

# КОМПЬЮТЕРНЫЕ СЕТИ

САВЧЕНКО Алина Станиславовна

к.т.н., доцент каф. компьютерных информационных  
технологий

# Общие принципы построения компьютерных сетей

Эталонная модель функционирования

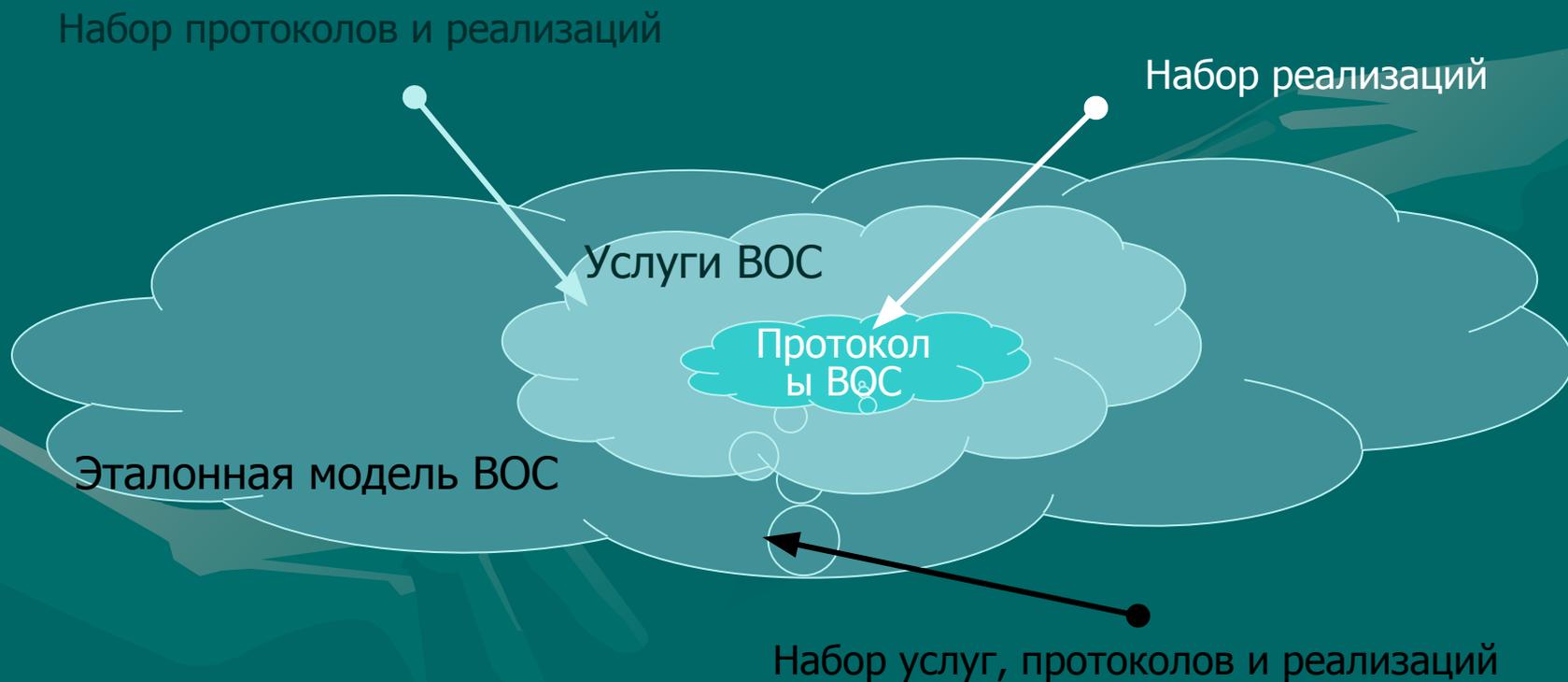
# Конвергенция компьютерных и телекоммуникационных сетей

## Виды информации

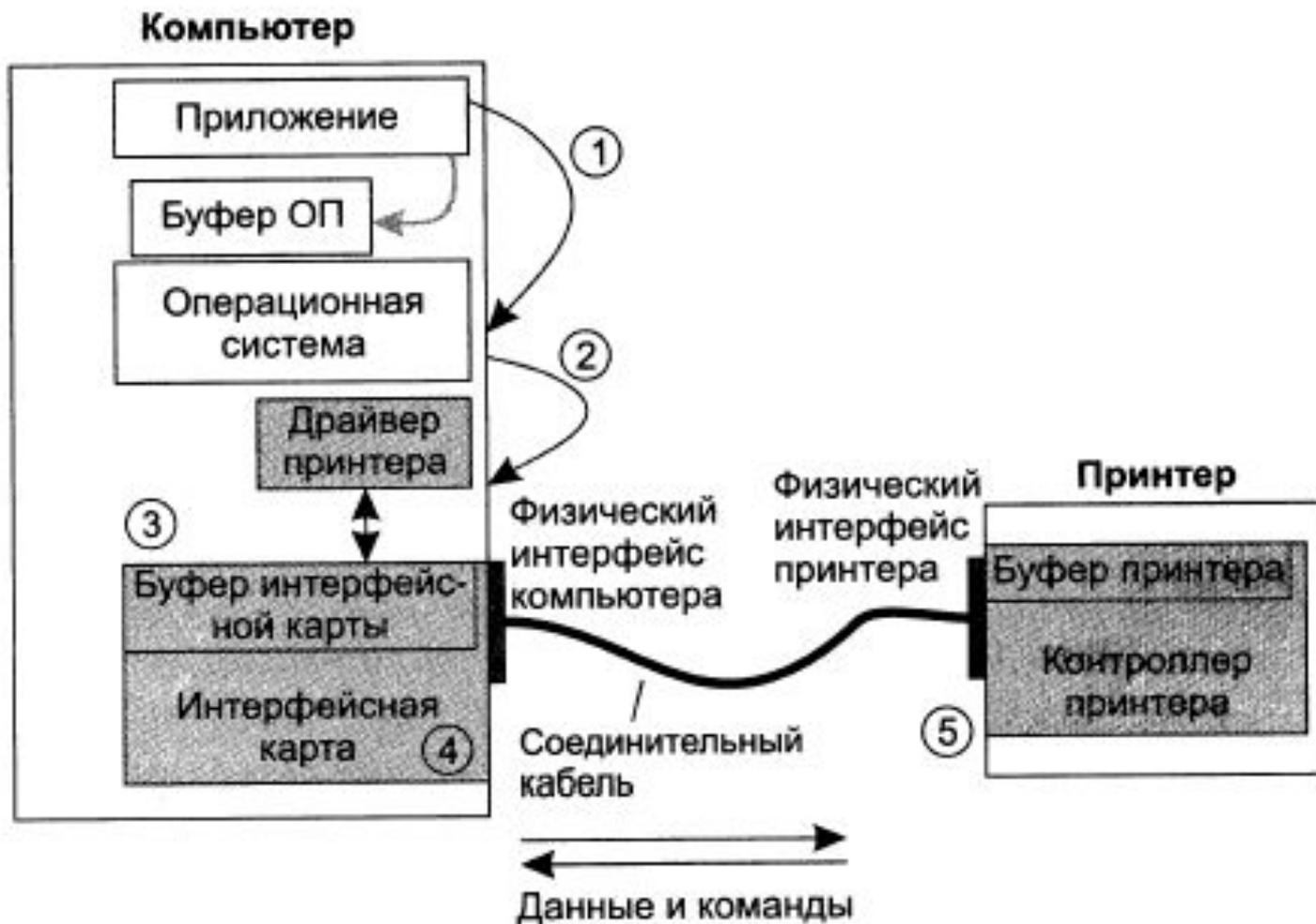
- Данные представленные в цифровом (двоичном) коде (файлы, программы и т.п.)
- Текст
- Графика
- Статическое изображение
- Речь
- Аудио
- Видео
- Измерительная информация и др.

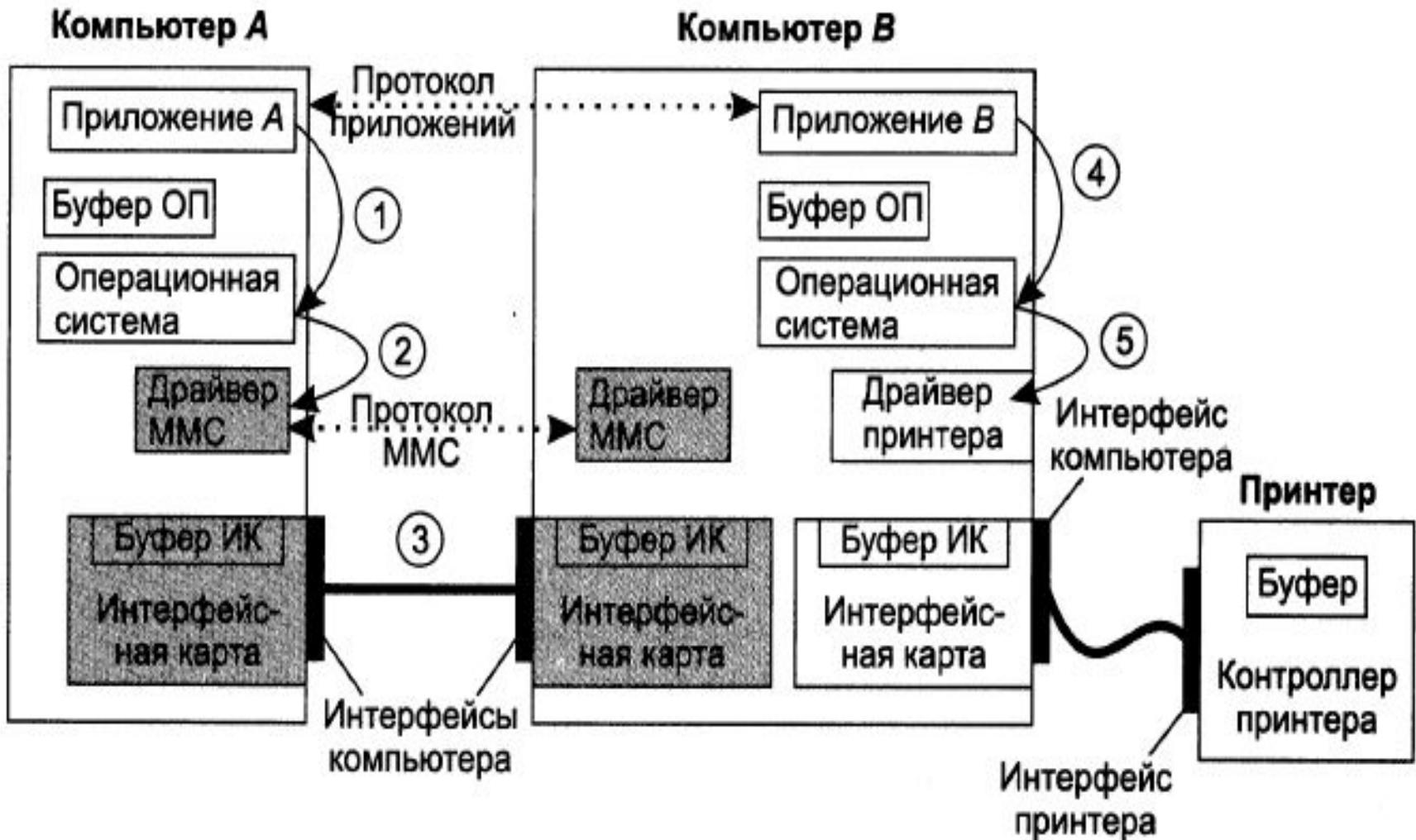
# Эталонная модель (ЭМ) взаимодействия открытых систем (ВОС) Международной организации по стандартизации (МОС)

## ВОС МОС (OSI ISO)



# Связь компьютера и периферийного устройства





**Рис. 1.7.** Совместное использование принтера в компьютерной сети

# Многоуровневый подход

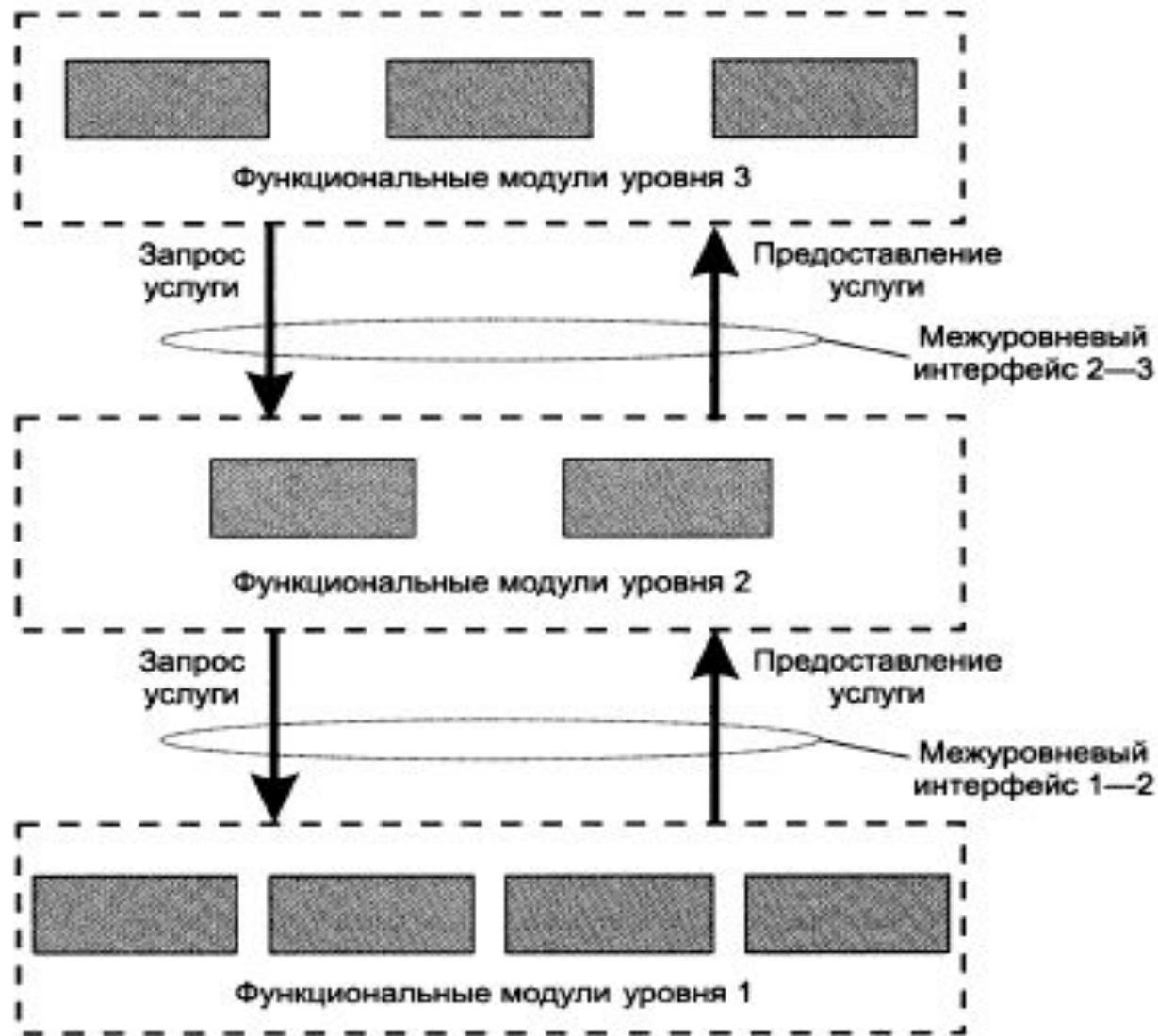
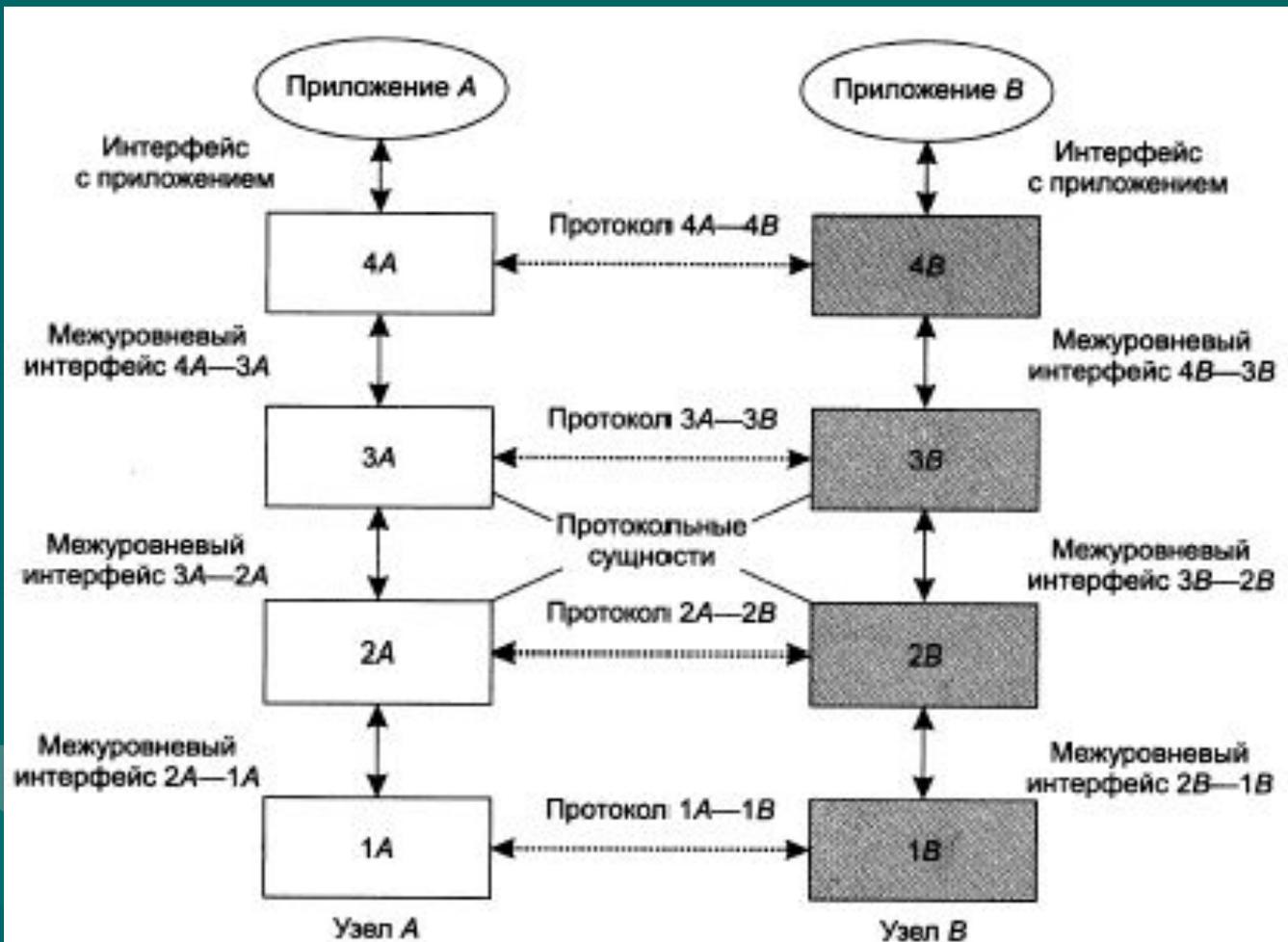


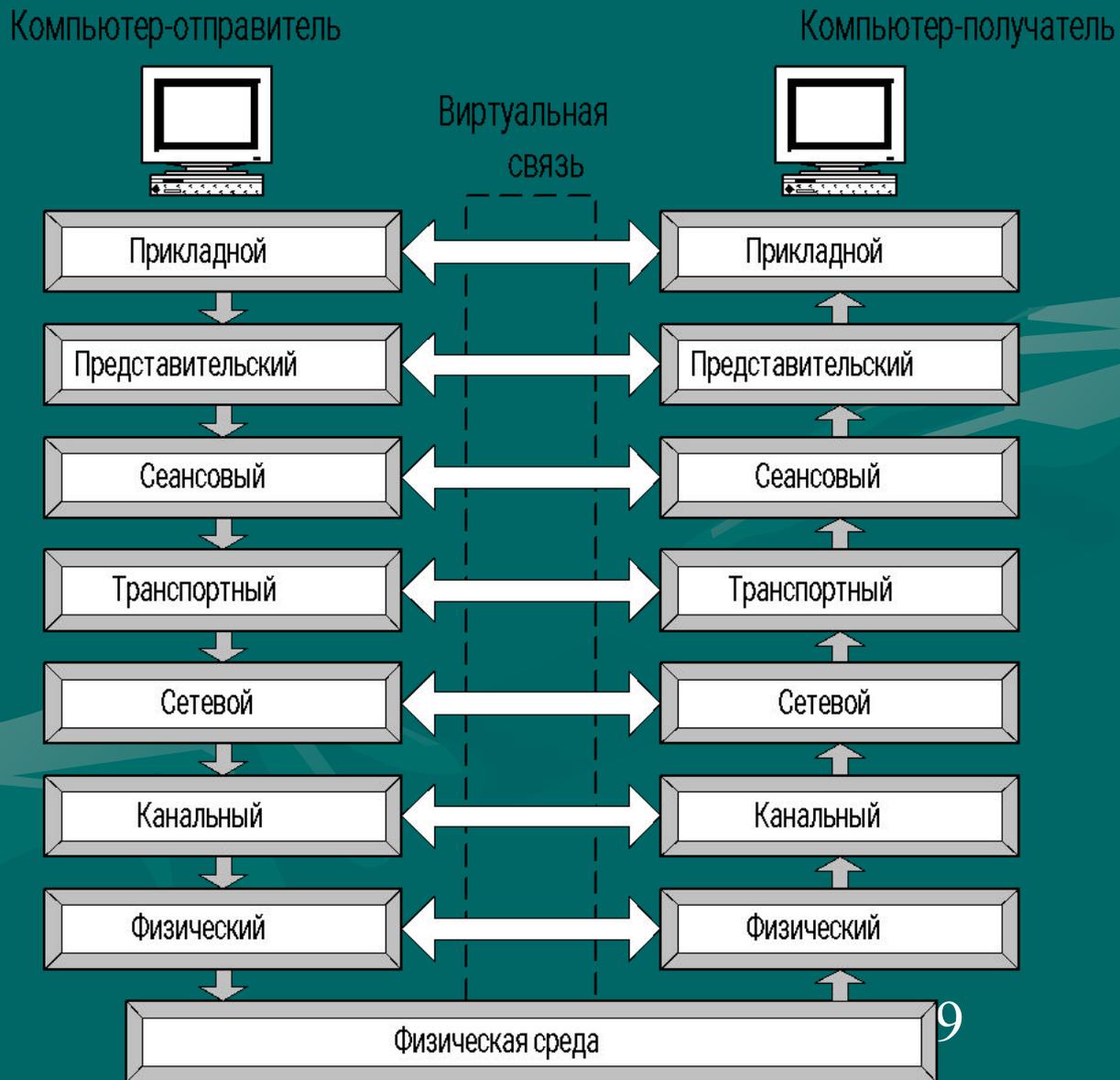
Рис. 1.42. Многоуровневый подход — создание иерархии задач

# Взаимодействие двух узлов



**Рис. 1.43.** Протоколы и интерфейсы многоуровневых средств взаимодействия двух узлов

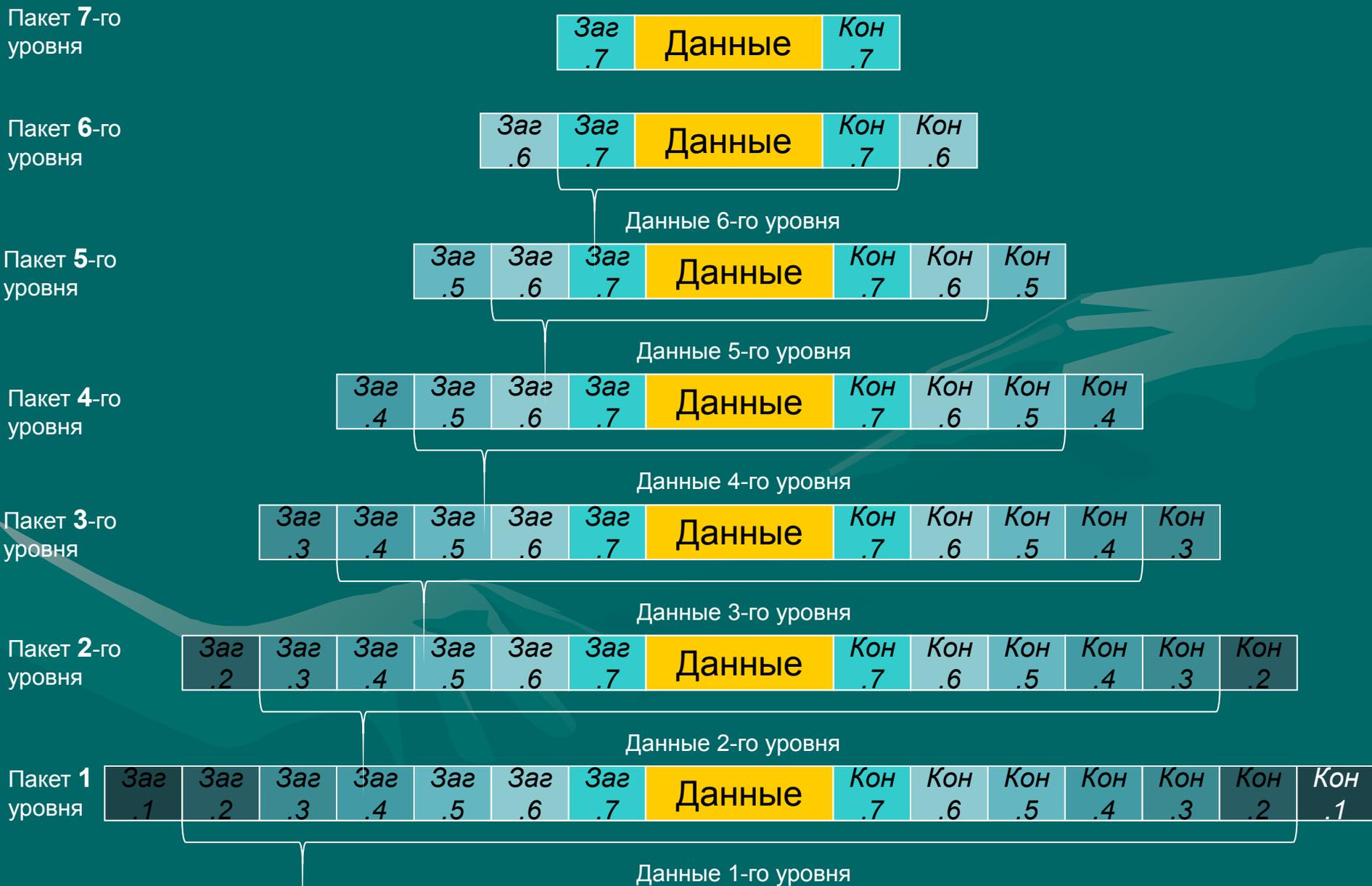
# Схема взаимодействия компьютеров в модели OSI



# Схема модели OSI

7	Уровень приложений	→	Связь процессов приложений с сетевыми процессами
6	Уровень представления данных	→	Представление данных
5	Сеансовый уровень	→	Связь между узлами
4	Транспортный уровень	→	Сквозные соединения
3	Сетевой уровень	→	Адреса и выбор оптимального пути
2	Канальный уровень	→	Доступ к среде
1	Физический уровень	→	Передача битов

# Формирование пакета





# Функции уровней

## 7. Прикладной

представляет набор интерфейсов, позволяющий получить доступ сетевым службам

## 6. Представления

преобразует данные в общий формат для передачи по сети

## 5. Сеансовый

поддержка взаимодействия (сеанса) между удаленными процессами

## 4. Транспортный

управляет передачей данных по сети, обеспечивает подтверждение передачи

## 3. Сетевой

маршрутизация, управление потоками данных, адресация сообщений для доставки, преобразование логические сетевые адреса и имена в соответствующие им физические

## 2. Канальный

### 2.1. Контроль логической связи (LLC):

формирование кадров

### 2.2. Контроль доступа к среде (MAC):

управление доступом к среде

## 1. Физический:

битовые протоколы передачи информации

# Эталонная модель TCP/IP



# Соответствие стеков протоколов модели OSI

Модель OSI	IBM/Microsoft	TCP/IP	Novell	Стек OSI
Прикладной	SMB	Telnet, FTP, SNMP, SMTP, WWW	NCP, SAP	X.400, X.500, FTAM
Представления				Протокол уровня представления OSI
Сеансовый				Сеансовый протокол OSI
Транспортный	NetBIOS	TCP	SPX	Транспортный протокол OSI
Сетевой				IP, RIP, OSPF
Канальный	802.3 (Ethernet), 802.5 (Token Ring), FDDI, ATM, PPP			
Физический	Коаксиал, экранированная и неэкранированная витая пара, оптоволокно, радиоволны			

# Топологии компьютерных сетей

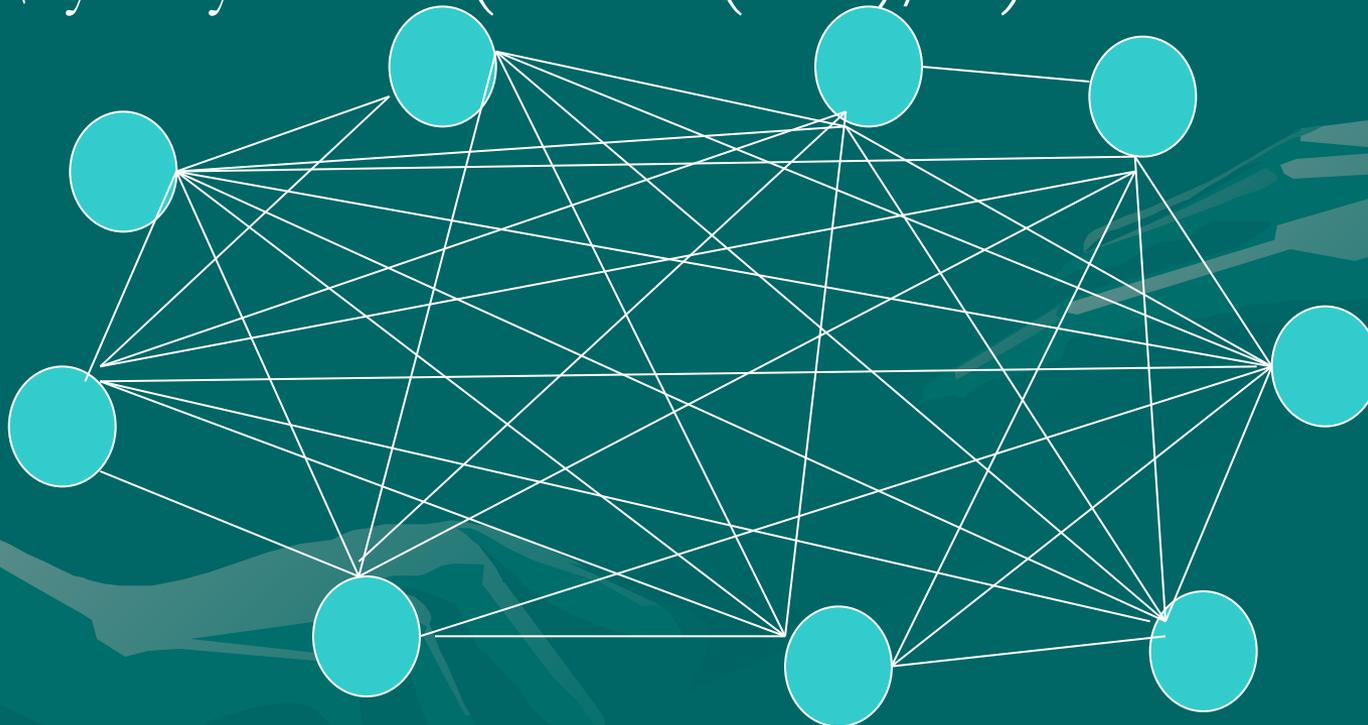
- **Узел сети** представляет собой компьютер, либо коммутирующее устройство сети.
- **Ветвь сети** - это путь, соединяющий два смежных узла.

## Узлы бывают трёх типов:

- **оконечный** узел - расположен в конце только одной ветви;
- **промежуточный** узел - расположен на концах более чем одной ветви;
- **смежный** узел - такие узлы соединены по крайней мере одним путём, не содержащим никаких других узлов.

# Полносвязная топология

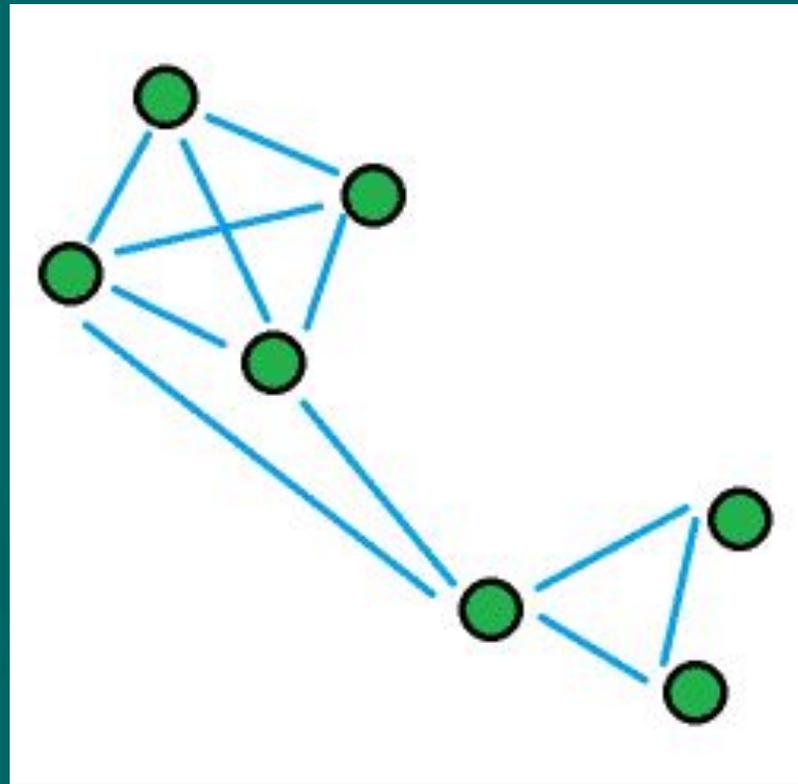
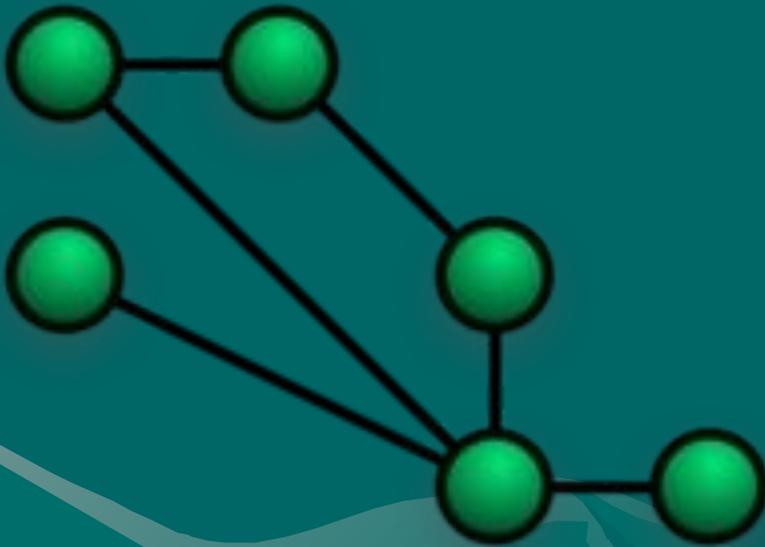
Сеть, в которой имеется ветвь между любыми двумя узлами. ( $K = N * (N - 1) / 2$ )



$K$  – количество линий связи между узлами  $N$

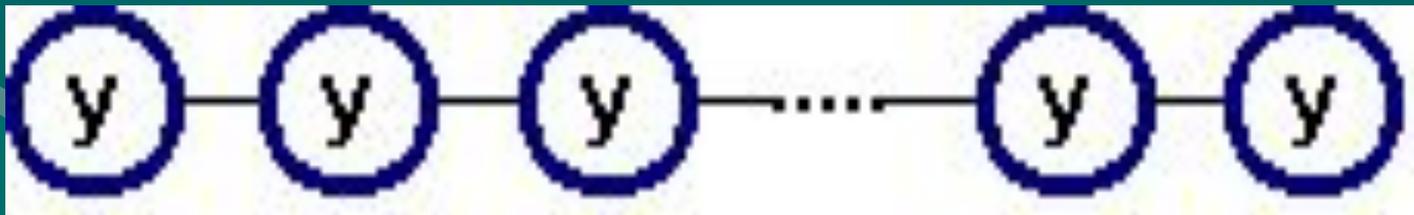
# Ячеистая (mesh) топология

Получается путем исключения связей из  
полносвязной топологии



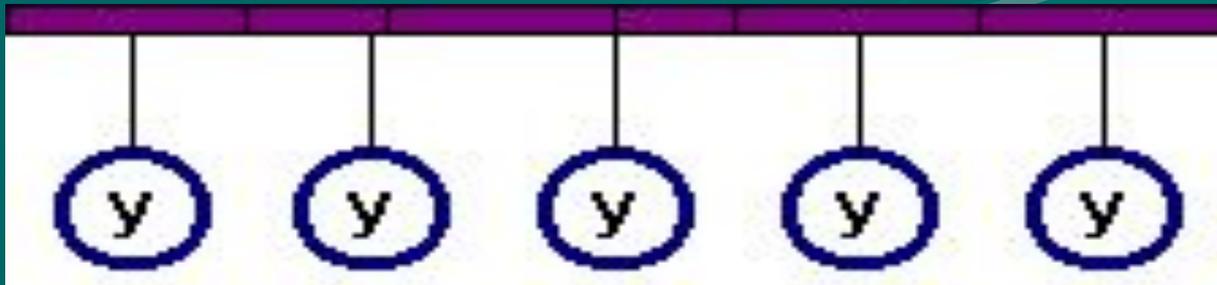
# Линейная сеть

- Содержит только два конечных узла, любое число промежуточных узлов и имеет только один путь между любыми двумя узлами.



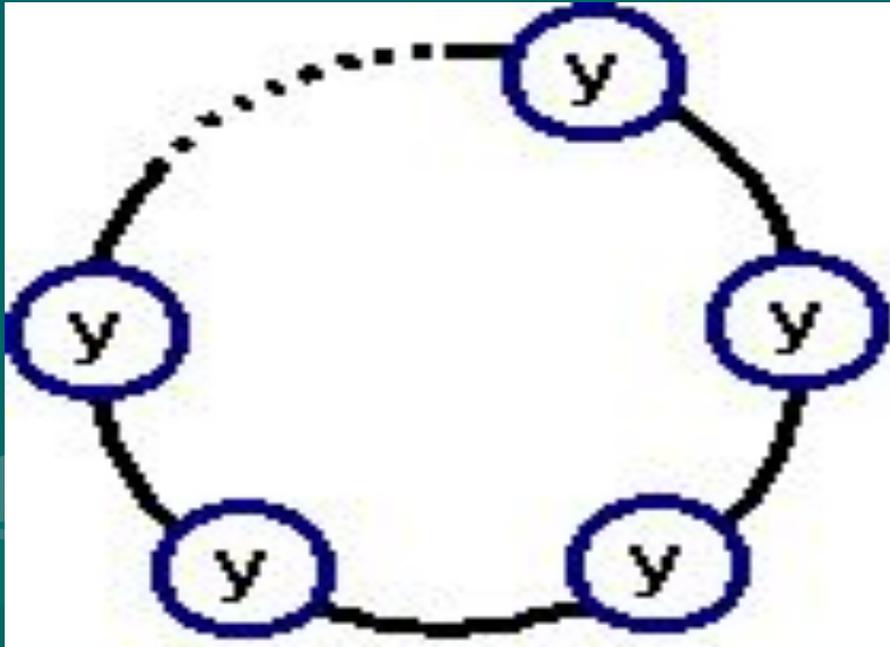
# Общая шина

- В этом случае подключение и обмен данными производится через общий канал связи, называемый общей шиной.



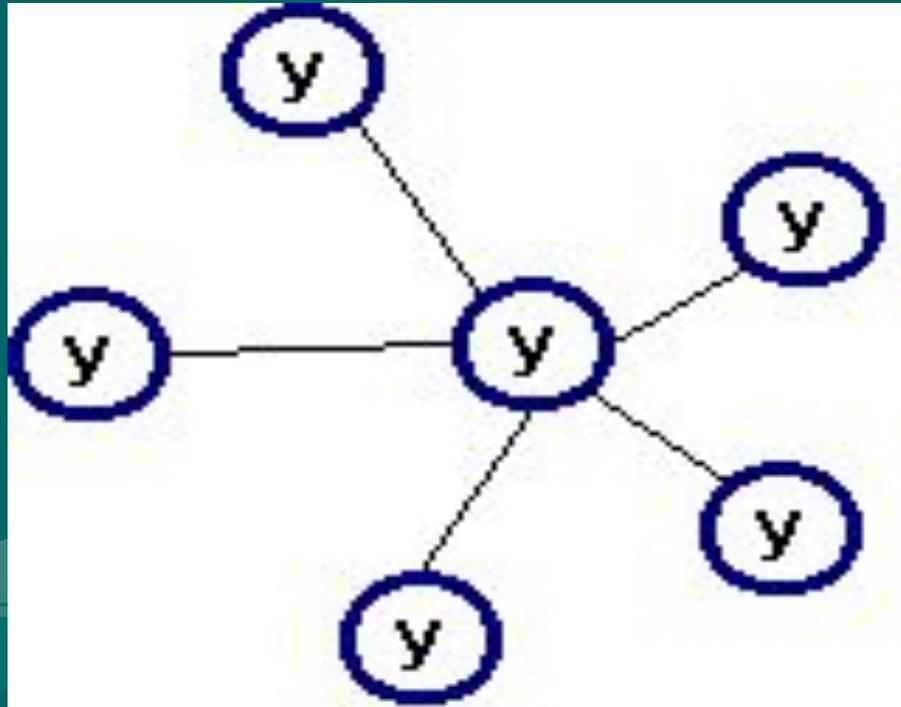
# Кольцевая топология

- Сеть, в которой к каждому узлу присоединены две и только две ветви



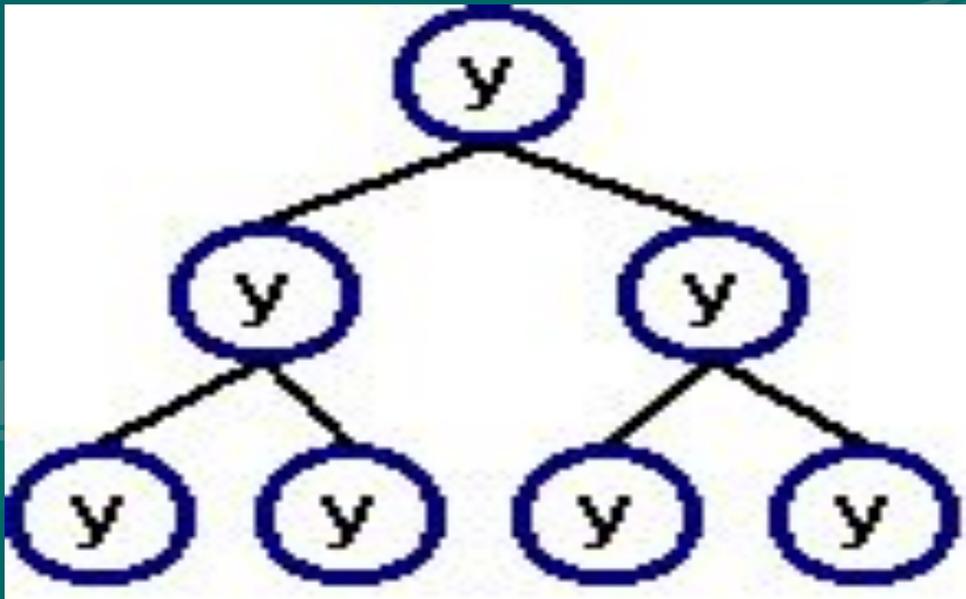
# Звездообразная топология

- Сеть, в которой имеется только один промежуточный узел.

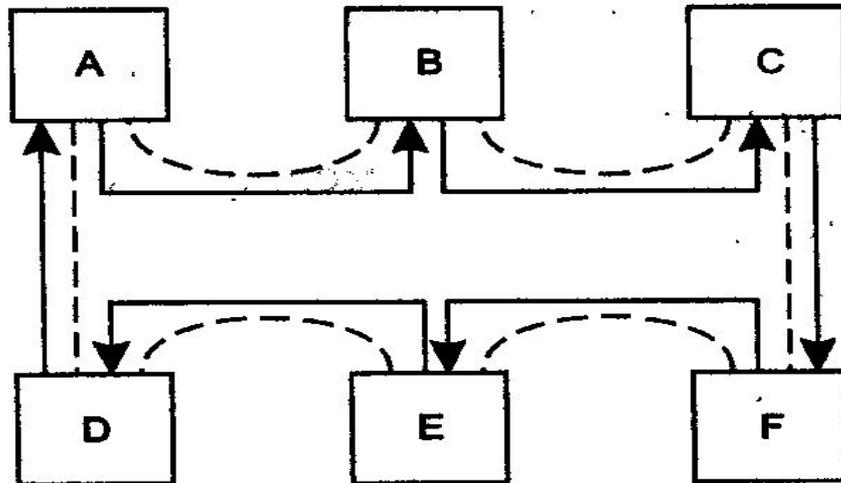


# Древоподобная ТОПОЛОГИЯ

- Сеть, которая содержит более двух оконечных узлов и по крайней мере два промежуточных узла, и в которой между двумя узлами имеется только один путь.



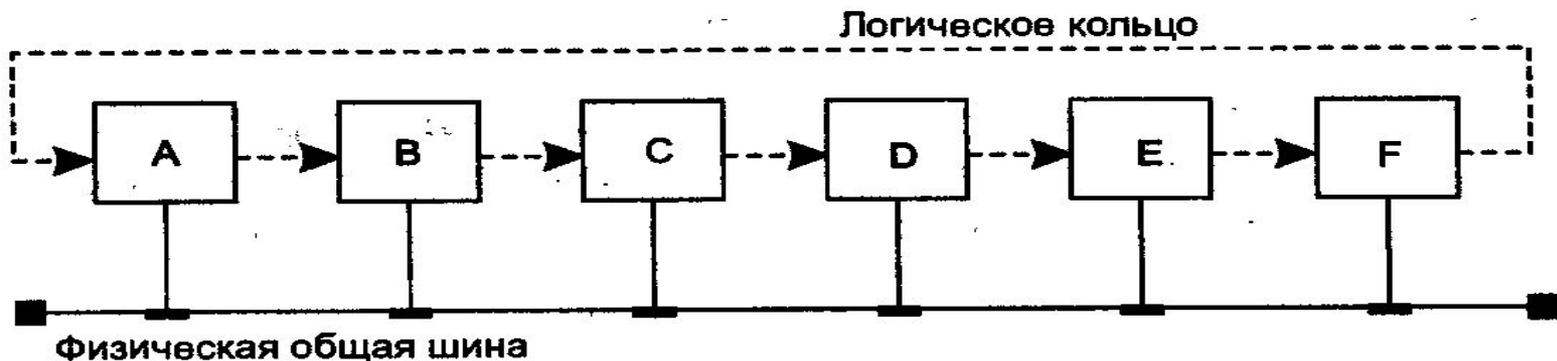
# Логическая и физическая ТОПОЛОГИЯ СЕТИ



— Физическое кольцо

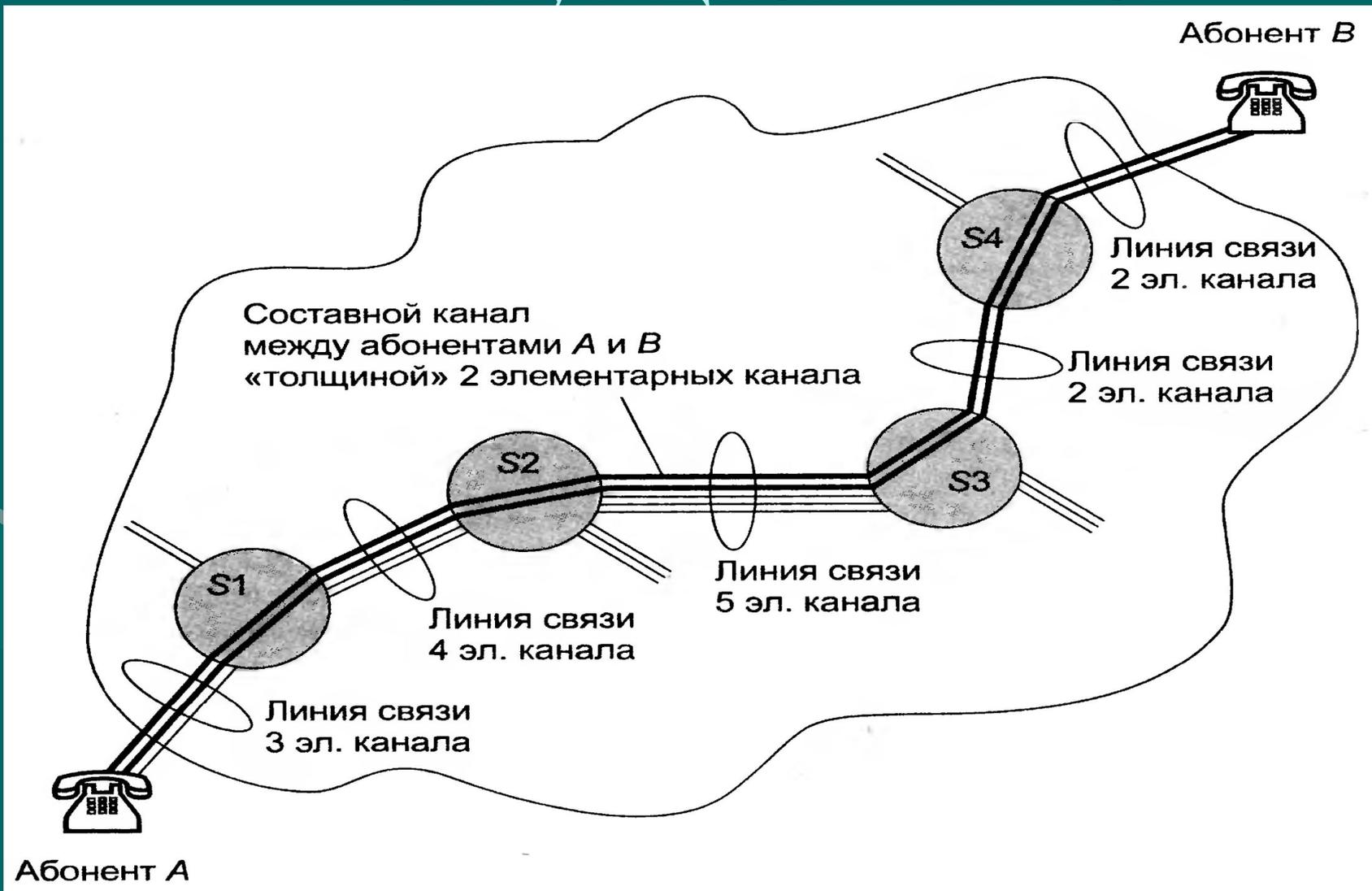
- - - Логическое кольцо

а



б

# Составной канал в сети с КОММУТАЦИЕЙ КАНАЛОВ



# ВИДЫ КОММУТАЦИИ

Существует три вида коммутации:

- **каналов** - необходимо устанавливать сквозной путь от одного абонента до другого до того, как будут посланы данные (телефонные сети);
- **сообщений** - физический путь между абонентами заранее не устанавливается. Используется передача с промежуточным хранением, т.е. данные полностью сохраняются на каждой коммутационной станции по пути следования (телеграф);
- **пакетов** – в общем случае физический путь между абонентами не устанавливается. Сообщение разбивается на пакеты и может передаваться различными путями к получателю.

# Коммуникационное оборудование и ЛИНИИ СВЯЗИ

# ЛИНИИ СВЯЗИ

- Кабельные



Витая пара

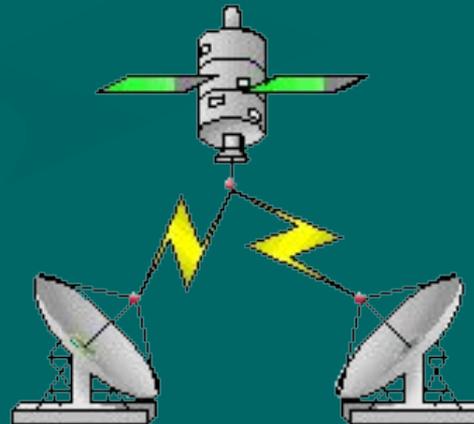
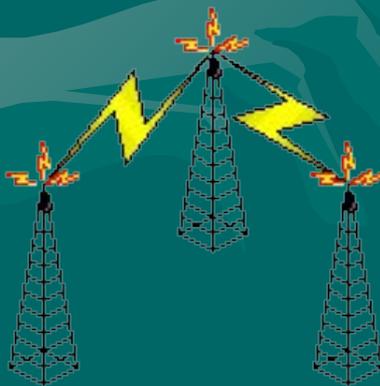


Коаксиал



Оптоволокно

- Беспроводные: радиоволны, СВЧ, инфракрасные, лазерные



# Представление информации

- Кодирование (прямоугольные импульсы)
- Модуляция (синусоидальные волны):
  - Амплитудная
  - Фазовая
  - Частотная

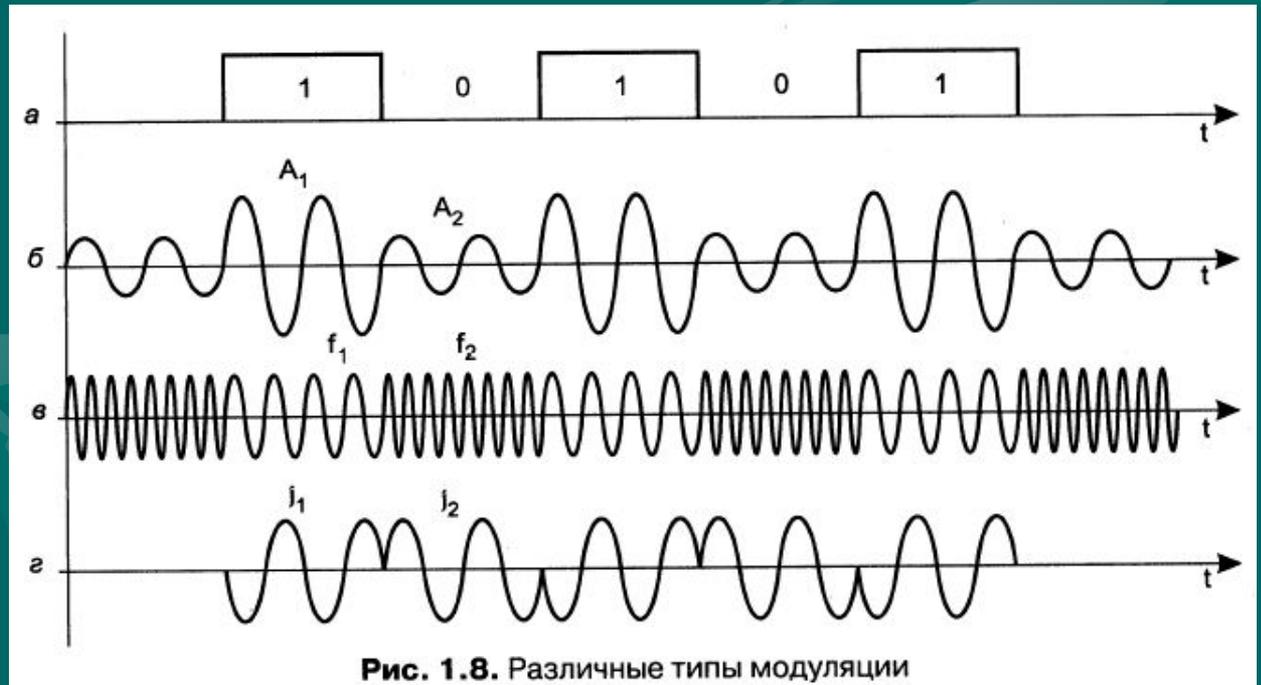
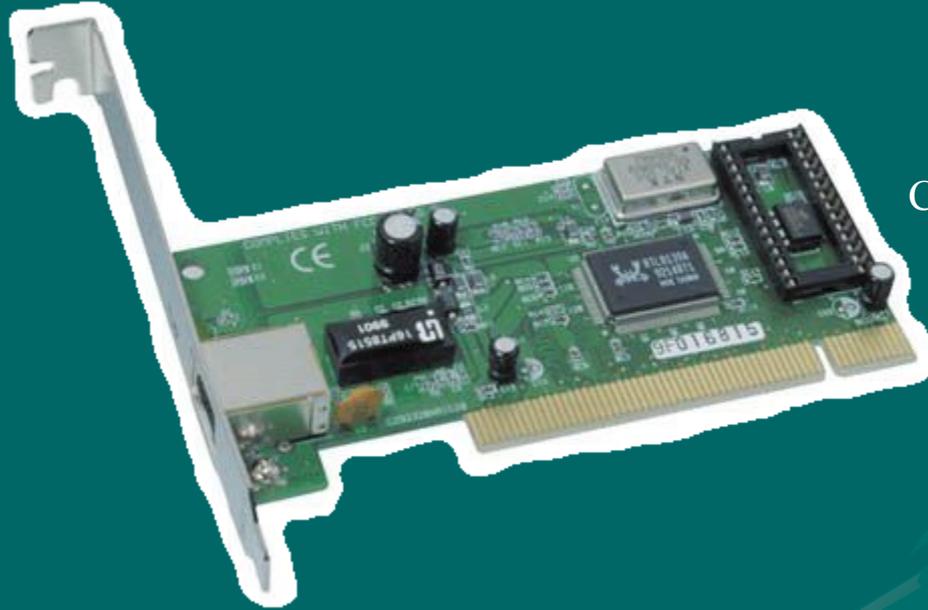


Рис. 1.8. Различные типы модуляции

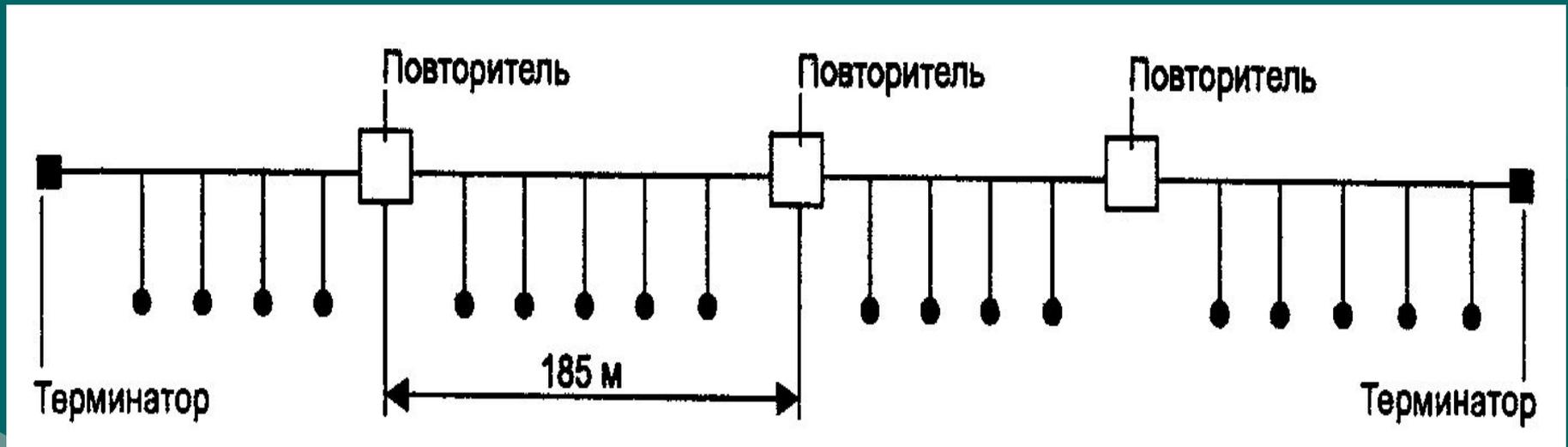
# Сетевая карта



Comrex RE100TX PCI 10/100

*Сетевая карта* воспринимает команды и данные от сетевой операционной системы, преобразует эту информацию в один из стандартных форматов и передает ее в сеть через подключенный к карте кабель. Каждая карта имеет уникальный номер.

# Повторитель

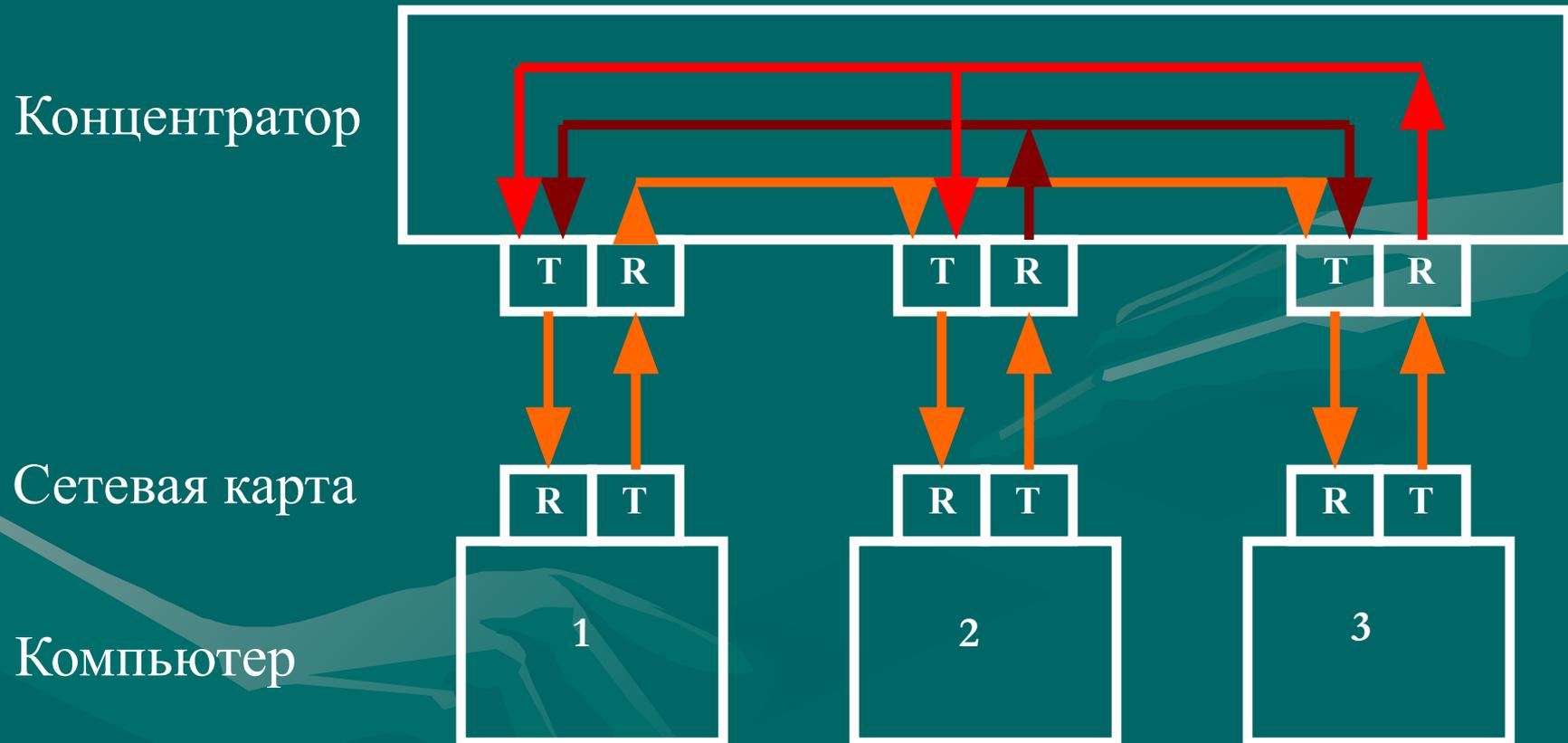


# Концентратор



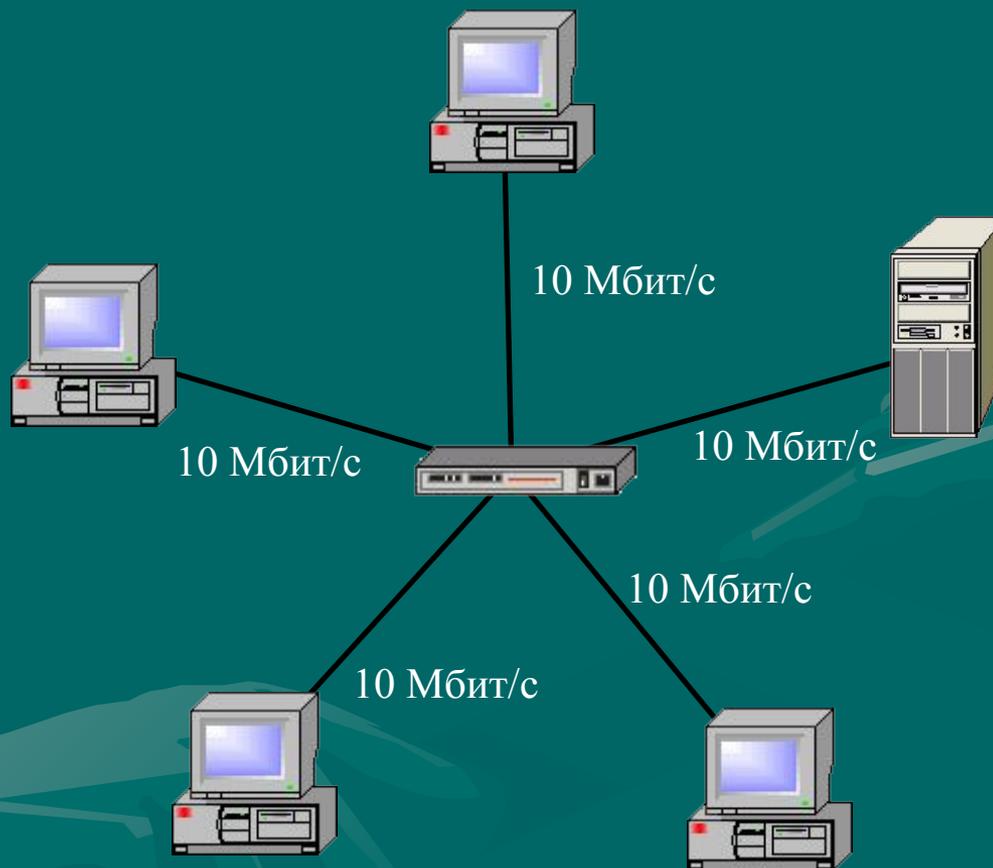
Концентратор повторяет сигналы, пришедшие с одного из своих портов на других портах.

# Принцип работы концентратора (Ethernet) с тремя портами



Обозначение: Т-передатчик; R-приемник

# Пример сети на концентраторе



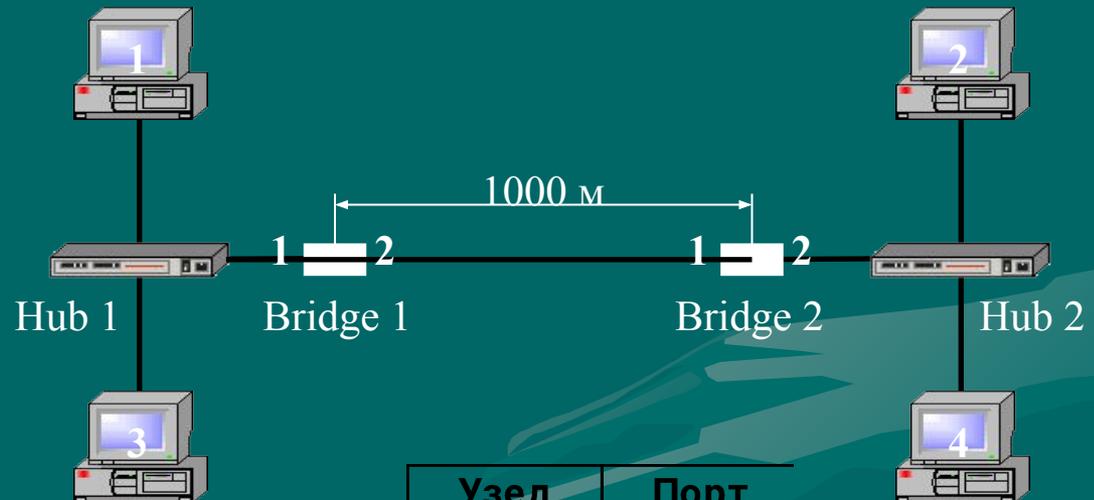
Технология: Ethernet 10 Мбит/с

Среда передачи: Витая пара

# Мост



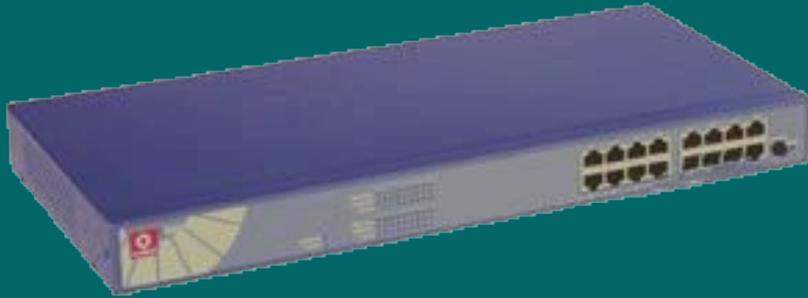
TinyBridge



Узел	Порт
1	1
2	2
3	1
4	2

**Мост** делит физическую среду передачи сети на части, передавая информацию из одного сегмента в другой только в том случае, если адрес компьютера назначения принадлежит другой подсети.

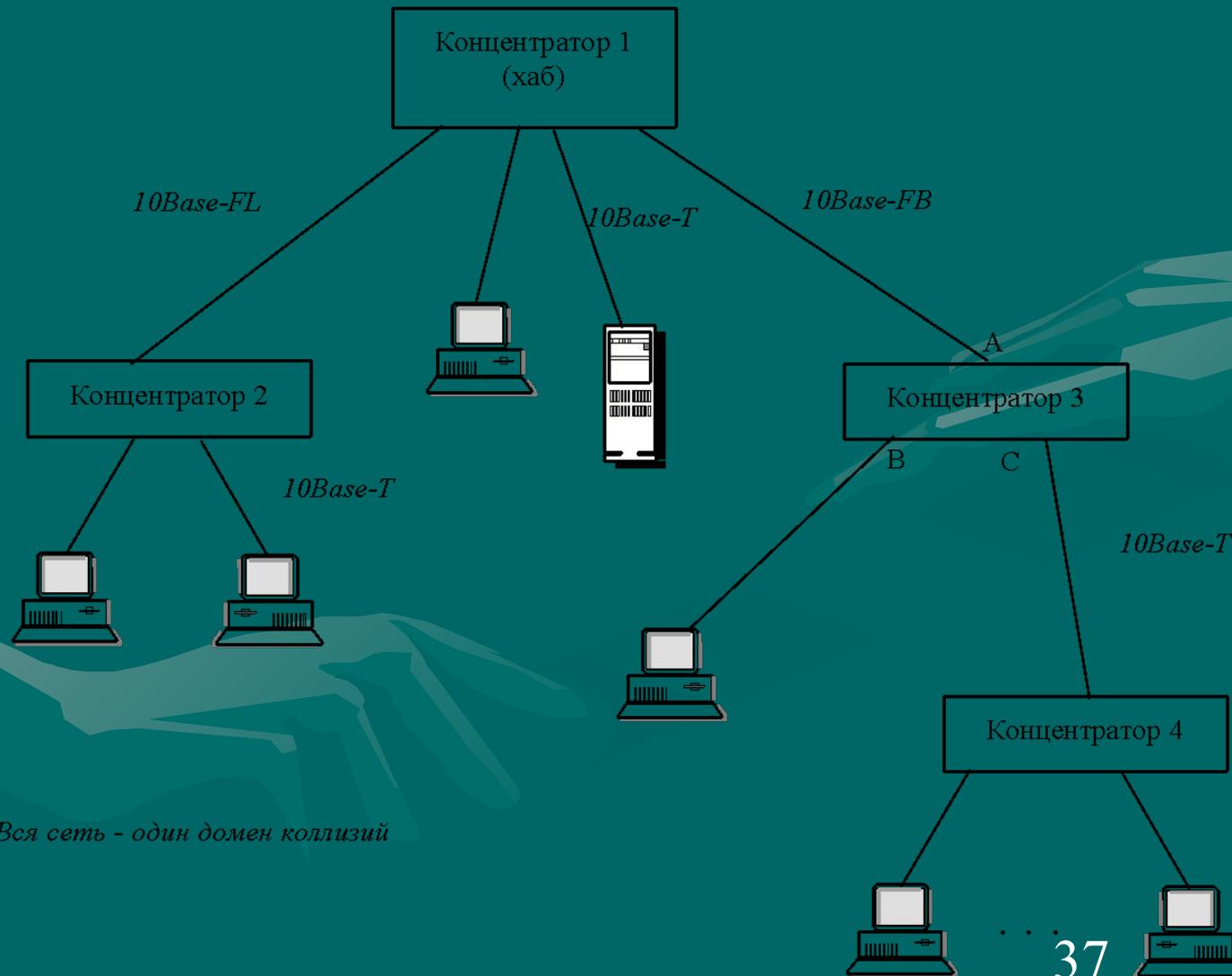
# Коммутатор



COMPEX SRX1216 Dual Speed Switch  
16 port 10/100 MBit/S (16UTP) RM

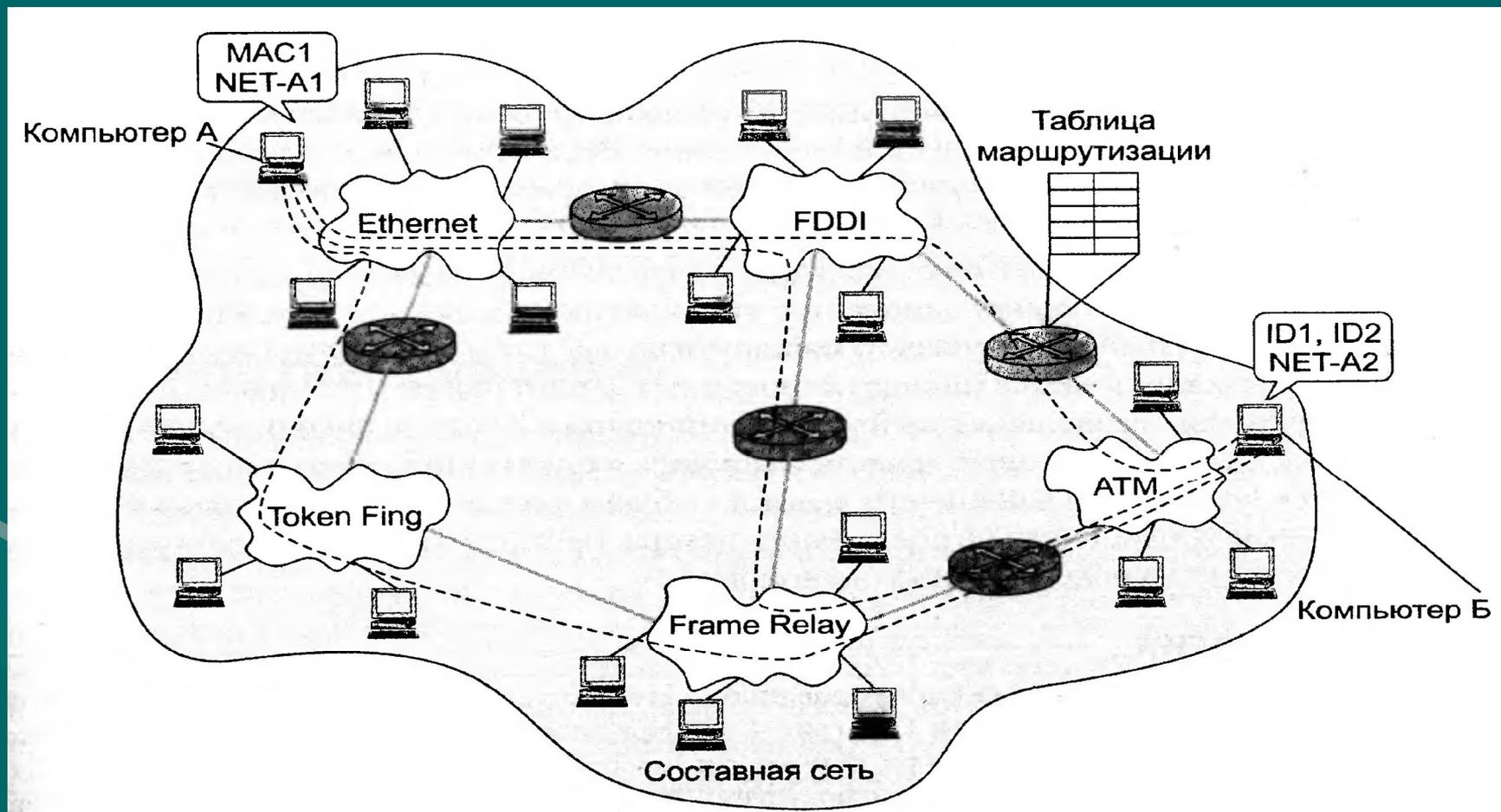
**Коммутатор** по назначению не отличается от моста, но обладает более высокой производительностью так, как мост в каждый момент времени может осуществлять передачу кадров только между одной парой портов, а коммутатор одновременно поддерживает потоки данных между всеми своими портами.

# Иерархическое соединение концентраторов Ethernet



*Вся сеть - один домен коллизий*

# Пример составной сети



# Маршрутизатор



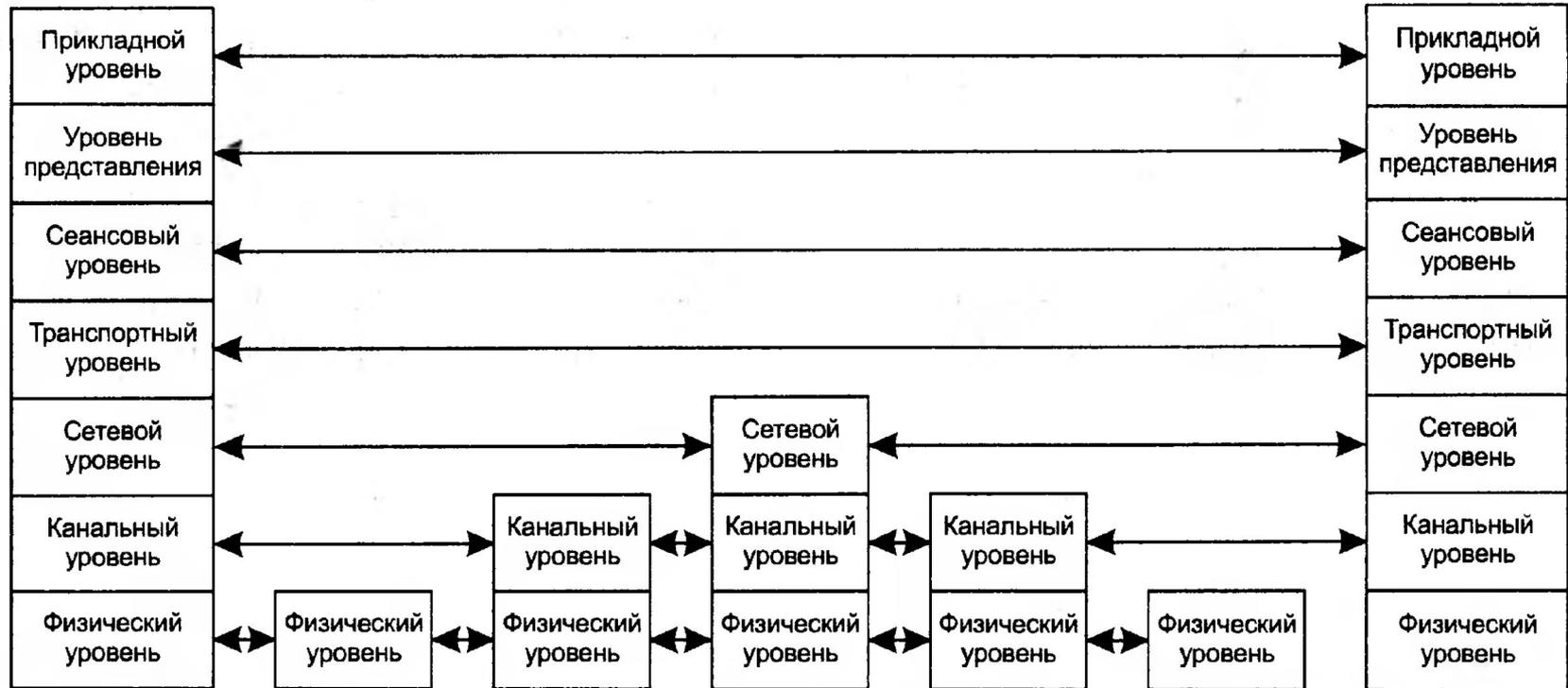
со встроенным коммутатором



для магистральных линий

**Маршрутизатор** использует адрес получателя, указанный в пакетах данных, и определяет по таблице маршрутизации путь, по которому следует передать данные.

# Соответствие функций различных устройств сети уровням модели OSI



Концентратор



Коммутатор



Маршрутизатор



Коммутатор



Концентратор



# Соединители

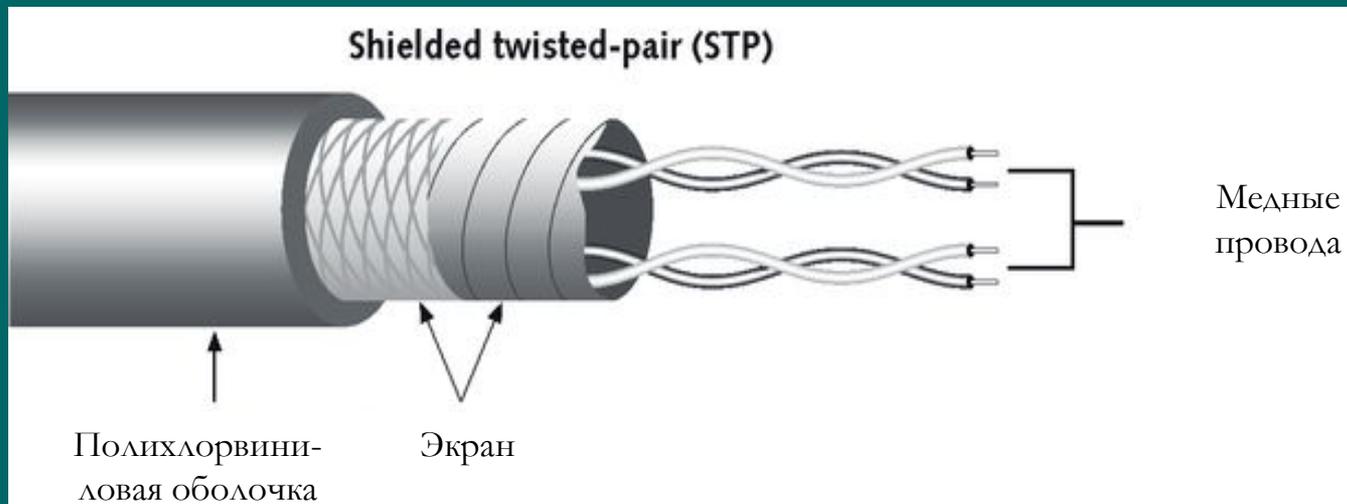
- Интерфейс RJ-45

- Интерфейс BNC

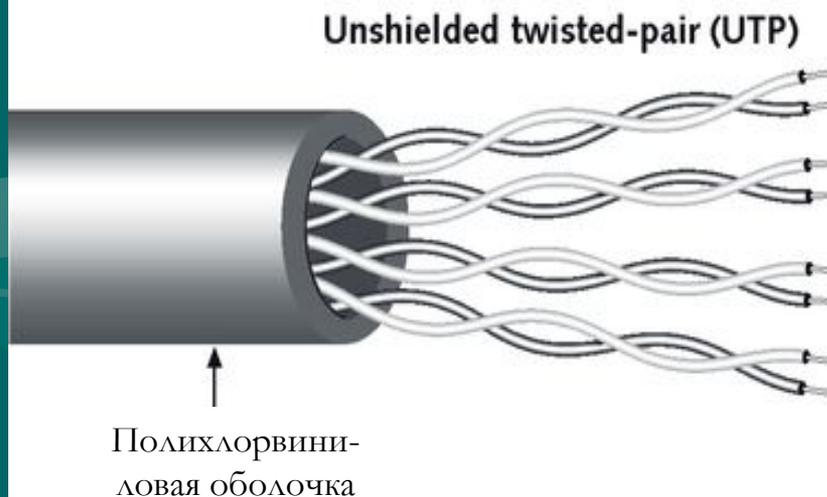


# Витая пара

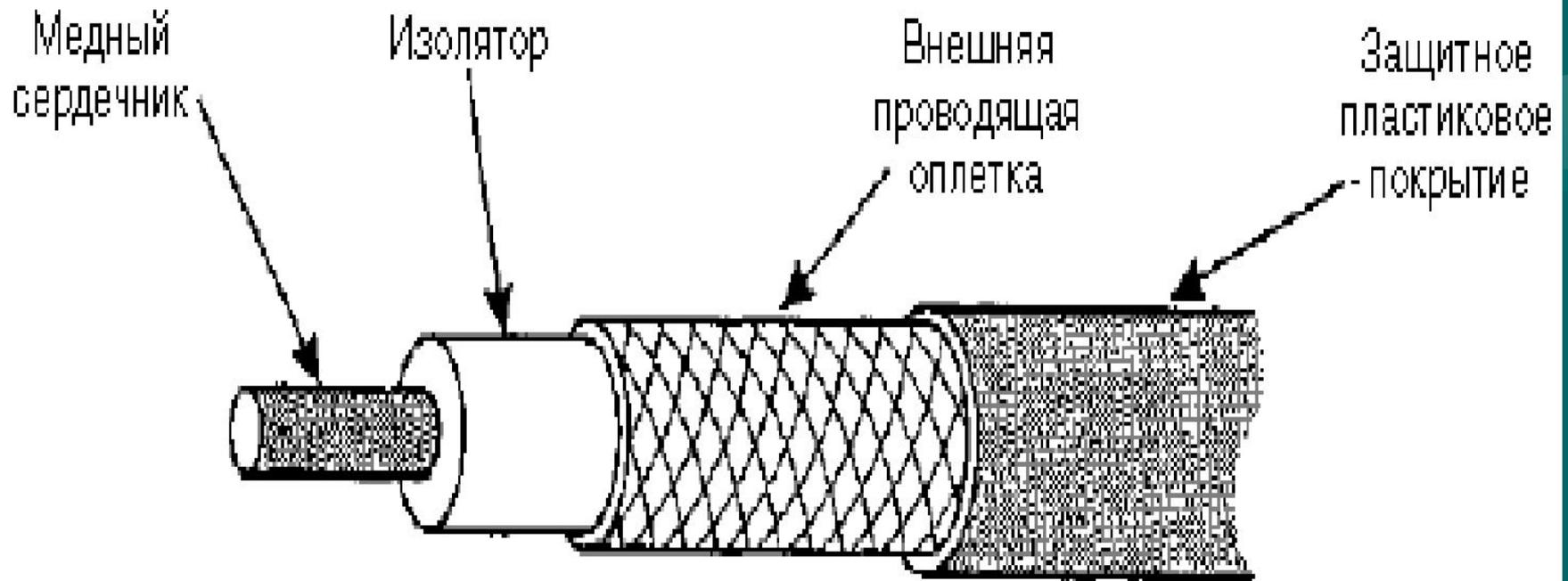
Экранированная  
STP Cable



Неэкранированная  
UTP Cable



# Коаксиальный кабель



# Волоконно-оптический кабель

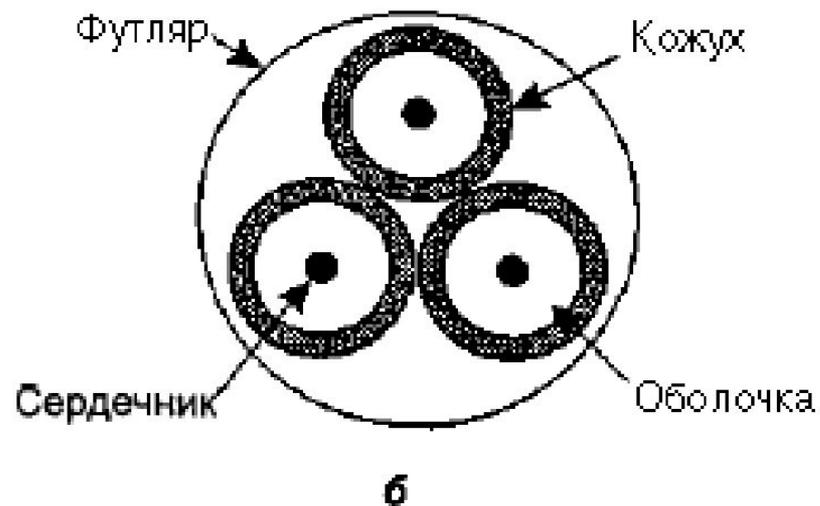
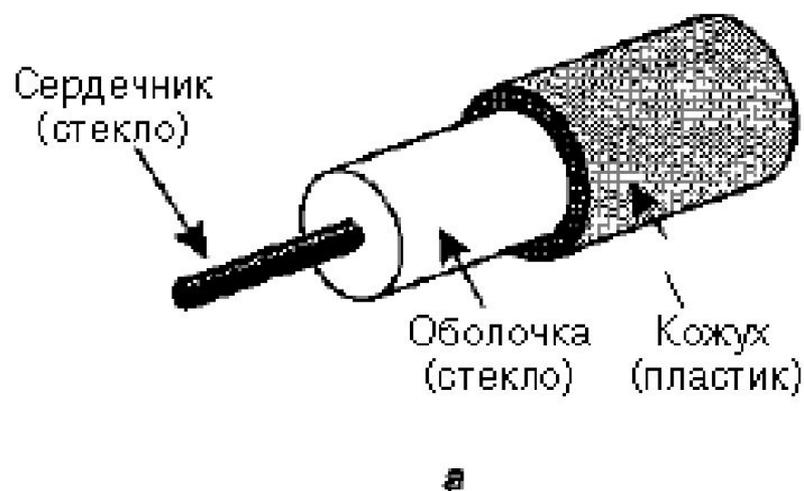
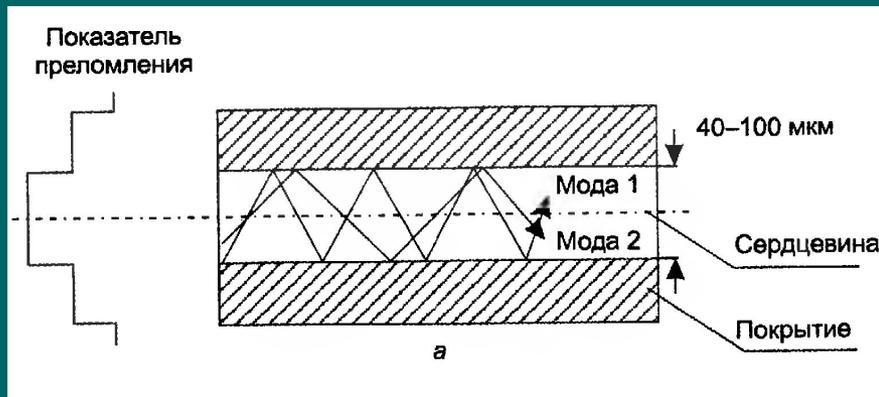


Рис. 2.6. Вид одиночного волокна сбоку (а); поперечное сечение трехжильного кабеля (б)

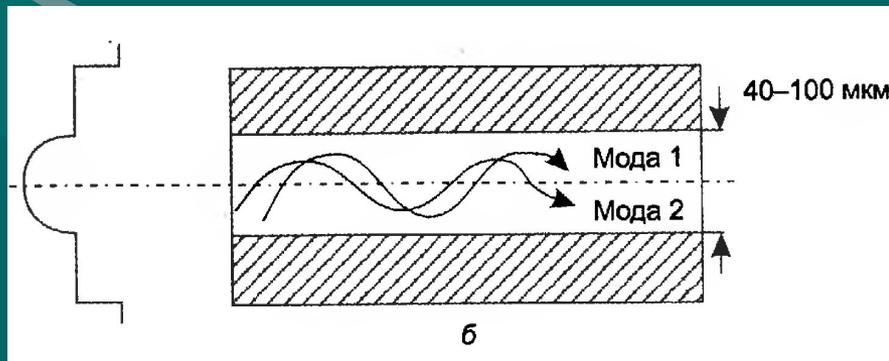
# ВИДЫ ВОЛОКОН

## МНОГОМОДОВЫЕ

Multi Mode Fiber, MMF



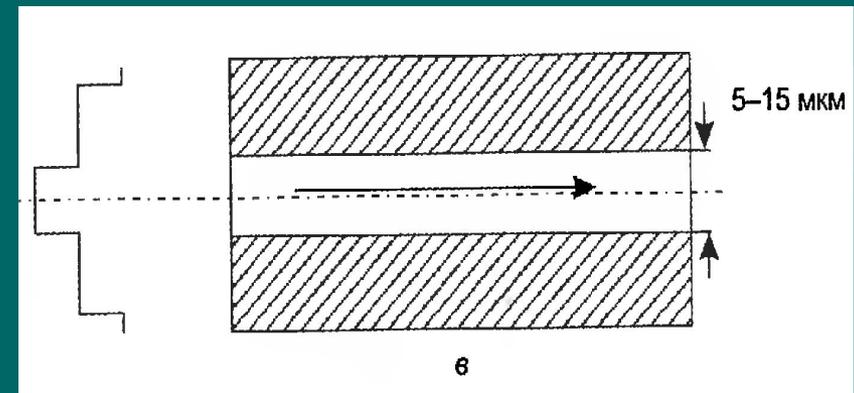
со ступенчатым изменением



с плавным изменением

## Одномодовое

Single Mode Fiber, SMF



# Характеристики светодиодов и полупроводниковых лазеров

Характеристика	Светодиод	Полупроводниковый лазер
Скорость передачи данных	Низкая	Высокая
Тип волокна	Многомодовые	Многомодовые или одномодовые
Расстояние	Короткое	Дальнее
Срок службы	Долгий	Короткий
Чувствительность к температуре	Невысокая	Значительная
Цена	Низкая	Высокая

# Сравнение медного кабеля и ОПТОВОЛОКНА

## Достоинства ОПТОВОЛОКНА:

- позволяет передавать сигнал на большее расстояние без промежуточного усиления (от 30 км и более для оптоволоконна и 5 км для меди);
- тоньше и легче: 1 км 1000 парника весит 8 000 кг оптоволоконная пара аналогичной пропускной способности и длины - 100 кг;
- трудно обнаружить, оно не излучает, а следовательно найти и повредить;
- инертно к электромагнитным воздействиям, радиации; ему не страшны нарушения питания, агрессивная химическая среда

# Сравнение медного кабеля и ОПТОВОЛОКНА

## Недостатки оптоволоконной технологии:

- работа с ним требует специальной подготовки инженеров, которая пока не столь распространена.
- сложнее монтировать, дорогостоящее оборудование для сваривания проводов.
- подключение к оптоволокну дороже пока, чем подключение к витой паре.

# Беспроводные технологии

- радиосвязь;
- СВЯЗЬ В МИКРОВОЛНОВОМ ДИАПАЗОНЕ;
- инфракрасная связь.

# Физический и канальный уровень

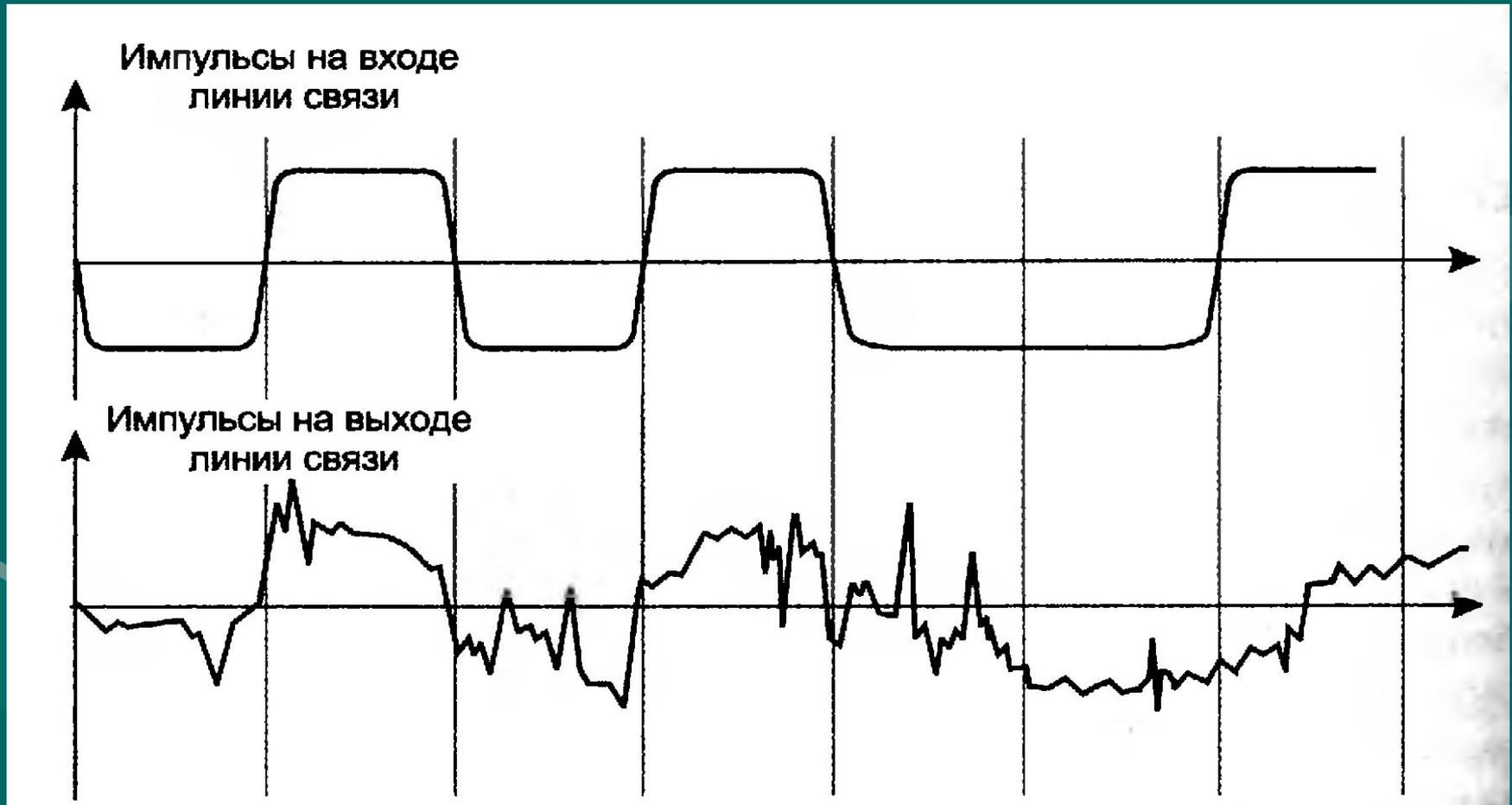
Теоретические основы передачи данных

Кодирование и мультиплексирование

# Основы передачи данных

- Все виды информации могут быть представлены в виде электромагнитных сигналов (ЭМС) аналоговых или цифровых
- Любой ЭМС имеет спектр сигналов разной частоты (ширина частотной полосы гармоник)
- Основная проблема - ухудшение сигнала при передаче (потеря энергии, искажение формы, шумы)
- Основные факторы СПД - полоса пропускания, скорость передачи для цифровых данных, уровень шума, уровень ошибок при передаче

# Искажение импульсов в линии



# Виды сигналов

Сигналы - *аналоговые* и *цифровые*

- аналоговые данные – аналоговый сигнал (соответствие спектров частот)
- цифровые данные – аналоговый сигнал (модем)
- аналоговые данные – цифровой сигнал (оцифровка)
- цифровые данные – цифровой сигнал (количество уровней сигнала)

# Цифровые данные – аналоговый сигнал

- Телефонные сети были созданы для передачи и коммутации аналоговых сигналов в голосовом диапазоне частот от 300 до 3400 Гц.
- **Модем** (МОдулятор–ДЕМОдулятор) преобразует цифровой сигнал в аналоговый в надлежащем диапазоне частот и наоборот.
- Три основных метода модуляции для преобразования цифровых данных в аналоговую форму:
  - амплитудная модуляция
  - частотная модуляция
  - фазовая модуляция.

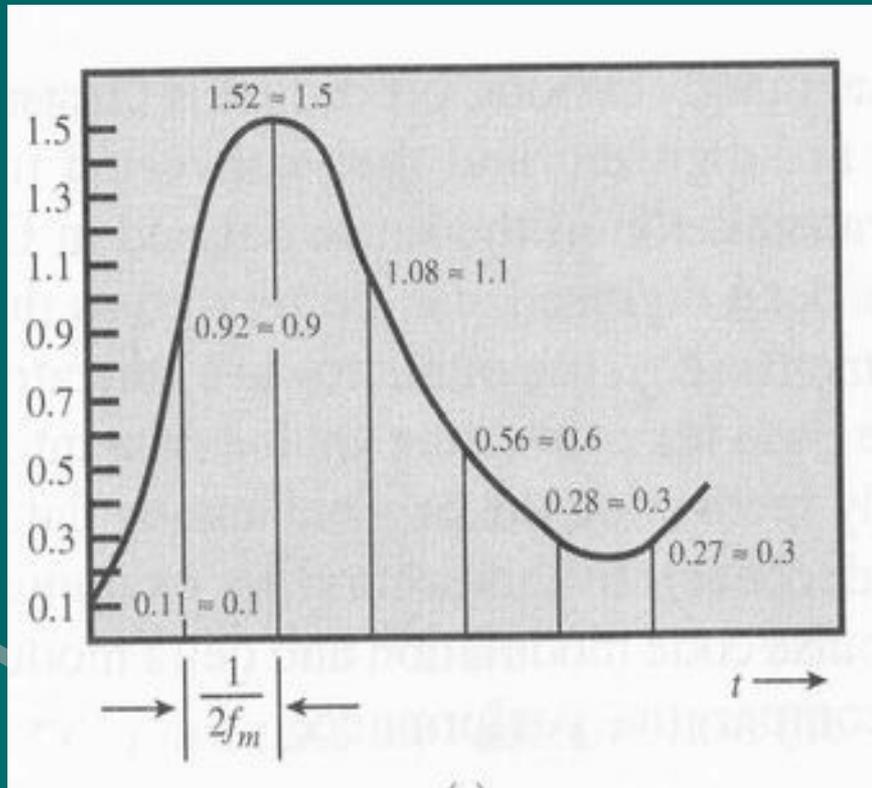
# Преимущества цифрового сигнала перед аналоговым

- Затухание и нарушение формы в цифровом случае не столь сильно как в аналоговом.
- При ретрансляции цифрового сигнала проще восстановить его изначальную форму, которая известна точно, в отличие от аналогового сигнала. При ретрансляции аналогового сигнала ошибка накапливается.
- Цифровая передача более надежна.
- По цифровой сети можно передавать и данные и голос и музыку одновременно и с большей скоростью.
- Цифровая передача дешевле, так как не надо тратить большие усилия на восстановление формы сигнала.
- Цифровую сеть проще эксплуатировать.

# Аналоговые данные – цифровой сигнал

- **АЦП** (Аналогово-Цифровой Преобразователь) превращает аналоговые данные в цифровую форму;
- **ЦАП** (Цифро-Аналоговый преобразователь) выполняет обратную процедуру;
- Устройство, объединяющее в себе функции и АЦП и ЦАП, называют **кодеком** (кодер-декодер).
- Для преобразования аналогового сигнала в цифровую форму используют **импульсно-кодовую модуляцию**.

# Импульсно-кодовая модуляция



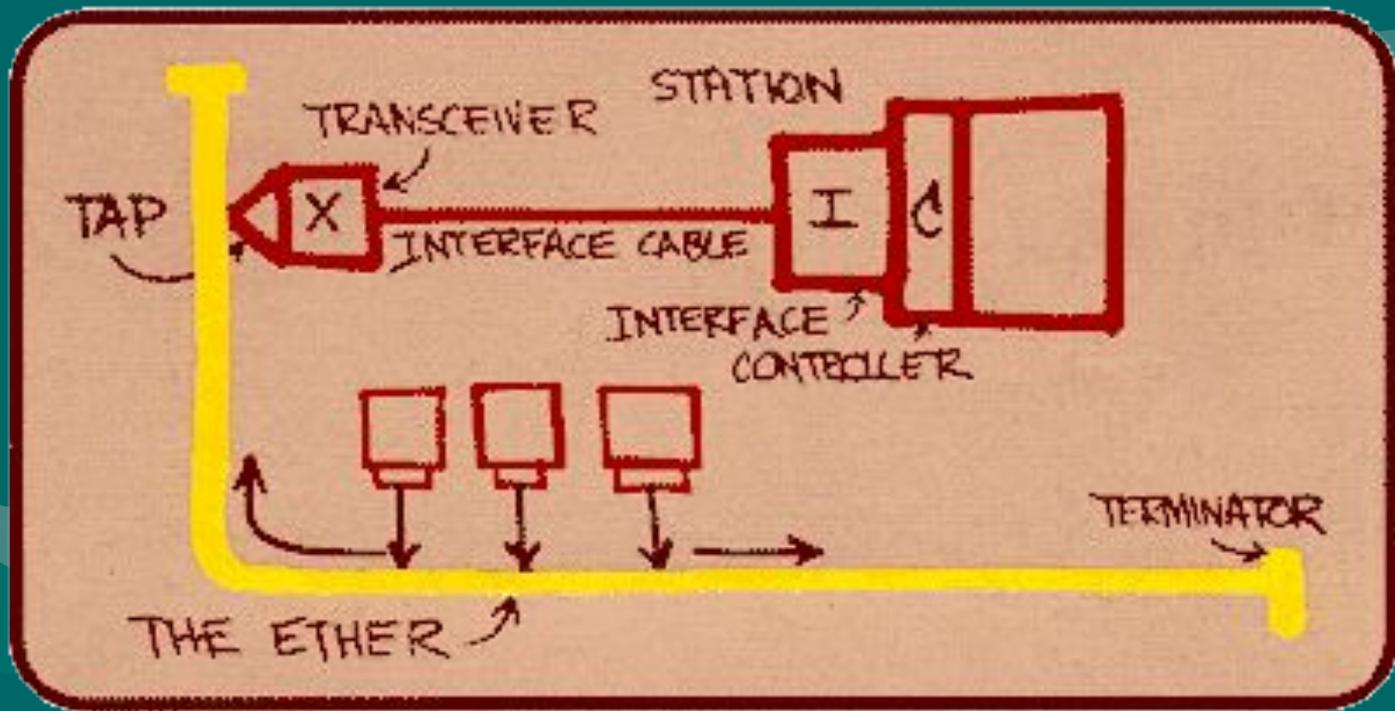
Digit	Binary equivalent	PCM waveform
0	0000	—————
1	0001	—————
2	0010	—————
3	0011	—————
4	0100	———
5	0101	———
6	0110	———
7	0111	———
8	1000	—————
9	1001	—————
10	1010	—————
11	1011	—————
12	1100	———
13	1101	———
14	1110	———
15	1111	———

# Технология Ethernet

The background of the slide is a solid teal color. In the center, the text 'Технология Ethernet' is written in a white, serif font. Behind the text, there is a faint, stylized illustration of two hands reaching towards each other from the left and right sides, with their fingers just inches apart, symbolizing connection or technology.

# The Original Ethernet

Original picture drawn by Bob Metcalfe, inventor of Ethernet (1972 – Xerox PARC)

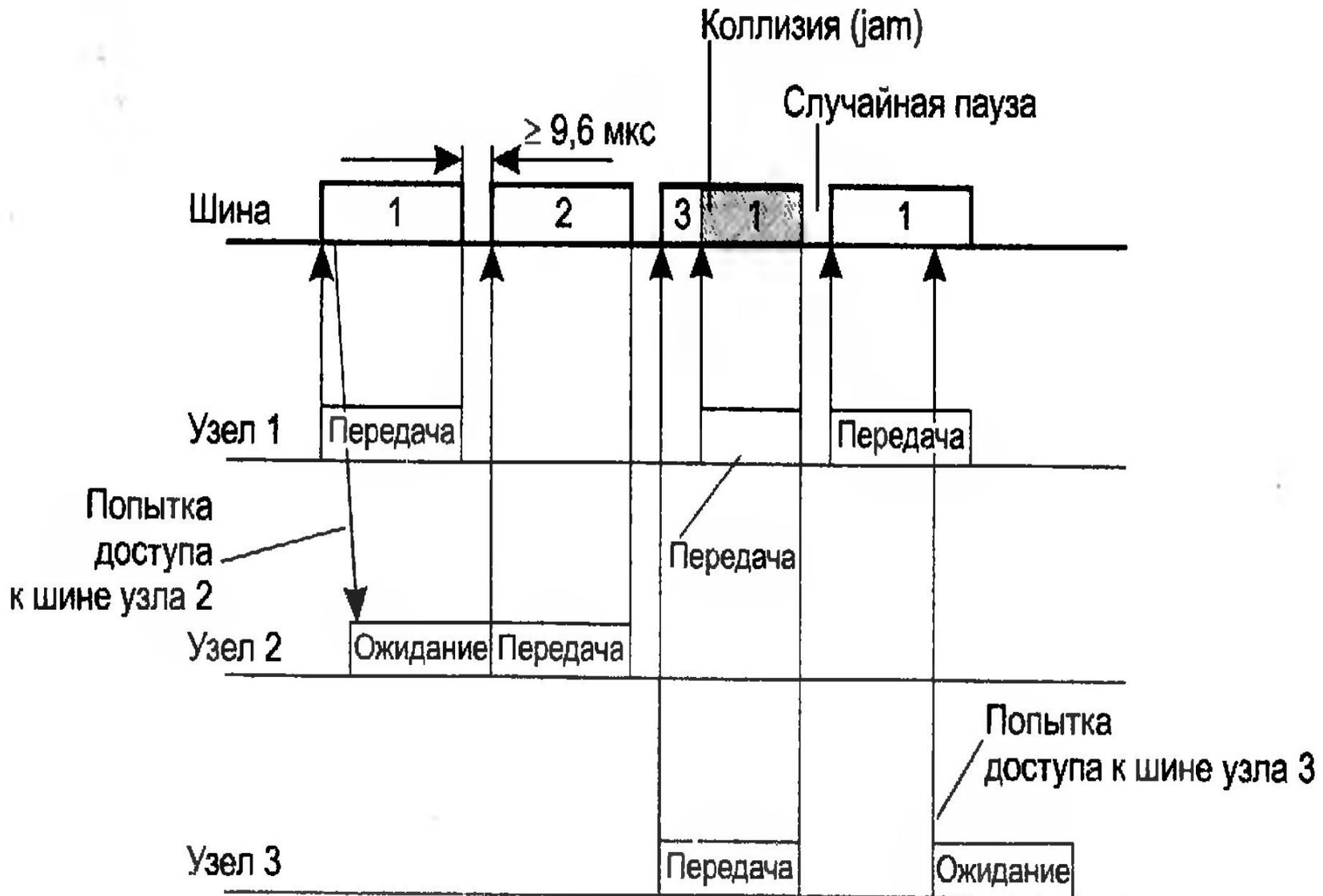


# Формат кадра Ethernet DIX(II)

6 байт	6 байт	2 байта	46–1500 байт	4 байта
DA	SA	T	Данные	FCS

- DA (Destination Address) – MAC-адрес узла назначения;
- SA (Source Address) – MAC-адрес узла отправителя
- T (Type) – код протокола верхнего уровня. Для IP значение 08-00;
- *Данные* – если меньше 46 байт дополняется байтами заполнения;
- FCS (Frame Check Sequence) – контрольная сумма.

# Метод случайного доступа



# Особенности метода доступа CSMA/CD

## CSMA/CD

### Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection

прослушивание несущей частоты с множественным доступом  
и распознаванием коллизий

#### Преимущества:

- простой алгоритм  $\Rightarrow$  дешевая и надежная аппаратура;
- возможность широковещательной передачи пакетов.

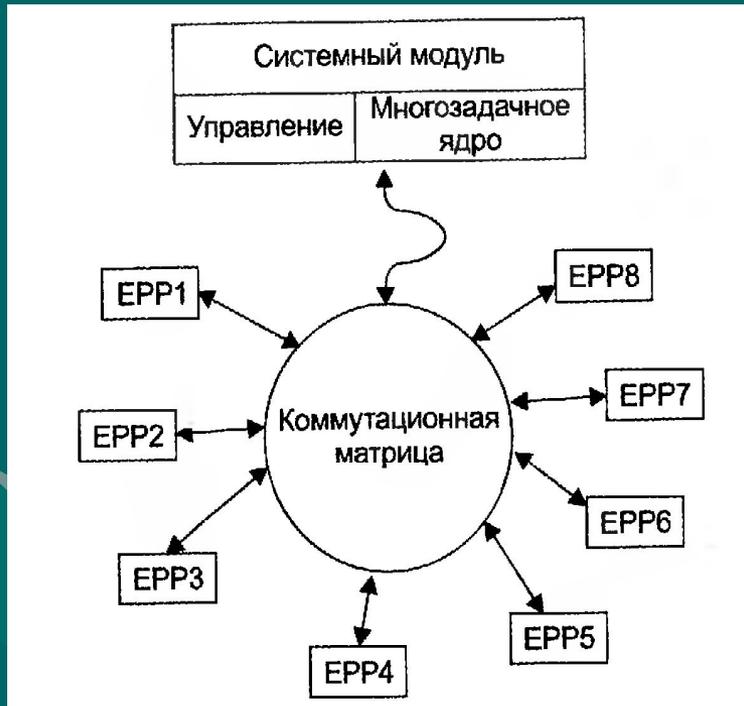
#### Недостатки:

- большие потери из-за коллизий и ожиданий при нагрузке сети  $> 50 \%$ ;
- ограниченная длина сети:  
 $2 \times (\text{время распространения сигнала между узлами}) \leq$   
время передачи кадра – иначе коллизия может быть не связана с передачей  
своего кадра.

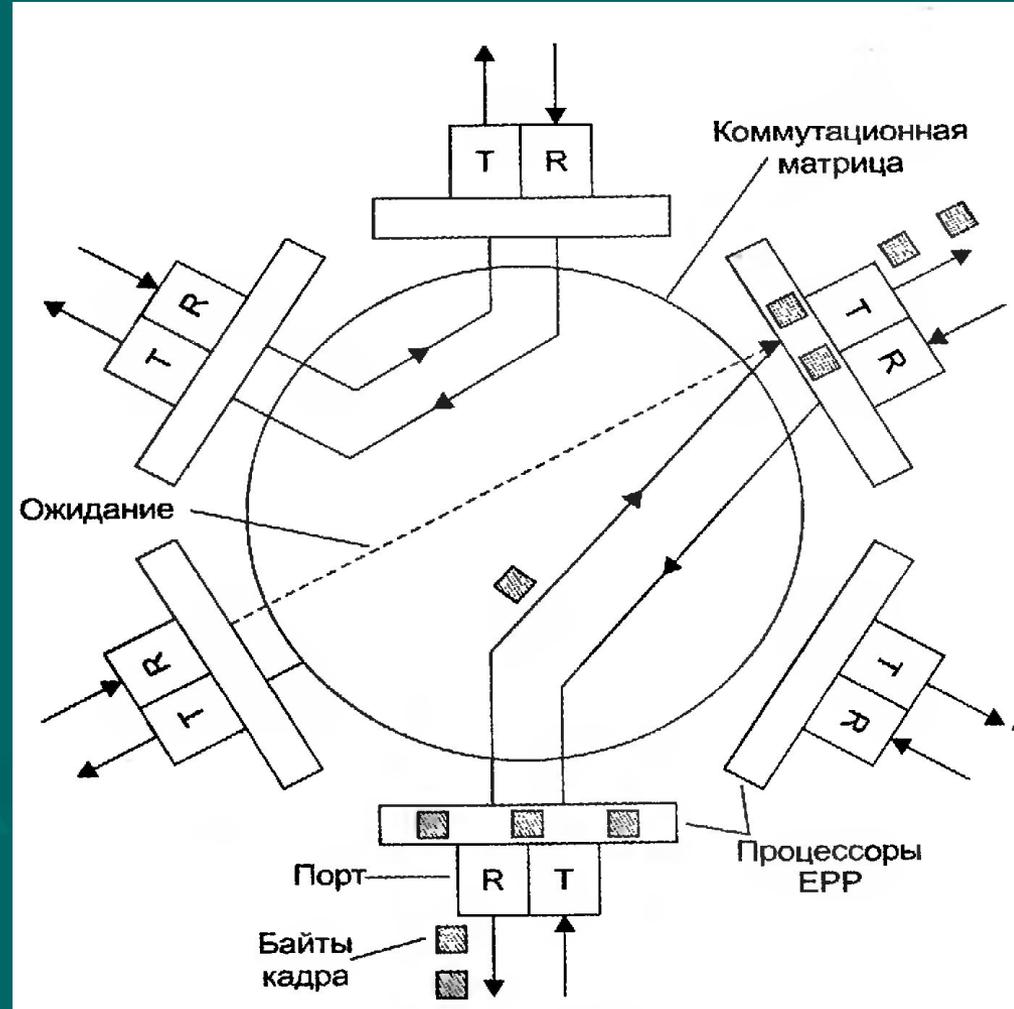
# Спецификации физического уровня Ethernet 10 Мбит/с

	10Base-5	10Base-2	10Base-T	10Base-F
Кабель	толстый коаксиальный кабель RG-8 или RG-11	тонкий коаксиальный кабель RG-58	неэкранированная витая пара UTP Cat3,4,5	многомодовый волоконно-оптический кабель
Максимальная длина сегмента	500 м	185 м	100 м	2000 м
Максимальное расстояние между узлами сети (при использовании повторителей)	2500 м	925 м	500 м	2500 м (2740 м для 10Base-FB)
Максимальное число станций в сегменте	100	30	1024	1024
Максимальное число повторителей между любыми станциями сети	4	4	4	4 (5 для 10 Base-FB)

# Коммутатор EtherSwitch



Структурная схема



Коммутационная матрица

# Стандарты физического уровня Fast Ethernet

- **100Base-TX** для двухпарного кабеля на неэкранированной витой паре UTP категории 5, или экранированной витой паре STP Type 1, код 4В/5В
- **100Base-FX** для многомодового оптоволоконного кабеля, используется два волокна, код 4В/5В
- **100Base-T4** для четырехпарного кабеля на неэкранированной витой паре UTP категории 3, 4 или 5, код 8В/6Т

# Gigabit Ethernet

- Формат кадра – прежний
- Существуют полудуплексная (применяется редко) и полнодуплексные версии
- Минимальный размер кадра увеличен с 64 до 512 байт → 200 м домен коллизий
- Введен Burst Mode – несколько кадров можно передавать подряд, без межкадрового интервала – до 8192 байта, кадры могут быть меньше 512 байт
- Физическая среда:
  - **1000Base-SX** (Short Wavelength, 850 нм): многомодовое волокно - 220/500 м
  - **1000Base-LX** (Long Wavelength, 1300 нм): многомодовое волокно – 550 м, одномодовое – до 5000 м
  - Твинаксиал – пара проводников в одном направлении, пара в другом

# Сетевой уровень

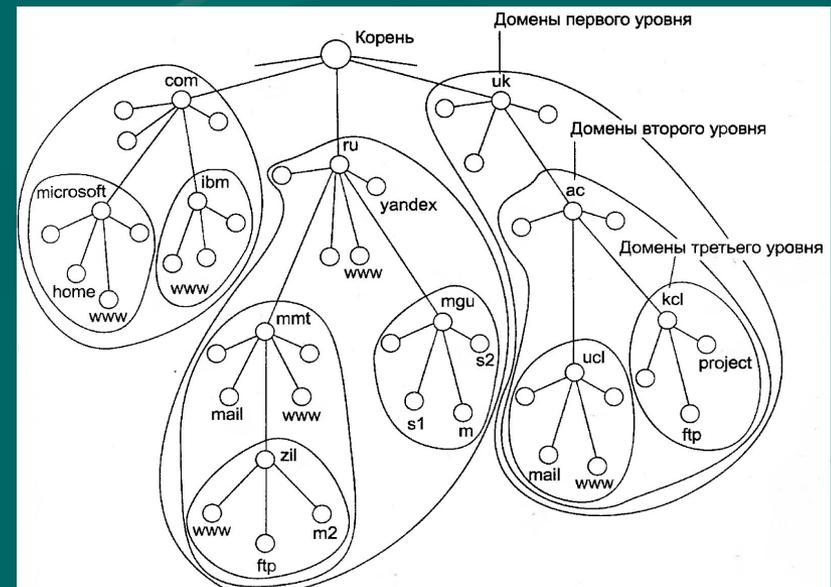
Адресация. Маршрутизация.

IP протокол

# Адресация

- *MAC-адреса* используются на канальном уровне для организации доступа к устройствам, находящимся в том же сегменте сети (например, 00:09:58:D8:33:AA).
- *Сетевые адреса* используются для описания размещения хостов в составной сети (например, IP-адрес 129.64.134.5).
  - Адресация, используемая на сетевом уровне, позволяет обеспечить передачу пакетов данных устройствам находящимся в различных локальных сетях.
  - Поиск хостов и передача данных выполняется специальными устройствами – *маршрутизаторами*.

- *Доменные имена* (СИМВОЛЬНЫЕ) удобны пользователям, поскольку несут смысловую нагрузку (например, [www.nau.edu.ua](http://www.nau.edu.ua)).

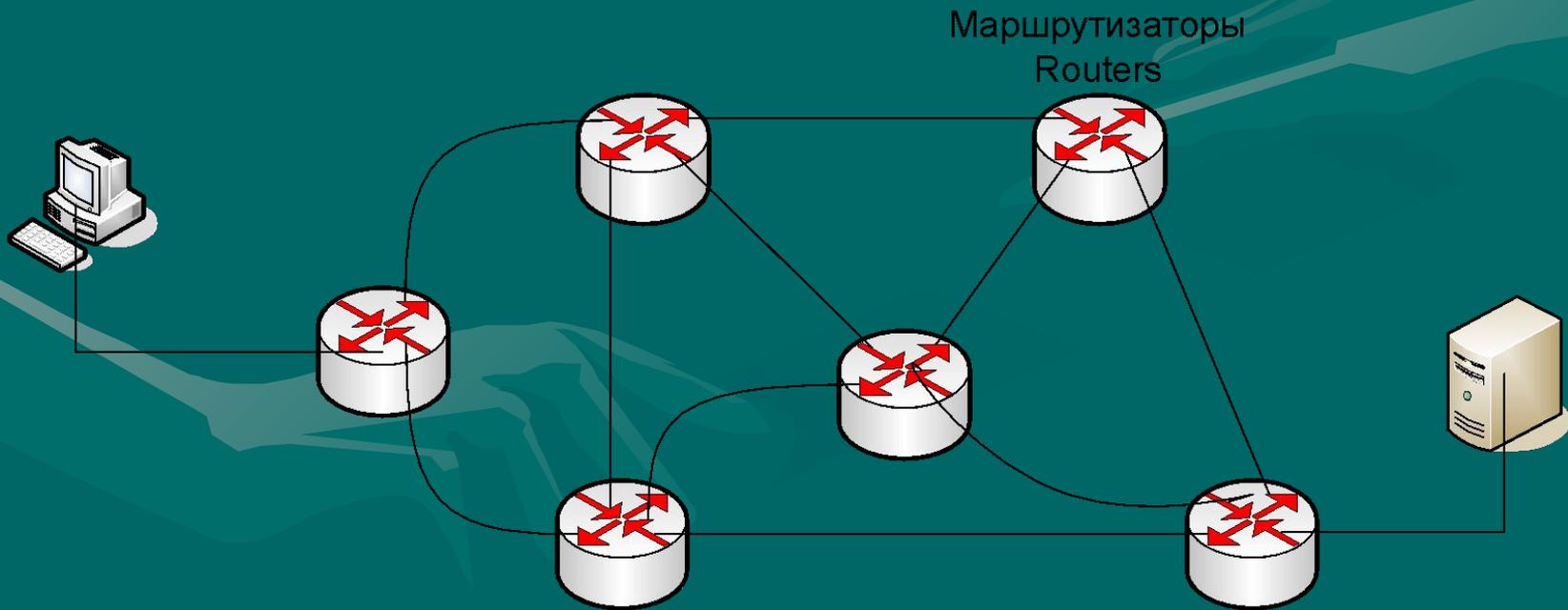


# Маршрутизаторы

- *Маршрутизаторы* – устройства обеспечивающие межсетевое взаимодействия и работающие на сетевом уровне.
- Маршрутизатор обеспечивает сквозную маршрутизацию при прохождении пакетов данных перенаправления трафика на основании информации сетевого протокола.
- Маршрутизаторы позволяют решить проблему чрезмерного широковещательного трафика, поскольку они не переадресуют широковещательные кадры, если это не предписано.

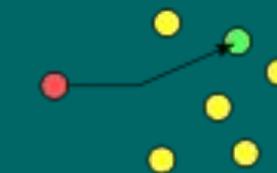
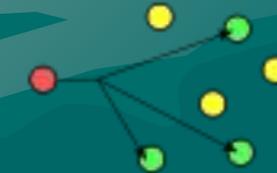
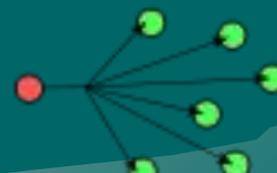
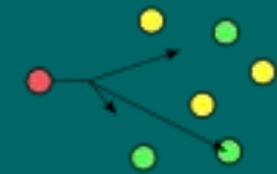
# Работа маршрутизатора

Маршрутизатор использует уровень 3 для определения оптимального маршрута доставки данных в сети.



# Схемы маршрутизации

- *anycast* – данные посылаются ближайшему из группы получателей
- *broadcasting* – широковещание: данные передаются всем участниками сети
- *multicast* – групповая передача: данные передаются определенной группе пользователей
- *unicast* – передача данных одному получателю
- *Geocast* – передача данных для группы получателей в сети, идентифицируются по их географическому местоположению.



# Упрощенная таблица маршрутизации

Адрес сети назначения	Адрес следующего маршрутизатора	Адрес выходного интерфейса	Расстояние до сети назначения
56.0.0.0	213.34.12.4	213.34.12.3	15
116.0.0.0	213.34.12.4	213.34.12.3	13
129.13.0.0	198.21.17.6	198.21.17.5	2
198.21.17.0	198.21.17.5	198.21.17.5	1 (подсоединена)
213.34.12.0	213.34.12.3	213.34.12.3	1 (подсоединена)
Маршрут по умолчанию	198.21.17.7	198.21.17.5	—

# IP-адресация

- IP-адрес устройства включает в себя *адрес сети*, к которой принадлежит устройство, и *адрес узла* в этой сети.
- IP-адрес имеет иерархическую структуру и более удобен для организации адресов компьютеров, чем MAC-адреса.
- IP-адресация позволяет находить пункт назначения в сети Интернет. Для определения адреса используются двоичные значения. Общая длина адреса составляет 32 бита (версия IPv4).
- Для записи IP-адреса как правило применяется десятичная нотация – адрес задается в виде 4 чисел разделенных точками, например, 192.168.160.224.

# Формат IP-адреса

- Фиксированные границы.
- **Маска** - число, применяемое в паре с IP-адресом. Двоичная запись маски содержит непрерывную последовательность единиц в трех разрядах, которые должны в IP-адресе интерпретироваться как номер сети.
- **Классы**. Пять классов адресов: А, В, С, D, Е. Для каждого класса собственное положение границы между номером сети и номером узла.

# Классы IP-адресов

- Каждый 32-разрядный IP-адрес разделяется на 4 октета:  
xxx.xxx.xxx.xxx, где xxx — некоторое число из диапазона 0-255.
- Каждый IP-адрес состоит из двух частей: номера сети и номера хоста.
- Класс А — адреса, зарезервированные для правительственных учреждений;
- Класс В — адреса для организаций среднего размера
- Класс С — адреса для остальных организаций

Класс А

0	Номер сети (7 битов)	Номер хоста (24 бита)
---	----------------------	-----------------------

Класс В

1	0	Номер сети (14 битов)	Номер хоста (16 битов)
---	---	-----------------------	------------------------

Класс С

1	1	0	Номер сети (21 бит)	Номер хоста (8 битов)
---	---	---	---------------------	-----------------------

# Маскирование подсетей

- Подсети скрыты от внешнего мира с помощью масок, называемых *масками подсети*. С их помощью устройствам сообщается какая часть является адресом подсети, а какая – адресом хоста.
- Маска подсети представляет собой 32 разрядное двоичное число разделена на 4 октета, подобно IP-адресу. Маска подсети имеет все единицы в части, отвечающей сети и подсети, и нули, в части отвечающей адресу хоста.
  - «1» - сеть, подсеть.
  - «0» - номер хоста.
- Например, для сетей 172.16.1.0 – 172.16.254.0 маска будет иметь вид 255.255.255.0.
- Для указания маски также используется обозначение 172.16.1.0/24 (здесь 24 – указатель сколько единиц записывается в двоичном представлении маски – 11111111.11111111.11111111.00000000 = 255.255.255.0)

# Протокол IP

Протокол IP используется для управления рассылкой TCP/IP пакетов по сети Internet. Среди различных функций, возложенных на IP обычно выделяют следующие:

- определение пакета, который является базовым понятием и единицей передачи данных в сети Internet. Многие зарубежные авторы называют такой IP-пакет **датаграммой**;
- определение адресной схемы, которая используется в сети Internet;
- передача данных между канальным уровнем (уровнем доступа к сети) и транспортным уровнем (другими словами мультиплексирование транспортных датаграмм во фреймы канального уровня);
- маршрутизация пакетов по сети, т.е. передача пакетов от одного шлюза к другому с целью передачи пакета машине-получателю;
- "нарезка" и сборка из фрагментов пакетов транспортного уровня.

# Формат IP-пакета

- В настоящее время используется версия IPv4 (RFC791). Формат пакета протокола представлена на рисунке.
- В заголовке определены все основные данные, необходимые для перечисленных выше функций протокола IP: адрес отправителя (4-ое слово заголовка), адрес получателя (5-ое слово заголовка), общая длина пакета (поле Total Length) и тип пересылаемой датаграммы (поле Protocol).
- Используя данные заголовка, машина может определить на какой сетевой интерфейс отправлять пакет. Если IP-адрес получателя принадлежит одной из ее сетей, то на интерфейс этой сети пакет и будет отправлен, в противном случае пакет отправят на другой шлюз.

4 бита Номер версии	4 бита Длина заголовка	8 бит Тип сервиса				16 бит Общая длина					
		PR	D	T	R						
16 бит Идентификатор пакета						3 бита Флаги		13 бит Смещение фрагмента			
			D	M							
8 бит Время жизни		8 бит Протокол верхнего уровня				16 бит Контрольная сумма					
32 бита IP-адрес источника											
32 бита IP-адрес назначения											
Параметры и выравнивание											

# Стандарт IPv6

- В начале 1995 года IETF, после 3-х лет консультаций и дискуссий, выпустило предложения по новому стандарту протокола IP - IPv6, который еще называют IPng.
- Основные направления модернизации:
  - создание масштабируемой схемы адресации (введение новых типов адресов);
  - сокращение объема работы маршрутизаторов (упрощение заголовка);
  - предоставление гарантий качества услуг (идентификация типа информационных потоков);
  - обеспечение защиты данных (введение полей идентификации и конфиденциальности информации).

# Транспортный уровень

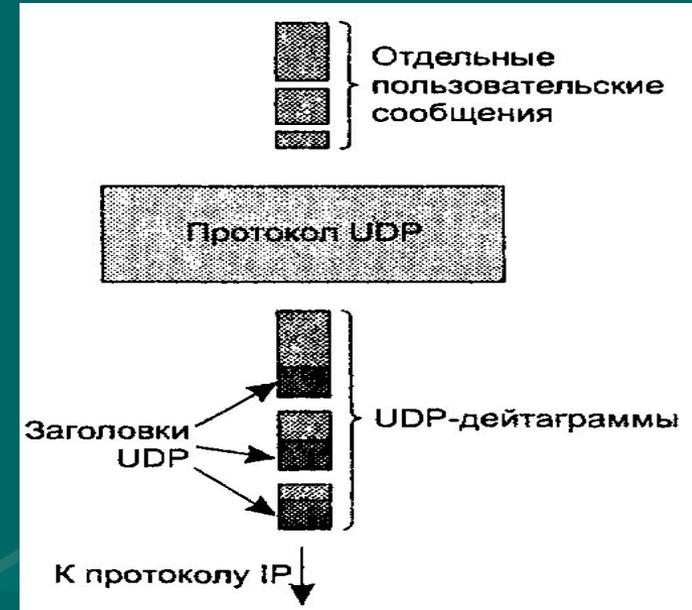
Протоколы TCP, UDP

# Протокол UDP

## User Datagram Protocol *UDP*

(протокол пользовательских датаграмм) — это транспортный протокол для передачи данных в сетях IP без установления соединения. Он является одним из самых простых протоколов транспортного уровня модели OSI.

- В отличие от TCP, UDP не гарантирует доставку пакета.
- Это позволяет ему гораздо быстрее и эффективнее доставлять данные для приложений, которым требуется большая пропускная способность линий связи, либо требуется малое время доставки данных.
- Первые 8 байт датаграммы — UDP-заголовок, остальные биты — данные сообщения.



# Протокол ТСР

*Протокол ТСР (transmission control protocol* – протокол управления передачей) осуществляет доставку дейтаграмм, называемых сегментами, в виде байтовых потоков с установлением соединения.

- Применяется в тех случаях, когда требуется *гарантированная* доставка сообщений.
- Использует *контрольные суммы* пакетов для проверки их целостности и освобождает прикладные процессы от необходимости таймаутов и повторных передач для обеспечения надежности.
- Для отслеживания подтверждения доставки в ТСР реализуется *алгоритм "скользящего"* окна.

# Формат сегмента ТСР

**Порт источника и порт приемника** (2 байта)

**Номер в последовательности** (4 байта), определяет положение данных ТСР-пакета внутри исходящего потока данных, существующего в рамках текущего логического соединения.

**Номер подтверждения** (4 байта), определяет количество принятых данных из входящего потока к ТСР-модулю, формирующему ТСР-пакет.

**Смещение данных** (4 бита), поле, содержащее длину заголовка ТСР-пакета в 32-битовых словах и используемое для определения начала расположения данных в ТСР-пакете.

**Зарезервировано** (6 бит)

**Флаги** (2 байта)

**URG** срочное сообщение.

**ACK** квитанция на принятый сегмент

**PSH** запрос на отправку сообщения без ожидания заполнения буфера. Подтверждение для ТСР-пакета, содержащего единичное значение во флаге PSH, означает, что и все предыдущие ТСР-пакеты достигли адресата.

**RST** запрос на восстановление соединения.

**SYN** сообщение используемое для синхронизации счетчиков переданных данных при установлении соединения.

**FIN** признак конца потока данных, передаваемых в этом направлении.

Бит	0 — 3	4 — 9	10-15	16 — 31
0	Порт источника			Порт назначения
32	Номер последовательности			
64	Номер подтверждения			
96	Смещение данных	Зарезервировано	Флаг	Окно
128	Контрольная сумма			Указатель важности
160	Опции (необязательное, но используется практически всегда)			
160/192 +	Данные			

# Формат сегмента ТСР

**Размер окна** (2 байта) задает количество байтов данных, ожидаемых отправителем данного сегмента, начиная с байта, номер которого указан в поле подтвержденного номера.

**Контрольная сумма** (2 байта).

**Указатель важности** (2 байта), указывает на конец данных, которые необходимо срочно принять, несмотря на переполнение буфера. Используется вместе с кодовым битом URG (должен быть установлен в 1).

**Опции** переменной длины или вообще отсутствуют. Используется для вспомогательных задач, например, выбора максимального размера сегмента.

Бит	0 — 3	4 — 9	10-15	16 — 31
0	Порт источника			Порт назначения
32	Номер последовательности			
64	Номер подтверждения			
96	Смещение данных	Зарезервировано	Флаг	Окно
128	Контрольная сумма			Указатель важности
160	Опции (необязательное, но используется практически всегда)			
160/192 +	Данные			

# Алгоритм скользящего окна



Размер окна в сегментах:

$$\text{window} > RTT * B / MSS,$$

$RTT$  - время оборота,

$B$  - полоса пропускания канала в бит/с,

$MSS$  - максимальный размер сегмента в битах,

$\text{window}$  - размер окна в сегментах.

Среднее время оборота:

$$RTT_m = a * RTT_m + (1-a) * RTT_i,$$

$RTT_i$  - результат очередного измерения,

$RTT_m$  - величина, полученная в результате усреднения предыдущих измерений,

$a$  - коэффициент сглаживания, обычно равный 0.9.