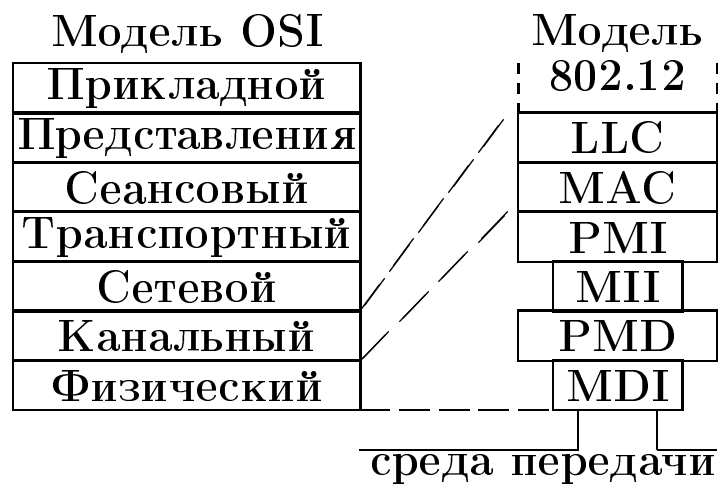
Производительность до 100 Мбит/с.

Максимальная длина кольца — 100 км.



100 Мбит/с, 4-х парный UTP категории 5 до 150 м
 метод доступа Demand Priority (обработка запросов с
 учетом приоритета) с централизованным управлением
 циклическим опросом портов
 до 3-х уровней HUB'ов
 кадры или 802.3 (Ethernet) или 802.5 (Token Ring) нор-
 мального и высокого приоритетов
 режимы портов HUB'ов — нормальный и монитора
 режим обучения





- LLC — подуровень Logical Link Control
 MAC — подуровень Media Access Control
 PMD — подуровень Physical Medium Independent
 MII — Medium Independent Interface
 PMD — подуровень Physical Medium Dependent
 MDI — Medium Dependent Interface

Asynchronous Transfer Mode служит для одновременной поддержки передачи данных, аудио и видеоинформации.

Передача в виде ячеек

фиксированная длина (в отличие от кадров) — проще анализ, меньшая буферизация, быстрая обработка, небольшой размер — малы задержки, любое устройство имеет монопольный доступ к собственному порту коммутатора.

Сеть с установлением соединения

источник до передачи должен установить соединение с получателем,

недостаток — требуются действия по установлению соединения,

преимущества:

1) нет перегрузки сети — не устанавливаются или сбрасываются соединения, которые невозможно поддерживать;

2) для устанавливаемого соединения коммутатор может зарезервировать требуемую полосу частот, т.е. обеспечить требуемое качество сервиса (Quality of Service — QoS).

QoS определяет допустимое количество потерянных пакетов и допустимое изменение промежутка между ячейками.

все устройства непосредственно подключены к АТМ-коммутатору;

при установлении соединения устройств АТМ-коммутаторы, к которым они подключены, устанавливают соединение с выбором оптимального маршрута;

при передаче АТМ-коммутаторы просто пересылают пакеты заранее выбранному следующему узлу оптимального маршрута, а не всем достижимым узлам как обычные мосты;

обычно АТМ-коммутаторы неблокирующие — ячейки передаются немедленно после их получения без буферизации.

Уровни АТМ

АТМ	OSI/ISO
1. физический уровень	физический
2. уровень АТМ	канальный
3. уровень адаптации АТМ	сетевой

Физический уровень АТМ устанавливает:

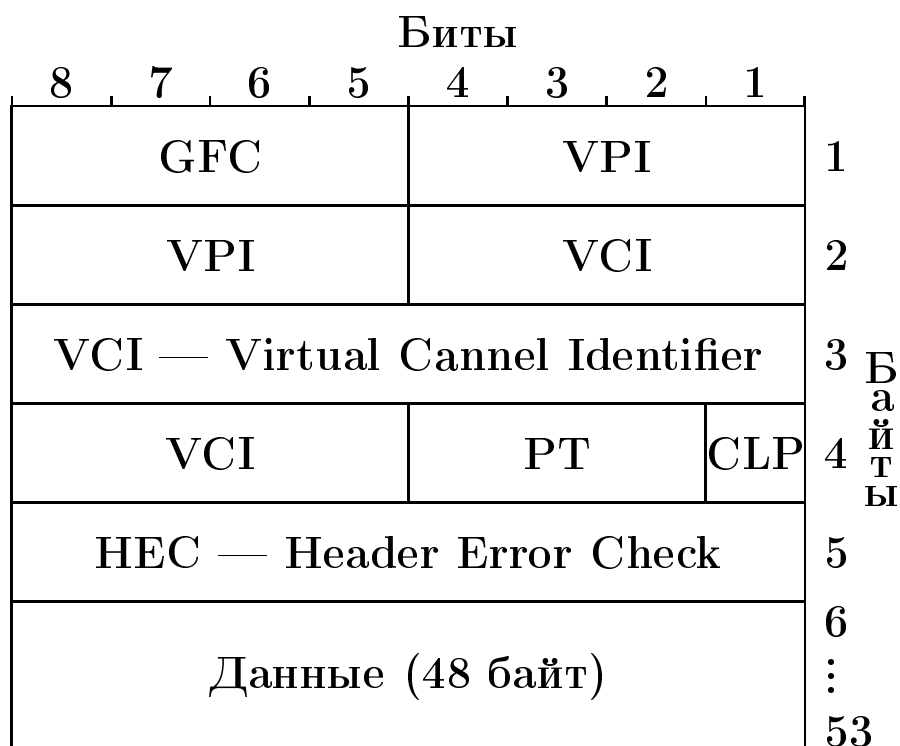
какие среды передачи используются,
на каких скоростях идет передача,
как получать биты из среды передачи,
как преобразовывать принятые биты в ячейки,
как передавать ячейки уровню АТМ.

Скорость Среды передачи

Мбит/с

25	UTP категорий 3, 4, 5 оптоволокно
155	UTP категории 5 STP (экранированная витая пара) типа 1 оптоволокно беспроводной ИК лазерный канал
622	оптоволокно

АТМ-ячейка



GFC — General Flow Control

VPI — Virtual Path Identifier

PT — Payload Type

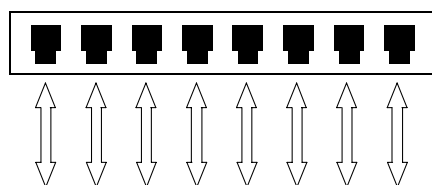
CLP — Cell Loss Priority

Ориентированная на соединение передача ячеек с использованием виртуальных путей (Virtual Path — VP) или виртуальных каналов (Virtual Cannel — VC)

1. Концентратор, мультиплексор, (хаб — hub)
2. Повторитель (репитер — repeater)
3. Коммутатор (свич — switch)
4. Мост (бридж — bridge)
5. Маршрутизатор (роутер — router)
6. Шлюз (gateway)

7.1. Концентраторы

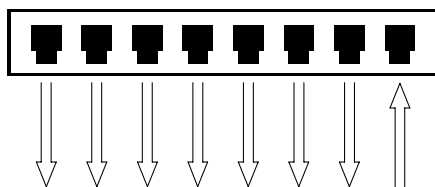
Концентратор, мультиплексор, (хаб — hub) — центральный узел кабельной системы или сети физической топологии “звезда”. В общем случае данные передаются из всех портов во все. Различаются повторяющие концентраторы (repeater hubs) и коммутирующие концентраторы (switching hubs).



Трафик,
направляемый из
всех портов во все

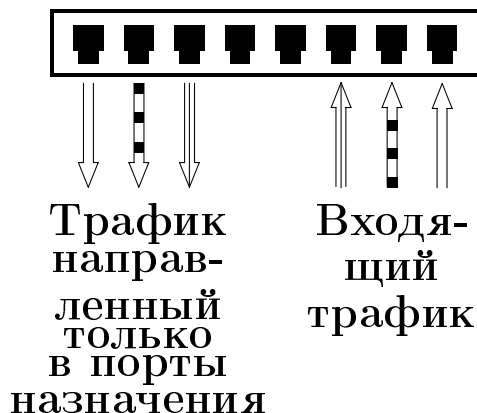
7.2. Повторители

Повторитель (репитер — repeater) — устройство для восстановления и повторения сигналов. Действует на физическом уровне. К каждому порту повторителя подключен отдельный сегмент (Ethernet) сети. Для всех узлов всех сегментов создается впечатление, что они находятся в едином сегменте (домене коллизий).



Трафик, Входной
направленный трафик
во все порты

Коммутатор (свич — switch) анализирует адрес получателя и передает пакет только ему.



7.3.1. Типы коммутаторов:

с буферизацией пакетов (store-and-forward-switch).

Действуют как многопортовые мосты.

Обеспечивают функции маршрутизатора и моста.

Фильтруют “плохие” пакеты (длина 64 или 1518, неверная КС).

Можно передать данные в более скоростной порт.

Применяются в сетях масштаба предприятия.

Недостаток — большое время задержки.

без буферизации (cut-through-switch).

Коммутируют пакеты только на основе заголовка.

Время задержки — десятки мкс.

Применяются в сетях масштаба рабочей группы.

Пропускают плохие пакеты.

модифицированная коммутация без буферизации (modified cut-through).

Коммутатор читает первые 64 байта пакета, затем переправляет.

Время задержки невелико.

“Буферизирующий распределитель” (buffered distributor, “CSMA/CD in box”) — многопортовое устройство полного дуплекса для Gigabit Ethernet. Пришедшие кадры перенаправляются во все порты, кроме исходного. Образуется домен разделения полосы частот, подобный 802.3 домену коллизий.

7.3.2. Архитектура коммутаторов:

1. С коммутационной матрицей.

Все порты физически соединены между собой с помощью коммутационной матрицы. Пропускная способность одного порта обычно 10 Мбит/с.

2. С быстродействующим процессором.

Все пакеты проходят через ЦП. Напоминает маршрутизатор.

3. С шиной с временным уплотнением:

Поочередно предоставляемая шина.

(Time Division Multiplexing — TDM) Используется шина с очень высокой пропускной способностью, поочередно предоставляемая каждому порту коммутатора.

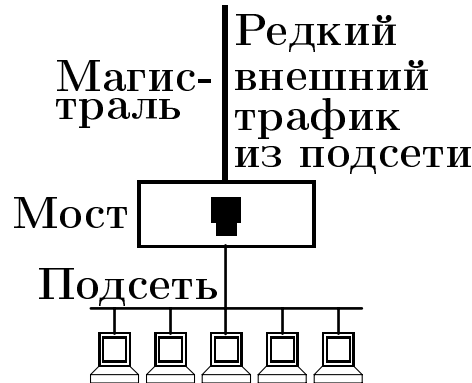
Шина со статистическим временным уплотнением.

(Statistical Time Division Multiplexing — STDM)

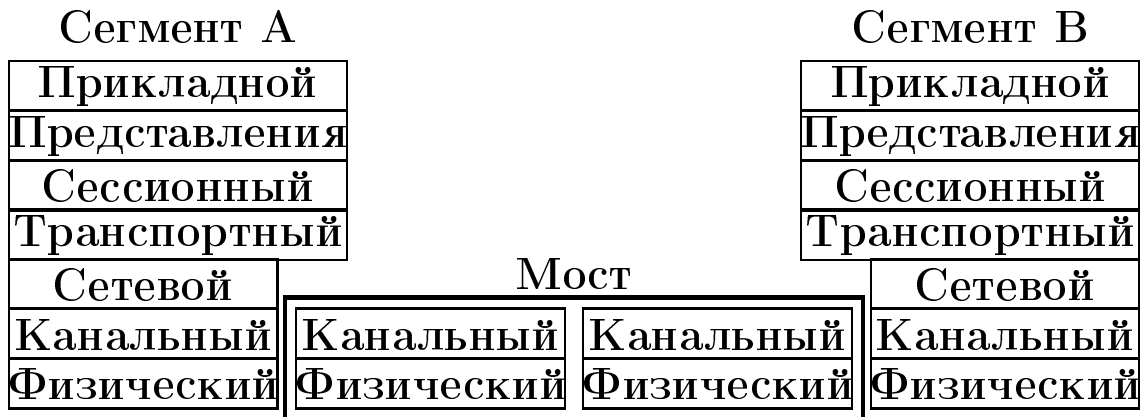
Шина предоставляется только тем портам, которые имеют пакет для передачи.

7.4. Мосты

Мост (бридж — bridge) — соединяет отдельные подсети (сегменты) в единую сеть. Действует на МАС-подуровне 2-го — канального уровня. Фильтрует (не передает) в магистраль кадры, предназначенные для станции из того же сегмента, и испорченные кадры.



7.4.1. Мосты и модель OSI/ISO



В отдельных сегментах могут применяться различные канальные протоколы. В этом случае кадры либо конвертируются из формата в формат, либо инкапсулируются.

Самообучающиеся мосты строят таблицы с адресами станций, находящимися по разные стороны от него.

Имеются маршрутизирующие мосты (routing bridge), обладающие некоторыми возможностями маршрутизатора, например, фильтрацию пакетов на основе анализа полей протоколов выше 2-го уровня. Но такие устройства не собирают информацию о топологии сети и не могут выбирать оптимальный маршрут.

7.4.2. Типы мостов:

1. Прозрачные (transparent bridges)

Объединяют сети с идентичными протоколами физического и канального уровней.

2. Транслирующие (translating bridges)

Объединяют сети с различными протоколами физического и канального уровней.

3. Инкапсулирующие (encapsulating bridges)

Объединяют сети с одинаковыми протоколами физического и канального уровней через сеть с иными протоколами.

Например, 2 Ethernet-сети через FDDI-магистраль.

4. С маршрутизацией от источника (source routing bridges)

Информация о маршруте хранится в передаваемом кадре.

Мост извлекает эту информацию и переправляет кадр.

Сегмент А		Сегмент В	
Прикладной		Прикладной	
Представления		Представления	
Сессионный		Сессионный	
Транспорт- ный	Маршрутизатор		Транспорт- ный
Сетевой	Сетевой	Сетевой	Сетевой
Канальный	Канальный	Канальный	Канальный
Физический	Физический	Физический	Физический

Маршрутизатор (роутер — router) служит для объединения сетей. Действует на 3-м — сетевом уровне. Используется, как правило, для объединения разнородных, независимо администрируемых сетей. Учитывает специфику протоколов, используя маршрутную информацию сетевого уровня. Выбирает наилучший маршрут передачи пакета. Маршрутизаторы обмениваются информацией о топологии и состоянии сети. Маршрутизаторы прозрачны для протоколов физического уровня. При использовании протоколов, не содержащих информации сетевого уровня, должны применяться методы установления моста. Поэтому большинство маршрутизаторов реализует функции моста и называются bridge/router (brouter) — мост/маршрутизатор.

7.6. Шлюзы

Шлюз (gateway) — программно-аппаратный комплекс, соединяющий разнородные сети или сетевые устройства. Позволяет решать проблемы различия протоколов и/или систем адресации. Действует на 5, 6 и 7-м уровнях модели OSI — сеансовом, представления и прикладном.