

Сетевые технологии.

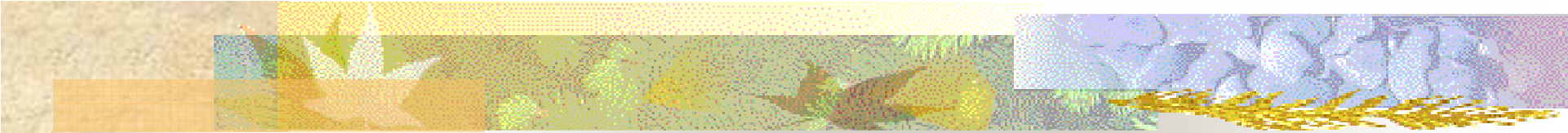


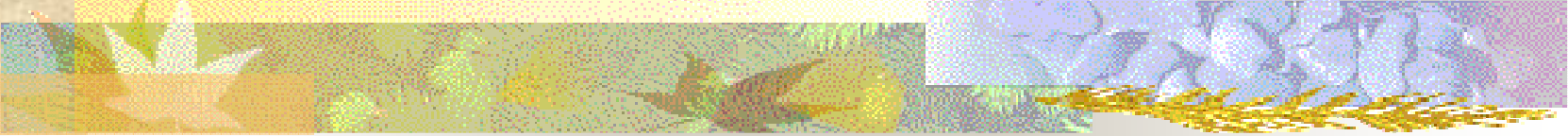
Туйкина Светлана Рафгатовна



Содержание курса:

- **Тема 1. Эволюция сетей и сетевых операционных систем. Применение компьютерных сетей. Категории сетей. Типы топологий. Методы доступа к среде передачи.**
- **Тема 2. Модель OSI. Понятие открытая система. Источники стандартов. Стандарты IEEE 802.x. Стеки протоколов.**

- 
- **Тема 3. Проблемы физической передачи данных по линиям связи.**
 - **Тема 4. Технология Ethernet.**
 - **Тема 5. Технологии Token Ring и FDDI.**
 - **Тема 6. Сетевые компоненты. Концентраторы и коммутаторы.**

- 
- **Тема 7. Беспроводная передача данных.**
 - **Тема 8-9. Стек протоколов TCP/IP.**
 - **Тема 10. Первичные сети. Удаленный доступ.**
 - **Тема 11. Глобальные сети.**
 - **Тема 12. Проблемы безопасности в сетях.**



Литература

- 1. Таненбаум Э. С. Компьютерные сети
- 2. В. Г. Олифер, Н. А. Олифер Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы
- 3. Михаил Гук Аппаратные средства локальных сетей. Энциклопедия
- 4. В. Г. Олифер, Н. А. Олифер Сетевые операционные системы
- 5. Дуглас Э. Камер Сети TCP/IP. Принципы, протоколы и структура
- 6. В. Столлингс Современные компьютерные сети
- 7. В. Столлингс Беспроводные линии связи и сети
- 8. В. Столлингс Криптография и защита сетей
Web-сайты: www.citforum.ru, www.protocols.ru,
www.natahaus.ru,
logic.pdmi.ras.ru/~yura/internet.html



Настоящее и будущее сертификации IT -специалистов

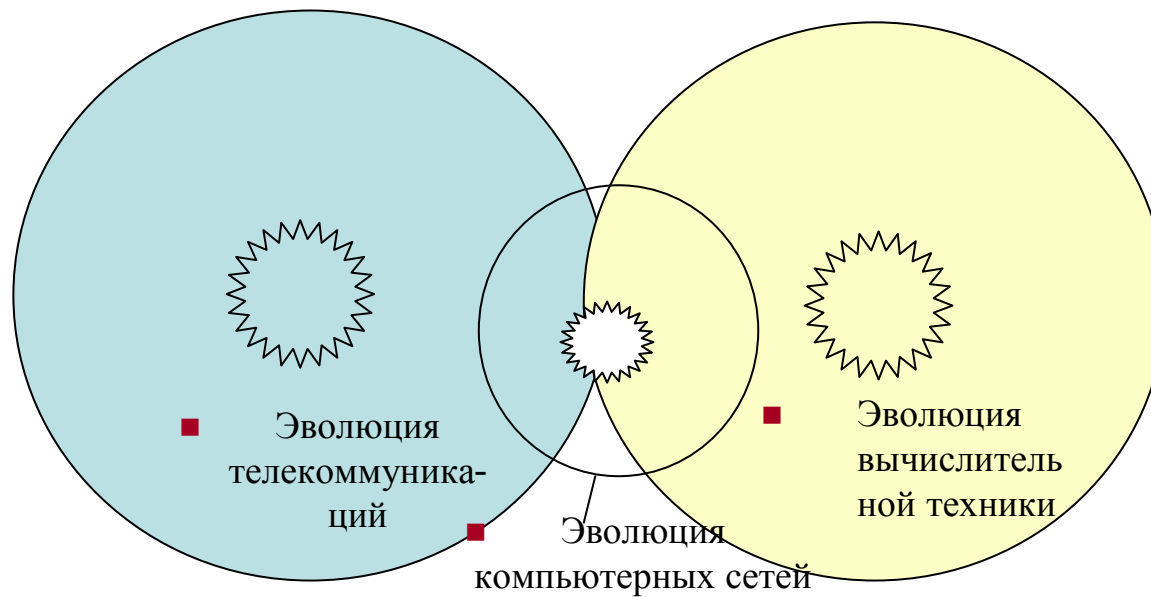
- 17 лет назад появился первый Сертифицированный Инженер Novell (CNE – Certified Novell Engineer)
- Сертифицированный специалист Microsoft (MCP) -1
- MCSE (Microsoft Certified System Engineer)- 6+1
- MCSA (Microsoft Certified System Administrator)- 3+1
- Сетевой Эксперт Cisco (CCIE – Certified Cisco Internetwork Expert)
- MCSD (Microsoft Certified Solution Developer)-4+1
- MCAD (Microsoft Certified Application Developer)-2+1
- OCD (Oracle Certified Developer), SCPJP (Sun Certified Programmer for the Java Platform), IBM CD (IBM Certified Developer), IPC (Borland Product Certified) и др.



1. Эволюция сетей и сетевых операционных систем.

**Применение компьютерных сетей.
Категории сетей. Типы топологий.
Методы доступа к среде передачи.**

Эволюция вычислительных систем






Вычислительные сети как распределенные системы

Распределенные функции:

- обработка данных
- хранение данных
- ВВОД-ВЫВОД данных
- доступ пользователей к компьютеру

Степень взаимосвязности элементов системы:

- мультипроцессорные системы
- многомашинные системы (кластеры)
- вычислительные сети
- распределенные вычислительные среды



Преимущества распределенных систем:

Возможность превышения максимальной
производительности одного процессора

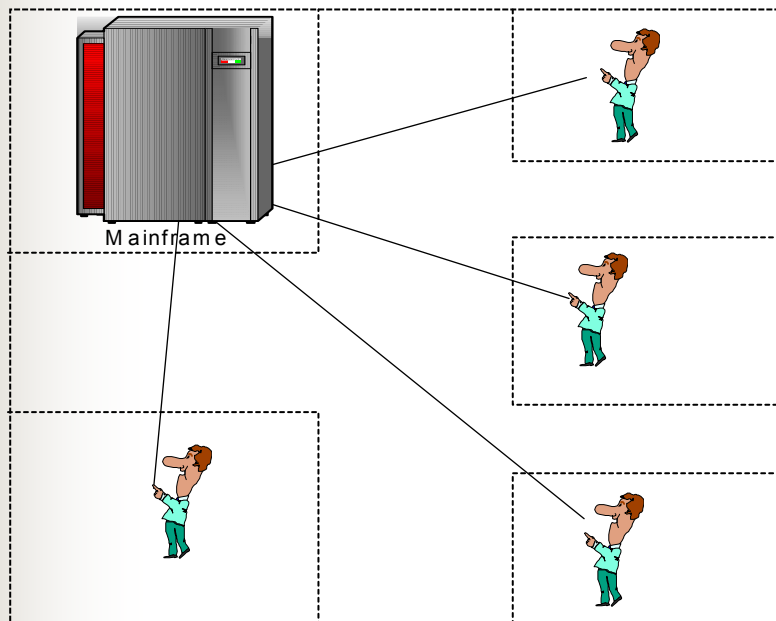
- Лучшее соотношение производительность/стоимость
- Соответствие распределенному характеру обработки данных (банки, учреждения, производство)
- Повышенная надежность (живучесть)
- Простота наращивания и расширения
- Балансирование нагрузки, разделение ресурсов



Проблемы:

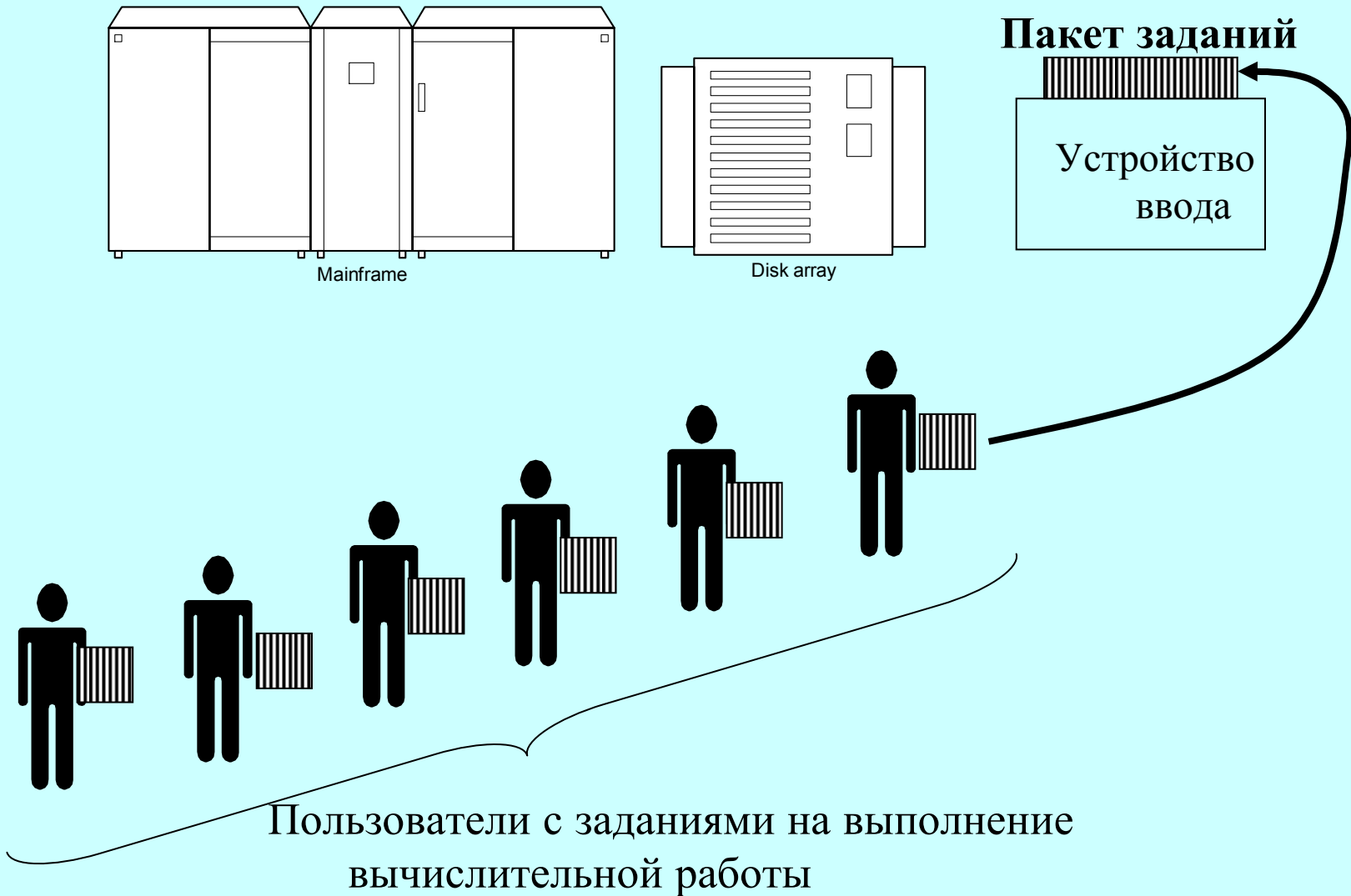
- Сложность организации совместной работы отдельных элементов распределенной системы (сложность ОС, приложений, коммуникационного оборудования)
- Проблема безопасности данных
- Проблема надежного обмена данными

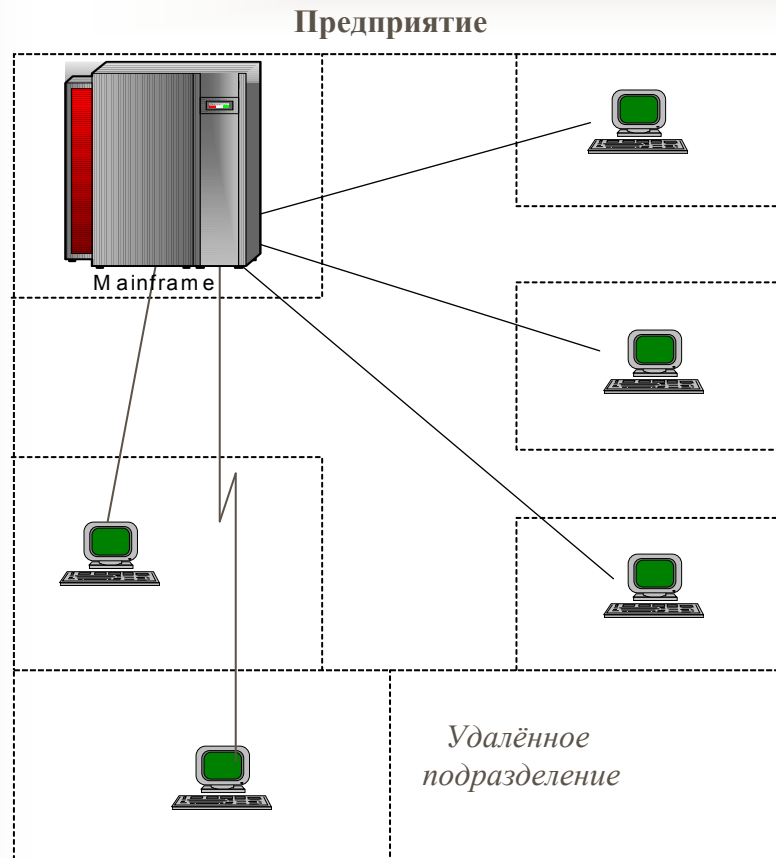
Предприятие



Централизованная система на базе
мэйнфрейма

Вычислительный центр на базе мэйнфрейма



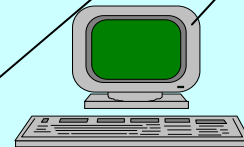
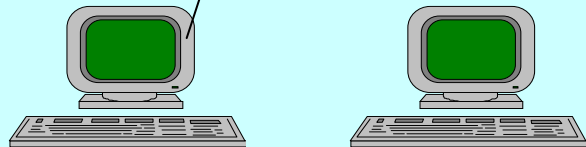
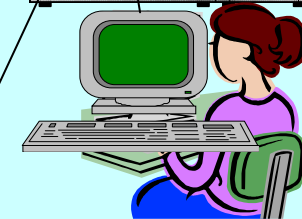
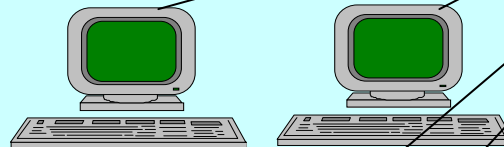
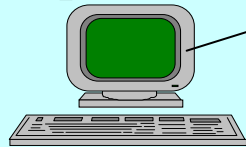


**Многотерминальная система – прообраз
вычислительной сети**

Вычислительный центр на базе мэйнфрейма

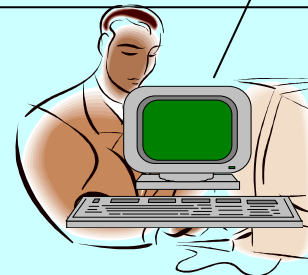
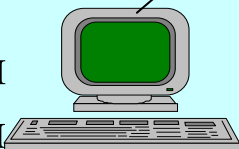
4 этаж -

Офисы 3 этажа

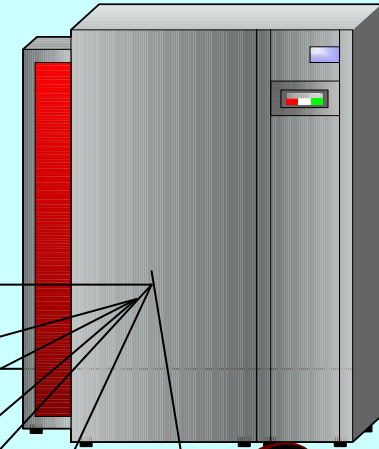


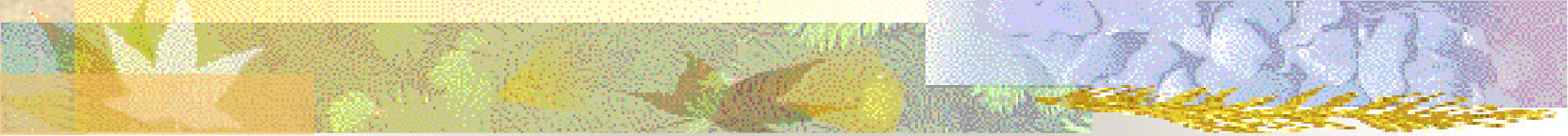
Офисы 2 этажа

Терминал
ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ



Офисы 1 этажа



- 
- **Многотерминальные централизованные системы** уже имели уже все внешние признаки локальных вычислительных сетей, однако по существу ими не являлись, так как **сохраняли сущность централизованной обработки данных автономно работающего компьютера.**

Объединение удаленных супер-ЭВМ глобальными связями



- 1969 – начало работ по созданию сетей с коммутацией пакетов, 1974 – архитектура SNA (IBM), сети X.25, создание первичных сетей (передача голоса в цифровой форме)



Первые глобальные сети

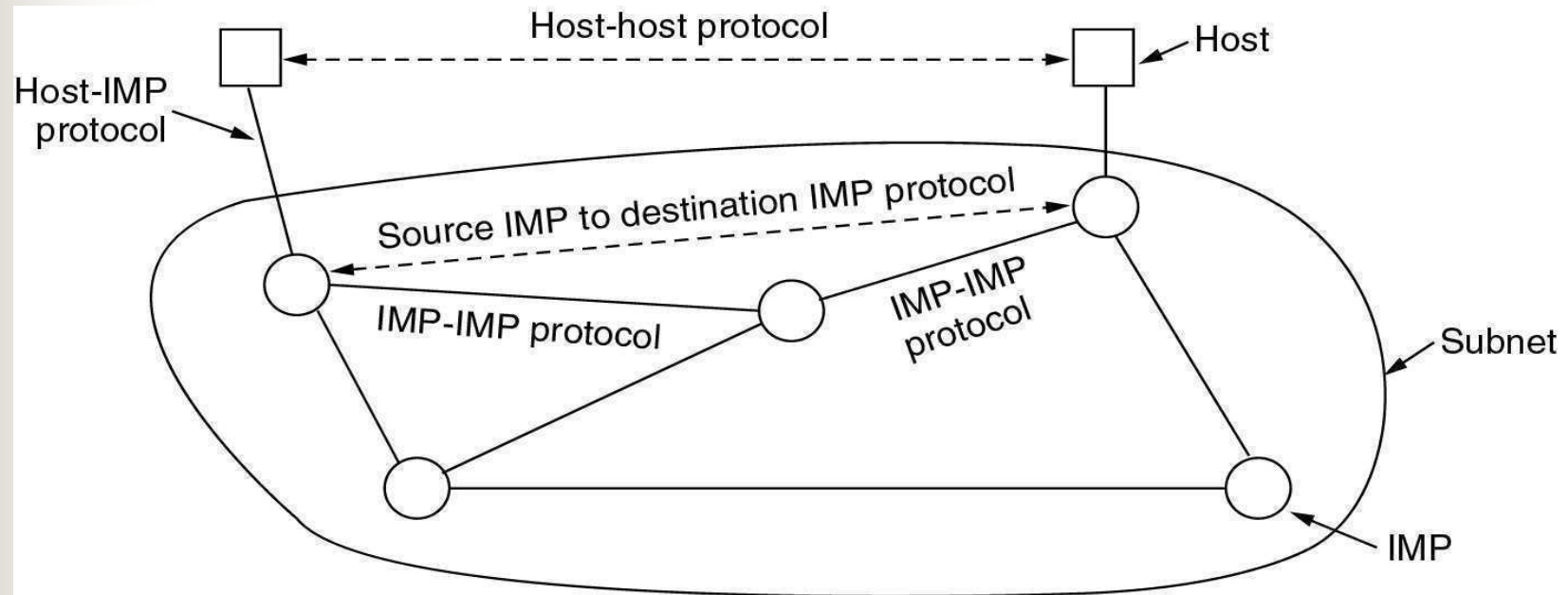
- отказ от принципа коммутации каналов
- концепция коммутации и маршрутизации пакетов
- многоуровневое построение коммуникационных протоколов
- передача файлов, электронная почта
- сложные процедуры контроля и восстановления файлов



Появление миникомпьютеров

- В результате технологического прорыва в области производства компьютерных компонентов появились большие интегральные схемы (БИС). Их сравнительно невысокая стоимость и богатые хорошие функциональные возможности привели к созданию **мини-компьютеров**, которые стали реальными конкурентами мейнфреймов.

The ARPANET

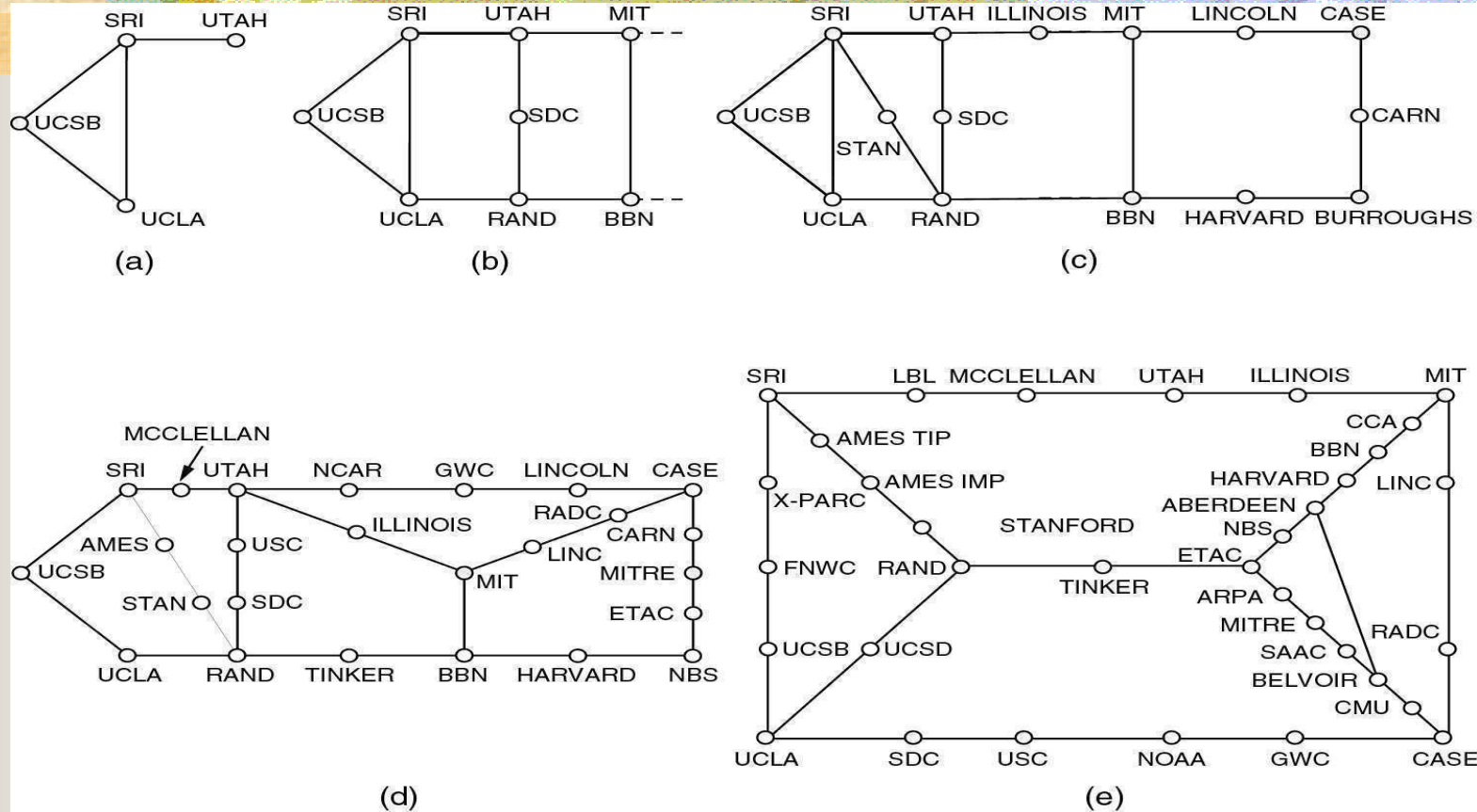


Пол Баран(RAND Corporation)- идея коммутации пакетов, AT&T

ARPA(Advanced Research Projects Agency)-управление перспективного планирования научно-исследовательских работ-1957

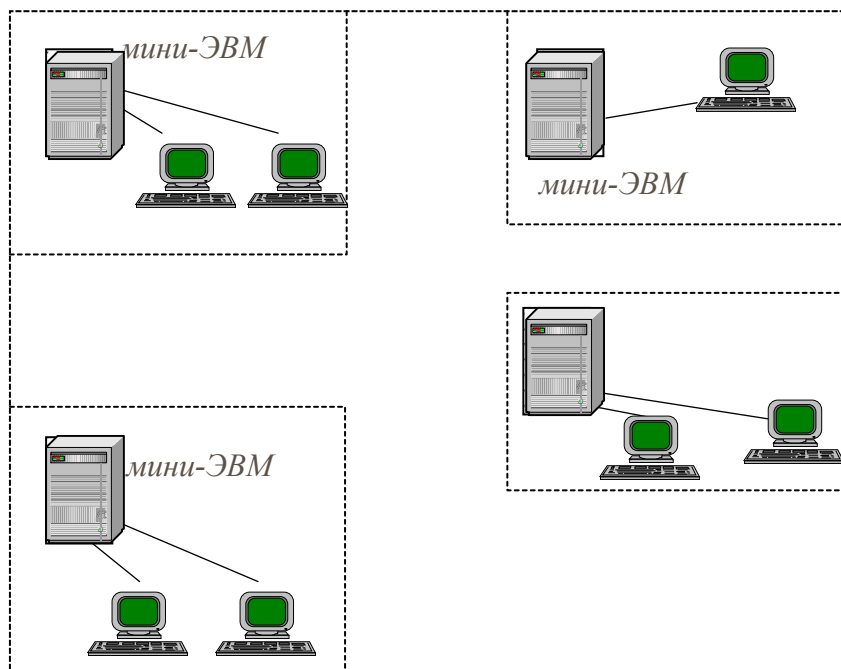
BBN (Кембридж, Массачусетс)

Intrerface Message Processor(Honeywell DDP-316), хост-пакет 8063 бит,IMP-1008 бит, 56 кбит/с

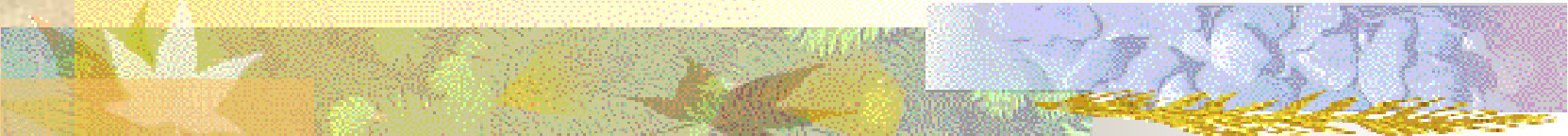


- Growth of the ARPANET (a) December 1969. (b) July 1970. (c) March 1971. (d) April 1972. (e) September 1972.
- Исследовательские работы по спутниковым сетям и мобильным пакетным сетям
- TCP/IP (1974)
- UNIX 4.2 BSD (Berkeley)

Предприятие

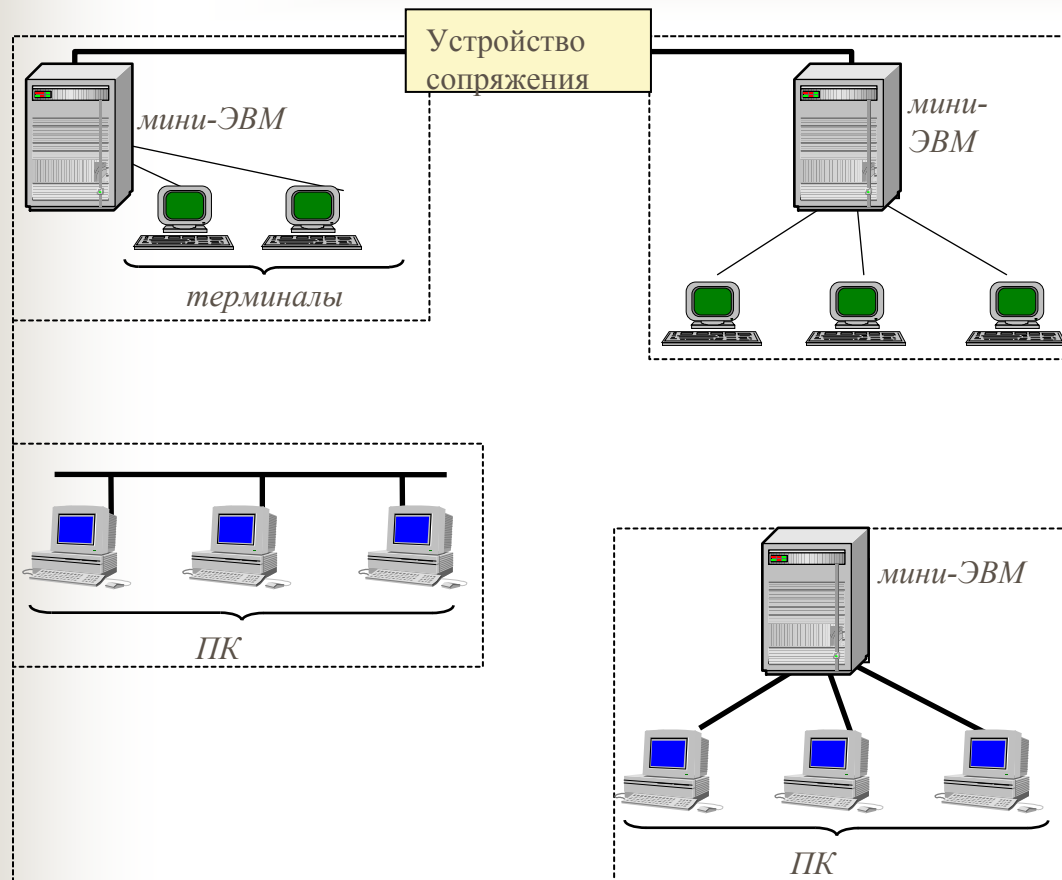


**Автономное использование нескольких
миникомпьютеров на одном
предприятии**



Создание персональных компьютеров

- *Создание персональных компьютеров* (начало 80-х) послужило мощным катализатором для бурного роста локальных сетей,
- появилась отличная материальная основа в виде десятков и сотен машин, принадлежащих одному предприятию и расположенных в пределах одного здания.
- MS DOS, MS_NET.
- Novell NetWare и OS/2.



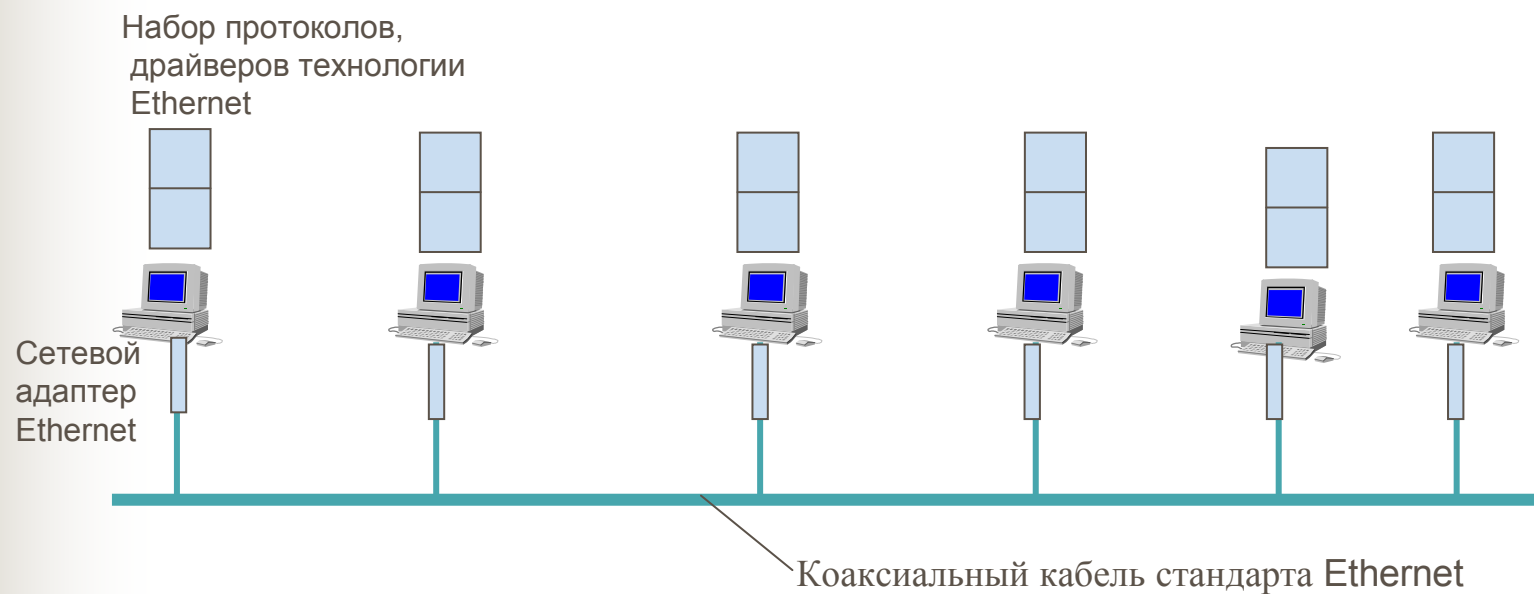
Различные типы связей в первых локальных сетях – начало 70-х



Стандартные технологии

- В середине 80-х годов положение дел в локальных сетях стало кардинально меняться. Утвердились *стандартные технологии* объединения компьютеров в сеть —
- **Ethernet**
- **Arcnet**
- **Token Ring, Token Bus**
- несколько позже — **FDDI**.
- **TCP/IP-военный стандарт.**

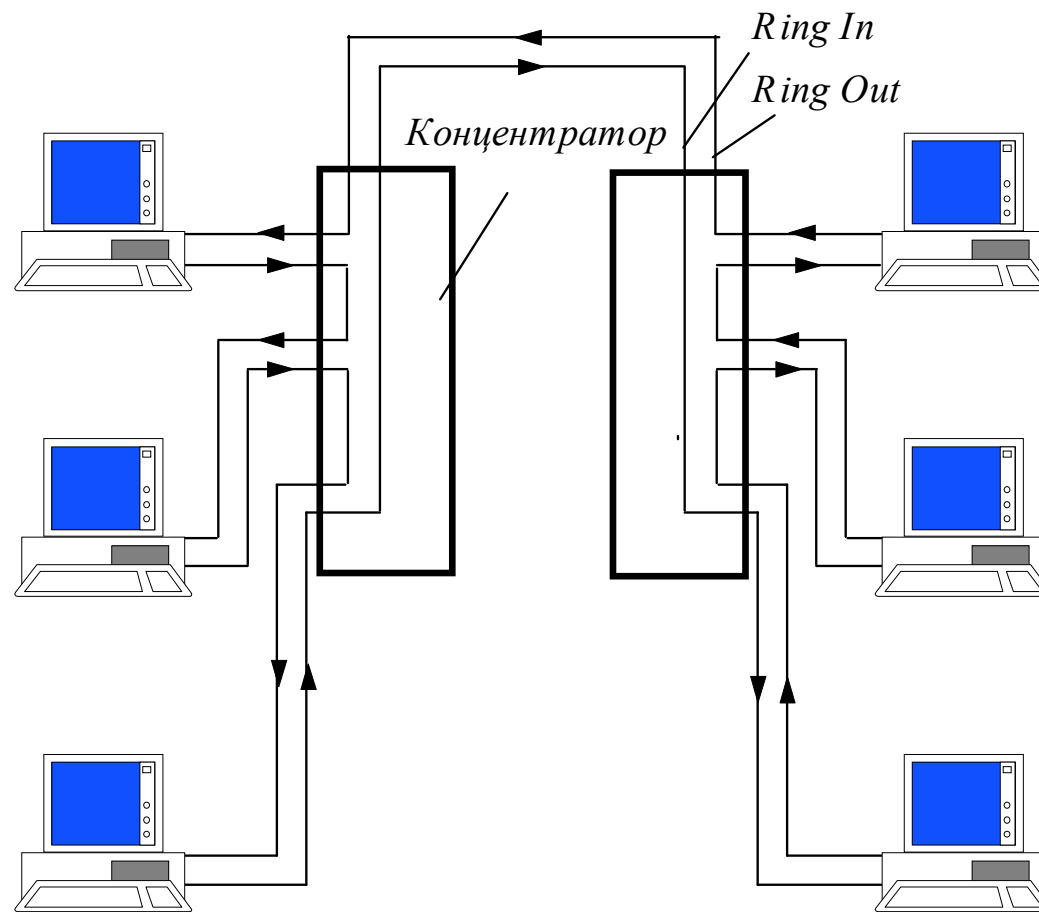
Сетевая технология Ethernet



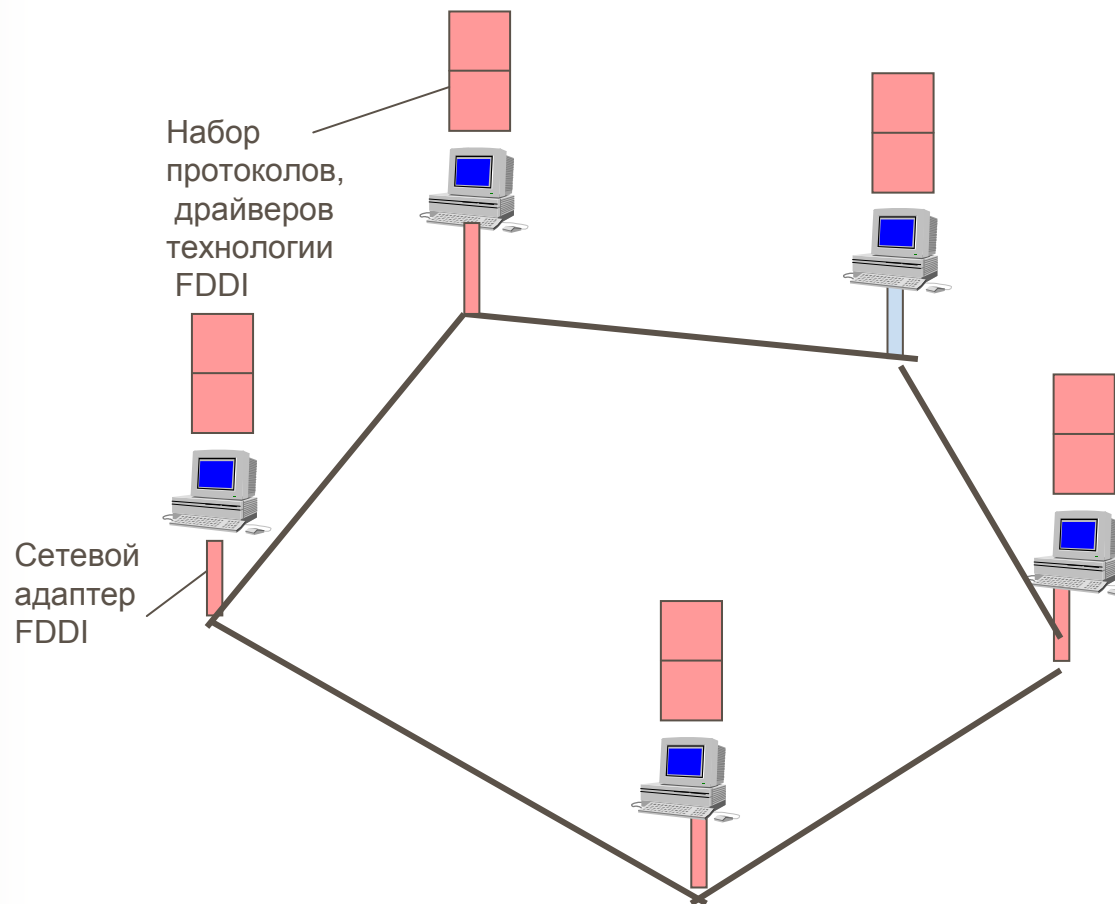
Стандарт принят в 1980 г.

Пропускная способность 10 Мбит/с

Технология Token Ring



Сетевая технология FDDI





Стандартные сетевые технологии

Элементы локальных сетей Ethernet, Token Ring, ArcNet:

- компьютеры
- сетевые адаптеры
- драйверы сетевых адаптеров
- коаксиальный кабель
- операционная система Novell NetWare

Раздел А

Предприятие

Раздел В

Инженерный отдел

Раздел С

Отдел маркетинга

DTP

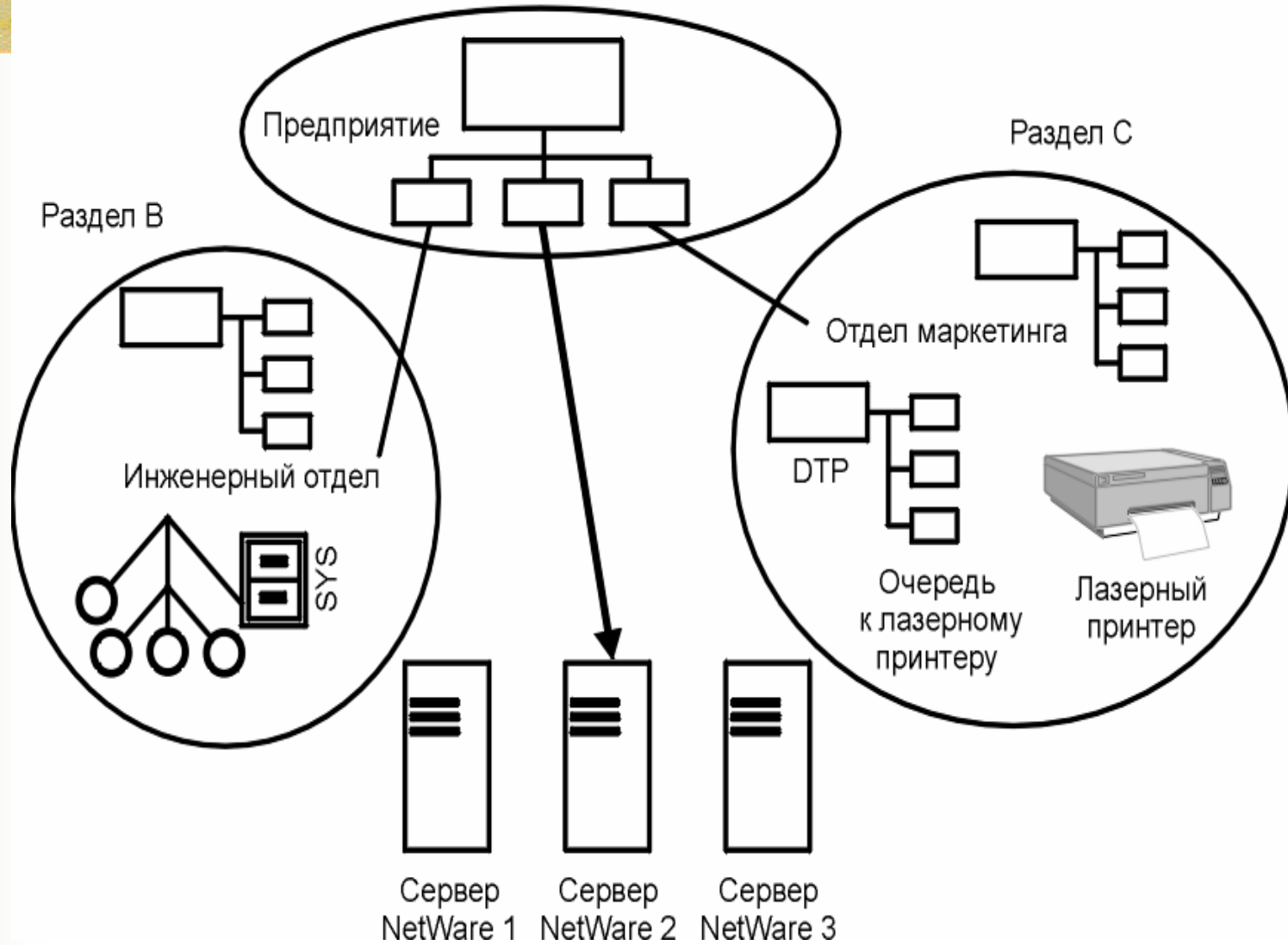
Очередь к лазерному принтеру

Лазерный принтер

Сервер NetWare 1

Сервер NetWare 2

Сервер NetWare 3



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

История IP-сетей — история Internet

□ начало 60-х -

начало работ по созданию первых сетей с коммутацией пакетов, уже существовала ARPANET (Advanced Research Projects Agency)

□ 1969 год -

DoD USA финансировало работы агентства DARPA по созданию сети с коммутацией пакетов. Фактор гетерогенности.

□ конец 70-х -

создание рабочего варианта стека протоколов TCP/IP

первая оргструктура Internet Control and Configuration Board (ICCB)

□ 1980-1983 годы -

установка стека TCP/IP на компьютеры сети ARPANET - первая реализация internetworking. BSD Unix **Internet** =ARPANET+MILNET.

□ 1985-1986 год -

Мощное финансовое вливание - программа National Science Foundation (NSF) по расширению доступа к сети. Сеть NSFNET

Internet =ARPANET+NSF

□ Конец 80-х - начало активного коммерческого использования Internet

□ 1991 г. – изобретение Web

Сейчас за один день идет обращение к 2 миллионам Web-страниц

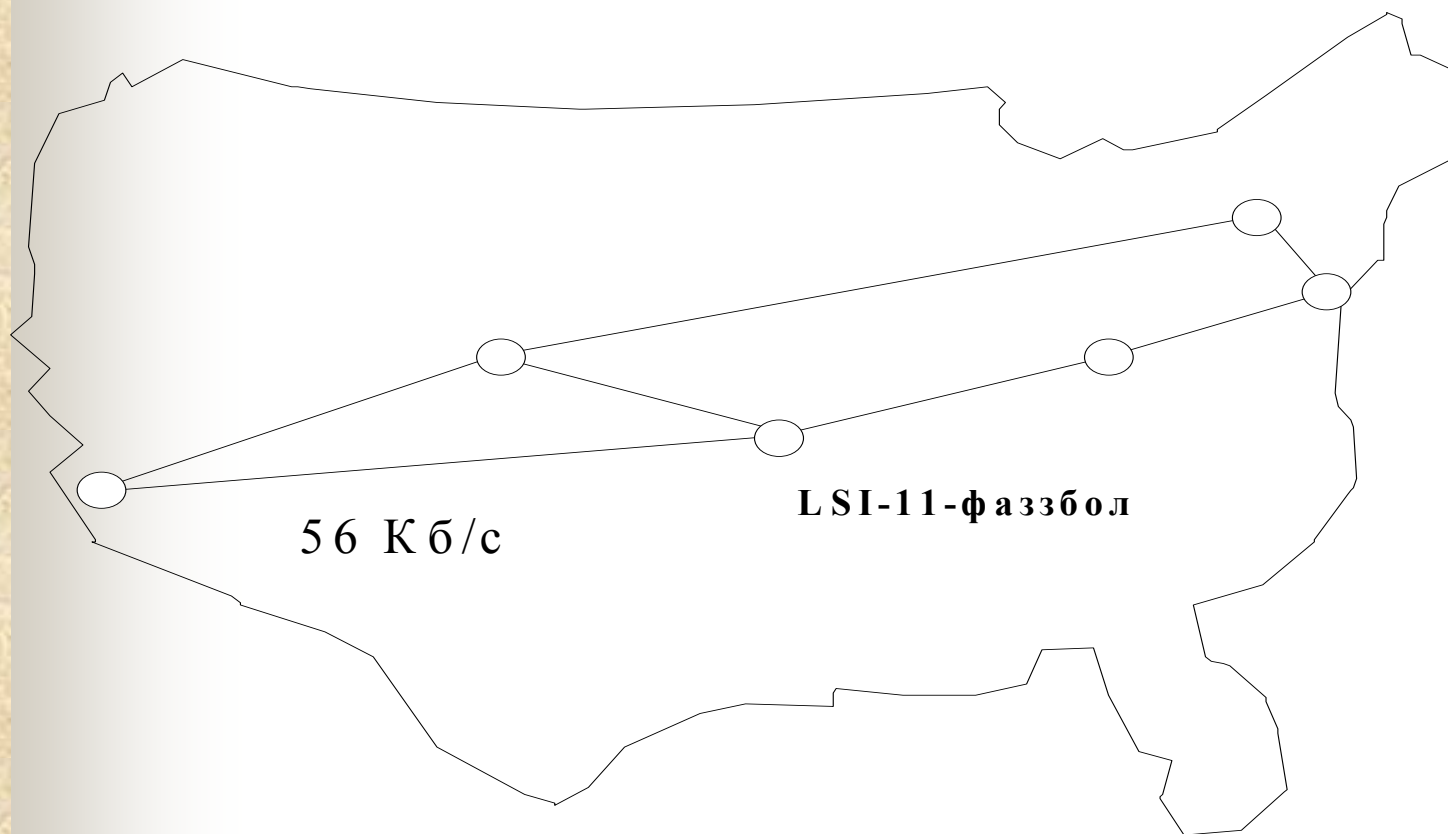
Эволюция транспортной структуры Internet

ARPANET в 1969 году

50 миникомпьютеров ВВN, связанных выделенными каналами **56 Кб/с**, протокол 1822.

Магистраль NSFNET в 1986 году

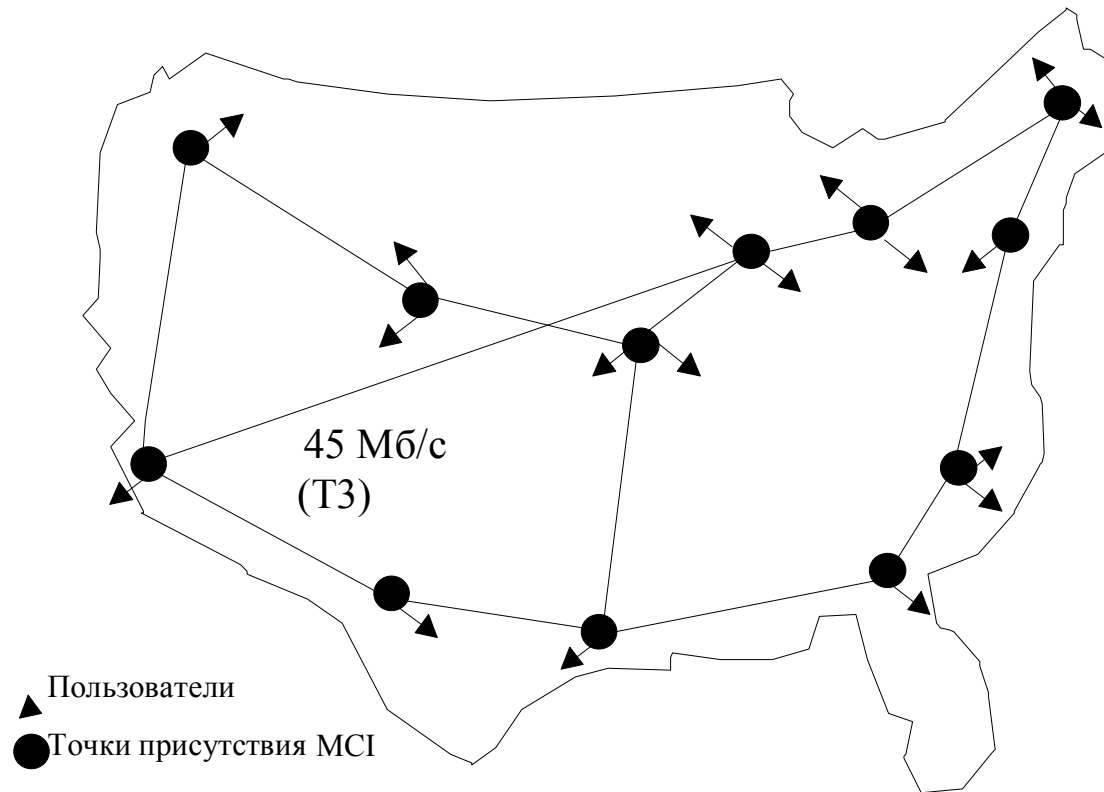
около 20 региональных локальных сетей



Магистраль ANSNET в 1990 году-первый шаг на пути коммерциализации

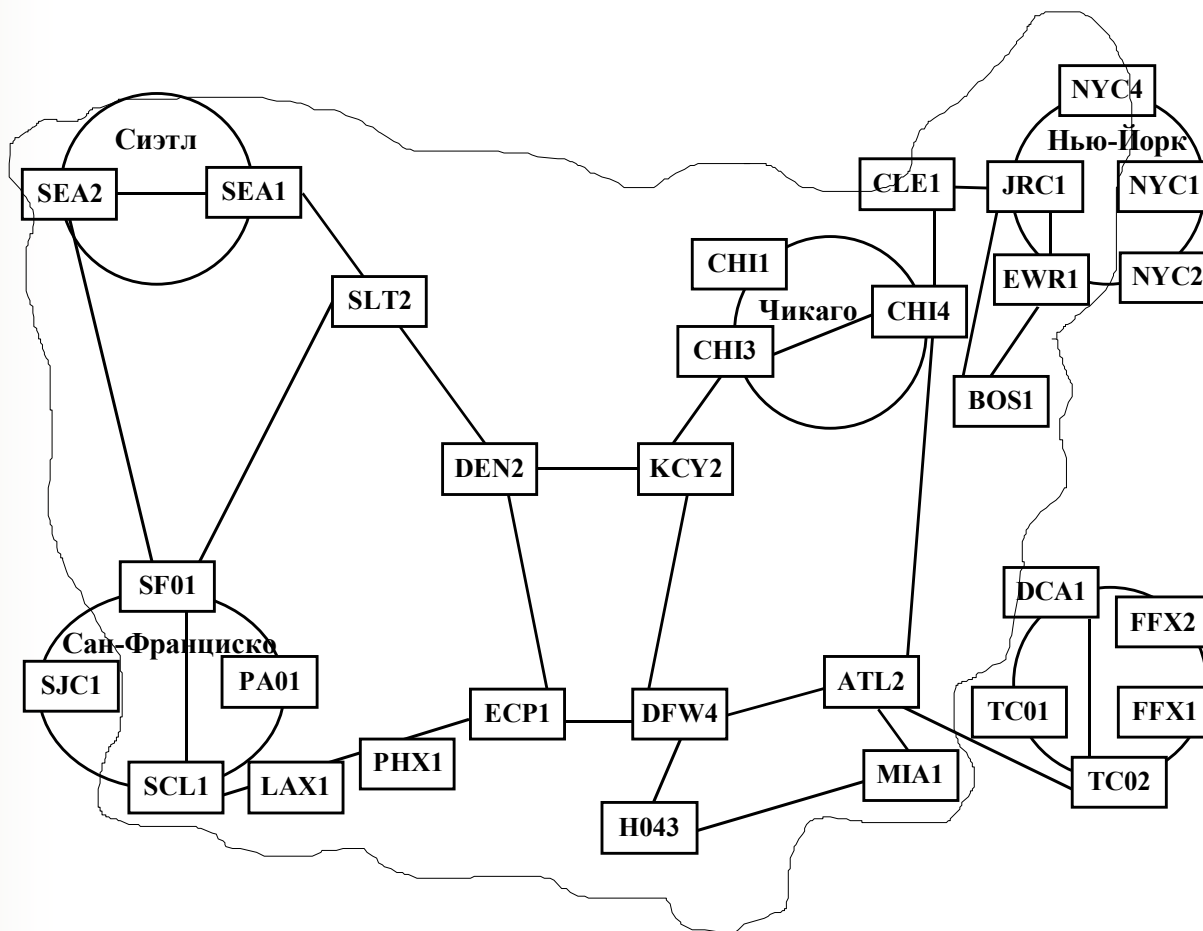
MCI – оптоволоконные каналы, IBM и MERIT – центр управления. Пропускная способность **1,544 Мб/с**

Магистраль ANSNET после 1993 года



Пример магистрали ATM компании UUNET

Пропускная способность 622 Мб/с

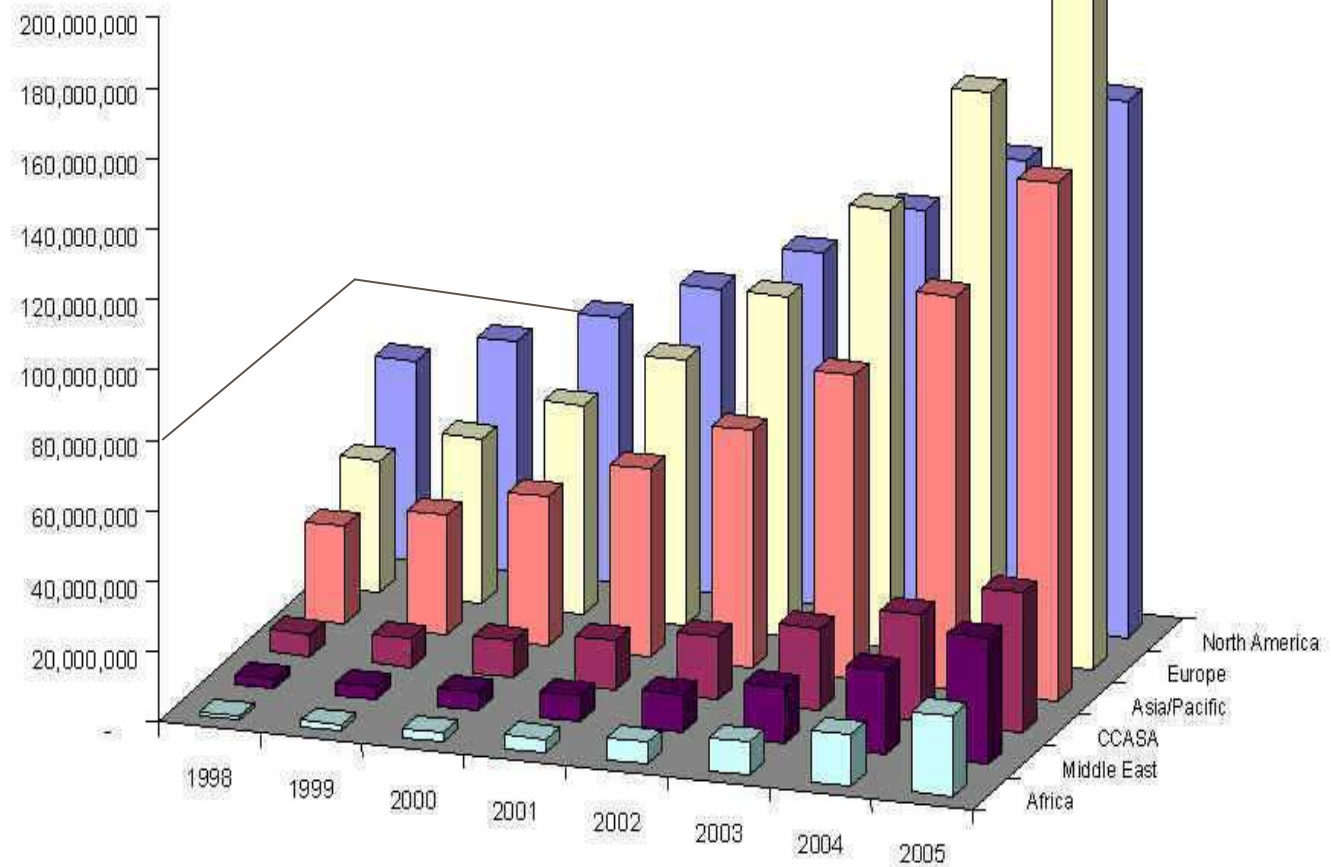


Темпы роста Internet

Год	Количество хостов
1969	4
1972	14
1980	100
1984	500
1990	200 000
1992	> 1 000 000
2000	75 000 000
2003	180 000 000

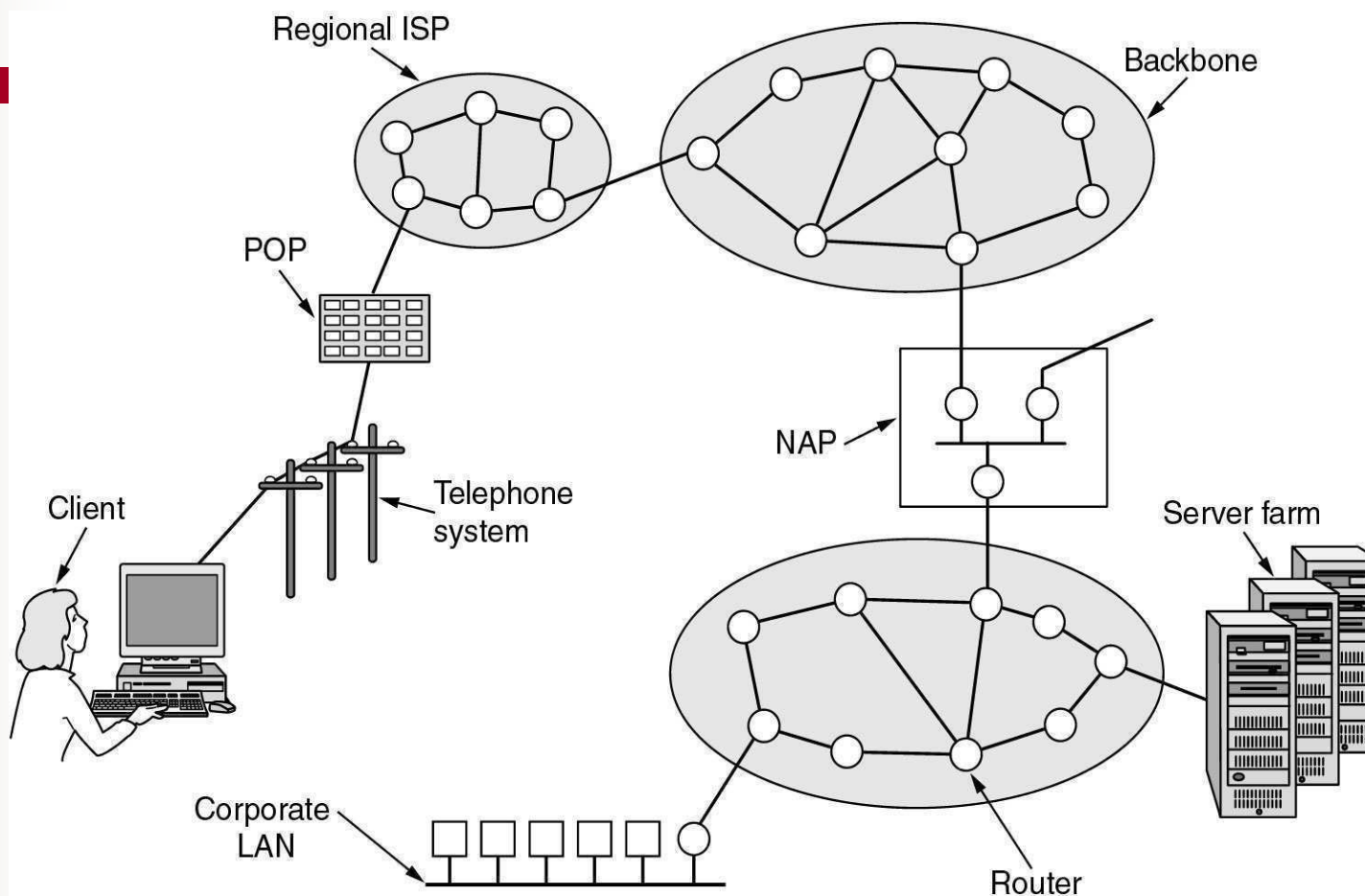
- 300 млн. пользователей в 2000 г.,
- 900 млн. (как и у телефонной сети) – к 2005 г.
- 2003 год **90%** мирового трафика переносится через Internet

Количество пользователей Internet в мире — 1998-2005



Source: Probe Research, Inc 1999.

Архитектура Internet



Значение Internet для телекоммуникационного мира

•Технология коммутации пакетов доказала свою эффективность и масштабируемость

Протокол IP сделал возможным объединение сетей разных технологий в единую сеть

Из сети для обмена специализированной информацией между компьютерами Internet превратился в глобальное средство коммуникаций между людьми

➤ **Новые сервисы: Web, chat, e-коммерция**

• Internet – фактор всемирной экономики:

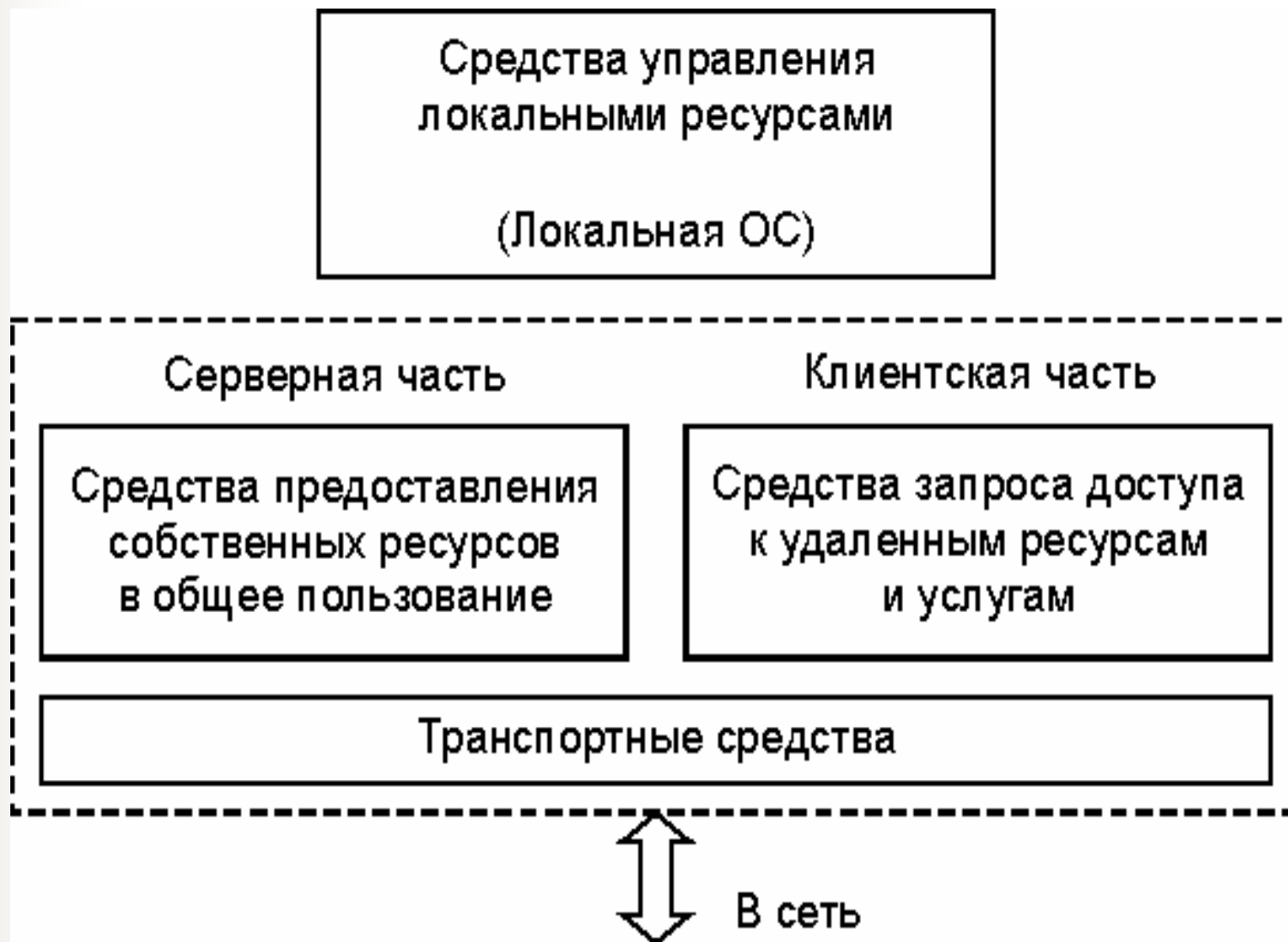
➤ **Отрасль промышленности – доходы от передачи данных в 2000 г. – около 100 млрд. долларов**

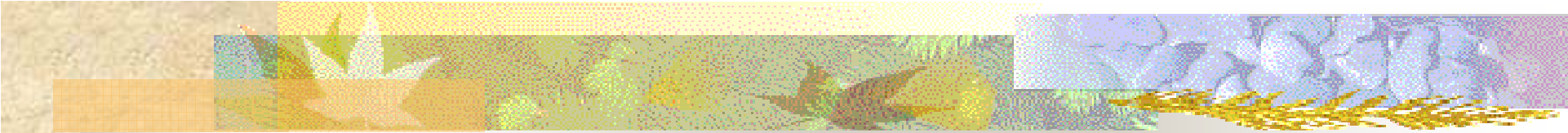
➤ **Миллионы людей и тысячи компаний заняты в этой отрасли**

Конвергенция компьютерных и телекоммуникационных сетей

- Технологии цифровых сетей с интегрированным обслуживанием (Integrated Services Digital Network, ISDN)
- IP-телефония
- Методы обеспечения требуемого качества обслуживания (Quality of Service, QoS).
- Универсальные мультисервисные сети, способных одинаково эффективно передавать информацию любого типа: данные, голос и видео

Функциональные компоненты сетевой ОС





● Разделение локальных ресурсов каждого компьютера между всеми пользователями сети достигается с помощью :

■ *клиентов (client)*, которые формируют запросы на доступ к удаленным компьютерам,

серверов (server), принимающих эти запросы из сети и предоставляющих запрашиваемые ресурсы.

■ Набор модулей «клиент – сервер» представляет собой распределенную программу, реализующую сетевую *службу (service)*.



Сетевая служба -

совокупность серверной и клиентской частей ОС, предоставляющих доступ к некоторому ресурсу компьютера через сеть

Сетевой сервис —

набор услуг, предоставляемых сетевой службой; интерфейс между потребителем услуг и поставщиком услуг (службой)



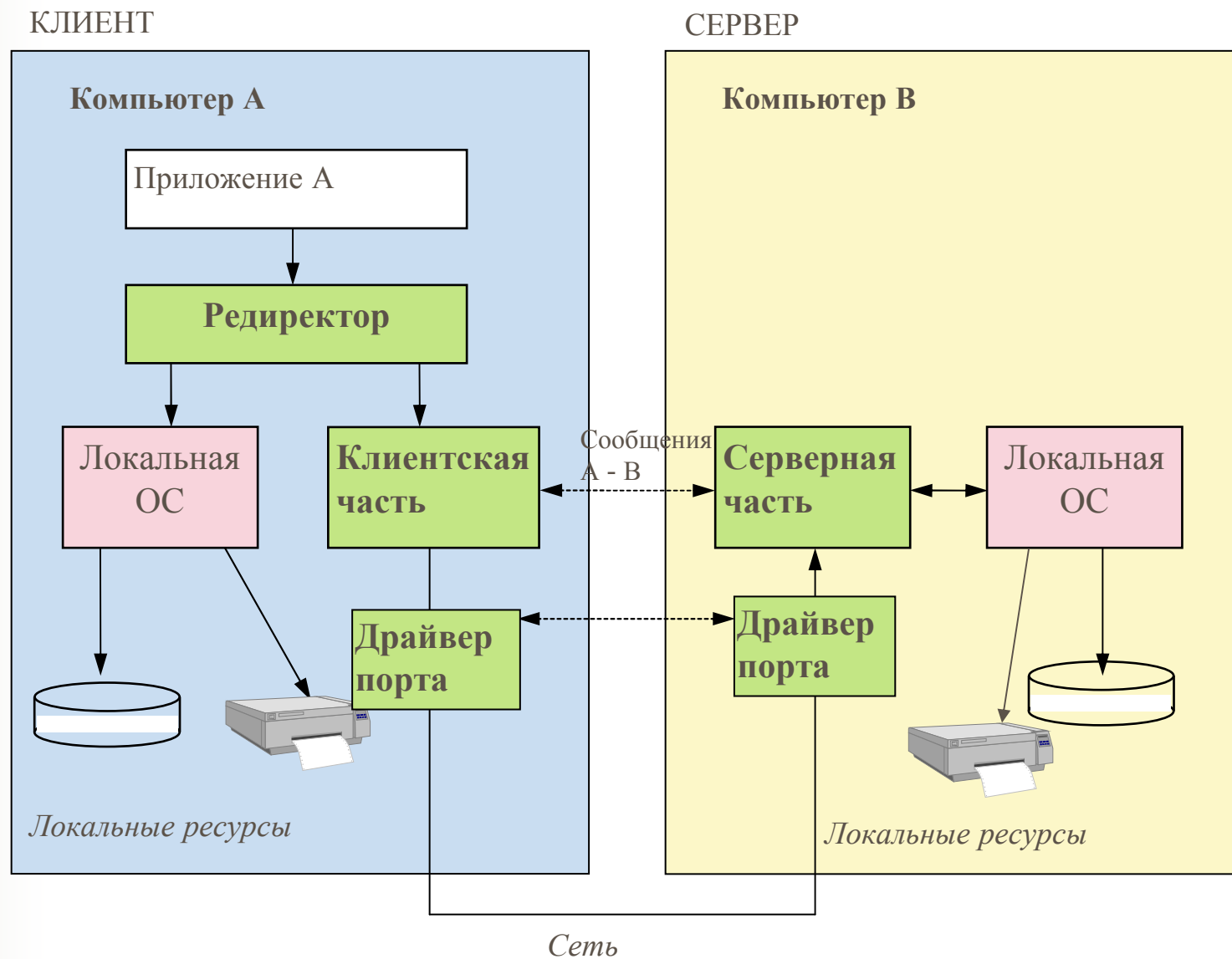
Сервисы в вычислительной сети

■ *Сервисы по совместному использованию ресурсов:*

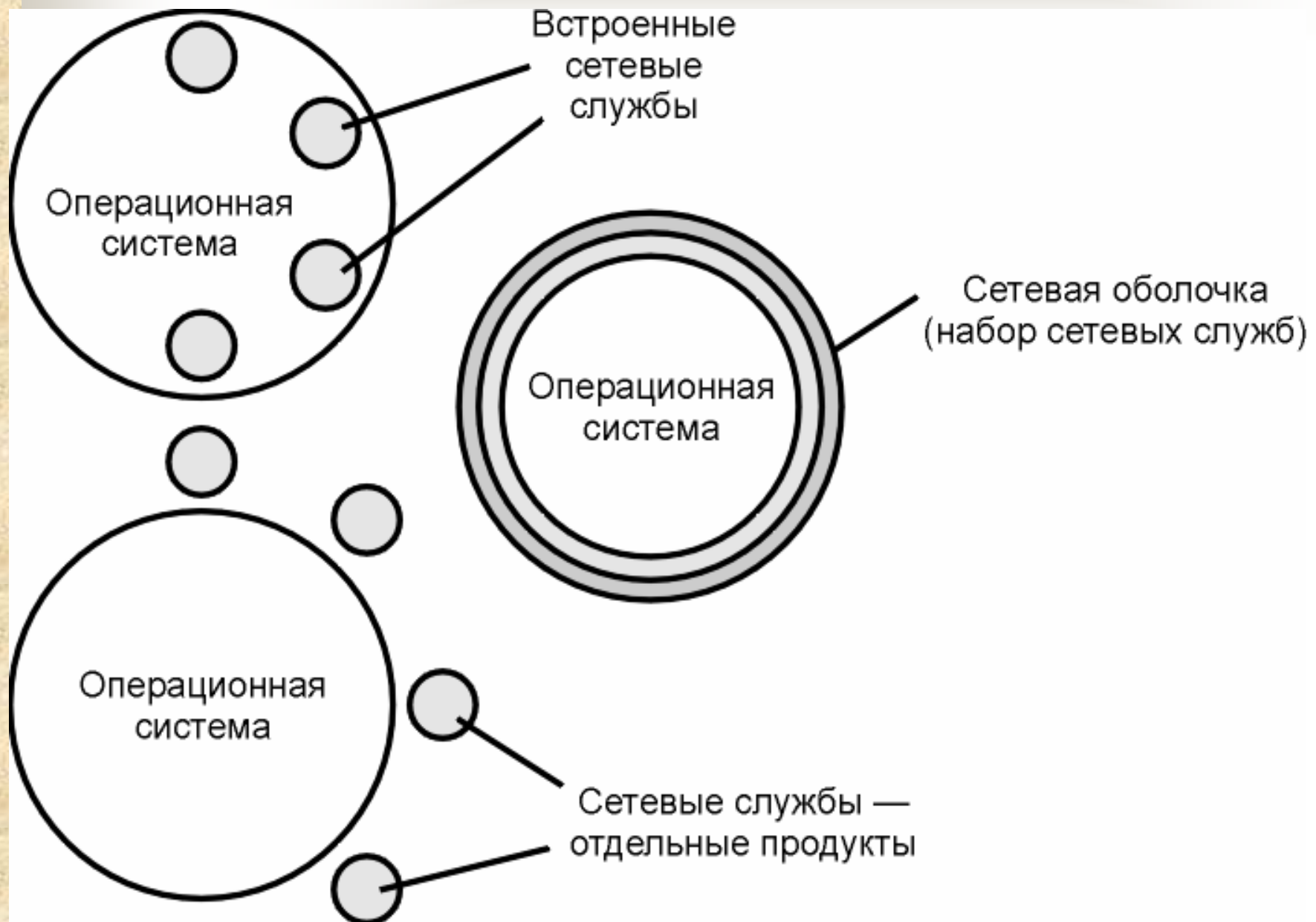
- файлов
- принтеров
- модемов
- факсов
- баз данных
- процессоров (серверы приложений)

Службы: файловая, почтовая, служба печати, служба удаленного доступа, служба каталогов, безопасности, резервного копирования и архивирования и др.

Взаимодействие программных компонент



Варианты построения сетевых ОС





Серверные ОС UNIX

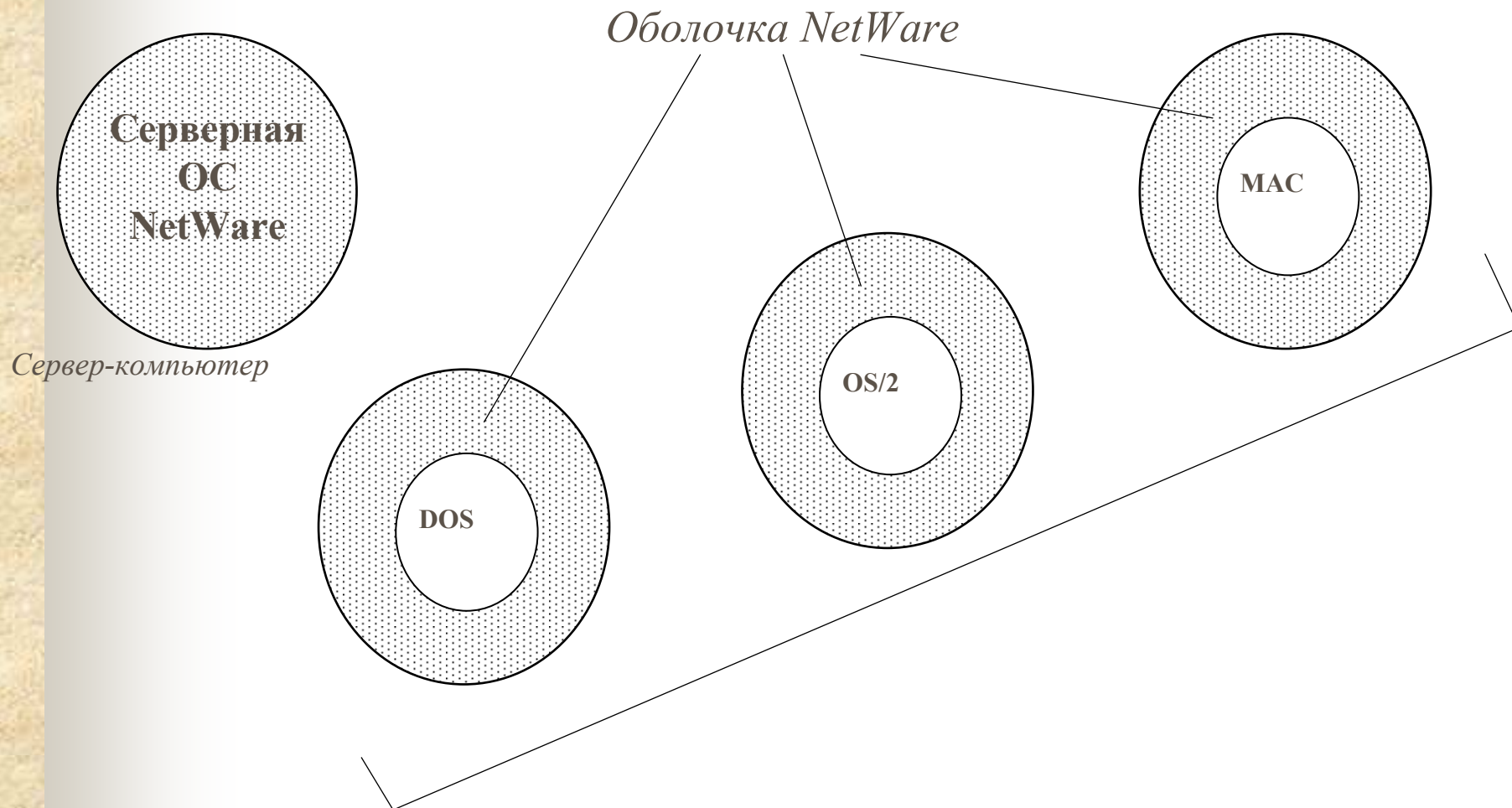
- Фирменные версии UNIX: SunOS, HP-UX, Irix, AIX
- стандарты POSIX и XPG, определяющие интерфейсы ОС для приложения
- AT&T выпустило несколько версий UNIX System III и UNIX System V, призванных консолидировать разработчиков на уровне кода ядра.



Серверная ОС NetWare 4

- *Специализированная ОС, оптимизированная для работы в качестве файлового сервера и принт-сервера*
- *Ограниченные возможности сервера приложений:*
 - Не имеет виртуальной памяти, не вытесняющая многозадачность,
 - Ограниченная поддержка симметричного мультипроцессирования.
 - Отсутствуют популярные API UNIX, Windows, OS/2, нет графического пользовательского интерфейса

NetWare - сетевая ОС для сетей с выделенным сервером



Особенности NetWare, обеспечивающие высокую производительность

- Специализированность серверной ОС,
- Работа всех модулей ОС в защищенном режиме
- Использование нитей и невытесняющей многозадачности
- Монолитность ядра
- Развитие средства кэширования диска
- Индексирование больших файлов
- Параллельный поиск на дисках

Служба каталогов NetWare Directory Services (NDS)

NDS - это глобальная служба справочников, использующая распределенную объектно-ориентированную базу данных о разделяемых сетевых ресурсах в многосерверных сетях NetWare.

NDS содержит информацию о:

- .. пользователях
- .. группах пользователей
- .. компьютерах
- .. томах
- .. принтерах
- .. очередях к принтерам



Операционные системы в 90-е годы

- мультиплексирования нескольких стеков протоколов
- поддержку средств работы с Интернетом
- *корпоративные сетевые операционные системы*
единая справочная служба, безопасность
многоплатформенность, удобство работы
человека с компьютером

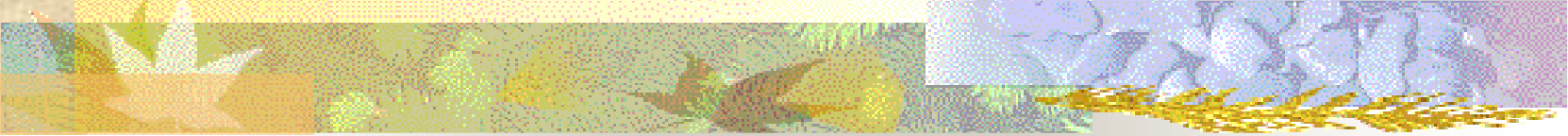
Общая техническая характеристика Windows NT/2000





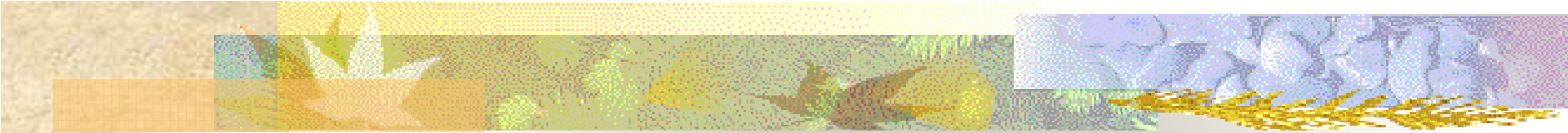
Сетевая ОС с выделенным сервером, поддерживает и одноранговые связи

- Серверные платформы: компьютеры на базе процессоров Intel, PowerPC, DEC Alpha, MIPS
- Клиентские платформы: DOS, OS/2, Windows, Windows for Workgroups, Macintosh, Windows 95/98
- Организация одноранговой сети возможна на основе Windows NT Workstation
- Служба обработки сообщений - версии Microsoft Mail, основанные на DOS и Windows NT, Microsoft Exchange, интегрированная с остальными службами Windows NT Server
- Поддерживаемые сетевые протоколы: TCP/IP, IPX/SPX, NetBEUI, Appletalk



Windows NT Server - сервер приложений: вытесняющая многозадачность, виртуальная память и симметричное мультипроцессирование, а также прикладные среды DOS, Windows, OS/2, POSIX

- Справочные службы: доменная для управления учетной информацией пользователей (Windows NT Domain Directory service), справочные службы имен WINS и DNS
- Хорошая поддержка совместной работы с сетями NetWare: поставляется клиентская часть для сервера NetWare, выполненная в виде шлюза GWNW в Windows NT Server или редиректора NWCS для Windows NT Workstation; серверная часть - File and Print Service, протокол NW Link

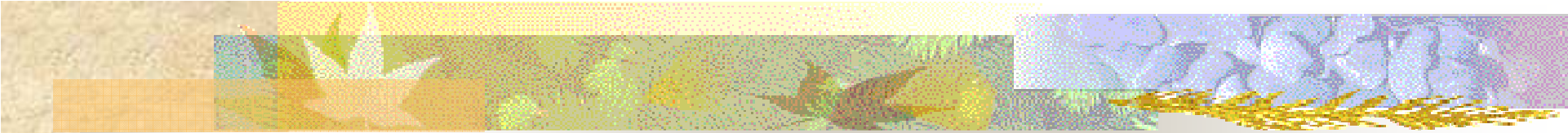


Поддержка удаленных пользователей: ISDN, коммутируемые телефонные линии, frame relay, X.25 с помощью встроенной подсистемы Remote Access Server (RAS)

- Служба безопасности: основана на использовании избирательных прав доступа и доверительных отношений между доменами; сертифицирована по уровню C2
- Простота установки
- Отличная масштабируемость, SMP
- Файловые системы: FAT, NTFS

Сближение локальных и глобальных сетей

- Цифровая передача данных по волоконно-оптическим линиям связи
- Доминирование протокола IP
- Информационная служба World Wide Web, intranet-технологии
- Методы обеспечения защиты информации
- ATM, Ethernet 10G



Классификация сетей по территориальному признаку

- Локальные сети (Local Area Network - LAN)
- Городские сети (Metropolitan Area Network - MAN)
- Глобальные сети (Wide Area Network - WAN)
- Беспроводные сети



Применение компьютерных сетей

■ Сети операторов связи

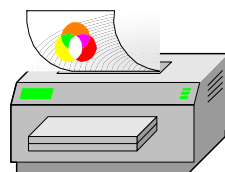
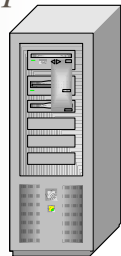
- сети доступа
- магистральные сети
- информационные центры

■ Корпоративные сети:

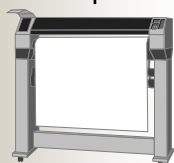
- сеть отдела
- сеть кампуса
- корпоративная сеть

Сеть отдела

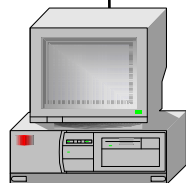
Файл-сервер
Принт-сервер
Сервер приложений



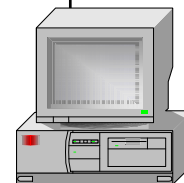
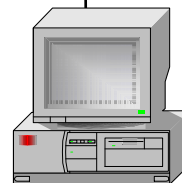
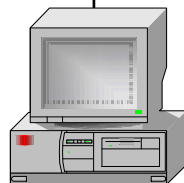
Лазерный принтер



Плоттер



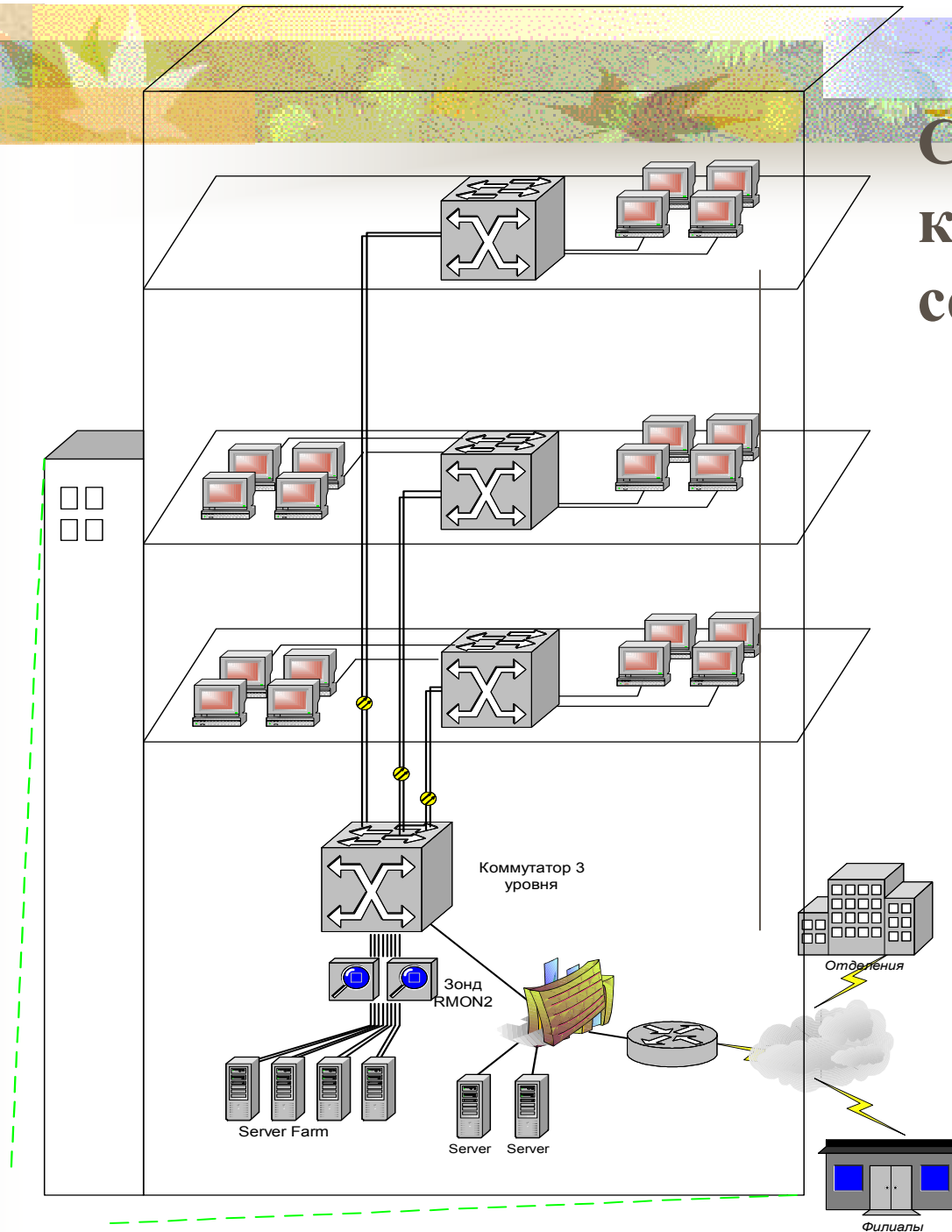
Факс-сервер



Рабочие станции пользователей



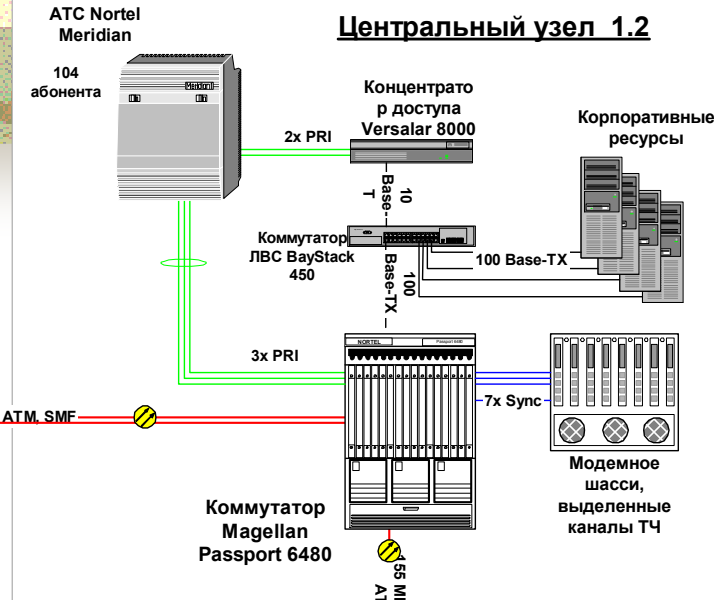
Сеть здания - как пример сети кампуса



Центральный узел 1.1



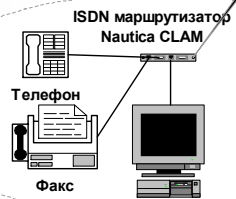
Центральный узел 1.2



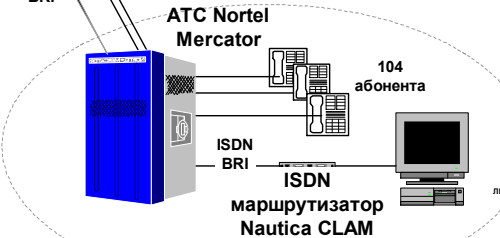
Сеть оператора связи

ATM Network

ISDN



Городской филиал категории 3.1 и 3.2



Городское отделение категории 2.1



Применение компьютерных сетей

■ Использование сетей частными лицами:

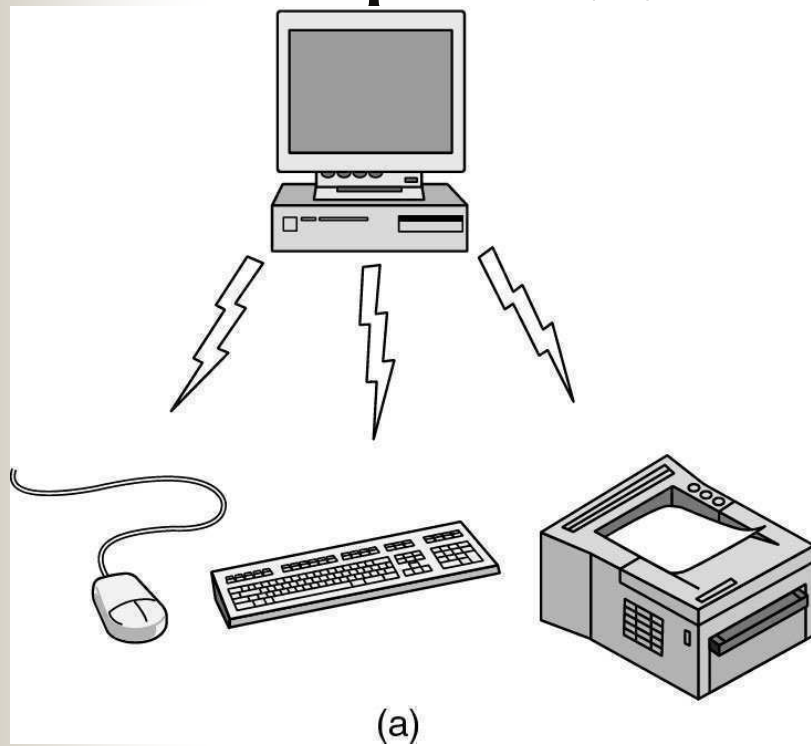
- домашние сети;
- доступ к удаленной информации;
- общение; развлечения;
- электронная коммерция B2C, B2B, C2C, G2C

■ Равноранговые сети P2P (peer-to-peer-пиринговые сети)

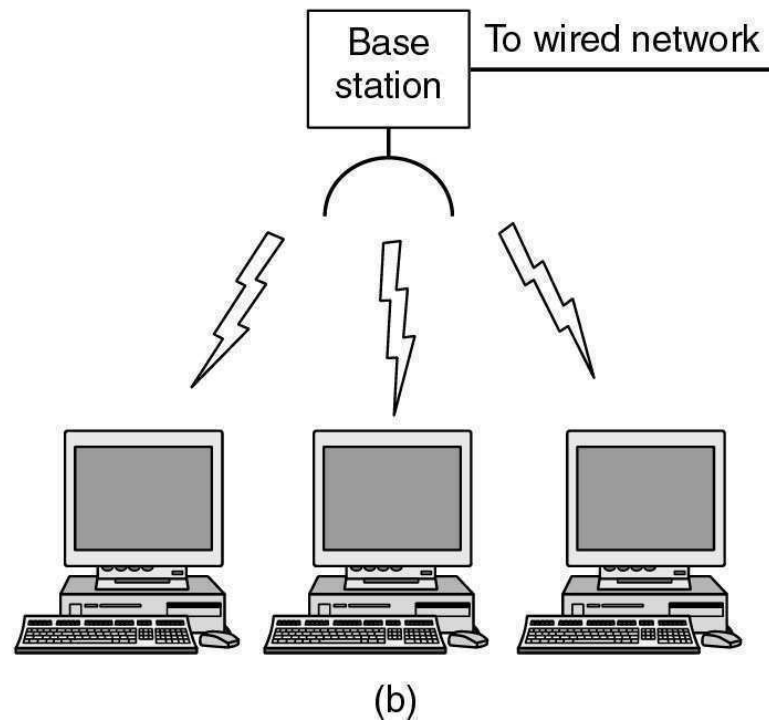
Napster (1999-2000)-40 млн. пользователей

Emule, Edonkey, BitTorrent, и др.

Беспроводные сети

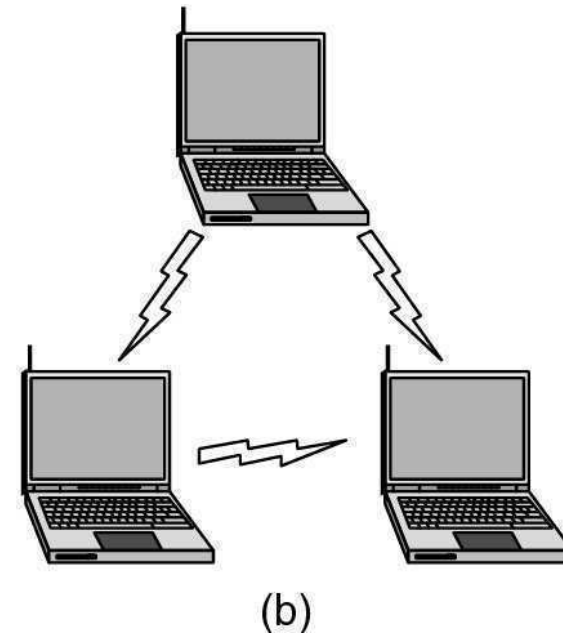
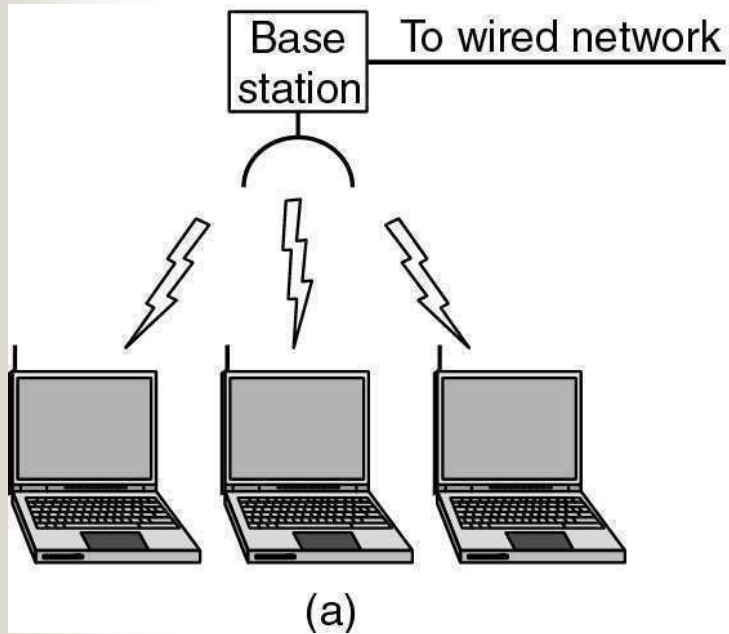


(a) Bluetooth



(b) Wireless LAN

Wireless LANs



- (a) Wireless networking with a base station.
- (b) Ad hoc networking.



Классификация сетей по функциям

- Одноранговые сети
- Сети с выделенным сервером
- Смешанные сети



Одноранговая сеть -

все ОС имеют серверы с равными потенциальными возможностями:

- .. по количеству клиентов
- .. по защите
- .. по производительности
- .. по настройке системных параметров
- .. по управлению и администрированию

(LANtastic, Personal Ware, Windows NT Workstation)

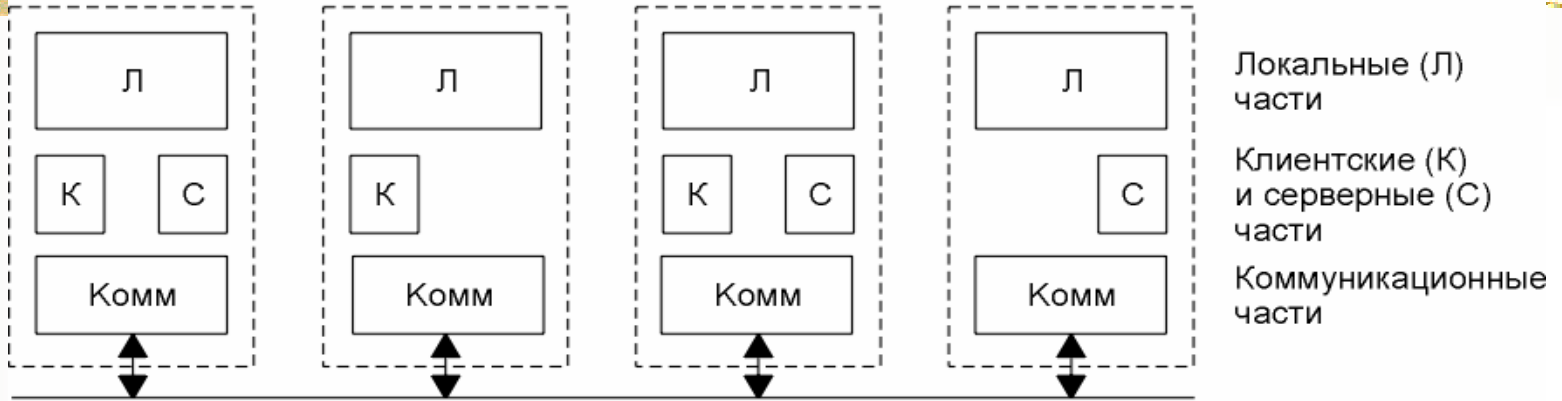
Сеть с выделенным сервером

имеются два варианта ОС, отличающихся потенциальными возможностями серверных частей, специализированный (выделенный) сервер:

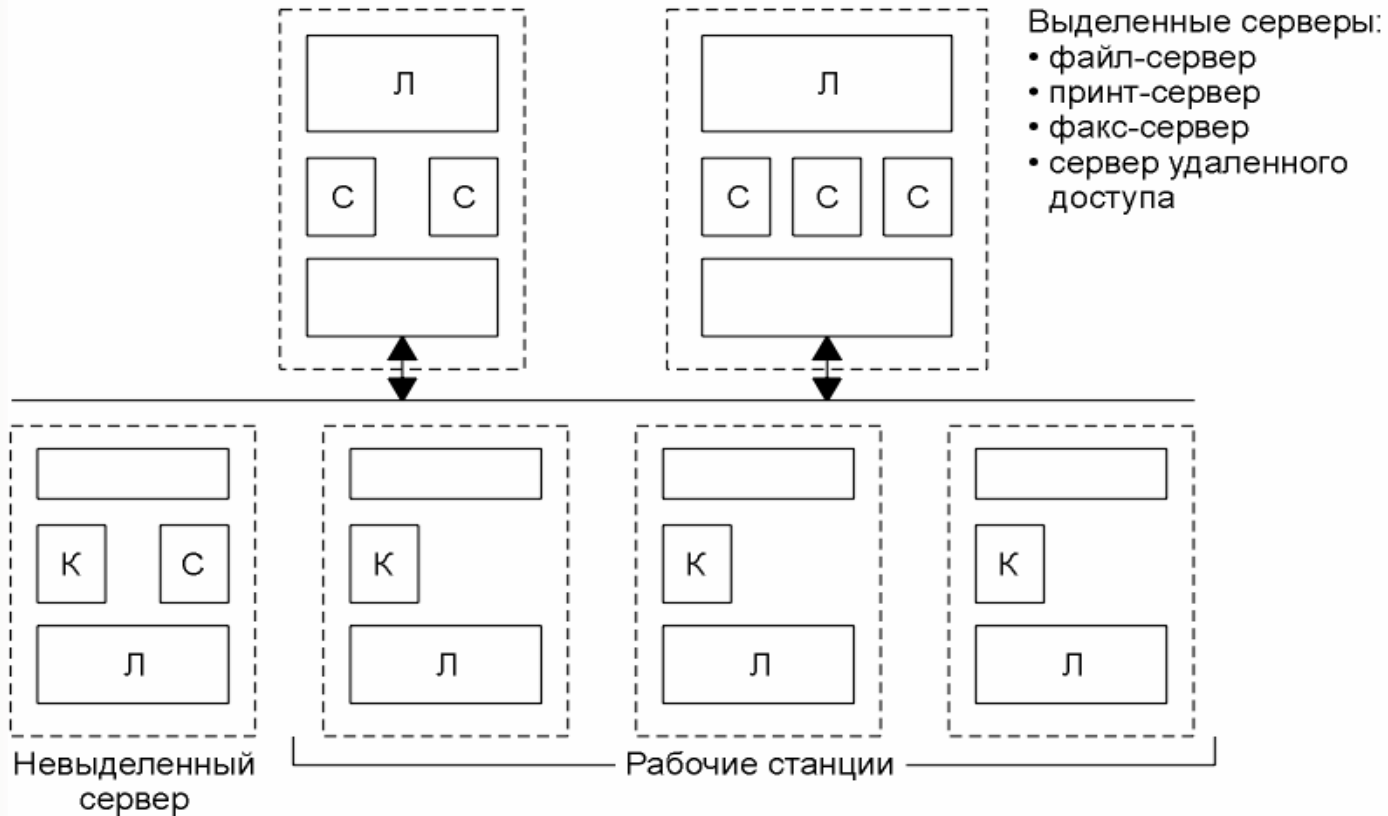
- .. имеет более высокую производительность
- .. может выполнять более широкий набор функций
- .. поддерживает большее количество одновременных соединений с клиентами
- .. реализует централизованное управление
- .. имеет более развитые средства защиты

(Windows NT Server + Windows NT Workstation,
NetWare + оболочки для клиентов)

Одноранговая сеть

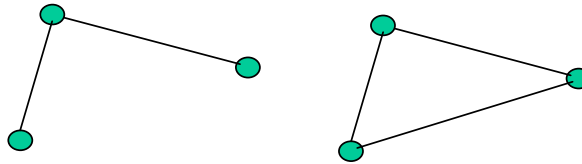


Двухранговая сеть

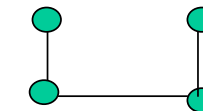
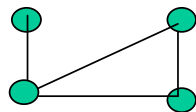
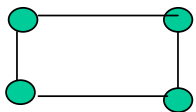
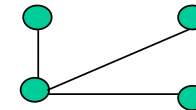
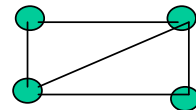
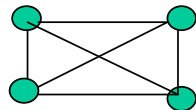


Топология

Варианты связи сетевых узлов

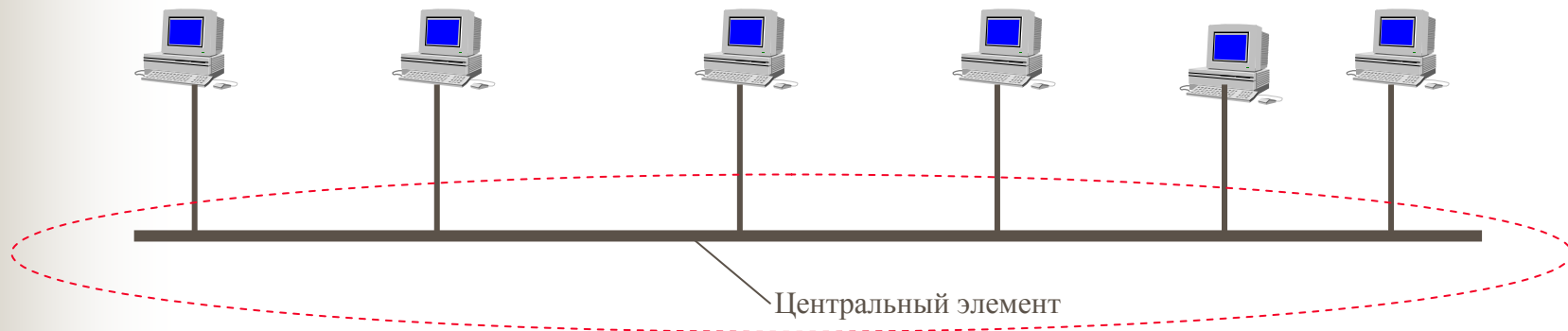


А) Варианты связи трех компьютеров



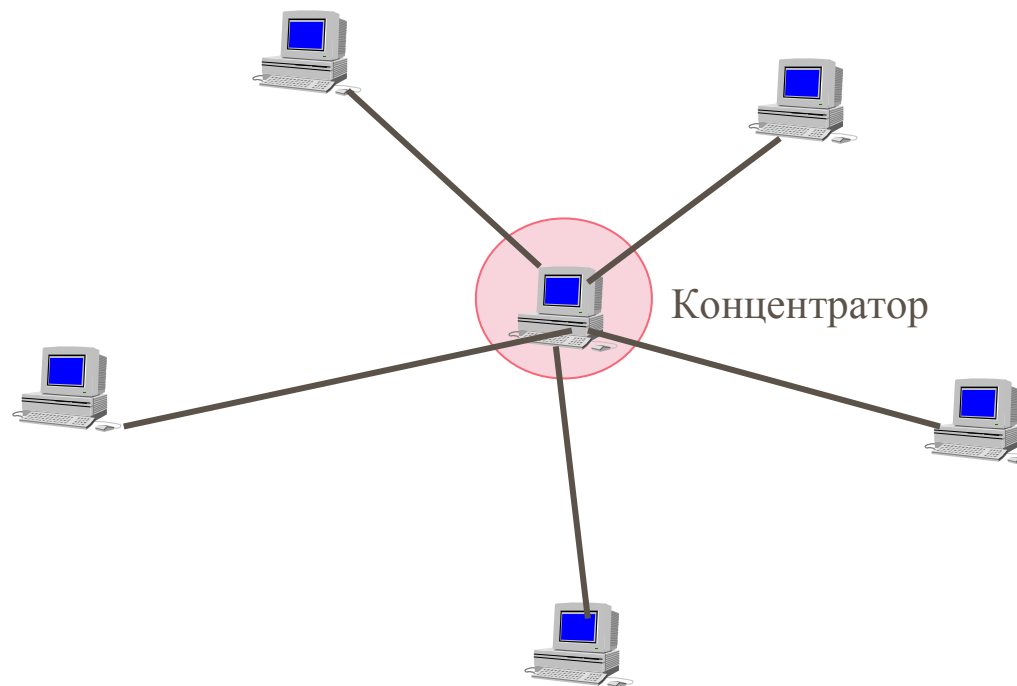
б) Варианты связи четырех компьютеров

Топология «общая шина» - канал, разделяемый всеми



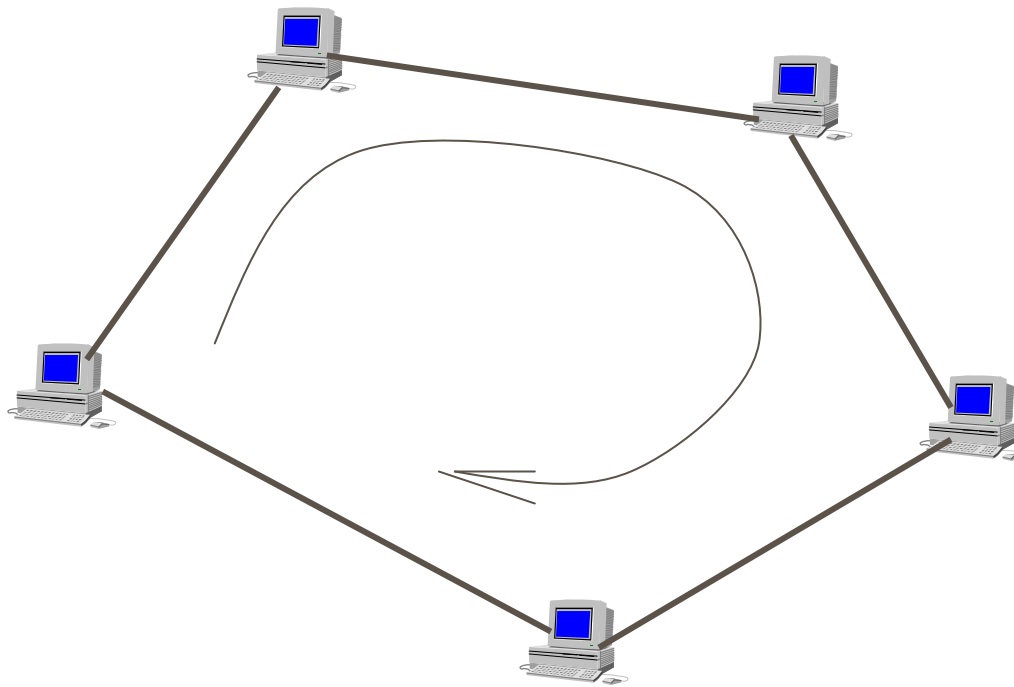
- Экономична, проста для установки
- Низкая надежность
- Плохая масштабируемость

■ Топология «звезда»



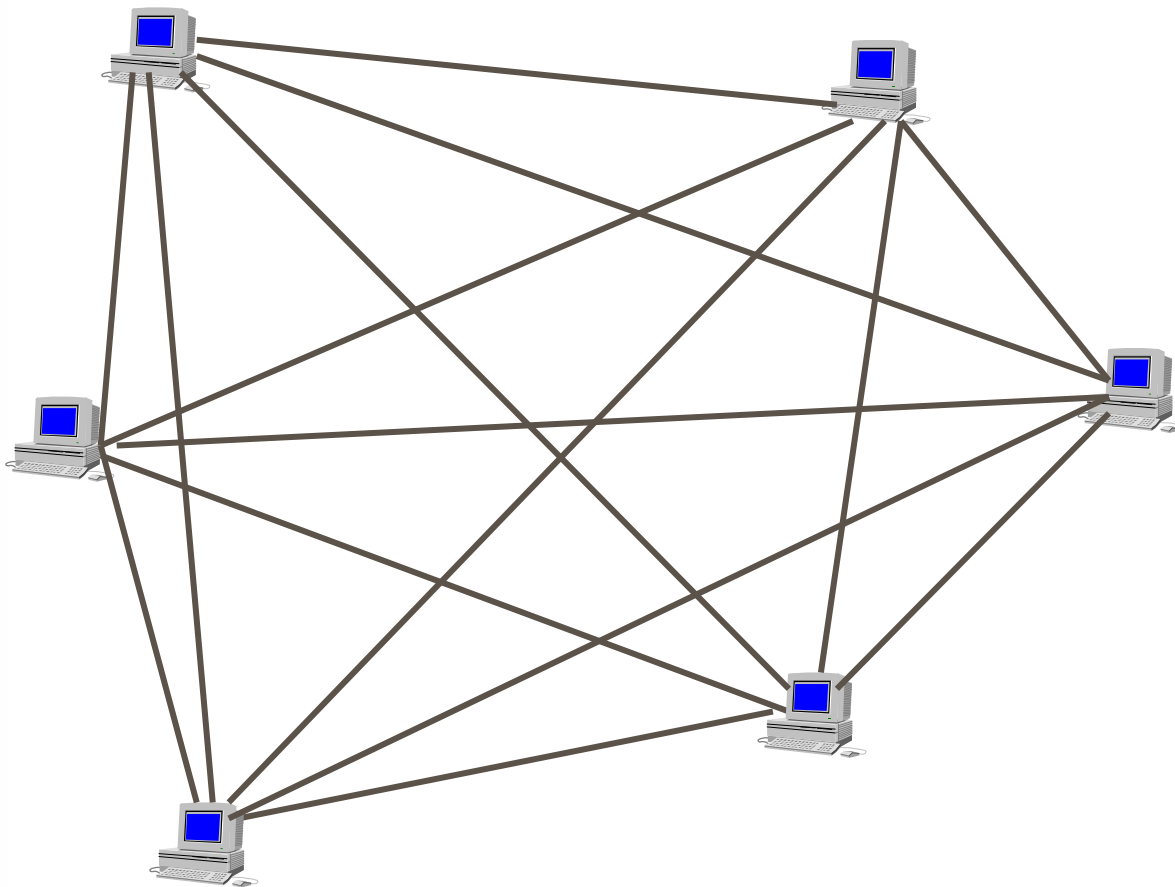
- Более надежна
- Требует специального устройства

■ Топология «кольцо»

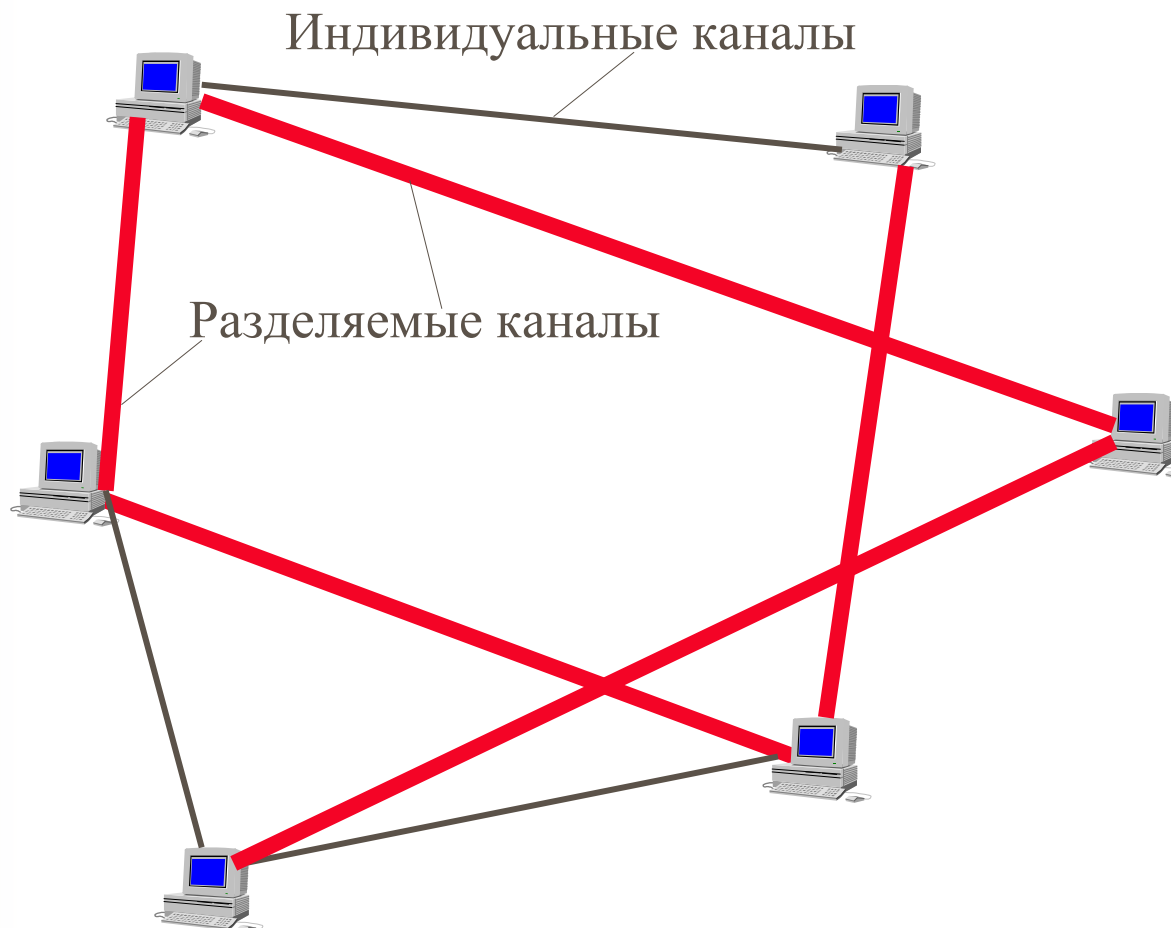


■ Возможность контроля доставки

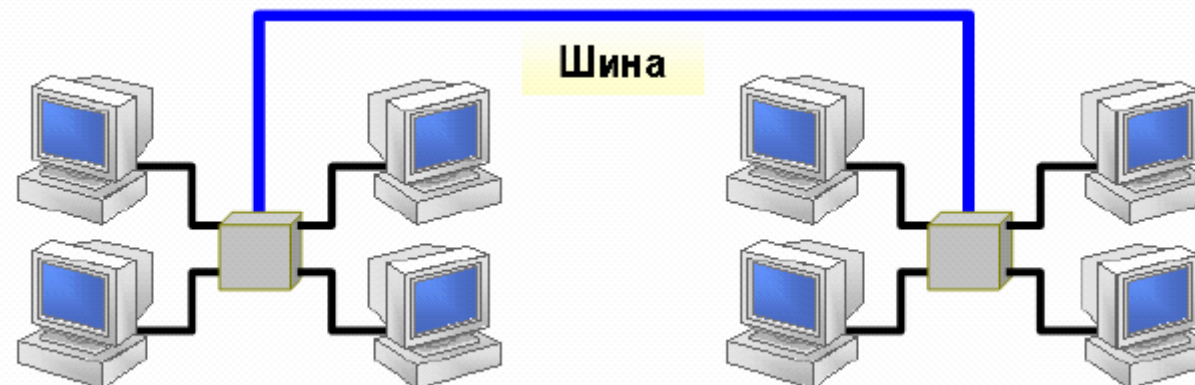
■ Полносвязная топология



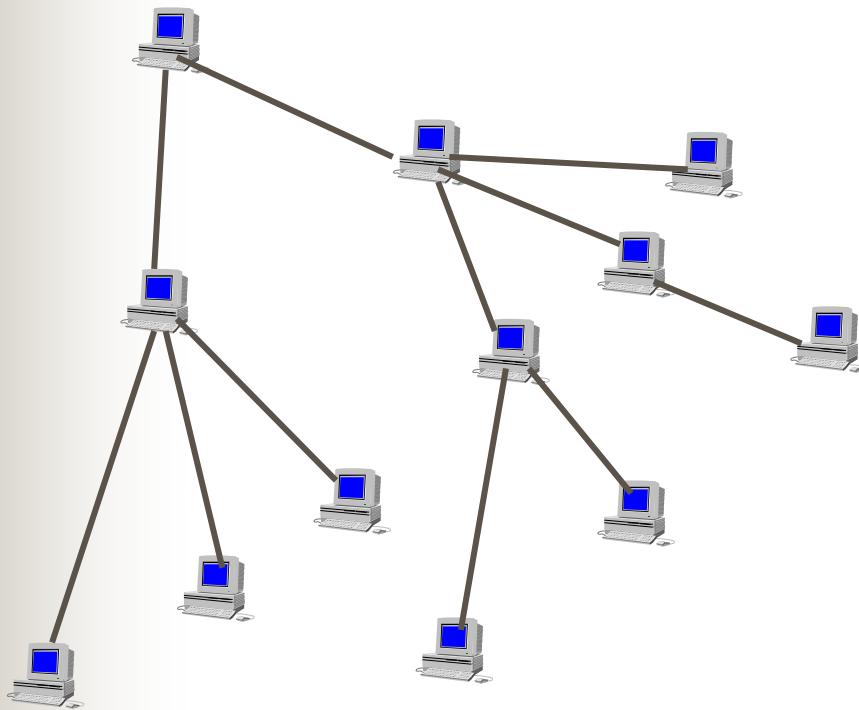
■ Ячеистая топология



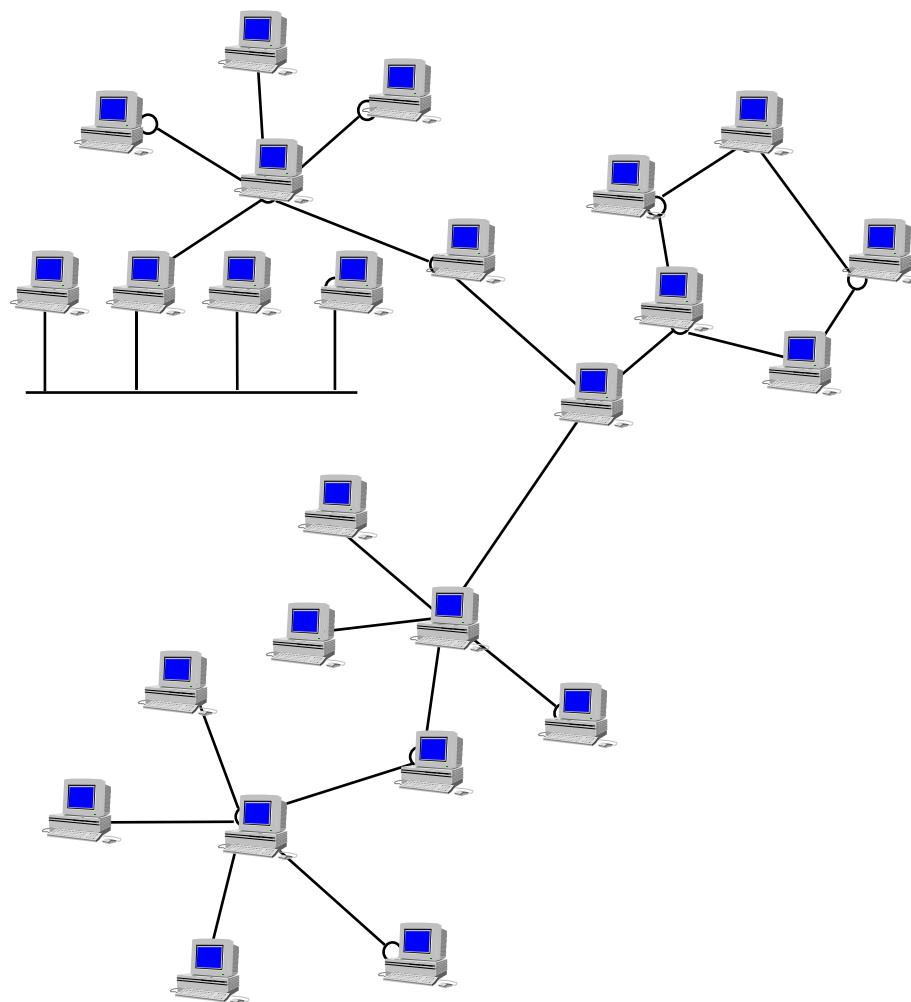
■ Star Bus



■ Топология «иерархическая звезда»



■ Смешанная топология





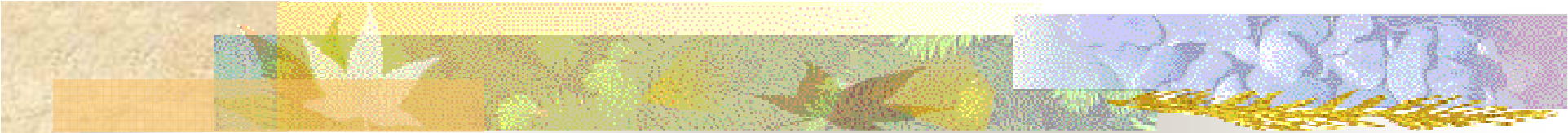
Логическая топология

- Определяет направления потоков данных между узлами
- Логическая шина-информация доступна всем узлам сегмента (физическая шина, звезда, дерево, сетка)
- Логическое кольцо-информация передается от узла к узлу (кольцо, звезда)



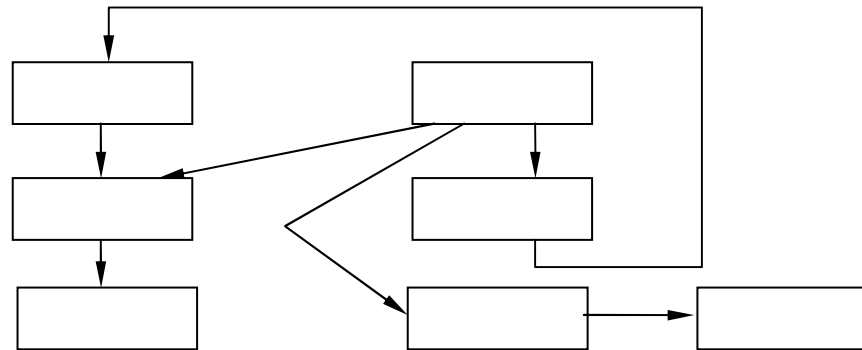
Методы доступа к среде

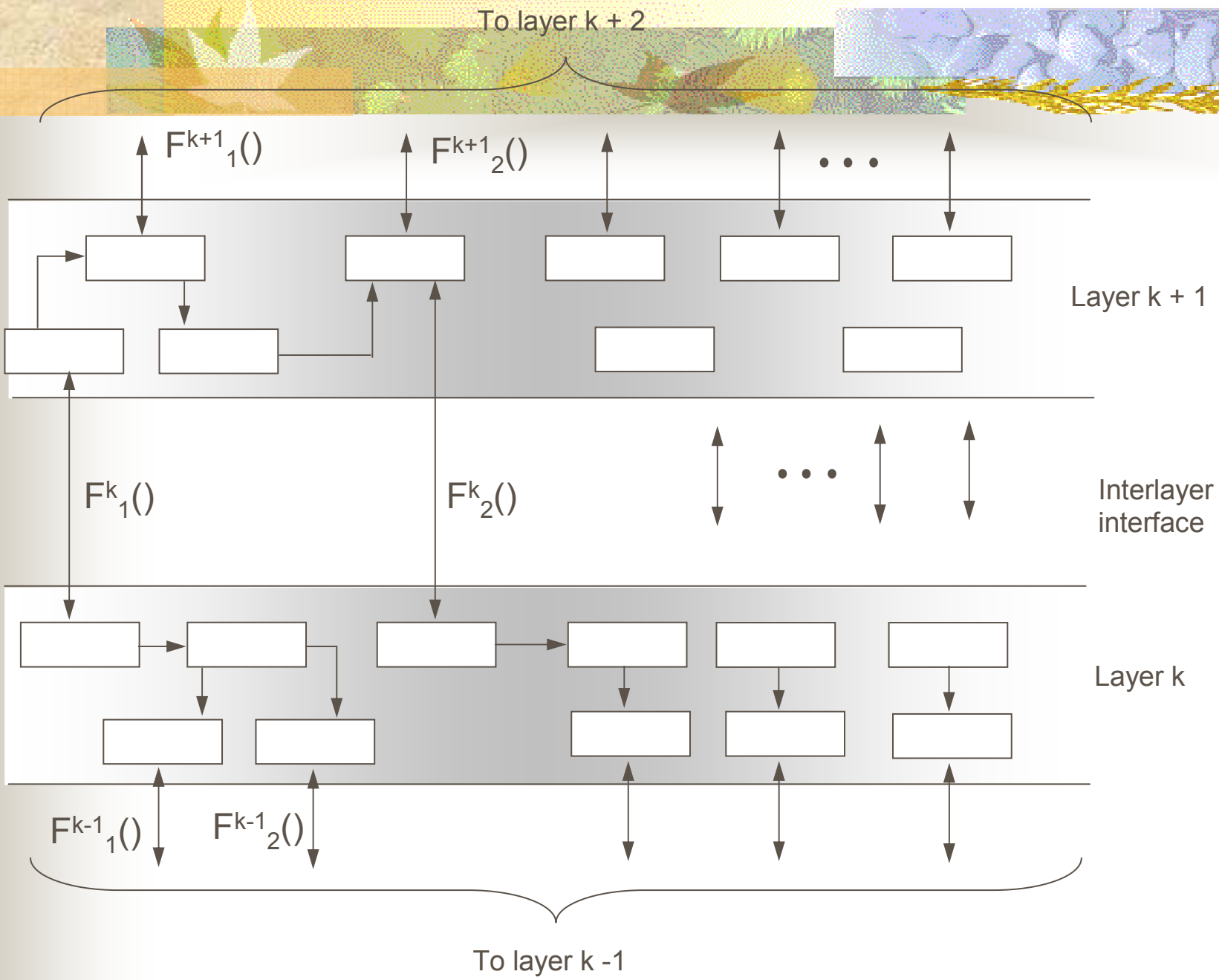
- Вероятностные: CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance), CSMA/CD(Carrier Sense Multiple Access/Collision Detect)
- Детерминированные:Token passing, Polling.

- 
- **Тема 2. Модель OSI. Понятие открытая система. Источники стандартов. Стандарты IEEE 802.x. Стеки протоколов.**

Универсальный прием - декомпозиция задачи

- Разбиение задачи на подзадачи - модули
- Четкое определение функций каждого модуля и интерфейсов между ними
- Результат - ясность структуры и простота модификации системы на уровне модулей





Концепция многоуровневого взаимодействия



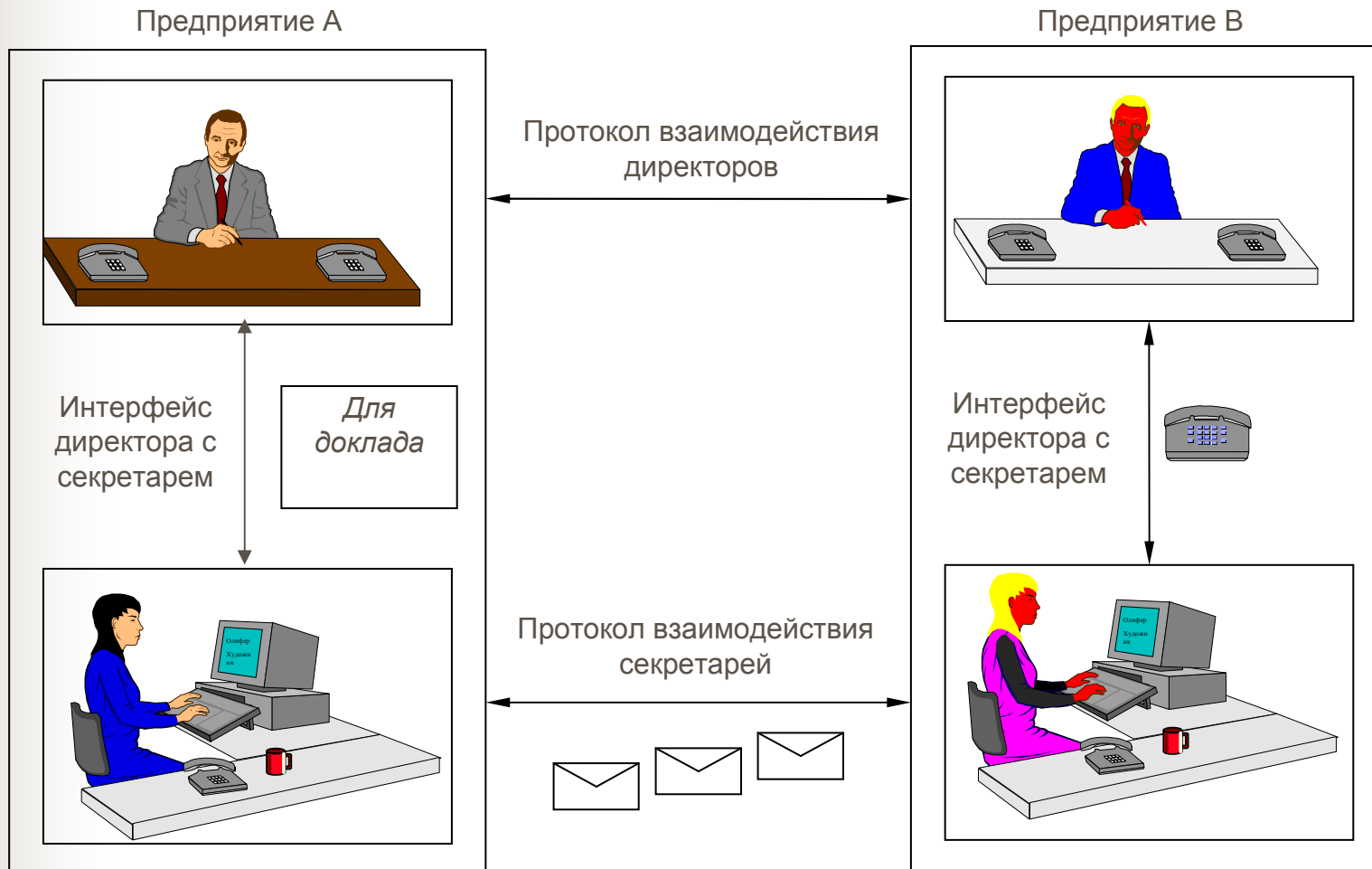
Многоуровневый подход.

Протокол.

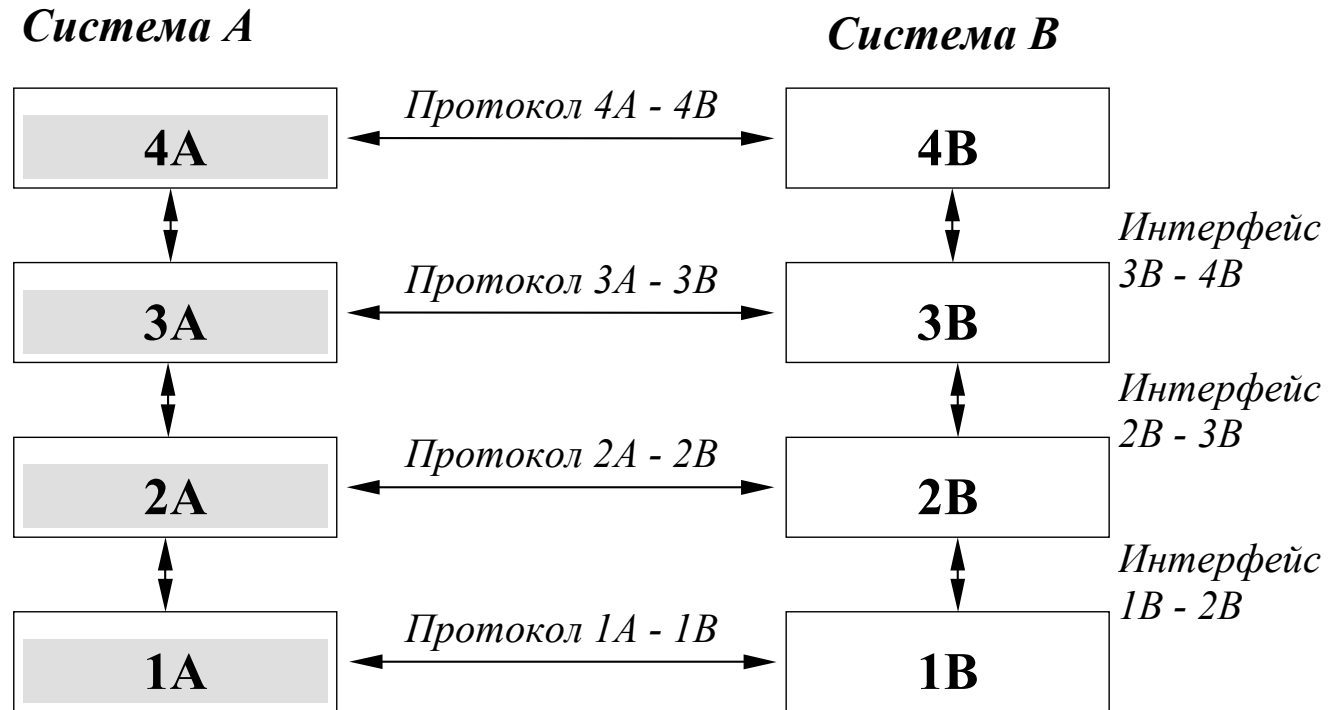
Интерфейс

Стек протоколов

Две взаимодействующие системы



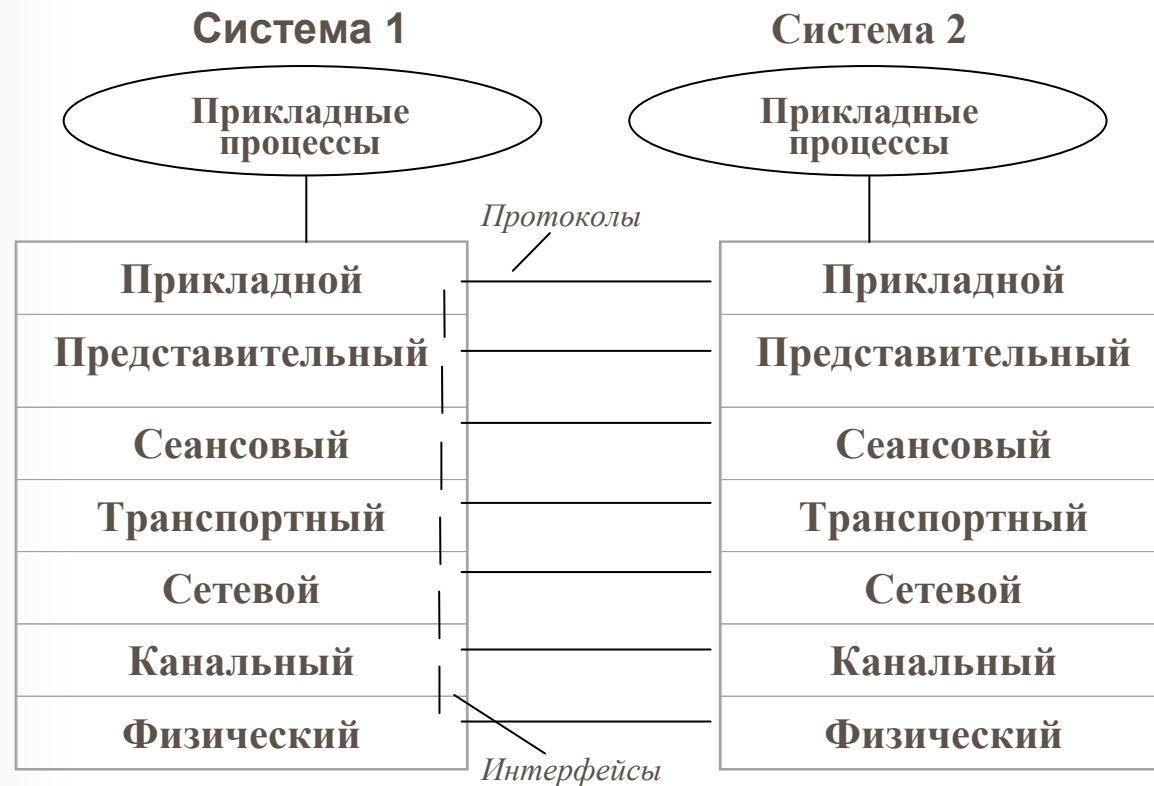
Две взаимодействующие системы



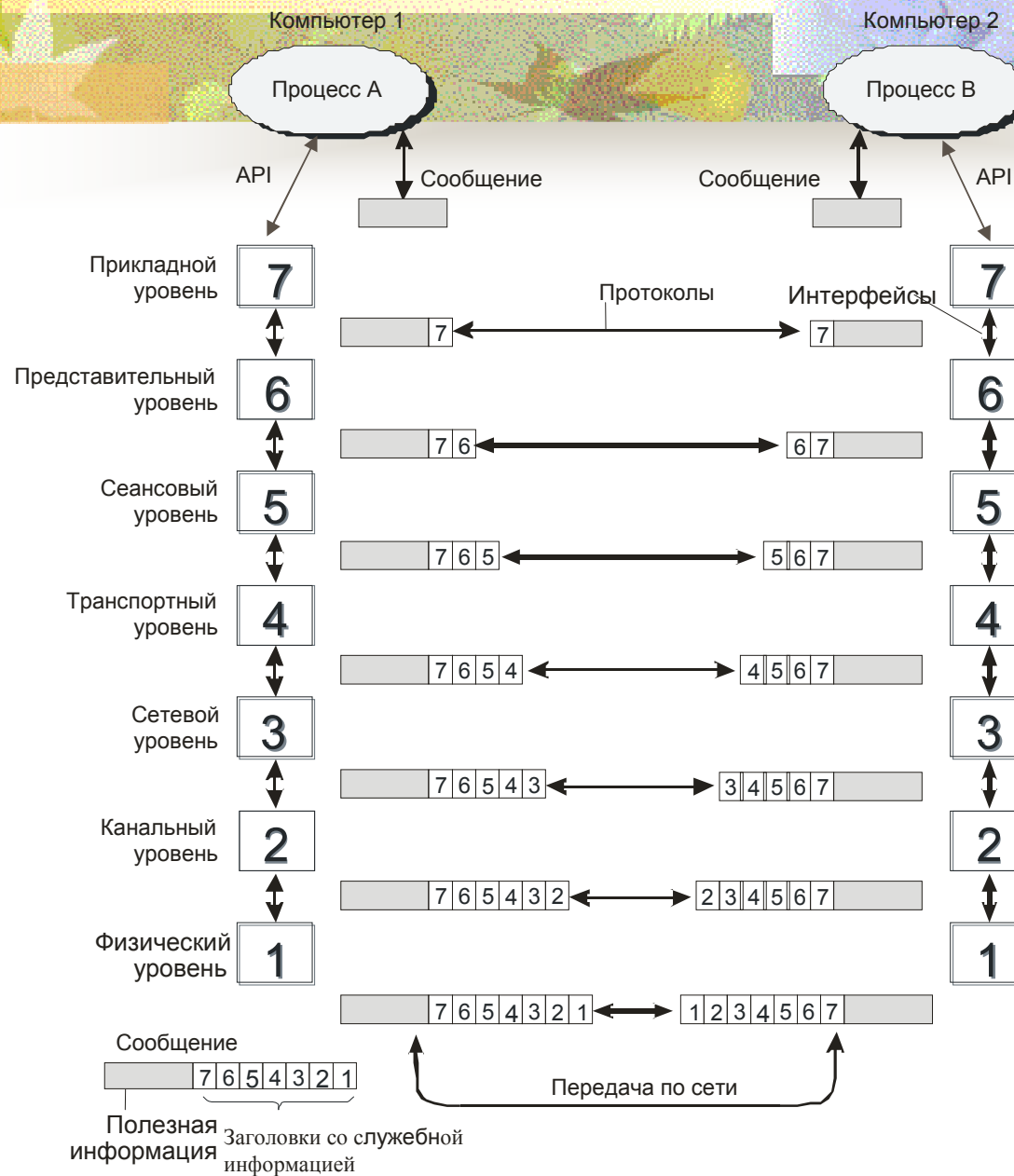
Протокол, интерфейс, стек протоколов

Протоколы разных уровней независимы друг от друга

Модель взаимодействия открытых систем ISO/OSI



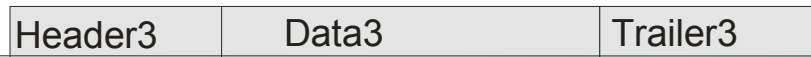
■ Модель ISO/OSI определяет только *функции и названия* уровней



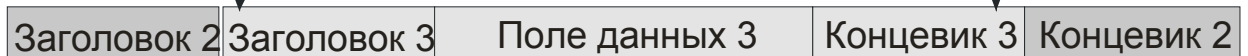
Модель взаимодействия открытых систем ISO/OSI

Сообщение 3-го уровня

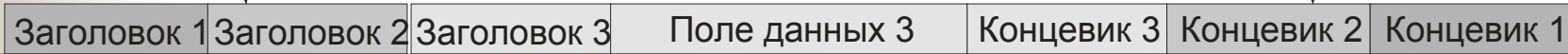
⋮



Сообщение 2-го уровня



Сообщение 1-го уровня



Поле данных 1

Вложенность сообщений различных уровней



Функции уровней модели OSI

■ **Физический уровень**

Определение типа кабелей и разъемов, назначение контактов

передача битов по физическим каналам

- ^{••} формирование электрических сигналов
- ^{••} кодирование информации
- ^{••} синхронизация
- ^{••} модуляция

Реализуется аппаратно

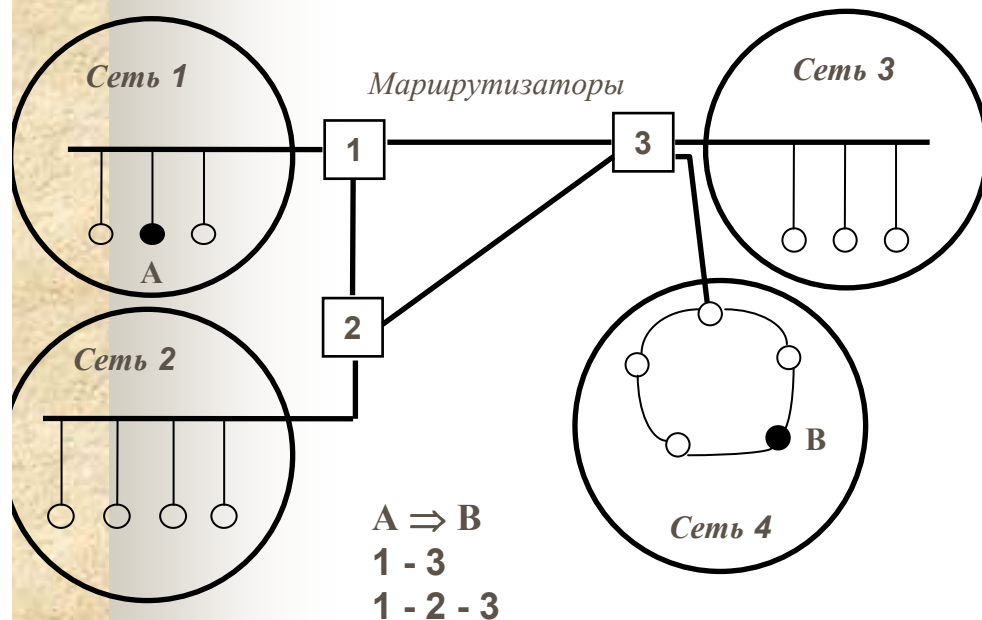


Канальный уровень

надежная доставка пакета между двумя соседними станциями в сети с произвольной топологией, либо между любыми станциями в сети с типовой топологией

- *•• проверка доступности разделяемой среды*
- *•• группирование данных в пакеты*
- *•• подсчет и проверка контрольной суммы*
- *IEEE 802 ввел 2 подуровня: LLC, MAC*

Реализуется программно-аппаратно



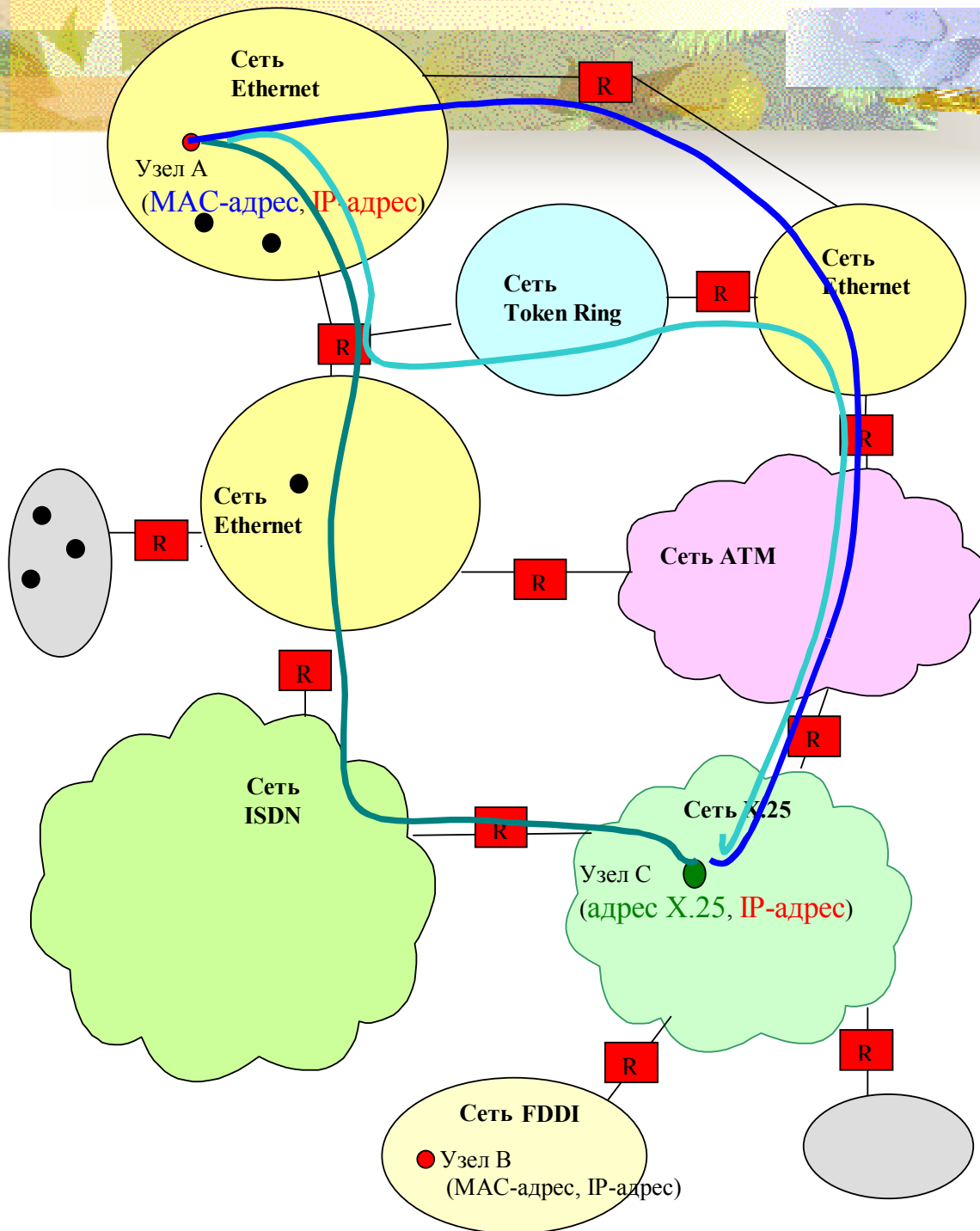
Сетевой уровень -
доставка пакета

■ между любыми двумя узлами сети с произвольной топологией

■ либо между любыми двумя сетями в составной сети

■ **“Сеть”** - совокупность компьютеров, использующих для обмена данными единую сетевую технологию

■ **Маршрут** - последовательность прохождения пакетом маршрутизаторов в составной сети





Транспортный уровень

обеспечение доставки информации с требуемым качеством между любыми узлами сети

- ^{••} разбивка сообщения сеансового уровня на пакеты, нумерация их
- ^{••} буферизация принимаемых пакетов
- ^{••} упорядочивание прибывающих пакетов
- ^{••} адресация прикладных процессов
- ^{••} управление потоком
- 5 классов сервиса от 0 до 4: срочность, способность к обнаружению ошибок, возможность восстановления прерванной связи, мультиплексирование соединений



Сеансовый уровень

- управление диалогом объектов прикладного уровня

- установка способа обмена сообщениями (дуплексный или полудуплексный)
- синхронизация обмена сообщениями
- организация “контрольных точек” диалога



Уровень представления -

согласовывает представление (синтаксис) данных при взаимодействии двух прикладных процессов

- преобразование данных из внешнего формата во внутренний
- шифровка и расшифровка данных

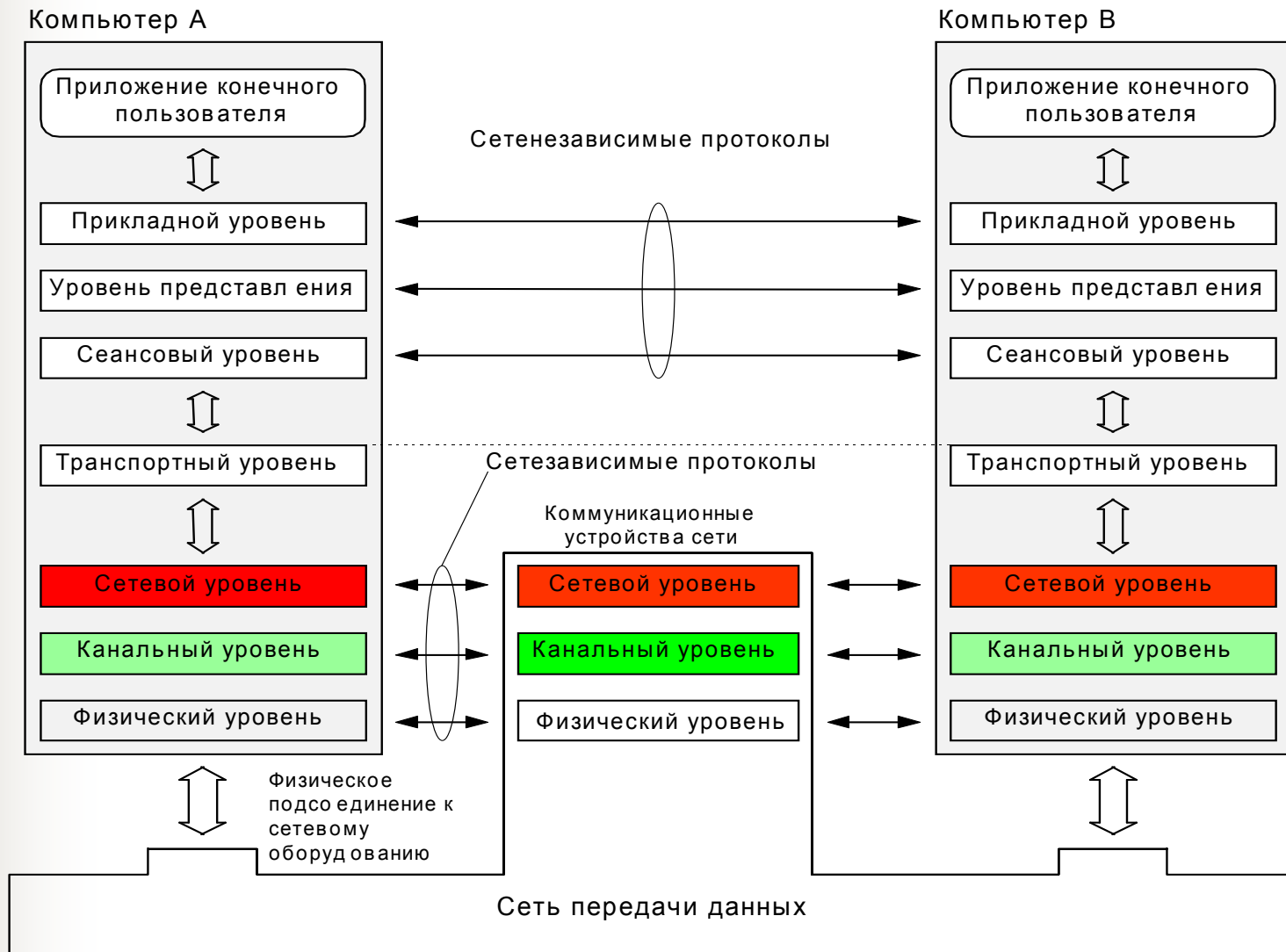
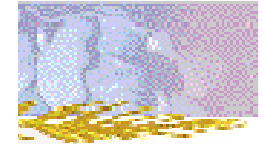


Прикладной уровень -

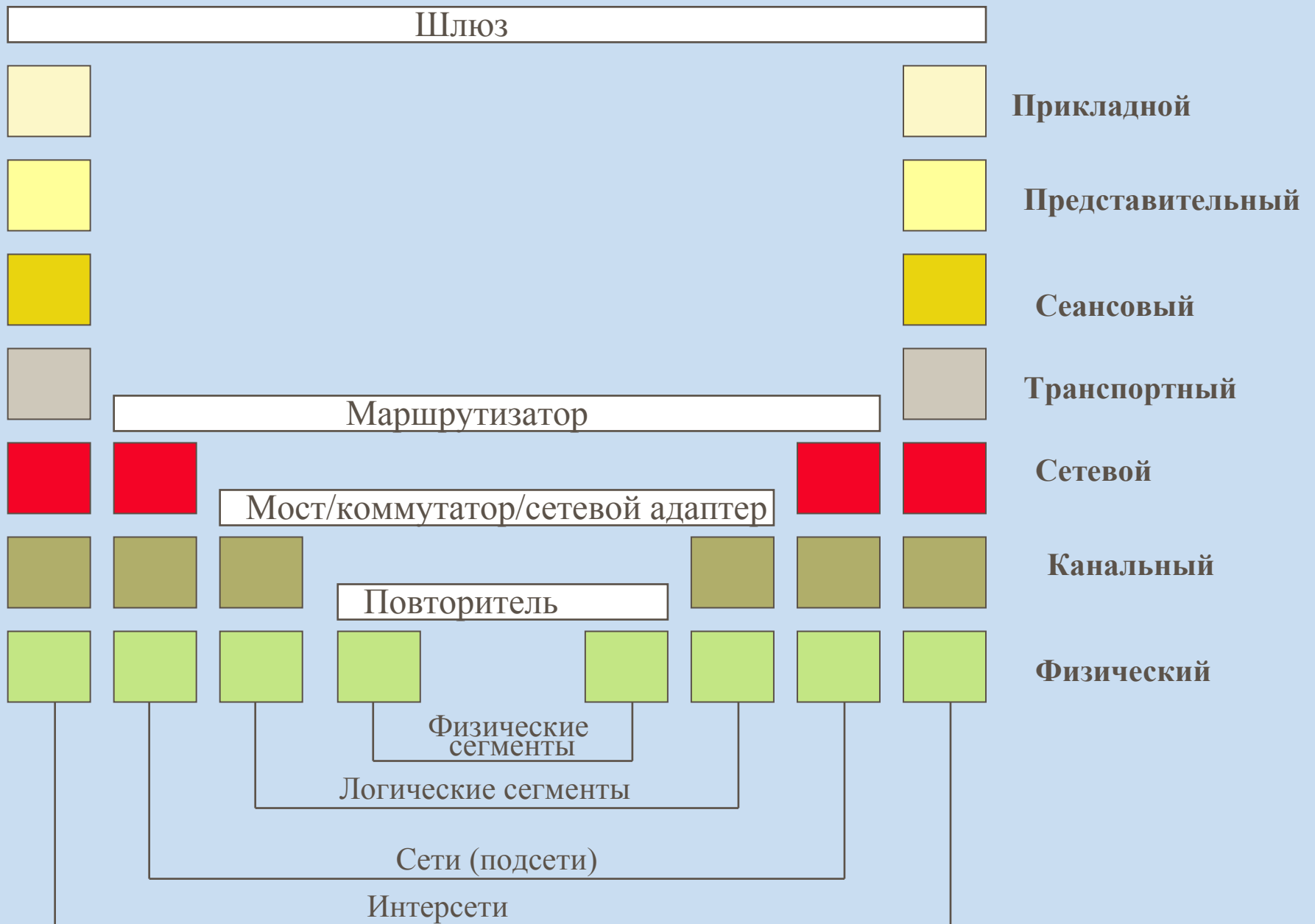
набор всех сетевых сервисов, которые предоставляет система конечному пользователю

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

Сетезависимые и сетезависимые уровни модели OSI



Уровни, на которых работают коммуникационные устройства



7
6
5
4
3
2
1

Сетевые сервисы
(прикладной и сеансовый уровень модели OSI)

NFS-клиент	SNMP-агент	Сервер-SMB	Сервер RPC
SMB-клиент	telnet-клиент	Сервер FTP	Web-сервер
FTP-клиент	Клиент справочной службы	Клиент почтовой службы	Сервер удаленного доступа

Транспортные средства
(сетевой и транспортный уровень модели OSI)

Протокол UDP	Протокол TCP	Протокол IP
Протокол SPX	Протокол IPX	Протокол NetBEUI

Драйверы сетевых адаптеров
(канальный уровень модели OSI)

FDDI	Ethernet	Token Ring
100VG-AnyLAN	ArcNet	FastEthernet



Модульность и стандартизация

- Понятие "открытая система"
- Источники стандартов
- стандарты отдельных фирм
- национальные стандарты
- международные стандарты



Открытая спецификация - общедоступная спецификация, поддерживается открытым, гласным согласительным процессом и соответствует стандартам

■ **Примеры открытых спецификаций:**

POSIX

Ethernet (IEEE 802.3)

RS-232

ODBC

ANSI C

■ **Преимущества открытых систем:**

легкость сопряжения сетей

поддержка различными производителями, гетерогенность

легкость замены, модернизация

простота освоения и обслуживания



Виды стандартов:

- стандарты отдельных фирм (IBM Token Ring)
- стандарты специальных комитетов и объединений (ATM Forum)
- национальные стандарты (SONET)
- международные стандарты (SDH)



Организации, занимающиеся разработкой стандартов в области вычислительных сетей:

- *Международная организация по стандартизации (International Organization for Standardization, ISO или International Standards Organization)* - ассоциация ведущих национальных организаций по стандартизации разных стран.
- *Международный союз электросвязи (International Telecommunications Union, ITU)* — специализированный орган Организации Объединенных Наций. Сектор технической стандартизации — ITU-T бывший Международный консультативный Комитет по Телефонии и Телеграфии (МККТТ) (Consultative Committee on International Telegraphy and Telephony, CCITT).
- *Институт инженеров по электротехнике и радиоэлектронике — Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE)* — национальная организация США, определяющая сетевые стандарты (серия стандартов 802).



■ *Европейская ассоциация производителей компьютеров (European Computer Manufacturers Association, ECMA)* — некоммерческая организация, активно сотрудничающая с ITU-T и ISO.

■ *Ассоциация производителей компьютеров и оргтехники (Computer and Business Equipment Manufacturers Association, CBEMA)* — организация американских фирм-производителей аппаратного обеспечения; аналогична европейской ассоциации ЕКМА.

■ *Ассоциация электронной промышленности (Electronic Industries Association, EIA)* — промышленно-торговая группа производителей электронного и сетевого оборудования; является национальной коммерческой ассоциацией США (RS-232).

■ *Министерство обороны США (Department of Defense, DoD).*

■ *Американский национальный институт стандартов (American National Standards Institute, ANSI)* — представляет США в ISO..

Организационная структура Internet

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

Board of Trustees – совет ISOC

ISTF (Internet Societal Task Force) – социальные аспекты Internet

IAB (Internet Architecture Board) - техническая наблюдательная группа ISOC

- Назначение председателя IETF и членов IESG и IRSG
- Наблюдение за архитектурой протоколов Internet
- Разрешение споров, возникающих в процессе принятия стандартов Internet
- Редактирование и публикация стандартов Internet (RFC Editor в ISI)
- Наблюдение за назначением числовых значений для протоколов, адресов и имен (Assigned Numbers)

IRSG (Internet Research Steering Group) – управление исследованиями

IESG (Internet Engineering Steering Group) – управление инженерными задачами и процессом стандартизации

IRTF (Internet Research Task Force)

- Исследовательские группы

IETF (Internet Engineering Task Force)

- Рабочие группы

Структура IETF

8 функциональных областей:

Applications

Internet

IP: Next Generation

Network Management

Operational Requirements

Routing

Security

Transport



Временные
рабочие
группы

Стандарты TCP/IP

Internet - "...свободно-организованное международное сотрудничество автономных взаимосвязанных сетей, которые поддерживают взаимодействие между хост-машинами посредством добровольной приверженности к **открытым** протоколам и процедурам, определенными стандартами Internet"

(RFC 1310)

Request for Comment (RFC) - документы, содержащие

- **STD** (STanDards) - стандарты
- **FYI** (For You Information) или Informational – обзор документов и введение в проблему, описание стандартов других организаций
- **BCP** (Best Current Practice) – опыт практического использования стандартов

Результат работы групп **IETF**

Каждый пользователь Internet может направить по адресу rfc-editor@isi.edu

некоторые соображения для опубликования в виде RFC

Стадии стандартизации протокола

Стандарты разрабатываются рабочими группами IETF, а переход от стадии (**state**) к стадии утверждается IESG

- Переход от "**proposed standard**" к "**draft standard**" только после того, как протокол имел статус "proposed standard" не менее **6** месяцев
- Переход от "**draft standard**" к "**standard**" только после того, как протокол имел статус "draft standard" не менее **4** месяцев.
- В стадии "**standard**" протокол получает номер STD (например, FTP имеет STD 9). Номер STD не изменяется при изменении номера RFC при появлении новой редакции описания протокола.
- Иногда может быть принято решение о том, что протокол не готов для стандартизации – в этом случае ему присваивается стадия "**experimental**". После доработки протокол может снова быть рассмотрен как "proposed standard".

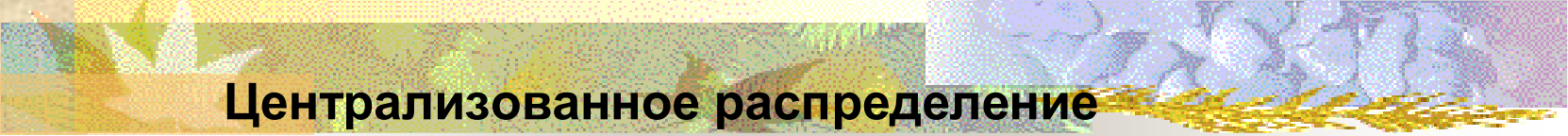
Статус протокола

Статус (status) отражает обязательность реализации протокола в узлах Internet

- **Required Protocol** – узел должен поддерживать этот протокол
- **Recommended Protocol** – узлу следует поддерживать этот протокол
- **Elective Protocol** – узел может поддерживать или не поддерживать этот протокол. Например, может существовать несколько протоколов "на выбор" для обмена электронной почтой.
- **Limited Use Protocol** – протокол предназначен для ограниченного применения в определенных обстоятельствах. Этот статус могут иметь узкоспециализированные протоколы или протоколы, находящиеся в стадии "experimental".
- **Not Recommended Protocol** – протокол не рекомендуется для применения, например, из-за ограниченной функциональности или перехода в историческую стадию.

Типичные соотношения между стадией и статусом протокола

	S T A T U S				
S T A T E	Req	Rec	Ele	Lim	Not
Std	X	XXX	XXX		
Draft	X	X	XXX		
Prop		X	XXX		
Info					
Expr				XXX	
Hist					XXX



Централизованное распределение доменных имен, адресов и номеров автономных систем в Internet

До 1998 — правительственное (США) агентство
IANA, Internet Assigned Numbers Authority (а также
ряд организаций, действующих по контракту с
правительством США):

- Распределение доменных имен в доменах верхнего уровня — .com, .net, .org
- Регистрация организаций, распределяющих доменные имена в доменах верхнего уровня, закрепленных за странами
- Распределение IP-адресов между регистрационными центрами Internet (Internet Registries, IR).
Регистрационные центры Internet поддерживаются в основном Internet сервис-провайдерами и образуют иерархию.
- Регистрация числовых значений параметров протоколов, разрабатываемых IETF



В октябре 1998 г. функции IANA перешли к

ICANN, Internet Corporation for Assigned Names and Numbers

- ICANN — неправительственная некоммерческая организация, управляемая Советом Директоров (19 членов Совета).
- Основная цель основания ICANN — упорядочение процесса распределения имен и адресов
- Сейчас действует программа At Large Membership присоединения к ICANN без вступительного взноса (для всех лиц, достигших 16 лет)

ICANN координирует работу 3-х Регистрационных Центров верхнего (континентального) уровня:

- RIPE NCC — Европа
- ARIN — Америка
- APNIC — Азия и Тихо-Океанский регион

Структура стандартов IEEE 802.x

802.1 - объединение сетей с помощью мостов и коммутаторов

802.2 - управление логической связью на подуровне LLC.

802.3 - локальная сеть с методом доступа CSMA/CD и топологией шина (Ethernet).

802.4 - локальная сеть с топологией шина и маркерным доступом (Token-Bus).

802.5 - локальная сеть с топологией кольцо и маркерным доступом (Token-Ring).

802.6 - городская сеть (Metropolitan Area Network, MAN) с расстояниями между абонентами более 5 км.



802.7 - широкополосная технология передачи данных.

802.8 - оптоволоконная технология.

802.9 - интегрированные сети с возможностью передачи речи и данных.

802.10 - безопасность сетей, шифрование данных.

802.11 - беспроводная сеть по радиоканалу (WLAN - Wireless LAN).

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

IEEE 802 Standards

Number	Topic
802.1	Overview and architecture of LANs
802.2 ↓	Logical link control
802.3 *	Ethernet
802.4 ↓	Token bus (was briefly used in manufacturing plants)
802.5	Token ring (IBM's entry into the LAN world)
802.6 ↓	Dual queue dual bus (early metropolitan area network)
802.7 ↓	Technical advisory group on broadband technologies
802.8 †	Technical advisory group on fiber optic technologies
802.9 ↓	Isochronous LANs (for real-time applications)
802.10 ↓	Virtual LANs and security
802.11 *	Wireless LANs
802.12 ↓	Demand priority (Hewlett-Packard's AnyLAN)
802.13	Unlucky number. Nobody wanted it
802.14 ↓	Cable modems (defunct: an industry consortium got there first)
802.15 *	Personal area networks (Bluetooth)
802.16 *	Broadband wireless
802.17	Resilient packet ring

The 802 working groups. The important ones are marked with *. The ones marked with ↓ are hibernating. The one marked with † gave up.

Популярные стандартные стеки коммуникационных протоколов

Стек OSI

- Государственная поддержка США
- Независимый от производителей международный стандарт
- Мощный набор сервисов прикладного уровня
- Нижние уровни - Ethernet, Token Ring, FDDI
- Широко используется компанией AT&T

Стек TCP/IP

- Лидирующее положение
- Разработан министерством обороны США (DoD)
- Отлично масштабируется (Internet)
- Нижние уровни в локальных сетях - Ethernet, Token Ring, FDDI, в глобальных сетях - SLIP/PPP, X.25, ISDN, ATM
- Развитые сервисы прикладного уровня



Стек IPX/SPX

- .. Разработан Novell для ОС NetWare в начале 80-х годов
- .. IPX и SPX адаптация XNS фирмы Херох
- .. Эффективен в небольших сетях
- .. Включается в другие ОС - SCO UNIX, Solaris, Windows NT

Стек NetBIOS/SMB

- .. Разработан IBM и Microsoft в 1984 году
- .. Отсутствуют средства маршрутизации
- .. Используется в OS/2, W4W, Windows NT/2000, Windows 95/98

Стек SNA

- .. Разработан фирмой IBM для мэйнфреймов

Стек DEC

- .. Разработан фирмой Digital Equipment для машин VAX
- ..

Многоуровневая архитектура стека TCP/IP

Уровень I	Прикладной уровень
Уровень II	Основной (транспортный) уровень
Уровень III	Уровень межсетевого взаимодействия
Уровень IV	Уровень сетевых интерфейсов

Уровень I - прикладной: высокоуровневые сервисы

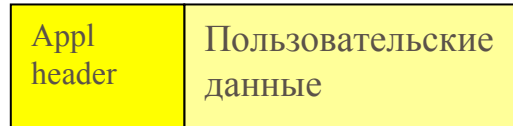
Уровень II - основной: протоколы обеспечивающие надежность и связь с прикладным уровнем

Уровень III - уровень межсетевого взаимодействия: протокол IP, протоколы маршрутизации, протоколы разрешения адресов

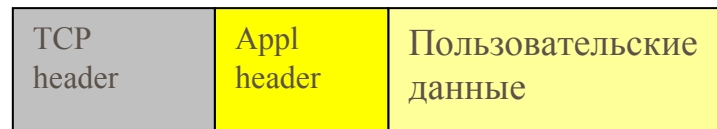
Уровень IV - RFC, определяющие метод инкапсуляции пакетов IP в кадры соответствующего протокола канального уровня

Инкапсуляция

Пользовательские
данные



Сегмент



Пакет (дейтаграмма)



Кадр



Прикладной
уровень

Транспортный
уровень

Сетевой уровень

Уровень сетевых
интерфейсов

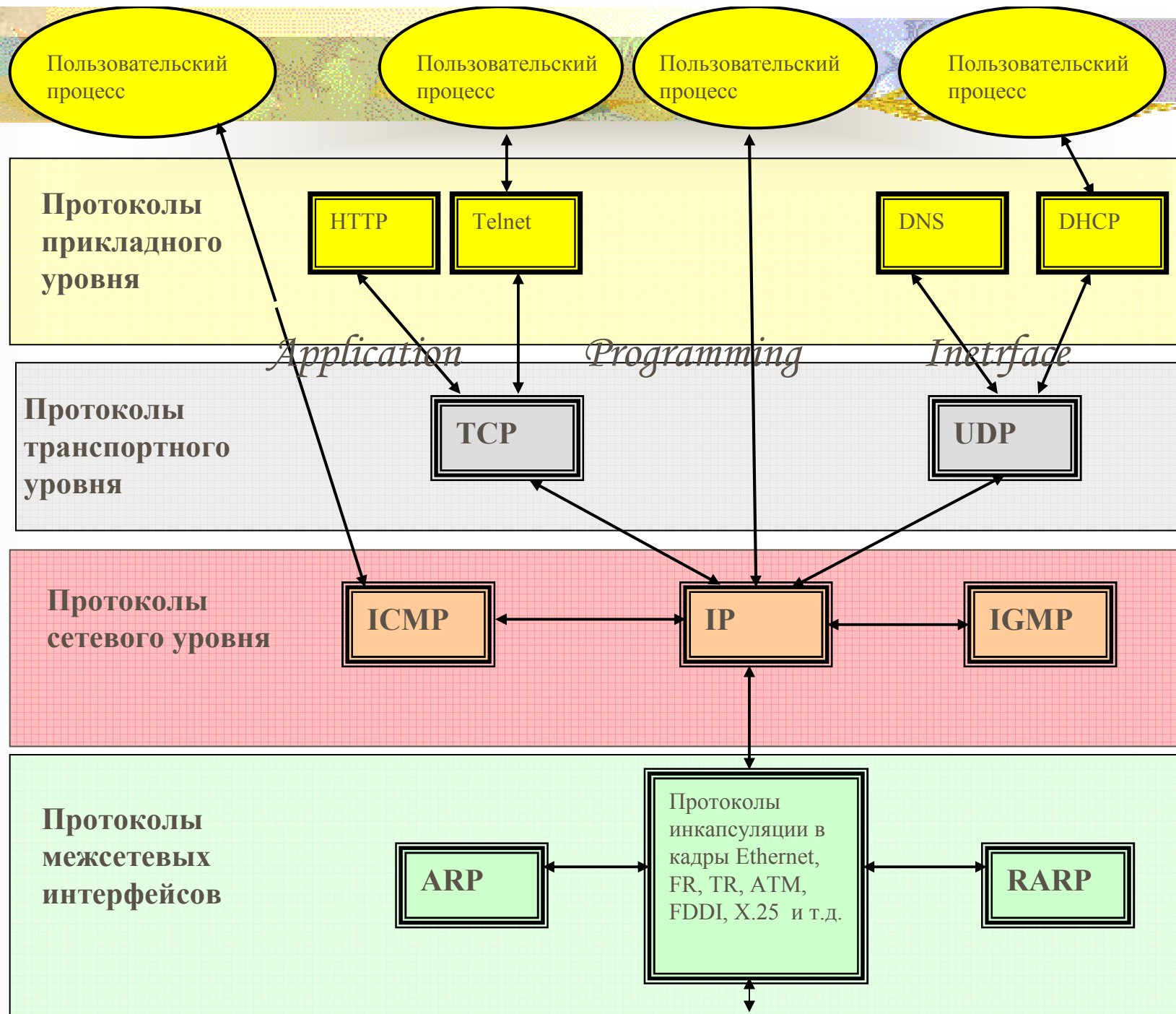
В сеть Ethernet

Единицы передаваемых данных:

ПОТОК (<i>stream</i>)	Уровень I	Прикладной уровень (Application)
сегмент (<i>segment</i>) дейтаграмма (<i>datagram</i>)	Уровень II	Транспортный уровень (Transport)
пакет (<i>packet</i>) дейтаграмма (<i>datagram</i>)	Уровень III	Уровень межсетевого взаимодействия (Network)
кадр, фрейм (<i>frame</i>)	Уровень IV	Уровень сетевых интерфейсов (Link)

Терминология Internet: хост, шлюз, октет

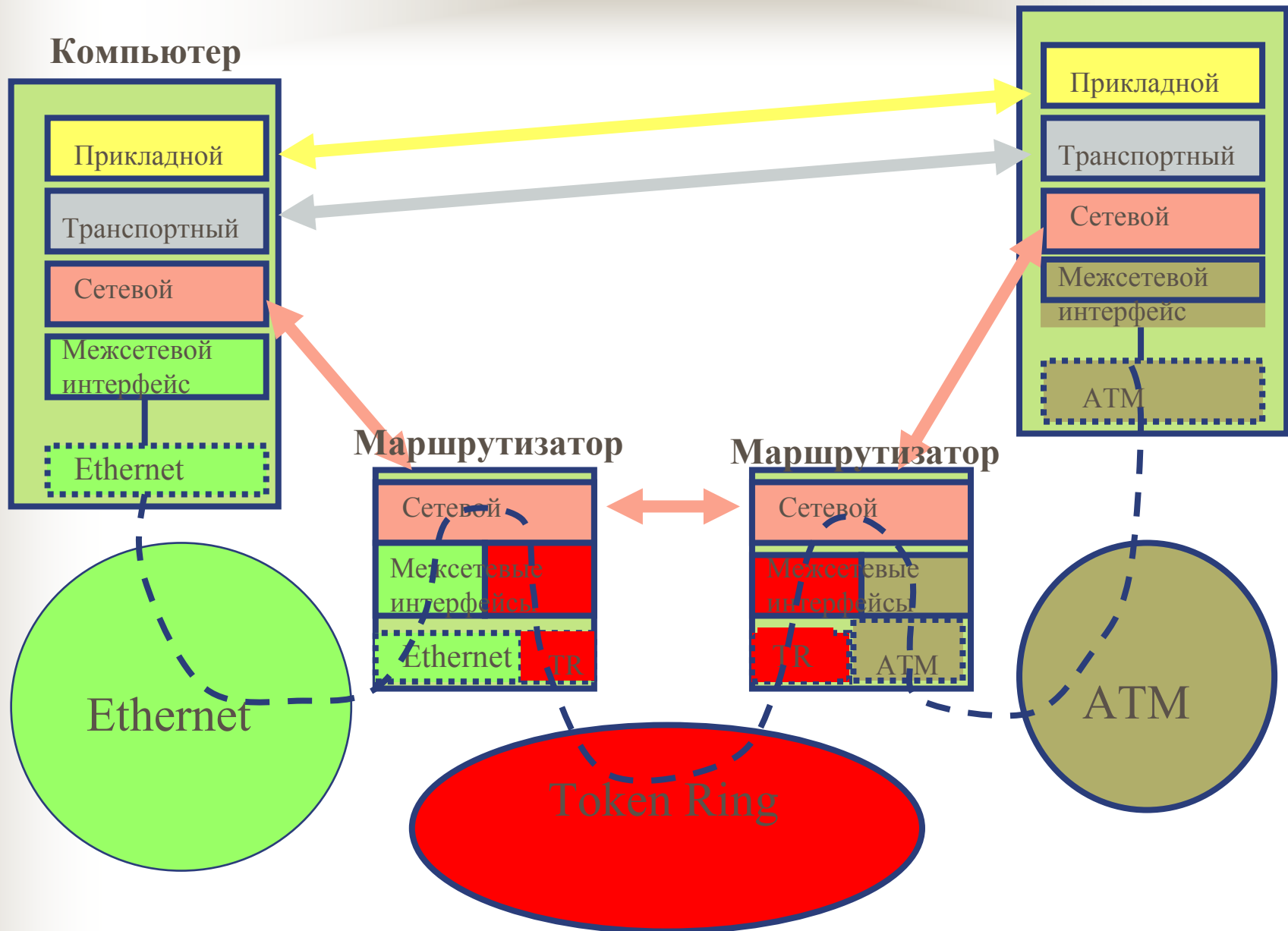
Уровни OSI	Уровни стека TCP/IP	
Прикладной (Application)	Прикладной (Application)	FTP, telnet, SNMP, SMTP, HTTP, TFTP
Представительный (Presentation)		
Сеансовый (Session)		
Транспортный (Transport)	Транспортный (Transport)	TCP, UDP
Сетевой (Network)	Сетевой (Network)	IP, RIP, OSPF, ICMP
Канальный (Link)	Уровень сетевых интерфейсов (Network Interface)	Не регламентируется
Физический (Physical)		



К передающей среде

Сетезависимые и сетезависимые протоколы стека TCP/IP

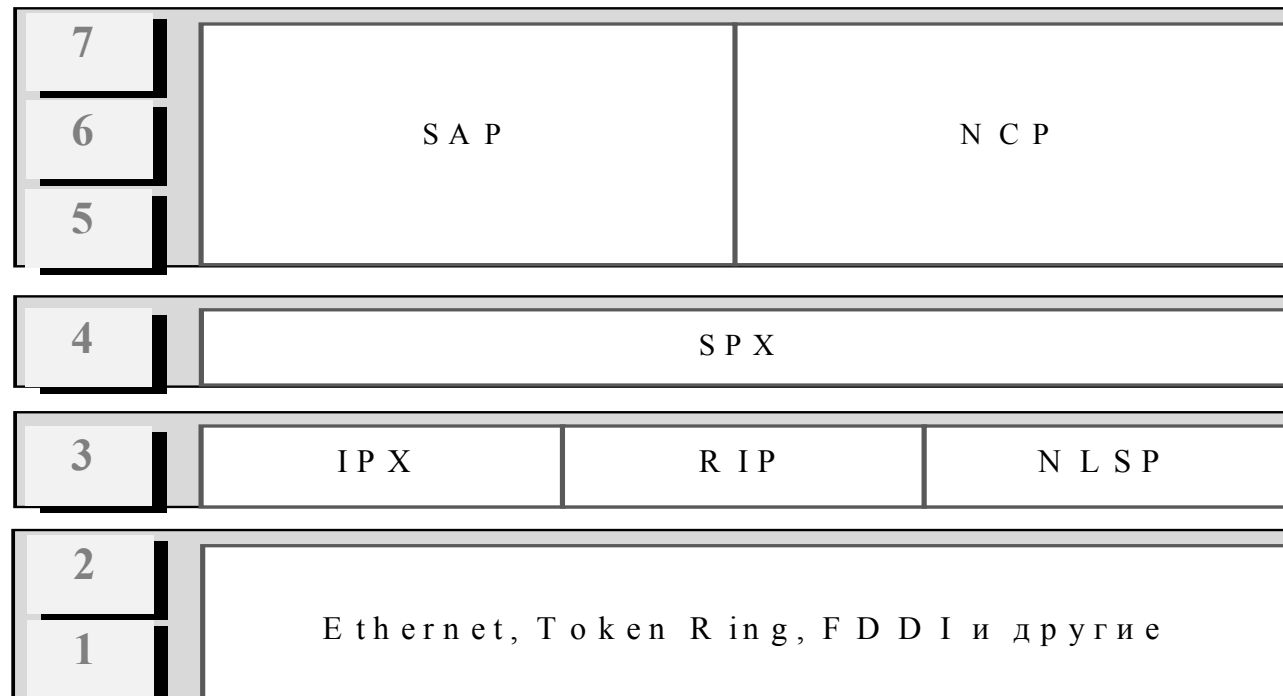
Компьютер



7	X.400	X.500	VT	FTAM	JTM	другие
6		Представительный протокол OSI				
5	Сеансовый протокол OSI					
4	Транспортные протоколы OSI (классы 0-4)					
3	<i>ES - IS</i> <i>IS - IS</i> CONP, CLNP					
2	Ethernet (OSI-8802.3, IEEE-802.3)	Token Bus (OSI-8802.4, IEEE-802.4)	Token Ring (OSI-8802.5, IEEE-802.5)	X.25	ISDN	FDDI (ISO-9314)
1				HDLC LAP-B		

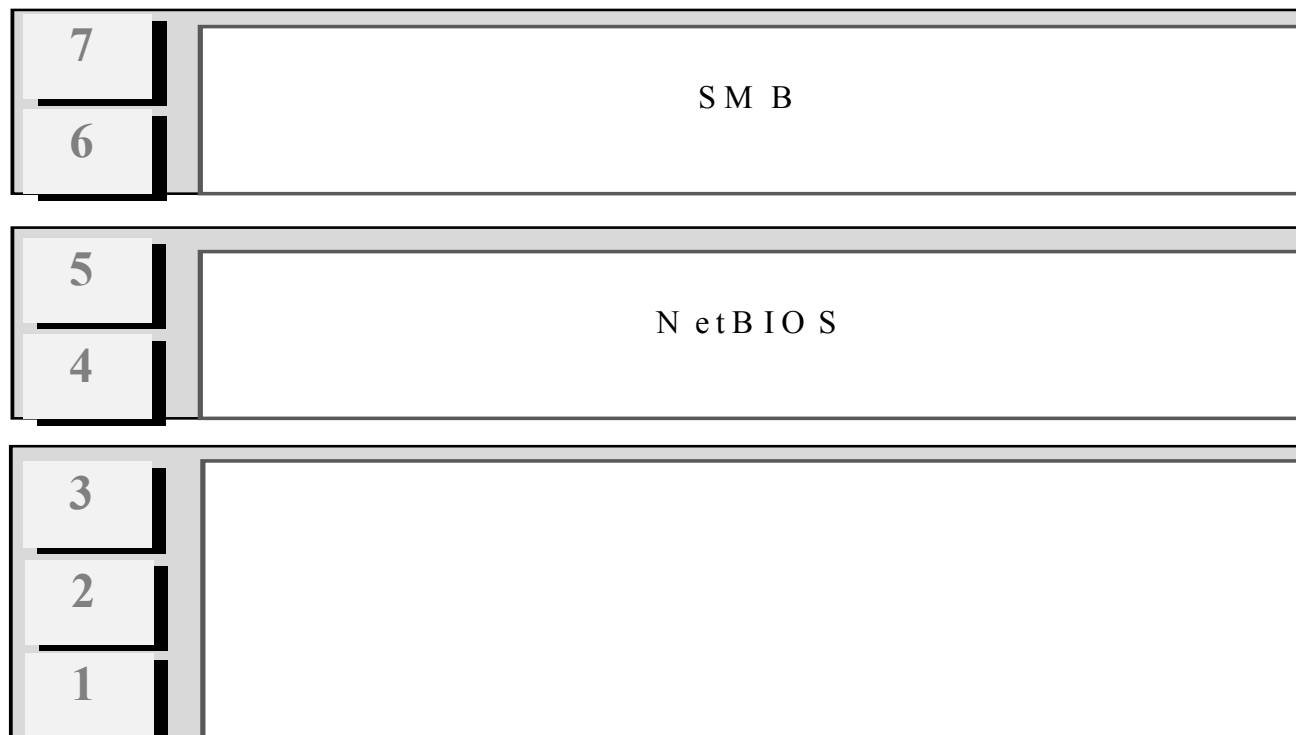
*Уровни
модели
OSI*

Стек протоколов OSI



*Уровни
модели
O S I*

Стек протоколов IPX/SPX



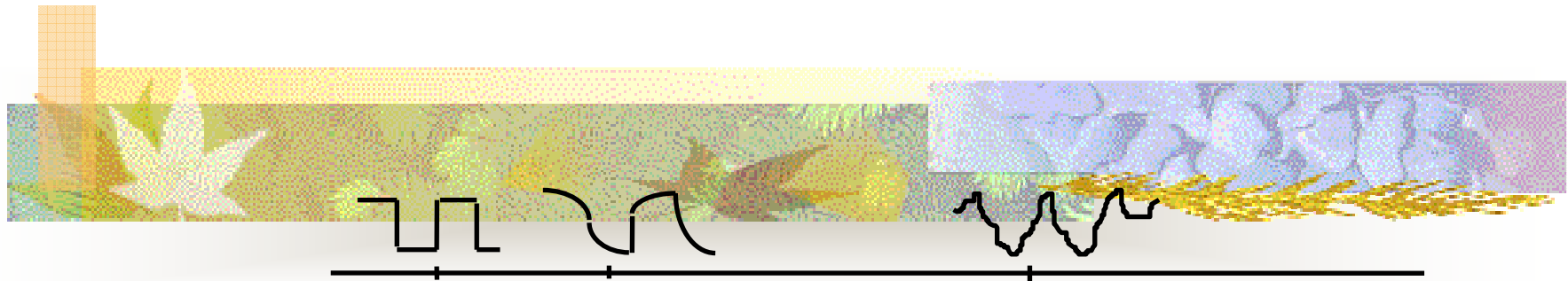
*Уровни
модели
O S I*

Стек NetBIOS/SMB

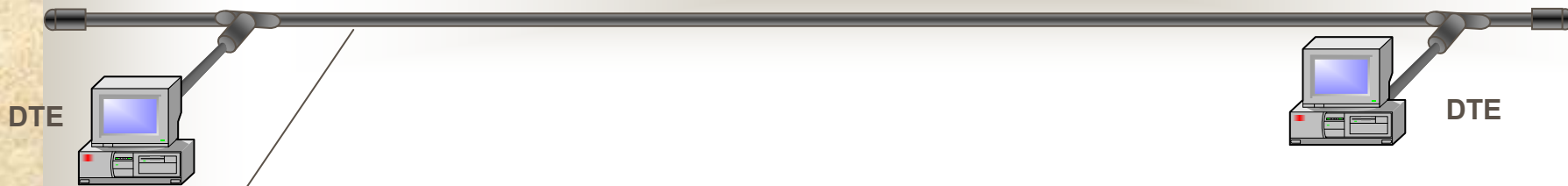
Модель OSI	IBM/ Microsoft	TCP/IP	Novell	Стек OSI
Прикладной	SMB	Telnet, FTP, SNMP, SMTP, WWW	NCP,	X.400 X.500 FTAM
Представления			SAP	Представ. протокол OSI
Сеансовый	NetBIOS			Сеансов. протокол OSI
Транспортный		TCP	SPX	Трансп. протокол OSI
Сетевой		IP, RIP, OSPF	IPX, RIP, NLSP	ES-ES IS-IS
Канальный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

Соответствие популярных стеков протоколов модели

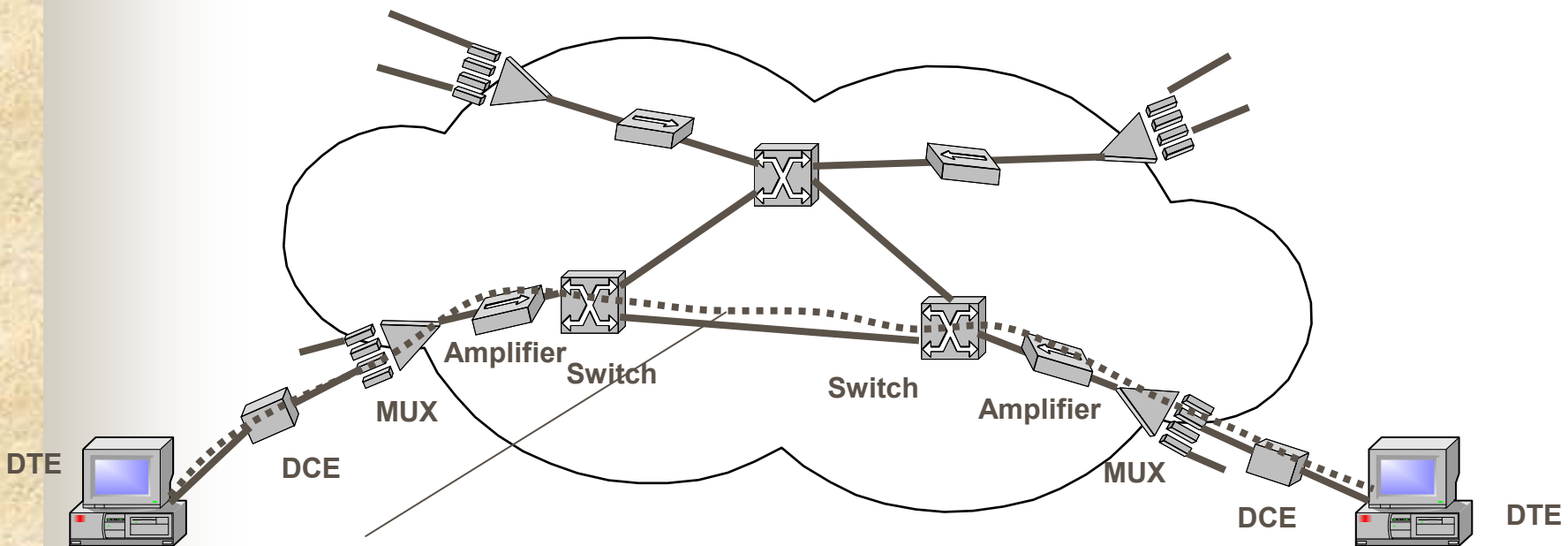
3. Проблемы передачи данных по линиям связи (физический и канальный уровень)



Методы передачи дискретных данных,
общие для локальных и глобальных сетей
по длинным линиям связи (>10 м)



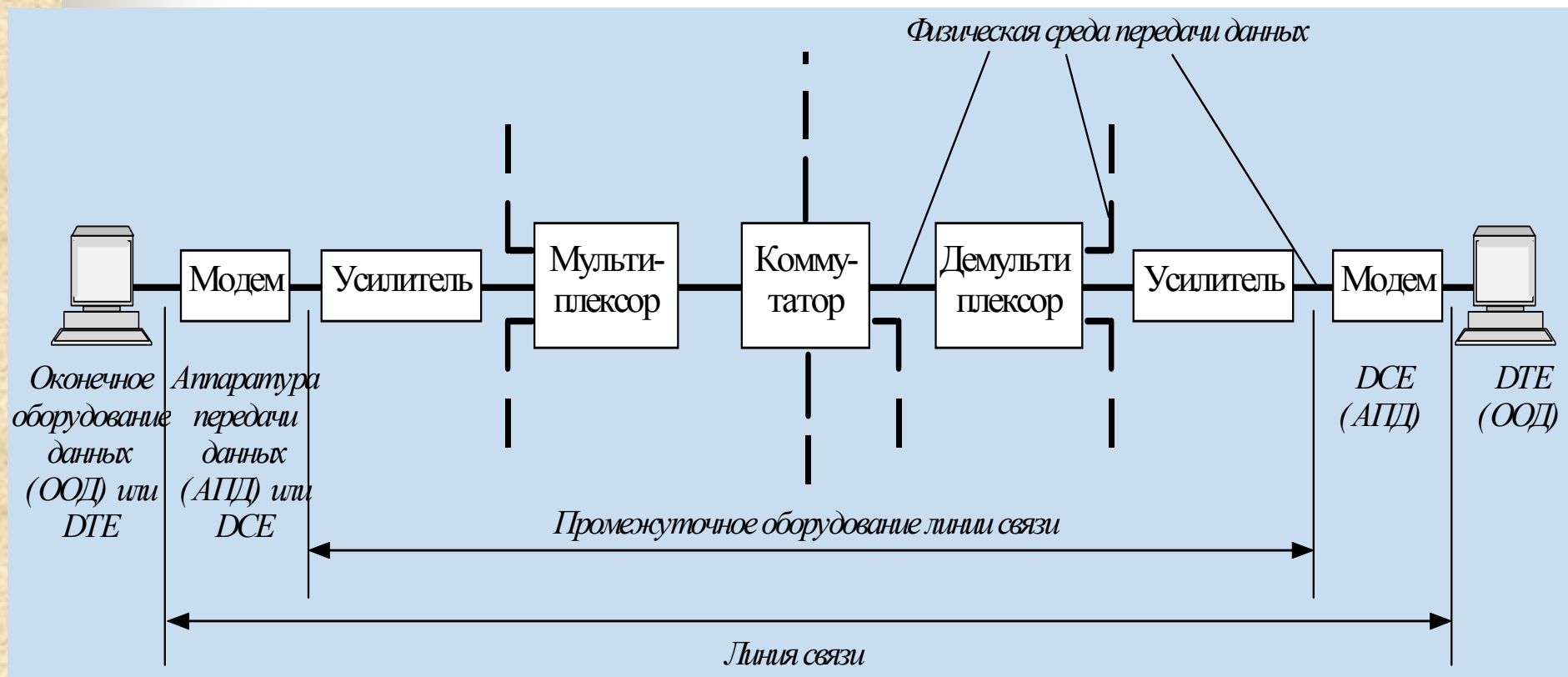
а) кабель



б) Составной канал

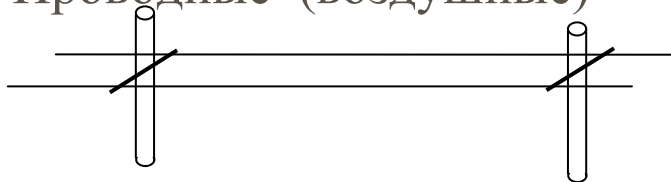
Линии связи (звено, канал, составной канал)

Состав линии связи

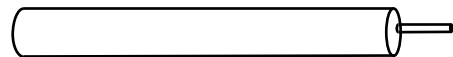


Типы линий связи

Проводные (воздушные)



Кабельные



Коаксиал (RG-8,
RG-58)

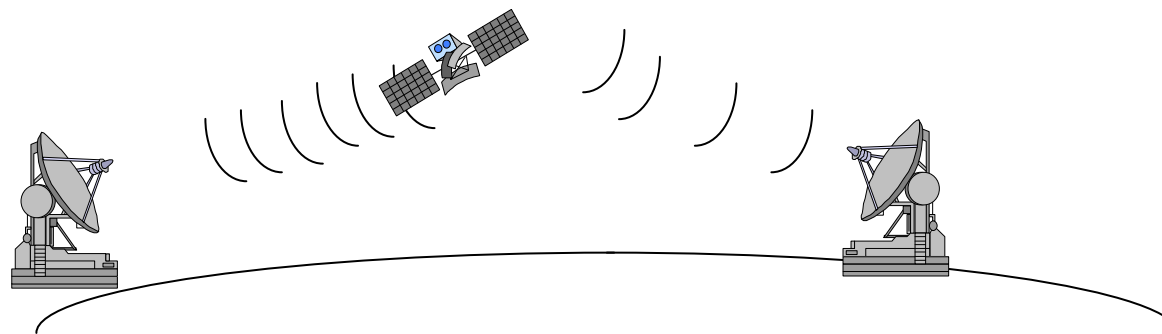


Витая пара (UTP, STP)

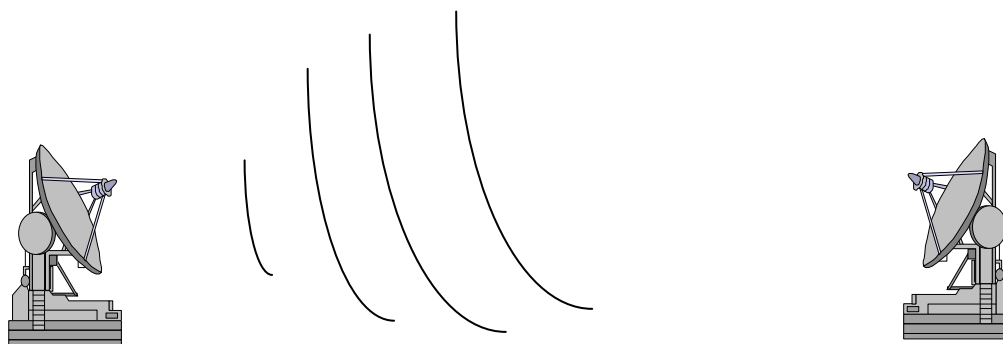


Оптическое волокно (одно
и многомодовое)

Радиоканалы наземной и спутниковой связи



Радиорелейные (СВЧ) каналы



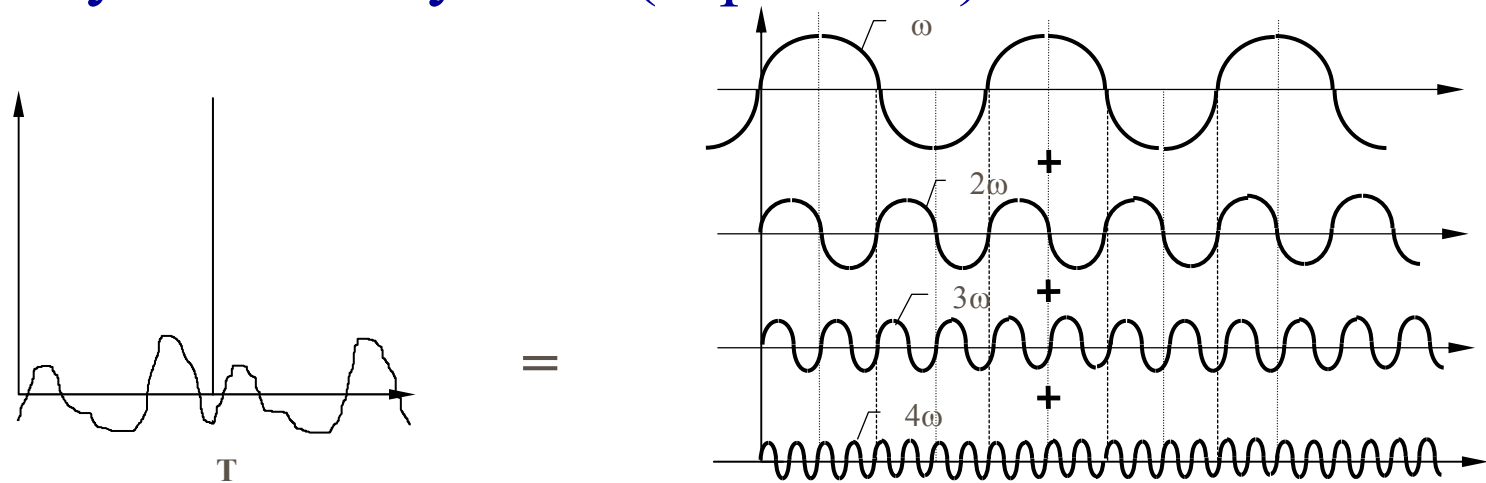


Характеристики линий связи

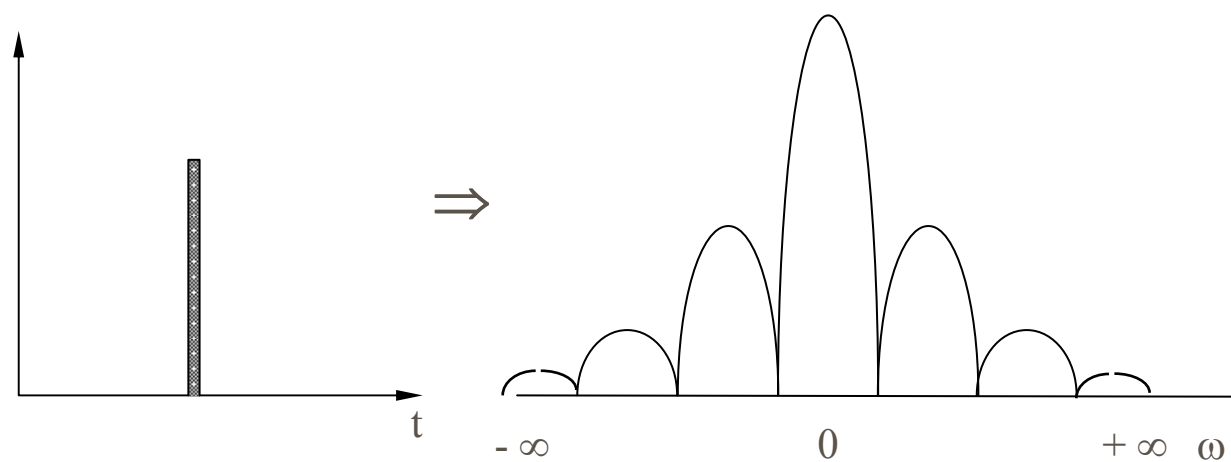
- Амплитудно-частотная характеристика
- Полоса пропускания
- Затухание
- Помехоустойчивость
- Перекрестные наводки на ближнем конце линии (NEXT)
- Пропускная способность
- Достоверность передачи данных
- Удельная стоимость

Спектральный анализ сигналов на ЛИНИЯХ СВЯЗИ

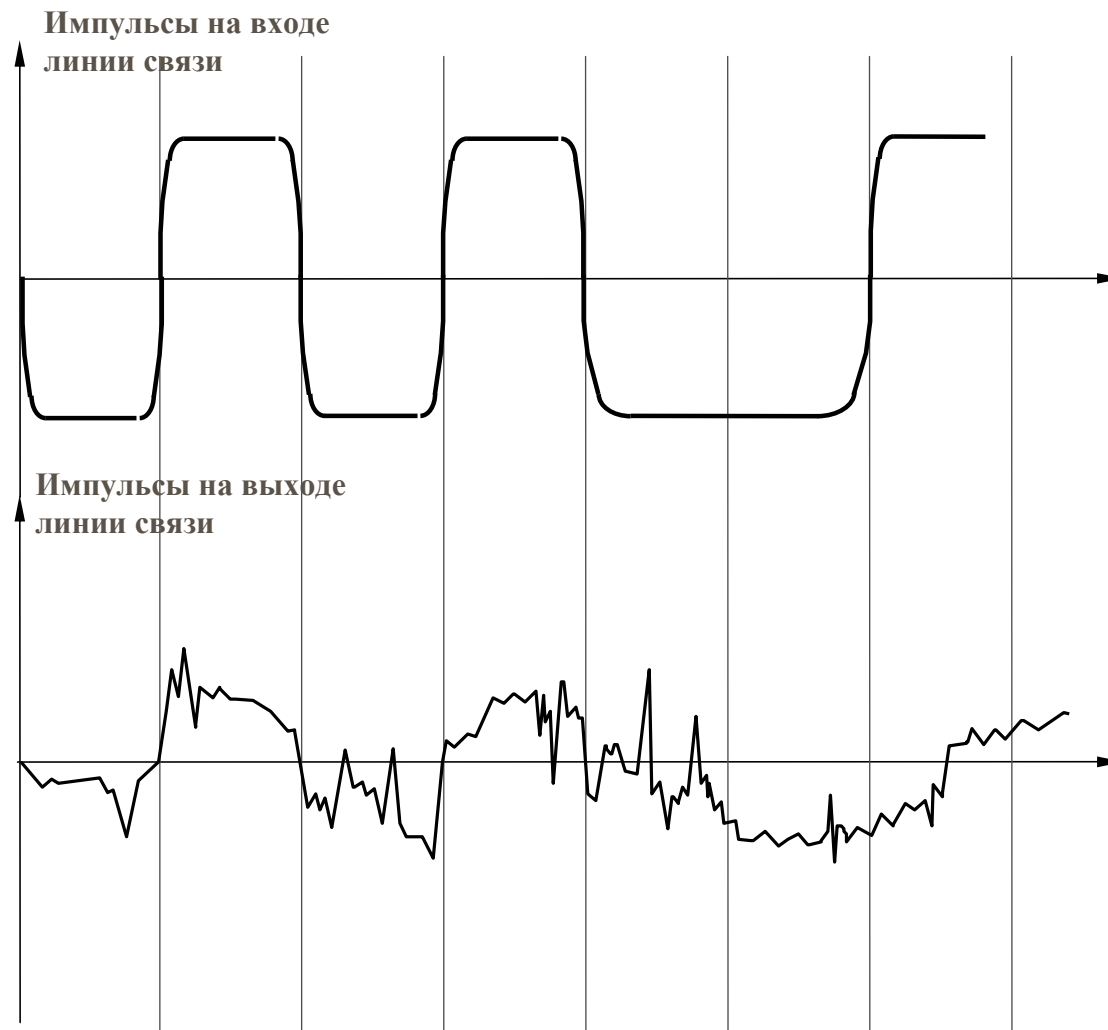
Представление периодического сигнала
суммой синусоид (гармоник)



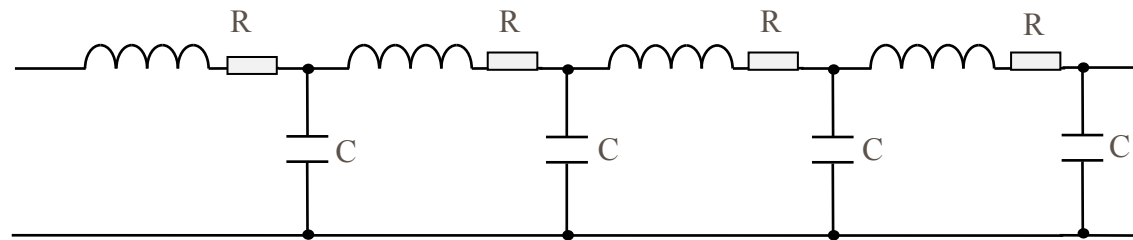
Спектральное разложение идеального импульса (δ -функция)



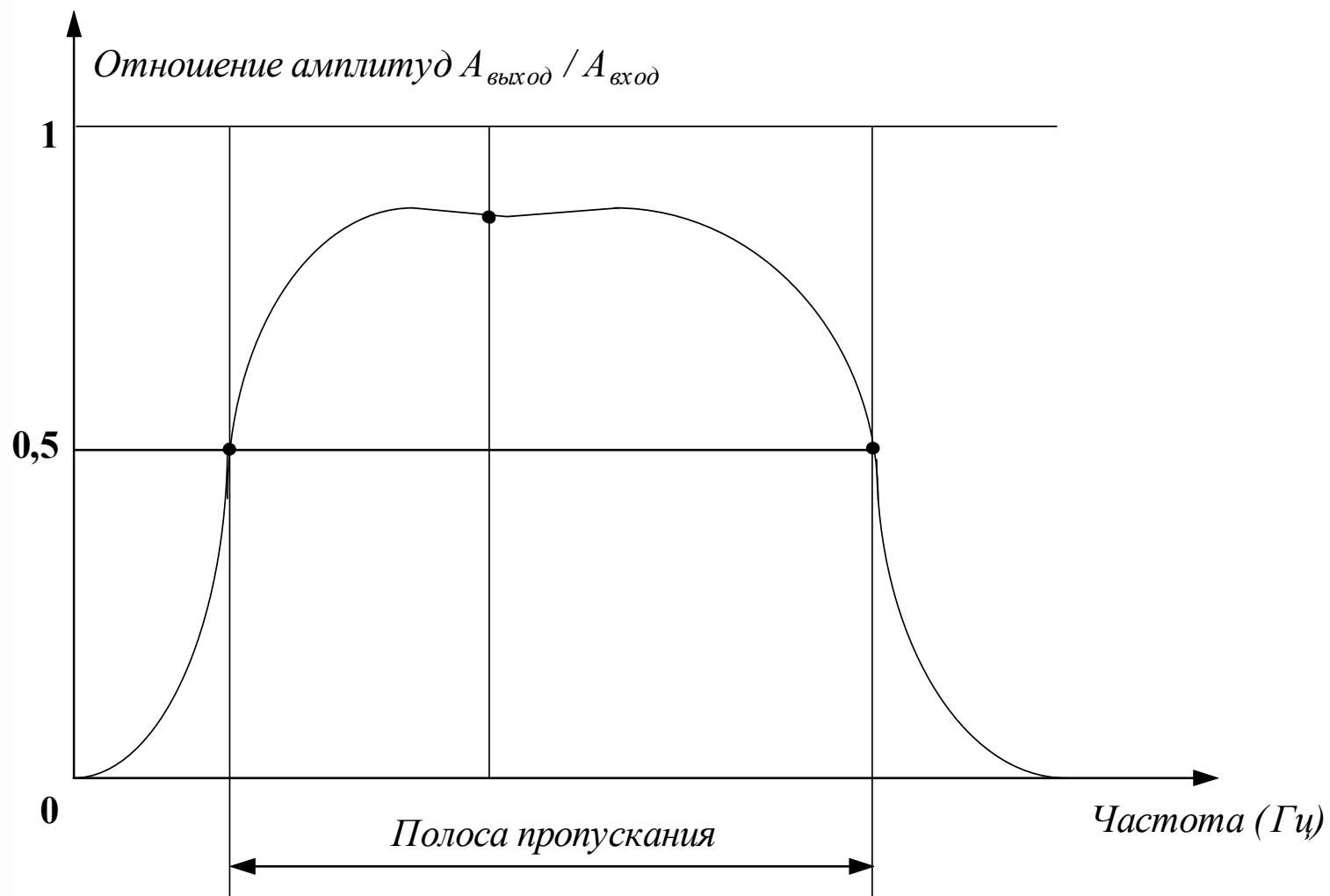
Искажения импульсов в линиях связи



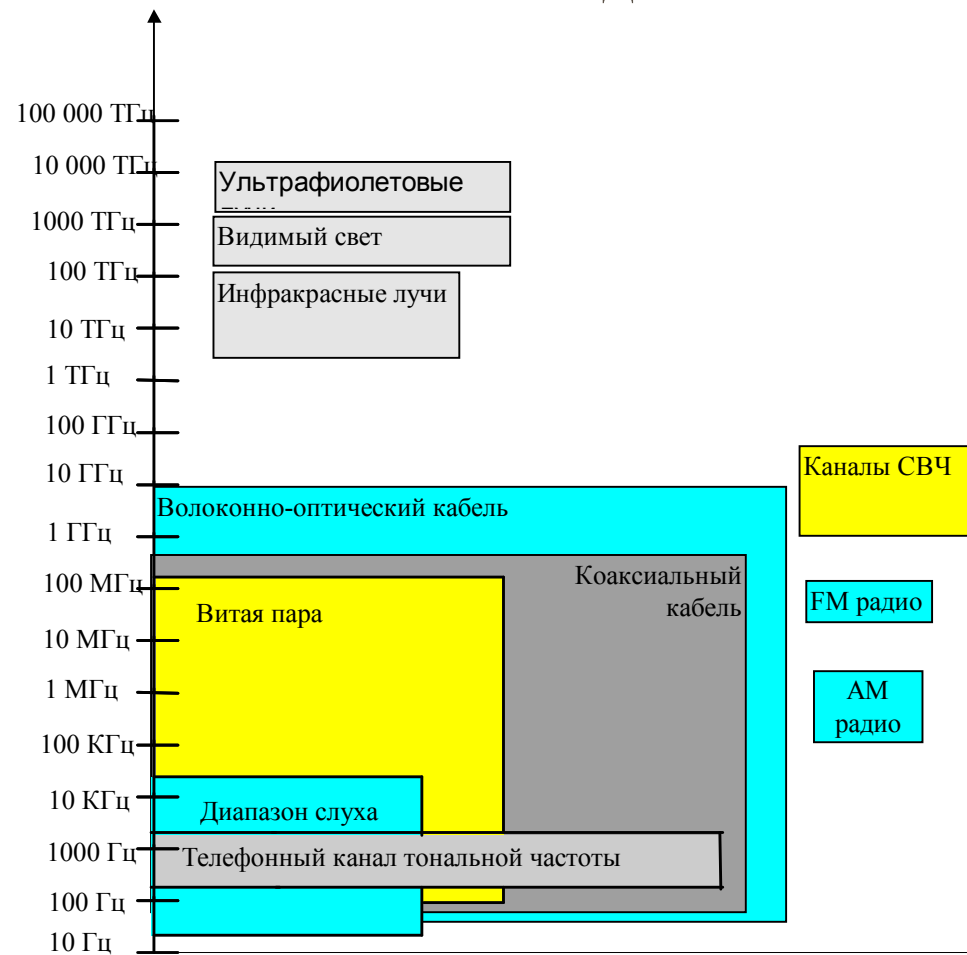
Представление линии в виде распределенной индуктивно-емкостной нагрузки



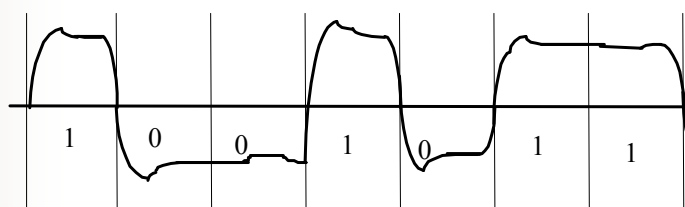
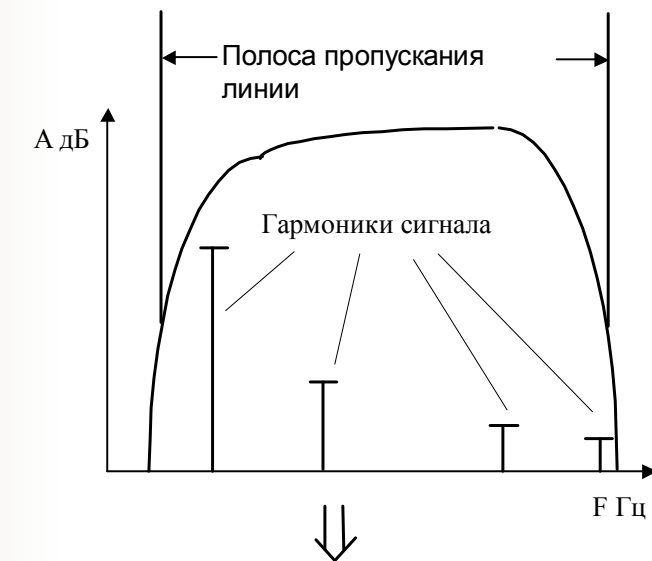
Амплитудно-частотная характеристика



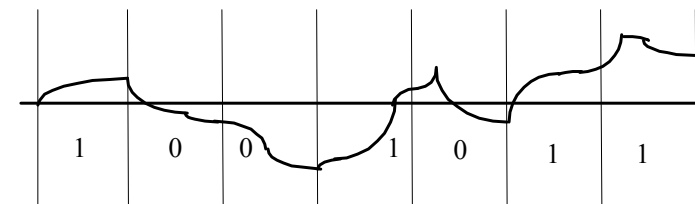
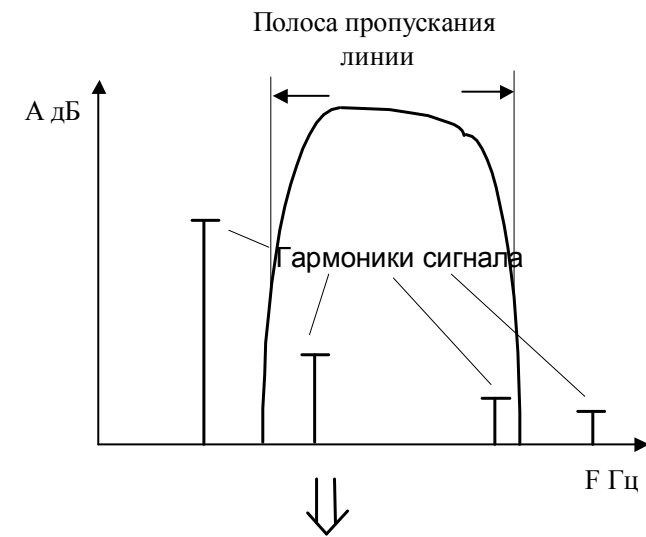
Полосы пропускания линий связи и популярные частотные диапазоны



Соответствие между полосой пропускания линии связи и спектром сигнала



а) Спектр сигнала уместается в полосу пропускания линии



б) Спектр сигнала выходит за пределы полосы пропускания линии



Пропускная способность - C (бит/с)-

максимально возможное число бит информации, которые могут быть переданы в секунду

Формула Шеннона

$$C(\text{бит/с}) = F \times \log_2(1 + P_c/P_m)$$

F - полоса пропускания (Гц)

Типичные значения пропускной способности (bandwidth) линий связи вычислительных сетей:

2400, 4800, 9600, 14400, 28800, 33600 б/с

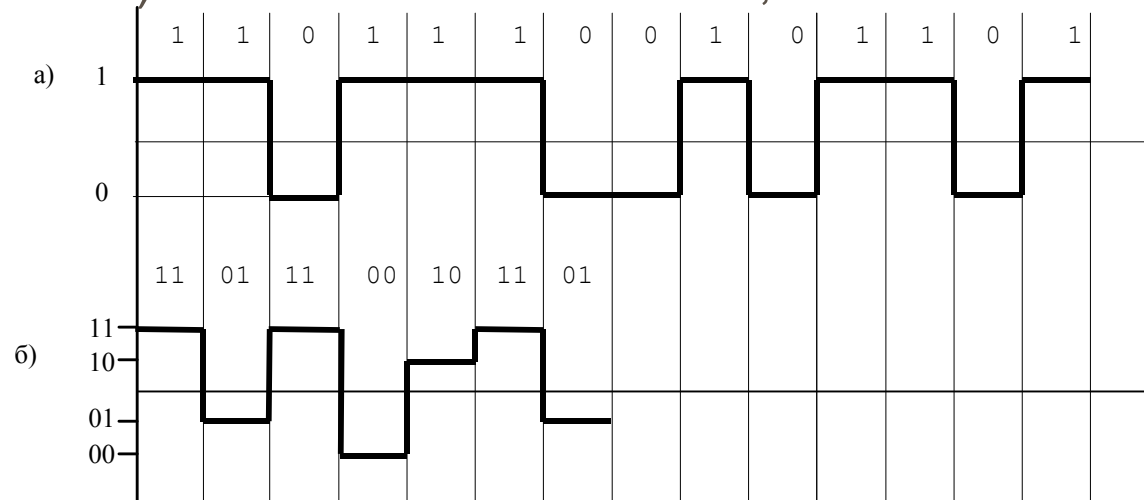
56, 64 Кб/с; 1.544, 2.048, 10, 16, 34, 45, 155, 622 Мб/с

Повышение скорости передачи за счет дополнительных состояний сигнала.

Формула Найквиста

$C = 2F \log_2 M$, где M - количество состояний одного элемента данных

а) сигнал имеет 2 состояния;



б) сигнал имеет 4 состояния



Помехоустойчивость линии:

определяется мощностью шумов, создаваемых в линии внешней средой и возникающих в самой линии

низкая \Rightarrow хорошая \Rightarrow отличная

*Кабельные
линии*

Радиолинии

*Оптоволоконные
линии*

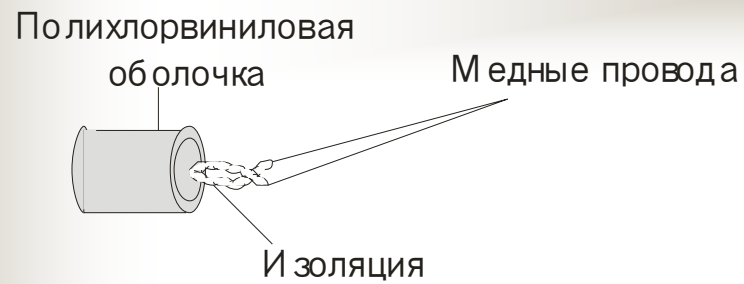


Достоверность передачи данных:

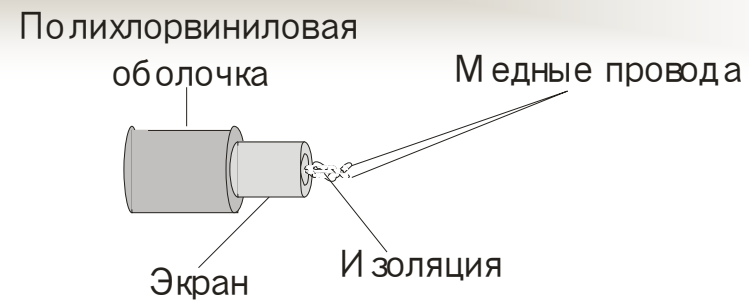
вероятность искажения бита данных
($10^{-3} \div 10^{-9}$ без дополнительных средств,
 10^{-9} - оптоволокно)

Удельная стоимость линии:

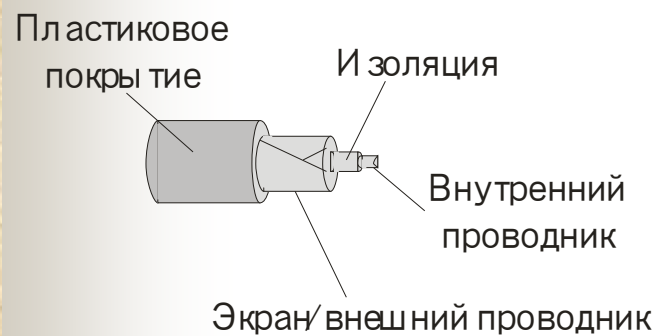
затраты на создание 1 км линии - от \$0.4 до
\$8



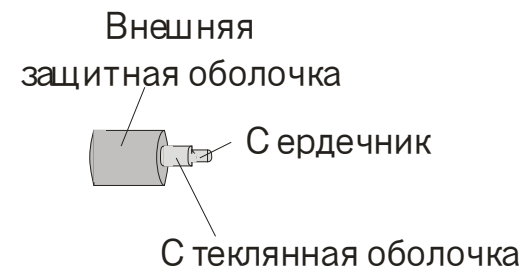
Неэкранированная витая пара



Экранированная витая пара



Коаксиальный кабель



Волоконно-оптический кабель

Устройство кабелей

Характеристики кабеля

.. *Перекрестные наводки между витыми парами (Near End Crosstalk, NEXT)*
Перекрестные наводки между витыми парами представляют собой результат интерференции электромагнитных сигналов, возникающих в двух витых парах. Величина NEXT зависит от частоты передаваемого сигнала - чем выше величина NEXT, тем лучше (для неэкранированной витой пары категории 5 показатель NEXT должен быть не менее 27 Дб при частоте 100 МГц).

.. *Затухание (Attenuation).* - потеря мощности электрического сигнала при его распространении по кабелю, измеряется в децибелах на метр. Для кабеля категории 5 при частоте 100 МГц затухание не должно превышать 23,6 Дб на 100 м.

$$A(\text{дБ}) = 10 \times \log_{10}(P_{\text{ВЫХ}}/P_{\text{ВХ}})$$

.. *Импеданс (волновое сопротивление).* Импеданс - это полное (активное и реактивное) сопротивление в электрической цепи.

для коаксиальных кабелей, используемых в стандартах Ethernet, импеданс кабеля должен составлять 50 Ом

UTP - 100 и 120 Ом

STP - 150 Ом

.. *Активное сопротивление.* Активное сопротивление - это сопротивление постоянному току в электрической цепи. Для неэкранированной витой пары категории 5 активное сопротивление не должно превышать 9,4 Ом на 100 м.

..

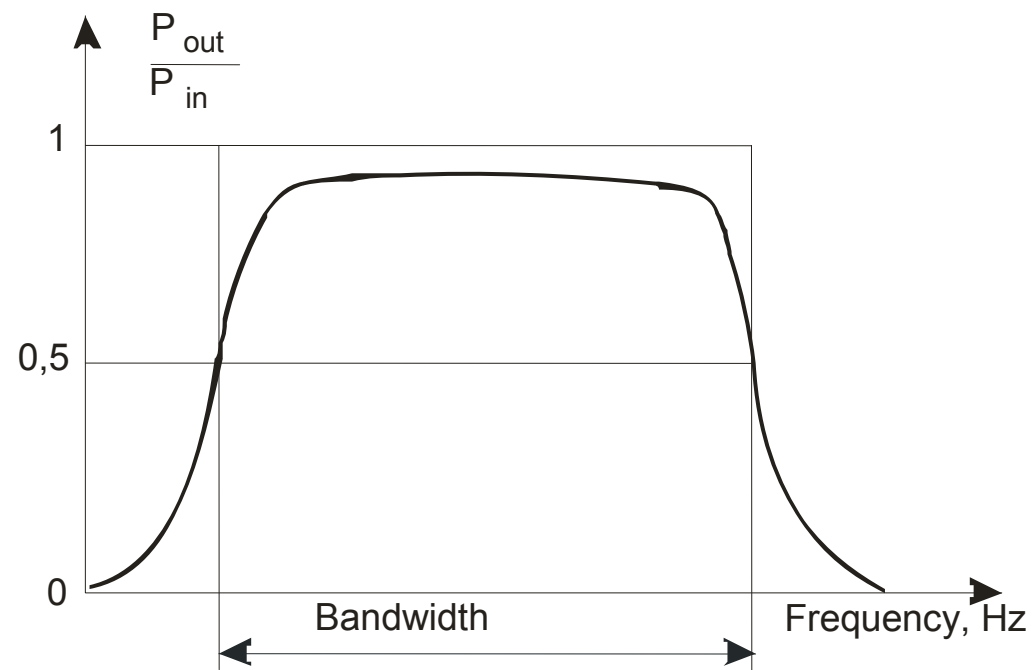
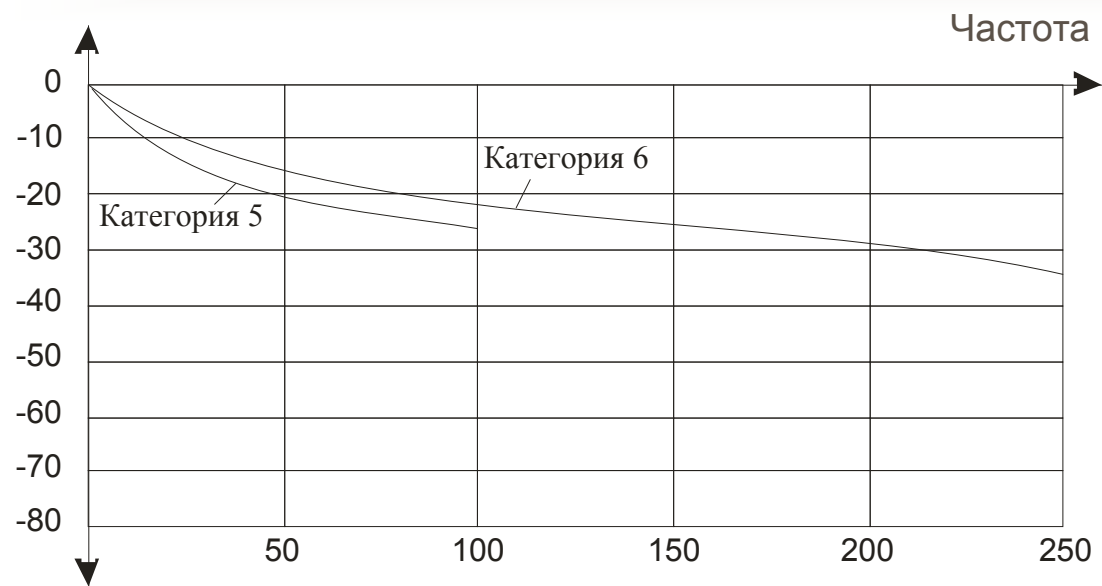


Рис. 8.7. Зависимость затухания от частоты
 $A(\text{дБ}) = 10 \times \log_{10}(P_{\text{ВЫХ}}/P_{\text{ВХ}})$

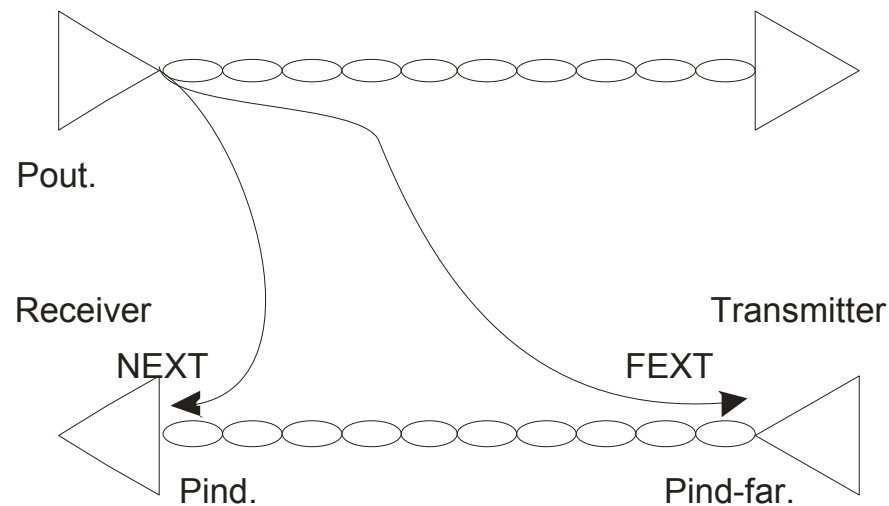


Затухание

Затухание неэкранированного кабеля на витой паре

Transmitter

Receiver



P_{out} . — мощность сигнала на выходе передатчика

P_{ind} . — induced signal power на ближнем конце кабеля

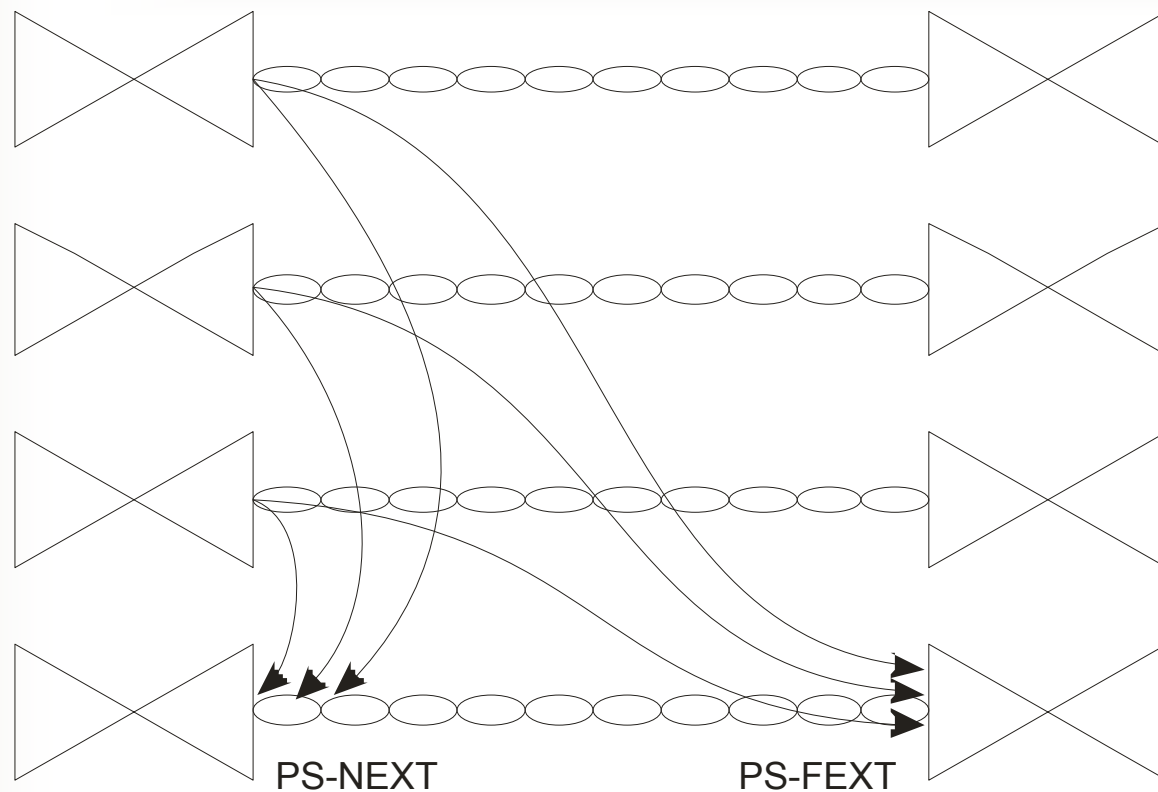
$P_{ind-far}$. — induced signal на дальнем конце кабеля

Переходное затухание $NEXT(дБ) = 10 \times \log_{10}(P_{out}/P_{ind})$

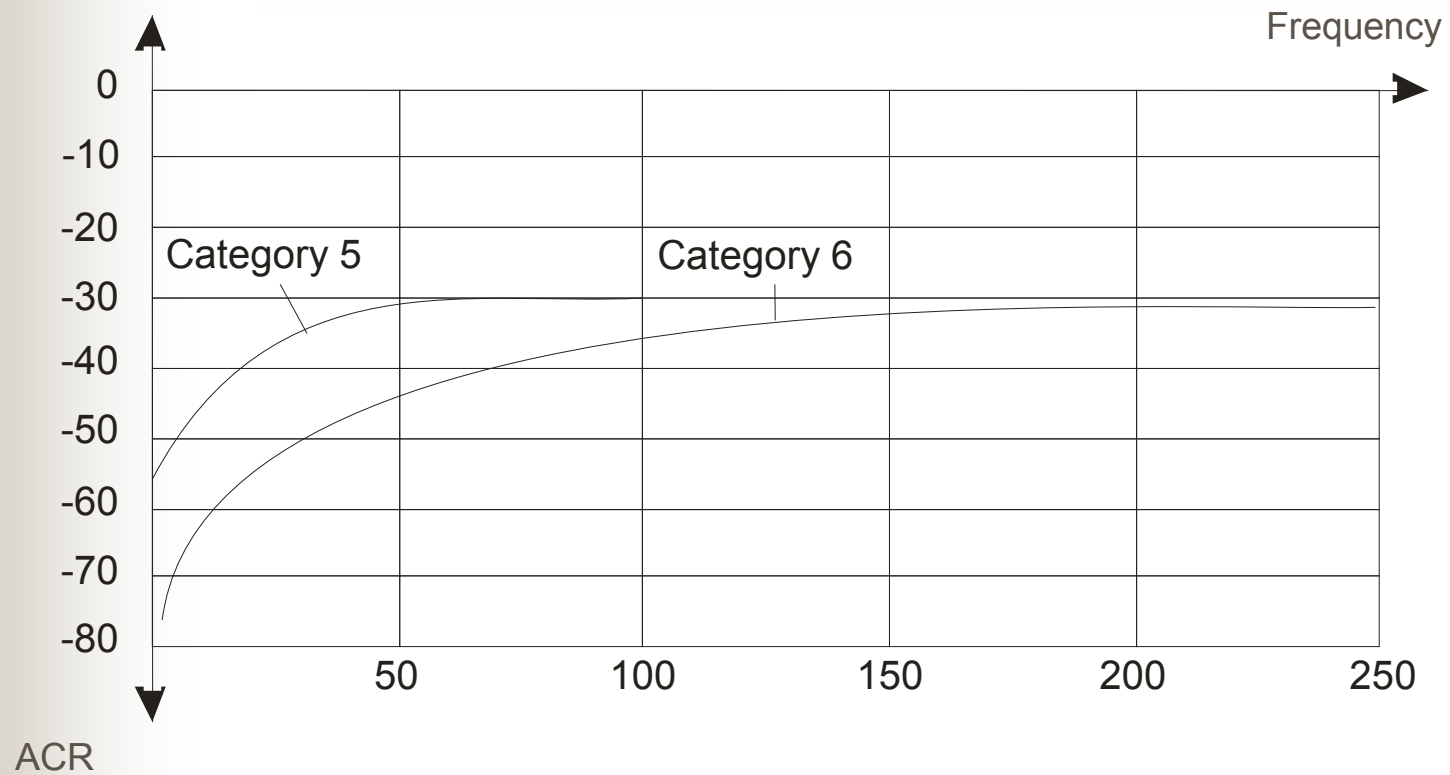
$FEXT(дБ) = 10 \times \log_{10}(P_{out}/P_{ind-fart})$

Transmitter-receiver

Transmitter-receiver

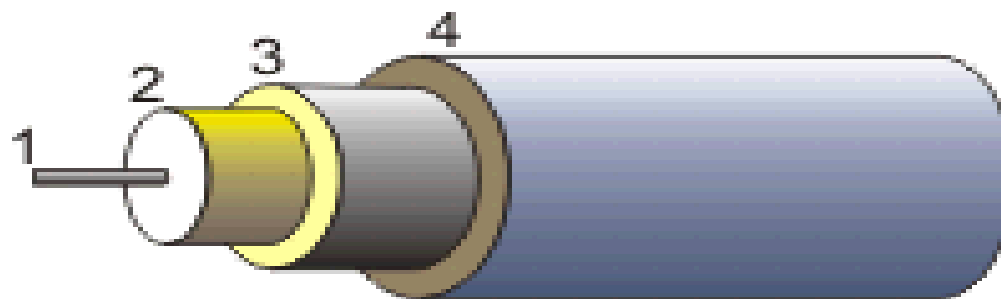


Суммарное переходное затухание

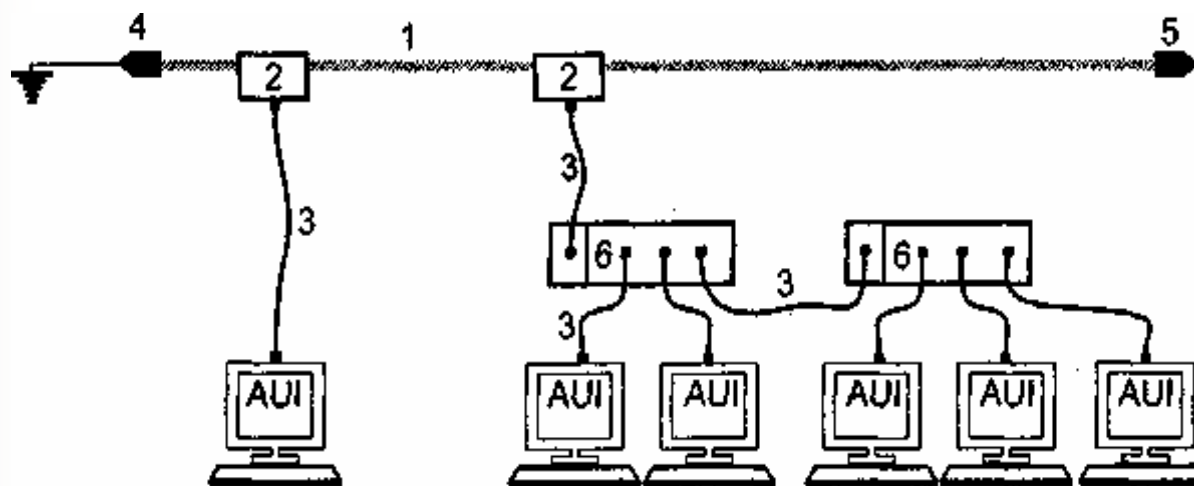


Защищенность витой пары (ACR)-разность между уровнями полезного сигнала и помех

Коаксиальный кабель



«Толстый» коаксиальный кабель Thicknet (RG-8, RG-11)



«Тонкий» коаксиальный кабель Thinnet (RG-58)

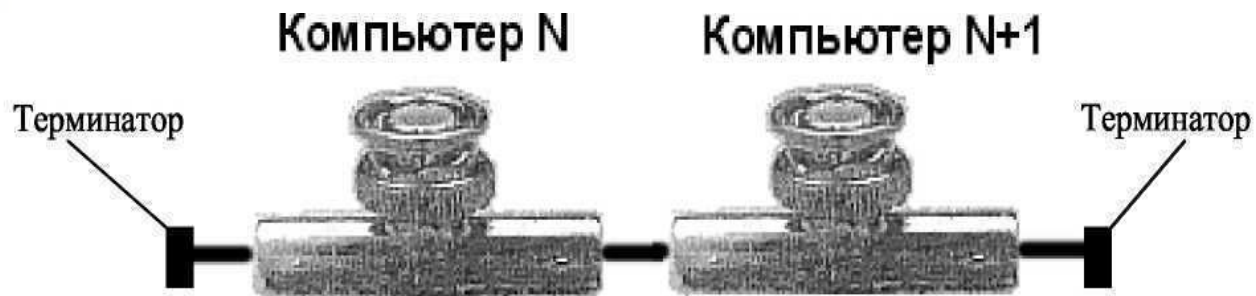
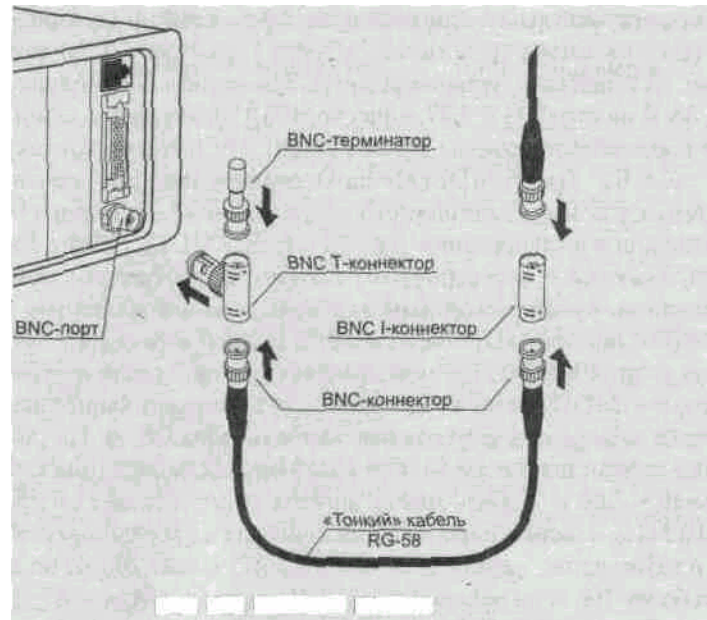
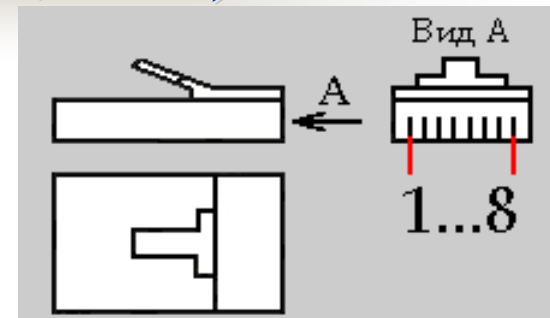
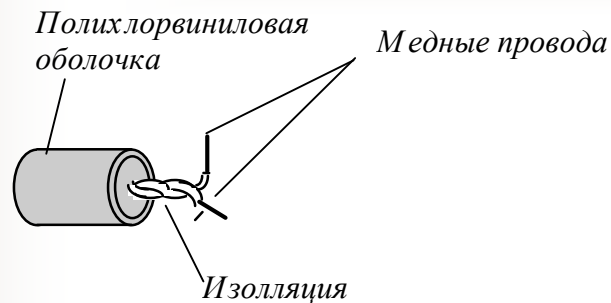


Рис. Подключение к тонкому коаксиальному кабелю при помощи T-коннекторов (схема).

Неэкранированная витая пара (Unshielded Twisted Pair, UTP)

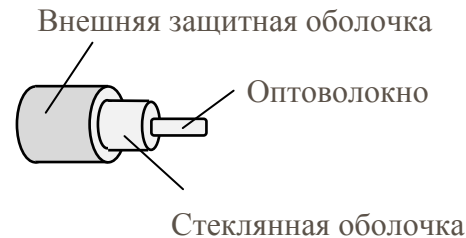


- Недорогой кабель RJ45
- С ним просто работать
- Имеется большой опыт использования в телефонных системах (за рубежом)
- Может использоваться как для передачи голоса, так и данных
- Удовлетворительная электромагнитная защищенность
- Стал основным типом кабеля для сетей отделов
- Поддерживается большей частью сетевых стандартов
- Волновое сопротивление 100 Ом

Категория 3:	до 16 МГц
Категория 4:	до 20 МГц
Категория 5:	до 100 МГц
Категория 5+:	до 100-150 МГц
Категория 6:	до 250 МГц
Категория 7 (экран):	до 600 Гц

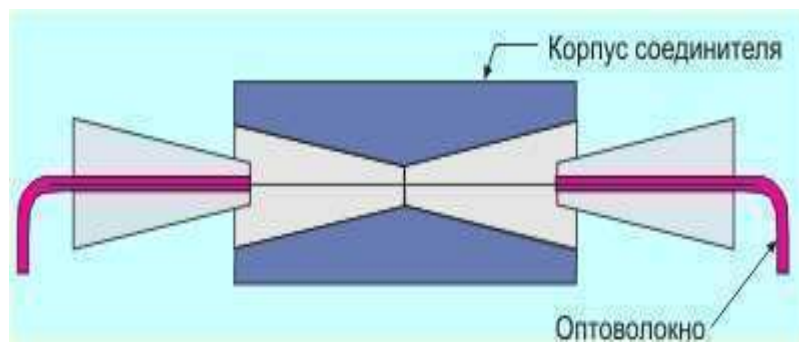
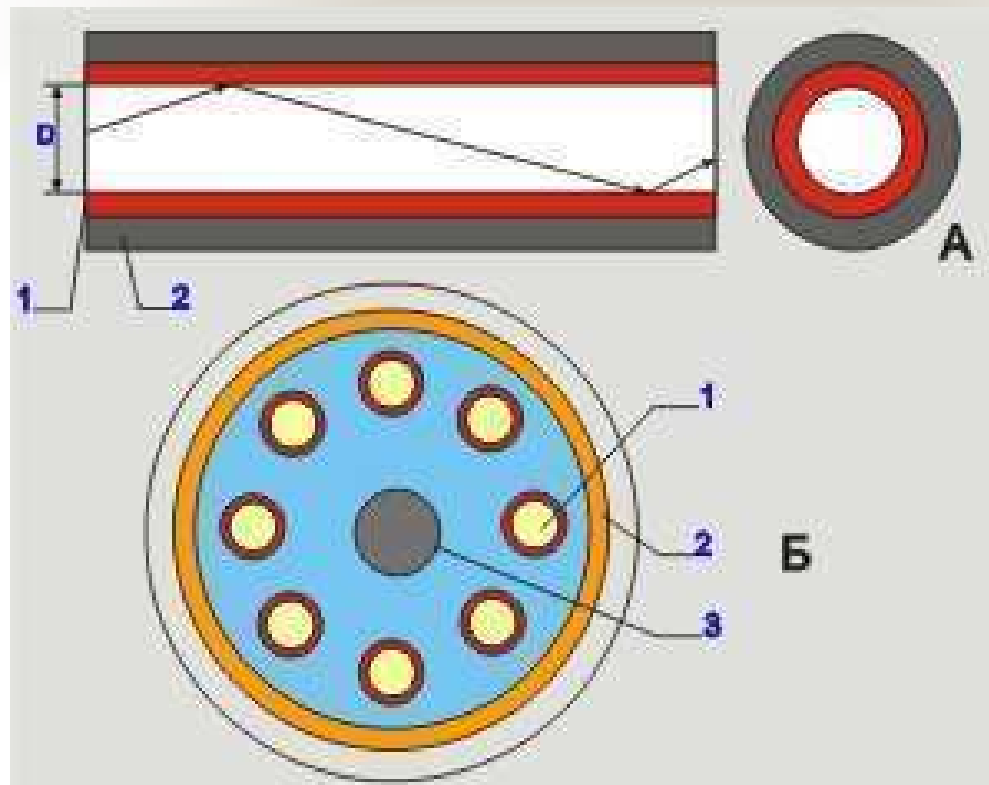
разъем

Волоконно-оптический кабель



- · **Одномодовое волокно** (5 - 15 мкм) - полоса пропускания до нескольких ГГц
- · **Многомодовое волокно** (50, 62.5 мкм) - полоса пропускания около 500 МГц
 - · · Большие расстояния (до 100 – 200 км для одномодового кабеля)
 - · · Отличная помехозащищенность
 - · · Не создает помех
 - · · Используется для передачи данных, видео и голоса
 - · · Отличная защита от несанкционированного доступа (при отводе резко возрастает затухание сигнала)
 - · · Дорог сам по себе, высокая стоимость соединения кабеля с разъемом
 - Поддерживается большинством сетевых стандартов. Для горизонтальных подсистем используется пока редко из-за стоимости

Волоконно-оптический кабель



Оптоволокно: соединения

- **неразъемные соединения: сварка, метод склеивания**
- **Механические соединители оптических волокон**
- **разъемные соединения**

Коннектор FC

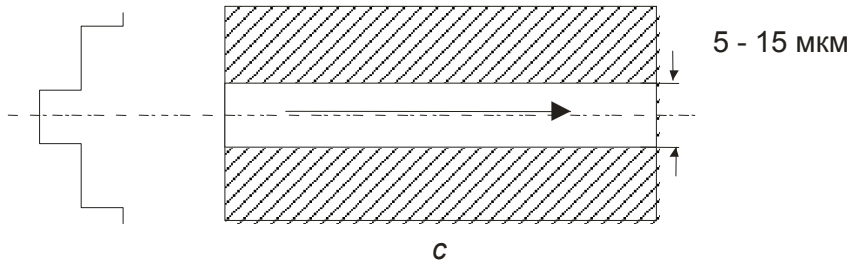
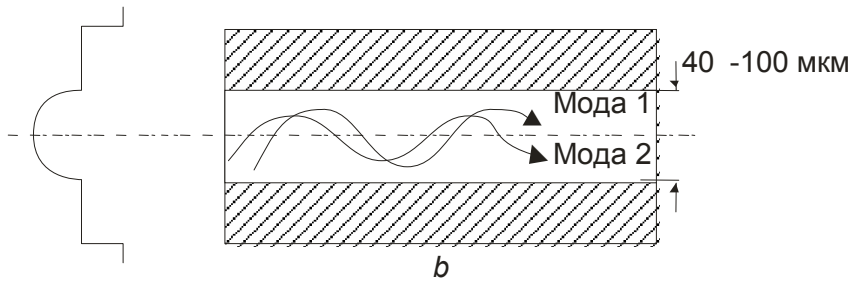
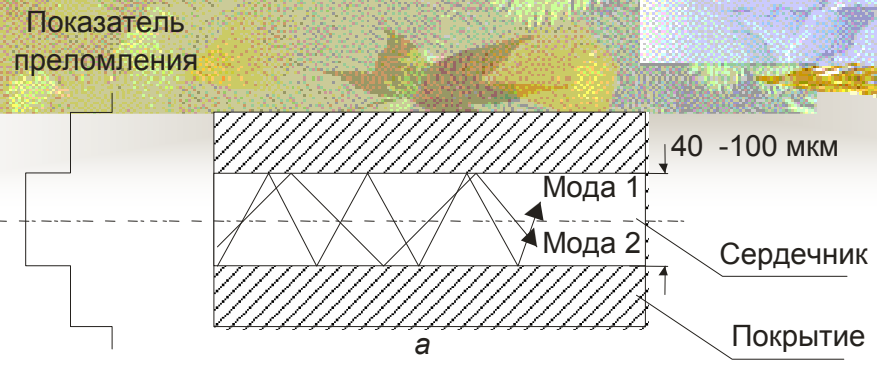


Коннектор ST



Коннектор SC





Типы оптического кабеля

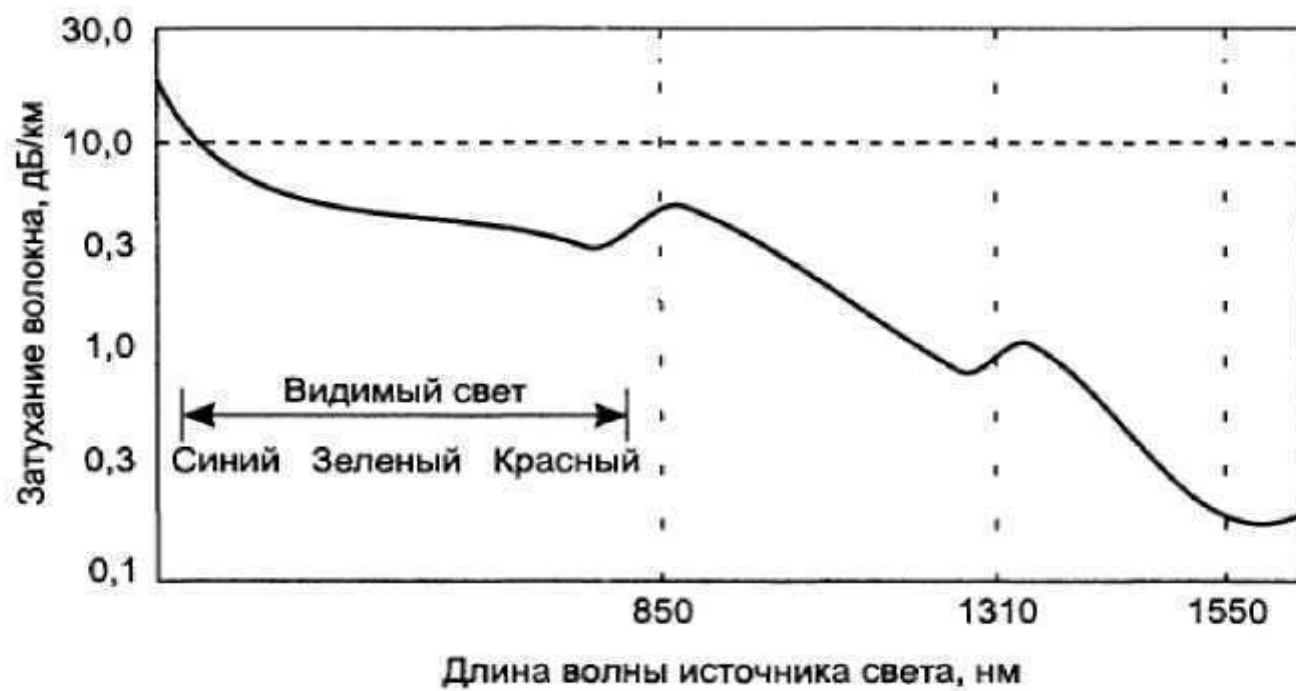
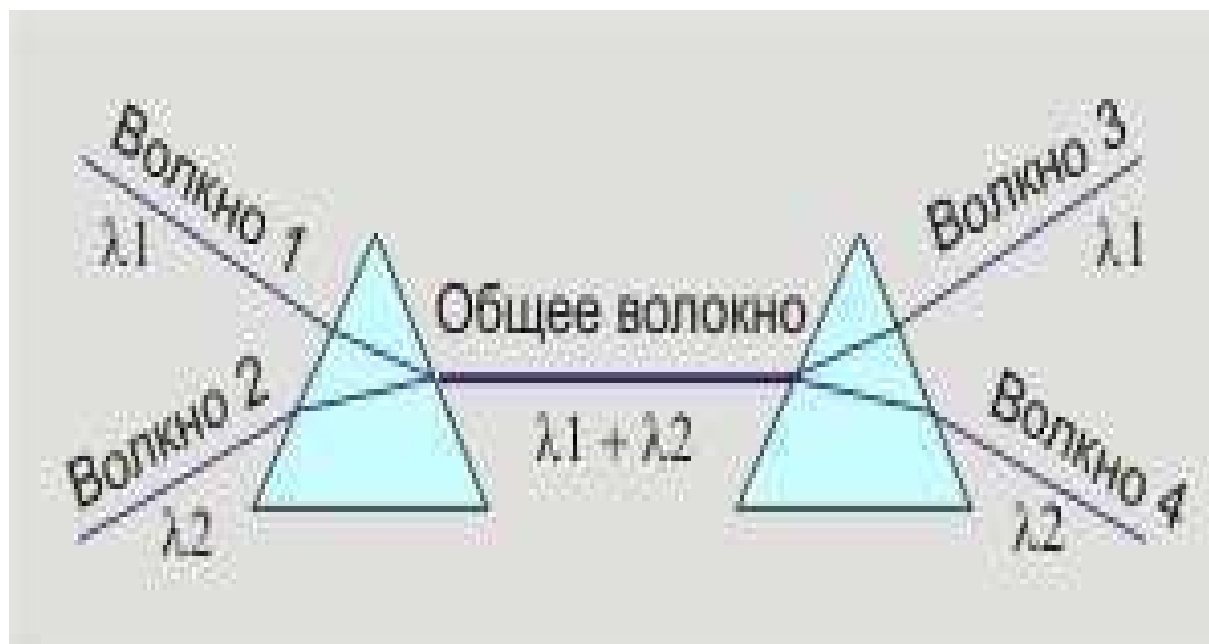


Рис. 8.9. Окна прозрачности оптического волокна



Зависимость поглощения света в
волокне от длины волны



Мультиплексирование с делением по длине волны
в оптическом волокне



Увеличение длины передающих линий:

- Оптические усилители на основе добавок эрбия (в 100 раз)

Сигнал 1550 нм

Усиленный сигнал 1550

Мультиплексор 1480/1550

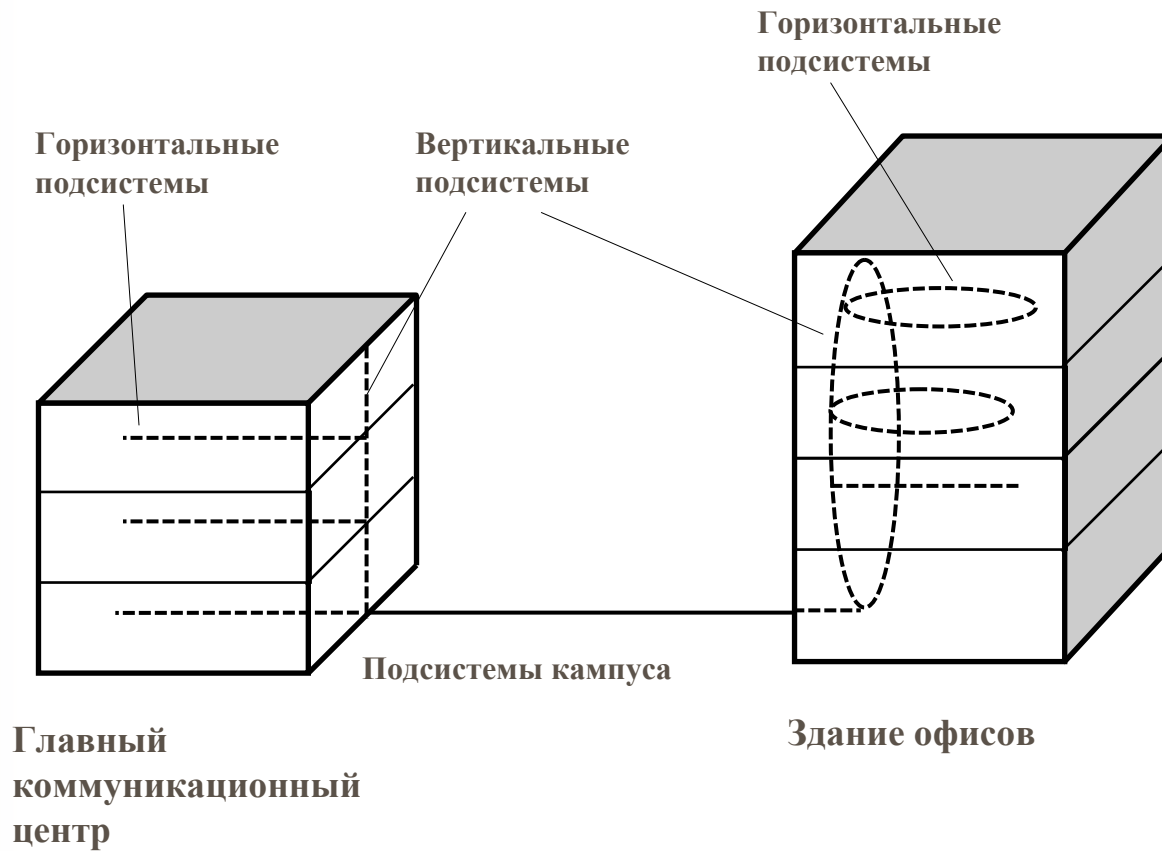
Накачка 1480 нм

- Солитоны (10000 км)

- Молекулярная дисперсия- различные длины волн имеют различные скорости распространения (размывание)

- Эффект Керра- импульсы, начиная с некоторого уровня интенсивности, распространяются с различными скоростями (сжатие)

Структура кабельных подсистем

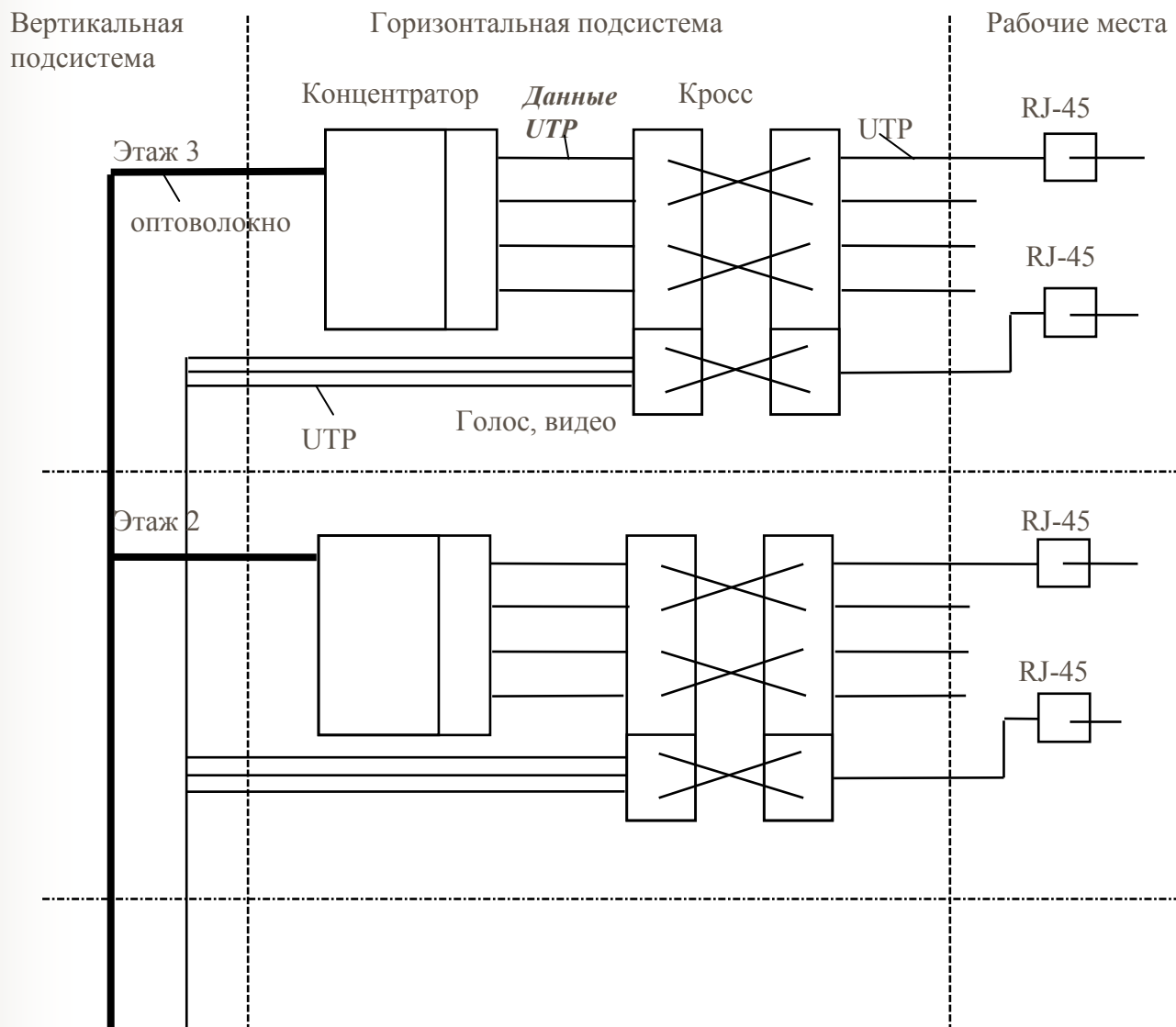


Преимущества структурированной кабельной системы

- ✓ Увеличения срока службы. Если все рабочие места уже оснащены розетками для подключения компьютеров, то срок морального старения будет составлять 8-10 лет.
- ✓ Уменьшение стоимости добавления новых пользователей. Стоимость кабельной системы: 5-6% от стоимости сети. Основная доля - работы по прокладке кабеля.
- ✓ Возможность легкого расширения сети из-за модульности. Новая подсеть не оказывает влияние на существующие.
- ✓ Более эффективное обслуживание (поиск и локализация неисправностей).
- ✓ Соединение сегментов с помощью концентраторов - централизация коммуникационного оборудования.

AT&T - SYSTIMAX
IBM Cabling System

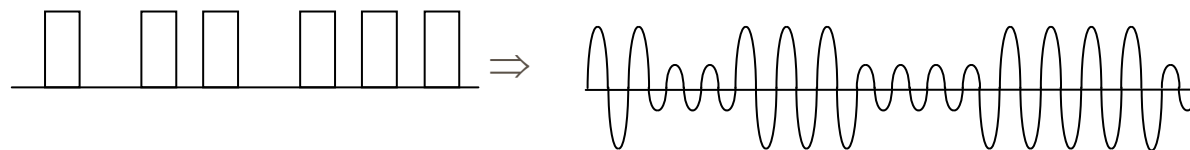
Кабельная система этажа



Методы передачи дискретных данных

- Аналоговая модуляция
- Кодирование (дискретная модуляция)

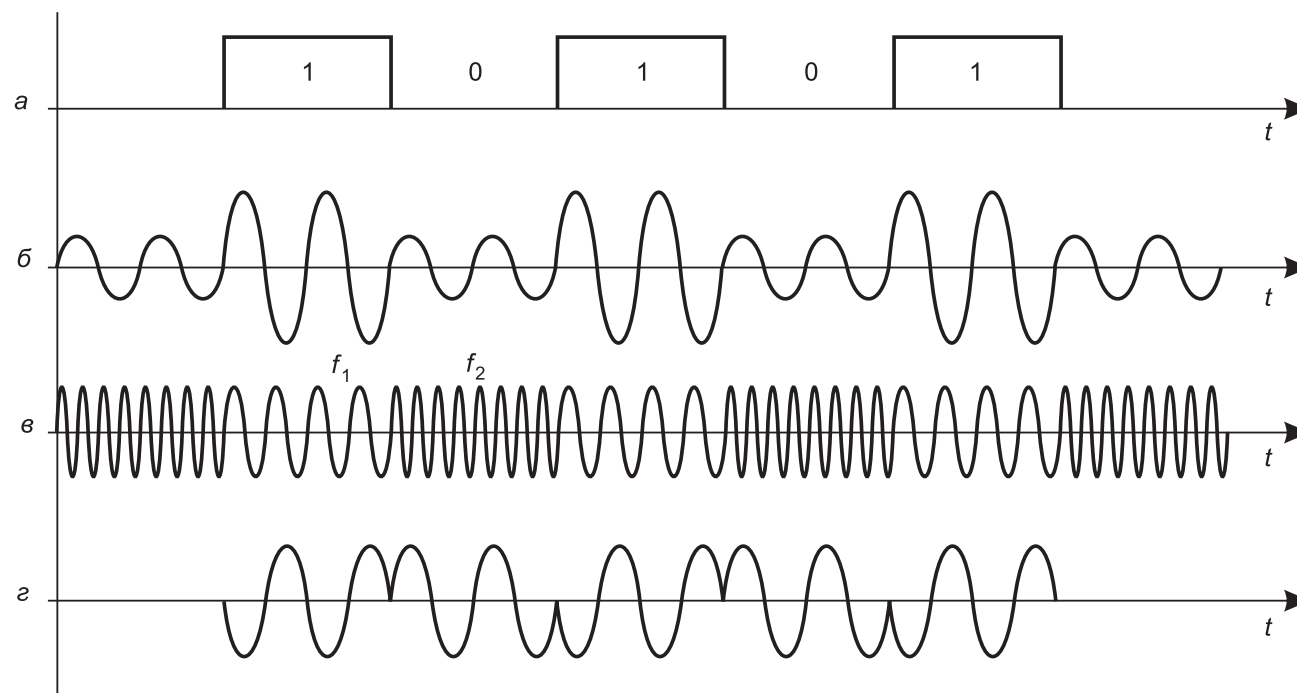
Аналоговая модуляция: предназначена для передачи дискретных данных, имеющих широкий спектр, по аналоговым линиям связи с узкой полосой



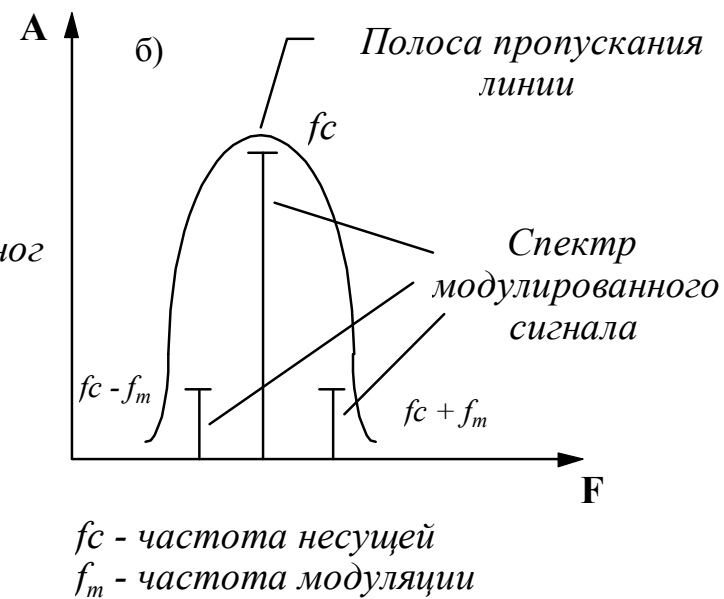
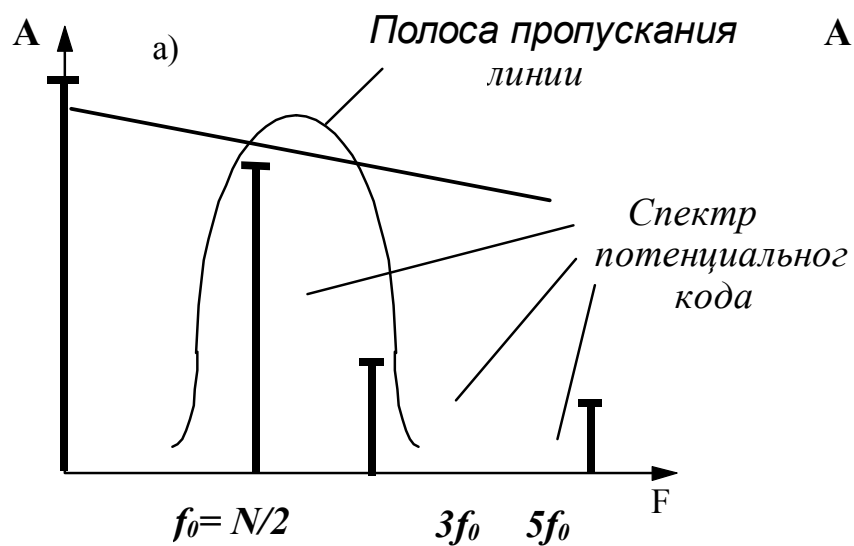
Виды аналоговой модуляции:

а) амплитудная б) частотная в) фазовая

Количество изменений информационного параметра несущего сигнала в секунду измеряется в бодах



Спектры сигнала при потенциальном кодировании и амплитудной модуляции



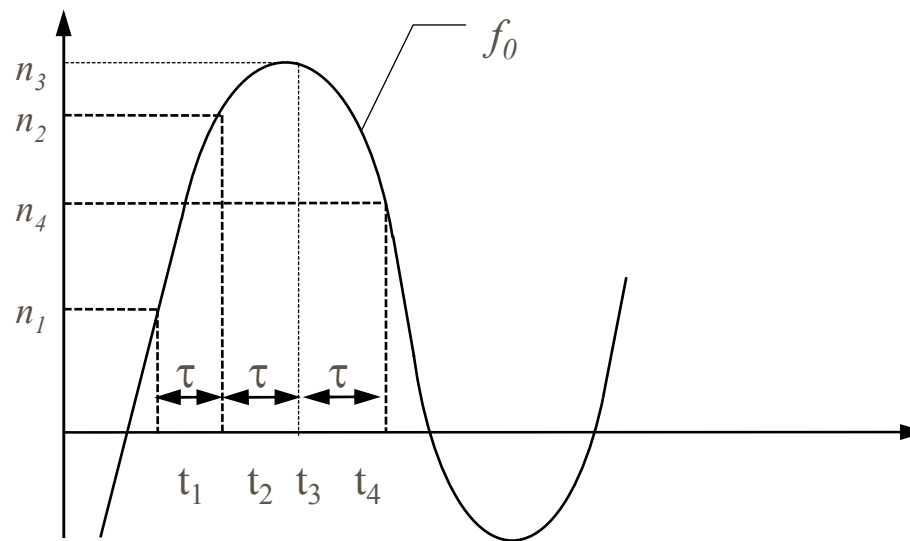
Кодирование аналоговых сигналов:

предназначено для передачи аналоговых данных по линиям связи, имеющим широкую полосу пропускания, достаточную для передачи импульсов



Кодирование (дискретная модуляция)

Дискретизация непрерывного сигнала по амплитуде и по времени



Частота квантования: $f=1/\tau$

n_1, n_2, n_3, \dots - "оцифрованный" сигнал

$$f \geq 2f_0$$

Теорема Котельникова-Найквиста



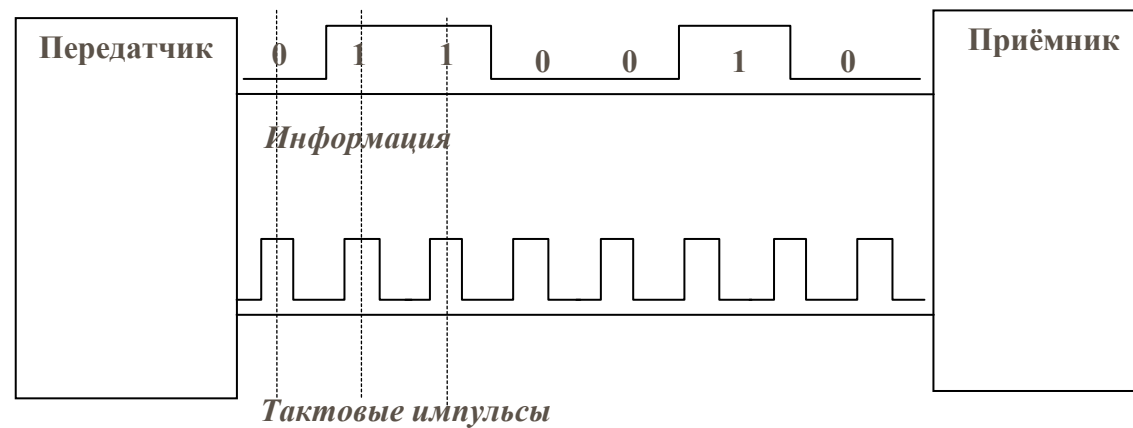
Кодирование

Кодирование в узком смысле - способ представления дискретных данных импульсными сигналами для передачи по линиям (без модуляции)

Цели кодирования:

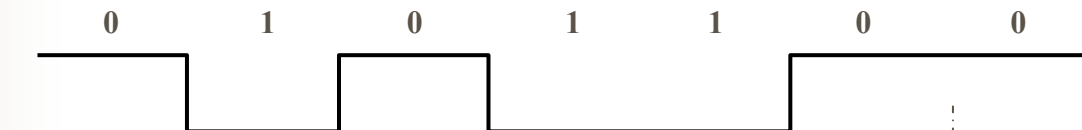
1. Сужение полосы частот результирующего сигнала.
2. Синхронизация приемника и источника
3. Обеспечение устойчивости к шумам
4. Обнаружение и исправление битовых ошибок
5. Минимизирование мощности передатчика

Синхронизация приемника и передатчика на небольших расстояниях



Методы кодирования

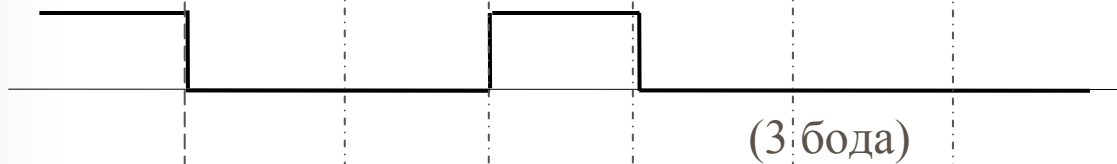
а) Потенциальный код или NRZ-код



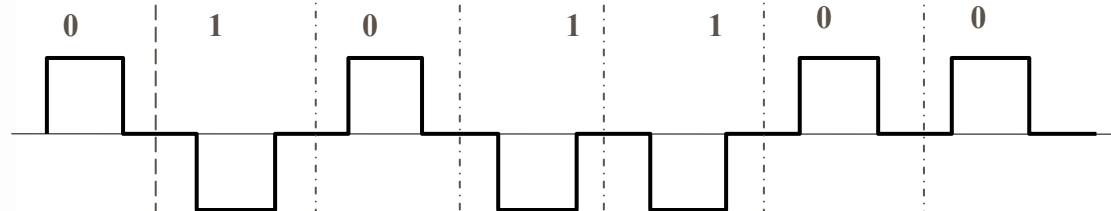
Полоса узкая
(Основная гармоника $N/2$
Гц)

Самосинхронизация
плохая

б) Потенциальный код с инверсией при единице NRZI



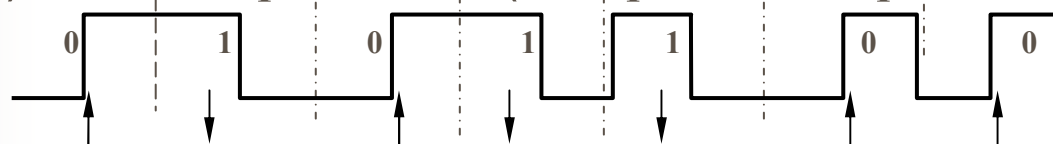
в) Биполярный код (импульсы разной полярности)



Полоса широкая
(Основная гармоника $N/2$
Гц)

Самосинхронизация
отличная

г) Манчестерский код (кодирование перепадами)



Полоса средняя
(Основная гармоника $N/2$
Гц или N Гц)

Самосинхронизация
хорошая

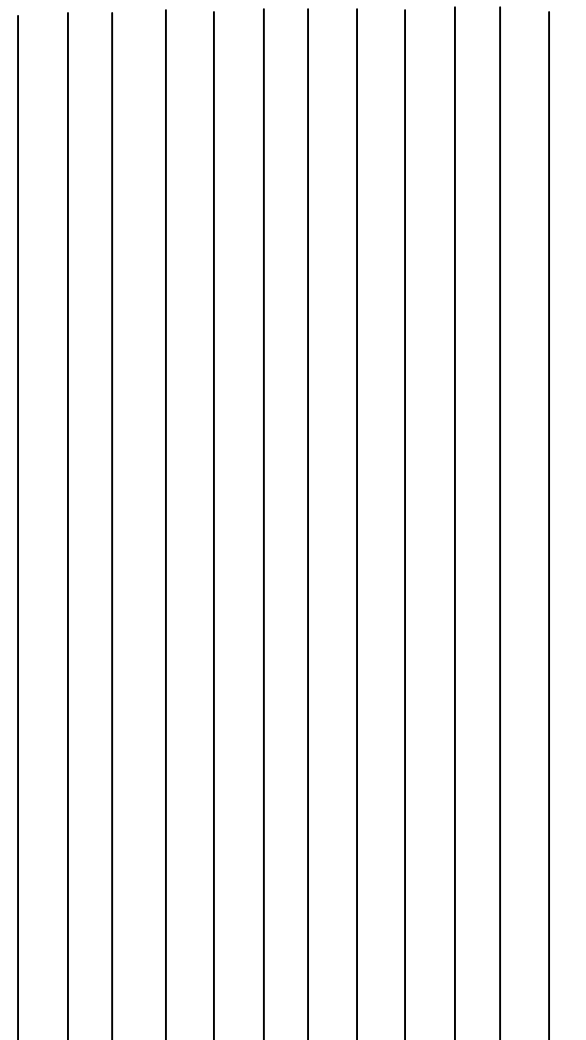
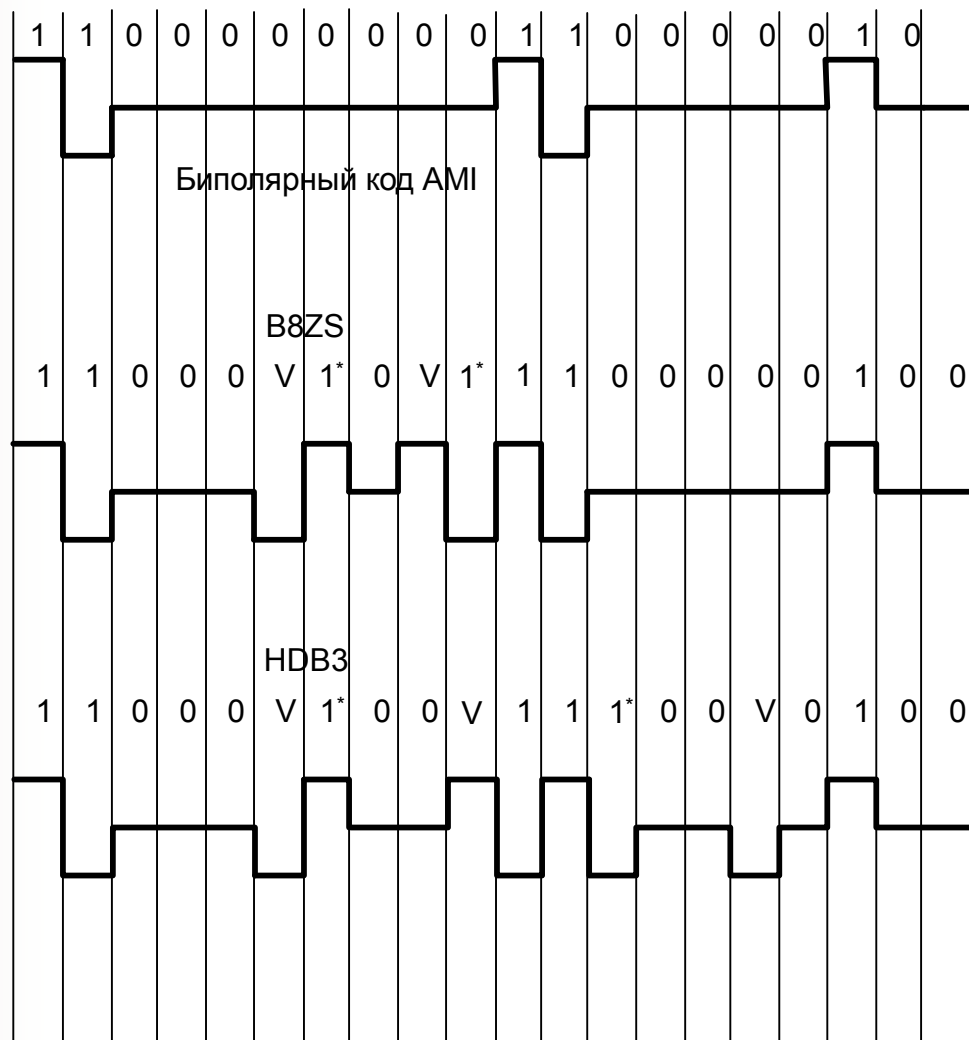
Избыточные потенциальные коды (4В/5В, 5В/6В)

К каждому N битам исходного кода добавляется 1 избыточный бит, значение которого выбирается так, чтобы потенциал гарантированно менял свое значение через каждые $2N$ бит

Код 4В/5В:

4 бита исходного кода	5 бит результирующего кода
0000	11110
0001	01001
0010	10100
0011	10101
0100	01010
0101	01011
0110	01110
0111	01111
⋮	⋮

Коды глобальных каналов



Скрэмблирование (2В1Q)

«Перемешивание» данных по известному закону:

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

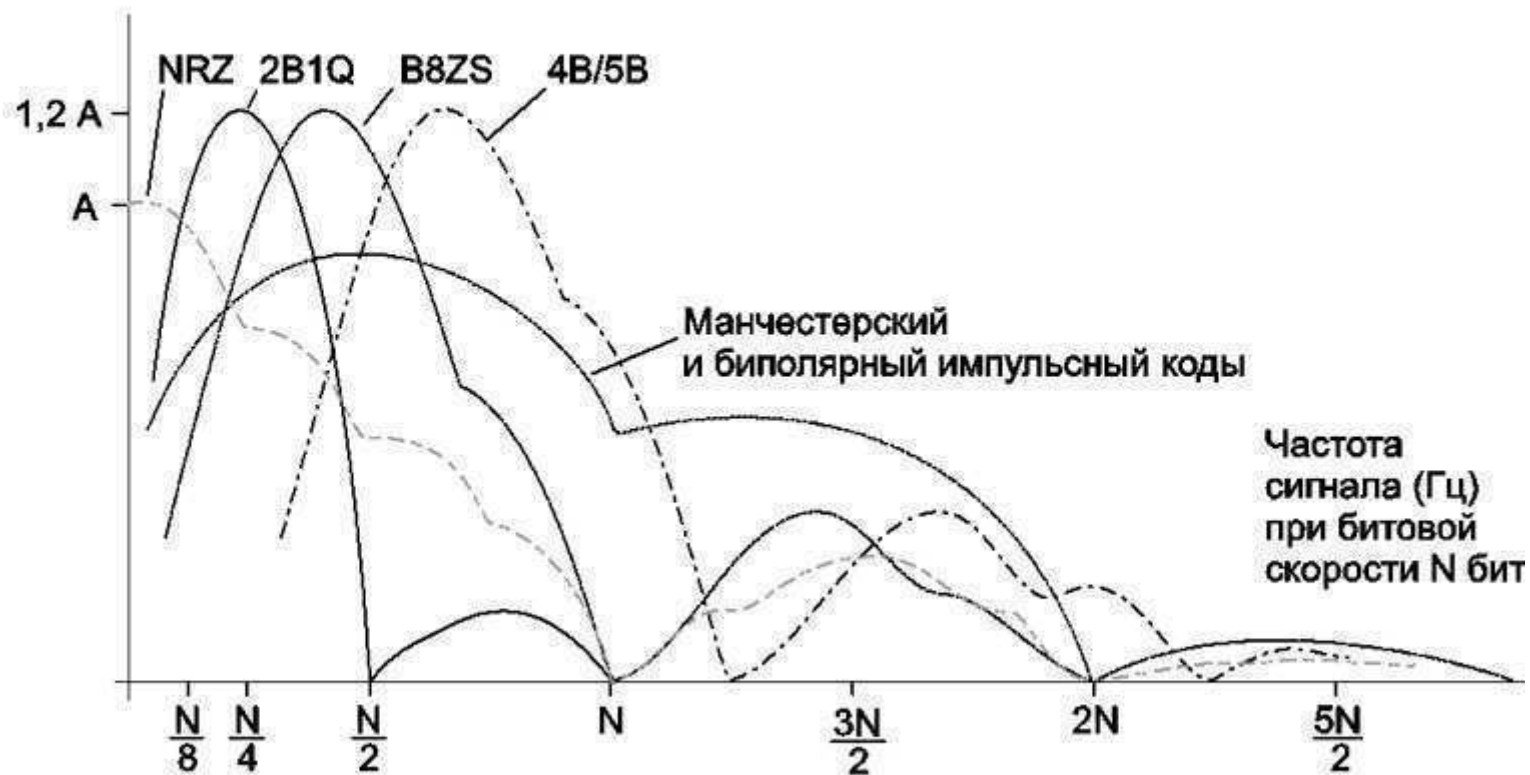
\oplus - сложение по модулю 2

Обратное преобразование:

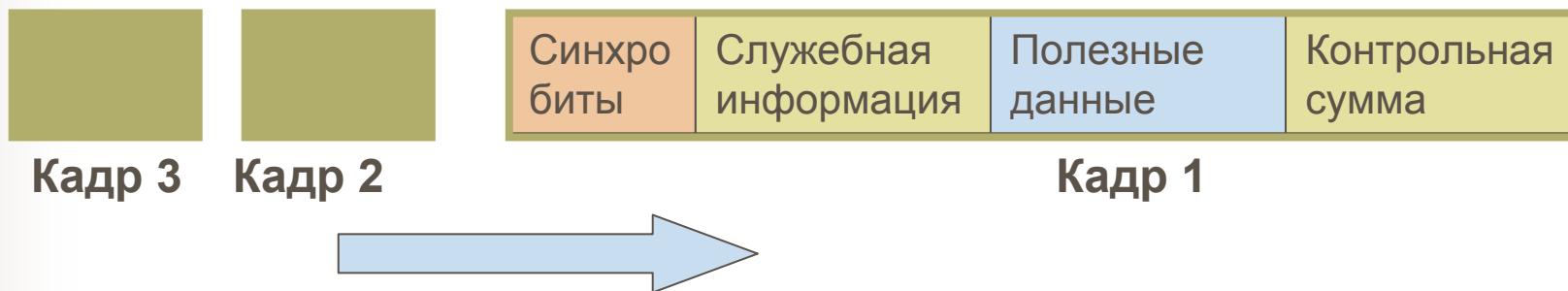
$$C_i = B_i \oplus B_{i-3} \oplus B_{i-5} = B_i = (A_i \oplus B_{i-3} \oplus B_{i-5}) \oplus B_i = A_i \oplus B_{i-3} \oplus B_{i-5} \oplus B_{i-3} \oplus B_{i-5} = A_i$$

$$110110000001 \rightarrow 110001101111$$

Спектры кодов

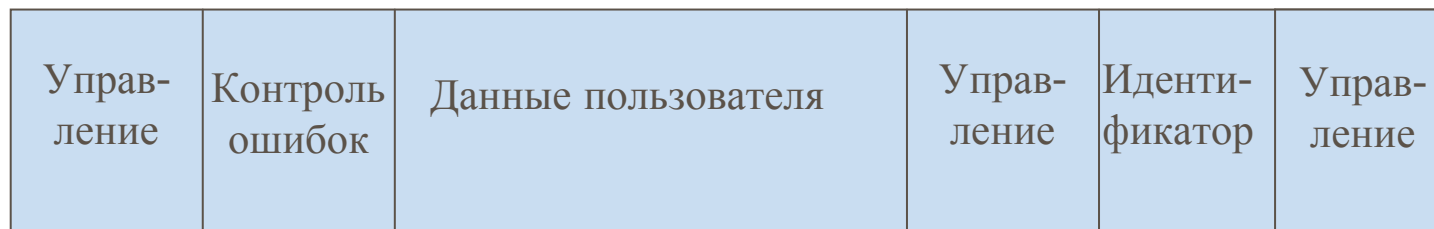
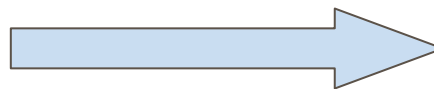
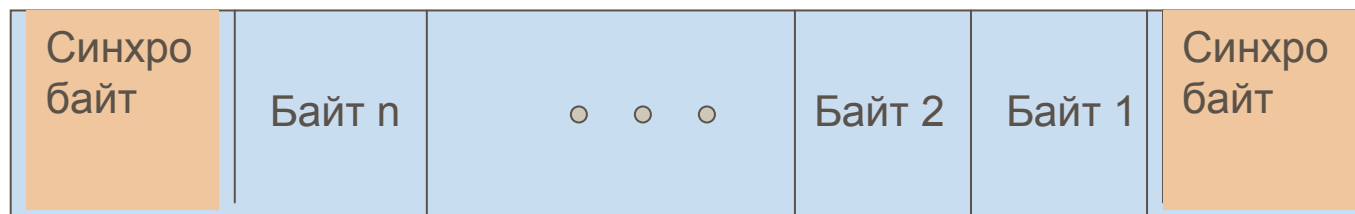
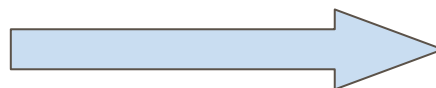
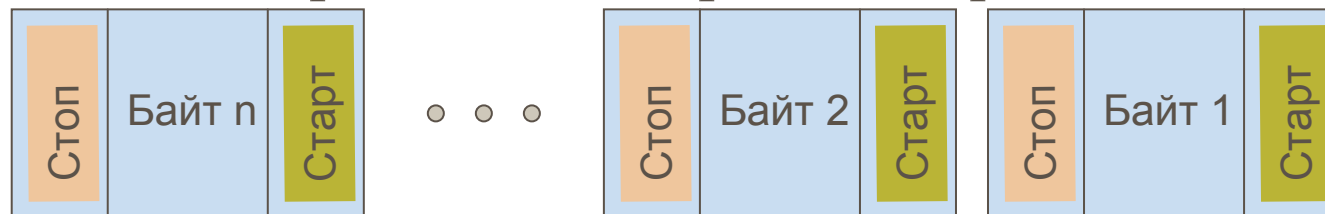


Структура пакетов и кадров



Синхронизация приемника и источника

Асинхронная и синхронная передача





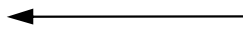
Синхронизация символов и кадров

Дополняет синхронизацию бит при синхронном способе передачи

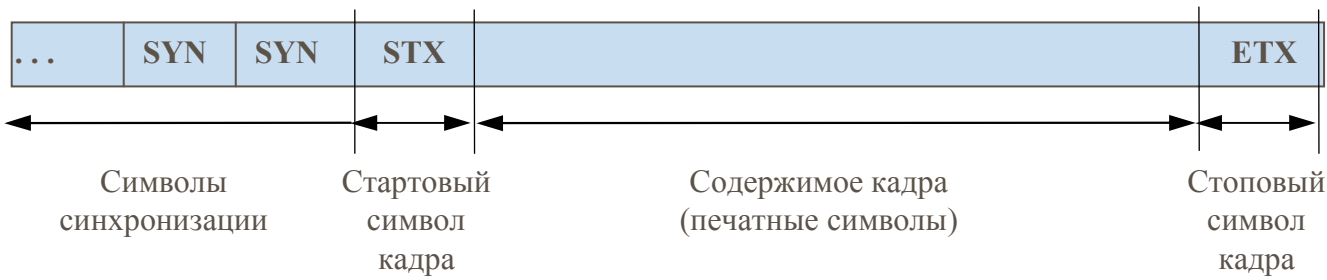
2 метода:

- Символьно-ориентированная передача
- Бит-ориентированная передача

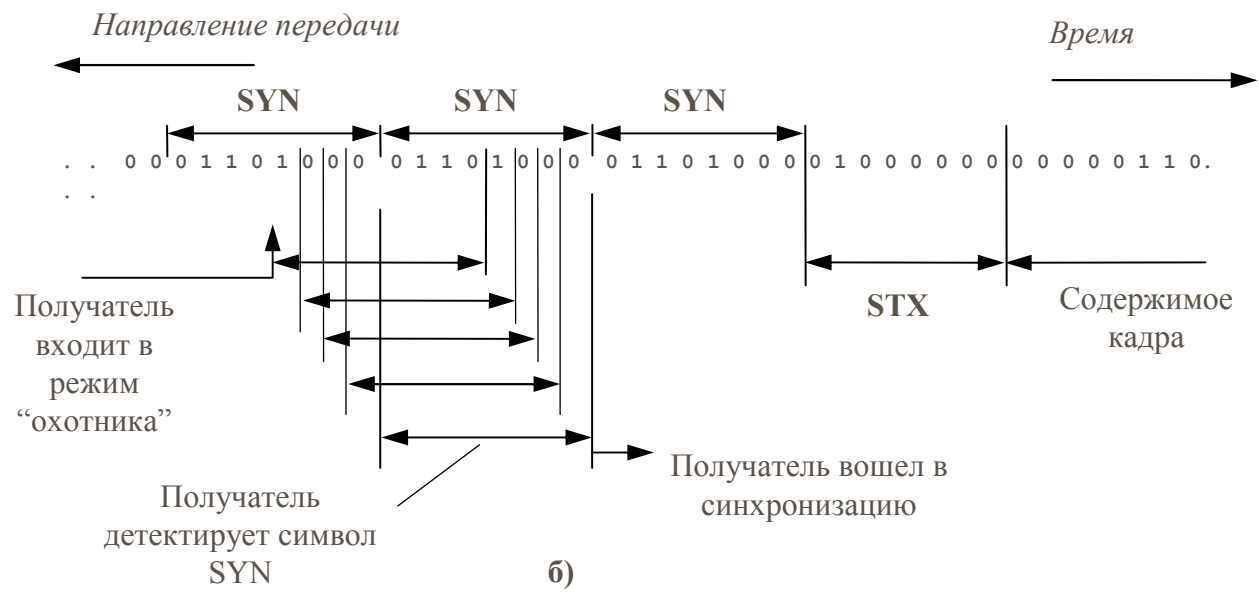
Направление передачи

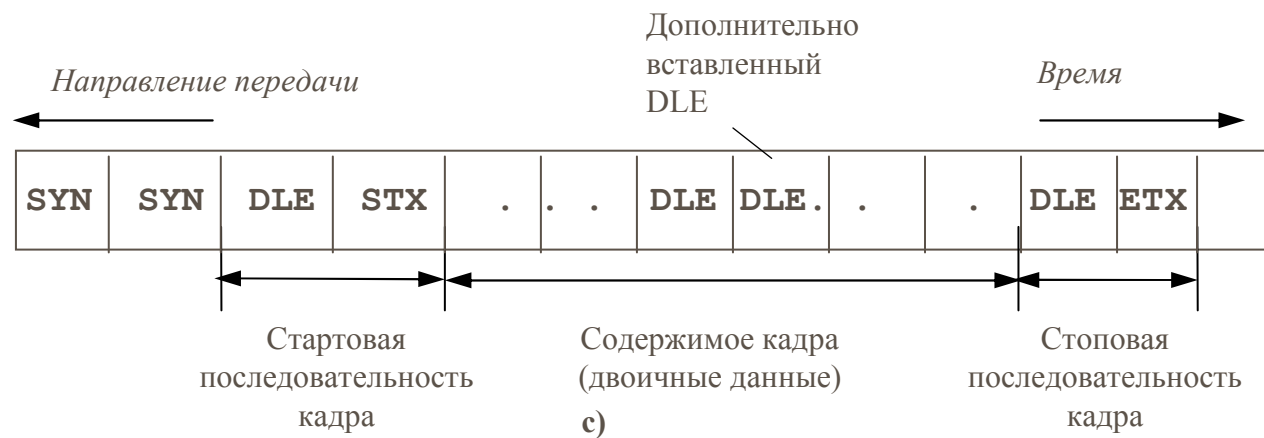


Время



а)





Методы синхронизации при бит-ориентированной передаче кадров

а) Открывающий и закрывающий флаги

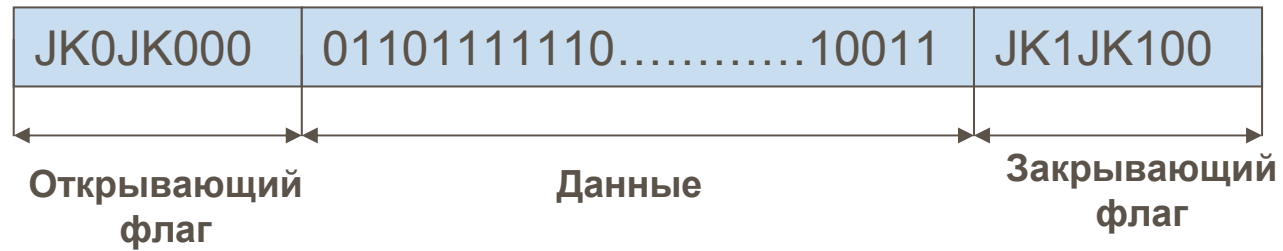


б) Открывающий флаг и поле длины



Методы синхронизации при бит-ориентированной передаче кадров

в) Открывающий и закрывающий флаги с особыми кодами



Бит-стаффинг не нужен

Методы вычисления контрольной суммы кадра информации

1. Контроль по паритету - применяется для байтов

8		7		6		5		4		3		2		1			
1	+	0	+	0	+	1	+	1	+	0	+	1	+	0	=	0	(по чётности, even)
																1	(по нечёт-ти, odd)

Обнаруживает только одиночные ошибки

2. Вертикальный и горизонтальный контроль по паритету блоков символов

Обнаруживает большинство двойных ошибок, но не все

P	B ₇	B ₆	B ₅	B ₄	B ₃	B ₂	B ₁
0	0	0	0	0	0	1	0
1	0	1	0	1	0	0	0
0	1	0	0	0	1	1	0
0	0	1	0	0	0	0	0
1	0	1	0	1	1	0	1
0	1	0	0	0	0	0	0
1	1	1	0	0	0	1	1
1	0	0	0	0	0	1	1
1	1	0	0	0	0	0	1

Биты паритета байтов (нечётность)

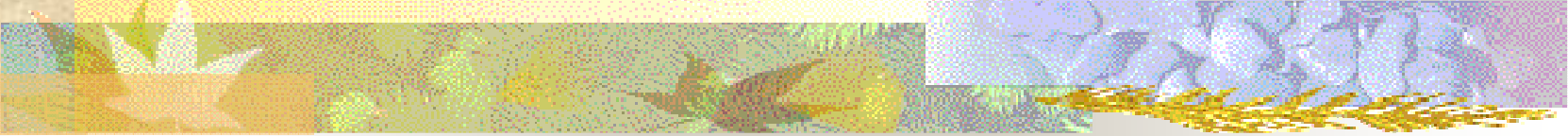
Биты паритета столбцов (чётность)

3. Циклические коды контроля двоичных кадров (CRC, Cyclic Redundancy Check)

1	0	0	1	1	0	1	0

Биты
кадра

2 или 4 байта
контрольного
циклического кода
(CRC)

- 
1. Код CRC равен остатку от деления кадра, рассматриваемого как двоичное число, на заданное двоичное число (например, на $2^{16}+2^{15}+2^2+1$)
 2. При получении кадра с кодом CRC общая последовательность бит (данные + CRC) снова делится на общий делитель.
 3. Если ошибок нет, то результат деления должен быть равен 0.

При делителе длиной R бит обнаруживаются:

- *все однократные битовые ошибки*
- *все двойные битовые ошибки*
- *все ошибки в нечетном количестве бит*
- *все ошибочные последовательности длиной $< R$ (последовательность бит между двумя соседними ошибочными битами)*



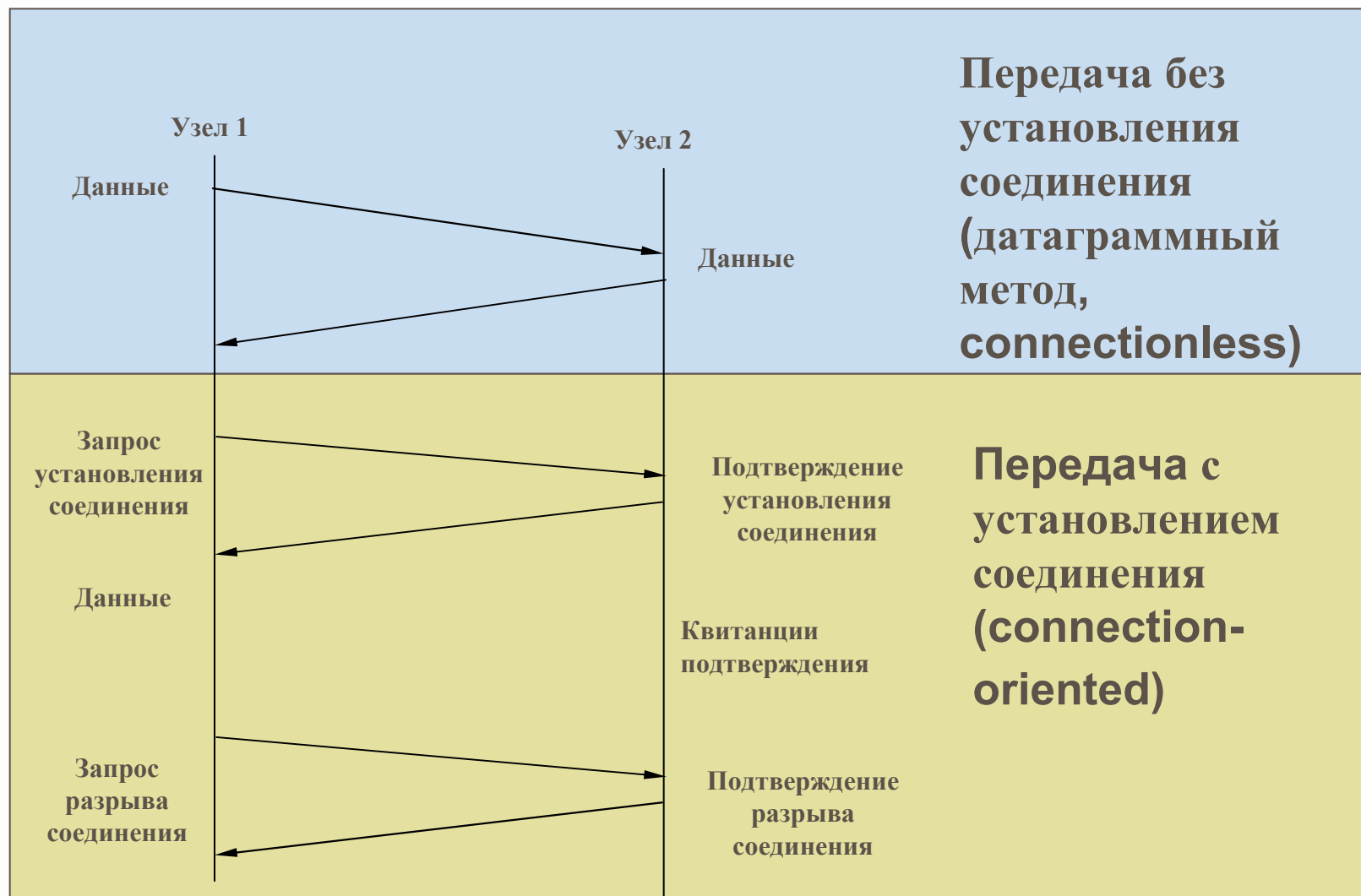
Методы коррекции ошибок

Прямая коррекция ошибок (FEC)- коды Хемминга с расстоянием n распознают $(n-1)$ кратные ошибки и исправляют $(n-1)/2$ - кратные ошибки

Расстояние Хемминга- минимальное число битовых разрядов, в которых отличается любая пара разрешенных кодов

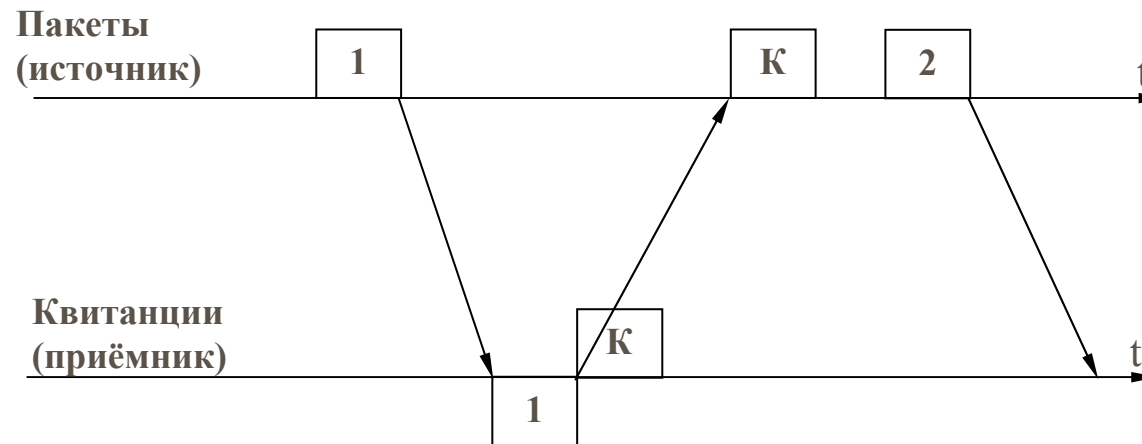
Сверточные (решетчатые) коды в беспроводных каналах

Установление соединений

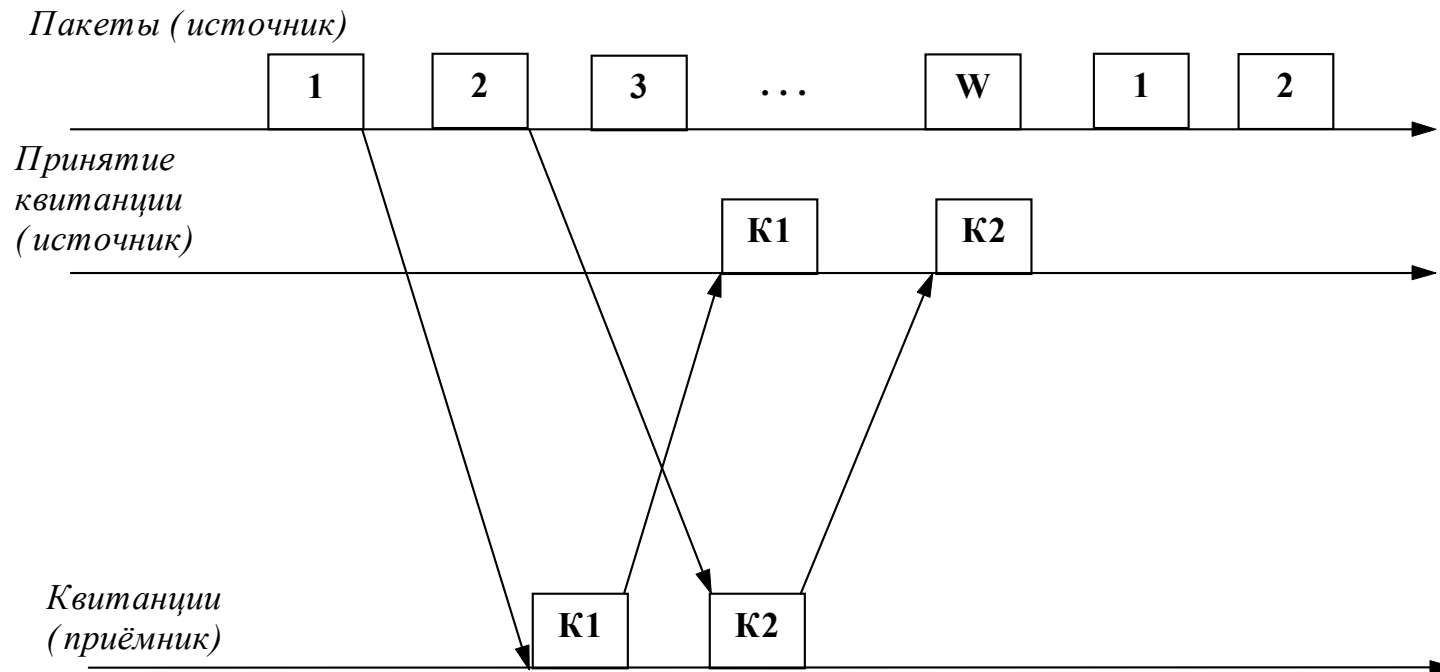


Методы подтверждения корректности передачи кадров

1. С простым источником



2. Метод "скользящего окна"



W - размер окна - количество кадров, которые разрешается передавать без получения квитанции



Адаптивная **компрессия данных (V42.bis)**

- Десятичная упаковка-при передаче цифр опускаются первые биты 011
- Относительное кодирование (ADPCM)- при передаче соседних замеров голоса
- Символьное подавление-замена одинаковых соседних байтов трехбайтовой последовательностью
- Неравномерные коды на основании известных частот появления символов

Активное оборудование физического и канального уровней локальных сетей

- *Сетевые адаптеры* - обеспечивают сопряжение узлов сети (компьютеров) с линиями связи.
 - *Повторители* (repeaters) - работают на физическом уровне, улучшают физические характеристики сигналов, удлиняют связи в сети
 - *Концентраторы* (hubs) - центральными узлы обмена информацией между несколькими конечными станциями сети сегмента сети. Выполняют функции повторителя.
 - *Мосты* (bridges) - локализуют трафик внутри сегментов сетей. Передают пакет с порта на порт только тогда, когда MAC-адрес принадлежит этому порту
- Коммутаторы* (switching) *мосты* - осуществляют одновременную передачу пакетов между всеми парами портов по алгоритму моста



Структуризация сетей

Элементы простых структур (*Ethernet, Token Ring*)

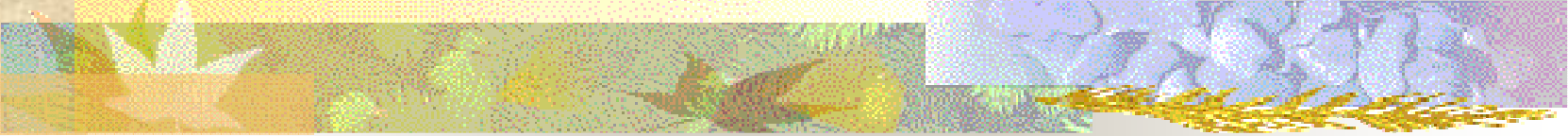
- компьютеры
- сетевые адаптеры
- кабели

Свойства простых структур:

- однородность
- типовая топология (кольцо, ОШ)
- плохо масштабируются
- хорошо отлажены

Ограничения:

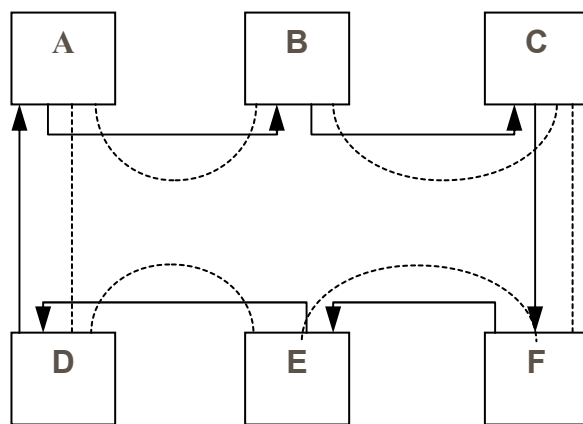
- на длину линий связи (185 м тонкий Ethernet)
- на количество станций (30 для сегмента Ethernet)
- на наличие резервных связей
- на интенсивность трафика



**Сложные структуры снимают
ограничения, но требуют
дополнительного оборудования:**

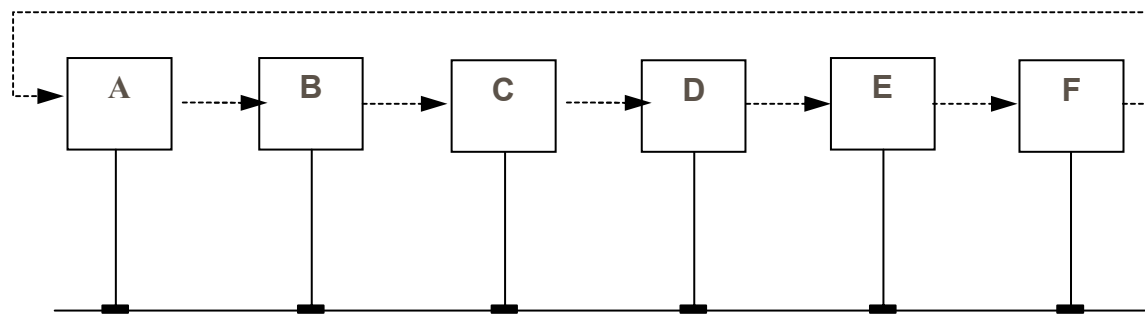
- повторители
- концентраторы
- мосты
- маршрутизаторы
- шлюзы

Логическая и физическая структура сети



Физическое
кольцо
и логическое
кольцо

а)

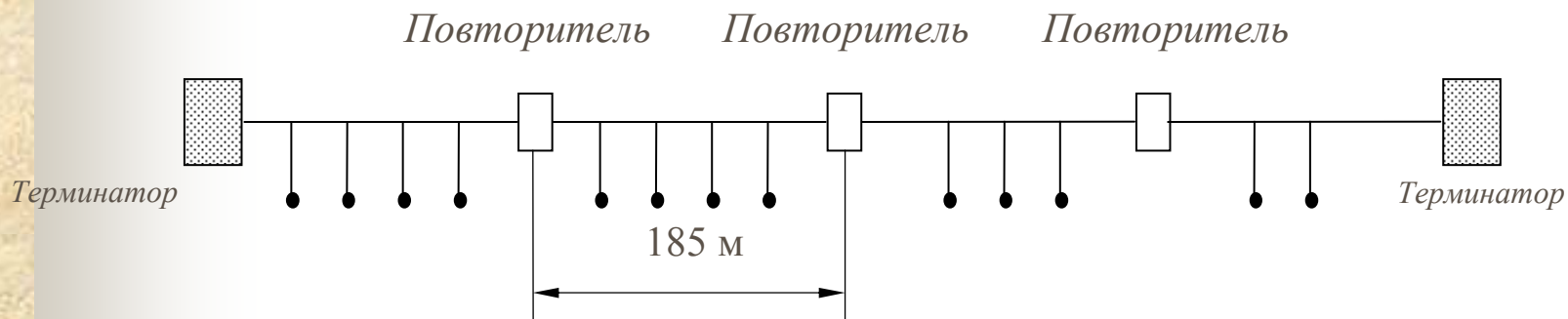


Физическая общая шина, а
логическое кольцо б)

Средства **физической** структуризации

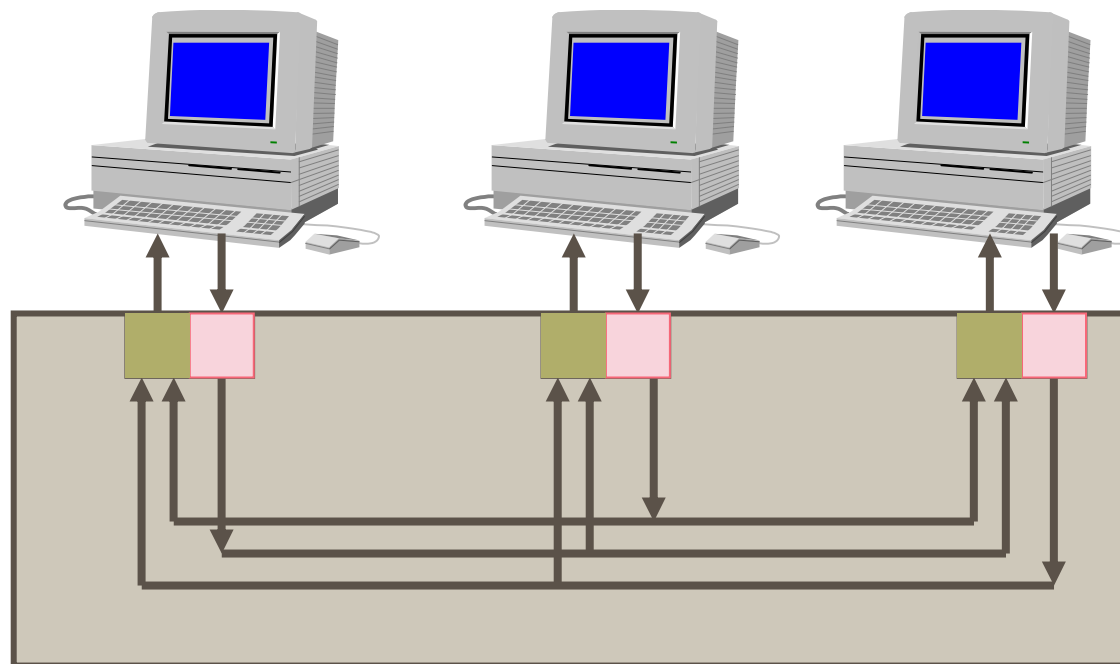
Повторитель (repeater) -

улучшает сигнал, позволяет увеличить расстояние между станциями

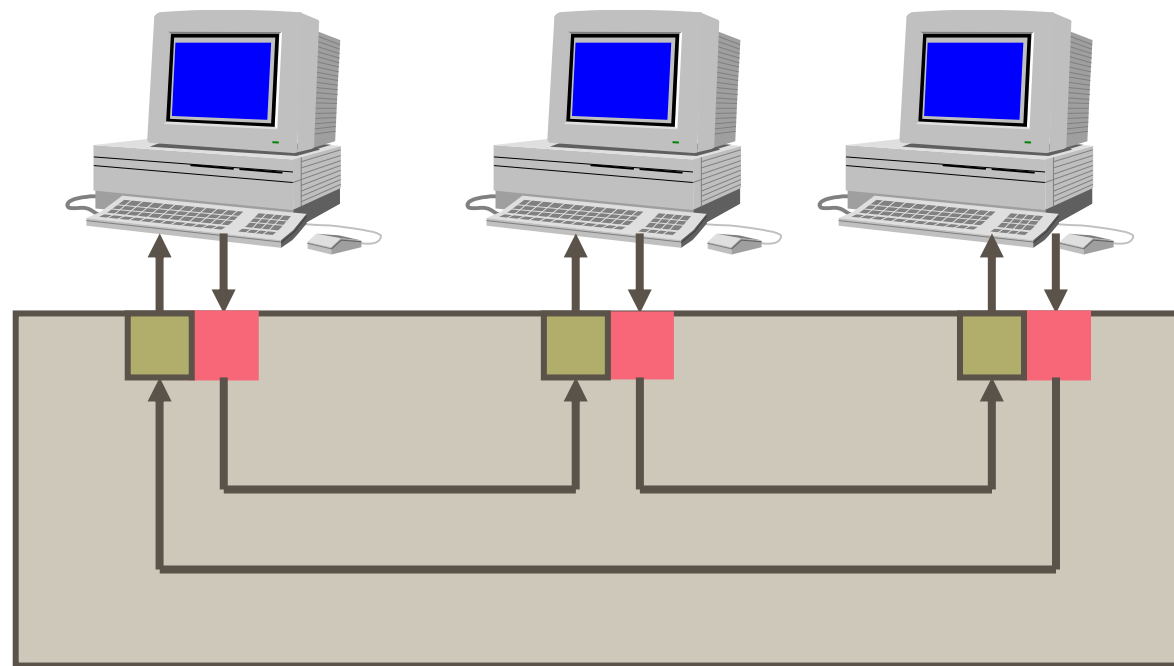


Концентратор (hub, concentrator)-

■ многопортовый повторитель, повторяет сигнал, улучшая его, на всех остальных портах, либо на следующем порту

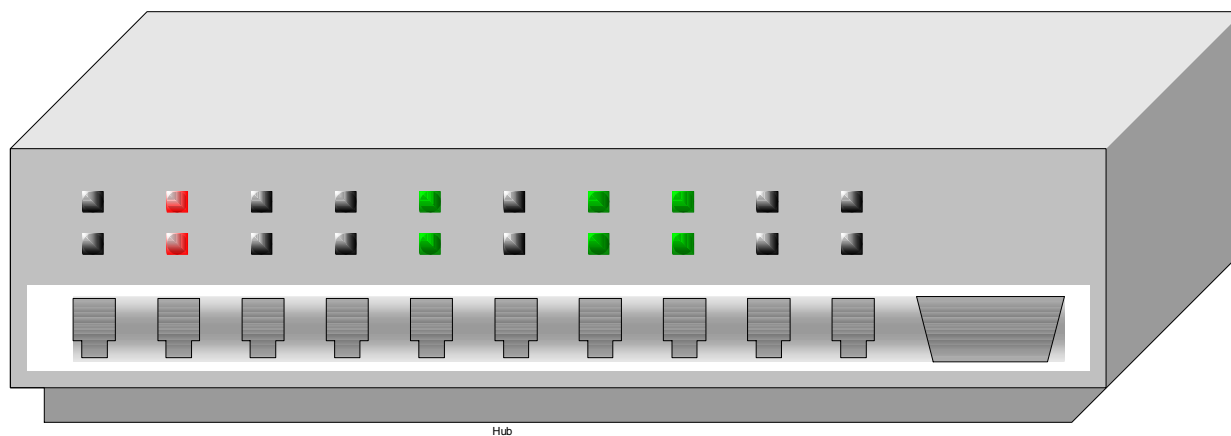


■ Концентратор Ethernet

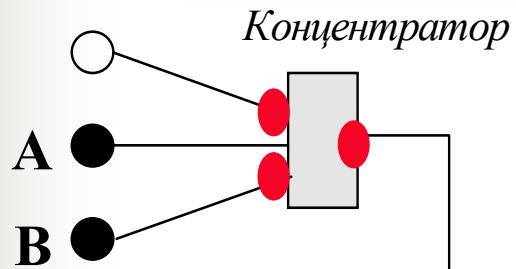


■ Концентратор Token Ring

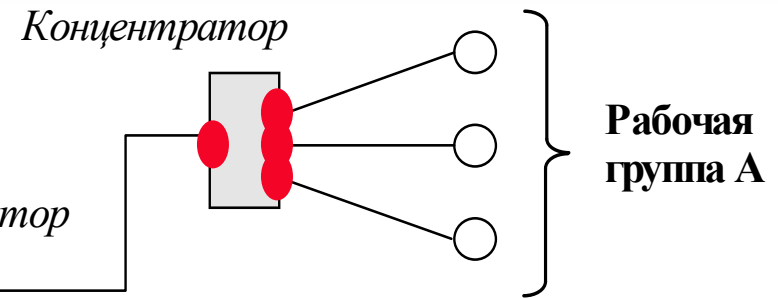
■ Внешний вид концентратора



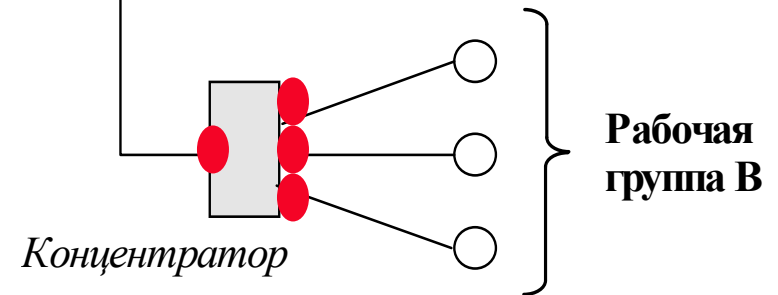
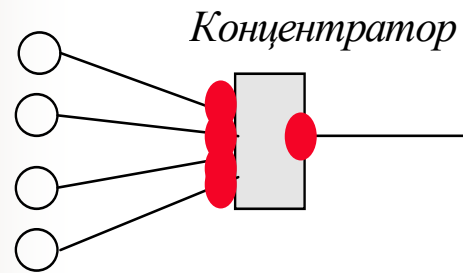
Отдел 1



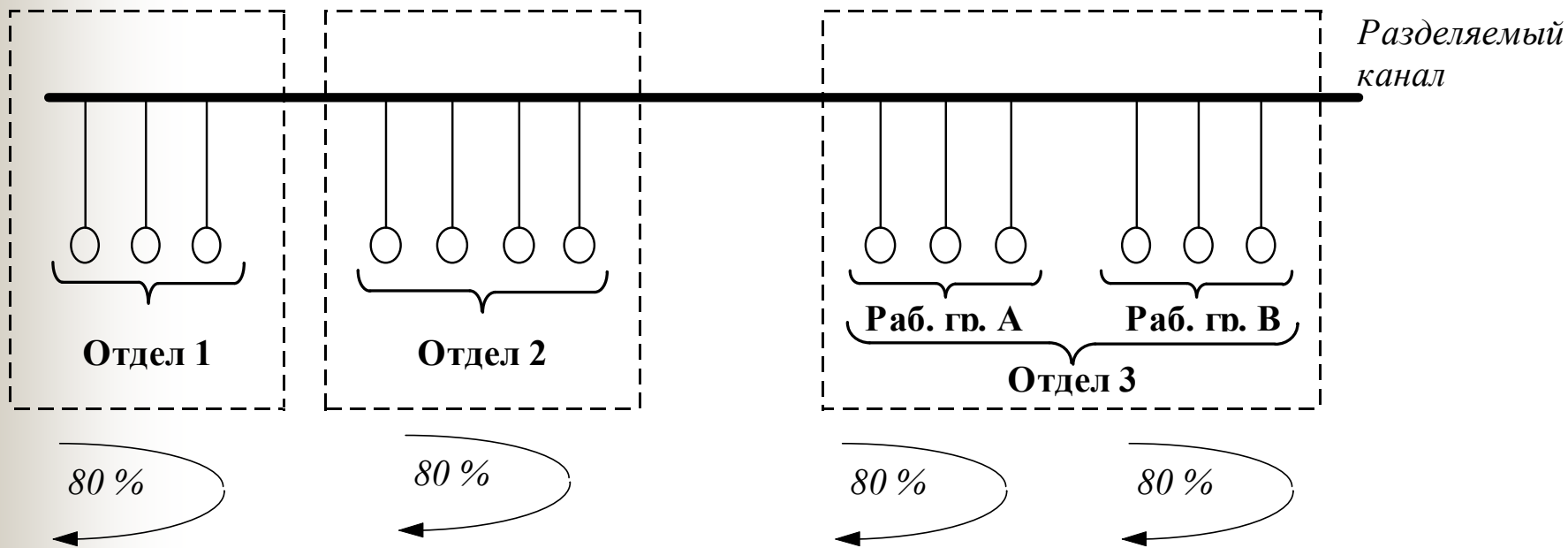
Отдел 3



Отдел 2



■ В результате физической структуризации логическая структура не изменилась



■ Структура информационных потоков не изменилась



Средства **логической** структуризации

■ Мост (bridge)

изолирует трафик одной части сети от другой,
анализирует адрес пакета и
передает его на соответствующий порт

■ Мост (bridge)



Рис.2.37. Разделение разделяемой среды. Bridge divides shared media.

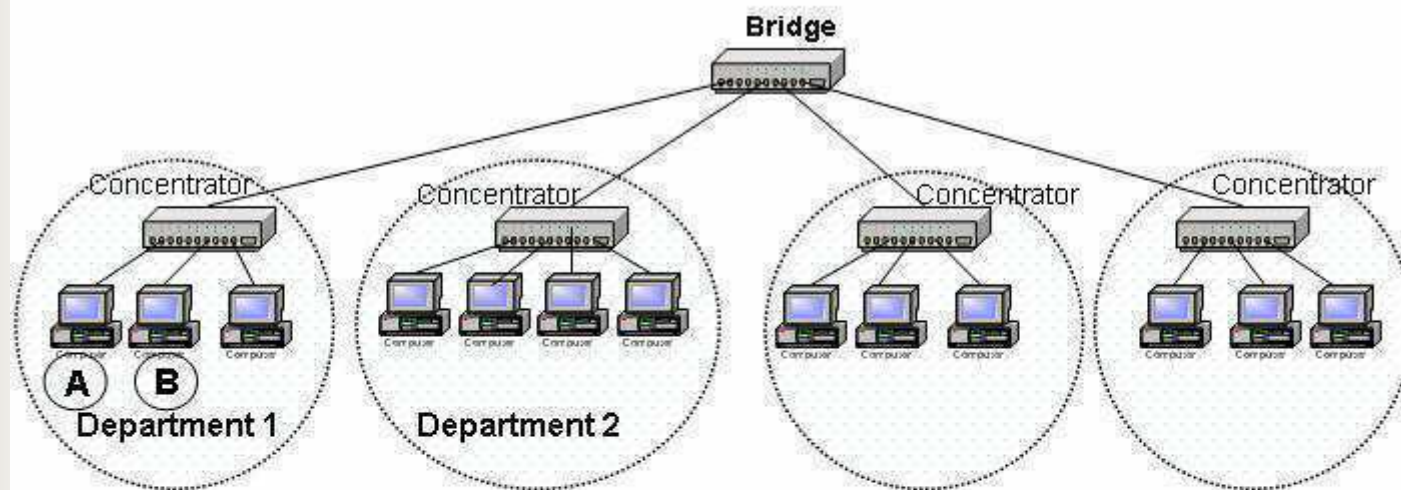


Рис. 2.38. Логическая структуризация: единая разделяемая среда с помощью моста преобразована в четыре разделяемых среды

Коммутируемые сети

```
graph TD; A[Коммутируемые сети] --> B[Сети с коммутацией каналов]; A --> C[Сети с коммутацией пакетов]; C --> D[Дейтаграммные сети (без установления соединений)]; C --> E[Сети с установлением логических соединений]; E --> F[Сети с установлением логических соединений без фиксации маршрутов]; E --> G[Сети с установлением виртуальных каналов];
```

Сети с коммутацией каналов

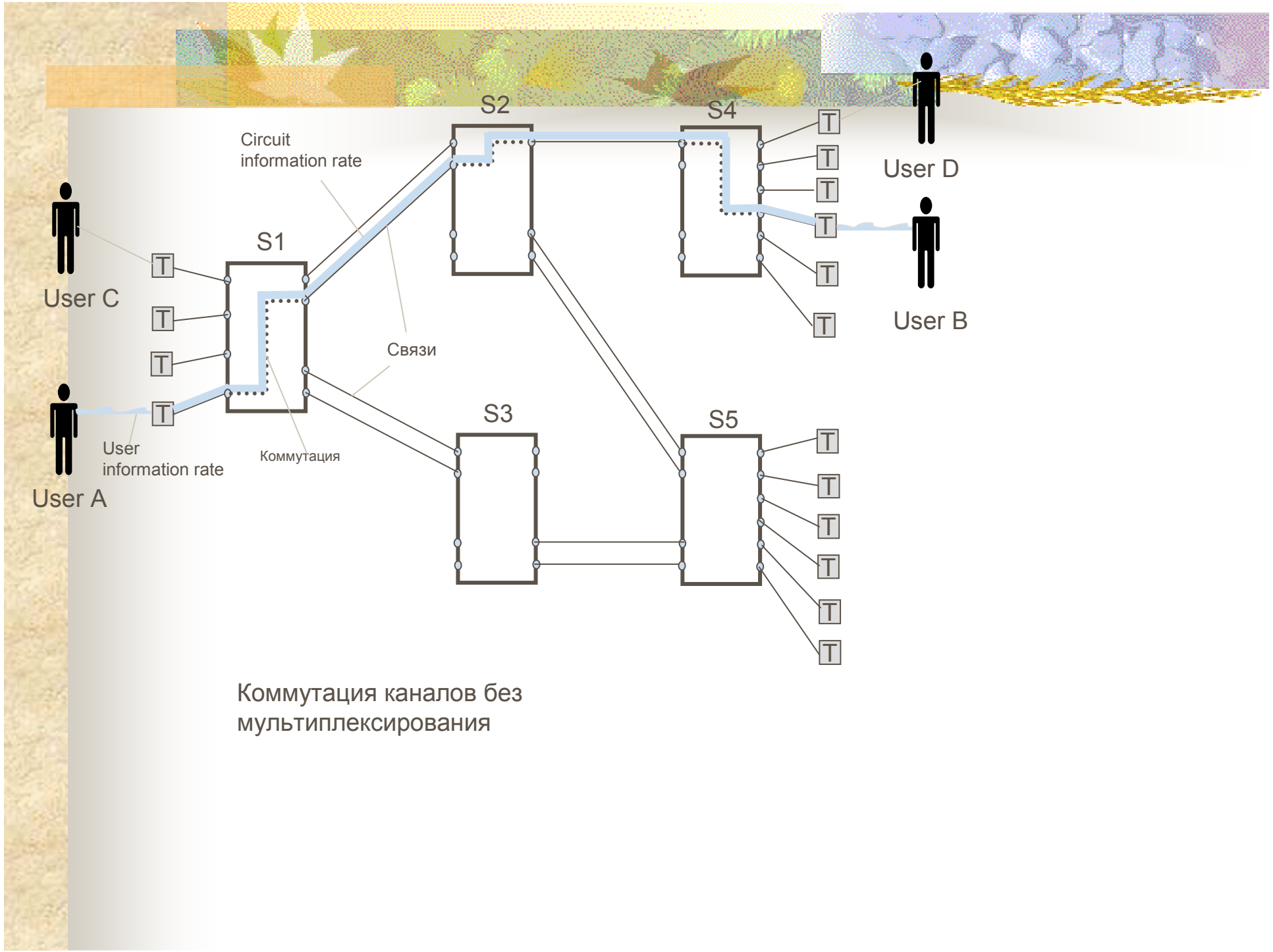
Сети с коммутацией пакетов

Дейтаграммные сети (без установления соединений)

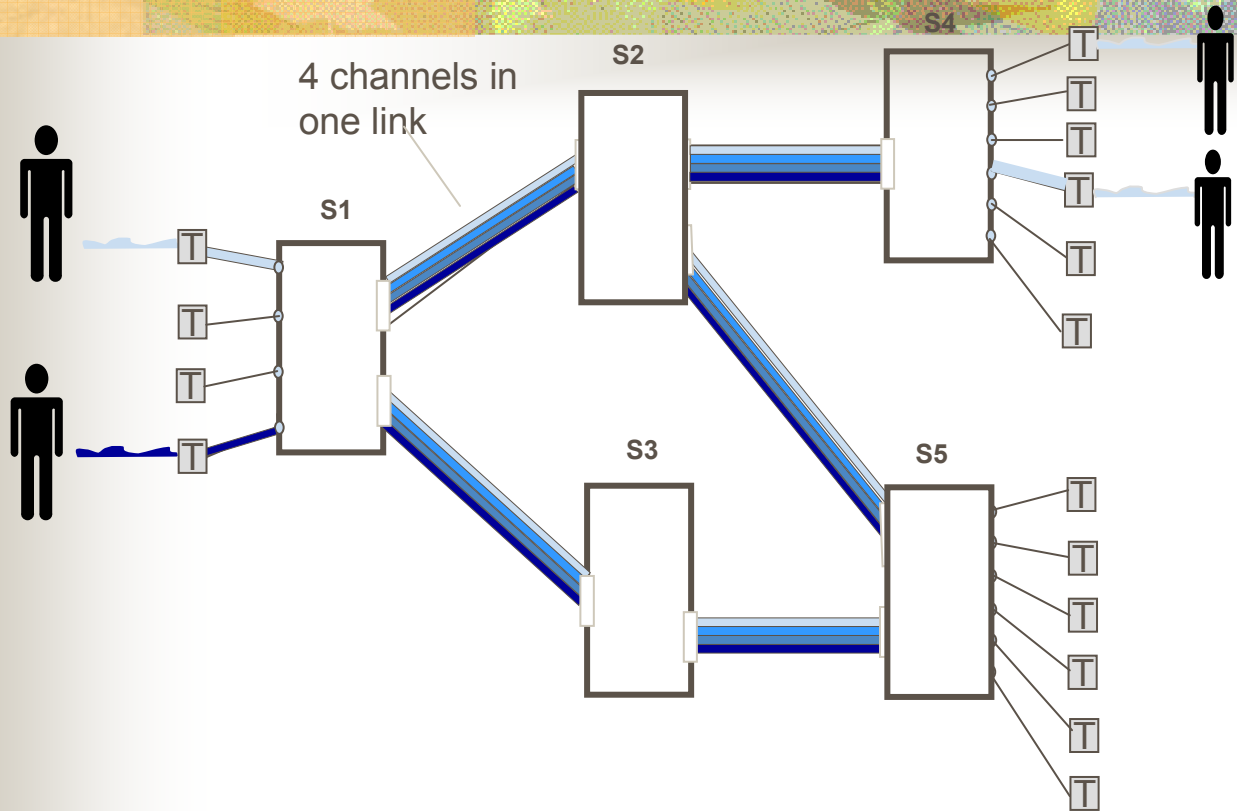
Сети с установлением логических соединений

Сети с установлением логических соединений без фиксации маршрутов

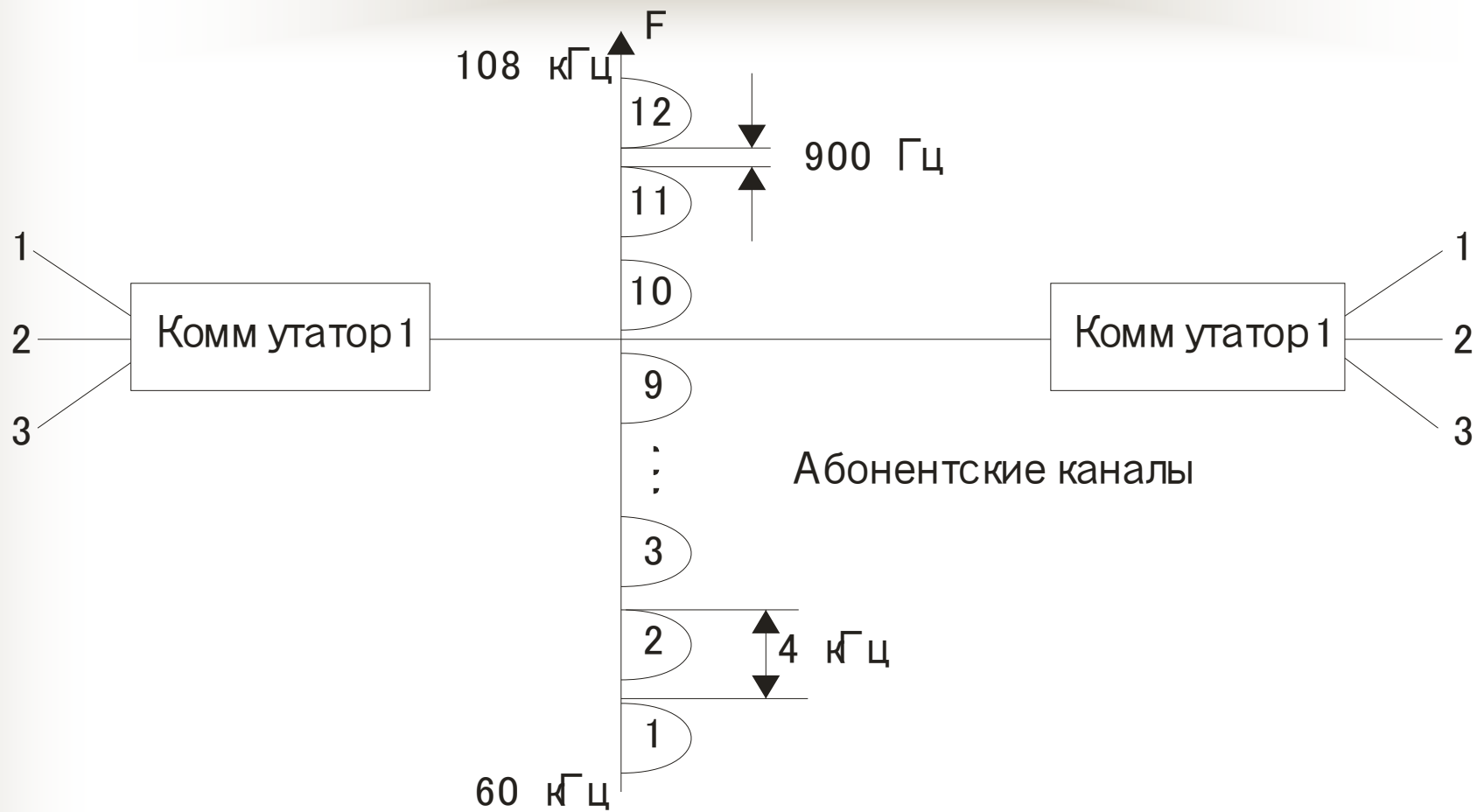
Сети с установлением виртуальных каналов



Коммутация каналов без мультиплексирования

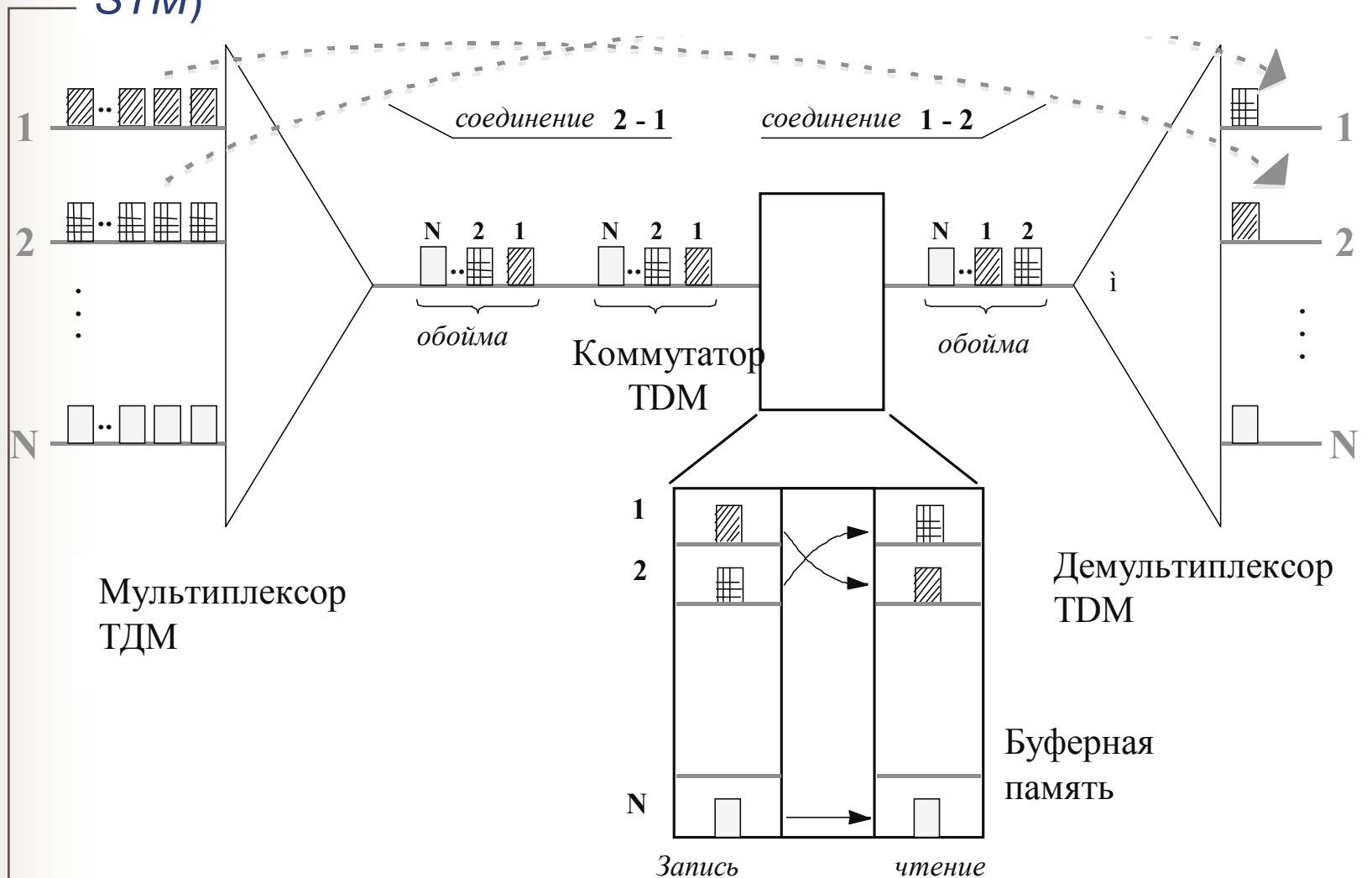


Коммутация каналов с мультиплексированием



FDM-коммутация (частотное мультиплексирование)

Коммутация каналов — временное мультиплексирование (Time Division Multiplexing, TDM или STM)

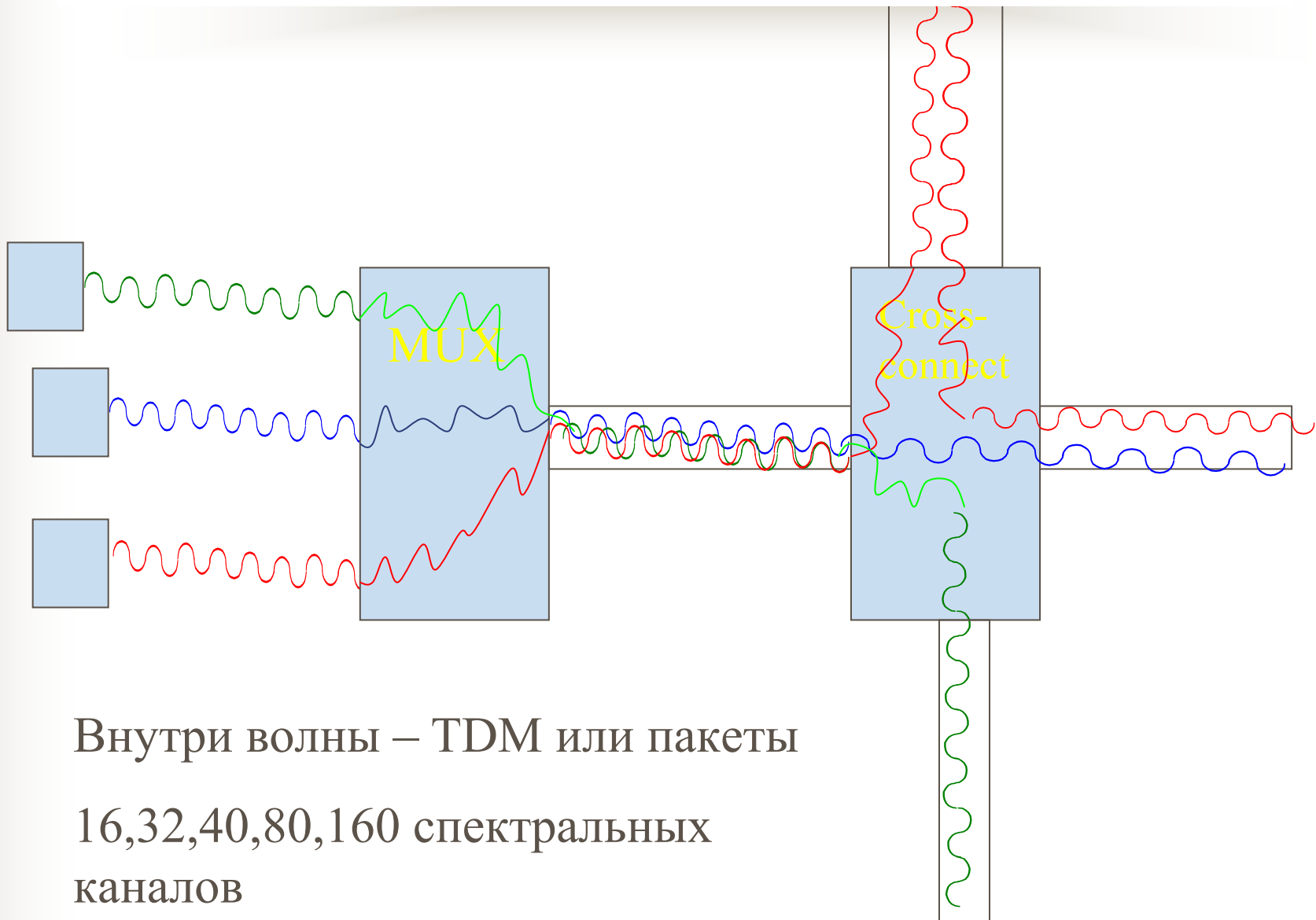




TDM

- Все оборудование должно работать синхронно и циклически. Цикл работы TDM-оборудования - 125 мкс
- Мультиплексор принимает данные от каждого конечного абонента со скоростью 64 Кбит/с - 1 байт каждые 125 мкс.
- Мультиплексор передает обойму на выходной канал с битовой скоростью $N \times 64$ Кбит/с
- Каждое соединение обладает фиксированной пропускной способностью, кратной 64 Кбит/с.
- Каждому соединению выделяется один квант времени цикла работы аппаратуры - тайм-слот
- Длительность тайм-слота зависит от числа абонентских каналов, обслуживаемых TDM-оборудованием
- Тайм-слот закрепляется за абонентом на все время соединения

Коммутация каналов – разделение по длине волны (Wave Division Multiplexing, WDM или Dense WDM)

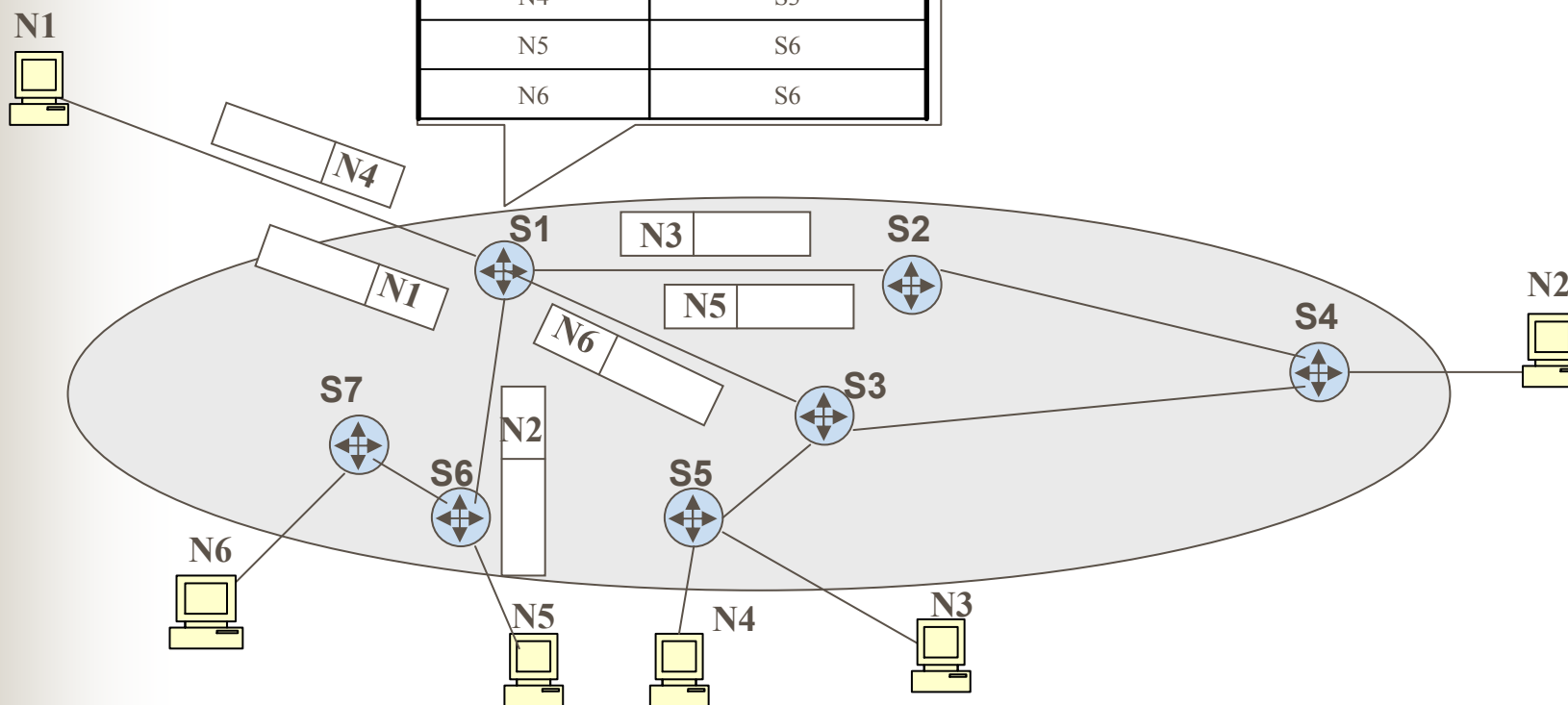


Внутри волны – TDM или пакеты

16,32,40,80,160 спектральных
каналов

Таблица коммутации коммутатора S1

Адрес назначения	Адрес следующего коммутатора
N1	Пакет не требуется передавать через сеть
N2	S2
N3	S3
N4	S3
N5	S6
N6	S6



Дейтаграммный принцип передачи пакетов

Таблица коммутации коммутатора S1

Адрес назначения	Адрес следующего коммутатора
VC1	S2
VC2	S3

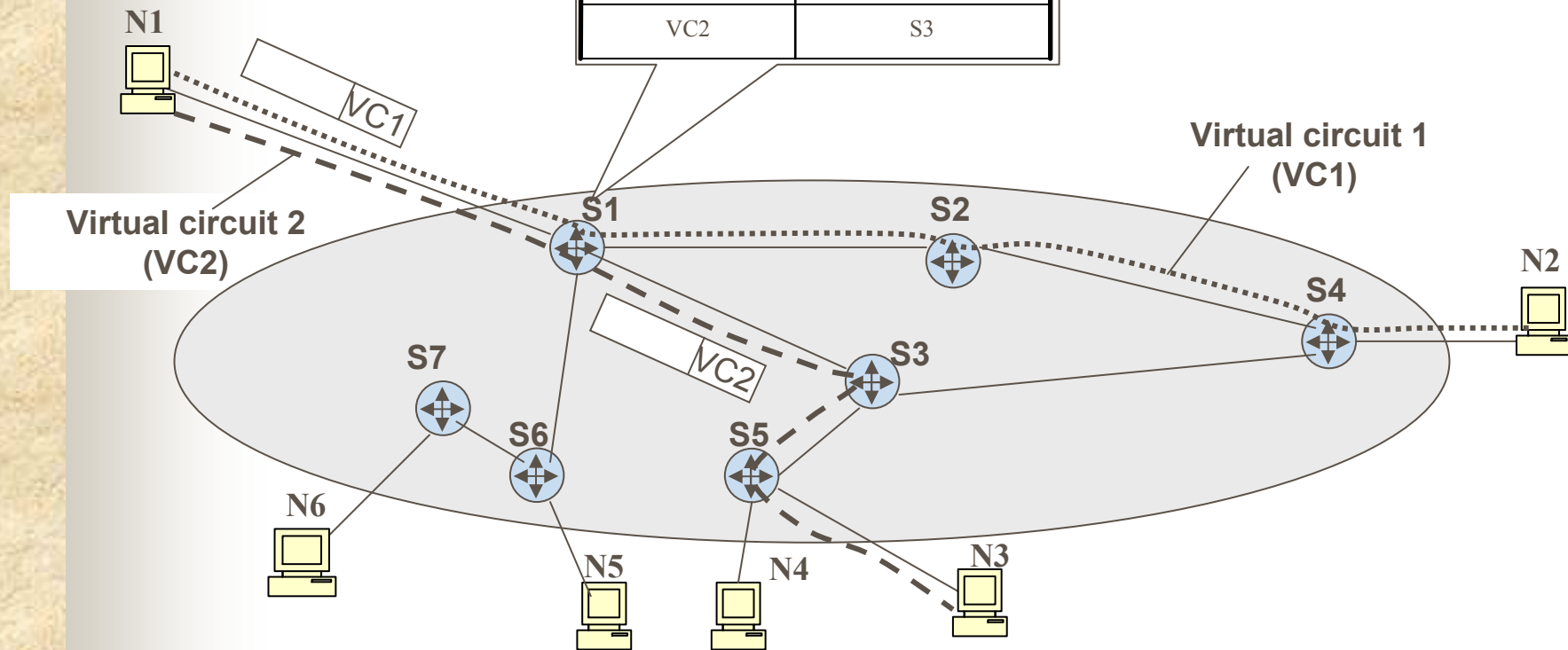


Иллюстрация принципа работы виртуального канала

Сравнение методов коммутации каналов и пакетов

Коммутация каналов	Коммутация пакетов
Гарантированная пропускная способность (полоса) для взаимодействующих абонентов	Пропускная способность сети для абонентов неизвестна, задержки передачи носят случайный характер
Сеть может отказать абоненту в установлении соединения	Сеть всегда готова принять данные от абонента
Трафик реального времени передается без задержек	Ресурсы сети используются эффективно при передаче пульсирующего трафика
Адрес используется только на этапе установления соединения	Адрес передается с каждым пакетом

Области применимости методов коммутации

Коммутация каналов применяется

для передачи трафика **с постоянной скоростью** и **чувствительного к задержкам**. Пример: речь

Недостатки - в случае временного не использования канала абонентами его пропускную способность нельзя отдать другим абонентам – отсутствует адресная информация в потоке данных

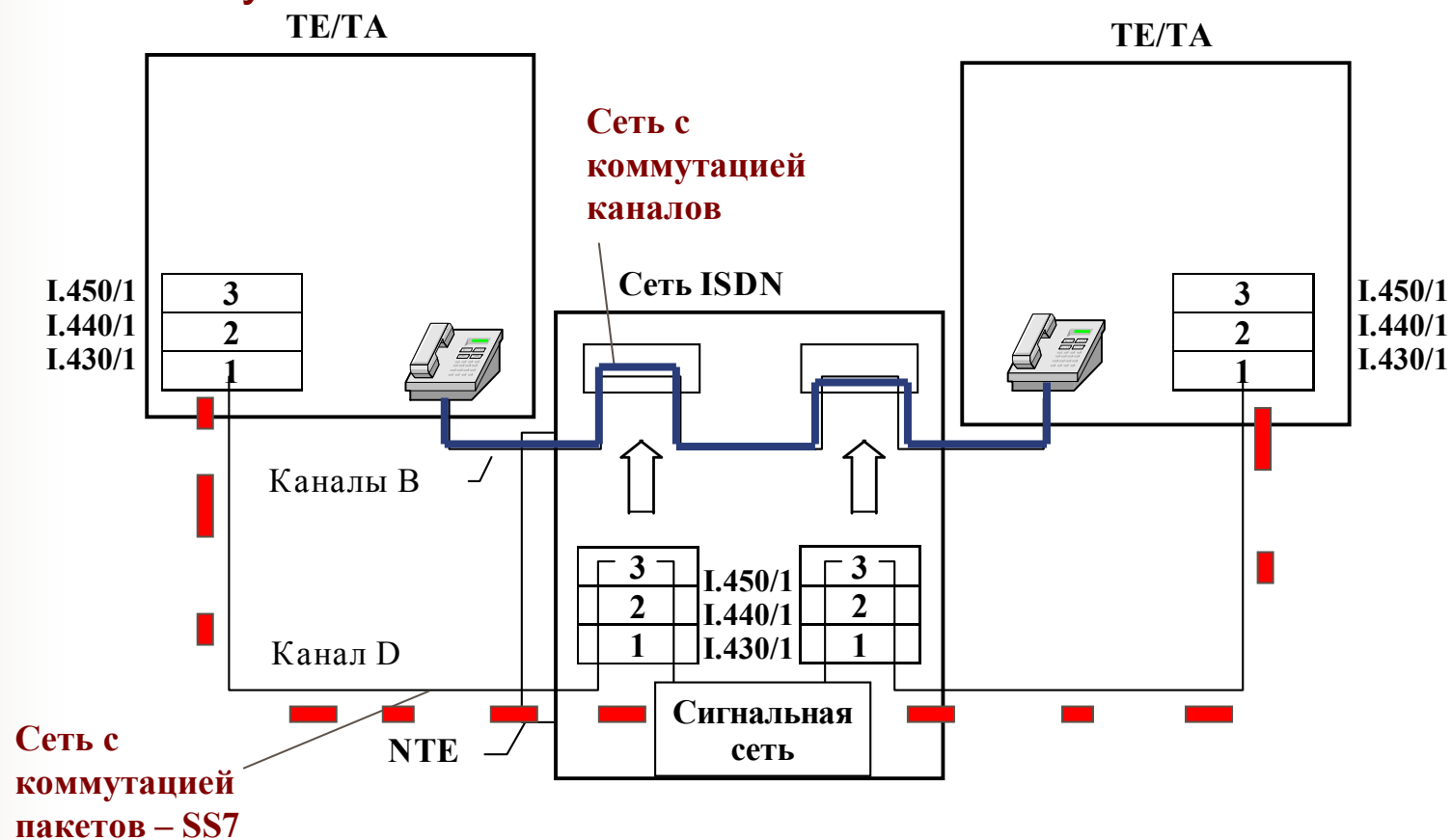
Коммутация пакетов применяется

для передачи пульсирующего трафика **с переменной скоростью** и **не чувствительного к задержкам**. Пример: передача текстовых документов, просмотр Web-страниц

Недостатки - нет гарантий пропускной способности, переменные задержки – сложно передавать потоковый трафик реального времени – речь, видео

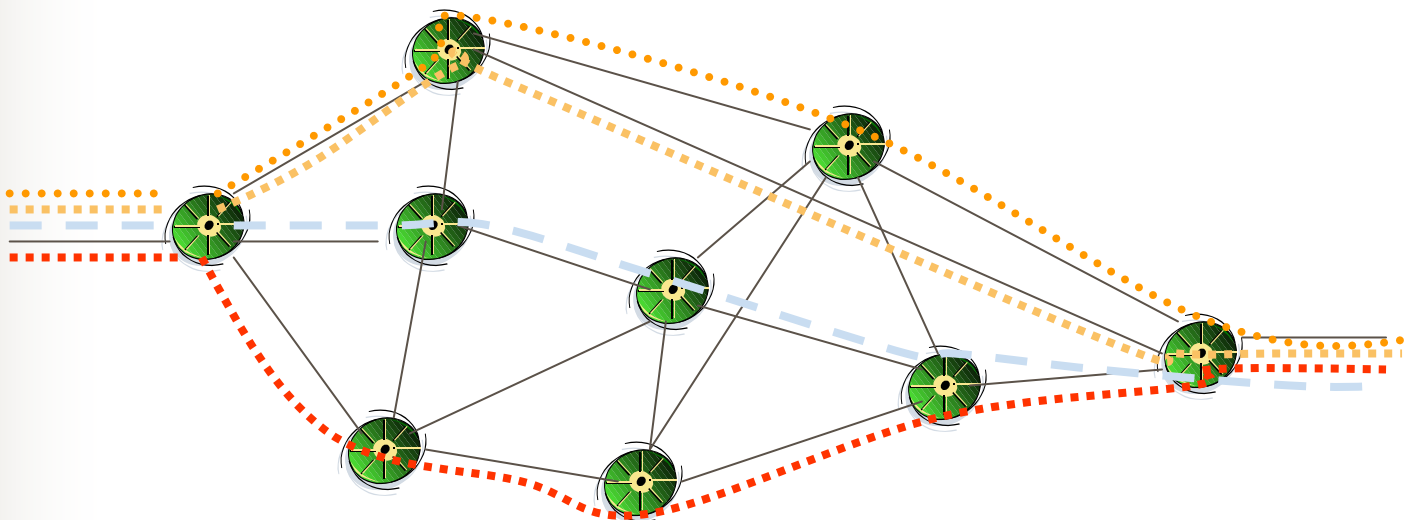
Комбинирование методов коммутации каналов и пакетов

1. Коммутация каналов для передачи пользовательских данных и коммутации пакетов для передачи служебной



Комбинирование методов коммутации каналов и пакетов

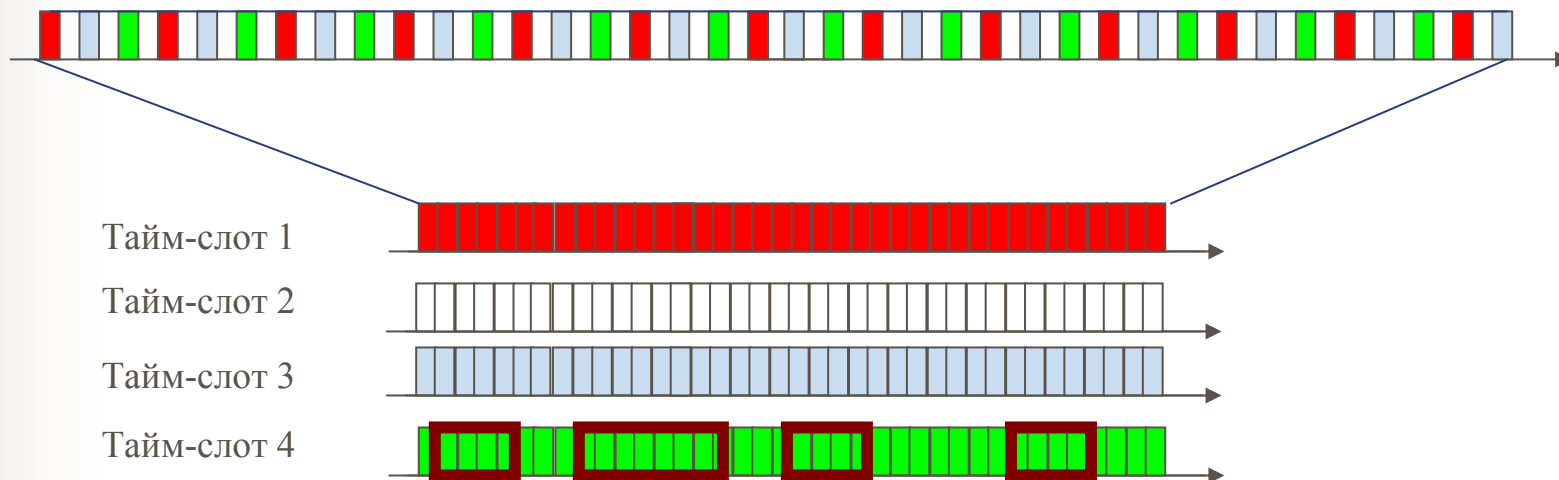
2. Виртуальные каналы в сетях с коммутацией пакетов



- Устойчивые маршруты перемещения пакетов
- Вместо адреса конечного узла используется условный номер виртуального канала
- Имеется процедура предварительного установления канала

Комбинирование методов коммутации каналов и пакетов

3. Вложенность методов коммутации



Поток тайм-слота 4 делится на пакеты - метод коммутации пакетов вложен в метод коммутации каналов

Поток тайм-слота 1 делится на более мелкие тайм-слоты – иерархия каналов PDH/SDH

Темы 4-5. Технологии локальных сетей



- Ethernet
- Token Ring, Token Bus, FDDI
- Fast Ethernet, 100VG-AnyLAN
- Gigabit Ethernet

Технологии локальных сетей

Ethernet, Token Ring, Token Bus, FDDI, 100VG-AnyLAN, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet

– много общего:

- Расстояния между узлами сети: 100 м – 2000 м
- Единый формат адреса – 6 байт, уникальность обеспечивается производителем сетевого адаптера
- Разделяемая среда для конечных узлов (компьютеров) – использование методов доступа Media Access Control (MAC)
- Качественные кабели для связи компьютеров:
 - Высокая скорость протоколов – 10, 16, 100, 1000 Мбит/с
 - Простая логика протоколов – без восстановления потерянных и искаженных кадров, так как эти события крайне редки

Структура стандартов локальных сетей

802.1

Общие определения ЛВС, связь с моделью ISO/OSI
Раздел 802.1D - назначение и реализация мостов

Канальный
уровень

802.2

LLC

Логические процедуры передачи кадров
и связь с сетевым уровнем

802.3

802.5

MAC

Ethernet [CSMA/CD]

Token Ring

Физический
уровень

“толстый”
коаксиал

10Base-5

“тонкий”
коаксиал

10Base-2

Неэкранированная
витая пара (UTP)

10Base-T

Оптоволокно

10Base-F

Витая пара,
оптоволокно

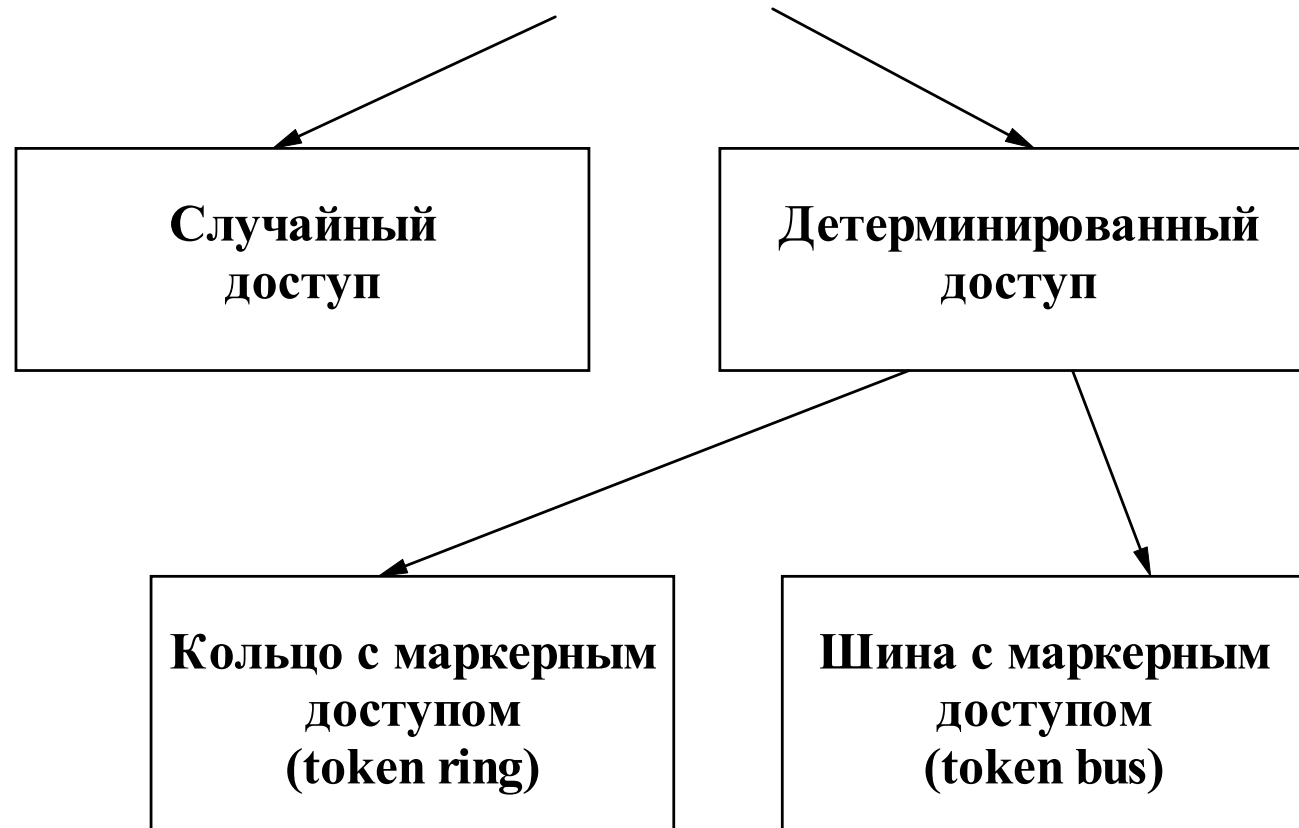
100Base-T

Экранированная
витая пара (STP)

4 Мб/с

16 Мб/с

Методы доступа к физической среде (уровень МАС)



Протокол LLC уровня управления логическим каналом (802.2)



Три типа процедур LLC:

- LLC1 - сервис без установления соединения и без подтверждения;
- LLC2 - сервис с установлением соединения и подтверждением;
- LLC3 - сервис без установления соединения, но с подтверждением.

Процедура с восстановлением кадров LLC2

Три типа кадров:

- Информационные – передача данных вместе с квитанциями
- Управляющие – команды и ответы в соединении
 - *Отказ (REJect)*
 - *Приемник не готов (Receiver Not Ready, RNR)*
 - *Приемник готов (Receiver Ready, RR)*
- Ненумерованные – установление соединения

Флаг 0111111 0	Адрес точки входа сервиса назначен ия (DSAP)	Адрес точки входа сервиса источник а (SSAP)	Управляющее поле (Control)	Данные (Data)	Флаг 01111110
----------------------	--	--	----------------------------------	------------------	------------------

Процедура с восстановлением кадров LLC2

Структура поля управления

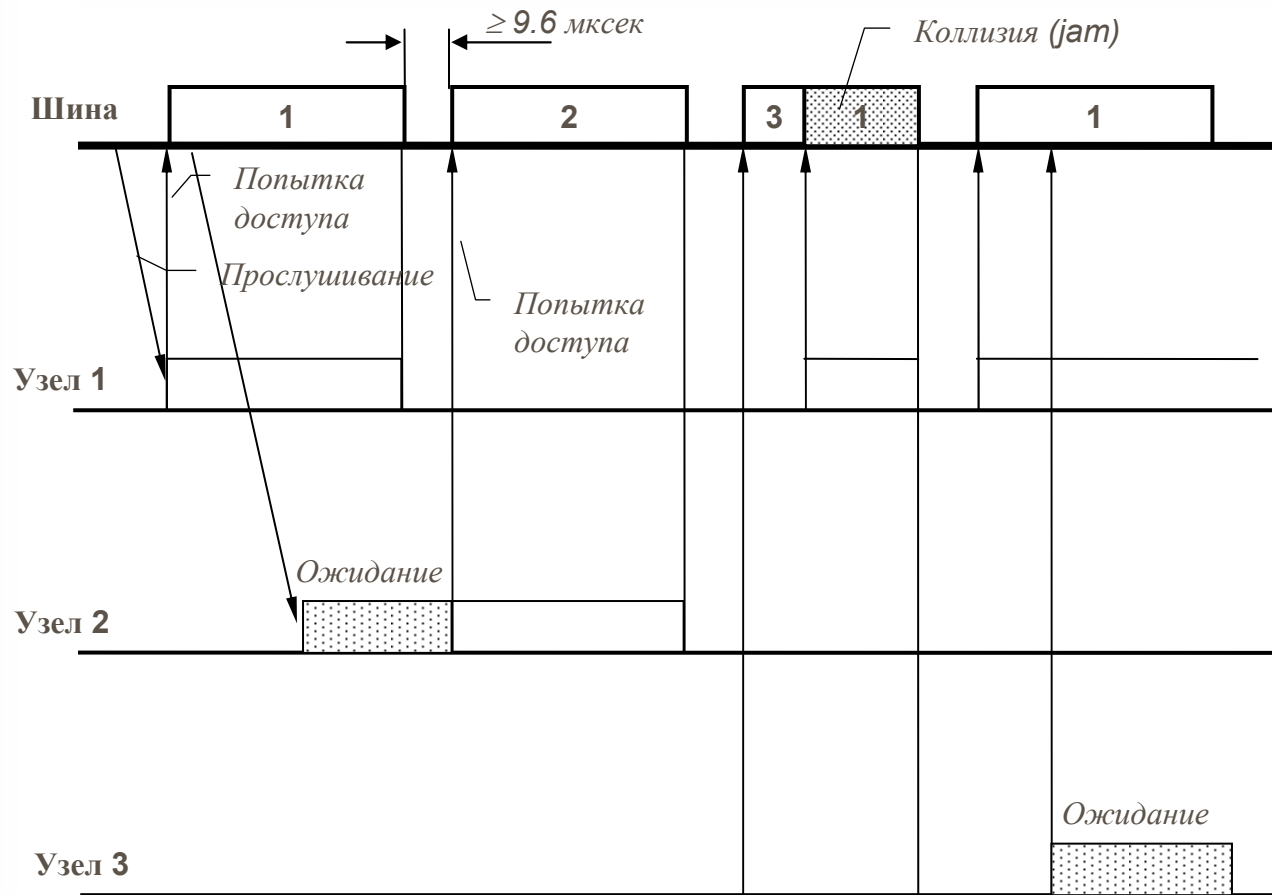
Тип кадра	Разряды поля управления																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Информационный (Information)	0	N(S)-номер отправляемого кадра=a							P / F	N (R) -номер ожидаемого кадра							
Супервизорный (Supervisory)	1	0	S	-	-	-	-	P / F	N (R)								
Ненумерованный (Unnumbered)	1	1	M	P/F	M												

Ненумерованный--для установления и разрыва соединения и информирования об ошибках

Управляющий--для управления, положительные и отрицательные квитанции

Метод случайного доступа Ethernet

Ориентирован на среду типа "общая шина"



Усеченный экспоненциальный двоичный алгоритм отсрочки. Пауза = $L \times$ Интервал отсрочки (512bt), $L \rightarrow [0, 2^N]$, N - номер попытки, $N \leq 10$

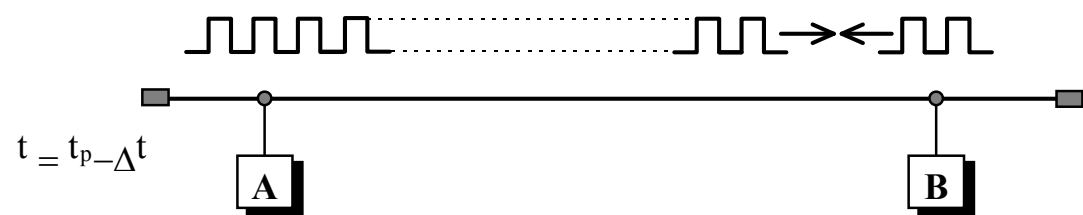
Пауза = $[0, 1024 \times T_{\text{отсрочки}}] = [0, 524288] = [0\text{мкс}, 0.52\text{с}]$

Возникновение коллизии

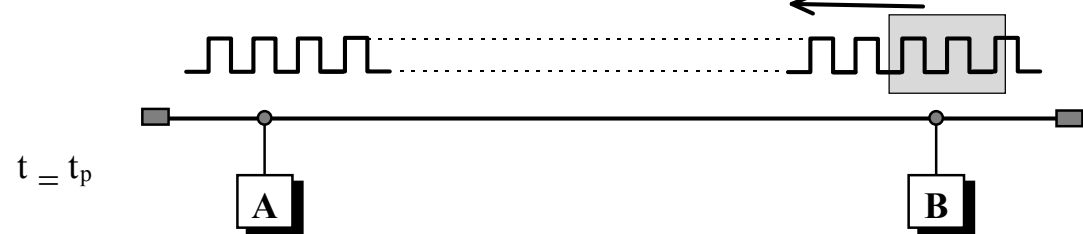
A начинает передавать кадр



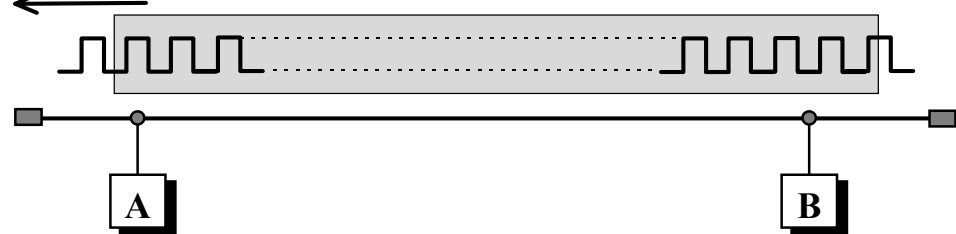
B начинает передавать кадр



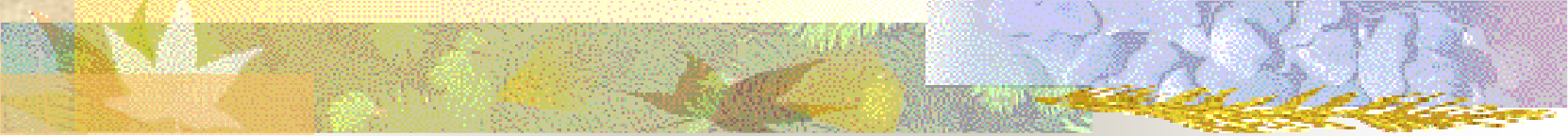
B обнаруживает коллизию



A обнаруживает коллизию



t_p - задержка распространения сигнала между станциями A и B



Особенности случайного метода доступа Ethernet (CSMA/CD – Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection)

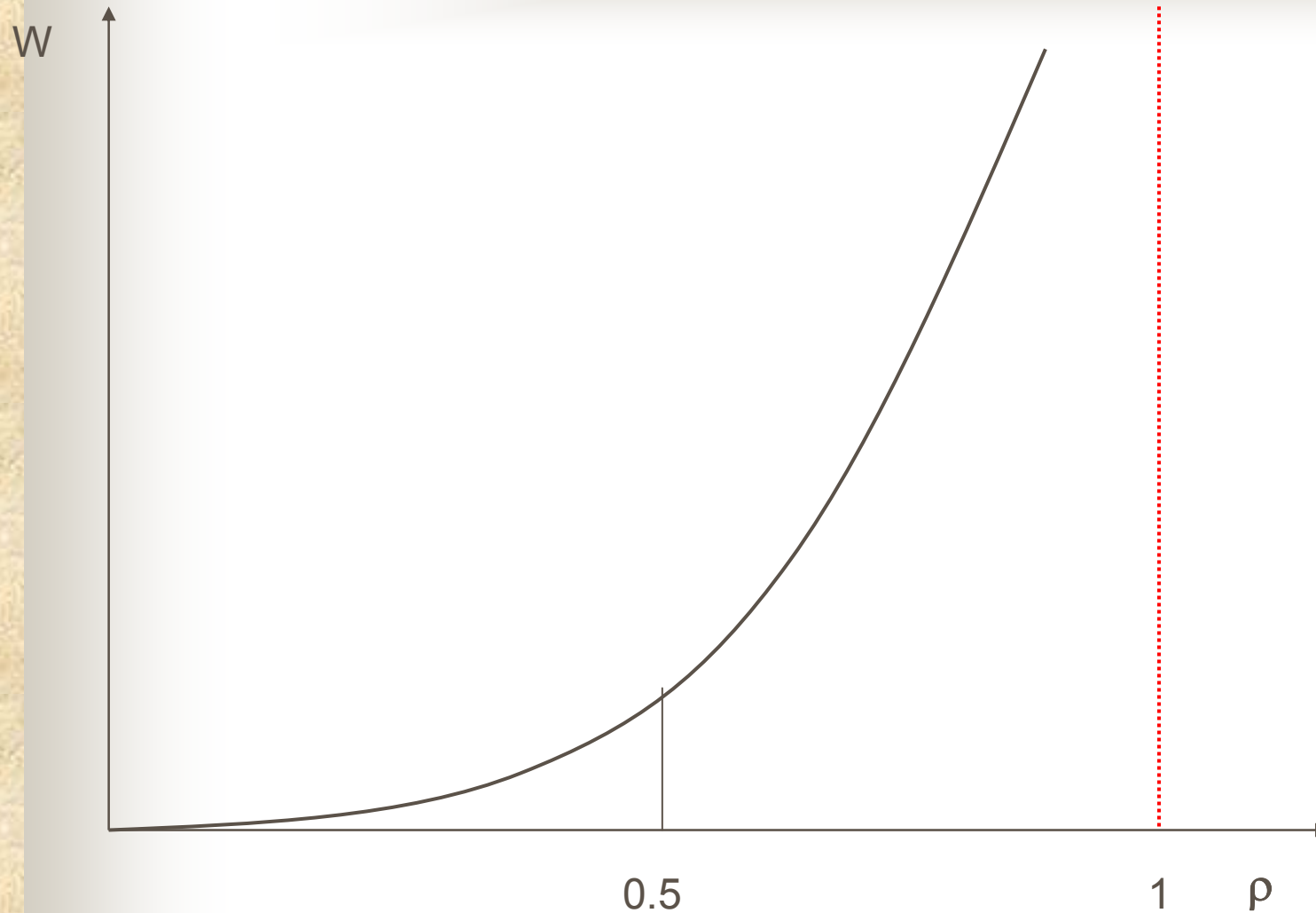
Преимущества:

- 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! ($PDV \leq T$);
предельно допустимое затухание*

Среднее время ожидания



При $\rho < 0.5$ задержки близки к 0 - низкая загрузка сети гарантирует качество обслуживания!

Основные параметры протокола Ethernet

- Битовая скорость **10Мб/с**
- Интервал отсрочки **512 бит**
- Межкадровый интервал **9.6 мкс**
- Максимальное число попыток передачи **16**
- Максимальное число возрастания диапазона паузы **10**
- Длина jam-последовательности **32 бита**
- Максимальная длина кадра (без преамбулы) **1518 байт**
- Минимальная длина кадра (без преамбулы) **64 байта (512 бит)**

Форматы кадров Ethernet

Кадр Ethernet DIX (II)

6	6	2	46-1500	4
DA	SA	T	Data	FCS

Адрес назначения

Адрес источника

Тип протокола, которому предназначены данные T>1500

Данные

Контрольная сумма

Кадр Novell 802.3/ Raw 802.3

6	6	2	46-1500	4
DA	SA	L	FFFF Data	FCS

Длина кадра <1500

Кадр 802.3/ LLC – стандарт IEEE

6	6	2	1	1	1 (2)	46-1497	4
DA	SA	L	DSAP	SSAP	Cont.	Data	FCS

Заголовок LLC

Тип протокола, которому предназначены данные

Кадр Ethernet SNAP – универсальный

6	6	2	1	1	1 (2)	3	2	46-1492	4
DA	SA	L	DSAP	SSAP	Cont.	OUI	T	Data	FCS

Код организации,
стандартизирующей значения
поля T,

Код IEEE – 00 00 00

DSAP=0xAA SSAP =0xAA

Cont =0x03

Тип протокола,
которому предназначены
данные



Типы адресов Ethernet

- 11-A0-17-3D-BC-91

 - 0x0020AF- 3COM

 - 0x00000C - Cisco

 - индивидуальный - unicast (0 в старшем разряде)

- широковещательный - broadcast (11....1111)

- групповой - multicast (10.....)

Использование кадров Ethernet различными стеками протоколов

Тип кадра	Сетевые протоколы
Ethernet II	IPX, IP, AppleTalk Phase I
Ethernet 802.3	IPX
Ethernet 802.2	IPX, FTAM
Ethernet SNAP	IPX, IP, AppleTalk Phase II

Максимальная производительность Ethernet

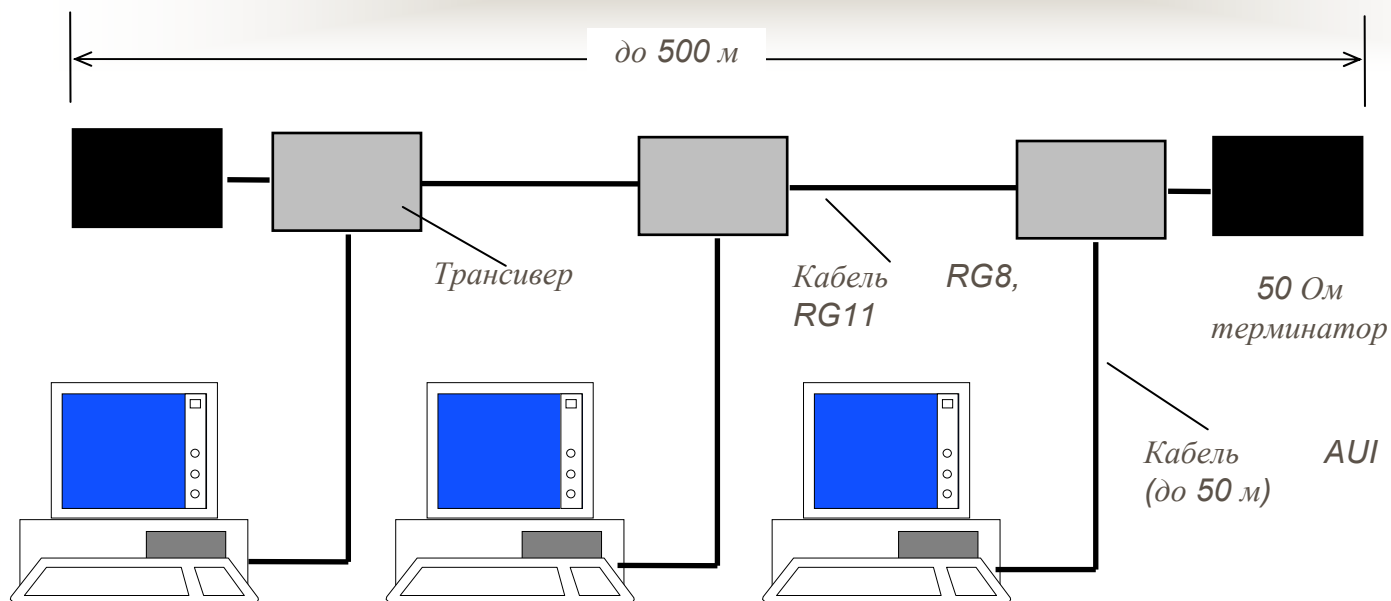


Максимально возможная пропускная способность сегмента Ethernet- 14880 кадр/с

Полезная пропускная для кадров минимальной длины способность равна
 $14880 \cdot 46 \cdot 8 = 5,48$ Мбит/с

Полезная пропускная для кадров максимальной длины способность равна
 $813 \cdot 1500 \cdot 8 = 9,76$ Мбит/с

Сеть Ethernet 10 Base-5



≤ 100 станций в сегменте

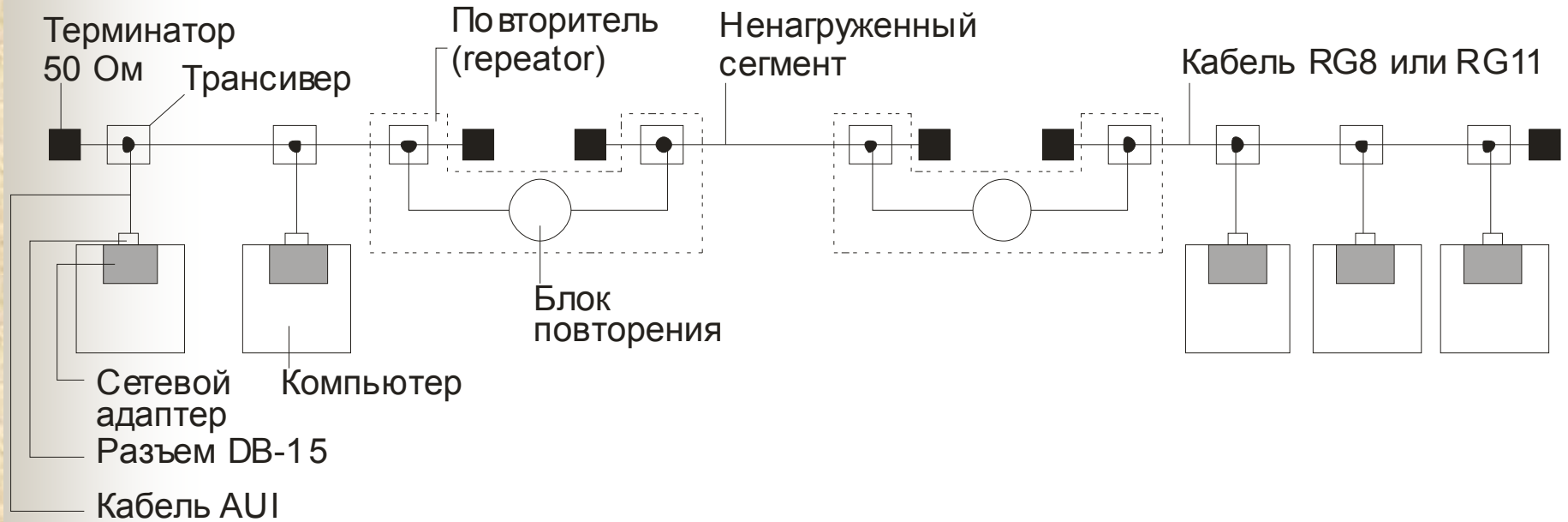
Достоинства:

- .. хорошая защищенность кабеля от внешних воздействий
 - .. сравнительно большое расстояние между узлами
- возможность простого перемещения рабочей станции в пределах длины кабеля AUI

Недостатки:

- .. высокая стоимость кабеля
- .. сложность его прокладки из-за большой жесткости

Многоsegmentная сеть Ethernet 10 Base-5



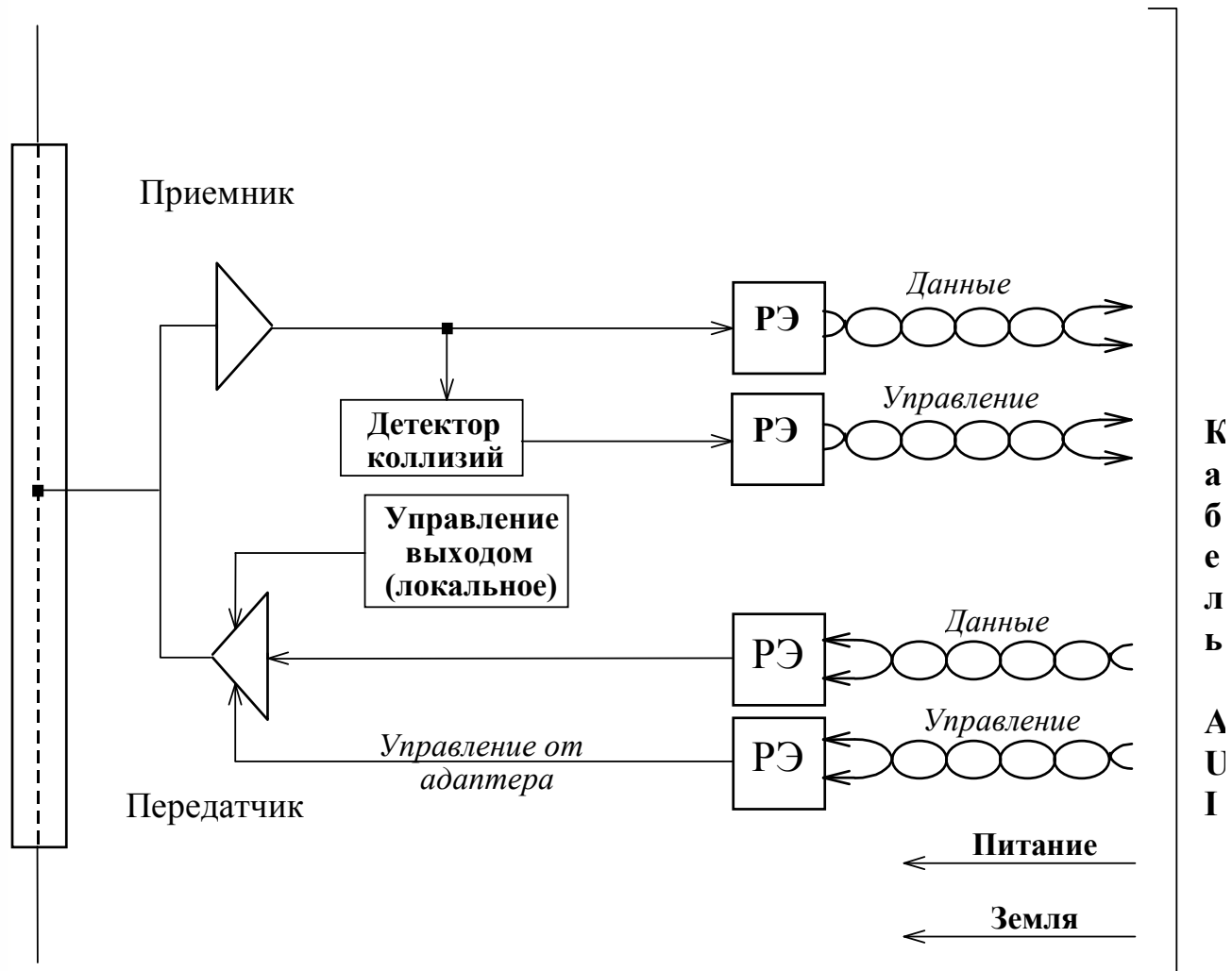
Правило 5-4-3

Максимум: 5 сегментов (5 x 500 м = 2500 м)

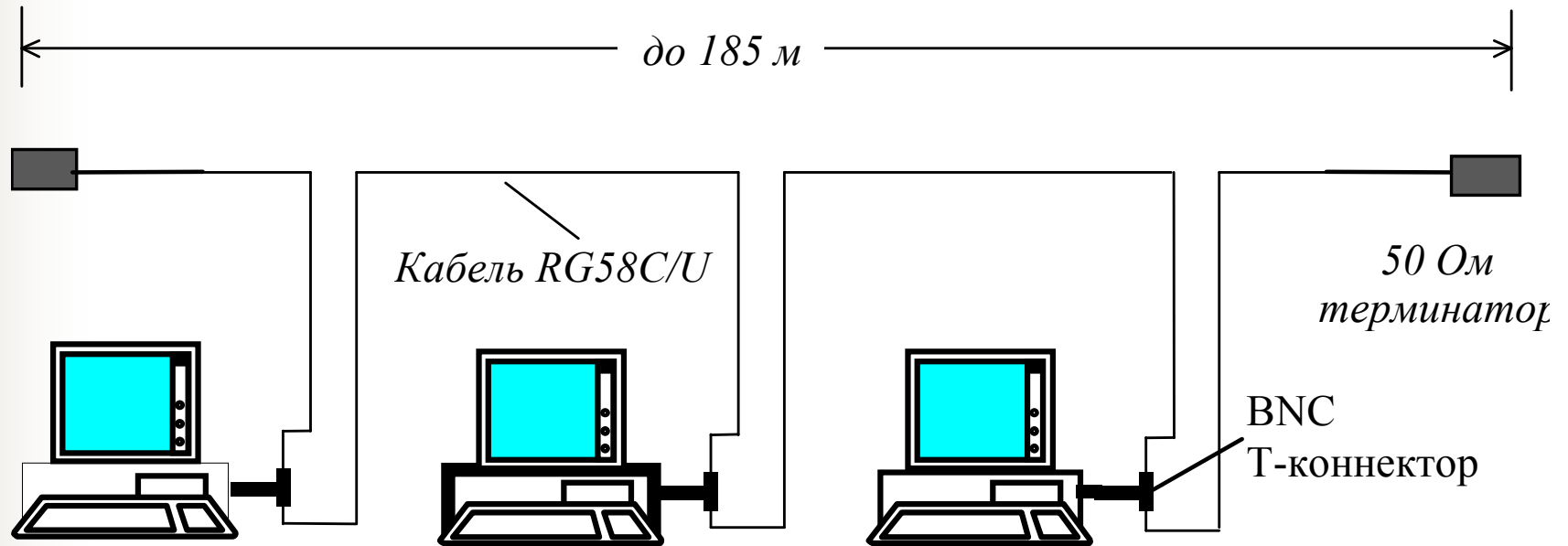
4 повторителя

3 нагруженных сегмента 99 x 3 = 297 станций

Структура сетевого адаптера 10 Base-5 Ethernet



Сеть Ethernet 10 Base-2



Достоинства:

- .. простота инсталляции и модификаций сети
- .. дешевый кабель

Недостатки:

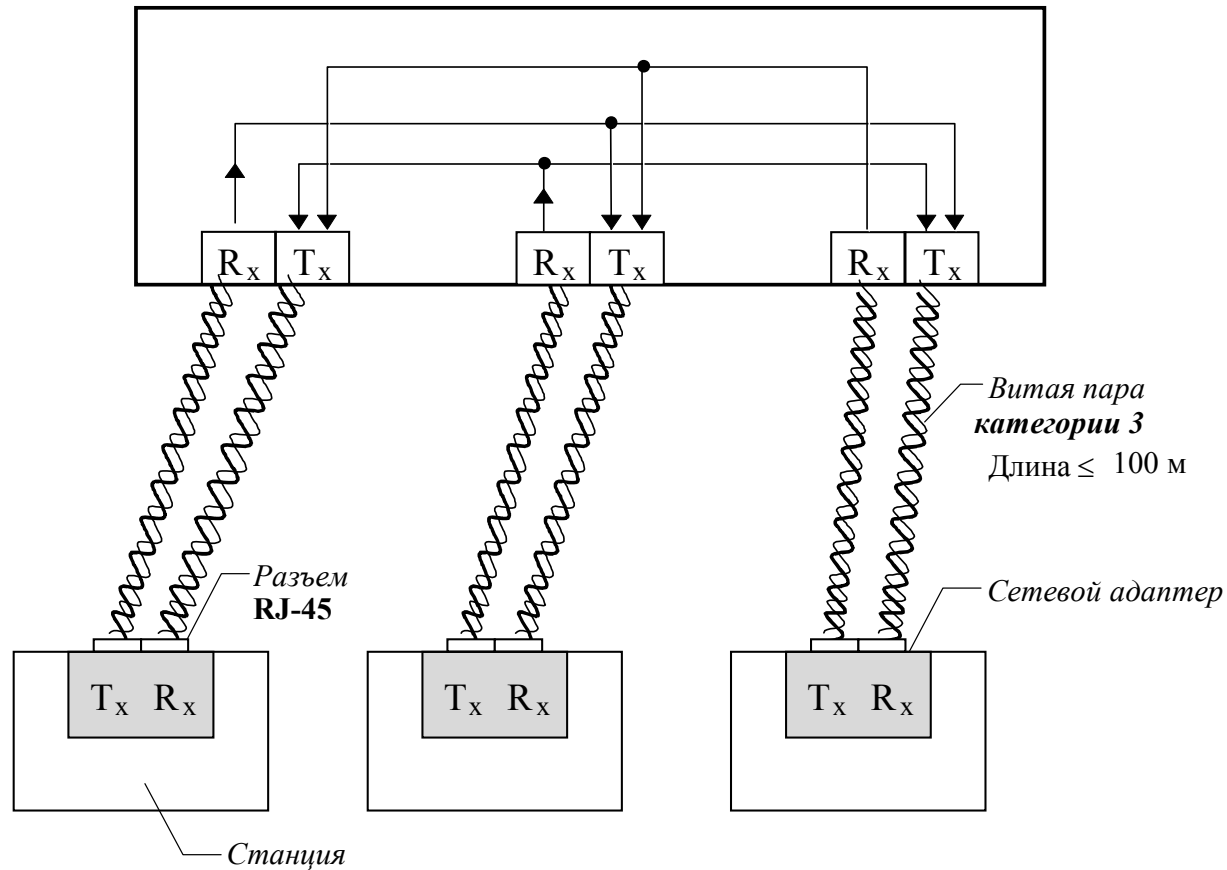
- .. большое количество контактов – частые отказы сети в целом
- .. сложность обнаружения нарушений физической целостности

➤ **высокая стоимость эксплуатации сети**

<= 30 станций в сегменте

Сеть Ethernet 10 Base-T

Концентратор 10Base-T



Максимальный диаметр сети: 500 м

Сети Ethernet 10 Мбит/с на ОПТИЧЕСКОМ ВОЛОКНЕ

Максимальный диаметр
сети: 2500 м

Стандарт FOIRL (Fiber Optic Inter-Repeater Link)

– первый стандарт комитета 802.3 для использования оптоволоконна в сетях Ethernet.

- Максимальное число повторителей между узлами осталось равным 4
- Длина оптоволоконной связи между повторителями - до 1 км

Стандарт 10Base-FL - незначительное улучшение стандарта FOIRL.

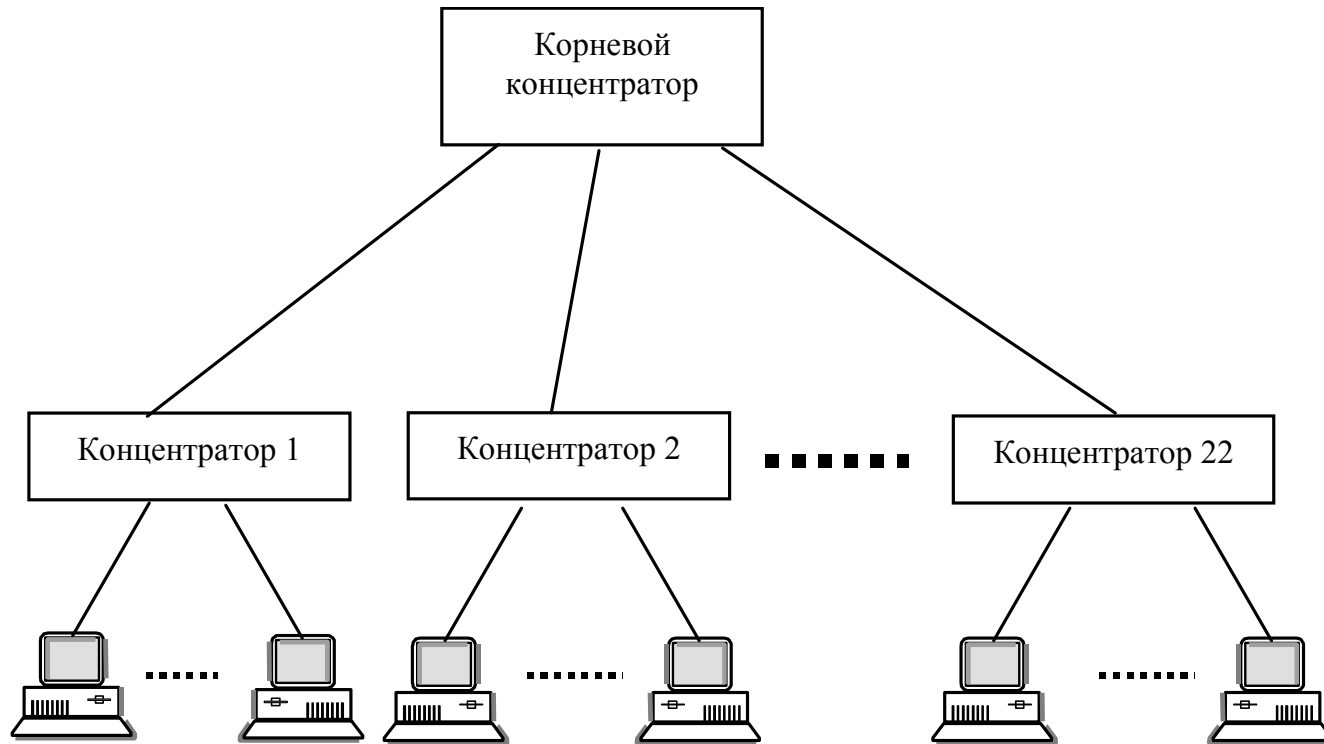
Увеличена мощность передатчиков, расстояние между узлом и концентратором увеличилось до 2000 м.

Стандарт 10Base-FB - предназначен только для соединения повторителей. Между узлами сети можно установить до 5 повторителей 10Base-FB. Максимальная длина одного сегмента 2740 м

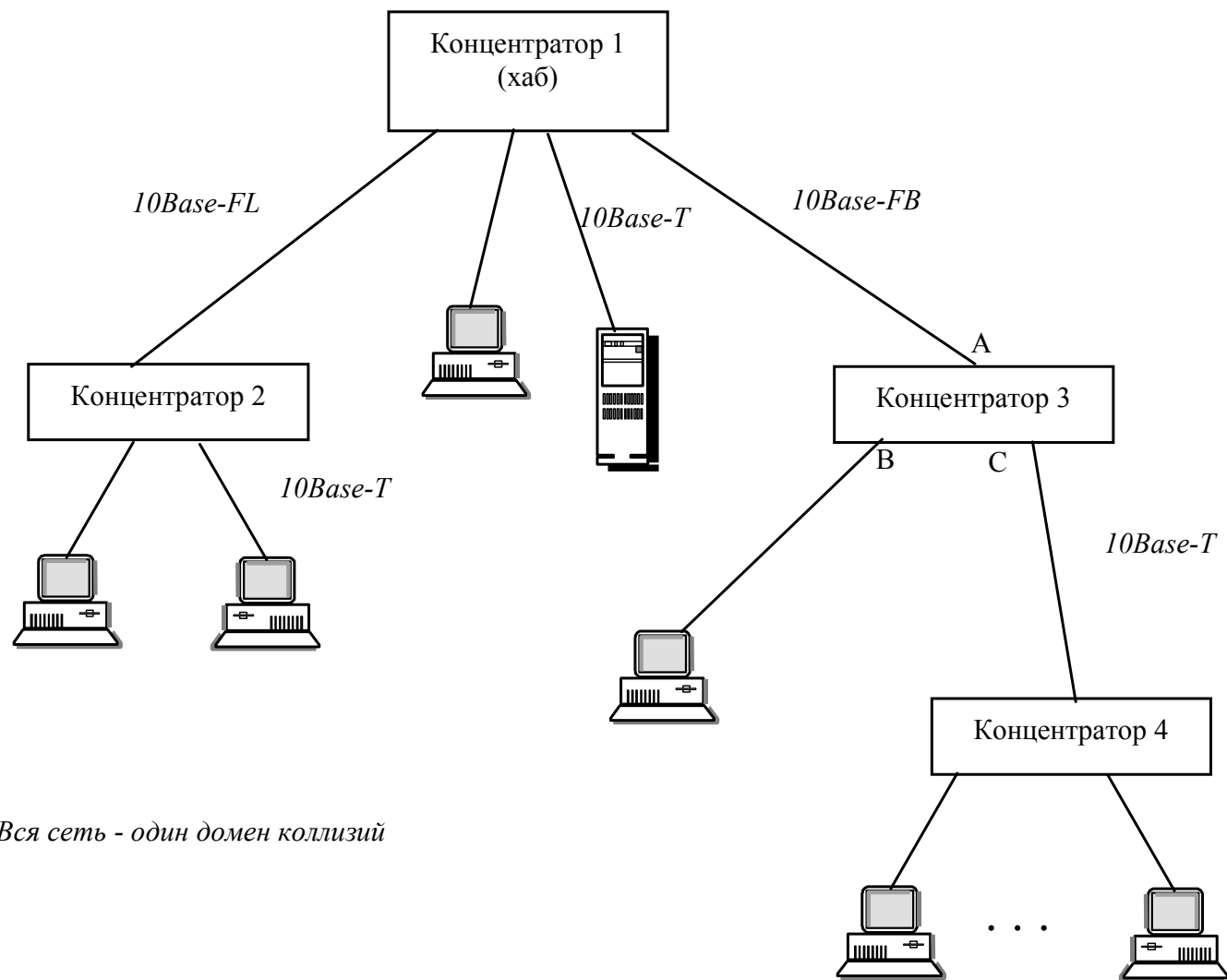
Параметры спецификаций физического уровня для стандарта Ethernet 10 Мбит/с

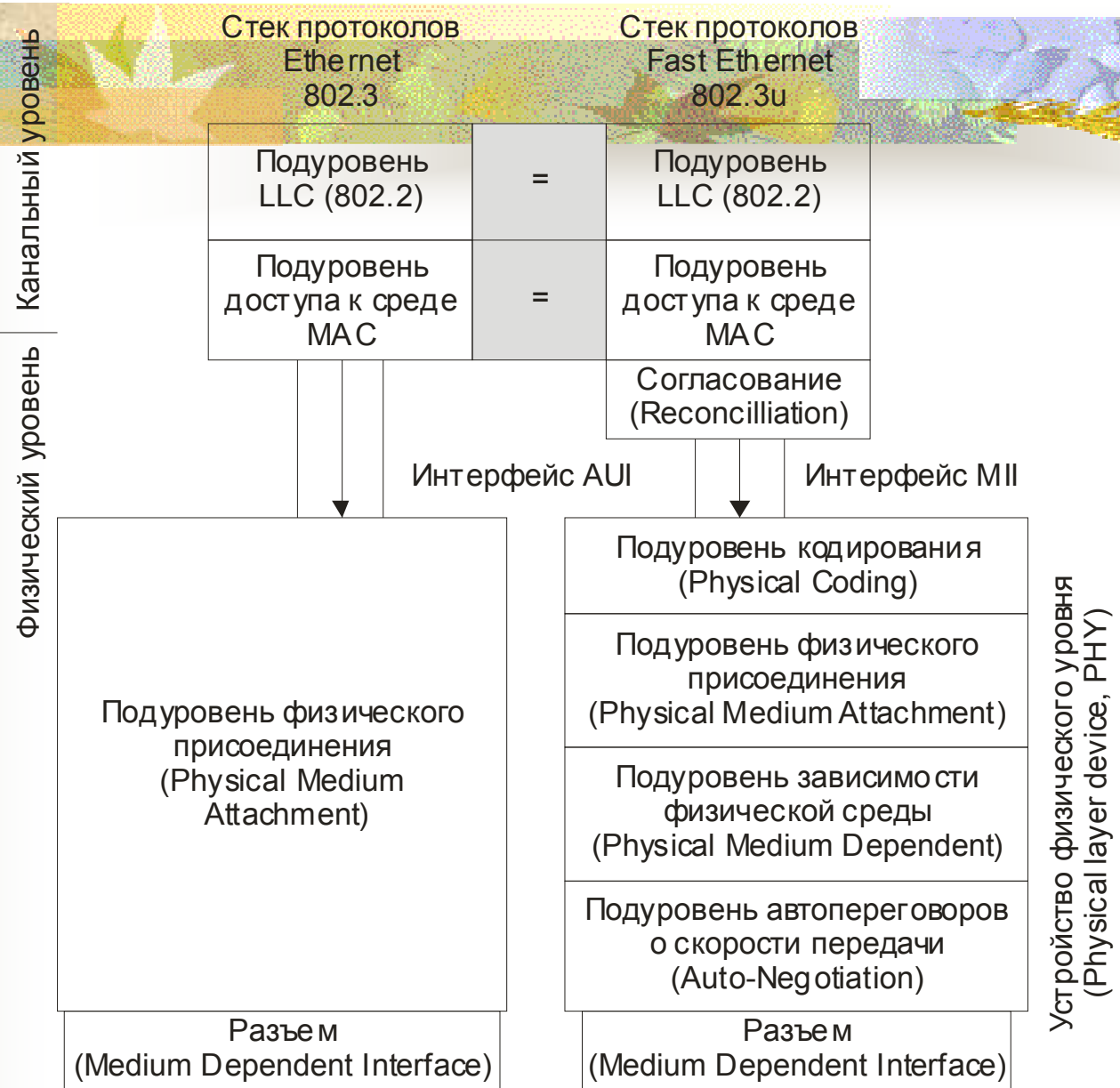
	10Base-5	10Base-2	10Base-T	10Base-F
Кабель	толстый коаксиальный кабель RG-8 или RG-11	тонкий коаксиальный кабель RG-58	неэкранированная витая пара UTP Cat3,4,5	многомодовый волоконно-оптический кабель
Максимальная длина сегмента	500 м	185 м	100 м	2000 м
Максимальное расстояние между узлами сети (при 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)

Максимизация количества узлов в сети Ethernet на концентраторах



Иерархическое соединение концентраторов Ethernet

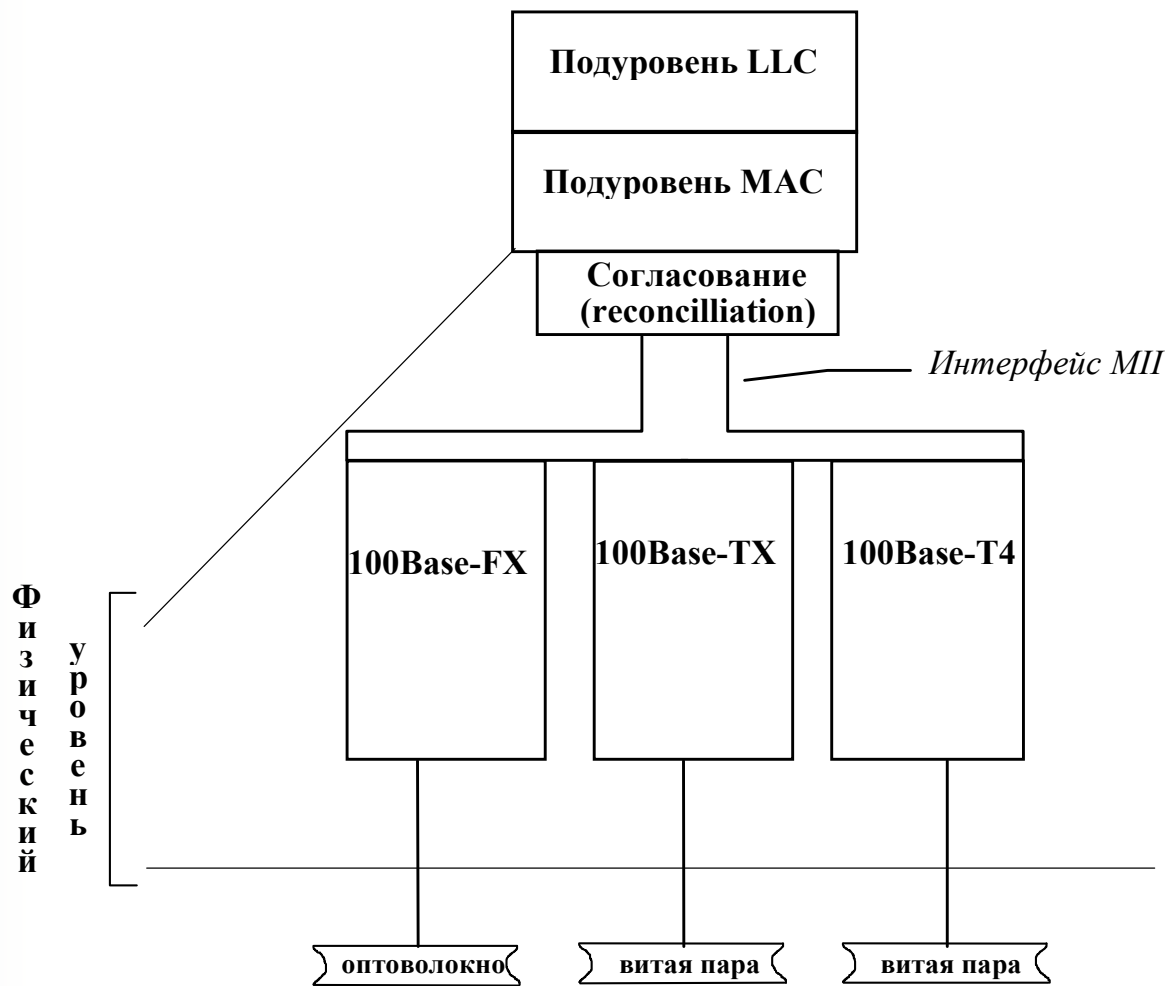




Отличия технологии Fast Ethernet от технологии Ethernet

Fast Ethernet

802.3u



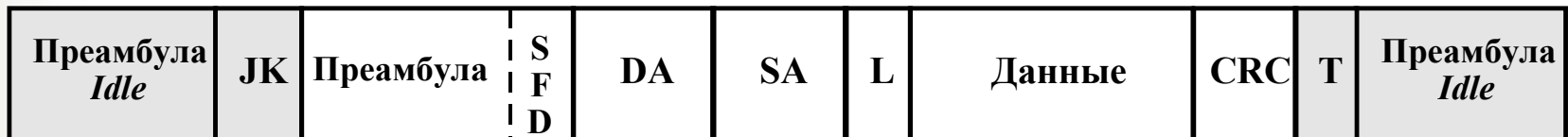
Стандарты физического уровня Fast Ethernet

- **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**

Fast Ethernet и Ethernet 10

- Форматы кадров технологии Fast Ethernet не отличаются от форматов кадров технологий 10-Мегабитного Ethernet'a.
- Межкадровый интервал IPG равен 0,96 мкс, а битовый интервал равен 10 нс.
- Все временные параметры алгоритма доступа (интервал отсрочки, время передачи кадра минимальной длины и т.п.), измеренные в битовых интервалах, не изменились
- Признаком свободного состояния среды является передача по ней символа Idle соответствующего избыточного кода (а не отсутствие сигналов, как в стандартах Ethernet 10 Мбит/с).

Формат кадра Fast Ethernet

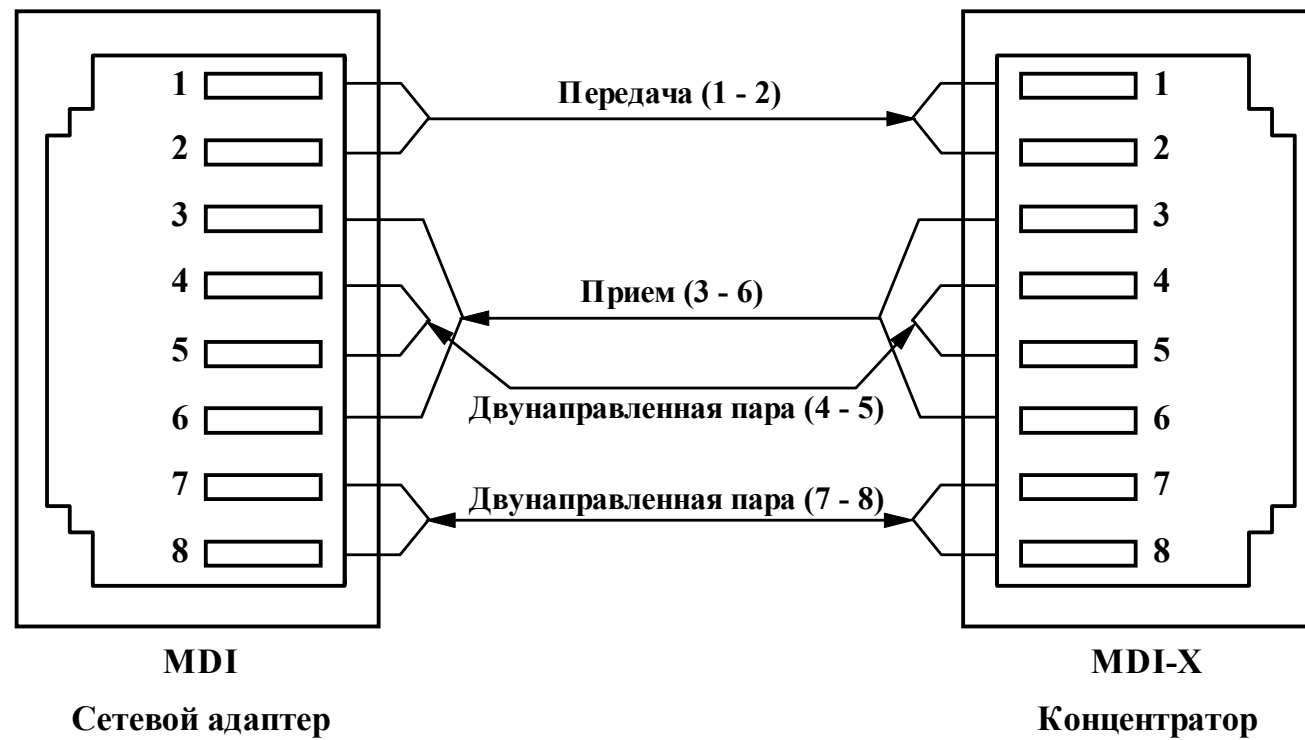


— *первый байт преамбулы*

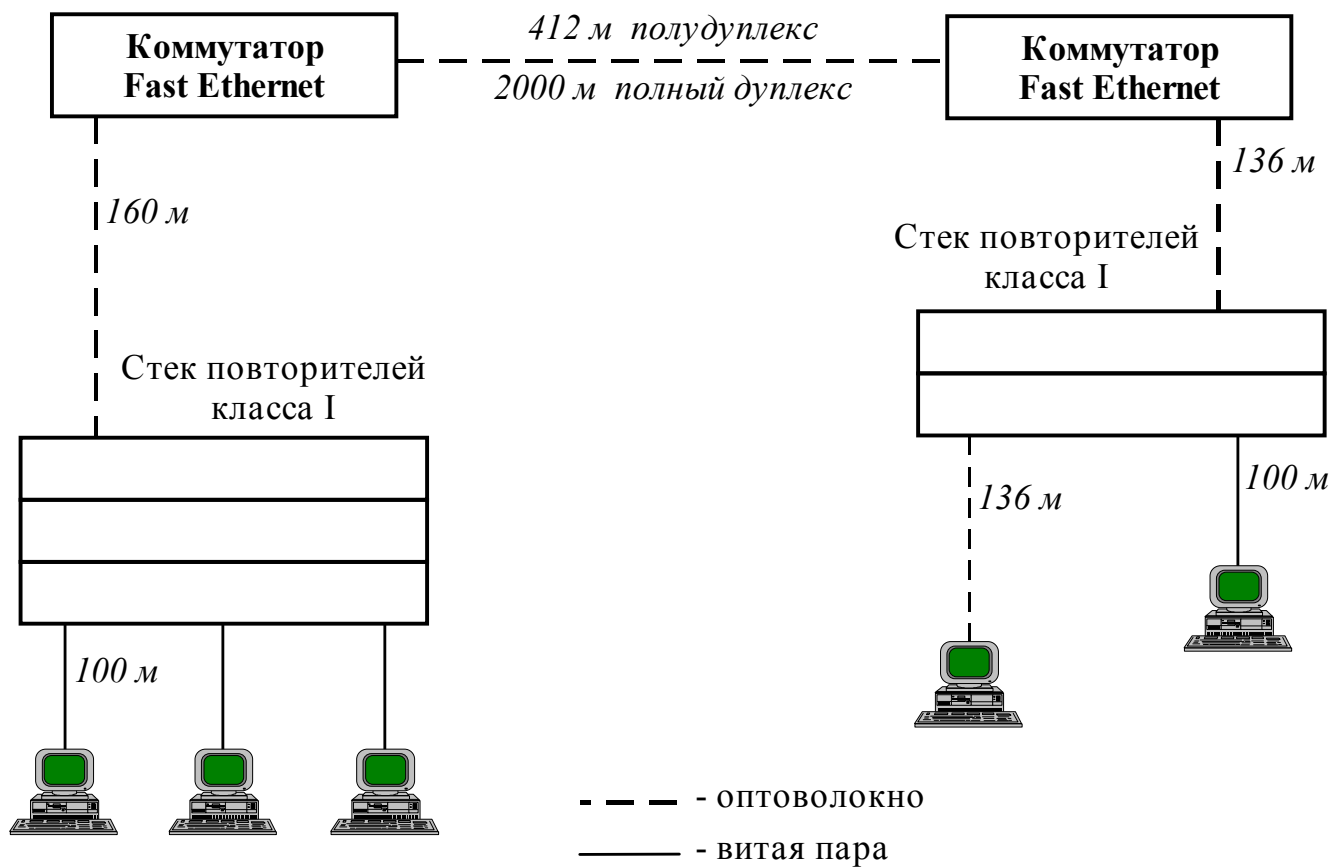
JK _ ограничитель начала потока значащих символов

T _ ограничитель конца потока значащих символов

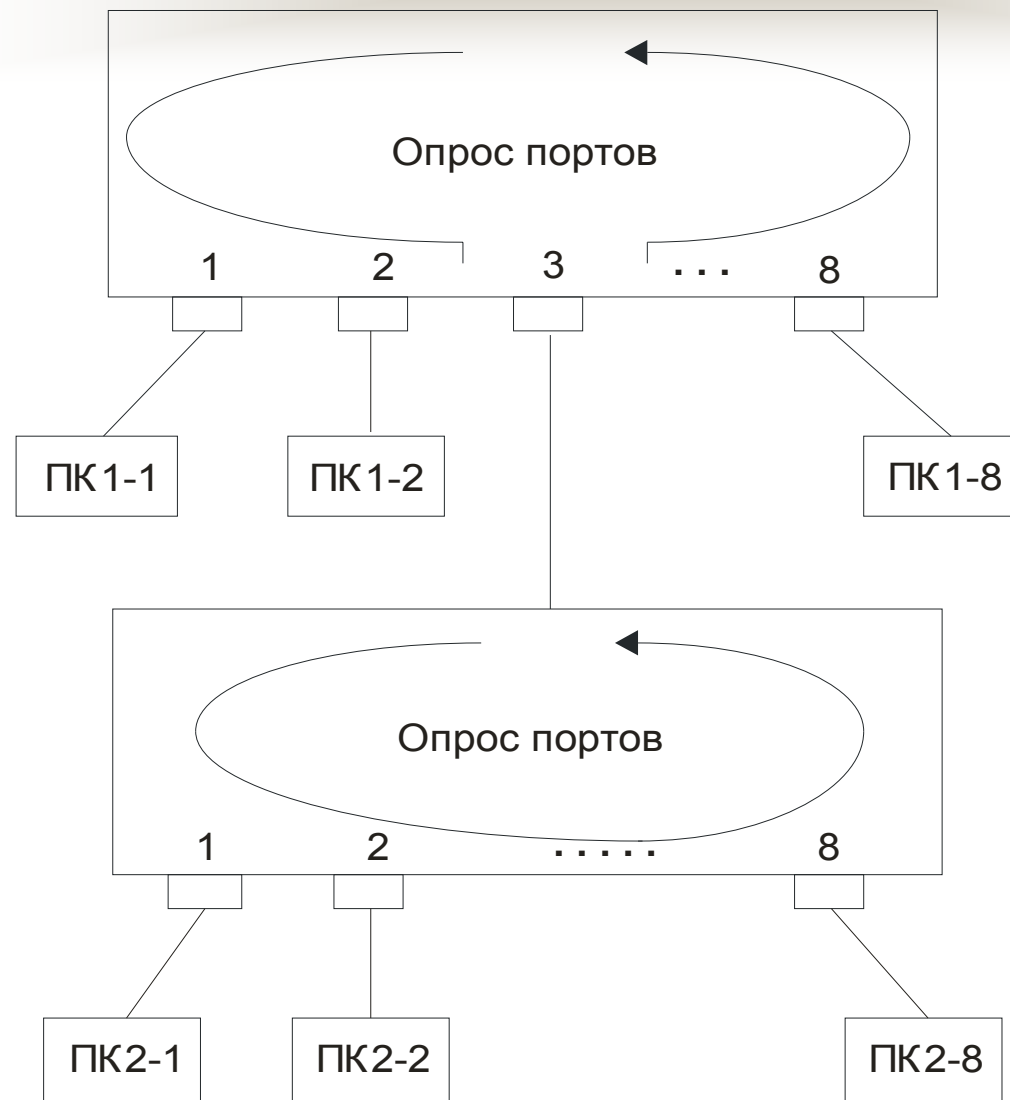
Соединение устройств Fast Ethernet



Ограничения сети Fast Ethernet на повторителях класса I



Сеть 100VG-AnyLAN 802.12





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 м.б. 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



Gigabit Ethernet на витой паре

- Параллельная передача по 4 парам категории 5 -> 250 Мбит/с по одной паре
- Код PAM5: -2, -1, , +1, +2
- 5 состояний, 2,322 бита за такт -> тактовую частоту снизили до 125 Гц
- Код PAM5 на тактовой частоте 125 Гц имеет спектр уже, чем 100 МГц – параметр кабеля категории 5
- Полнодуплексный режим достигается за счет одновременной встречной передачи – принимаемый сигнал определяется DSP как разность между суммарным сигналом и собственным

Семейство Ethernet

Метод доступа CDMA/CD или Full Duplex

Ф
И
з
и
ч
е
с
к
и
й
у
р
о
в
е
н
ь

Ethernet

10Base-5

10Base-2

10Base-T

10Base-FL

10Base-FB

Fast Ethernet

100Base-TX

100Base-T4

100Base-FX

Gigabit Ethernet

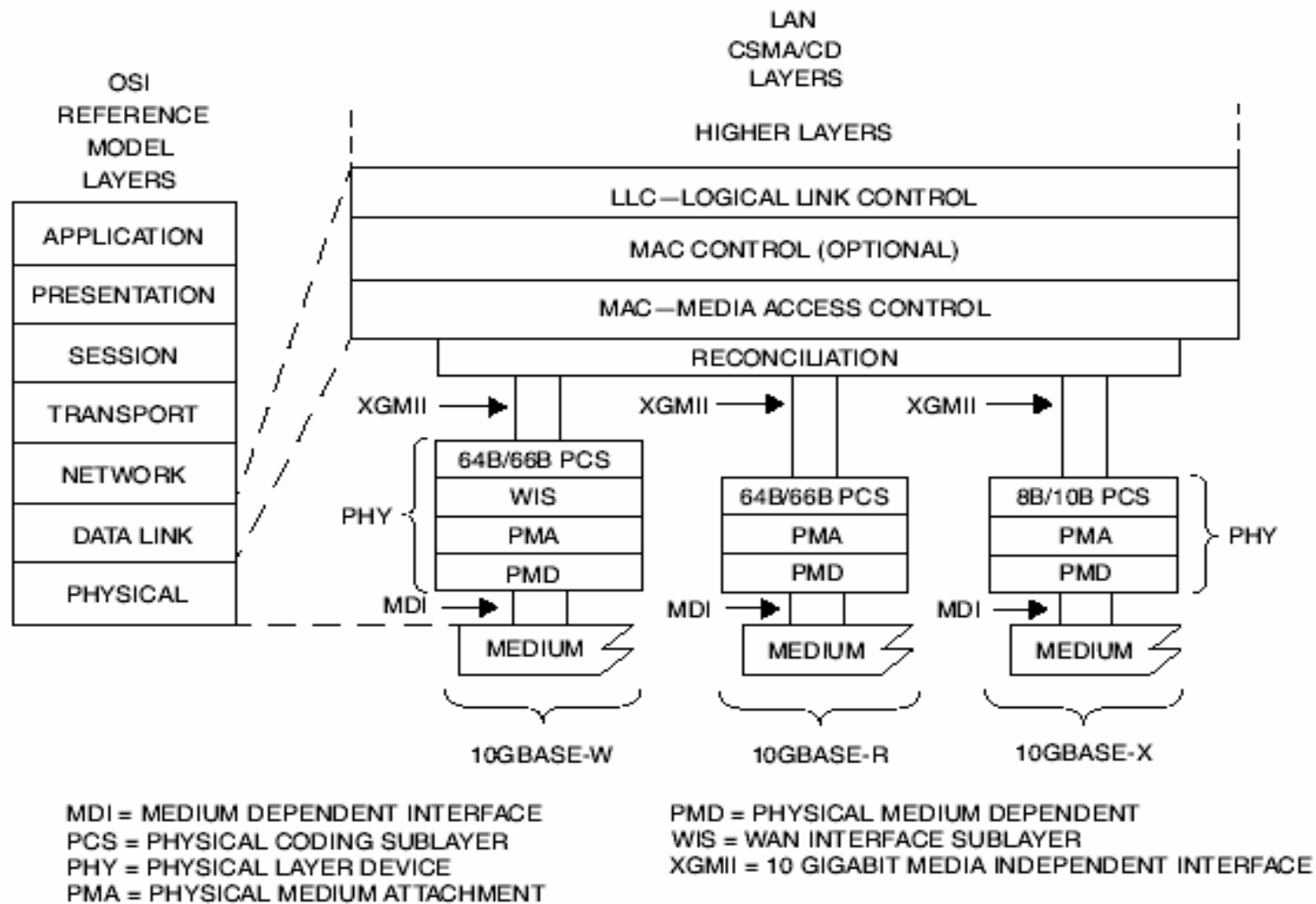
1000Base-SX

1000Base-LX

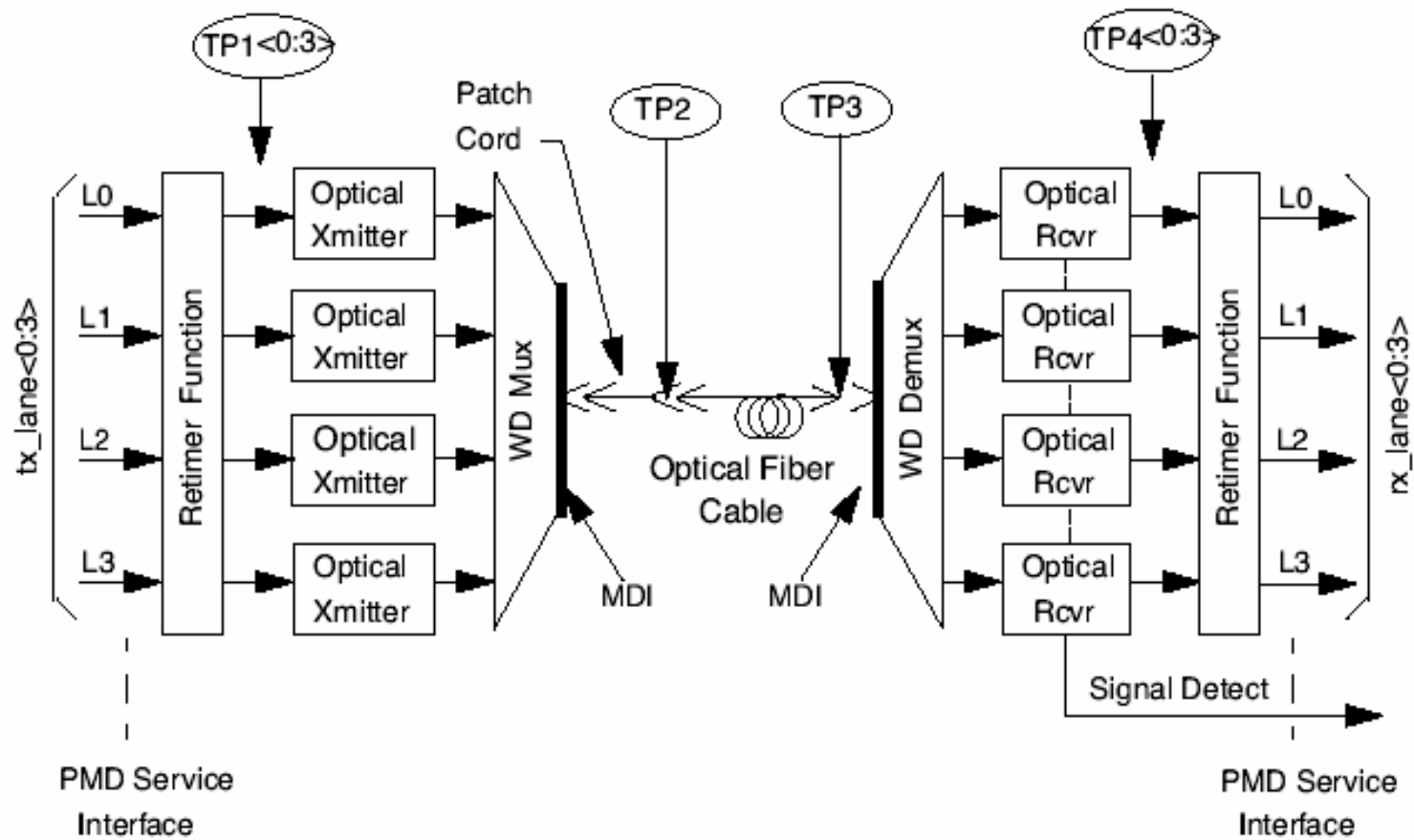
1000Base-TX

10GB – стандарт активно
разрабатывается, область
применения – магистрали
глобальных сетей
Конкурент SDH

Три группы физических интерфейсов 10G



Интерфейс 10GBase-LX4 использует технику WDM



WD = Wavelength Division

Стандарт IEEE 802.4: шина с маркером

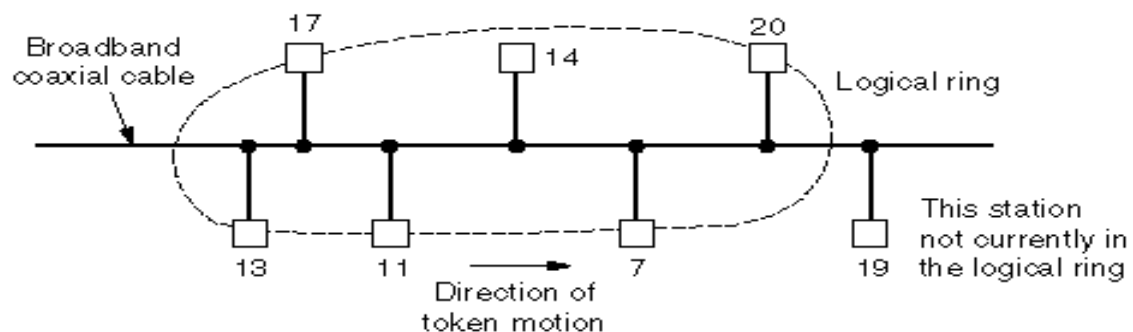


Fig. 4-25. A token bus.

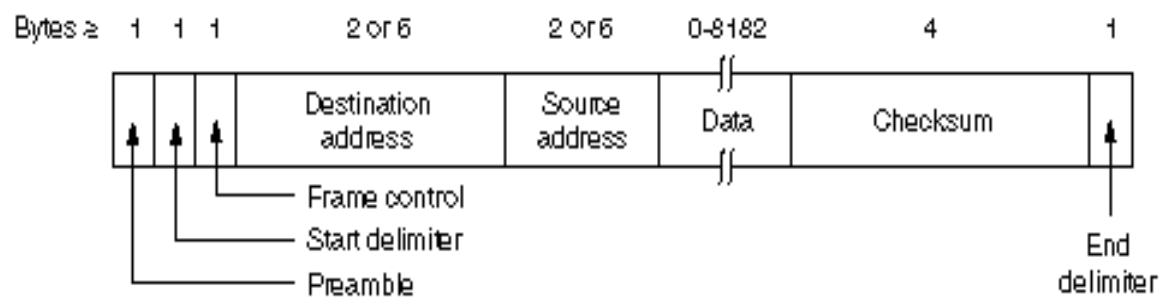


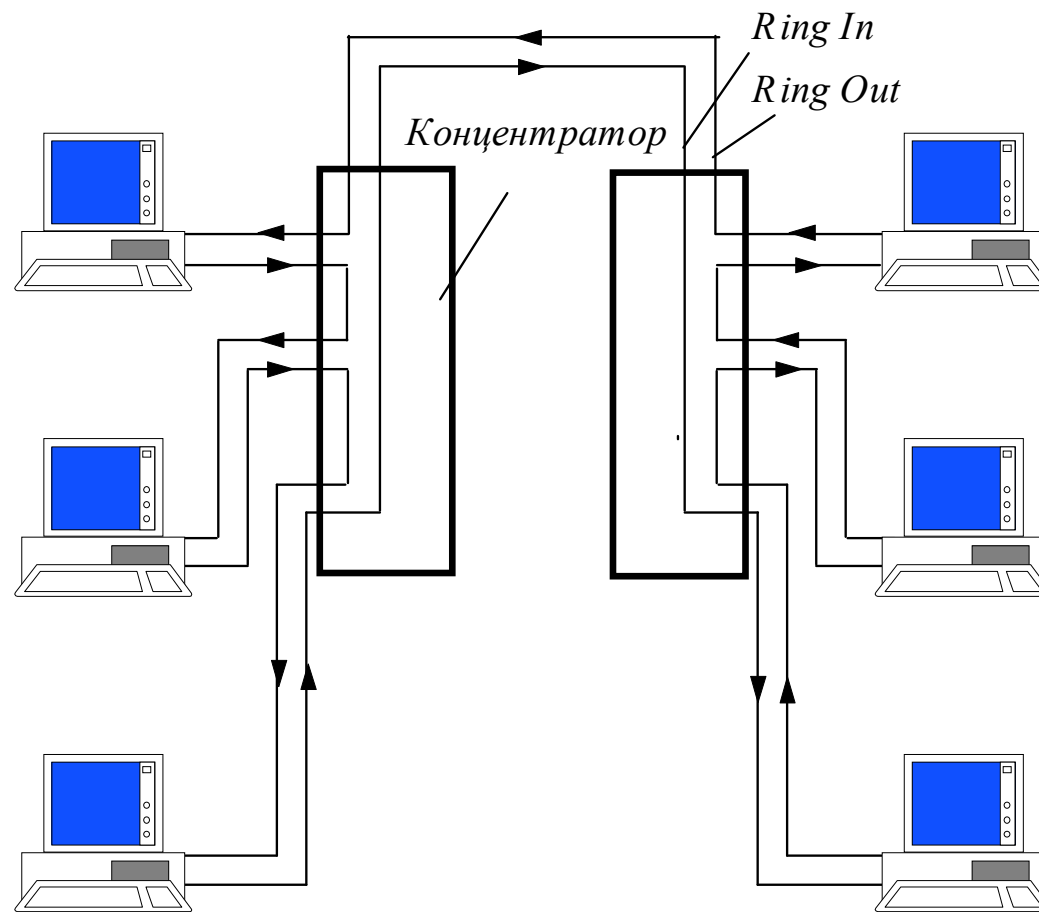
Fig. 4-26. The 802.4 frame format.

Стандарт IEEE 802.4: *шина с маркером*

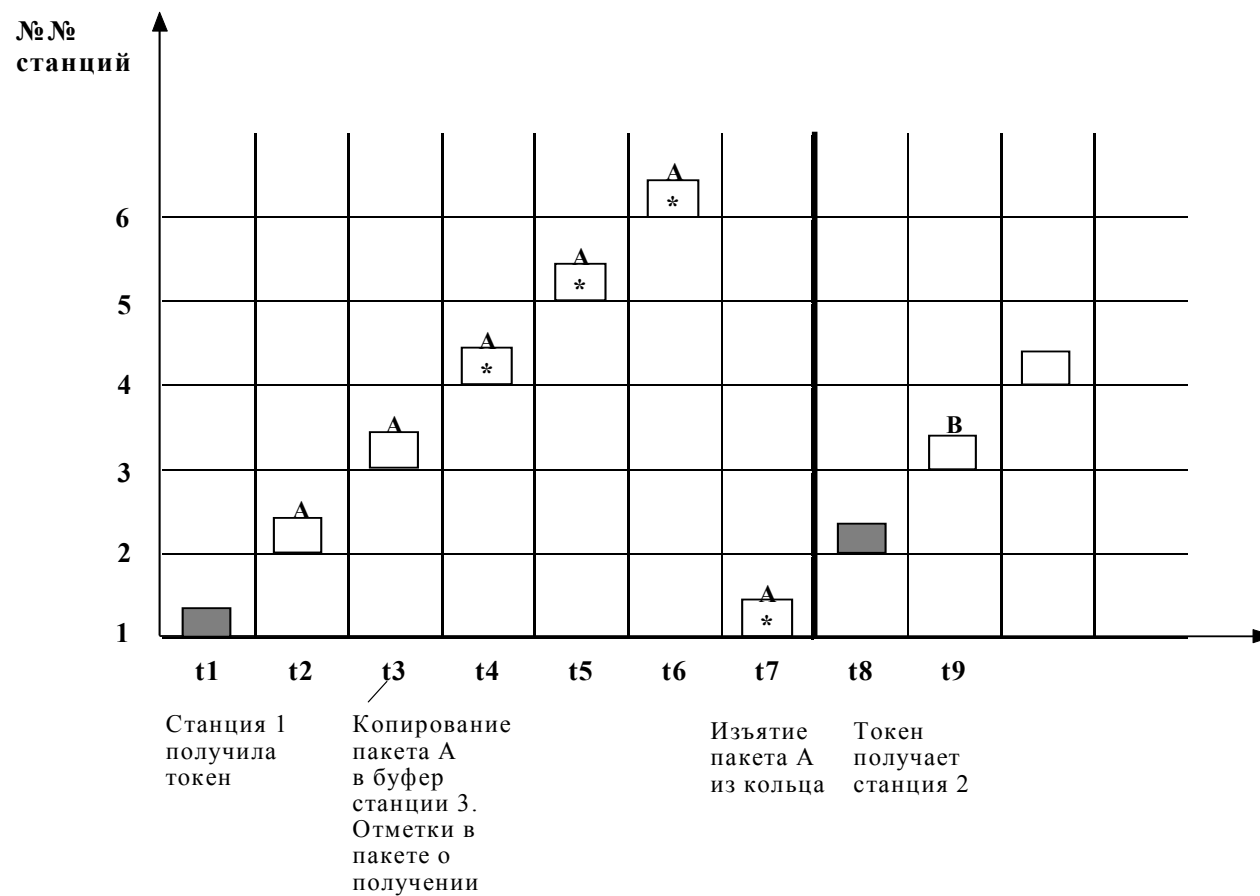
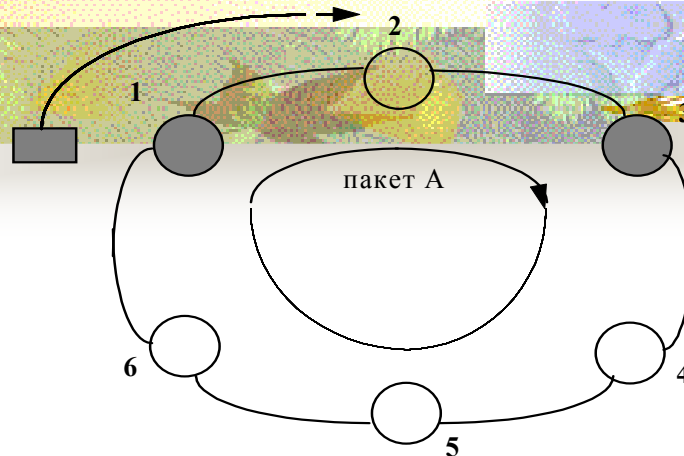
Frame control field	Name	Meaning
00000000	Claim_token	Claim token during ring initialization
00000001	Solicit_successor_1	Allow stations to enter the ring
00000010	Solicit_successor_2	Allow stations to enter the ring
00000011	Who_follows	Recover from lost token
00000100	Resolve_contention	Used when multiple stations want to enter
00001000	Token	Pass the token
00001100	Set_successor	Allow station to leave the ring

Fig. 4-27. The token bus control frames.

Технология Token Ring



Метод маркерного доступа



Технология Token Ring

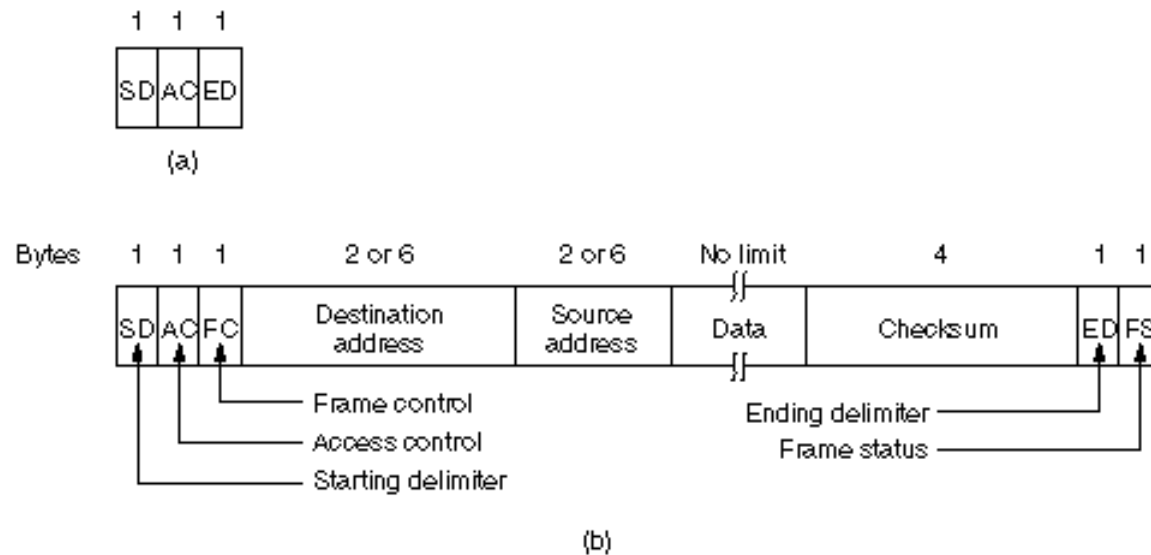


Fig. 4-30. (a) Token format. (b) Data frame format.

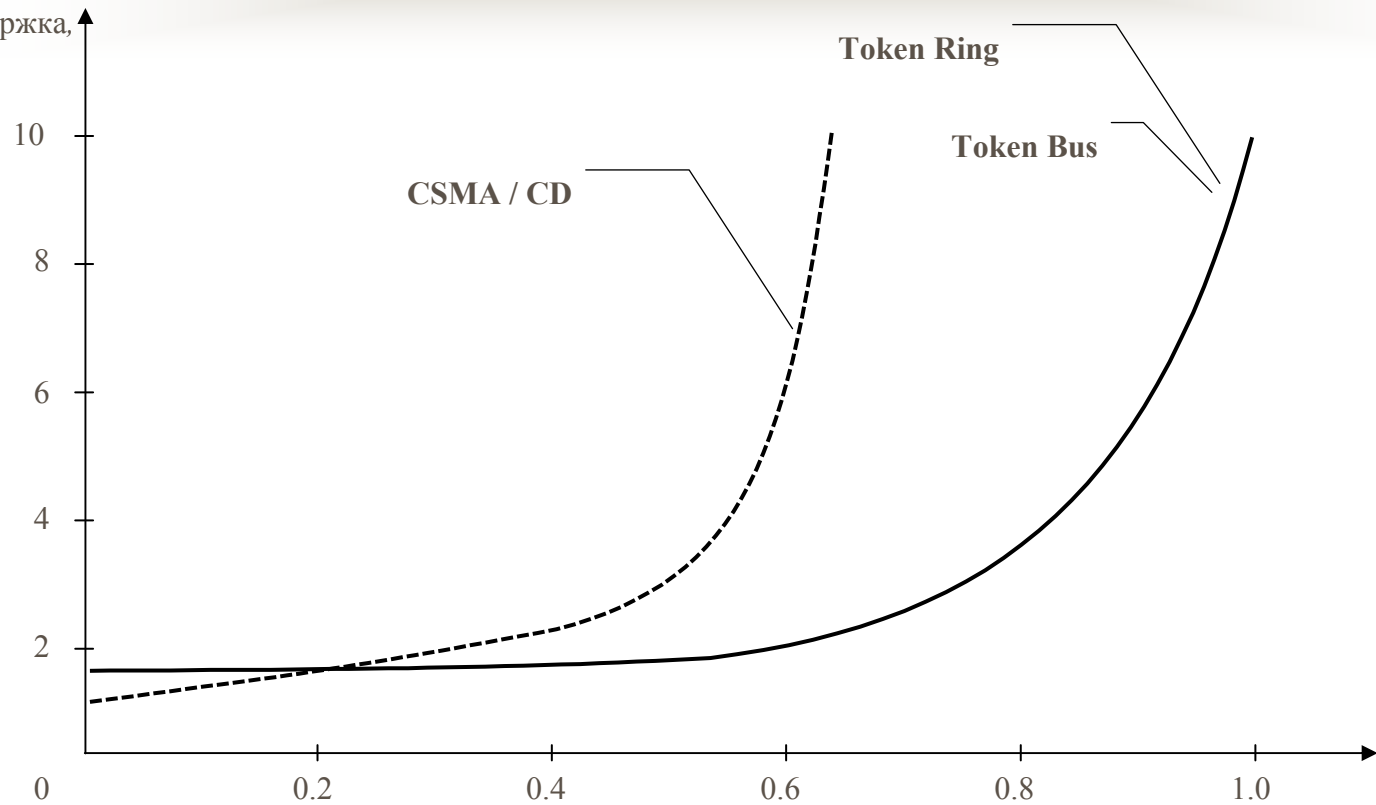
SD-JK0JK000 ED-JK1JK1IE AC- PPPTMRRR
 FC-TT00AAAA FS-AC00AC00

Технология Token Ring

Control field	Name	Meaning
00000000	Duplicate address test	Test if two stations have the same address
00000010	Beacon	Used to locate breaks in the ring
00000011	Claim token	Attempt to become monitor
00000100	Purge	Reinitialize the ring
00000101	Active monitor present	Issued periodically by the monitor
00000110	Standby monitor present	Announces the presence of potential monitors

Fig. 4-31. Token ring control frames.

Средняя задержка,
мс



CSMA / CD

Token Ring

Token Bus

Коэффициент
загрузки сети



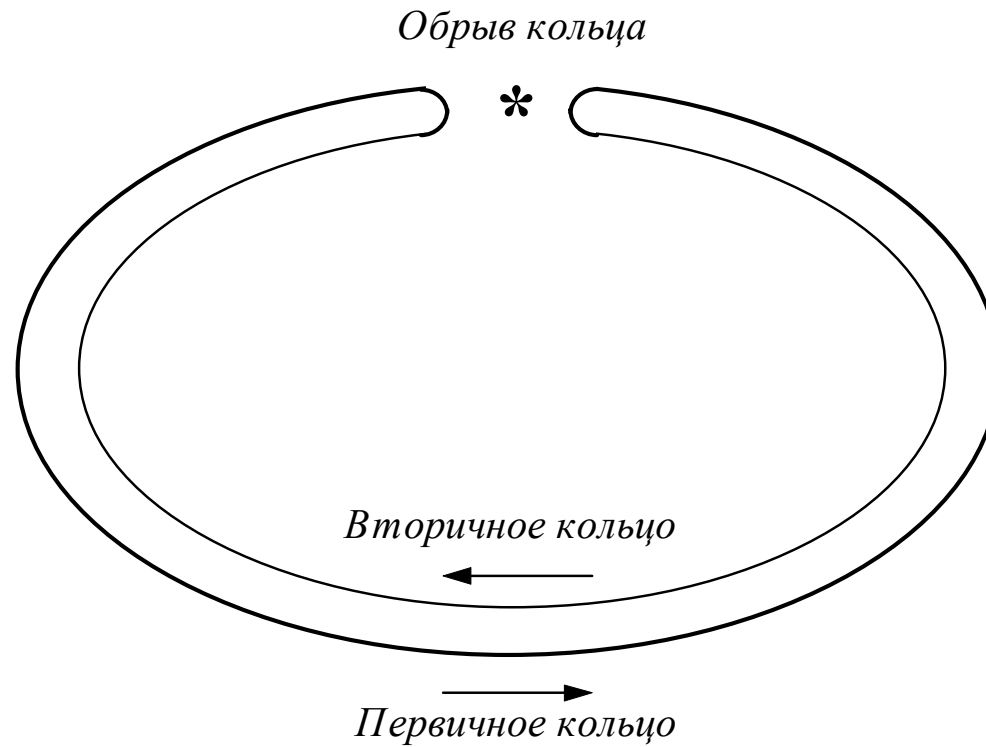
Технология FDDI

(Fiber Distributed Data Interface)

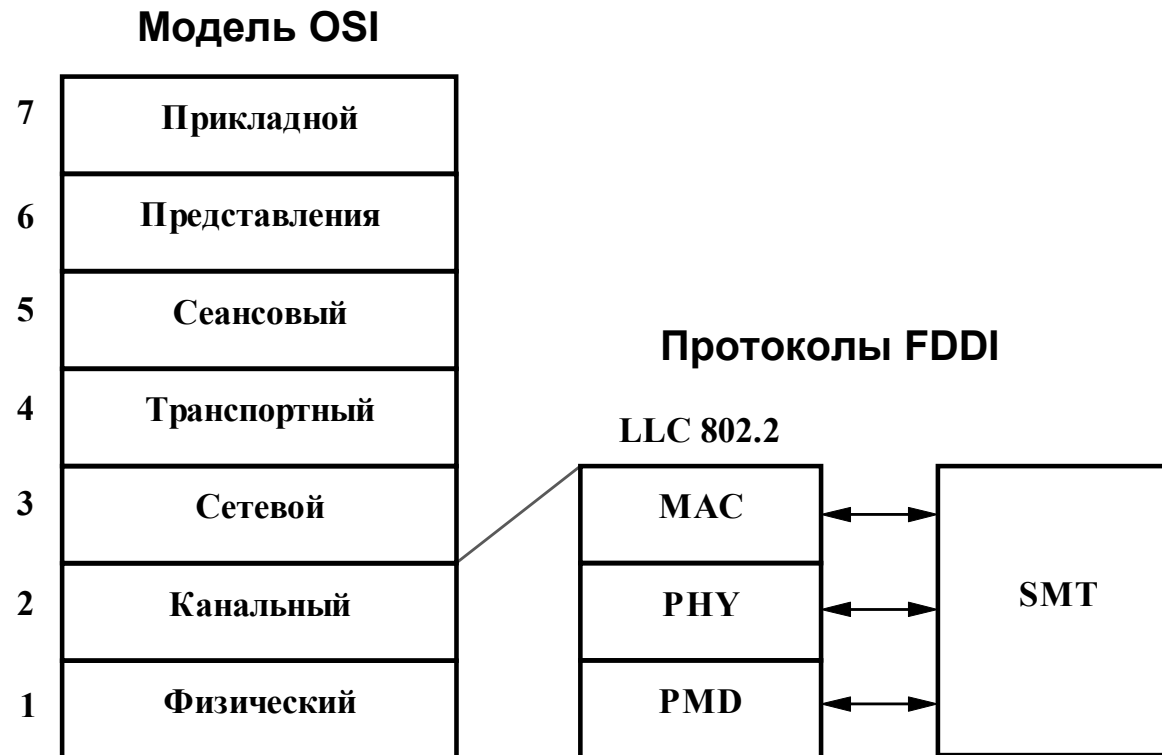
Цели разработчиков технологии:

- Повысить битовую скорость передачи данных до 100 Мб/с.
- Повысить отказоустойчивость сети за счет стандартных процедур восстановления ее после отказов различного рода - повреждения кабеля, некорректной работы узла, концентратора, возникновения высокого уровня помех на линии и т.п.
- Максимально эффективно использовать потенциальную пропускную способность сети как для асинхронного, так и для синхронного (чувствительного к задержкам) трафиков.

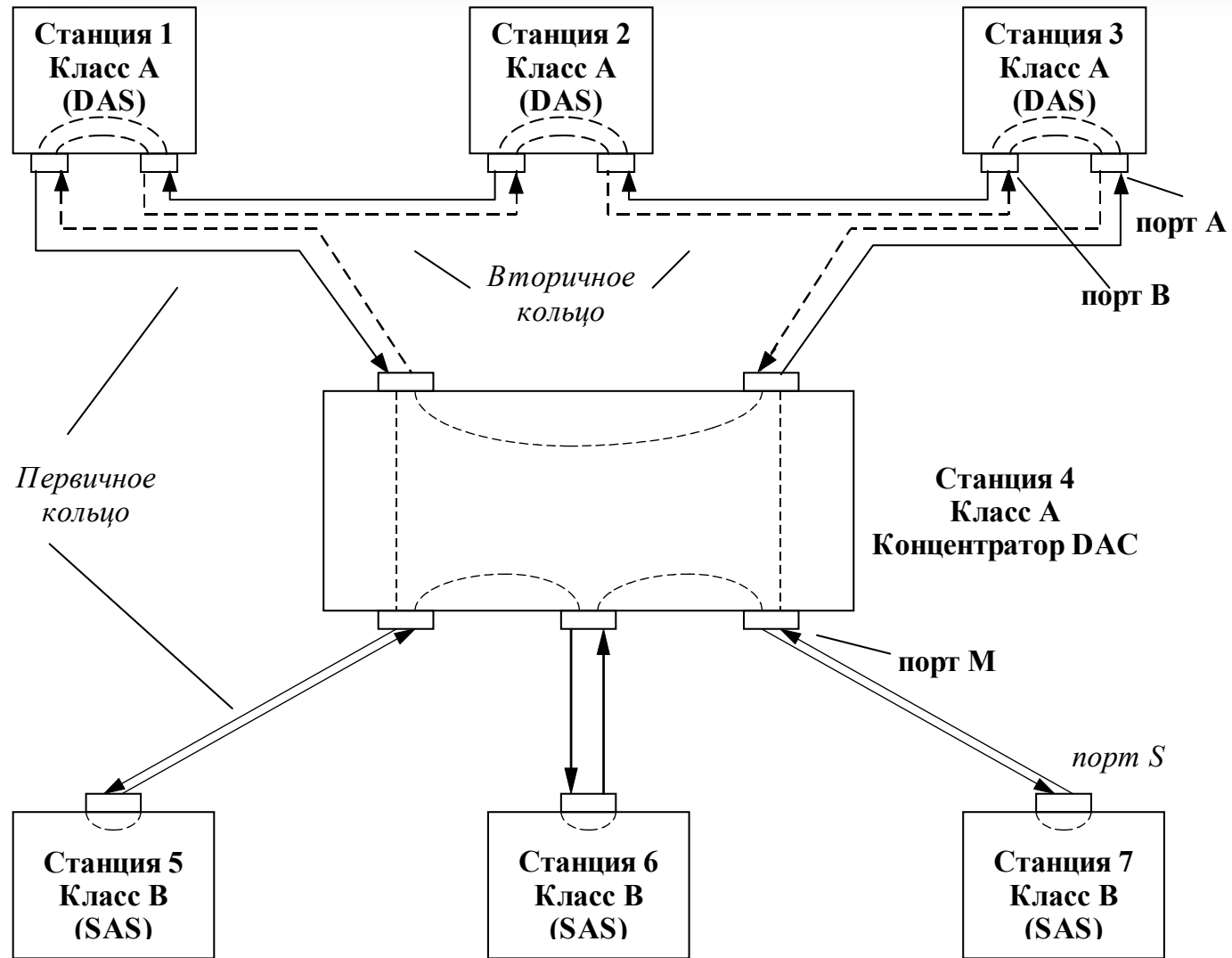
Использование кольцевой топологии для реакции на отказ/обрыв



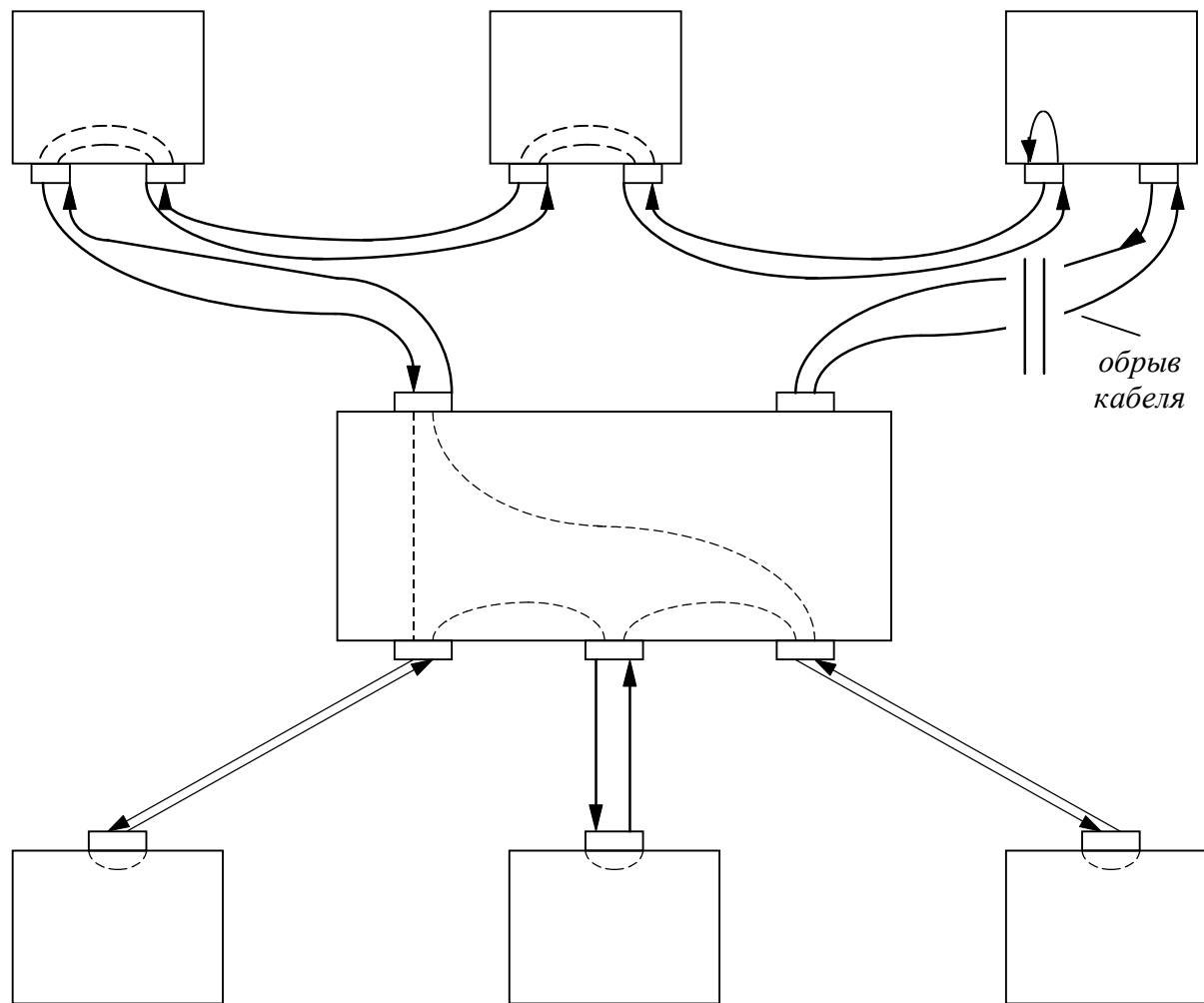
Протоколы FDDI



Элементы сети FDDI

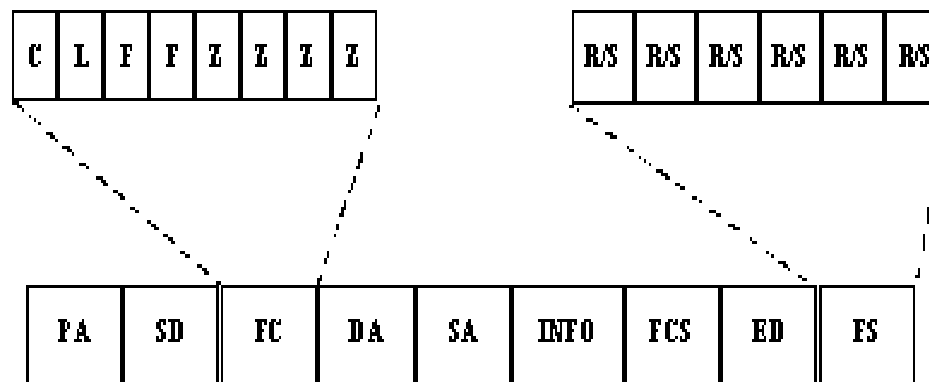


Пример реакции на обрыв



Технология FDDI

(Fiber Distributed Data Interface)

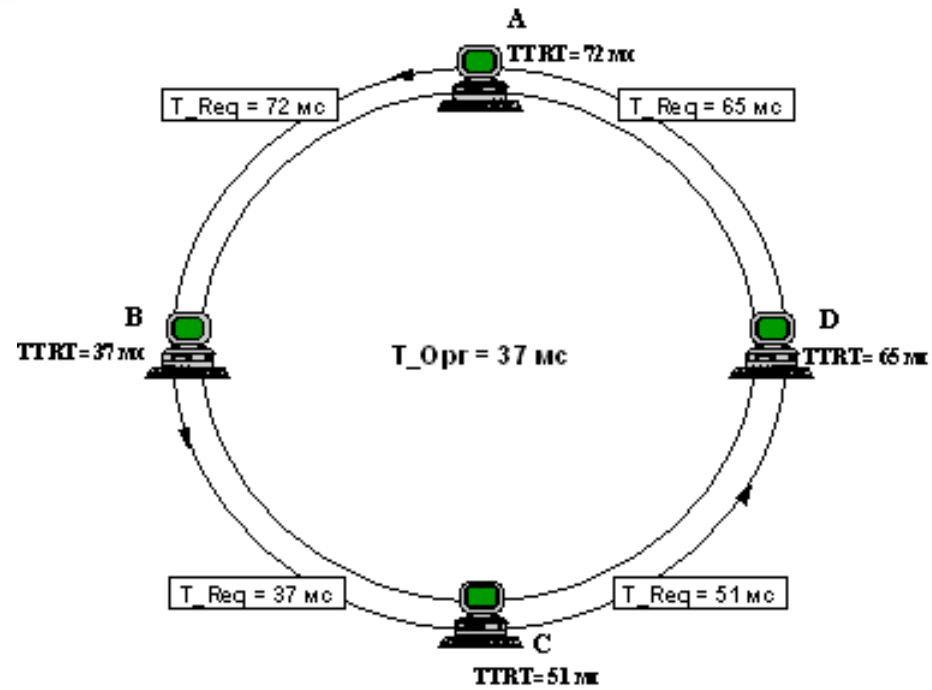


Формат кадра FDDI



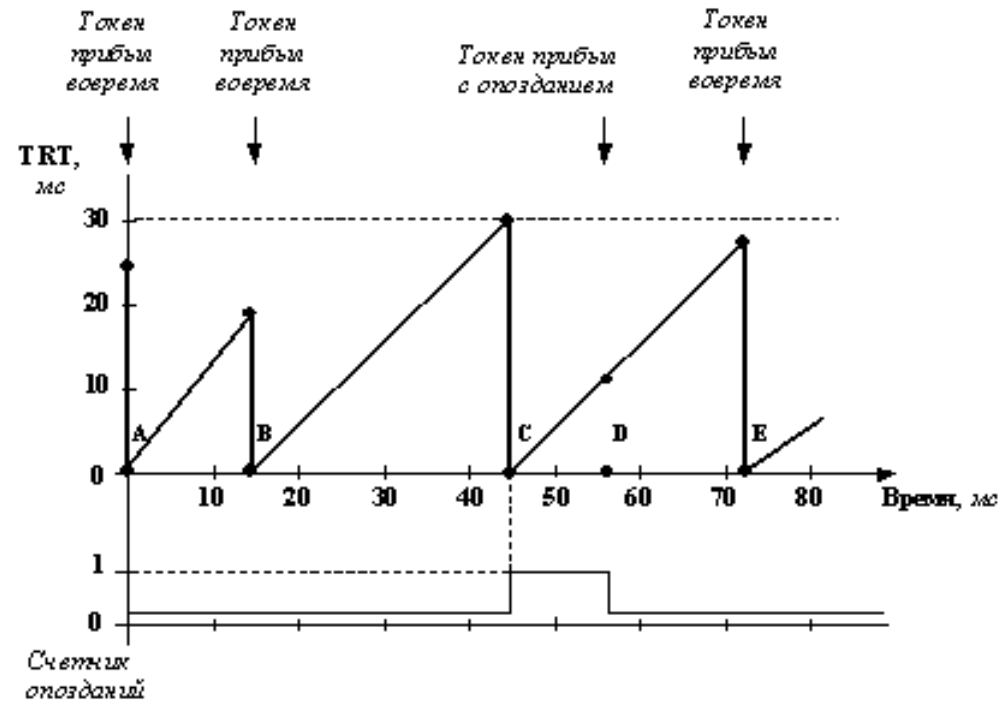
Формат токена

Технология FDDI



Процесс инициализации кольца

Технология FDDI



Поведение таймера времени текущего оборота токена TRT и счетчика опозданий токена Late_St

Тема 6. Оборудование для локальных сетей с разделяемой средой



- Сети с коммутацией пакетов и каналов
- Структуризация сетей на основе мостов и коммутаторов

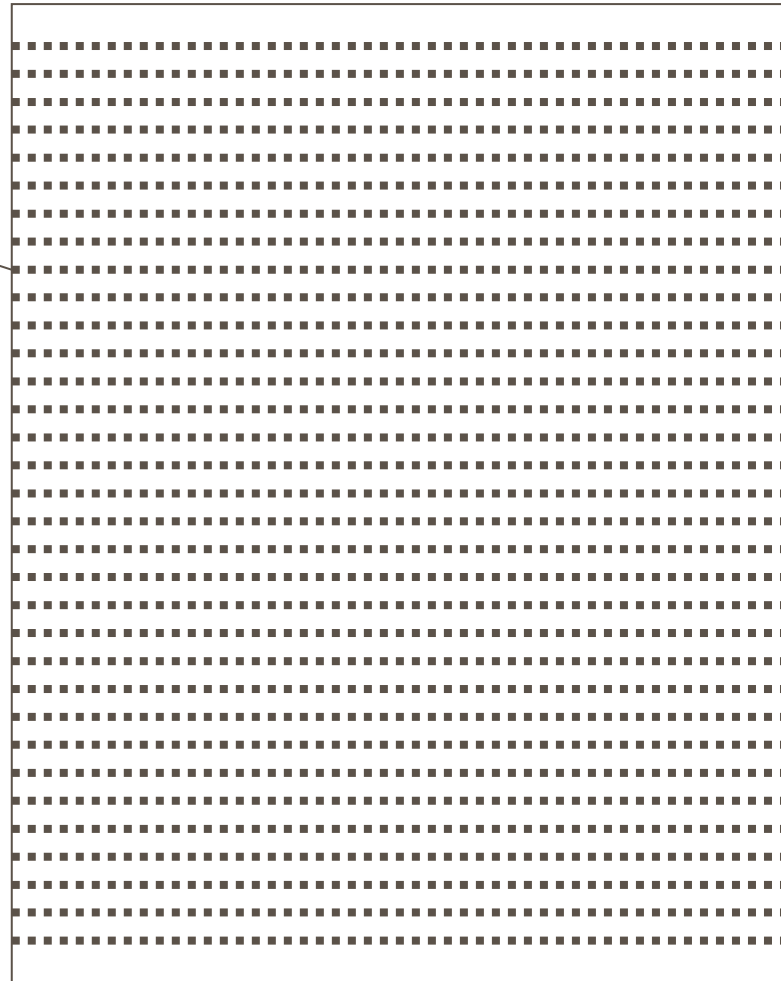
Адресация

- Адрес должен уникально идентифицировать сетевой интерфейс в сети любого масштаба.
- Схема назначения адресов должна сводить к минимуму ручной труд администратора и вероятность дублирования адресов.
- Желательно, чтобы адрес имел иерархическую структуру, удобную для построения больших сетей.
- Адрес должен быть удобен для пользователей сети, а это значит, что он должен допускать символьное представление, например, `Server3` или `www.cisco.com`.
- Адрес должен быть по возможности компактным, чтобы не перегружать память коммуникационной аппаратуры — сетевых адаптеров, маршрутизаторов и т. п.

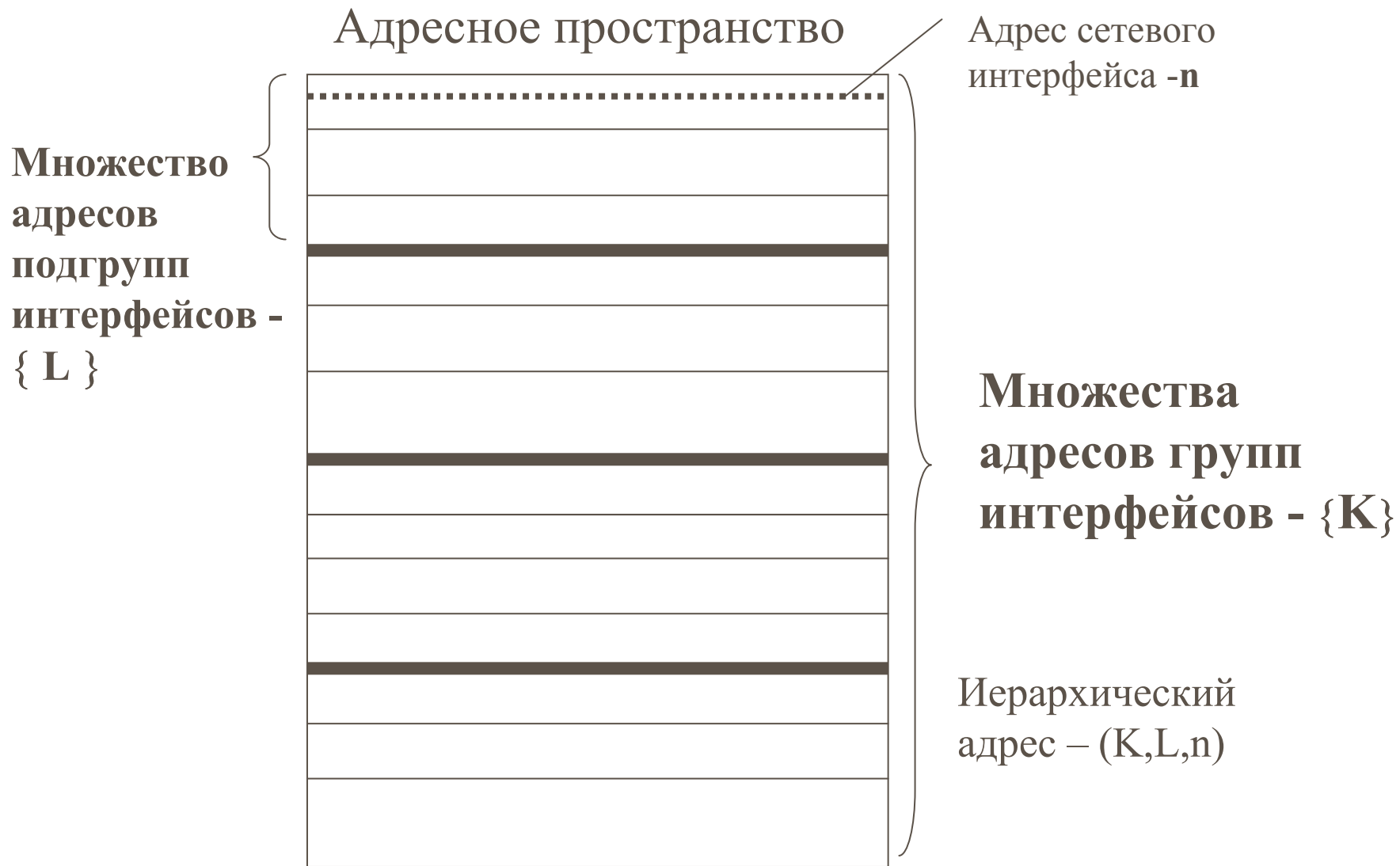
Плоское адресное пространство

Адрес узла

n



Множество
адресов узлов



Иерархическое адресное пространство

Адреса могут использоваться для идентификации:

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

Адреса могут быть:

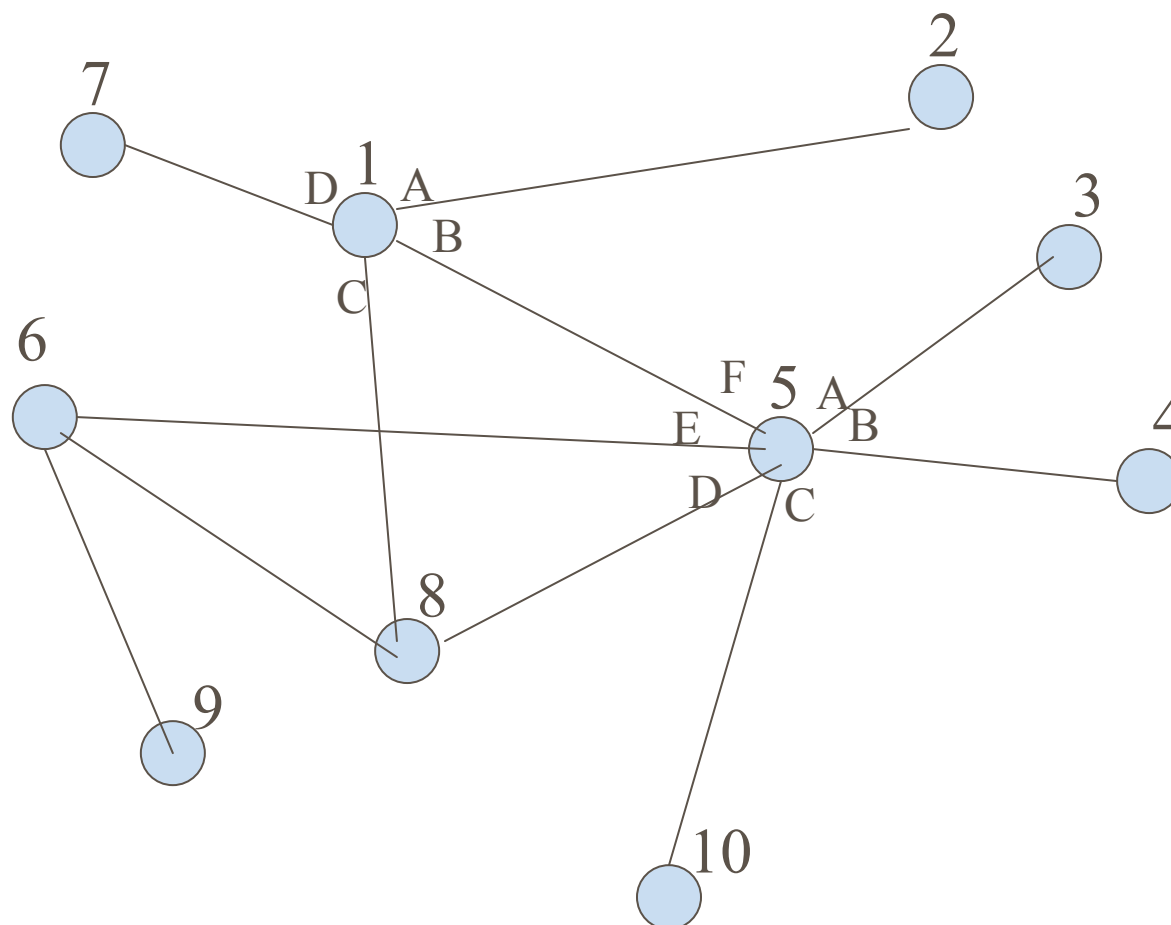
- *числовыми и символьными,*
- *аппаратными и сетевыми,*
- *плоскими и иерархическими.*

Для преобразования адресов из одного вида в другой используются *протоколы разрешения адресов (address resolution)*.

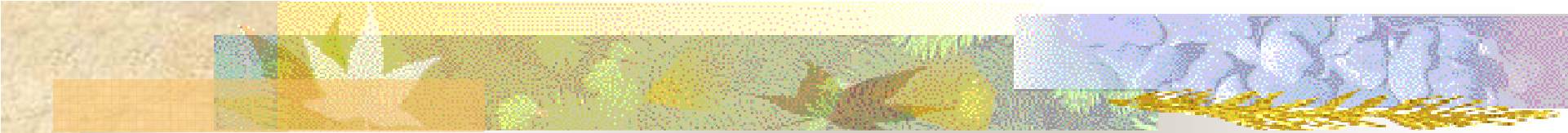
Централизованный подход – сервера имен

Распределенный подход – каждый компьютер хранит все назначенные ему адреса

Коммутация



Коммутация абонентов через сеть транзитных узлов



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



■ В самом общем виде задача коммутации может быть представлена в виде нескольких взаимосвязанных частных задач.

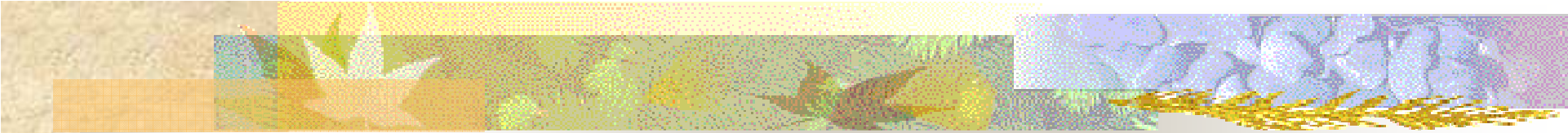
1. Определение информационных **ПОТОКОВ**, для которых требуется прокладывать пути.

2. Определение **маршрутов** для потоков


3. Сообщение о найденных маршрутах узлам сети

4. **Продвижение** – распознавание потоков и локальная коммутация на каждом транзитном узле

5. **Мультиплексирование** и **демультиплексирование** ПОТОКОВ



■ **Информационным потоком** (*data flow*, *data stream*) называют непрерывную последовательность байт (пакетов, кадров, ячеек), объединенных набором общих признаков, который выделяет его из общего сетевого трафика.

- 
- **Сообщение** - логически завершенная порция данных — запрос на передачу файла, ответ на этот запрос, содержащий весь файл, и т.п.
 - **Пакет** – единица передачи данных, размер которой никак не связан со смыслом передаваемой информации

Каждый пакет снабжается **заголовком**, в котором указывается

- адресная информация
- номер пакета, который будет использоваться узлом назначения для сборки сообщения

Коммутаторы имеют внутреннюю буферную память для временного хранения пакетов



■ Определение маршрутов

Критерии выбора:

- ⑩ номинальная пропускная способность;
- ⑩ загруженность каналов связи;
- ⑩ задержки, вносимые каналами;
- ⑩ количество промежуточных транзитных узлов;
- ⑩ надежность каналов и транзитных узлов.

Сложная задача прокладки единственного маршрута

Маршрут может определяться эмпирически («вручную») администратором сети.

Но чаще всего автоматически.

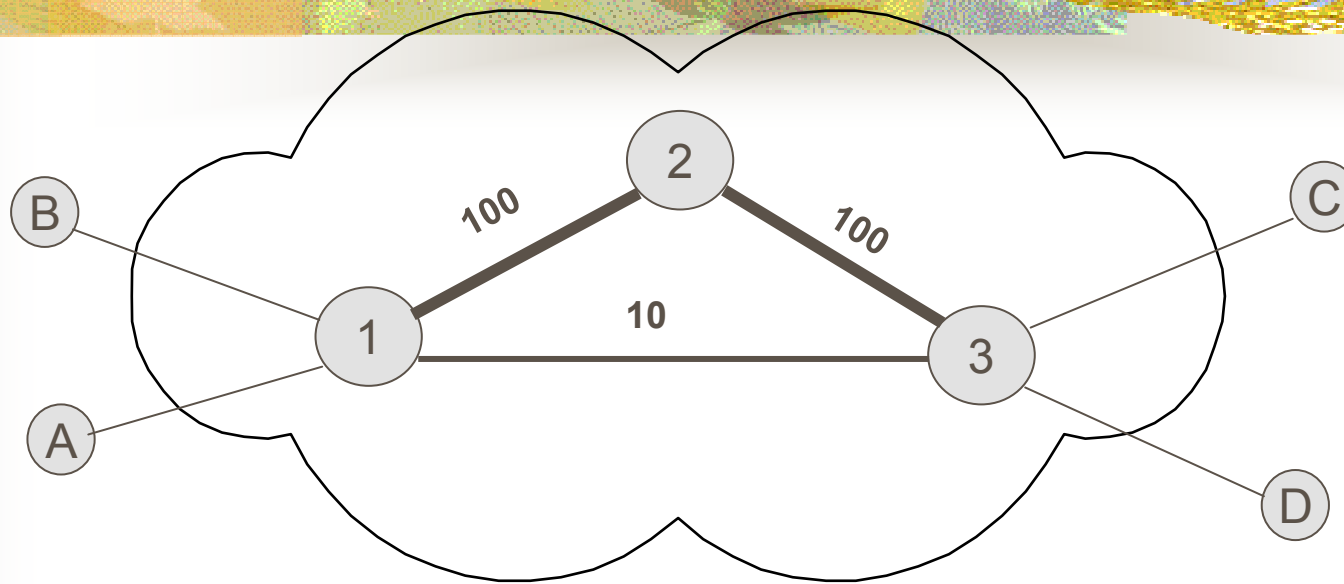
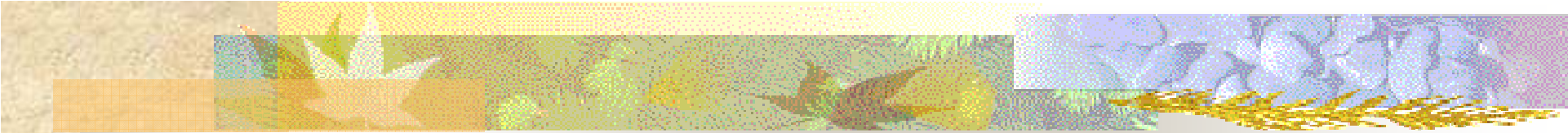


Рис. 2.13. Выбор маршрута



Оповещение сети о выбранном маршруте.

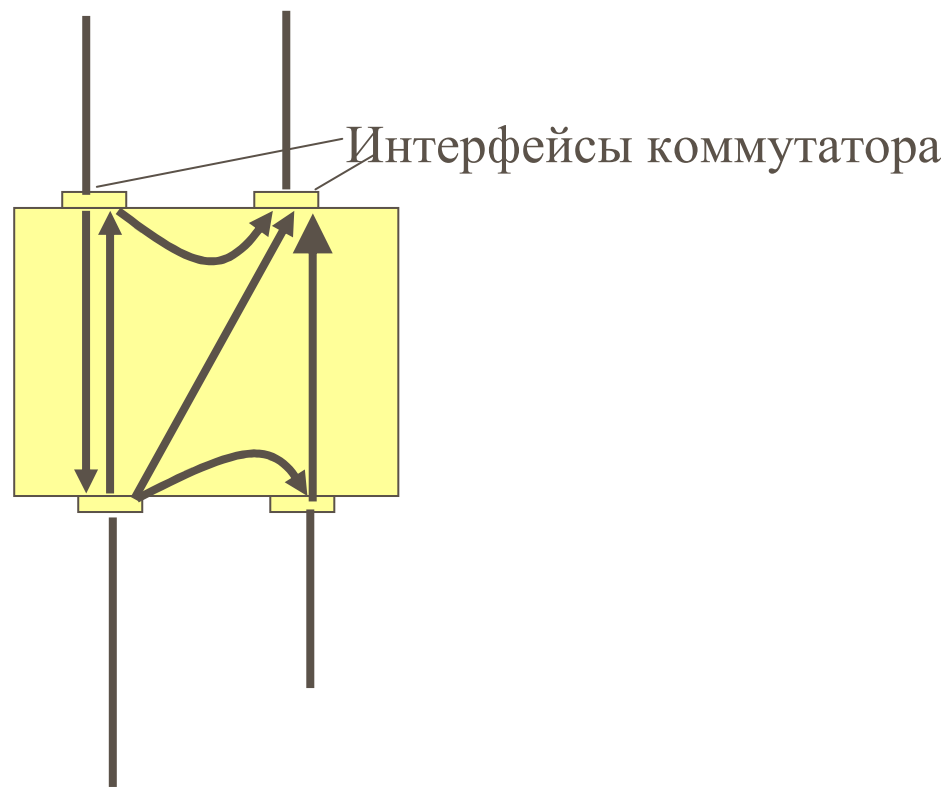
- Сообщение о маршруте: «если придут данные, относящиеся к потоку n , то нужно передать их на интерфейс F ».
- новая запись в *таблице коммутации*.



Продвижение – распознавание потоков и коммутация на каждом транзитном узле

Несколько локальных операций коммутации.

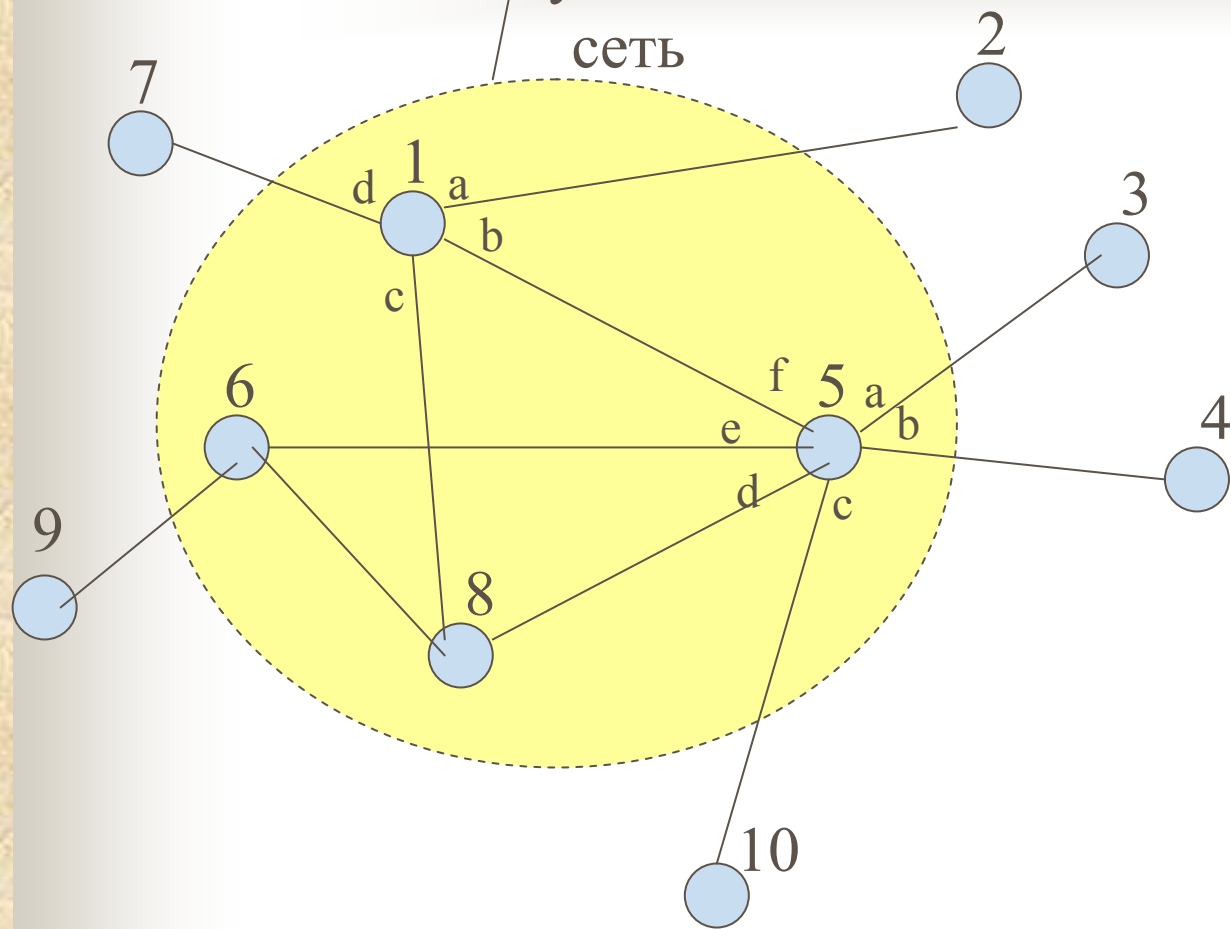
- *Коммутатором (switch)* в широком смысле называется устройство любого типа, способное выполнять операции переключения потока данных с одного интерфейса на другой.
- Коммутатором может быть как специализированное устройство, так и универсальный компьютер со встроенным программным механизмом коммутации.



Коммутатор

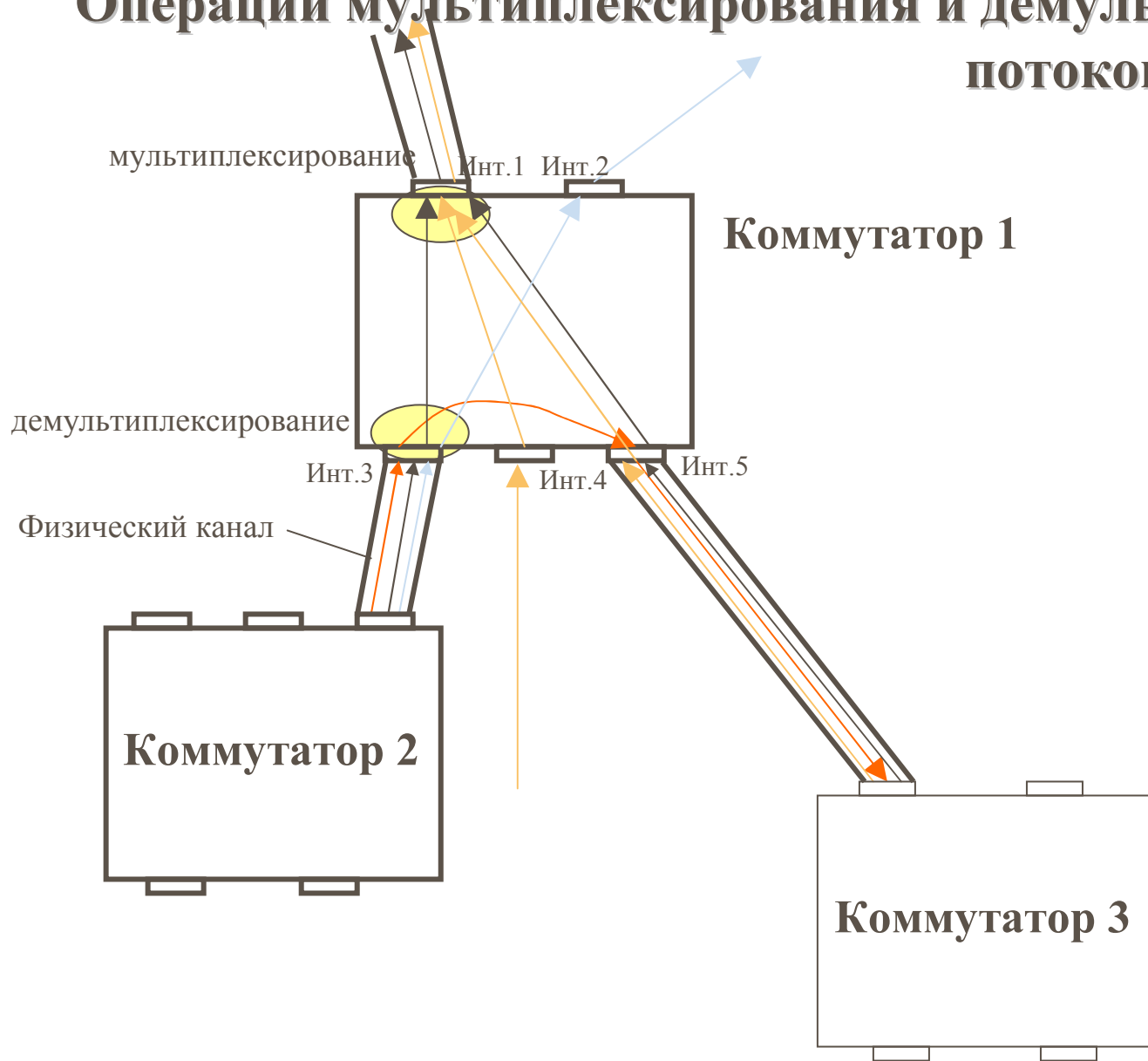
Коммутационная

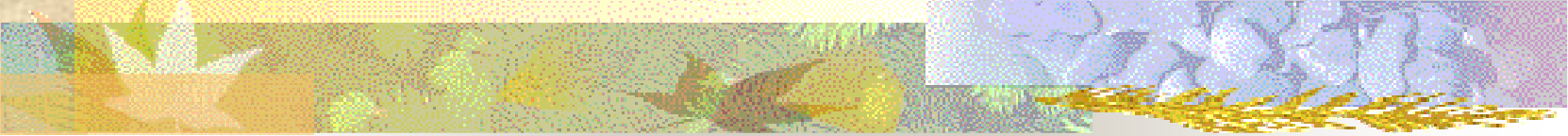
сеть



Коммутационная сеть

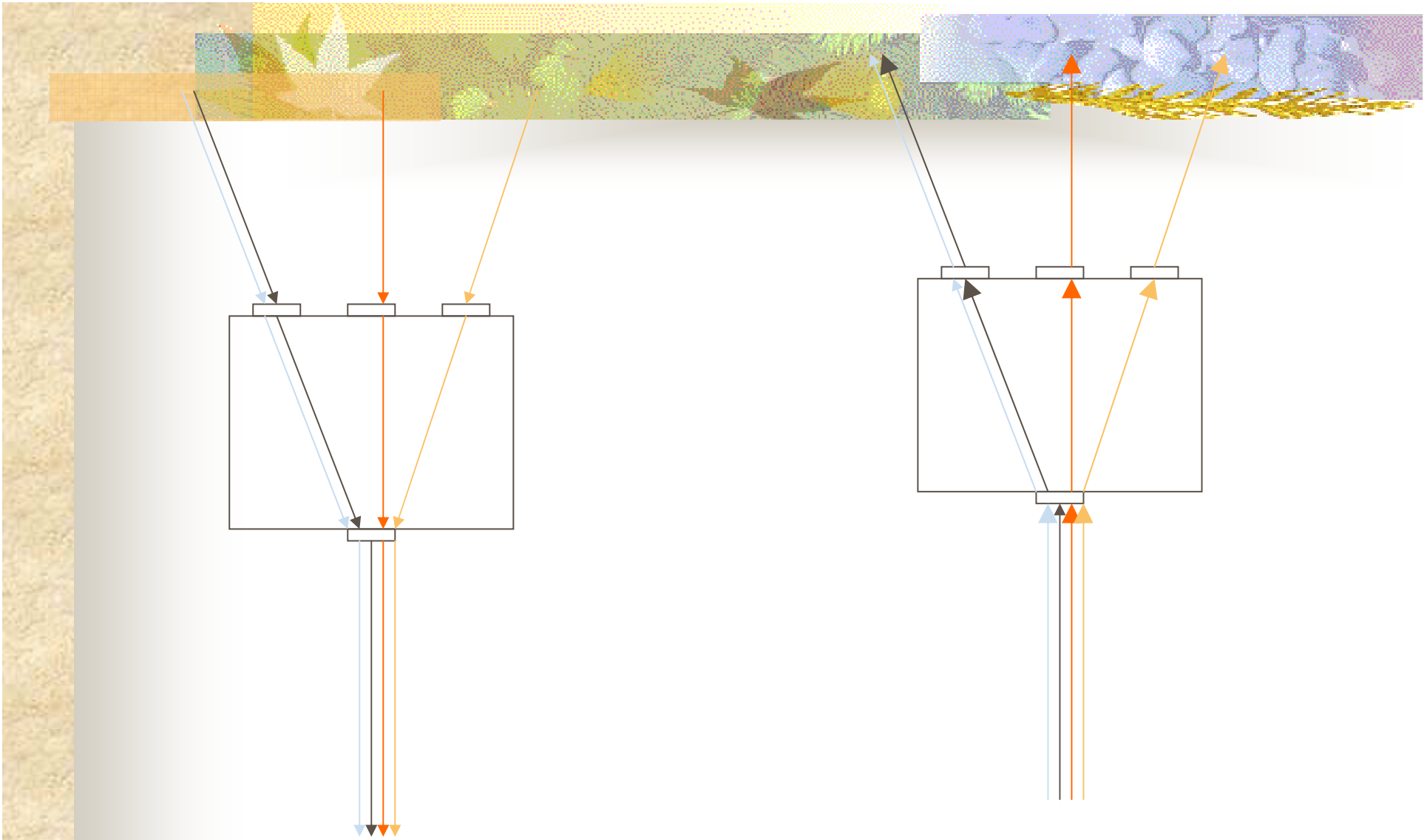
Операции мультиплексирования и демultipлексирования потоков при коммутации





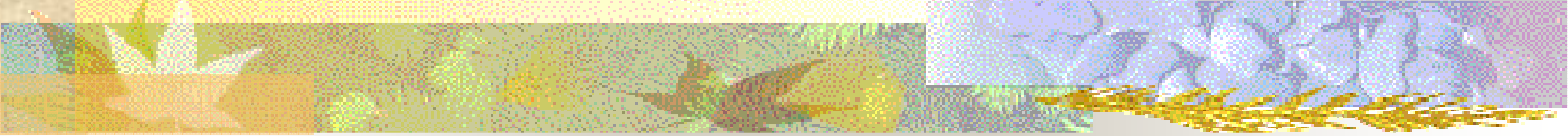
■ **Мультиплексирование** — способ обеспечения доступности имеющихся физических каналов одновременно **для нескольких сеансов связи** между абонентами сети.

■ (разделение времени или частотное разделение)



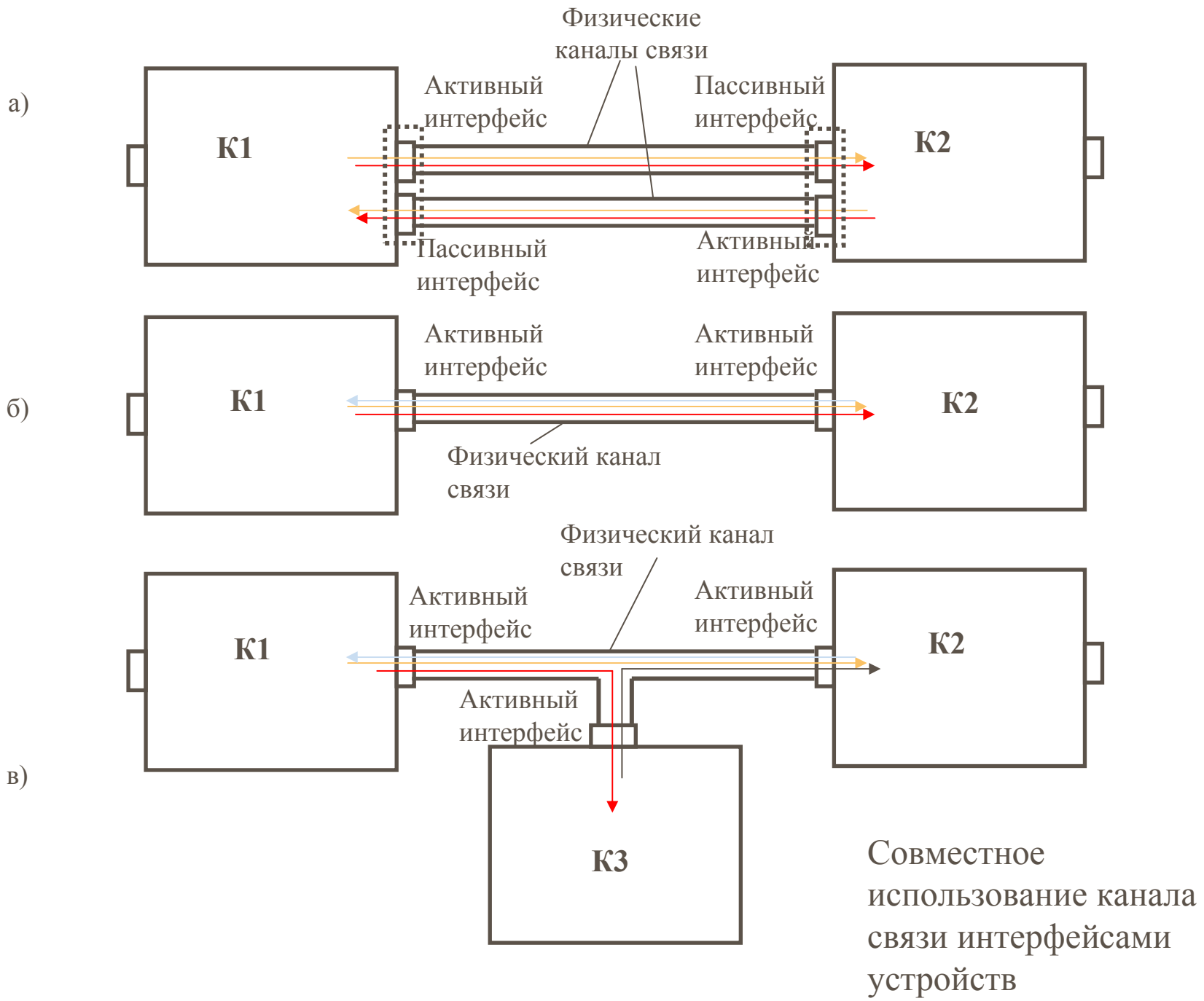
Мультиплексор

Демультплексор

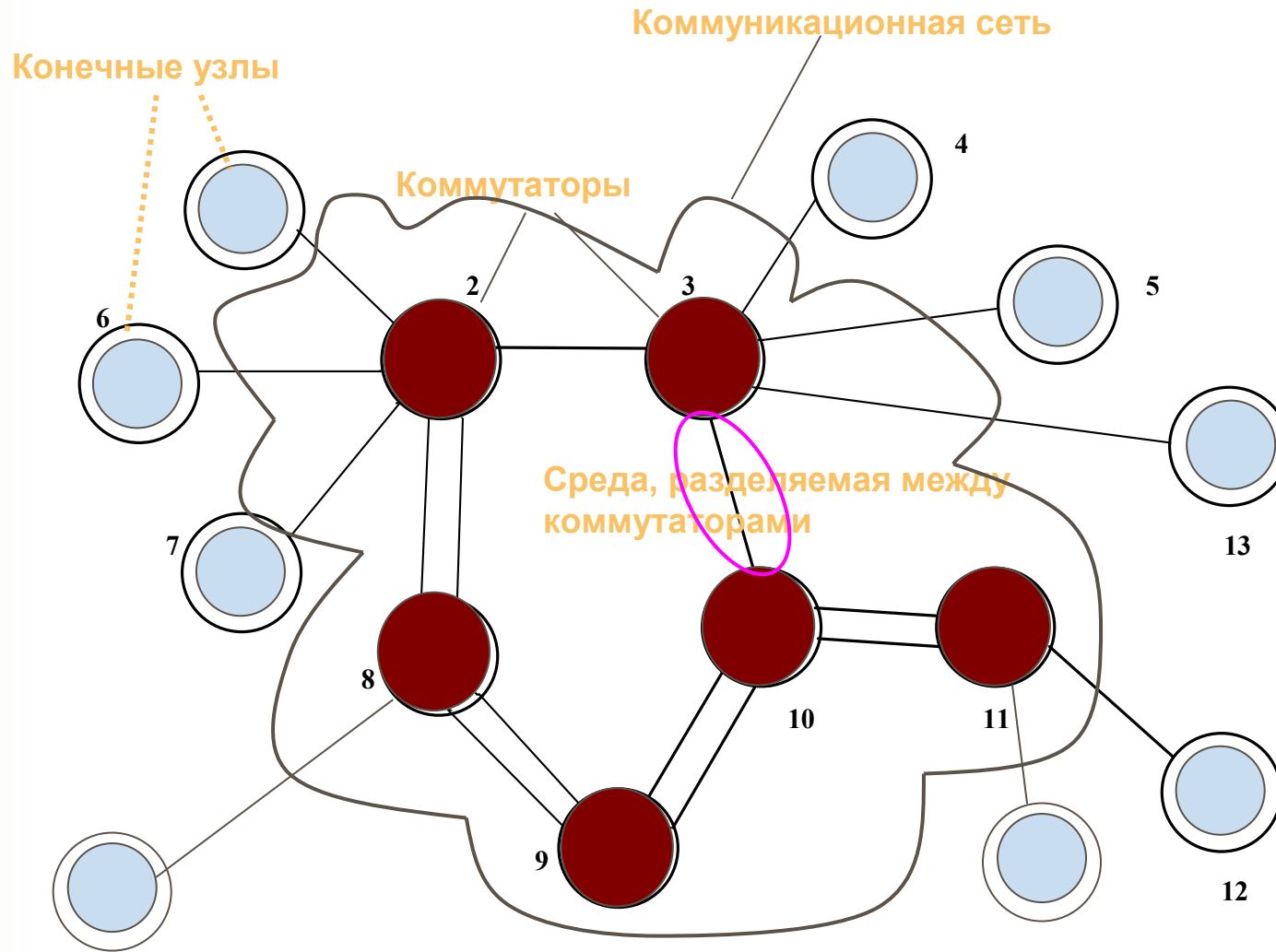


■ Совместно используемый **несколькими интерфейсами** физический канал называют **разделяемым (shared)**. Часто используется также термин разделяемая среда передачи данных — **shared media**.

■ Разделяемые каналы связи используются не только для связей типа коммутатор-коммутатор, но и для связей компьютер-коммутатор и компьютер-компьютер.



Принцип коммутации

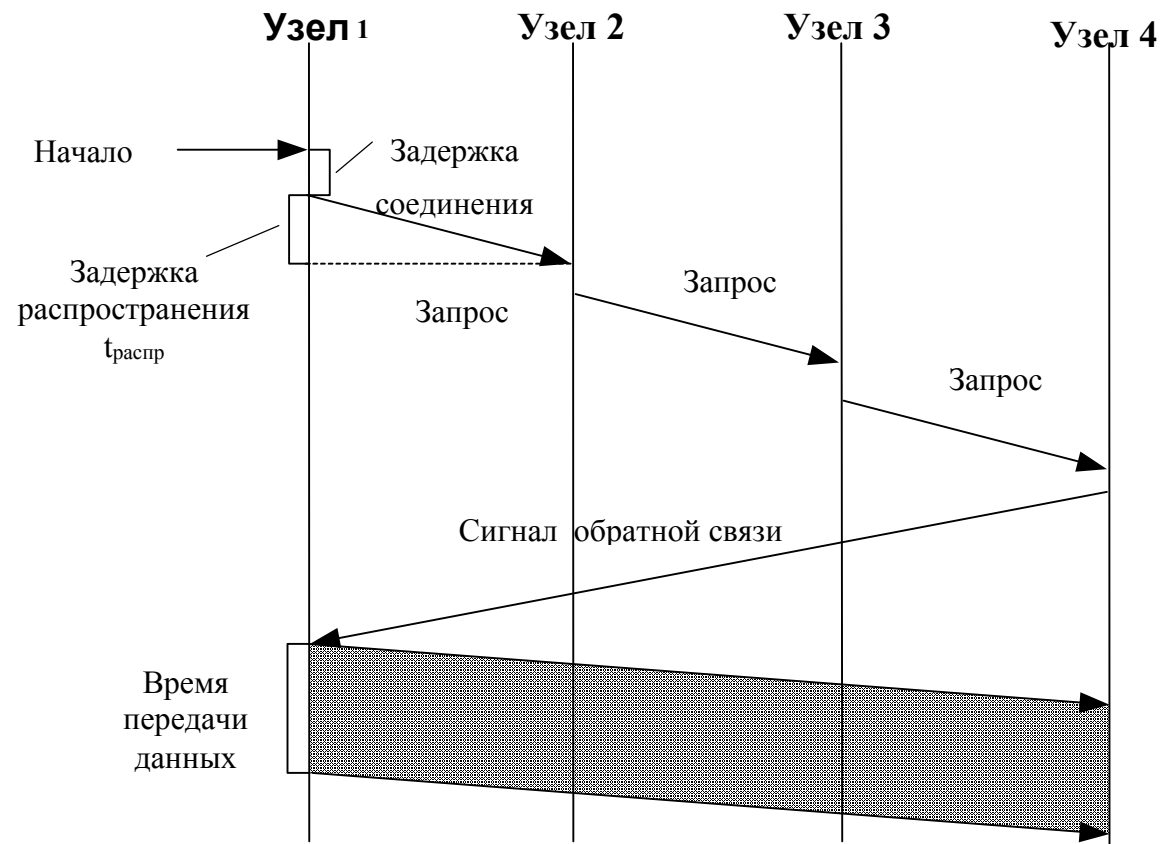




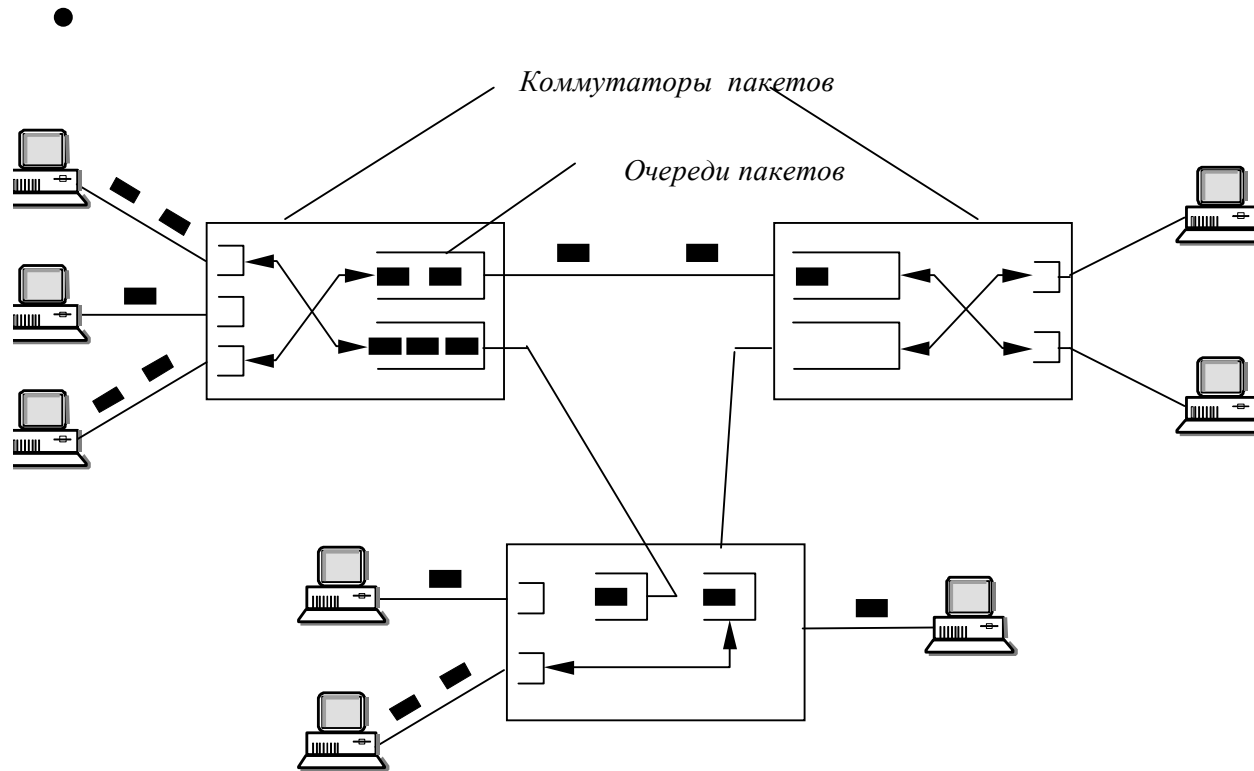
Методы коммутации в сетях

- коммутация **каналов** (*circuit switching*)
- коммутация **пакетов** (*packet switching*)
- коммутация **сообщений** (*message switching*)

Установление соединения в сетях с коммутацией каналов

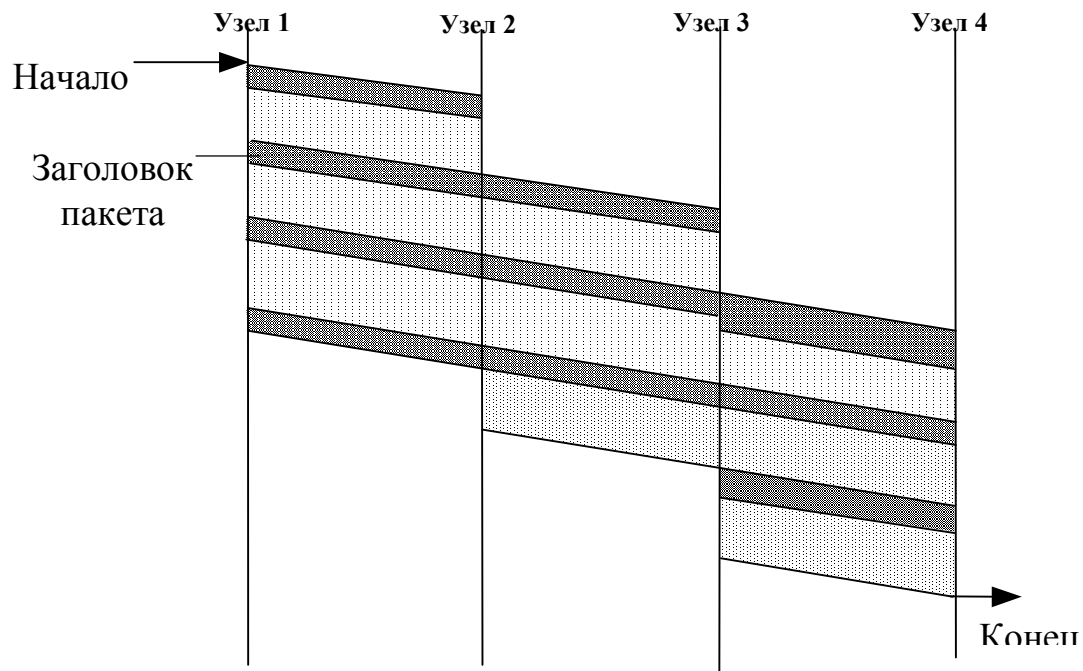
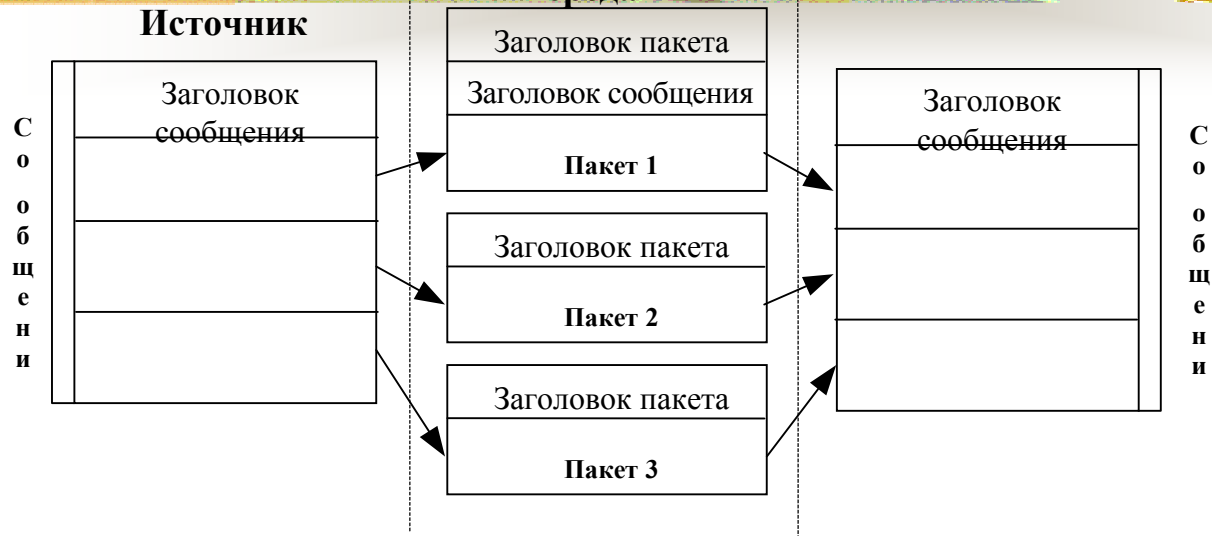


Техника коммутации пакетов



- Данные нарезаются порциями – пакетами , каждый из которых обрабатывается коммутаторами независимо
- Каждый пакет содержит адрес назначения и адрес отправителя
- Не требуется предварительной процедуры установления соединения

Сеть передачи



Сеть с коммутацией пакетов замедляет процесс взаимодействия конкретной пары абонентов, но повышает пропускную способность сети в целом

Задержки в источнике передачи

- время на передачу заголовков
- задержки, вызванные интервалами между передачей каждого следующего пакета

Задержки в каждом коммутаторе

- время буферизации пакета
- время коммутации, которое складывается из
 - времени ожидания пакета в очереди (переменная величина)
 - и времени перемещения пакета в выходной порт

Области применимости методов коммутации

Коммутация каналов применяется

для передачи трафика **с постоянной скоростью** и **чувствительного к задержкам**. Пример: речь

Недостатки - в случае временного не использования канала абонентами его пропускную способность нельзя отдать другим абонентам – отсутствует адресная информация в потоке данных

Коммутация пакетов применяется

для передачи пульсирующего трафика **с переменной скоростью** и **не чувствительного к задержкам**. Пример: передача текстовых документов, просмотр Web-страниц

Недостатки - нет гарантий пропускной способности, переменные задержки – сложно передавать потоковый трафик реального времени – речь, видео

Активное оборудование физического и канального уровней локальных сетей

- .. *Сетевые адаптеры* - обеспечивают сопряжение узлов сети (компьютеров) с линиями связи.
 - .. *Повторители* (repeaters) - работают на физическом уровне, улучшают физические характеристики сигналов, удлиняют связи в сети
 - .. *Концентраторы* (hubs) - центральными узлы обмена информацией между несколькими конечными станциями сети сегмента сети. Выполняют функции повторителя.
 - .. *Мосты* (bridges) - локализуют трафик внутри сегментов сетей. Передают пакет с порта на порт только тогда, когда MAC-адрес принадлежит этому порту
- Коммутаторы* (switching) *мосты* - осуществляют одновременную передачу пакетов между всеми парами портов по алгоритму моста



Основные функции сетевых адаптеров (Network Interface Card, NIC)

Передача кадра :

1. Прием кадра данных уровня LLC через межуровневый интерфейс вместе с адресной информацией уровня MAC.
2. Оформление кадра данных уровня MAC. Заполнение адресов приемника и источника, вычисление контрольной суммы.
3. Формирование символов кодов при использовании избыточных кодов типа 4B/5B. Скремблирование.
4. Выдача сигналов в кабель в соответствии с принятым линейным кодом — манчестерским, NRZI, MLT-3.

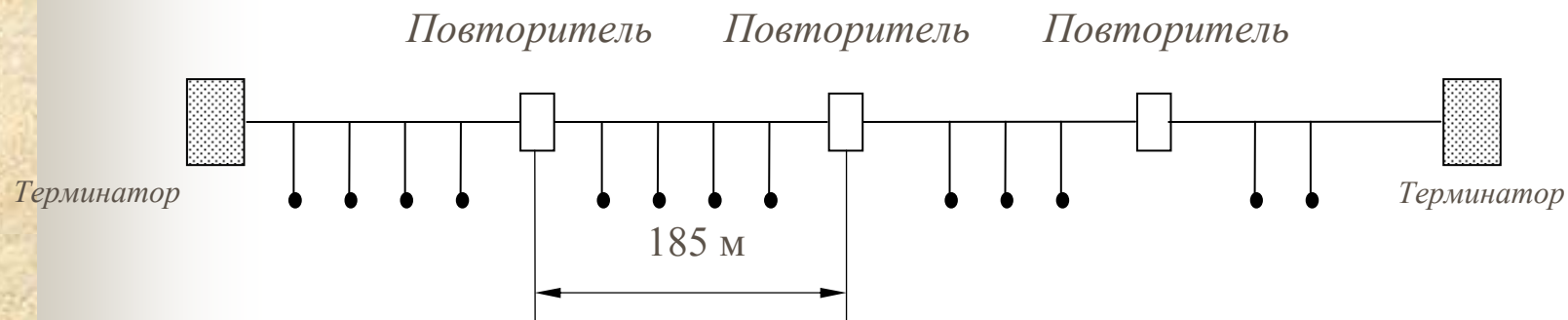
Прием кадра:

1. Прием из кабеля сигналов.
2. Выделение сигналов на фоне шума. Дескремблирование.
3. Проверка контрольной суммы.
4. Из MAC-кадра извлекается LLC-кадр и передается через межуровневый интерфейс вверх, протоколу LLC.

Средства физической структуризации

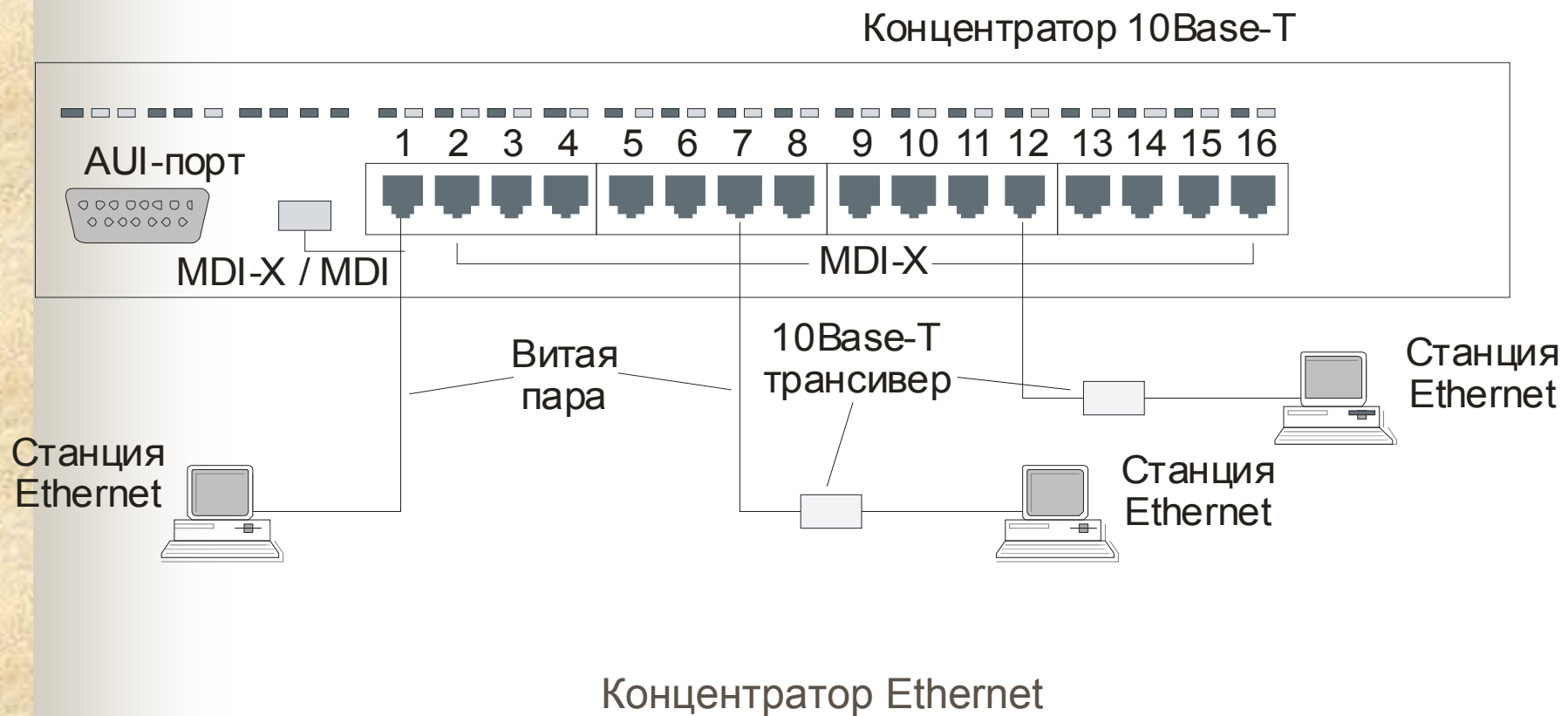
Повторитель (repeater) -

улучшает сигнал, позволяет увеличить расстояние между станциями

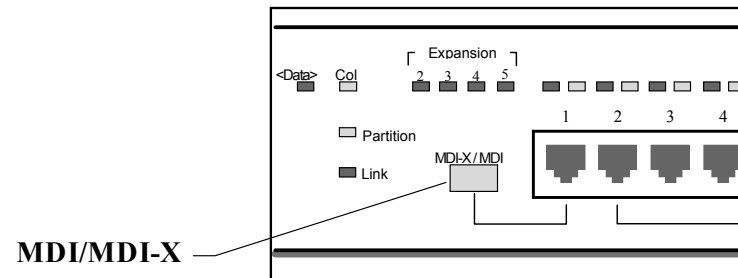
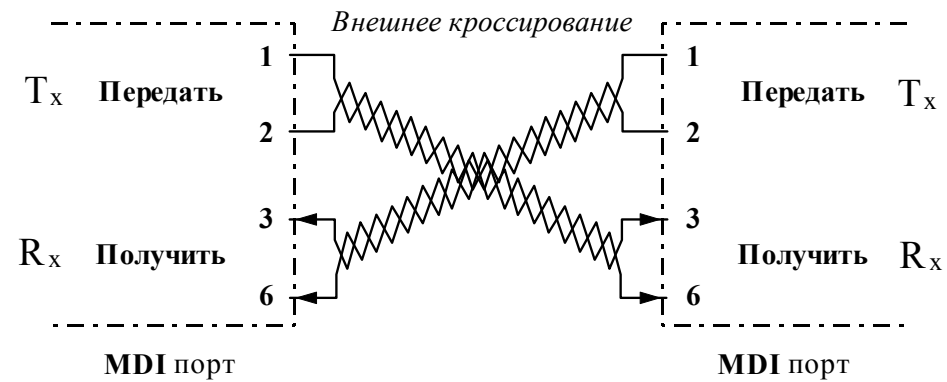
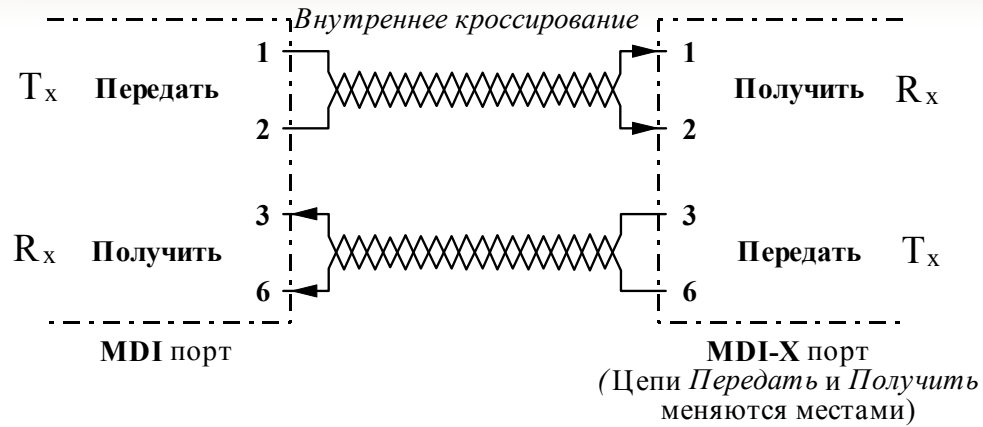


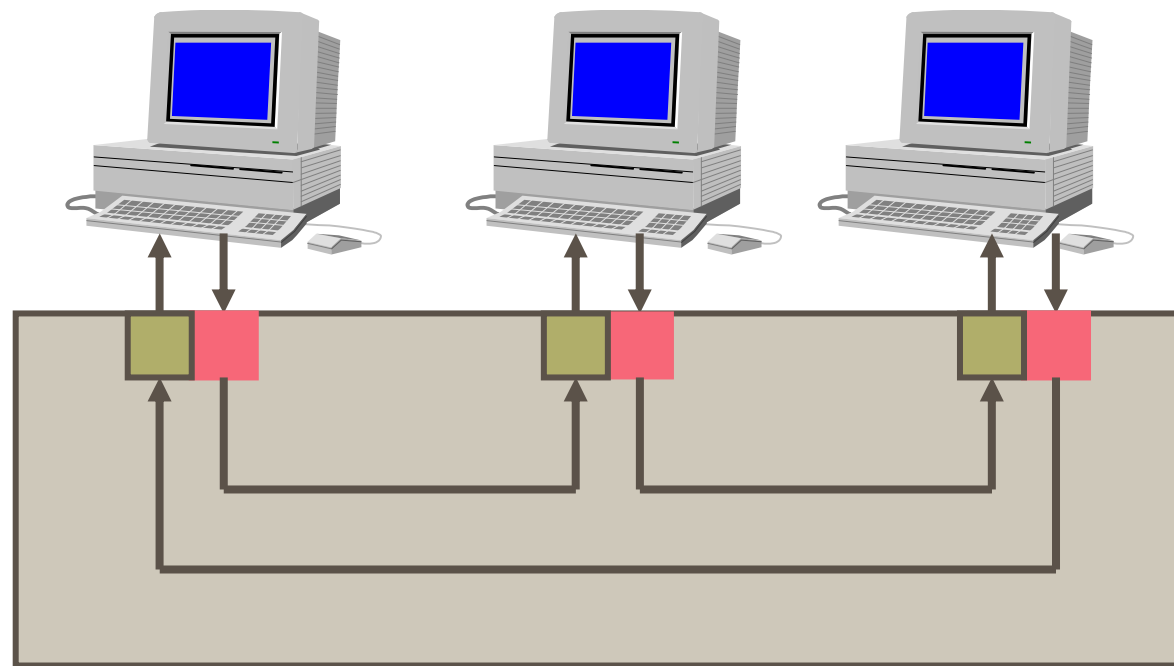
Концентратор (hub, concentrator)-

■ многопортовый повторитель, повторяет сигнал, улучшая его, на всех остальных портах, либо на следующем порту



Соединение концентраторов





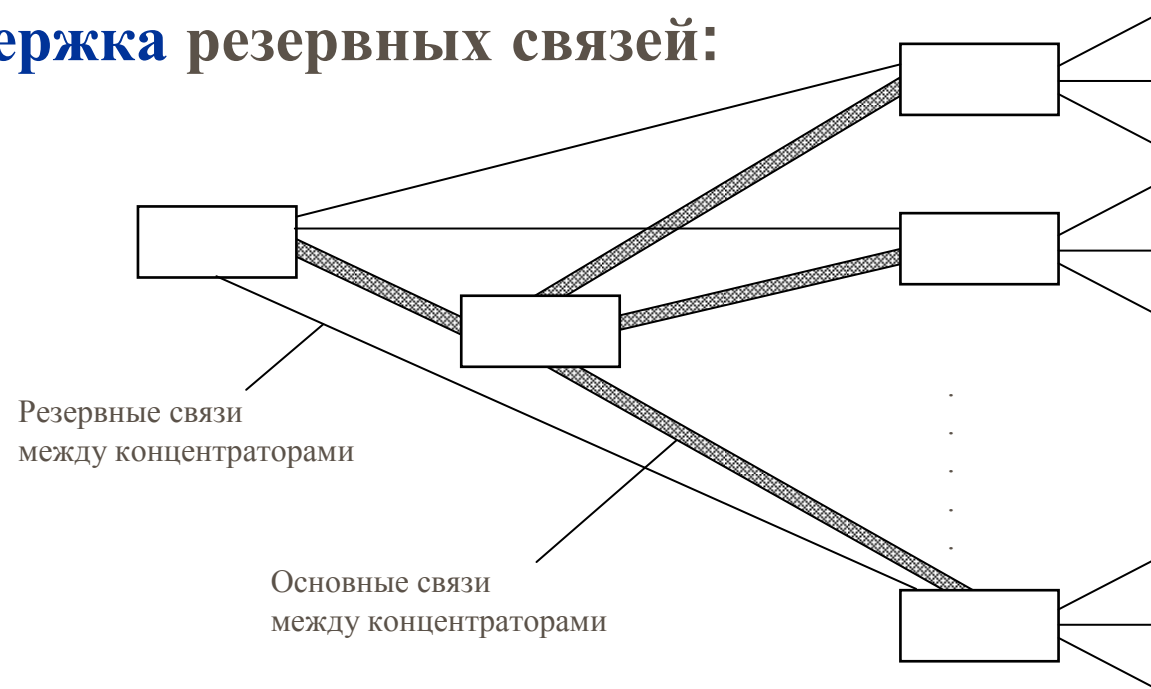
■ Концентратор Token Ring

Дополнительные функции концентраторов

Автосегментация (partitioning) - отключение порта при повреждении кабеля данного сегмента или других ошибочных ситуациях

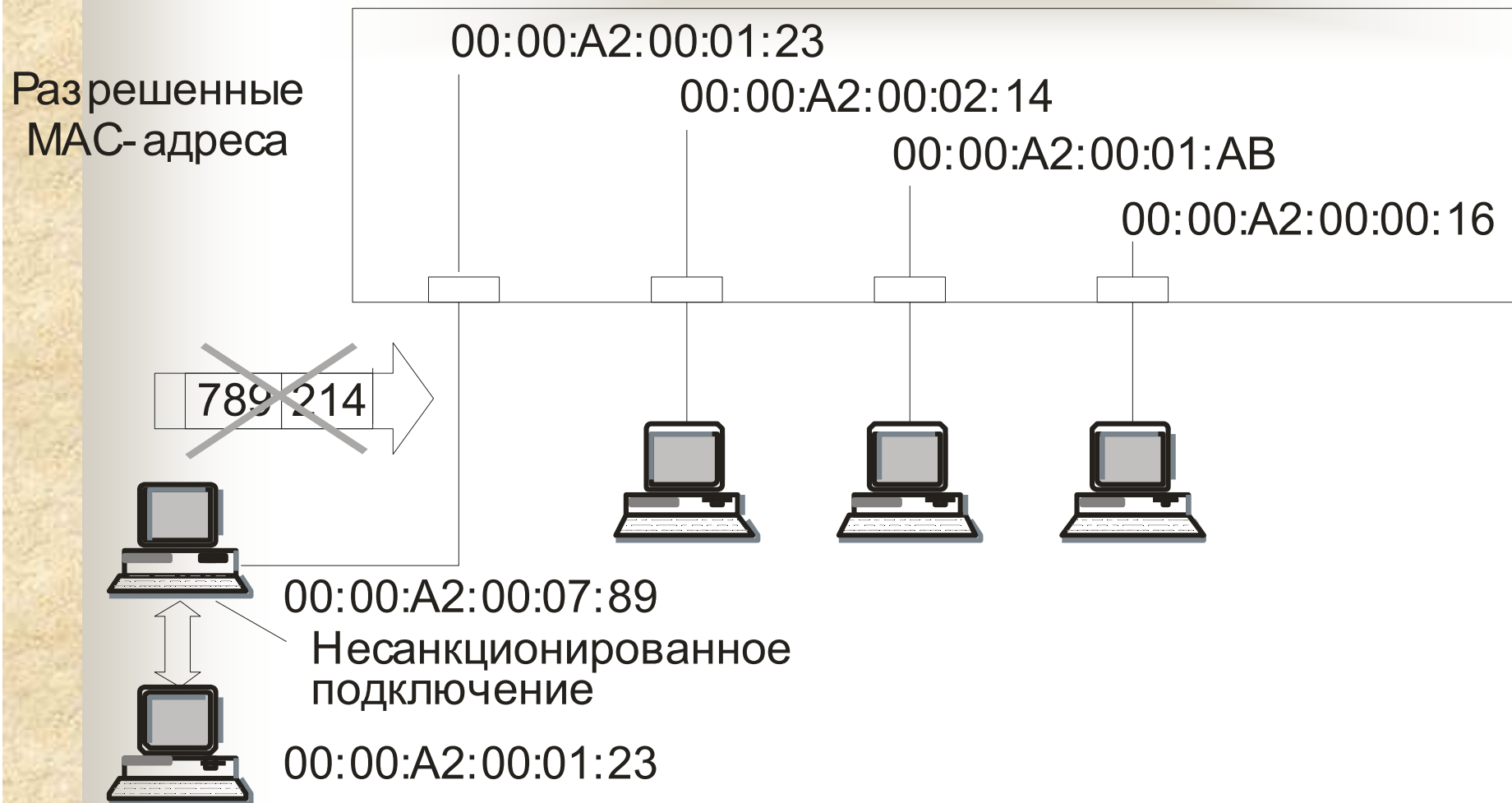
Защита от несанкционированного доступа.

Поддержка резервных связей:



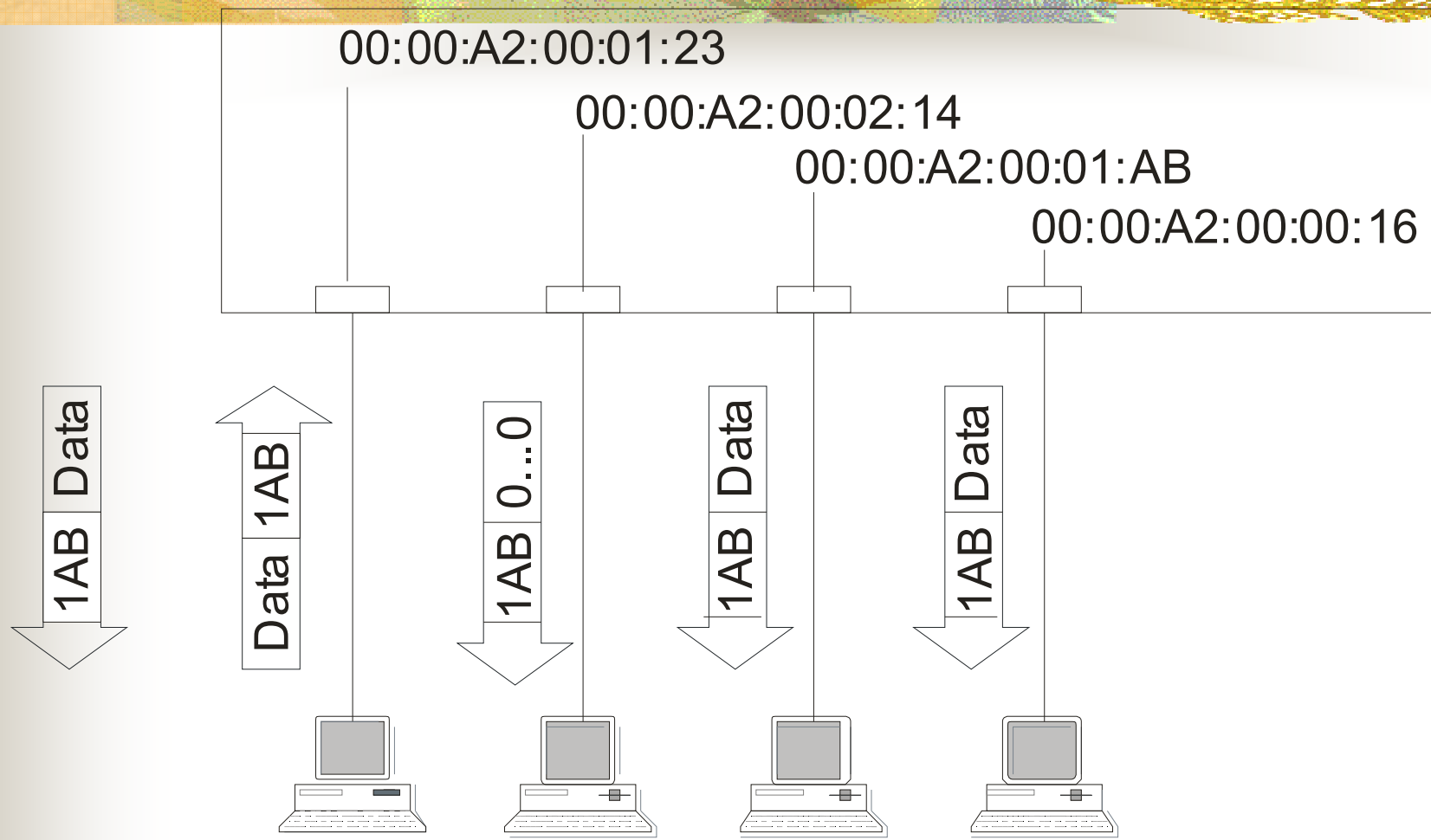
Защита от несанкционированного доступа.

Повторитель



Изоляция портов: передача кадров только от станций с фиксированными адресами

Повторитель



Искажение поля данных в кадрах, не предназначенных для приема станциями

Конструктивы коммуникационных устройств

Стек устройств

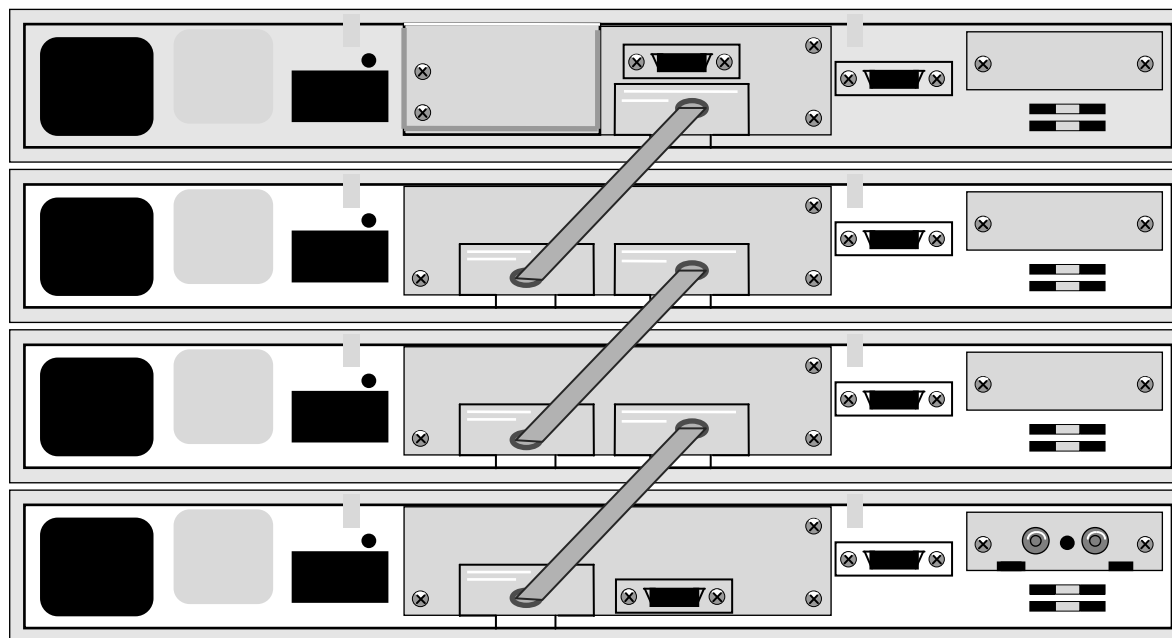


Шасси

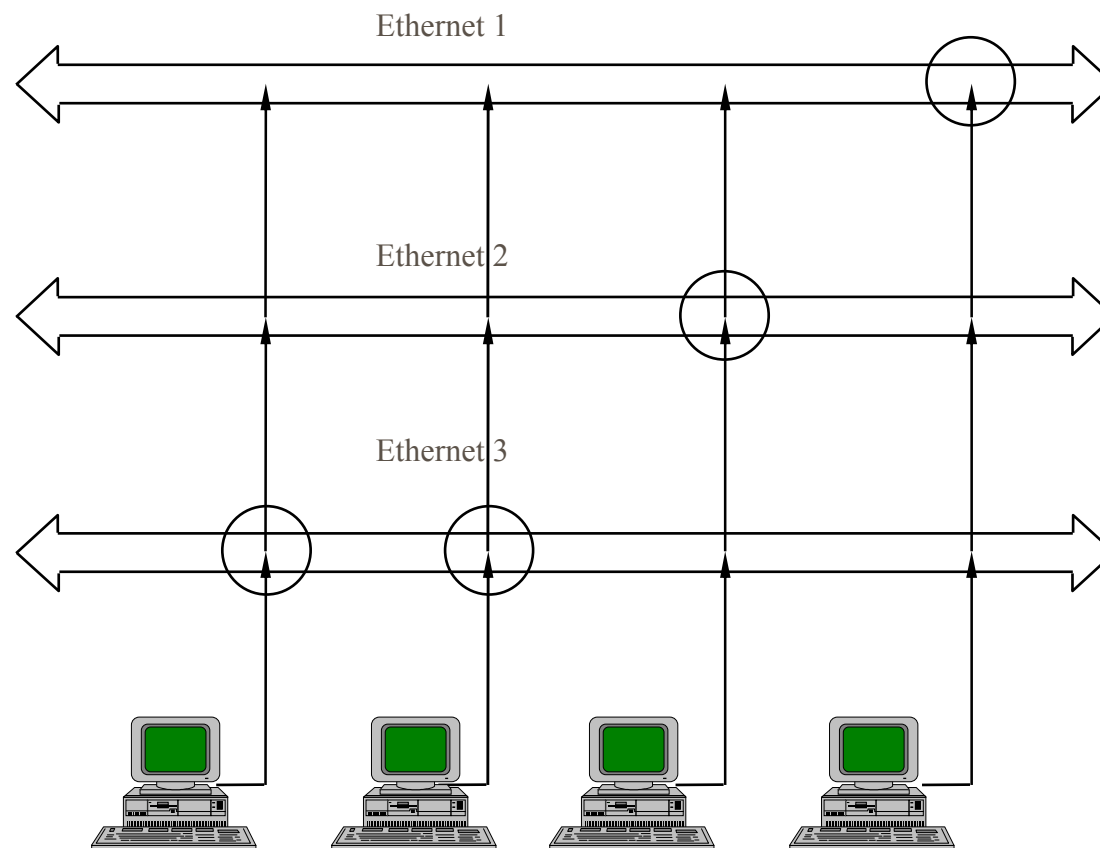


С фиксированным набором портов (Standalone)

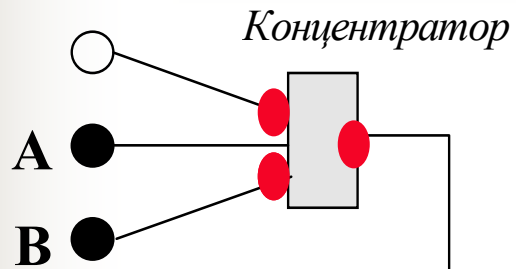
Стековые концентраторы



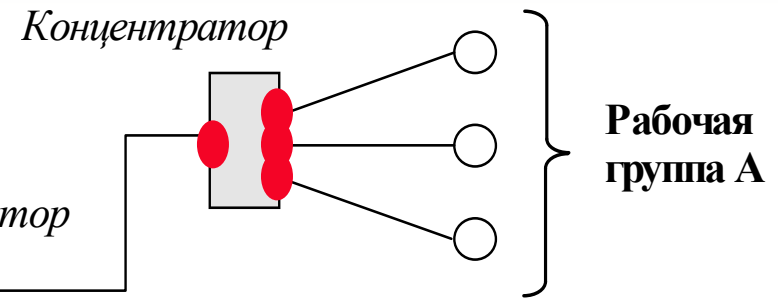
Многоsegmentные концентраторы



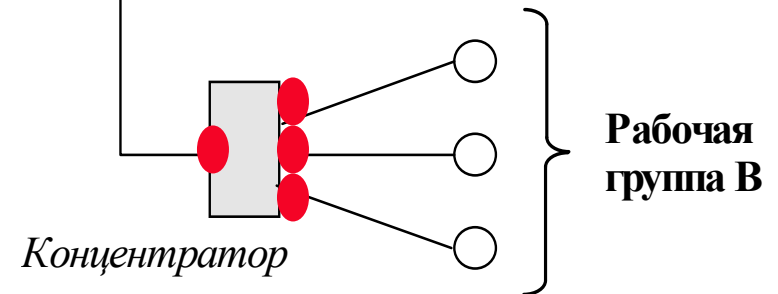
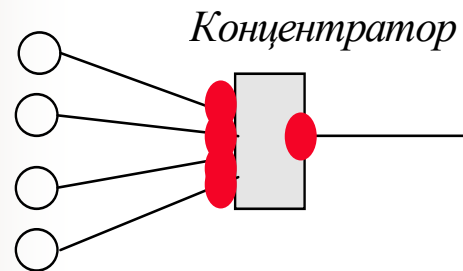
Отдел 1



Отдел 3



Отдел 2



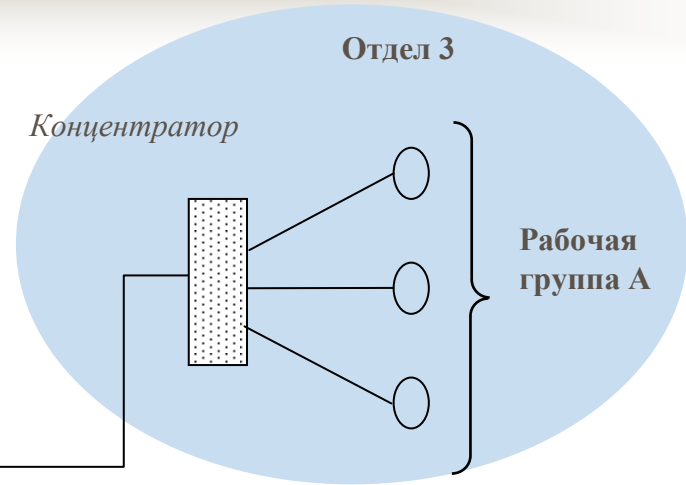
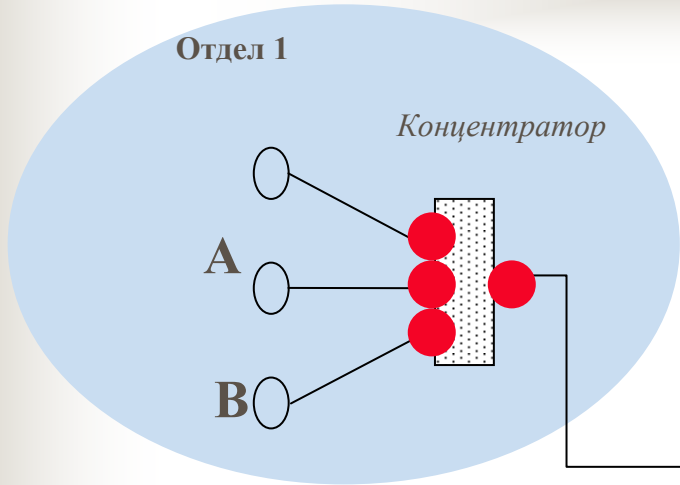
■ В результате физической структуризации логическая структура не изменилась



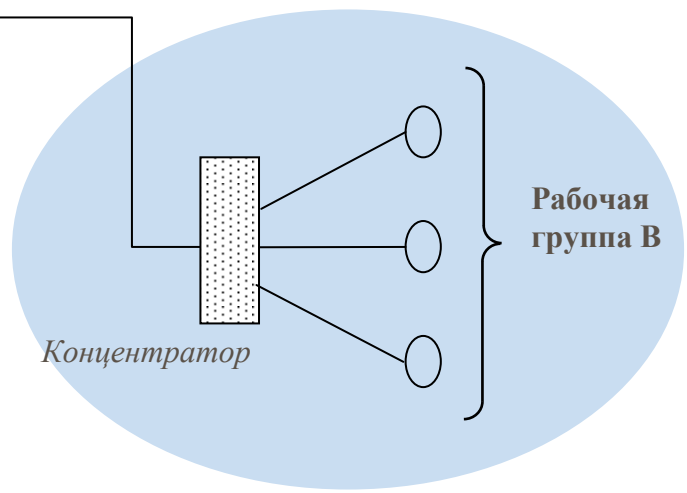
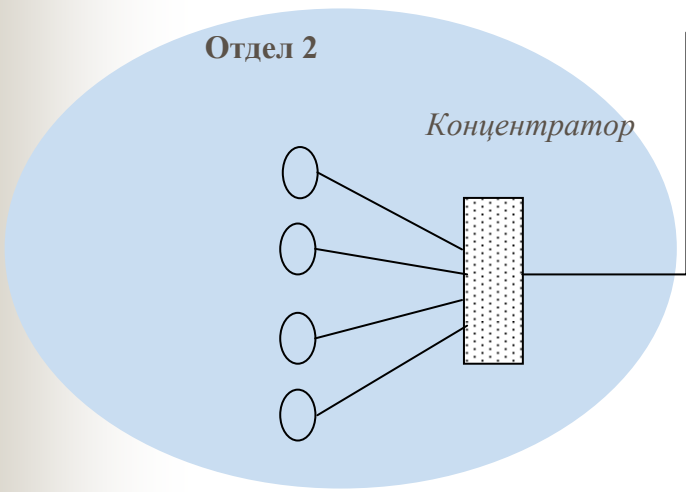
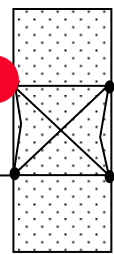
Средства логической структуризации

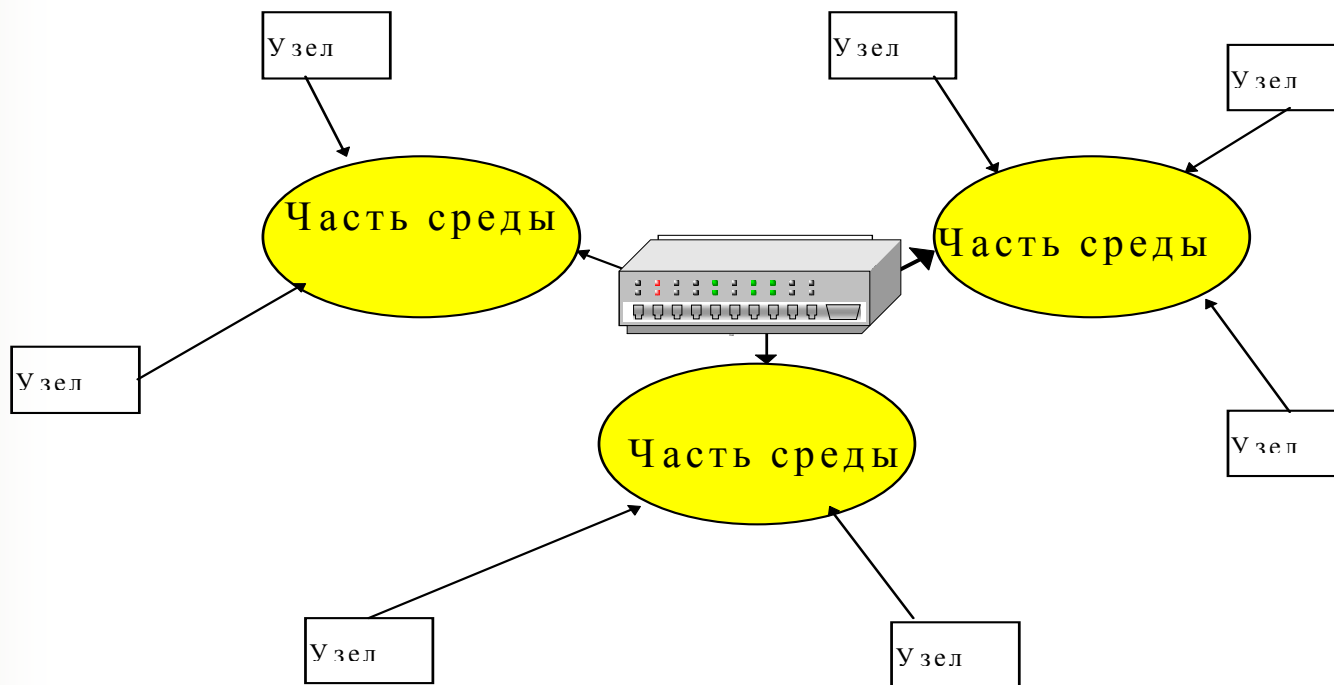
■ Мост (bridge, switch)

изолирует трафик одной части сети от другой,
анализирует адрес пакета и
передает его на соответствующий порт



Мост







Коммутатор (switch)

Функционально подобен мосту, но обрабатывает кадры в **параллельном** режиме

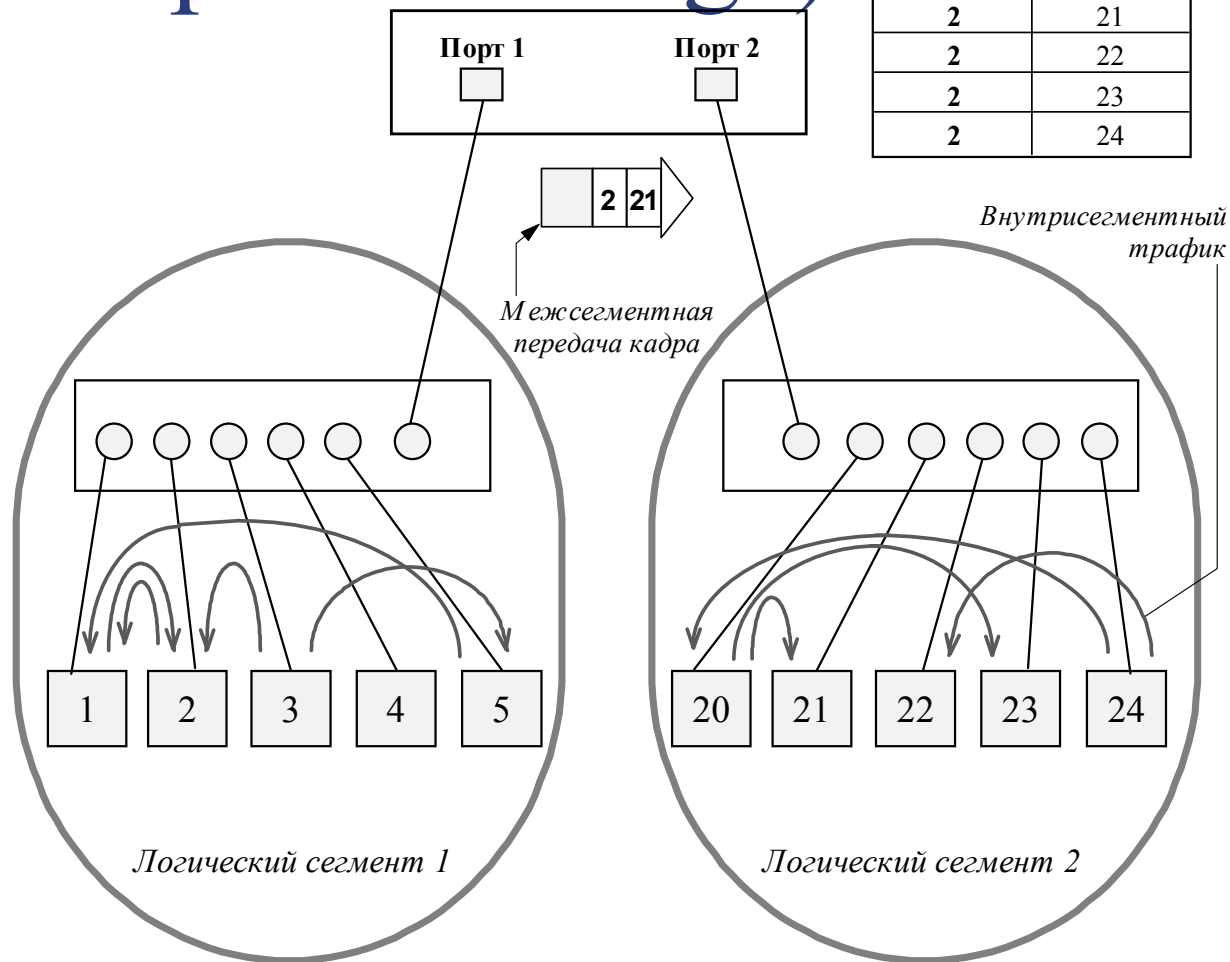


Мосты и коммутаторы 2-го уровня

- Позволяют логически структурировать сеть на сегменты с локализацией трафика
- Работают на канальном уровне – поддержка любых протоколов сетевого уровня (IP, IPX)
- Только древовидная топология сети

Мосты (transparent bridge)

Порт	Адрес
1	1
1	2
1	3
1	4
1	5
2	20
2	21
2	22
2	23
2	24



Структура моста

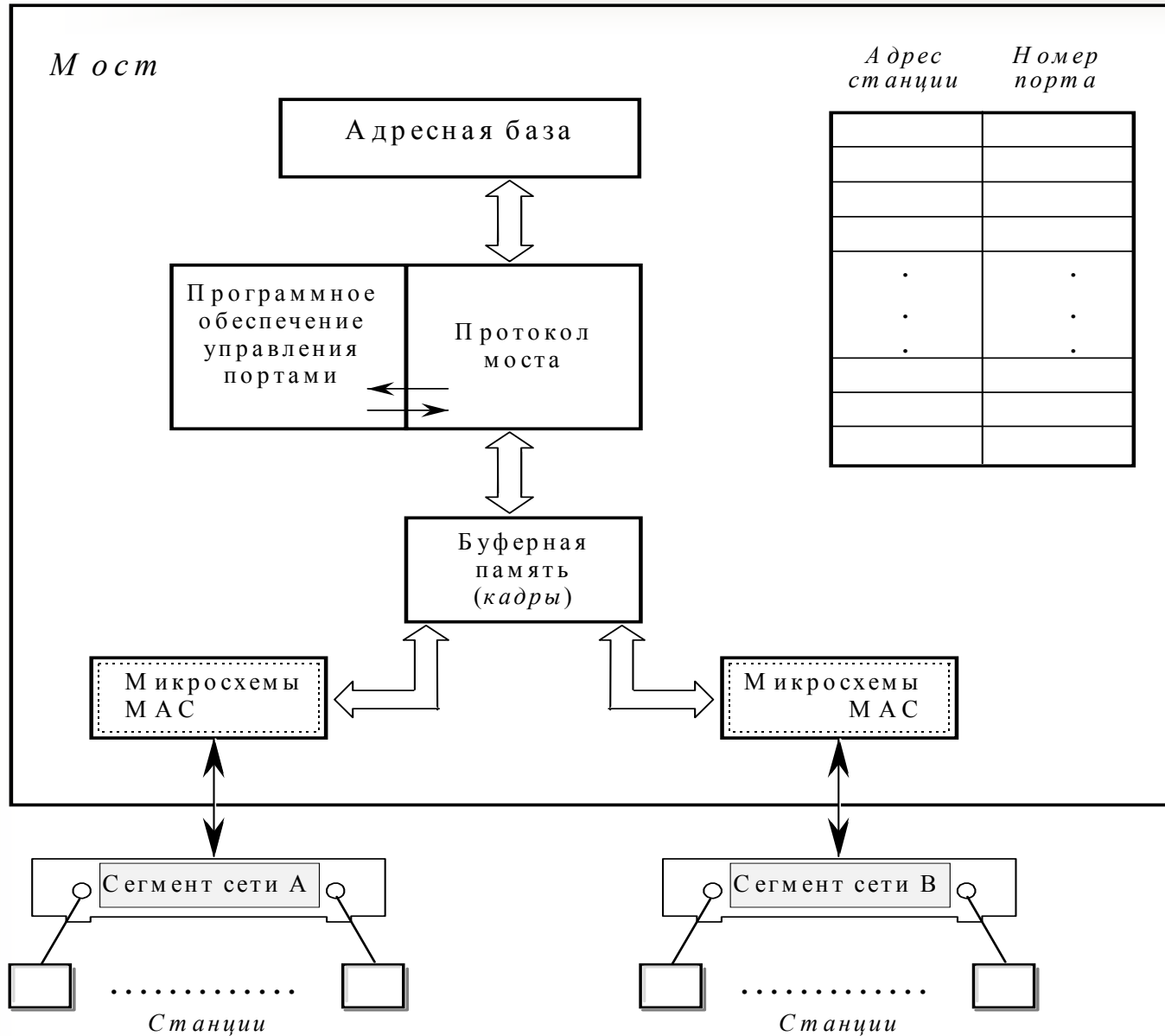


Таблица моста

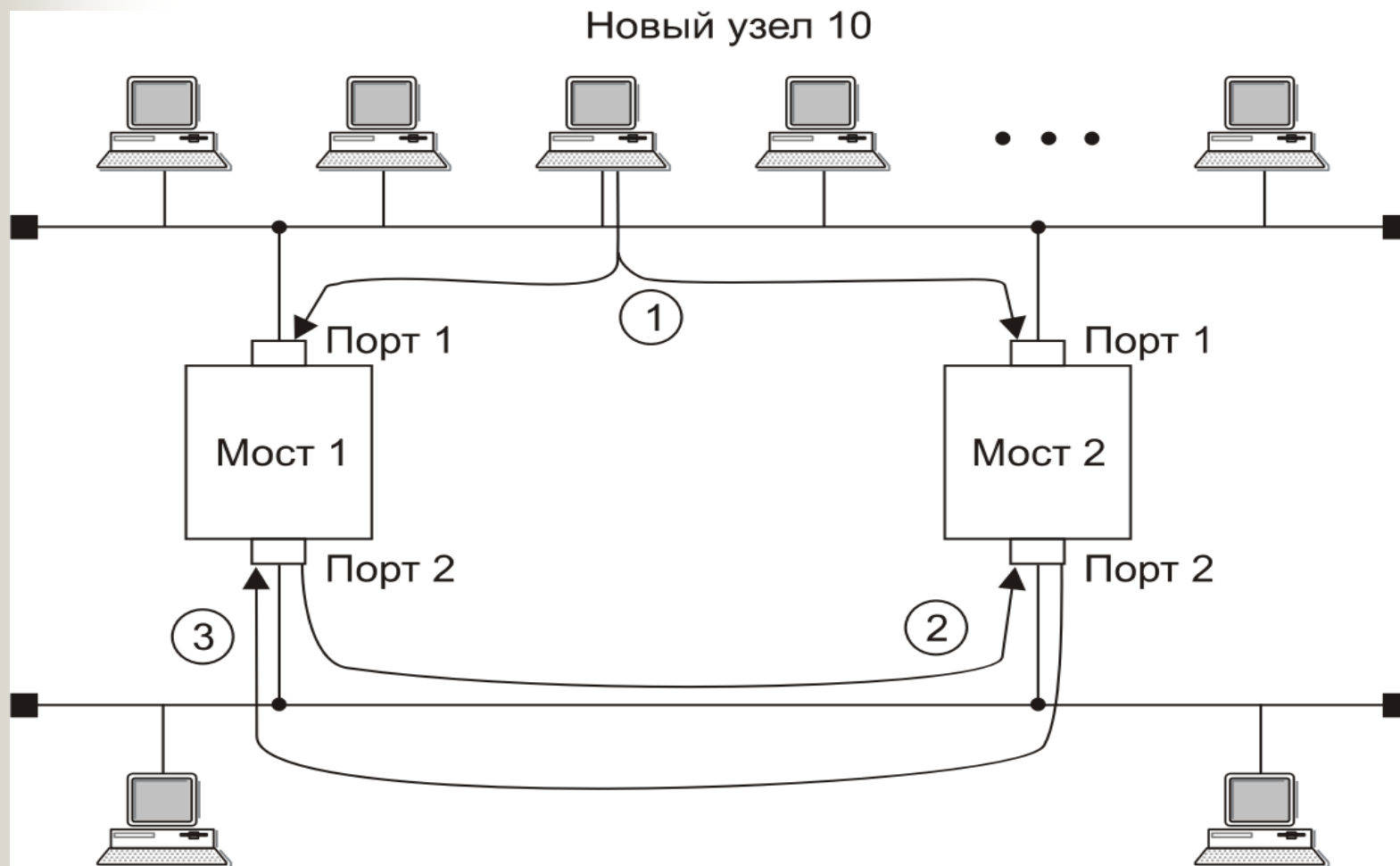
Forwarding Table						Page 1 of 1
Address	Disp	Address	Disp	Address	Disp	
00608CB17E58	LAN B	0000810298D6	LAN A	02070188ACA	LAN A	
00008101C4DF	LAN B	+ 000081016A52	LAN A	* 010081000100	Flood	
* 010081000101	Discard	* 0180C2000000	Discard	* 000081FFD166	Flood	

*Статус адреса
Система не научилась
понимать, что это за адрес*

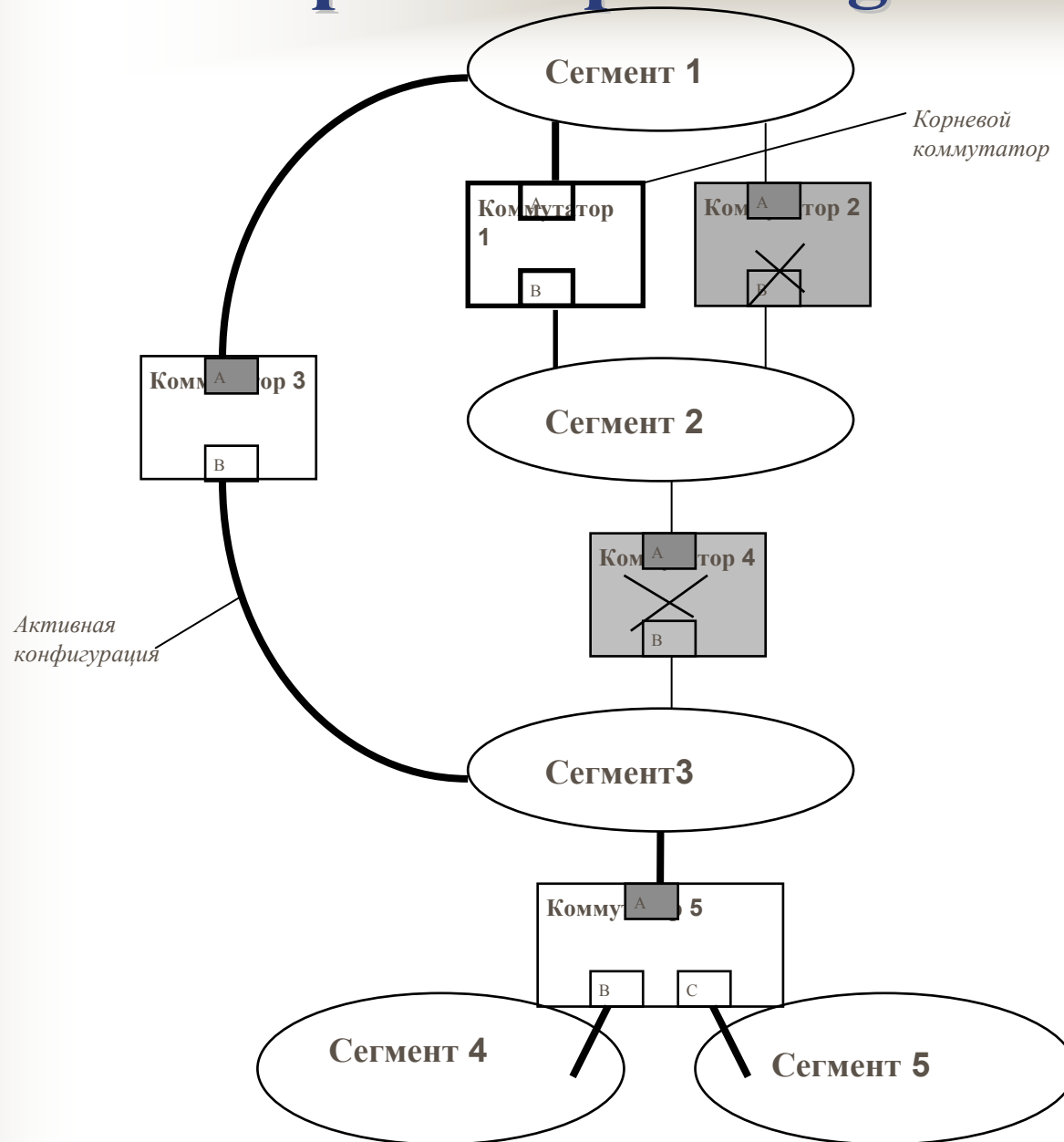
Exit Next Page Prev Page Edit Table Search Item Go Page

+ Unlearned * Static Total Entries = 9 Static Entries = 4
Use cursor keys to choose option. Press <RETURN> to select.
Press <CTRL> <P> to return to Main Menu

Влияние замкнутых маршрутов на работу моста



Алгоритм Spanning Tree



Характеристики моста

Главные характеристики моста типа Transparent:

- Количество портов и типы интерфейсов
- Размер внутренней адресной таблицы (обычно 500 - 8000)
- Скорость фильтрации пакетов (filtering)
- Скорость передачи пакетов на другой порт (forwarding)
- Размер буфера кадров

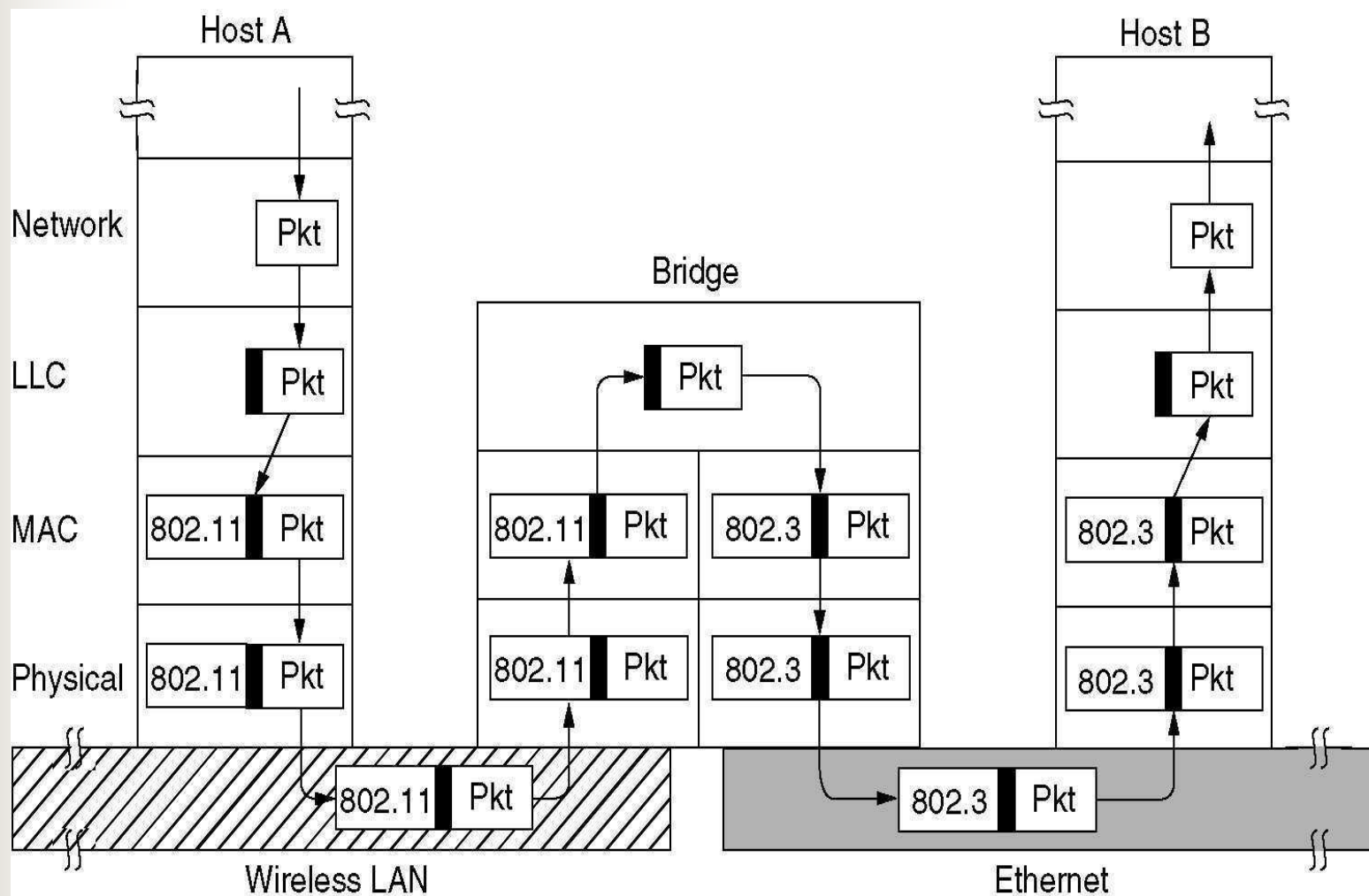
Для быстродействующих мостов **Ethernet - Ethernet** эти скорости приближаются к максимально возможной - 14880 к/с

Для моста **Fast Ethernet - Fast Ethernet** максимальная скорость ~148800 к/с

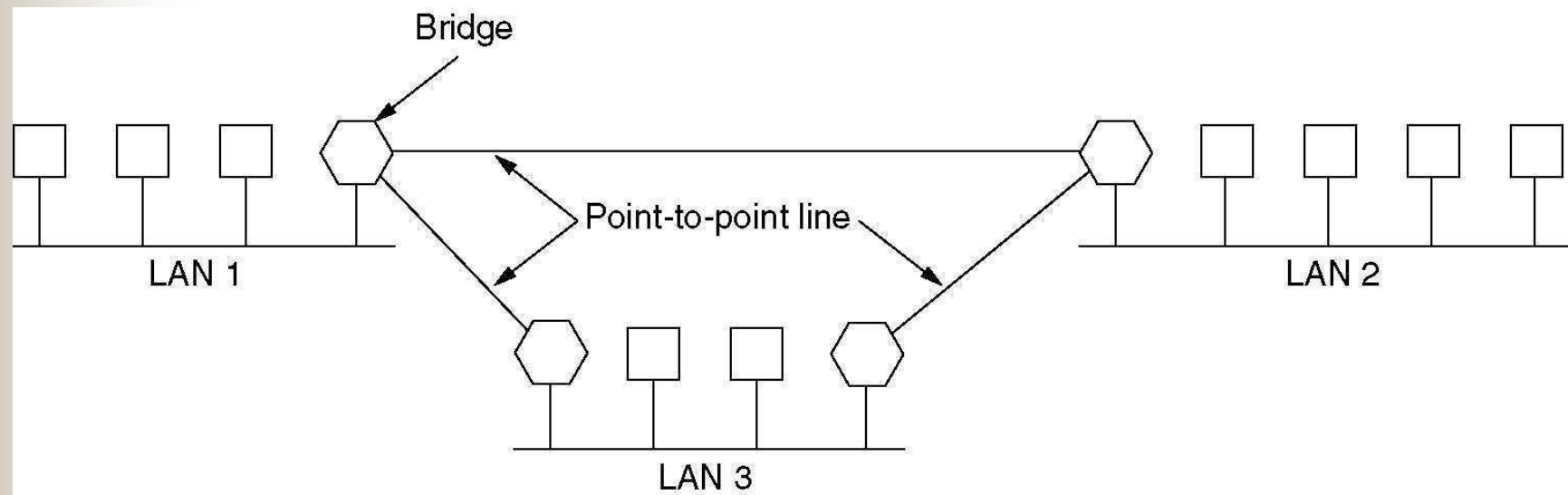
Дополнительные функции моста

- Поддержка алгоритма **Spanning Tree (STA)** - резервные связи
- Соединение сетей с различными протоколами канального уровня (например **Ethernet - Token Ring**)
- Поддержка алгоритма маршрутизации от источника (**Source Routing Bridge**)
- Управляемость
- Установка пользовательских фильтров

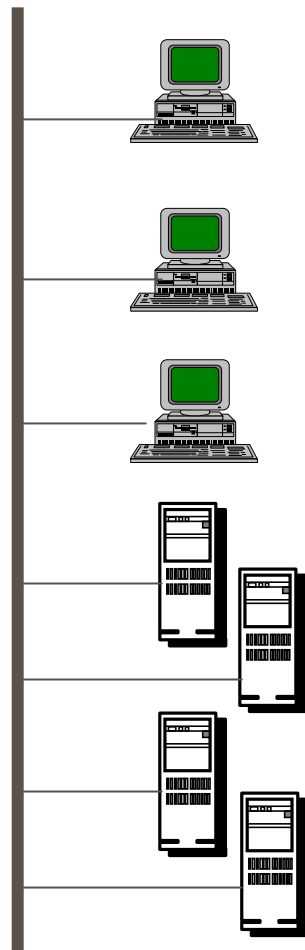
Транслирующие мосты



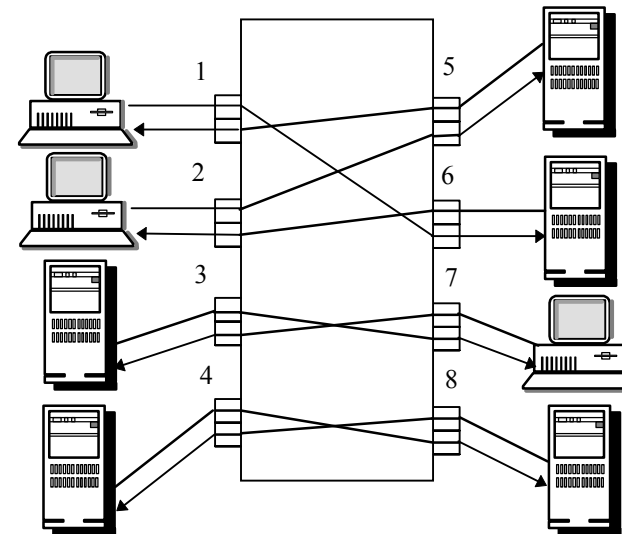
Удаленные мосты



Коммутаторы локальных сетей



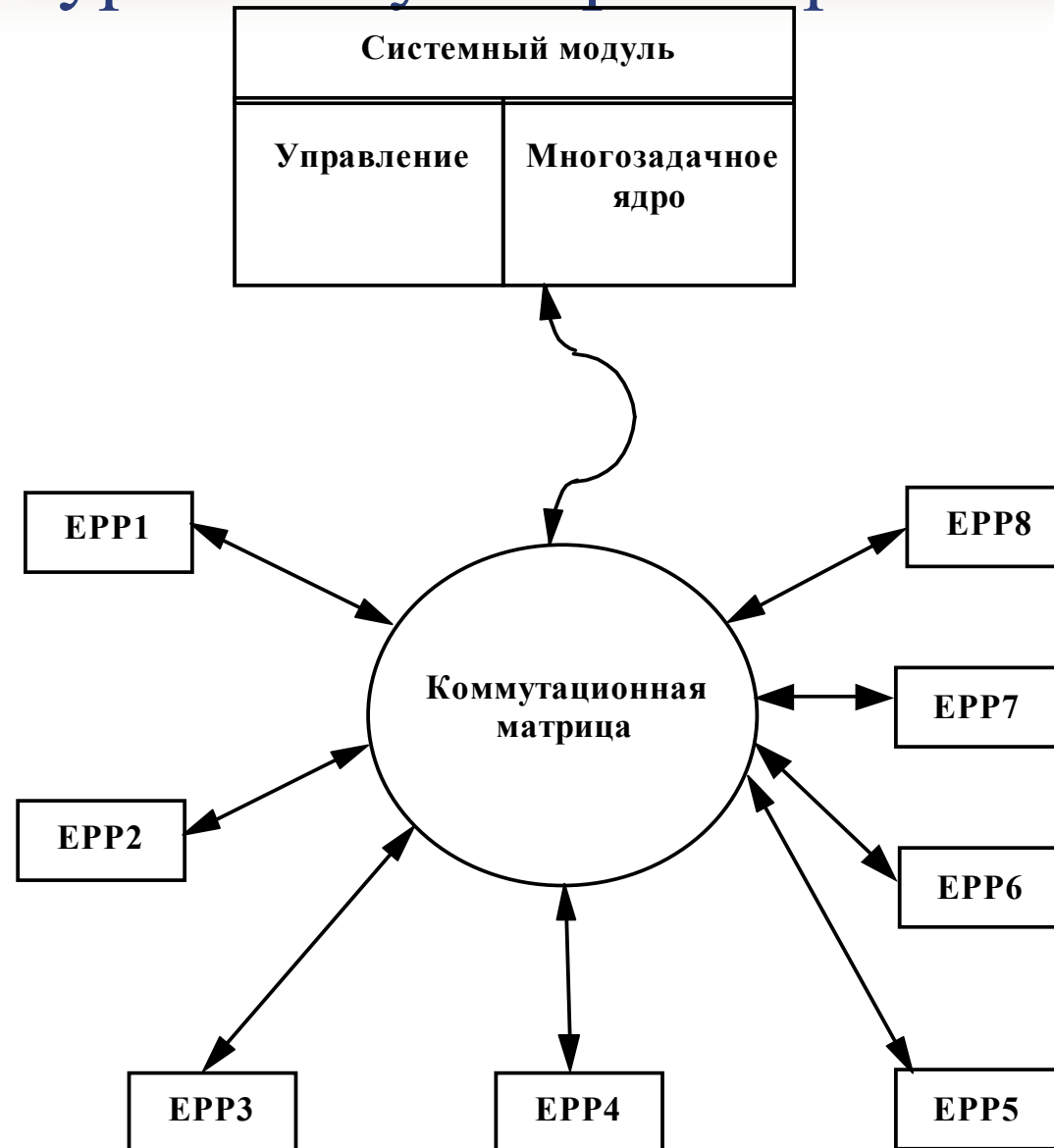
Разделяемая среда:
на станцию приходится $10 / N$ Мбит/с



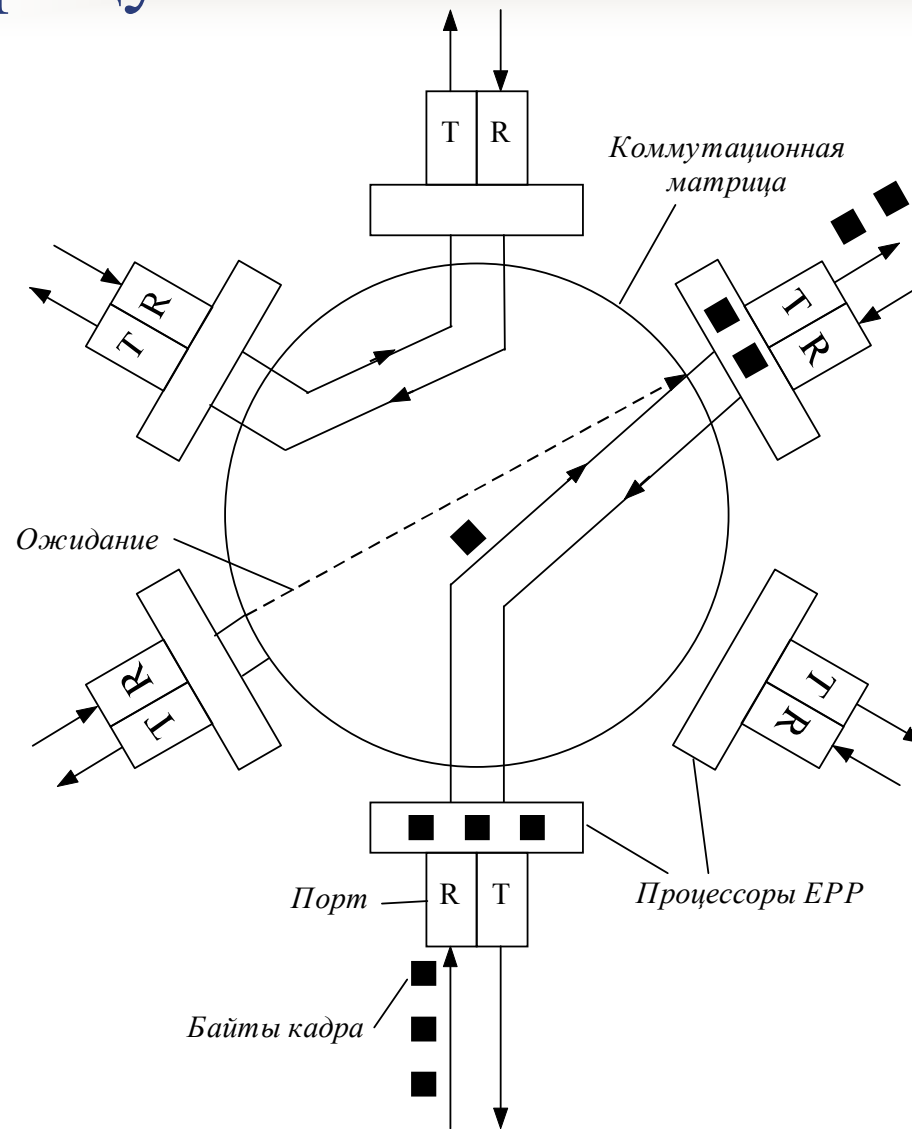
Коммутатор:

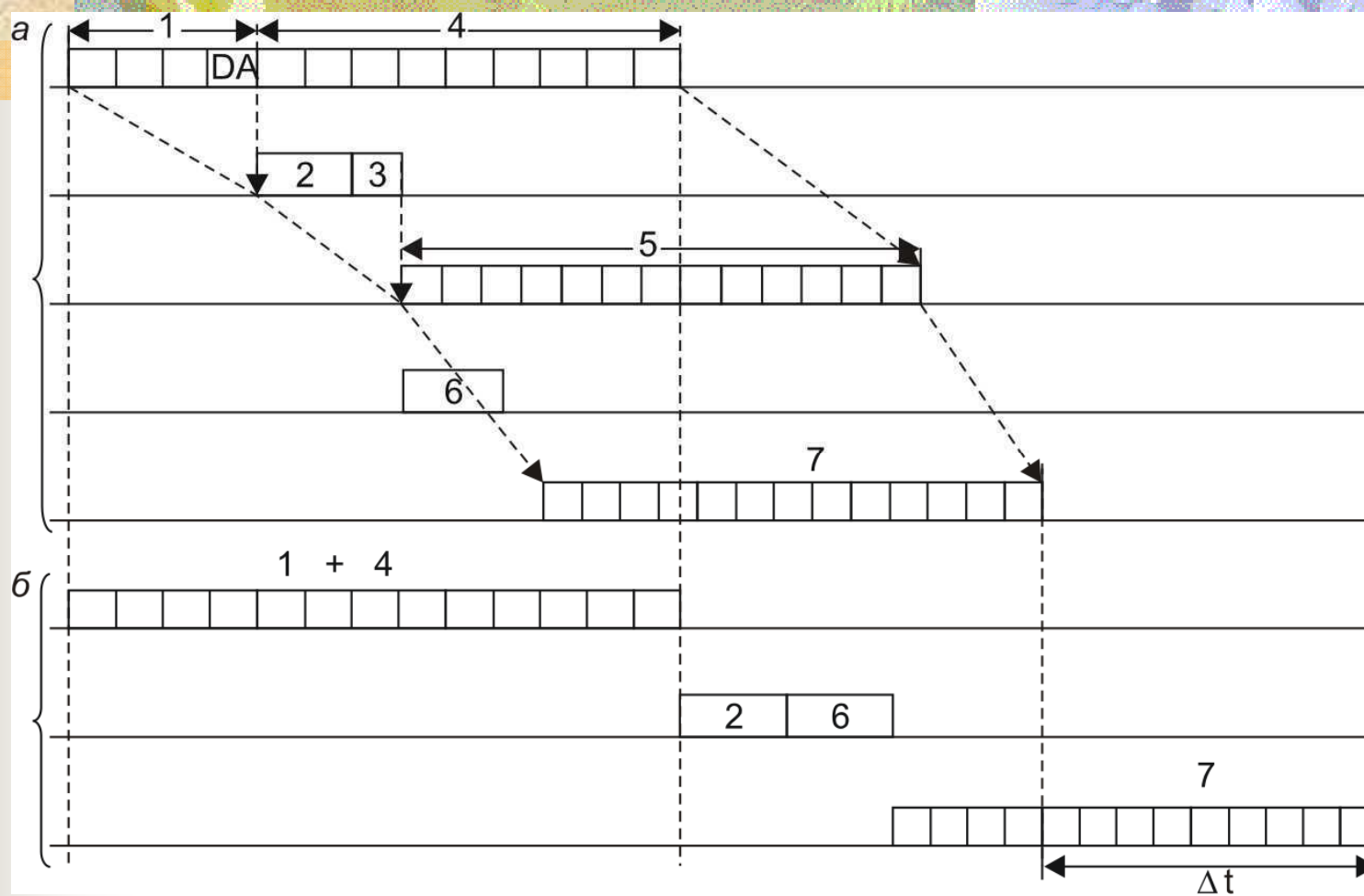
- параллельная обработка потоков от портов
- на станцию приходится 10 Мбит/с

Структура коммутатора Kalra

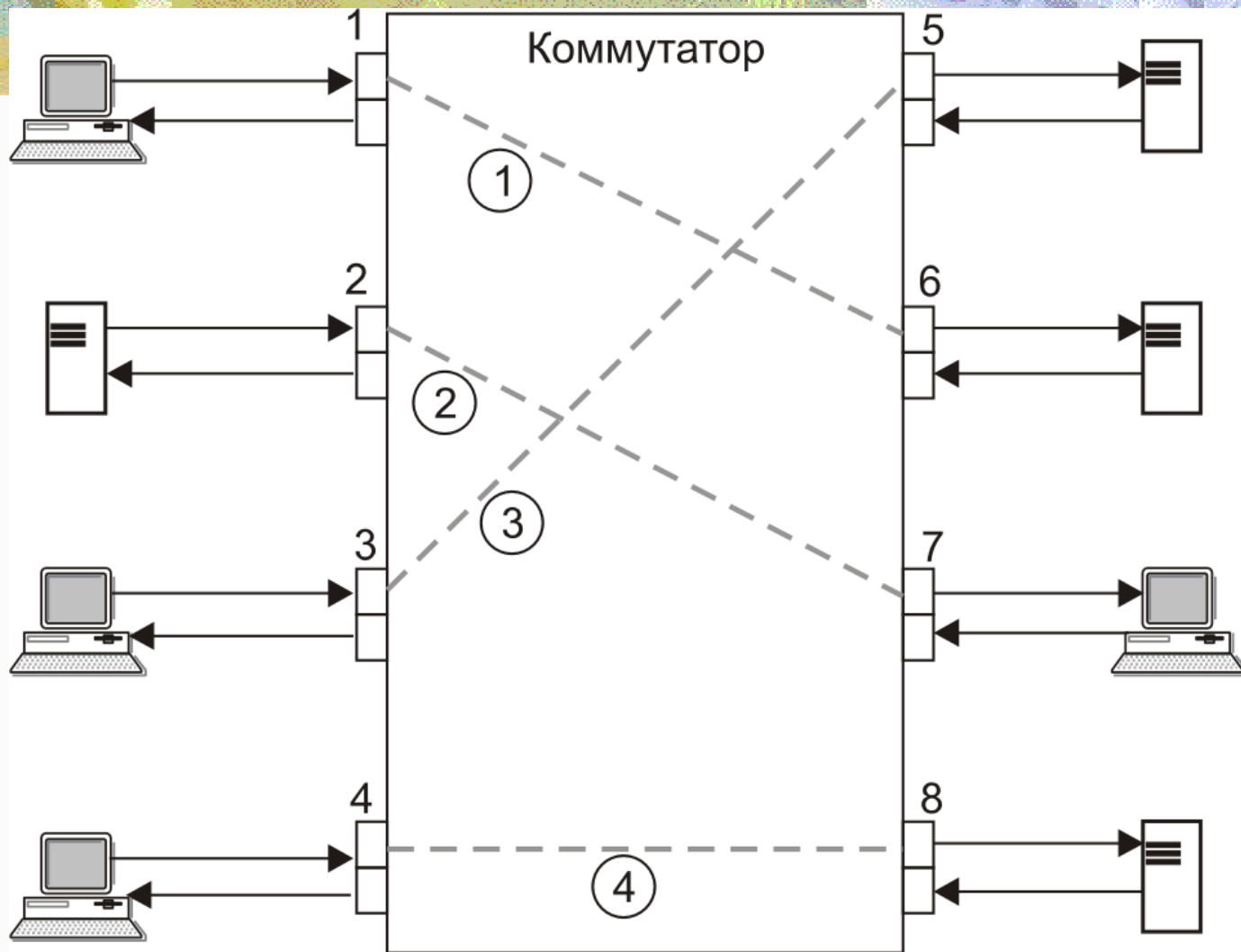


Передача кадров через коммутационную матрицу





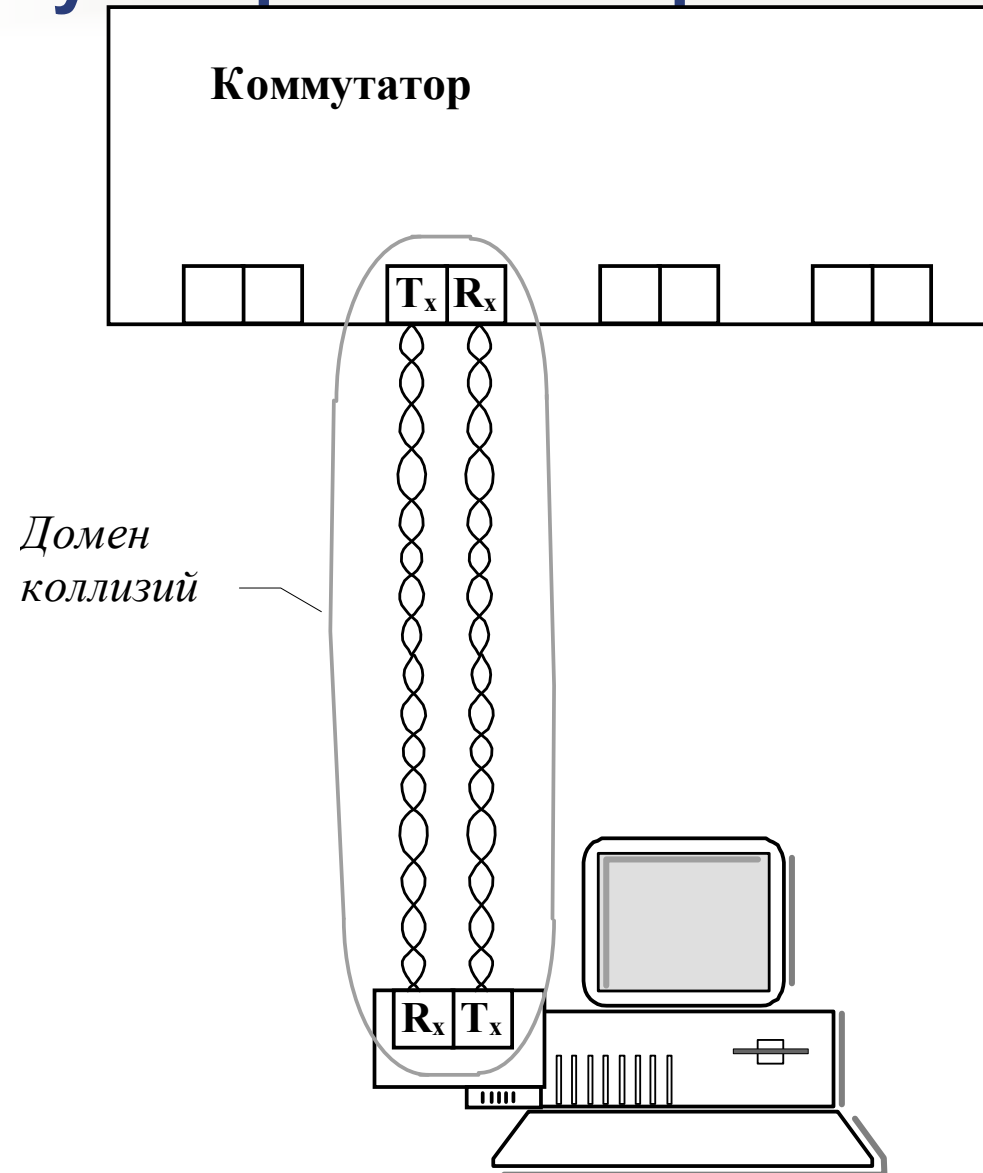
Экономия времени при конвейерной обработке кадра: а — конвейерная обработка, б — обычная обработка с полной буферизацией



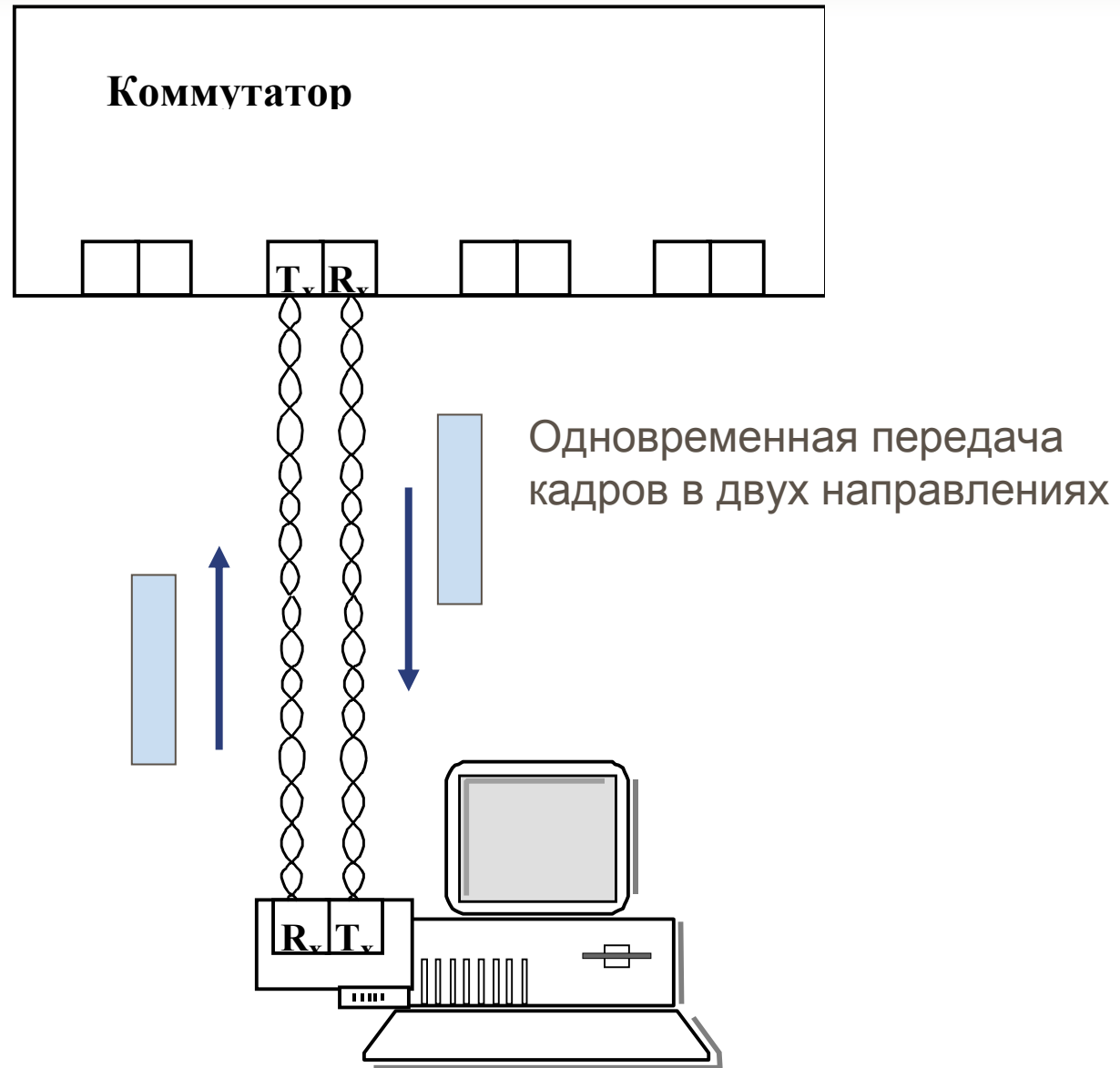
① — ④ — потоки кадров между компьютерами

Параллельная передача кадров коммутатором

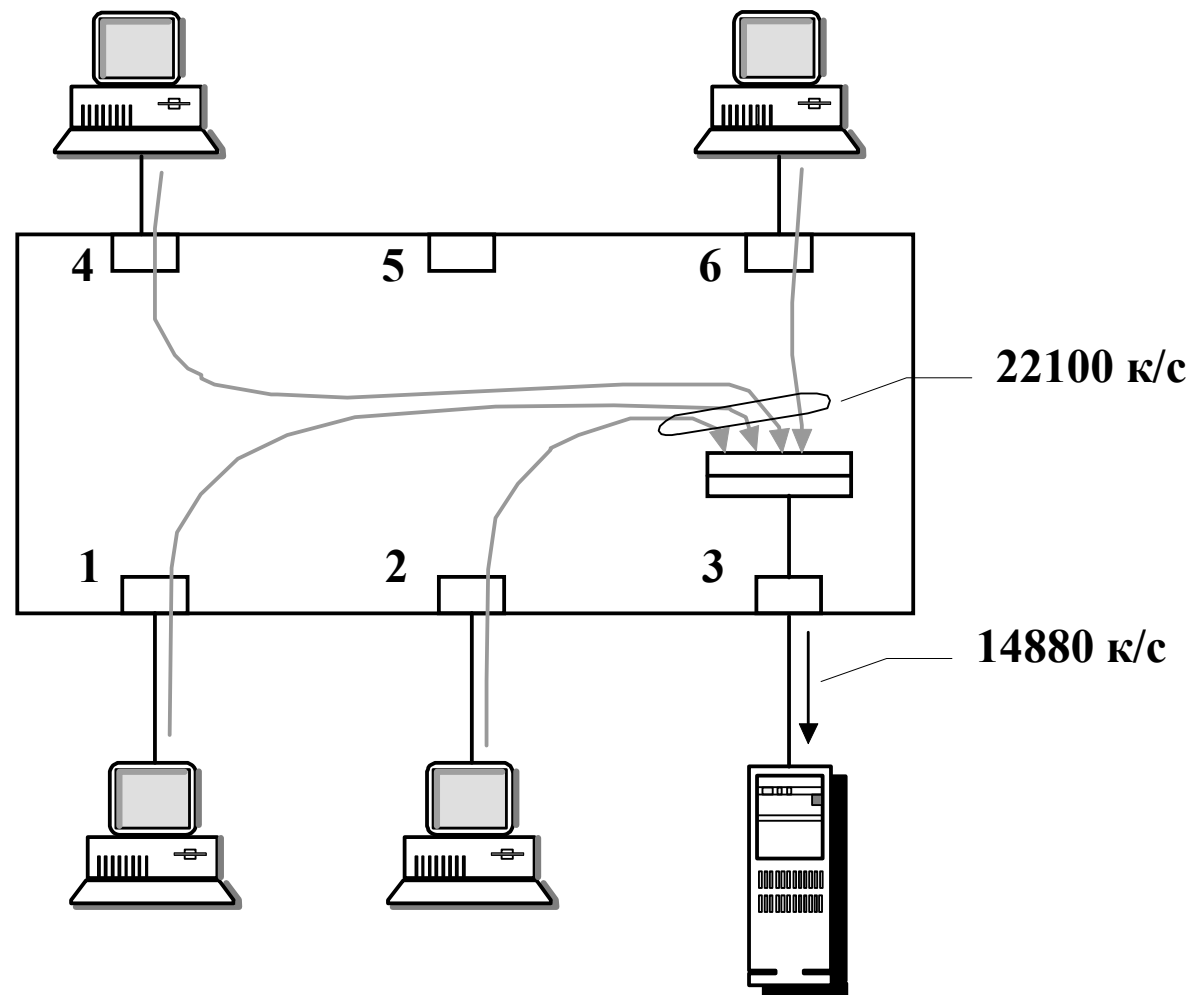
Полудуплексный режим работы порта коммутатора – half duplex



Полнодуплексный режим работы порта коммутатора – full duplex



Переполнение буфера порта из-за несбалансированности трафика



Управление потоком в коммутаторах

А. В полудуплексном режиме

- Обратное давление – создание коллизий
- Агрессивное поведение коммутатора



В. В полнодуплексном режиме

- Команды XON - XOFF

Управление потоком в коммутаторах

В полнодуплексном режиме IEEE802.3х



Рис. 15.21. Подуровень управления уровня MAC

Управление потоком в коммутаторах

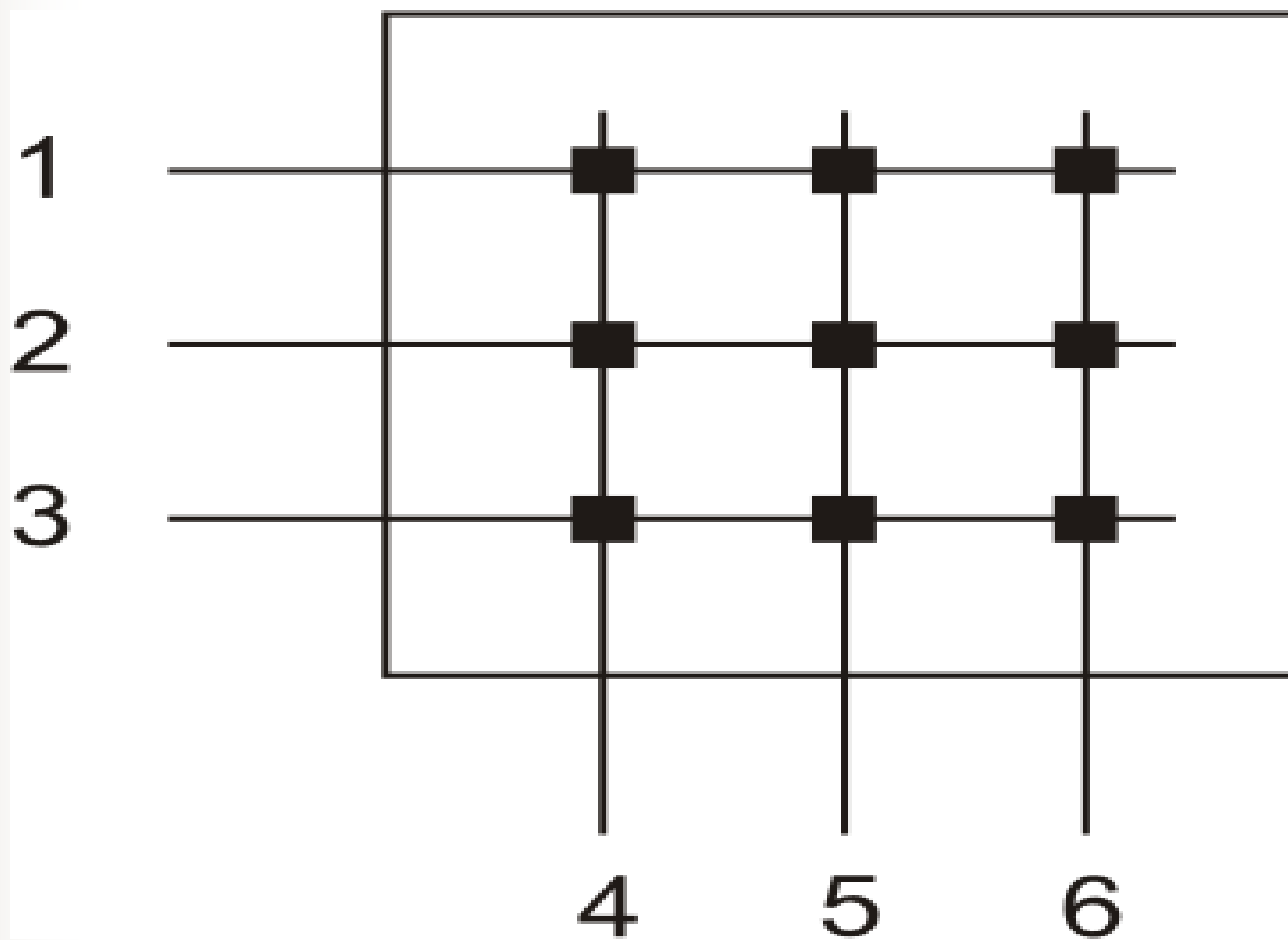
В полнодуплексном режиме IEEE802.3x



Рис. 15.22. Формат кадра подуровня управления

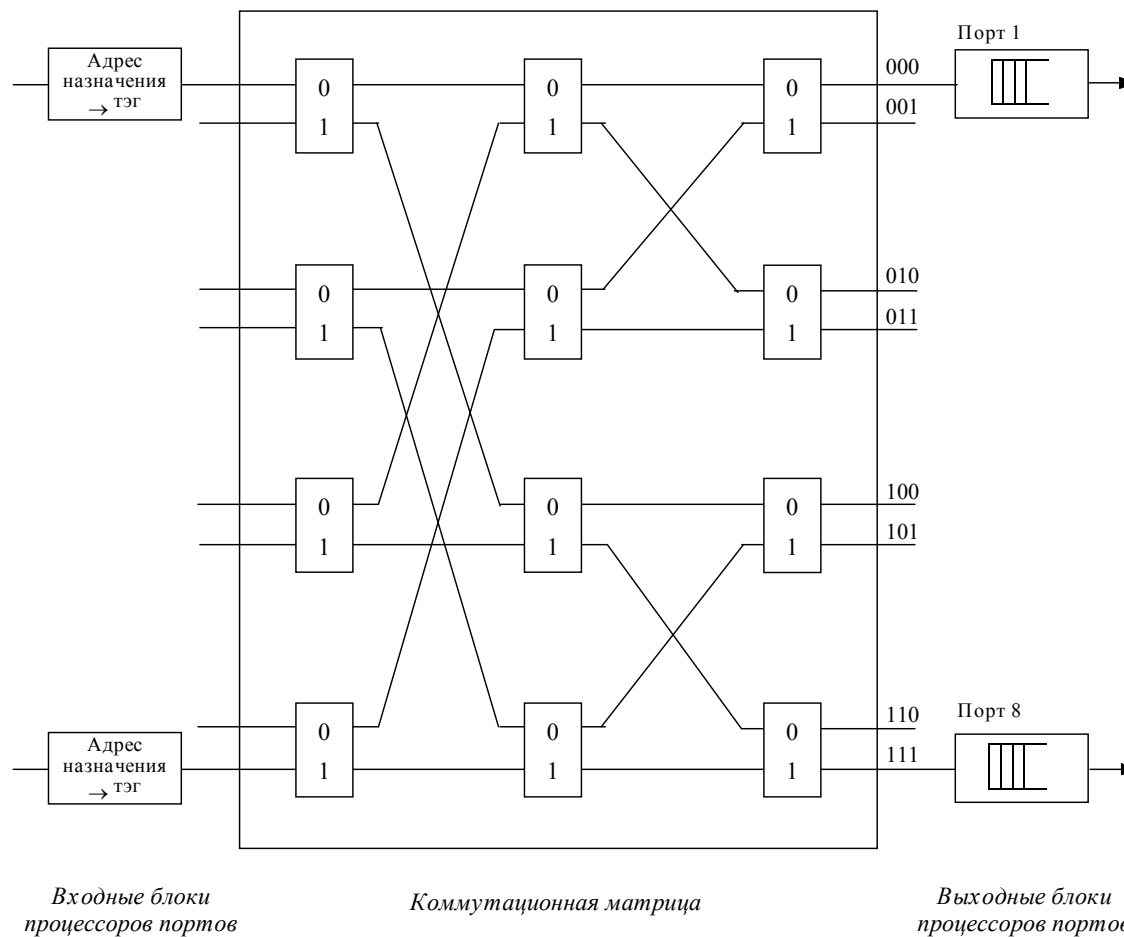
Реализация коммутаторов

1. Коммутационная матрица



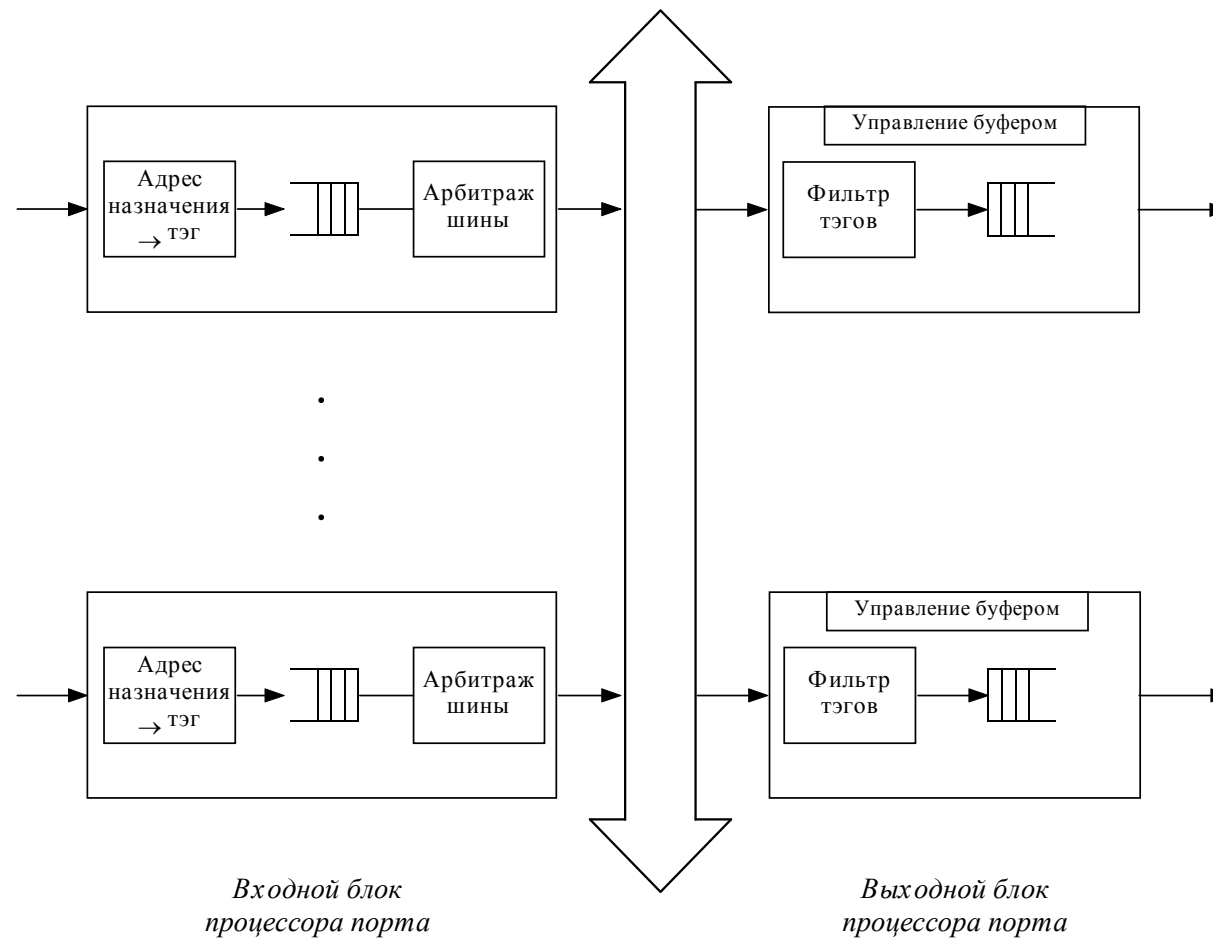
Реализация коммутаторов

1. Коммутационная матрица



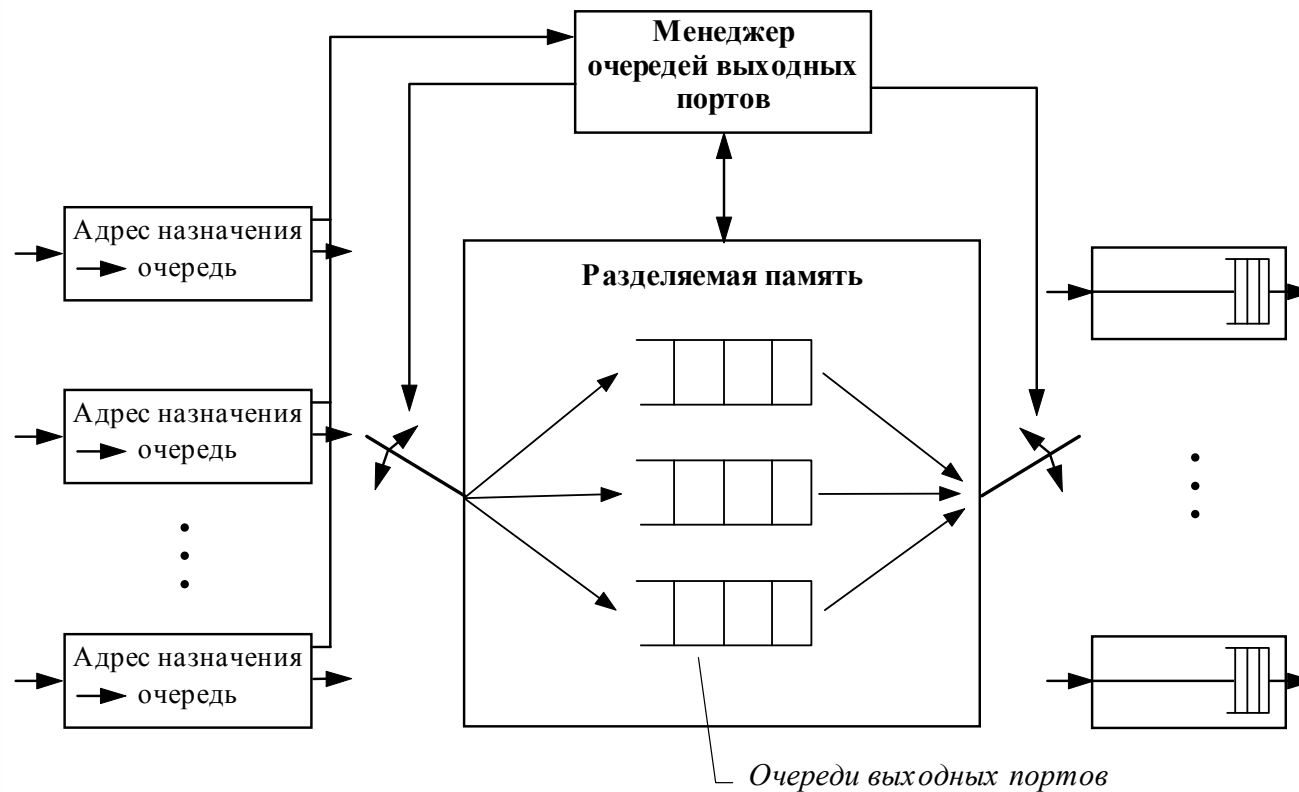
Реализация коммутаторов

2. Общая шина



Реализация коммутаторов

3. Разделяемая память

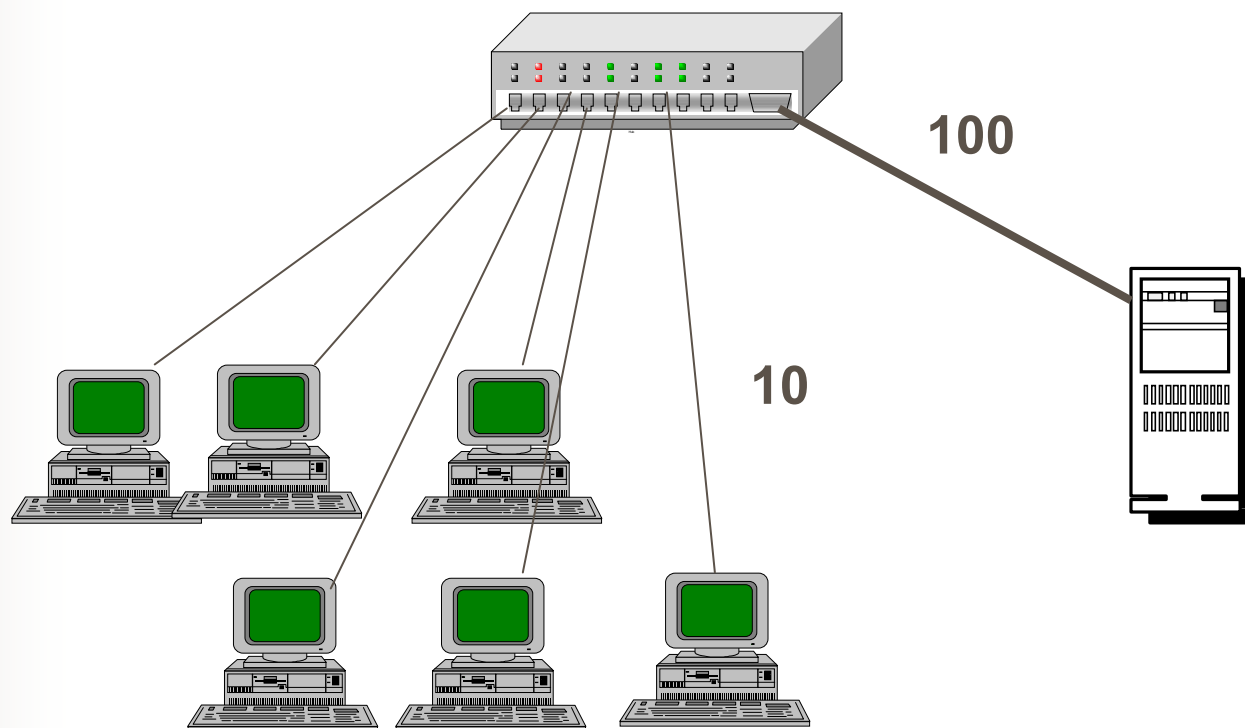


Реализация коммутаторов

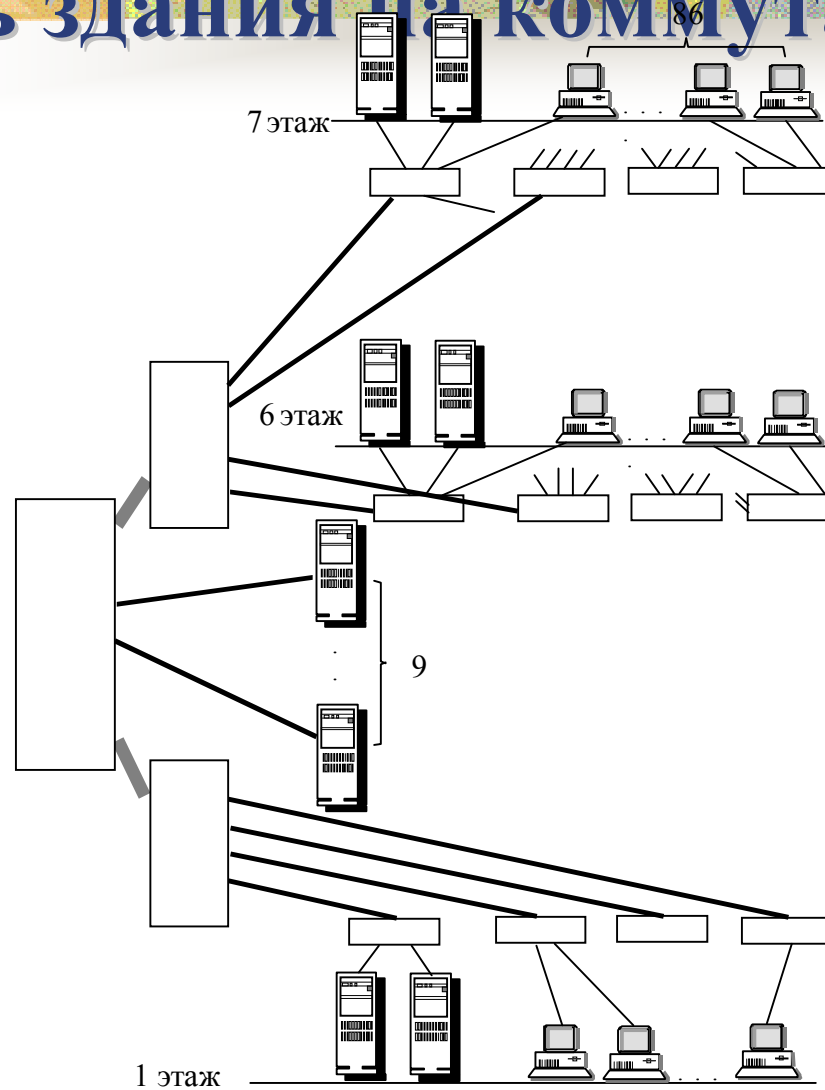
4. Комбинированный подход



Применение коммутаторов в рабочих группах

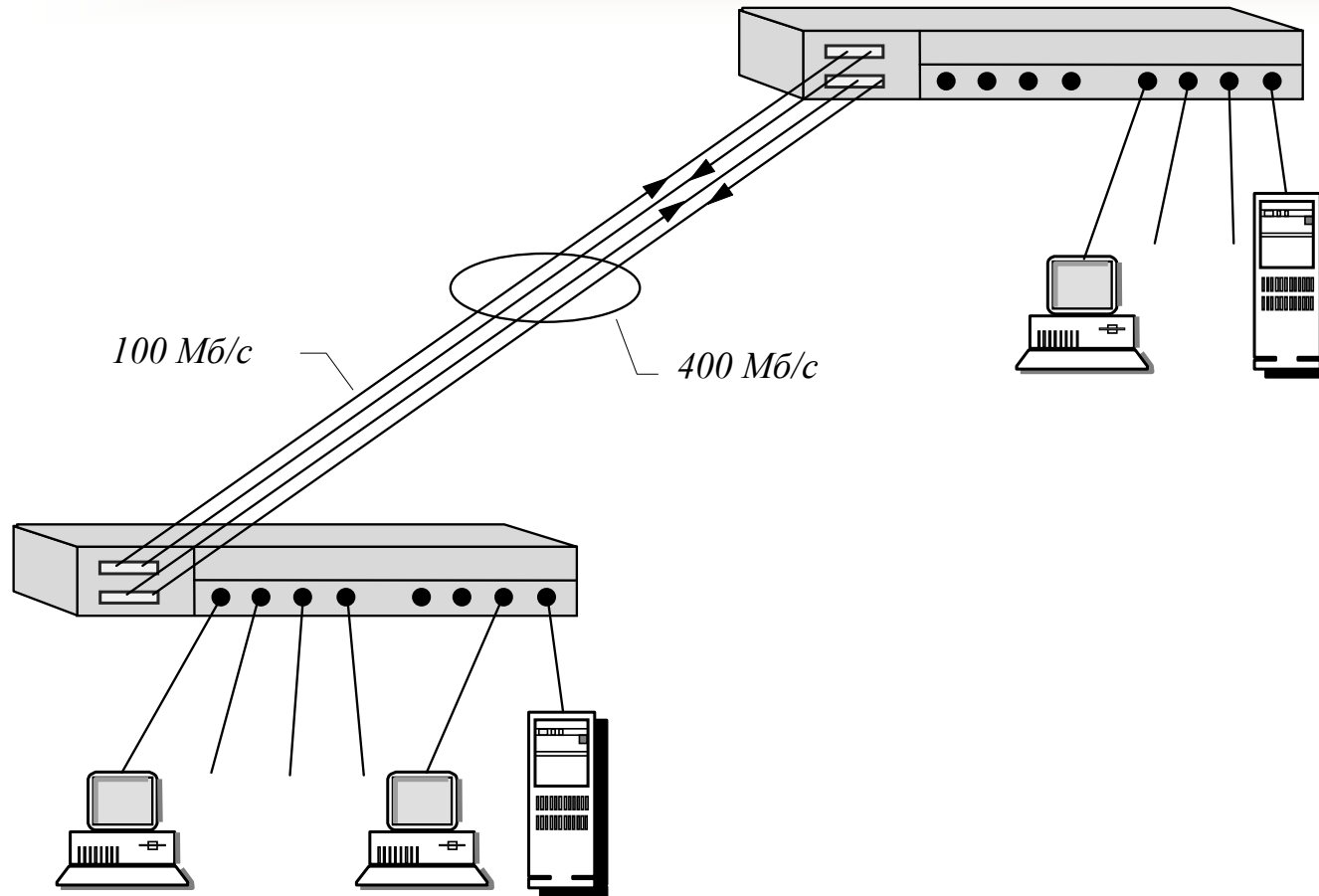


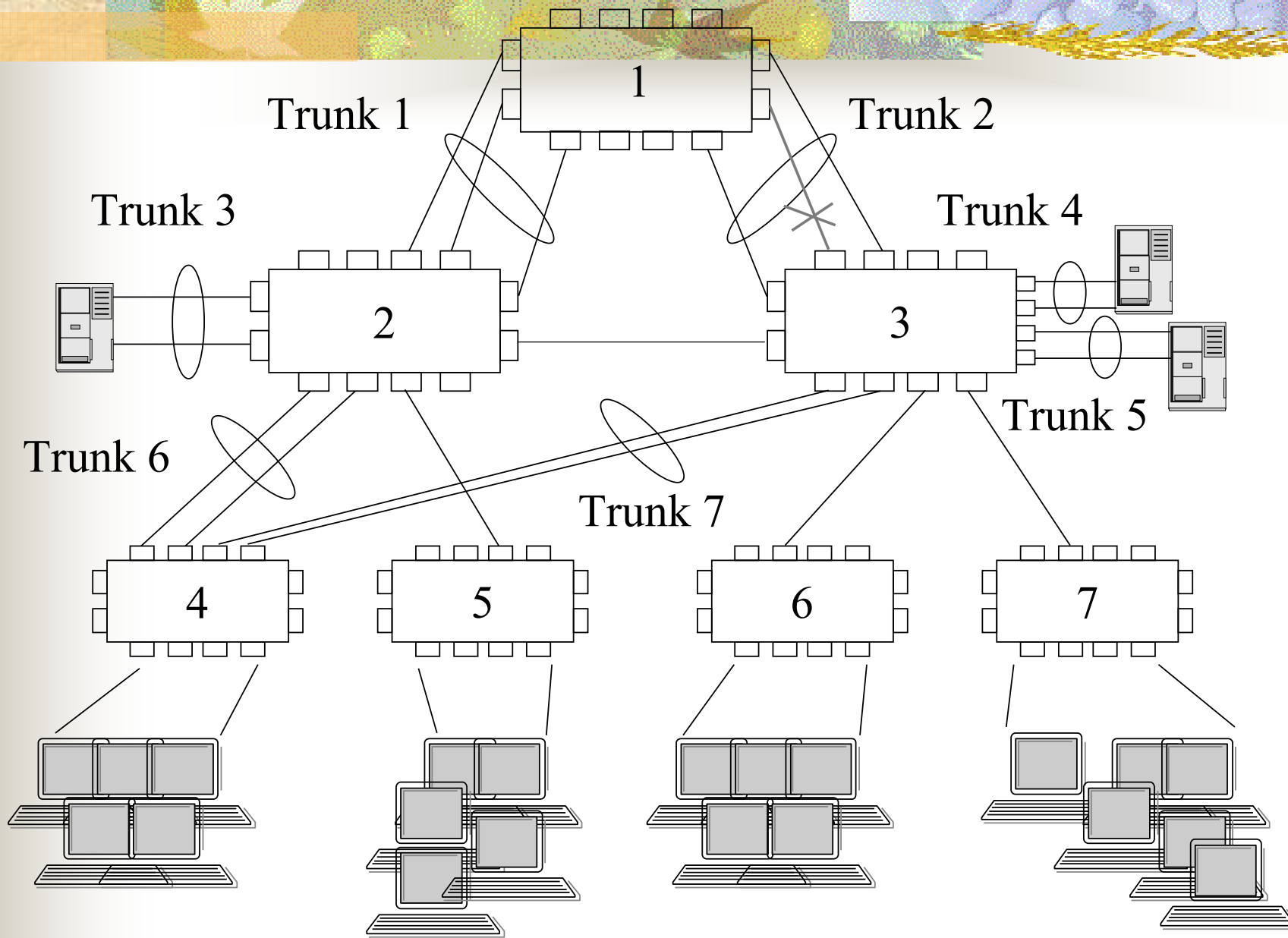
Сеть здания на коммутаторах



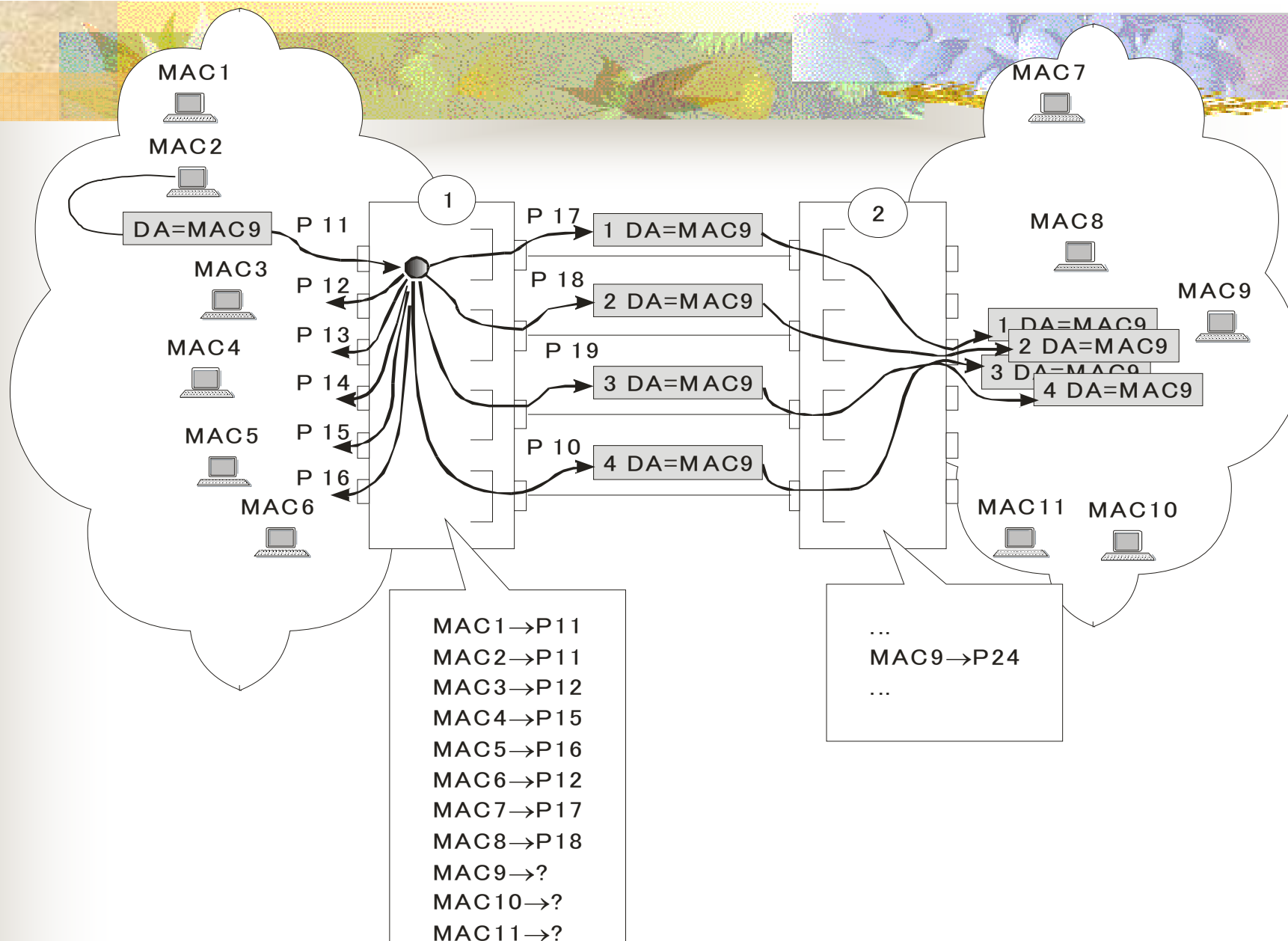
— 10 Мб/с
— 100 Мб/с
— 1000 Мб/с

Транк





Агрегирование физических каналов



Размножение пакетов с неизученным адресом при наличии параллельных каналов между коммутаторами

Виртуальные локальные сети

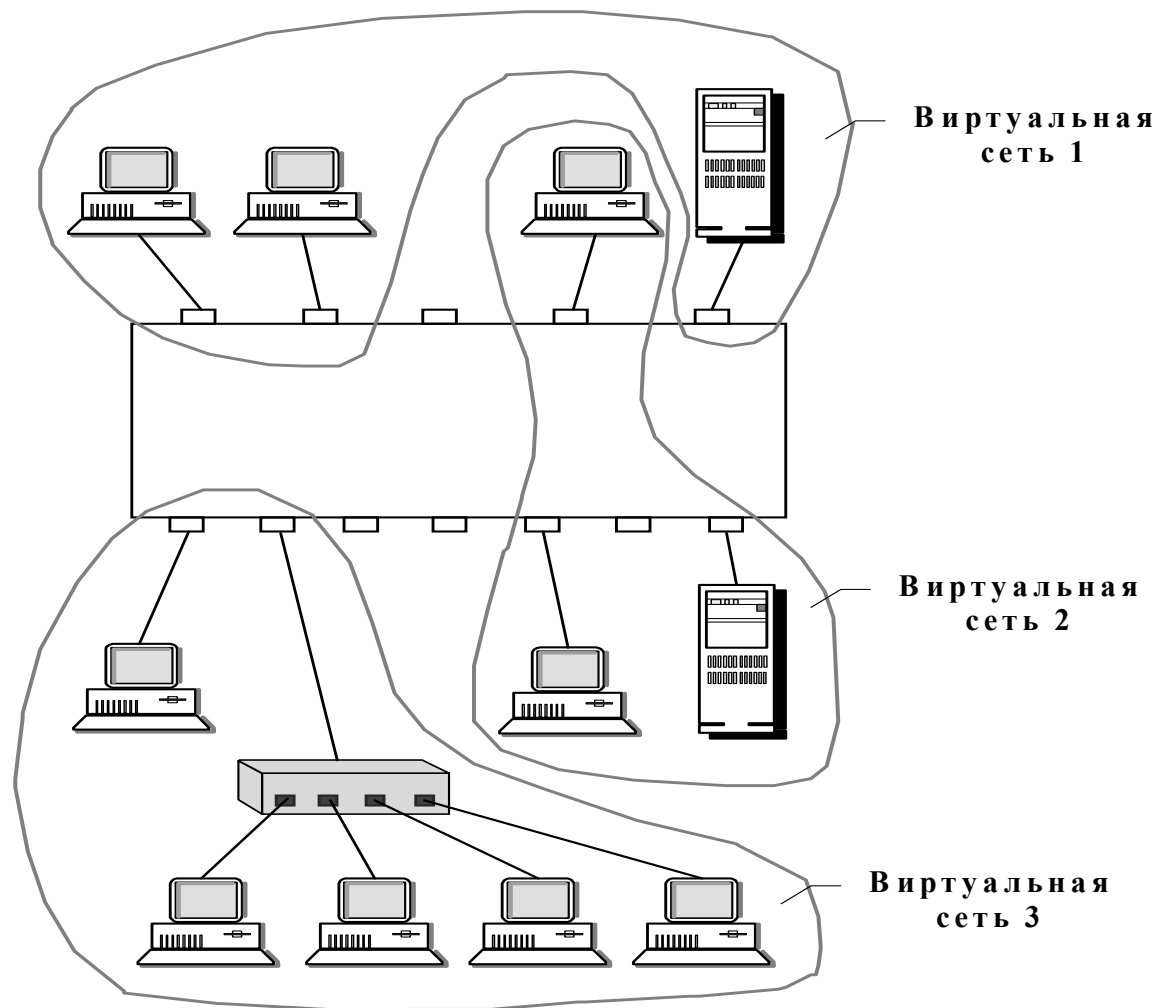
Virtual LAN, VLAN

Цель: построение полностью изолированных подсетей логическими средствами



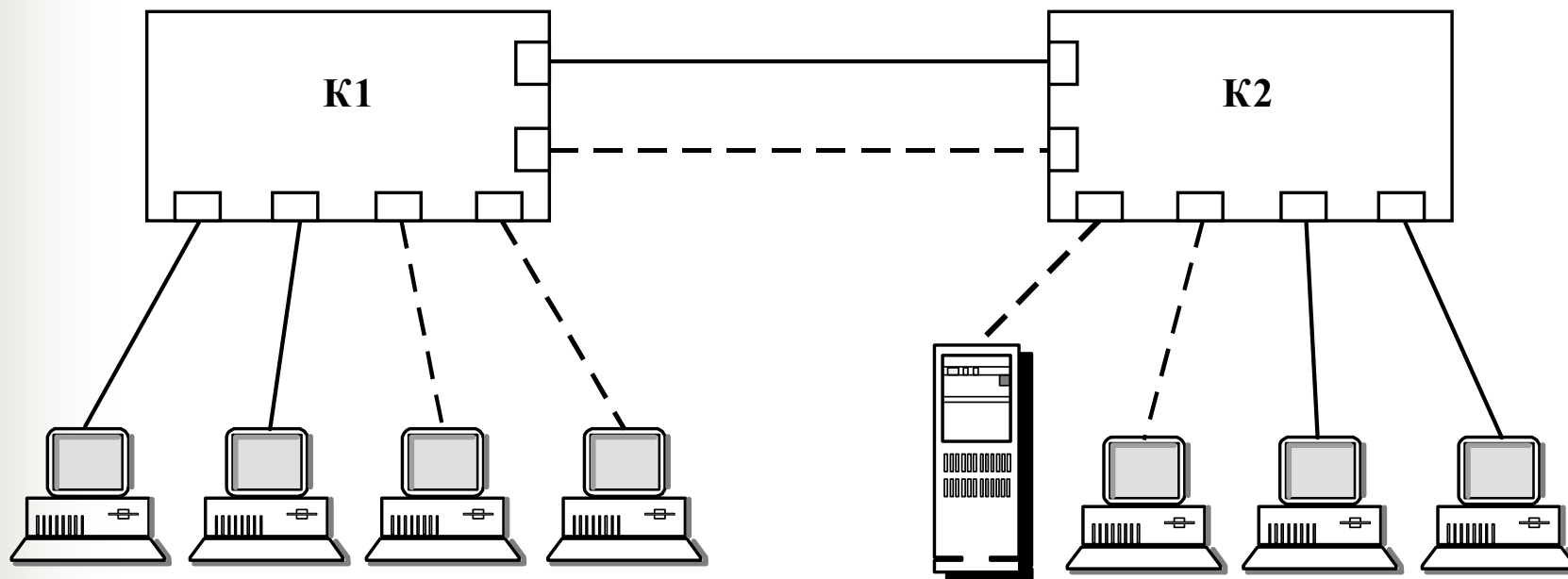
VLAN – домен распространения бродкастов

VLAN на одном коммутаторе



Задание VLAN – группировка портов

VLAN на нескольких коммутаторах



Проблема задания VLAN на нескольких коммутаторах
с помощью группировки портов:
сколько VLAN – столько портов для межсоединений

VLAN на нескольких коммутаторах

Способы решения проблемы:

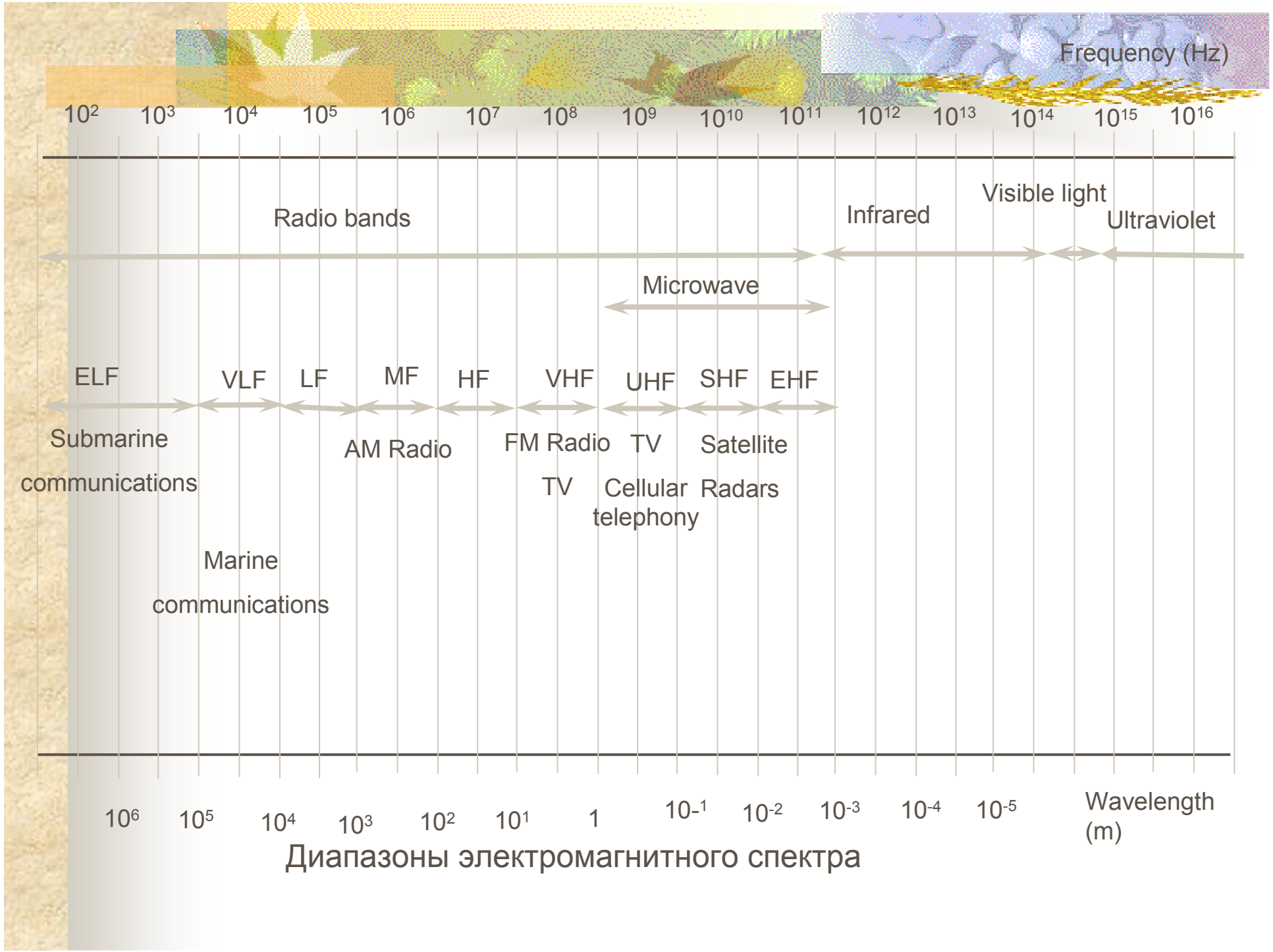
1. Группировка MAC-адресов – большой объем ручной работы в крупных сетях
2. Использование меток:
 - Фирменные решения
 - Стандарт IEEE 802.1 Q/p



поля 802.1 Q/p

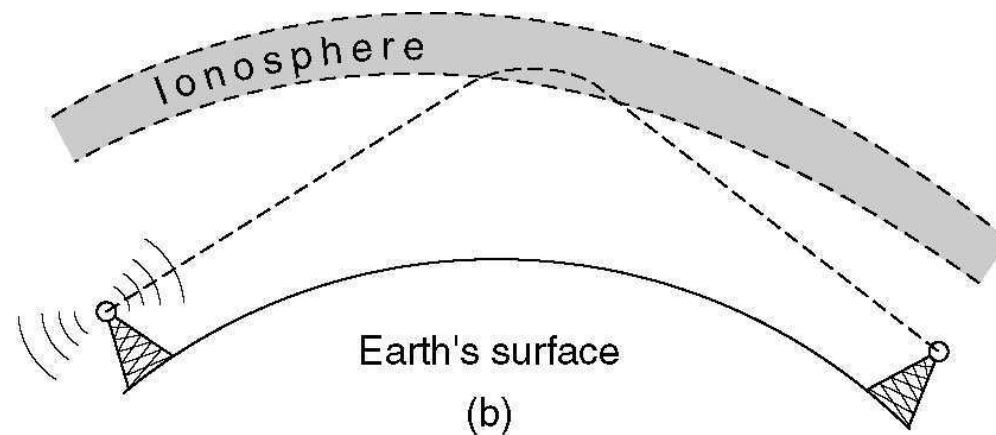
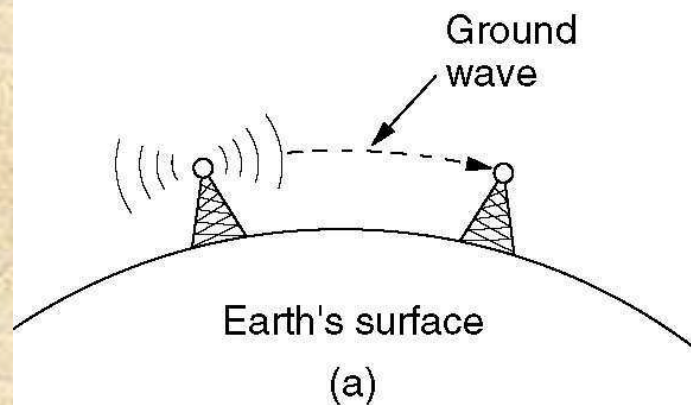
■ Тема 7. Беспроводная передача данных.





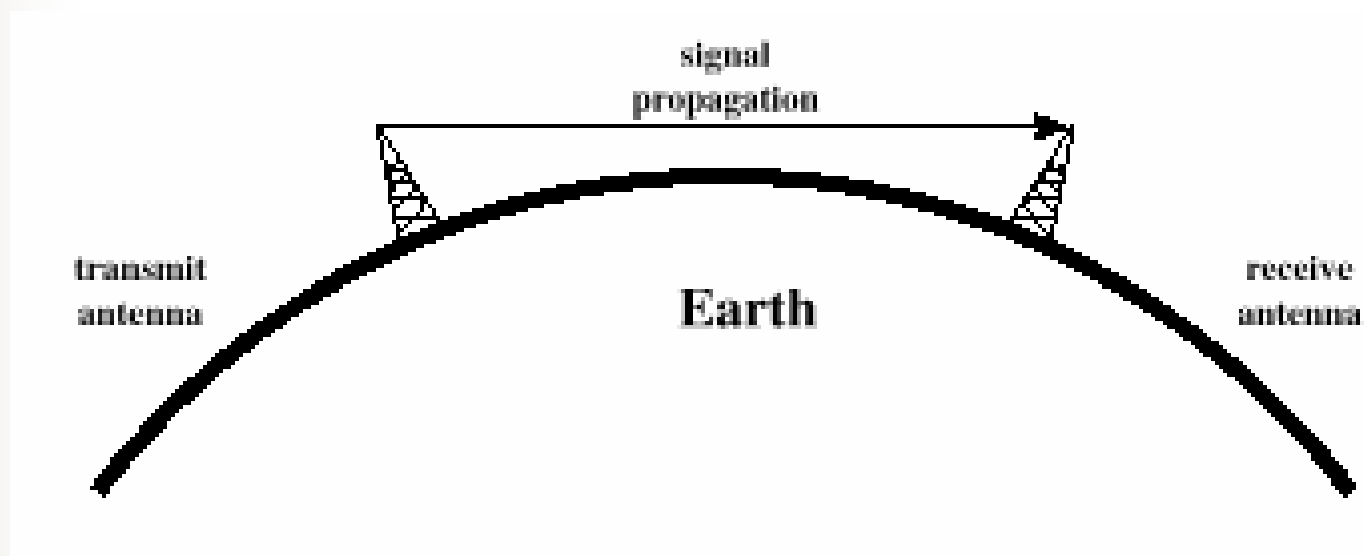
Диапазоны электромагнитного спектра

Радио передача

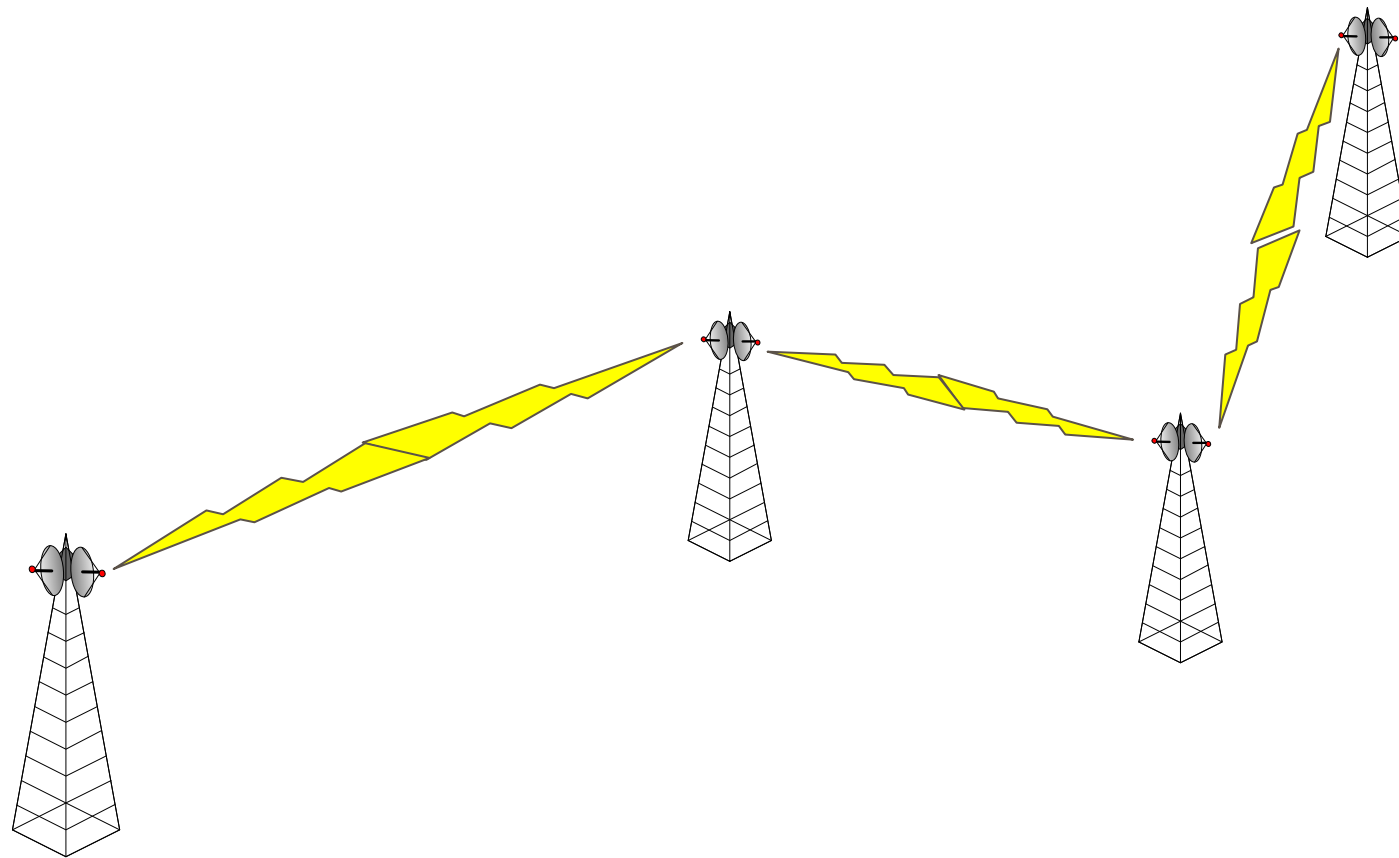


- (a) В VLF, LF, и MF диапазонах, радио волны огибают поверхность земли (частота до 2 МГц)
- (b) В HF диапазоне, они отражаются от ионосферы (частота до 2-30 МГц).

Распространения сигнала вдоль линии прямой видимости

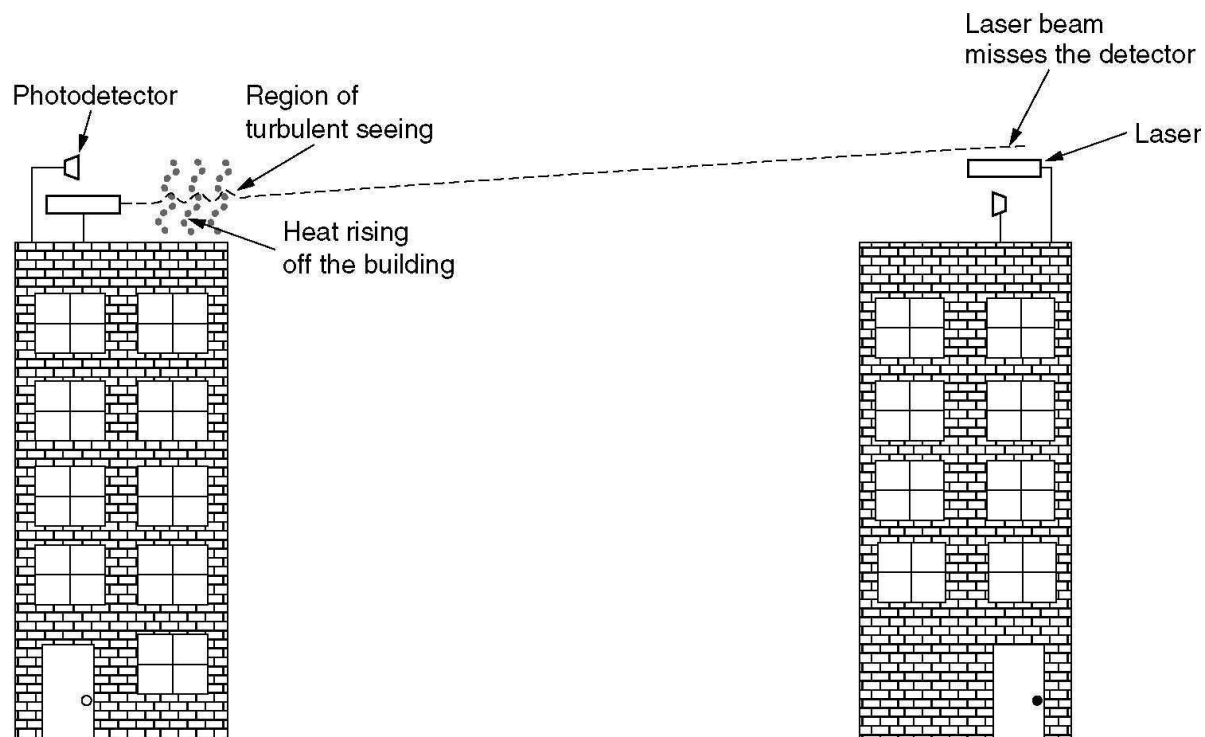
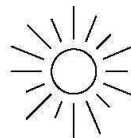


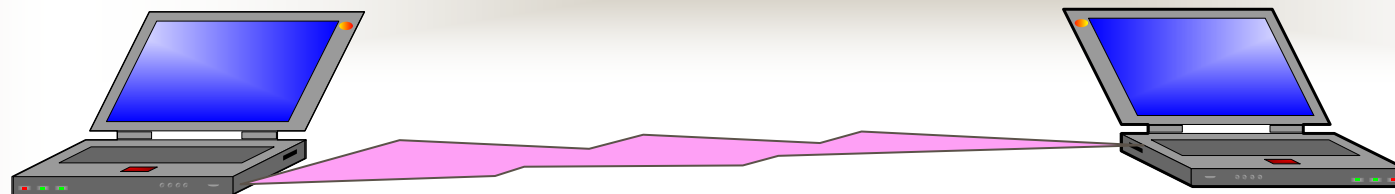
- Частота свыше 30 МГц



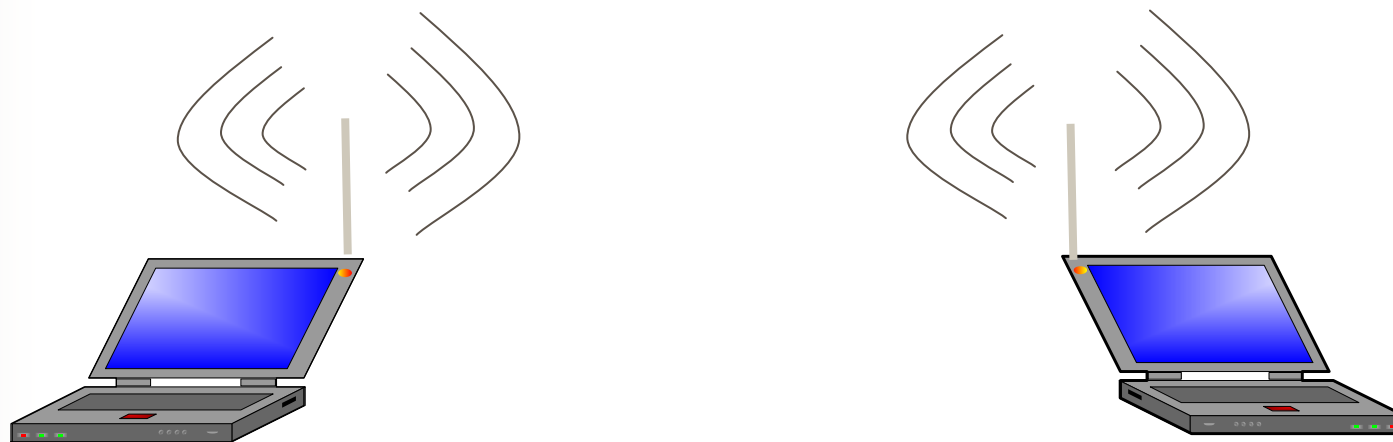
Радиорелейная линия связи

Передача с использованием лазера





а) Инфракрасные волны

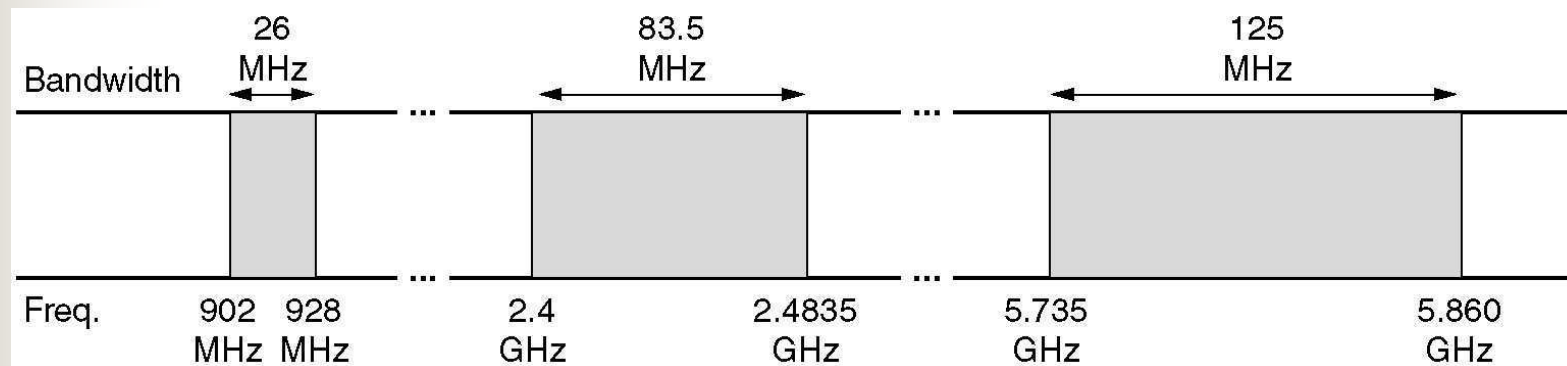


б) микроволны

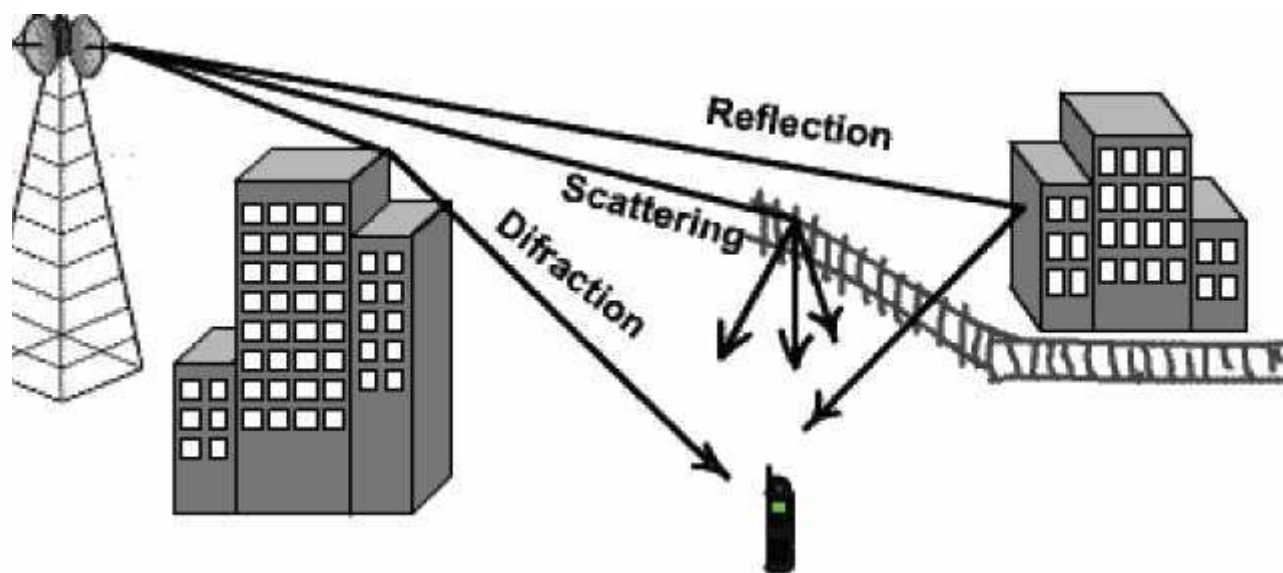
Беспроводная связь двух компьютеров.

Беспроводные системы .

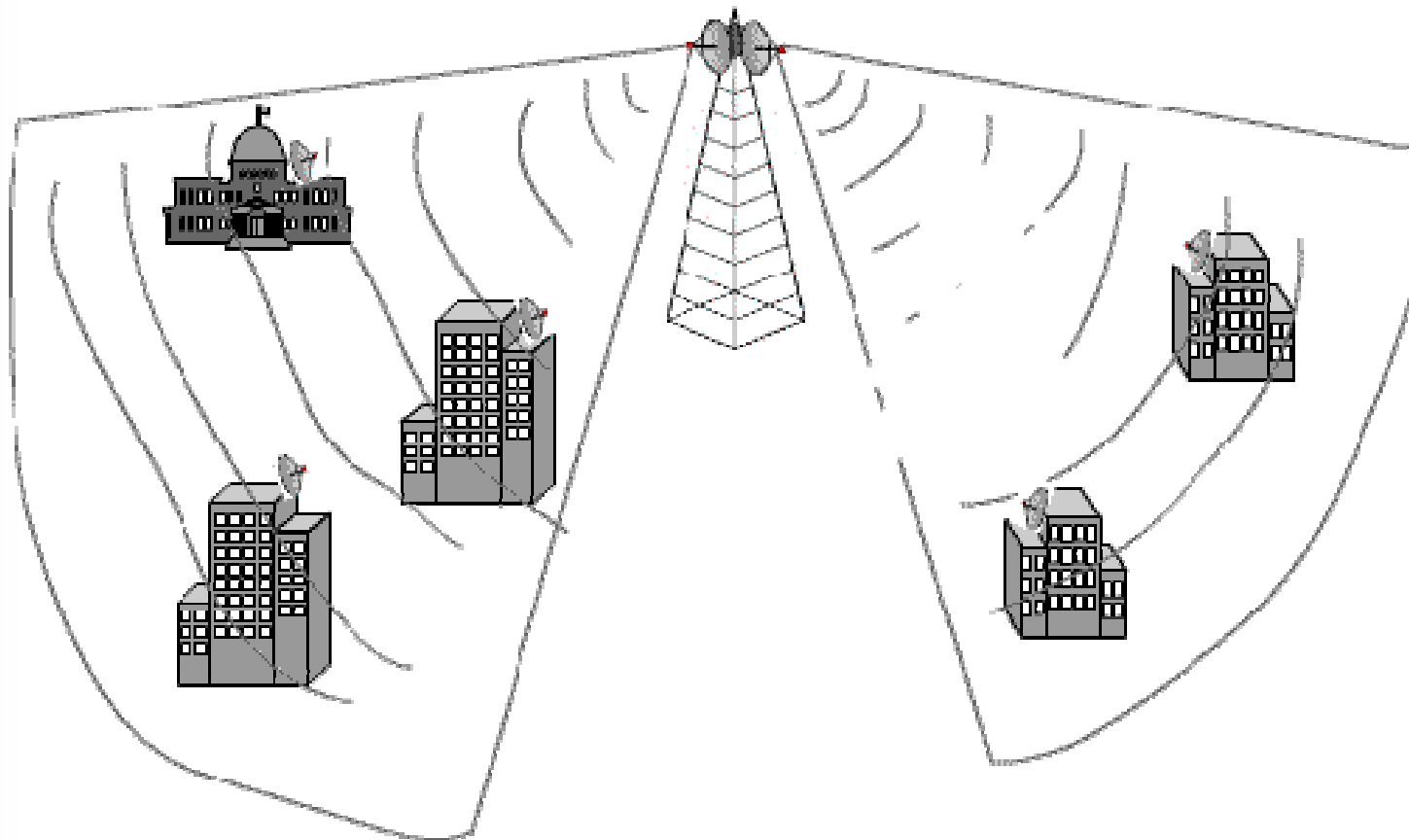
- Лицензирование.
- ISM диапазоны



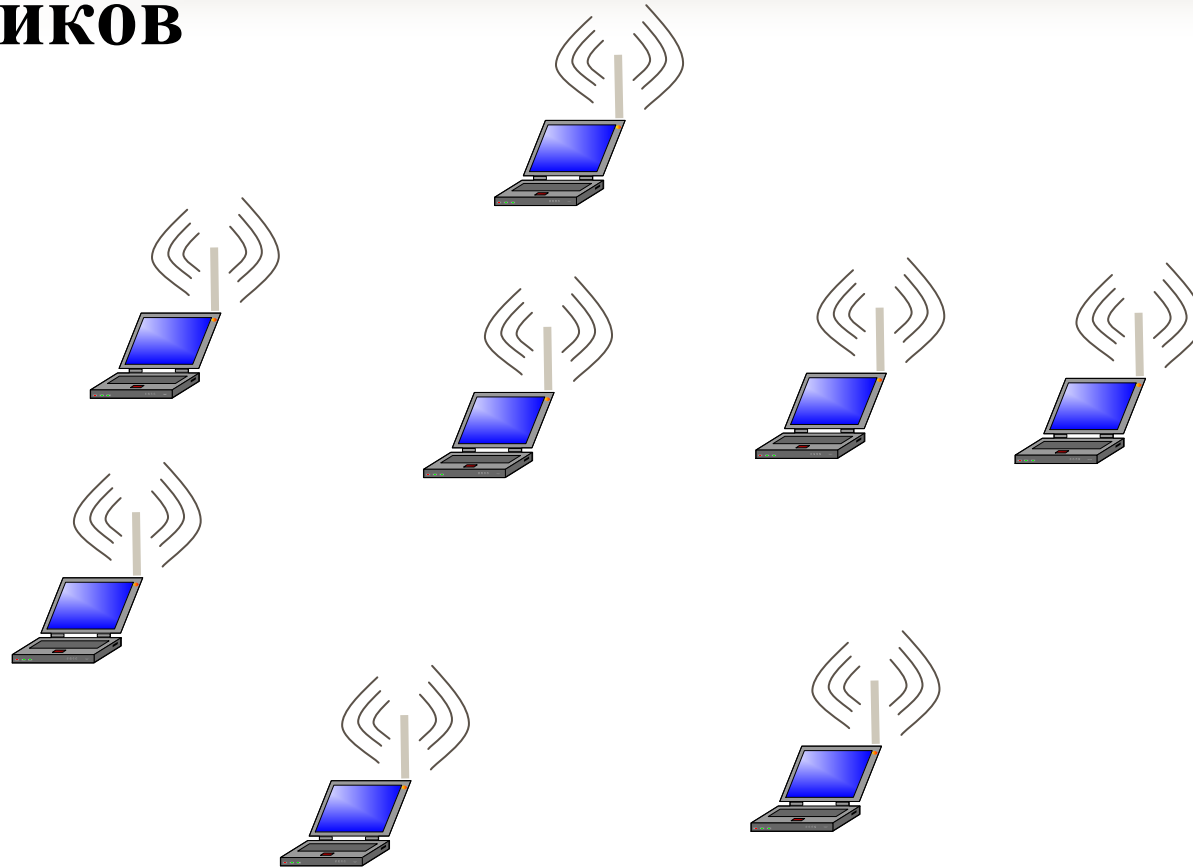
Распространение электромагнитных ВОЛН .



Связь одного источника и нескольких приемников

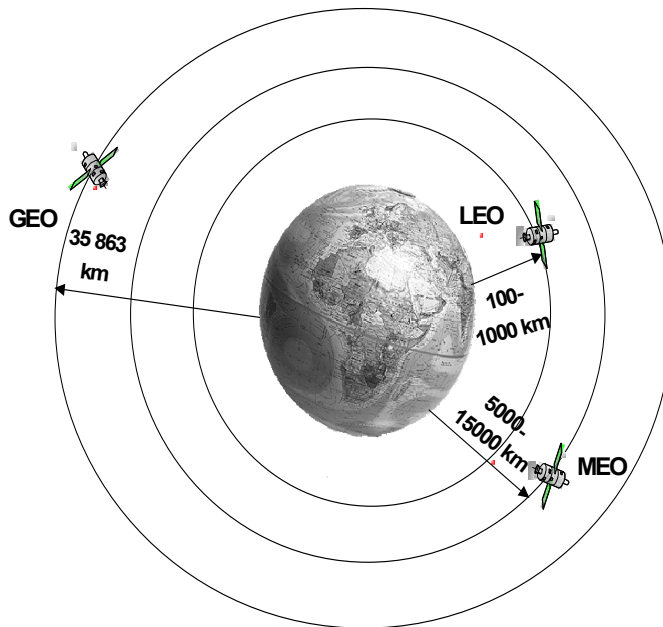


Связь нескольких источников и нескольких приемников



Беспроводная многоточечная линия связи

Типы спутниковых систем



. Типы орбит спутников

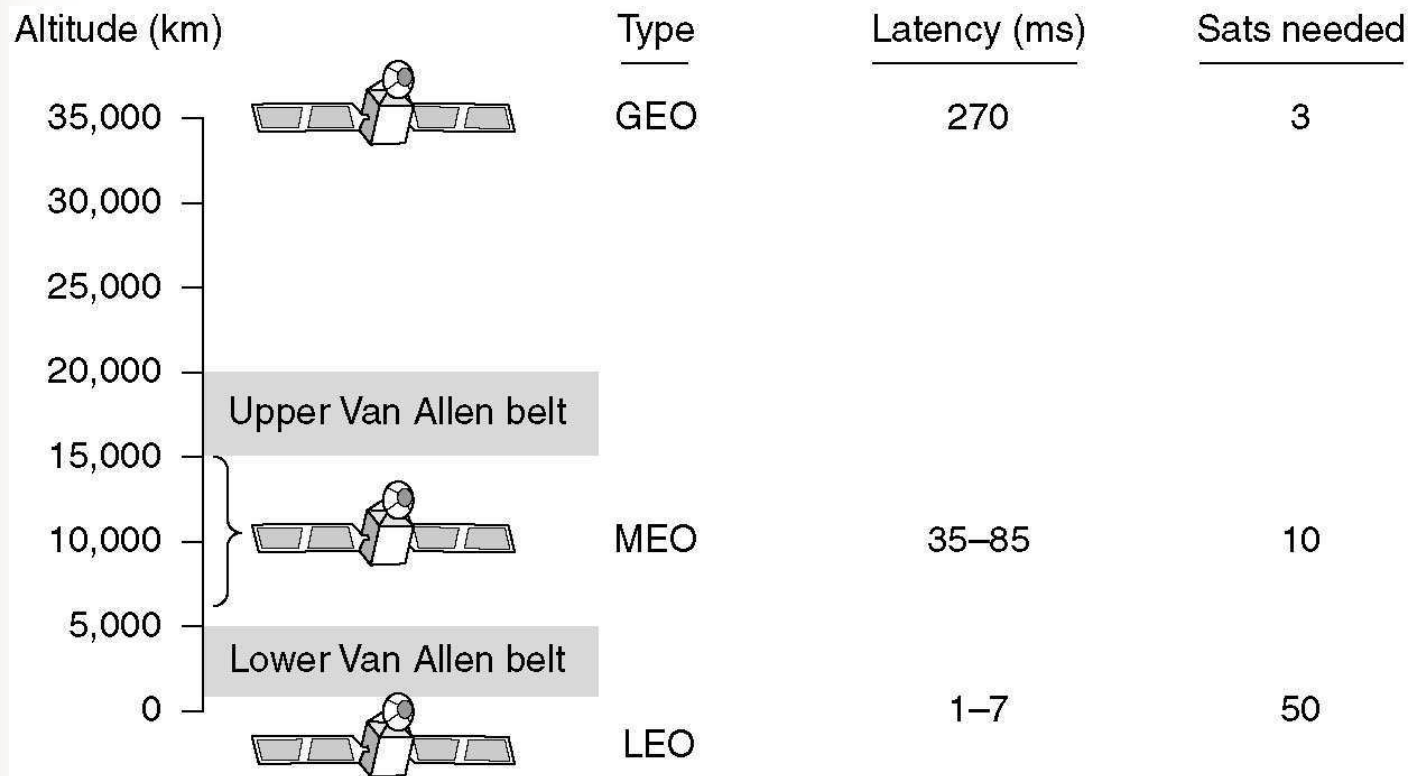
- Геостационарный спутник
- Средне и низкоорбитальные спутники (Iridium, Globalstar)

Частотные диапазоны для спутниковой связи

Band	Downlink	Uplink	Bandwidth	Problems
L	1.5 GHz	1.6 GHz	15 MHz	Low bandwidth; crowded
S	1.9 GHz	2.2 GHz	70 MHz	Low bandwidth; crowded
C	4.0 GHz	6.0 GHz	500 MHz	Terrestrial interference
Ku	11 GHz	14 GHz	500 MHz	Rain
Ka	20 GHz	30 GHz	3500 MHz	Rain, equipment cost

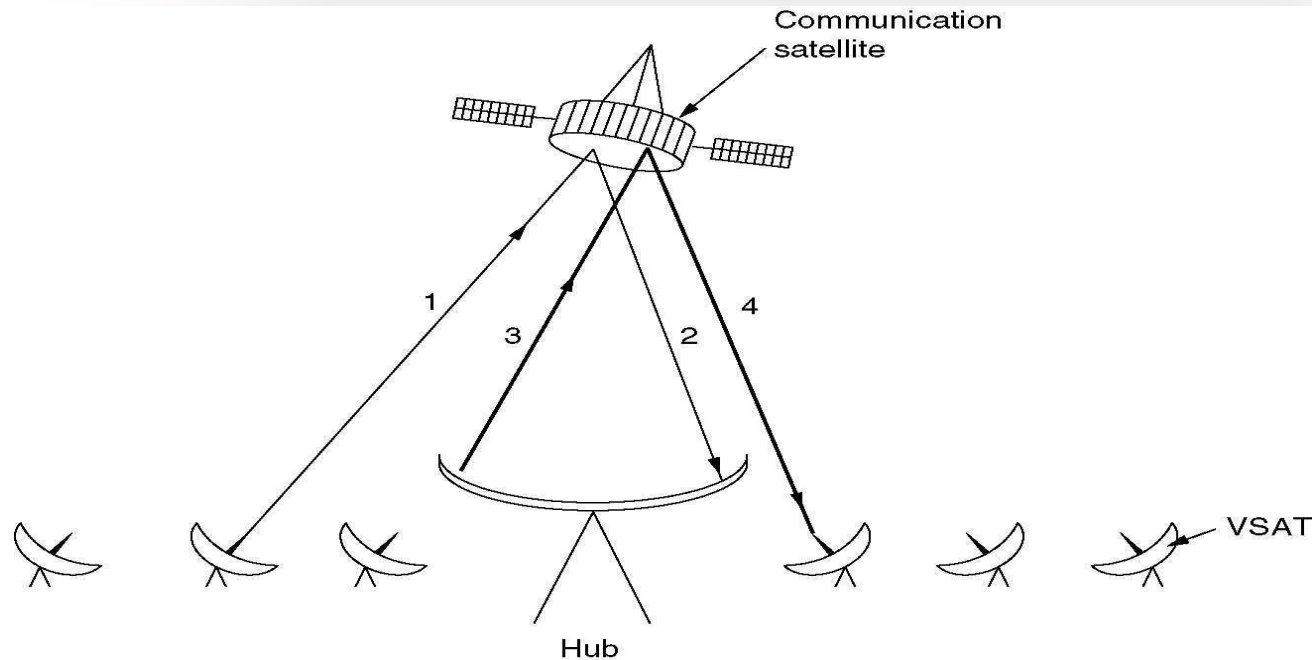
- Спутник оснащается 12-20 транспондерами с полосами частот шириной от 36 до 50 МГц

Спутники



Коммуникационные спутники: расстояние от земли, задержки в распространении сигнала, число спутников необходимых для покрытия земли.

VSATs используют ретранслятор.



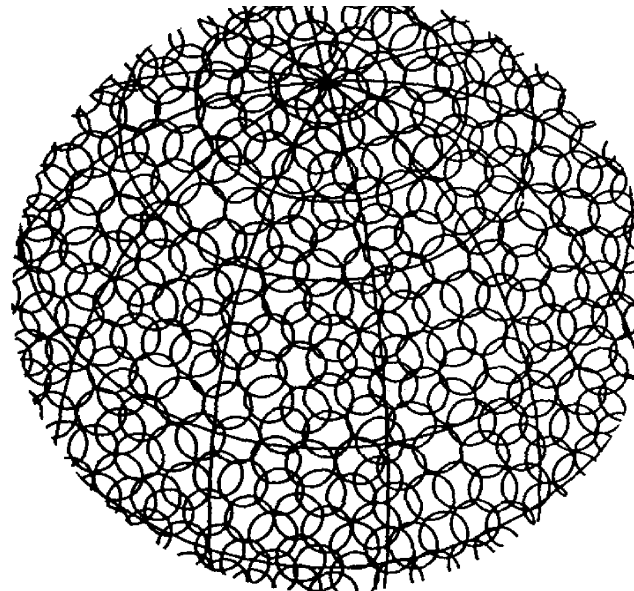
- VSAT-спутниковая антенна около 1 м
- Мощность сигнала 1 Ватт
- Передача –19,2 кбит/с, прием- 512 кбит/с
- Время передачи от узла до узла от 250 до 300 мс

Низко орбитальные спутники

Iridium



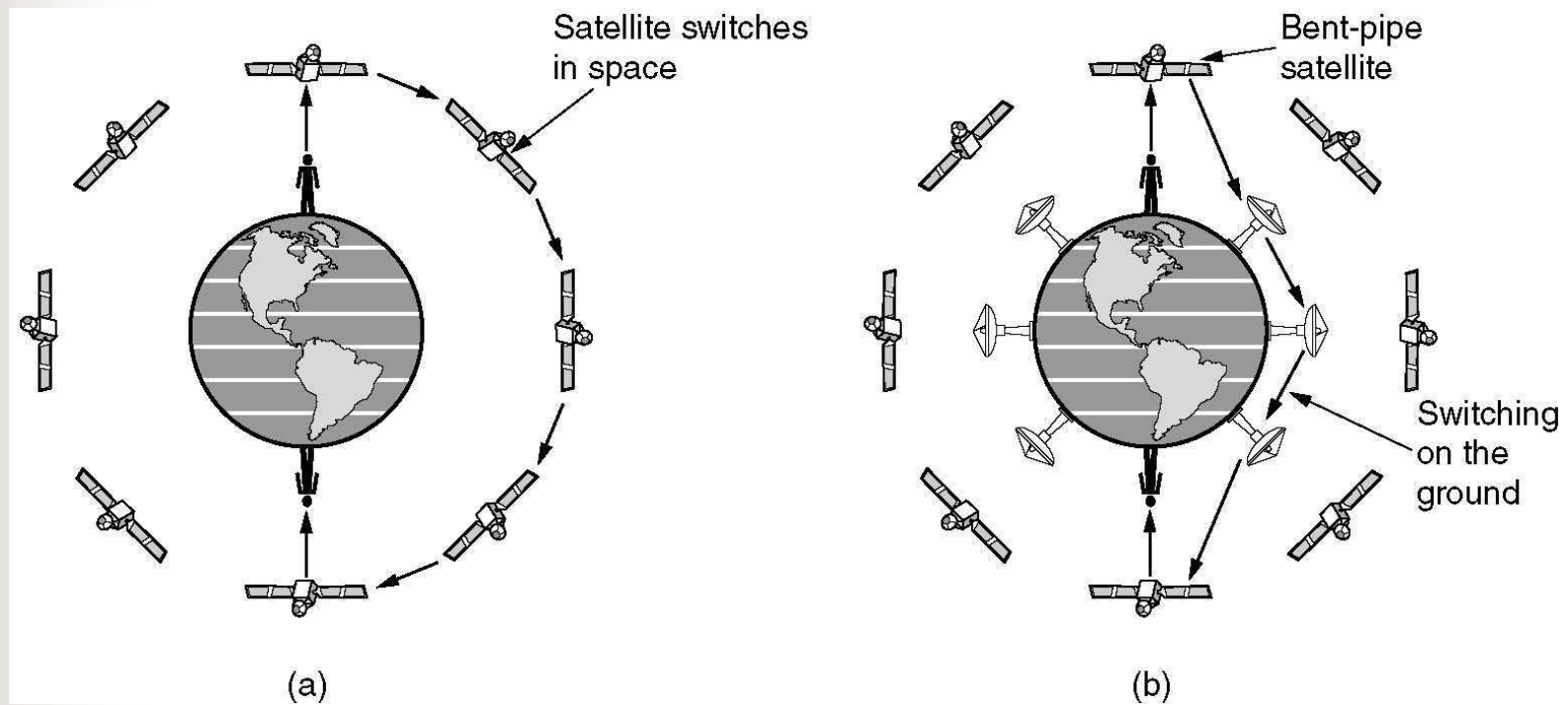
(a)



(b)

- (a) Iridium - 6 спутниковых ожерелий, со спутником (48 точечных лучей) через каждые 32 градуса широты
- (b) 1628 перемещающихся ячеек (по 174 дуплексных канала).

Globalstar(b)



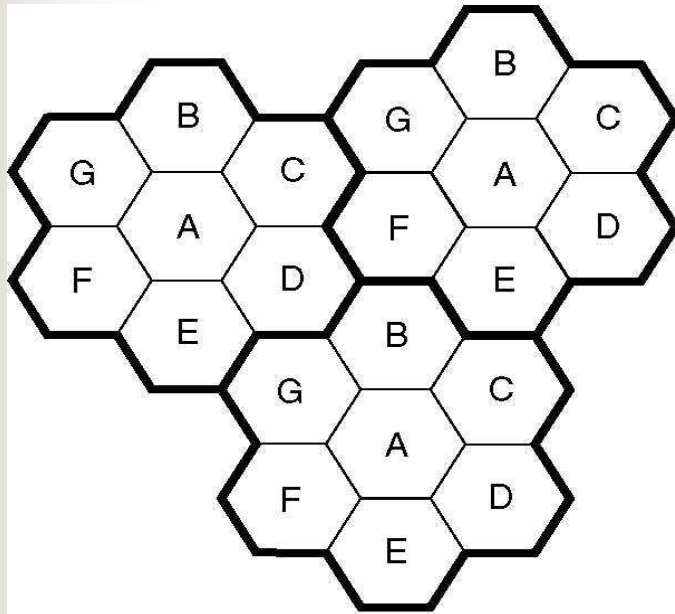
- 48 низкоорбитальных спутников
- Мощность сигнала телефона несколько милливатт



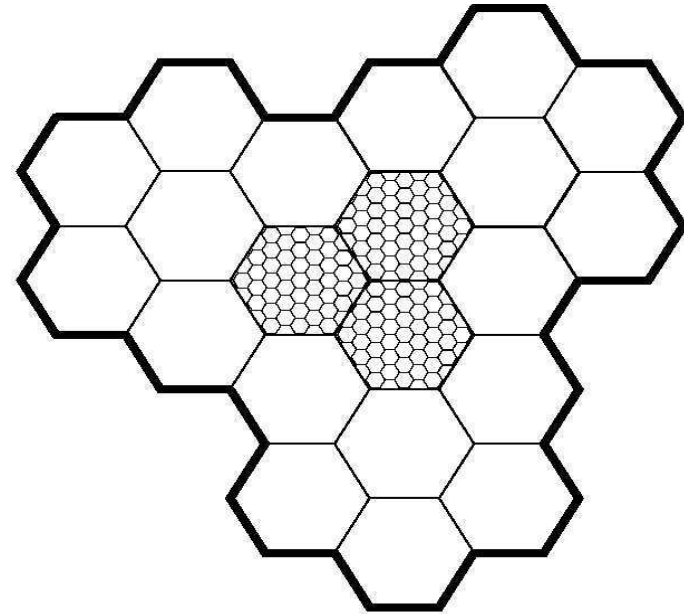
Мобильные телефонные системы

- Первое поколение мобильной телефонии (AMPS):
аналоговый голос
- Второе поколение мобильной телефонии (GSM, IS-95):
цифровой голос
- Третье поколение мобильной телефонии:
цифровой голос и данные (IMT-2000)

Первое поколение мобильной телефонии Advanced Mobile Phone System



(a)



(b)

- (a) В соседних сотах используются различные частоты.
- (b) Чтобы увеличить количество пользователей, можно уменьшить диаметр сот.



Категория каналов

832 канала делятся на 4 категории:

- Управляющие (от базы к мобильному телефону) для управления системой
- Пейджинговые каналы (от базы к мобильному телефону) для подачи сообщений мобильным пользователям
- Каналы доступа (двунаправленные) для установления соединения и назначения каналов
- Данные (двунаправленные) для голоса, факса или данных

GSM : Global System for Mobile Communications

GSM-1900 - в основном встречается в США и Канаде.

GSM-1800 - распространен в Европе, тихоокеанских странах Азии, Австралии и России.

GSM-900 - распространен в Европе, Азии, России

Time Division Multiple Access (TDMA),
многостанционный доступ с временным разделением каналов - метод доступа, при котором все абоненты передают свои сообщения на одной несущей частоте, но поочередно и в разные интервалы времени.

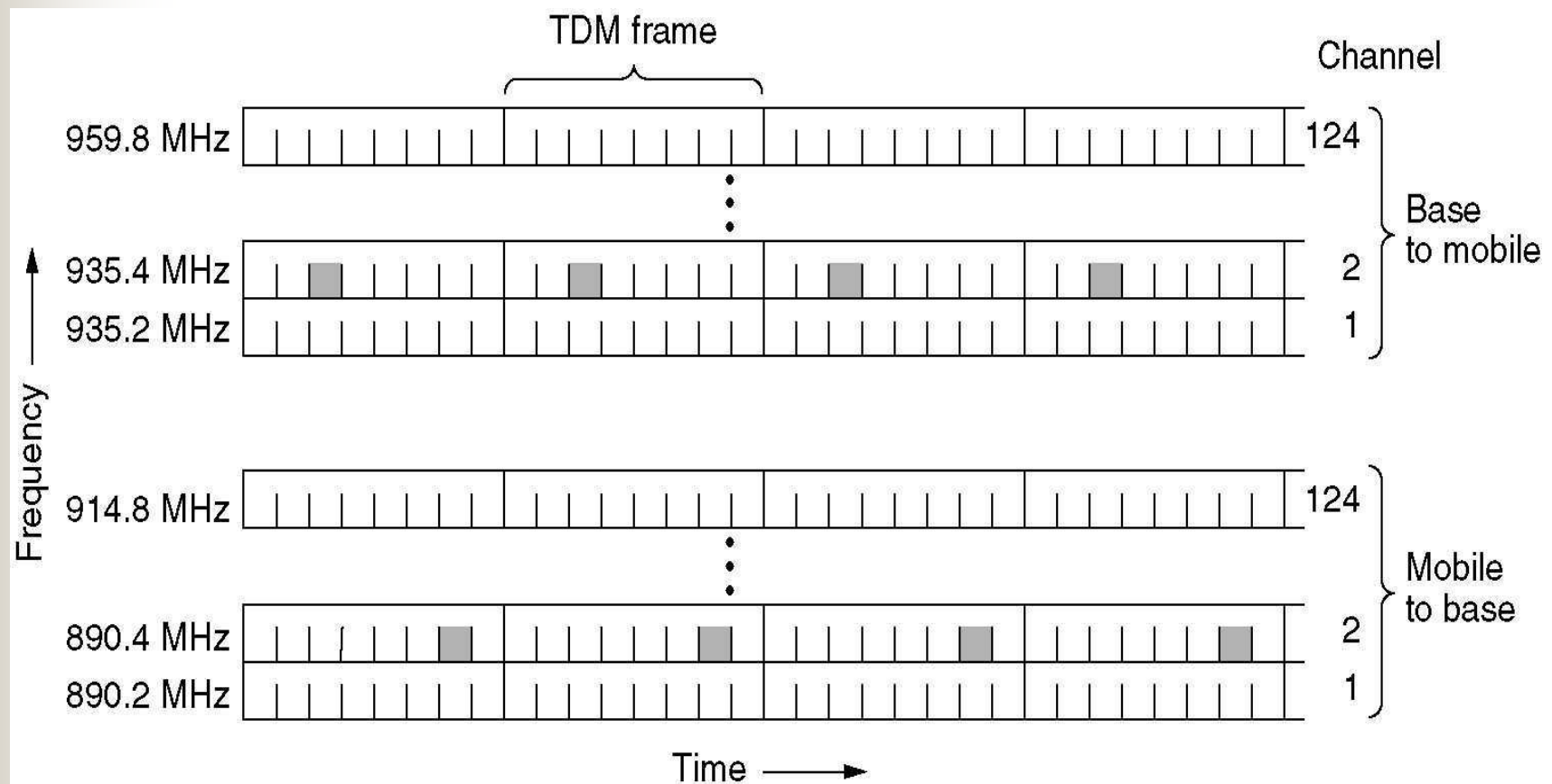
GSM : Global System for Mobile Communications

General Packet Radio Service (GPRS) – это служба пакетной передачи данных через радиointерфейс. Данный сервис обеспечивает постоянное подключение к сети Интернет при помощи и напрямую с мобильного телефона.

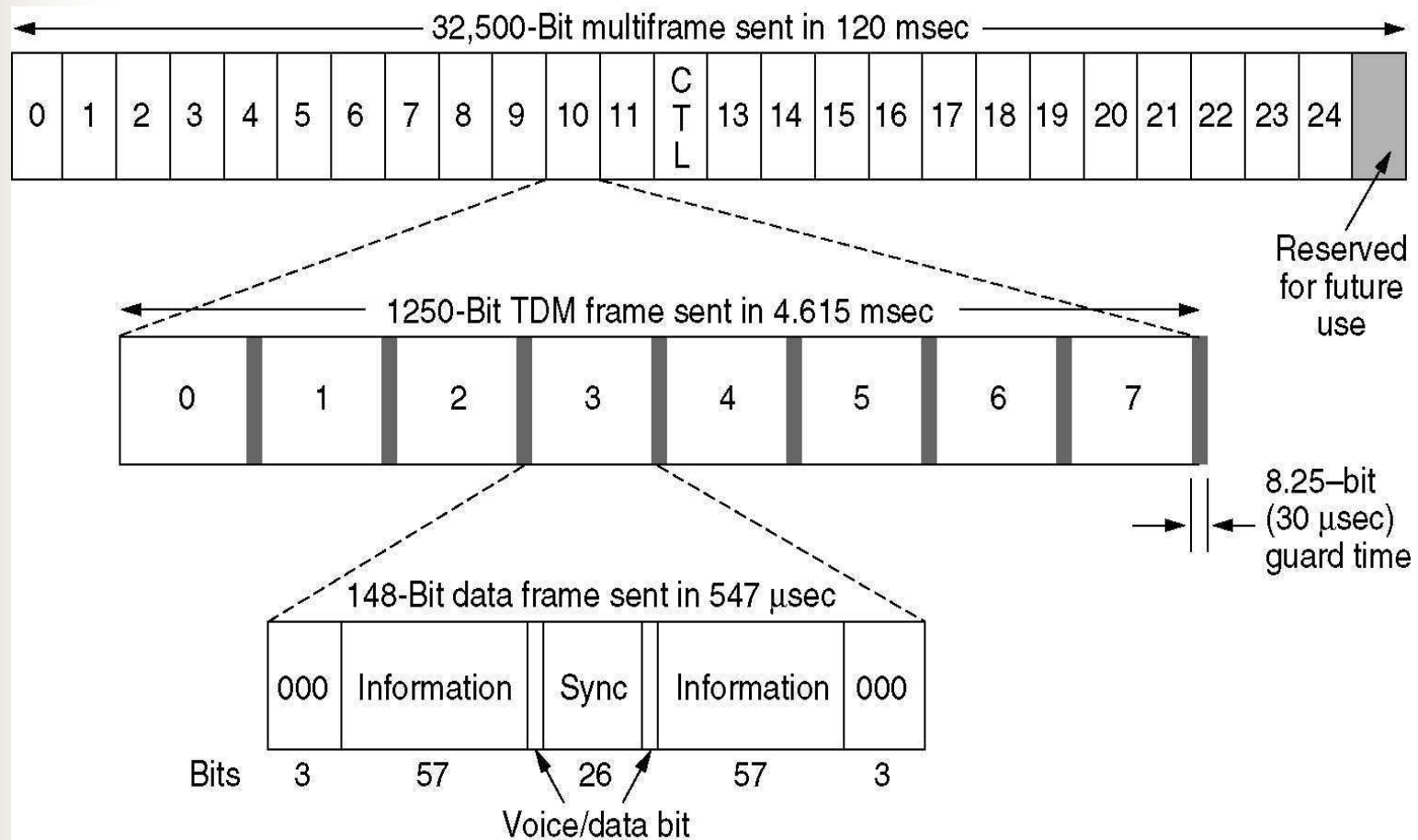
Wireless Application Protocol (WAP) - протокол беспроводного доступа к информационным и сервисным ресурсам глобальной сети Интернет непосредственно с мобильных телефонов. Информация в формате WAP представляется только в текстовом вид

GSM : Global System for Mobile Communications

GSM uses 124 frequency channels, each of which uses an eight-slot TDM system



GSM (2)





Управляющие каналы

- Широковещательный управляющий канал(от базы к мобильному телефону) содержит идентификаторы канала и станции, информацию о состоянии канала
- Выделенный канал управления для регистрации и установления параметров
- Канал общего управления:
 - Пейджинговый канал (от базы к мобильному телефону) информация о входящем звонке
 - Канал произвольного доступа- мобильная станция запрашивает интервал в выделенном управляющем канале, параметры соединения
 - Канал предоставления доступа

IS-95: CDMA – Code Division Multiple Access

Множественный доступ с кодовым разделением

A: 0 0 0 1 1 0 1 1
 B: 0 0 1 0 1 1 1 0
 C: 0 1 0 1 1 1 0 0
 D: 0 1 0 0 0 0 1 0

(a)

A: (-1 -1 -1 +1 +1 -1 +1 +1)
 B: (-1 -1 +1 -1 +1 +1 +1 -1)
 C: (-1 +1 -1 +1 +1 +1 -1 -1)
 D: (-1 +1 -1 -1 -1 -1 +1 -1)

(b)

Six examples:

-- 1 -	C	$S_1 = (-1 +1 -1 +1 +1 +1 -1 -1)$
- 1 1 -	B + \bar{C}	$S_2 = (-2 \ 0 \ 0 \ 0 +2 +2 \ 0 -2)$
1 0 - -	A + \bar{B}	$S_3 = (0 \ 0 -2 +2 \ 0 -2 \ 0 +2)$
1 0 1 -	A + B + C	$S_4 = (-1 +1 -3 +3 +1 -1 -1 +1)$
1 1 1 1	A + B + C + D	$S_5 = (-4 \ 0 -2 \ 0 +2 \ 0 +2 -2)$
1 1 0 1	A + B + \bar{C} + D	$S_6 = (-2 -2 \ 0 -2 \ 0 -2 +4 \ 0)$

(c)

$S_1 \bullet C = (1 +1 +1 +1 +1 +1 +1 +1)/8 = 1$
 $S_2 \bullet C = (2 +0 +0 +0 +2 +2 +0 +2)/8 = 1$
 $S_3 \bullet C = (0 +0 +2 +2 +0 -2 +0 -2)/8 = 0$
 $S_4 \bullet C = (1 +1 +3 +3 +1 -1 +1 -1)/8 = 1$
 $S_5 \bullet C = (4 +0 +2 +0 +2 +0 -2 +2)/8 = 1$
 $S_6 \bullet C = (2 -2 +0 -2 +0 -2 -4 +0)/8 = -1$

(d)

- (a) Binary chip sequences for four stations
- (b) Bipolar chip sequences
- (c) Six examples of transmissions
- (d) Recovery of station C's signal

CDMA – Code Division Multiple Access

Множественный доступ с кодовым разделением

- Коды Уолша- от базовой станции к абоненту (синхронизация передатчиков во всех каналах)
- Псевдошумовые коды- от абонента к базовой станции (не чувствительны к рессинхронизации)

SAMA(Spread ALOHA Multiple Access)-все передатчики используют одну кодовую последовательность.

Последовательности Баркера (кодировый вектор ортогонален самому себе, временный сдвиг сигналов различных передатчиков)

Walsh Codes

- Set of Walsh codes of length n consists of the n rows of an $n \times n$ Walsh matrix:

- $W_1 = (0)$ $W_{2n} = \begin{pmatrix} W_n & W_{2n} \\ W_n & \overline{W_n} \end{pmatrix}$

- n = dimension of the matrix
- Every row is orthogonal to every other row and to the logical not of every other row
- Requires tight synchronization
 - Cross correlation between different shifts of Walsh sequences is not zero



Третье поколение мобильной телефонии: цифровой голос и данные

Основные сервисы сетей IMT-2000 (CDMA, TDMA):

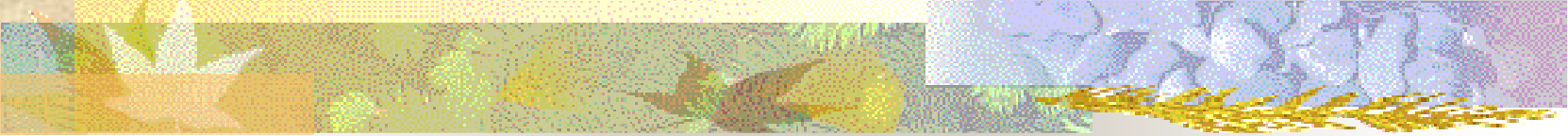
- Высокое качество передачи голоса
- Передача сообщений (e-mail, fax, SMS, chat)
- Мультимедиа (музыка, видео, фильмы, TV)
- Доступ в Internet (web surfing, w/multimedia.)

Масштабы беспроводных сетей



Беспроводные локальные сети

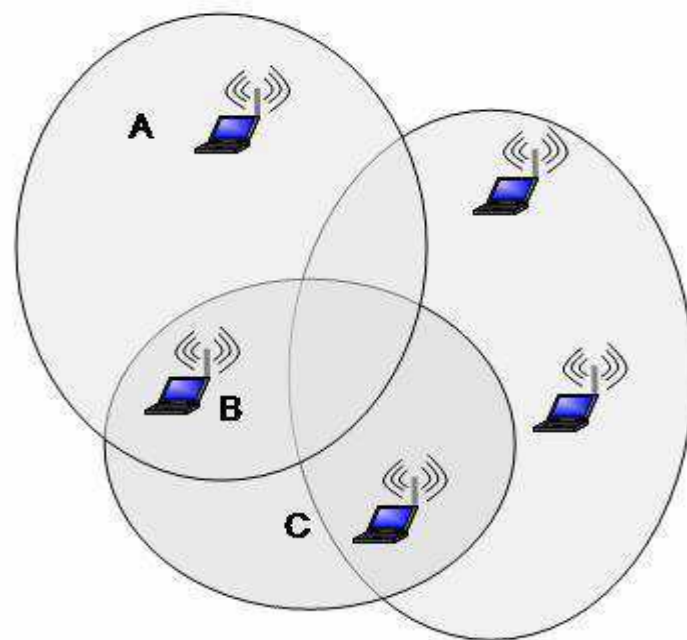
- «кочевой»- доступ в аэропортах, железнодорожных вокзалах
- Организация локальных сетей в зданиях в исторических зданиях
- временные локальные сети, например, при проведении конференций
- Расширения локальных сетей
- Связь зданий
- Резидентный доступ альтернативных операторов связи
- Мобильные локальные сети



Требования к беспроводным локальным сетям

- Производительность
- Число узлов
- Соединение с магистральной локальной сетью
- Обслуживаемая область
- Потребление питания от батарей
- Устойчивость передачи и безопасность
- Совместная работа нескольких сетей
- Работа без лицензий
- Переключение, роуминг
- Динамическая конфигурация

Беспроводные локальные сети

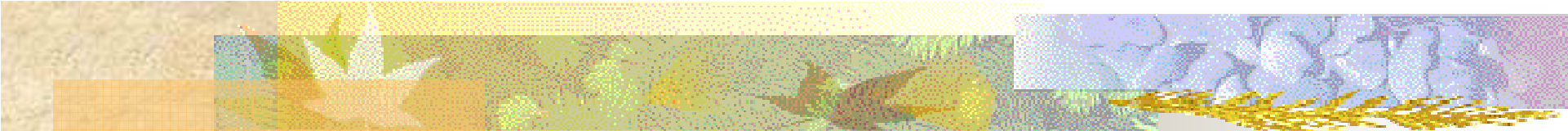


a) ad-hoc
wireless network



b) wireless
network with base
station

Рис. 11.8. Связность беспроводной LAN



Технологии беспроводных локальных сетей

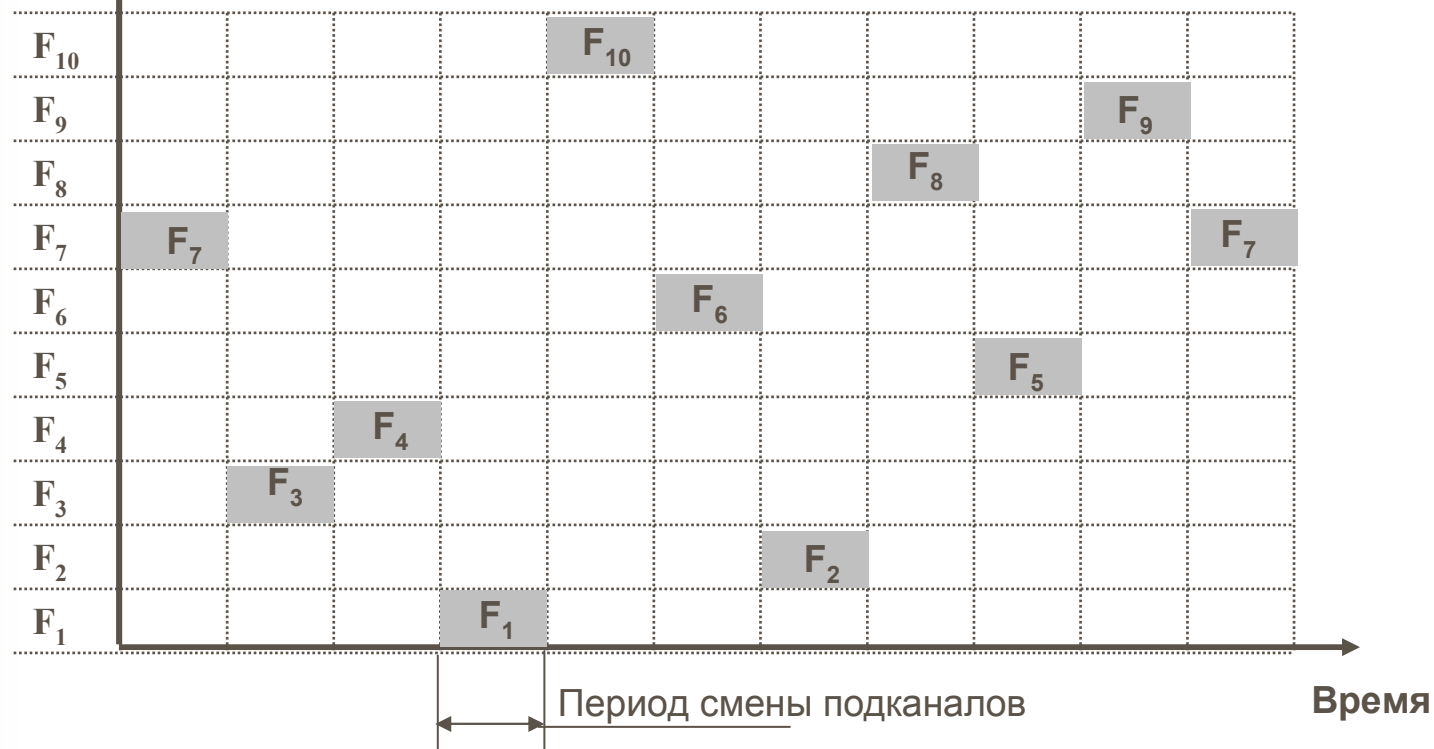
- Инфракрасные (infrared – IR) локальные сети
- Локальные сети с расширенным спектром
- Узкополосная СВЧ-передача



Технология широкополосного сигнала .

- **Частотная (FSK) и фазовая (PSK) манипуляции**
- **Техника расширенного спектра**
 - **метод расширения спектра скачкообразной перестройкой частоты (Frequency Hopping Spread Spectrum, FHSS)**
 - **метод прямого последовательного расширения спектра (Direct Sequence Spread Spectrum, DSSS)**
- **Ортогональное частотное мультиплексирование (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM)**

Частота



Последовательность скачков: $F_7-F_3-F_4-F_1-F_{10}-F_6-F_2-F_8-F_5-F_9$

Расширение спектра скачкообразной перестройкой частот
(Frequency Hopping Spread Spectrum, FHSS).



а) частота смены подканалов ниже, чем скорость передачи данных в канале

- Сигнал двоичного 0
- Сигнал двоичной 1

Рис. 10.13 а). Соотношение между информационной скоростью и скоростью переключения каналов



b) частота смены подканалов выше, чем скорость передачи данных в канале

Соотношение между информационной скоростью и частотой смены подканалов



Технология широкополосного сигнала .

■ Техника расширенного спектра

■ метод прямого последовательного расширения спектра (**Direct Sequence Spread Spectrum, DSSS**)

Каждый бит информации заменяется N битами (расширяющей последовательностью)

Примером значения расширяющей последовательности является *последовательность Баркера* (Barker), которая состоит из 11 бит: 10110111000.

Передача трех битов 110 ведет к передаче следующих битов:

10110111000 10110111000 01001000111.

Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS)

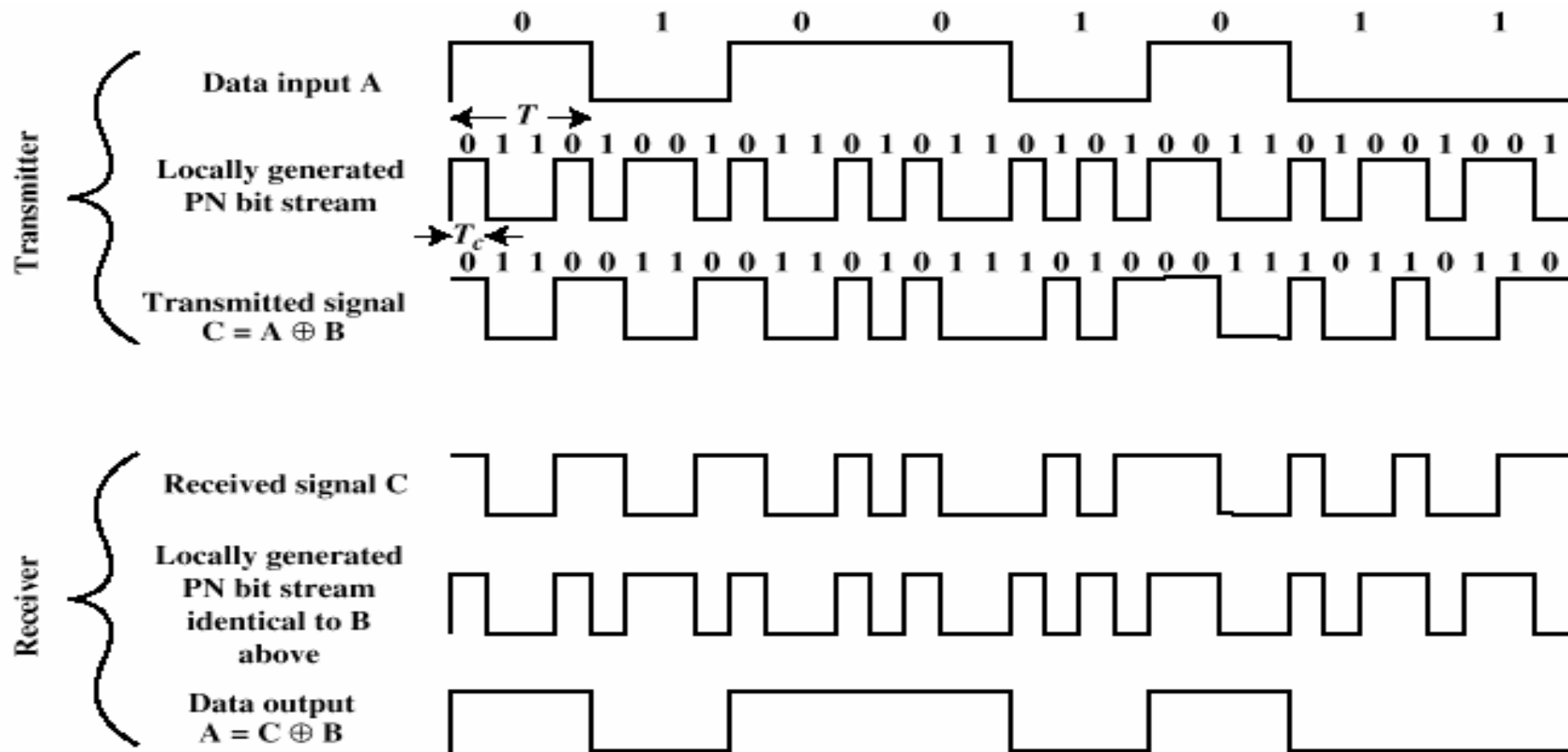


Figure 7.6 Example of Direct Sequence Spread Spectrum

DSSS Using BPSK

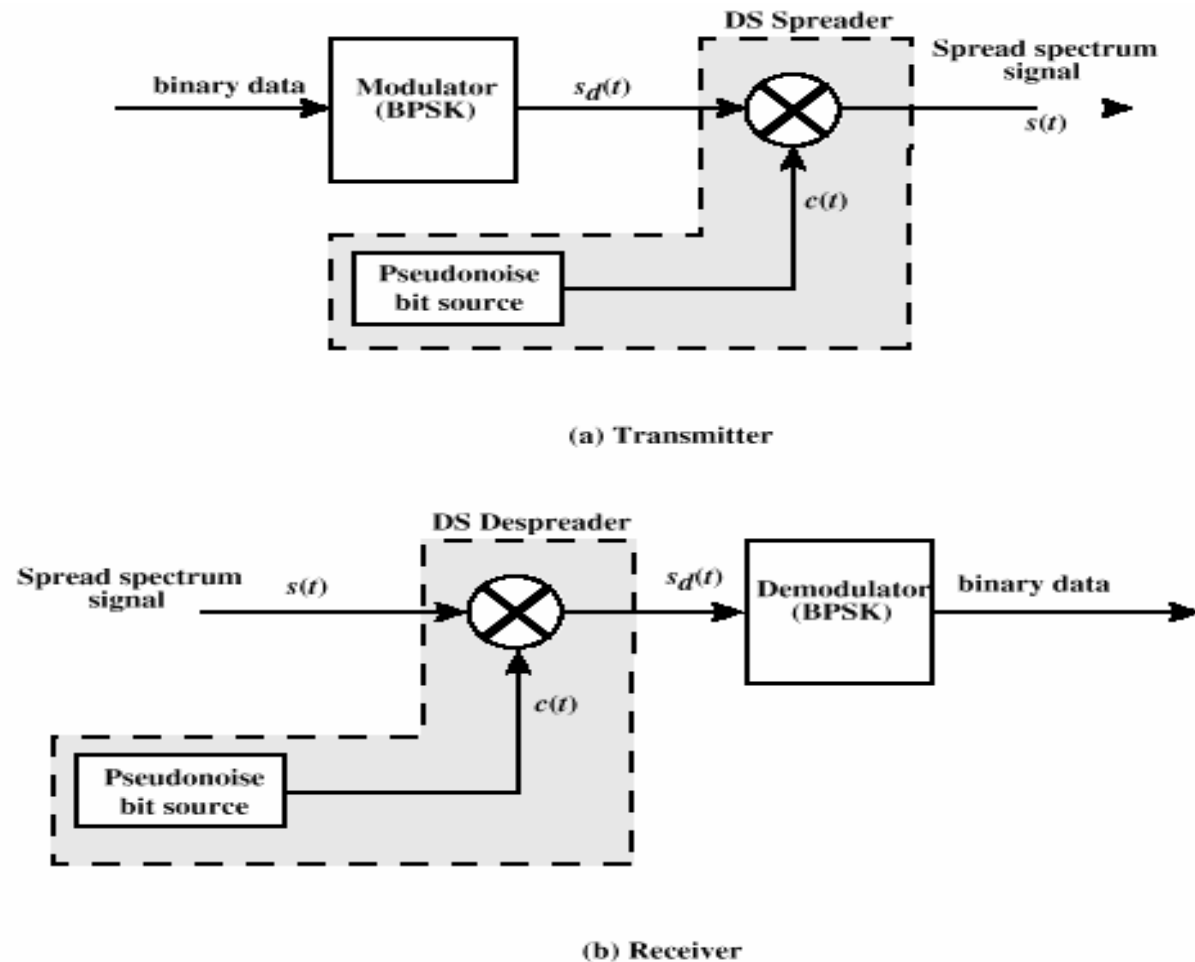
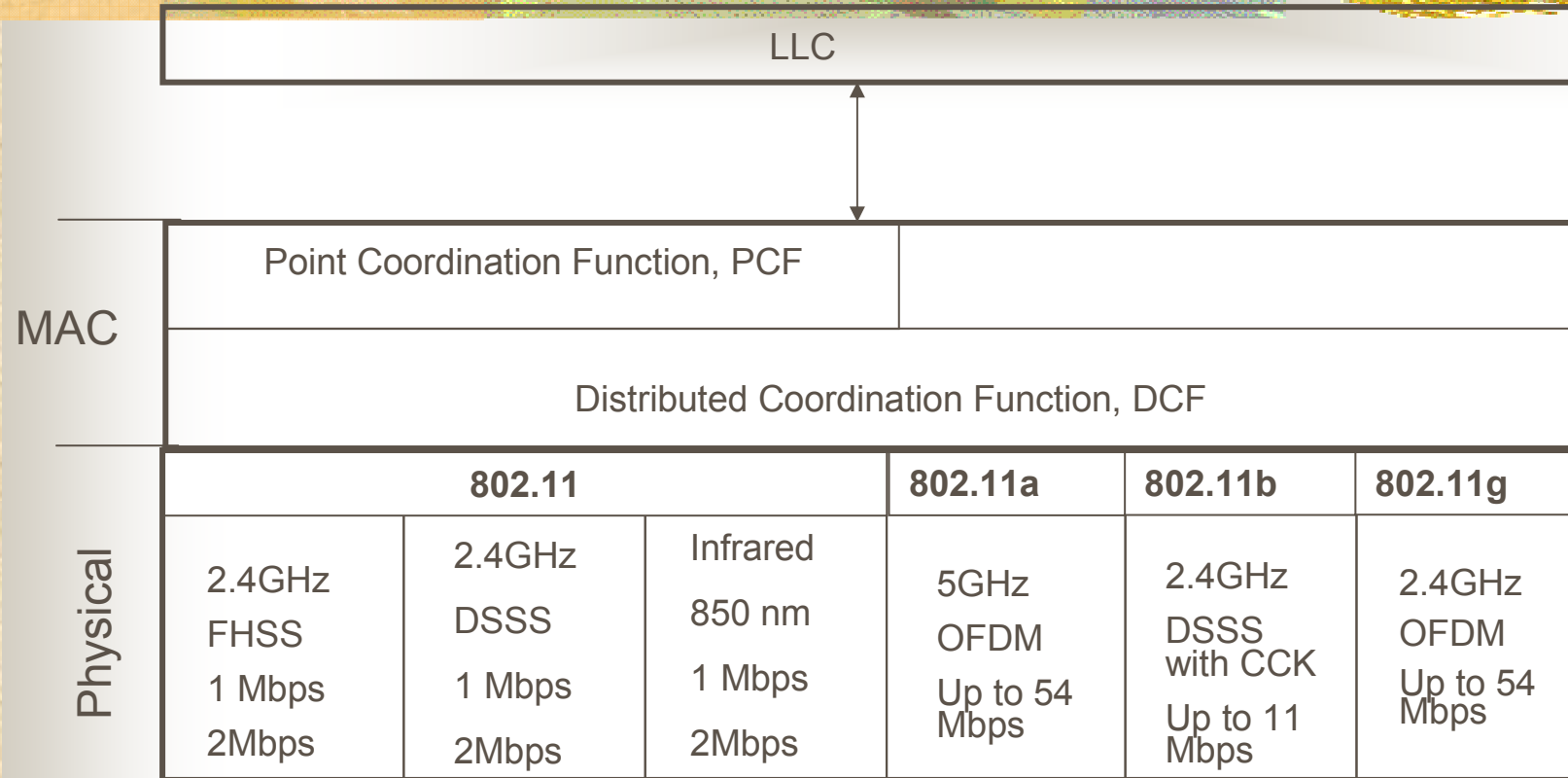


Figure 7.7 Direct Sequence Spread Spectrum System

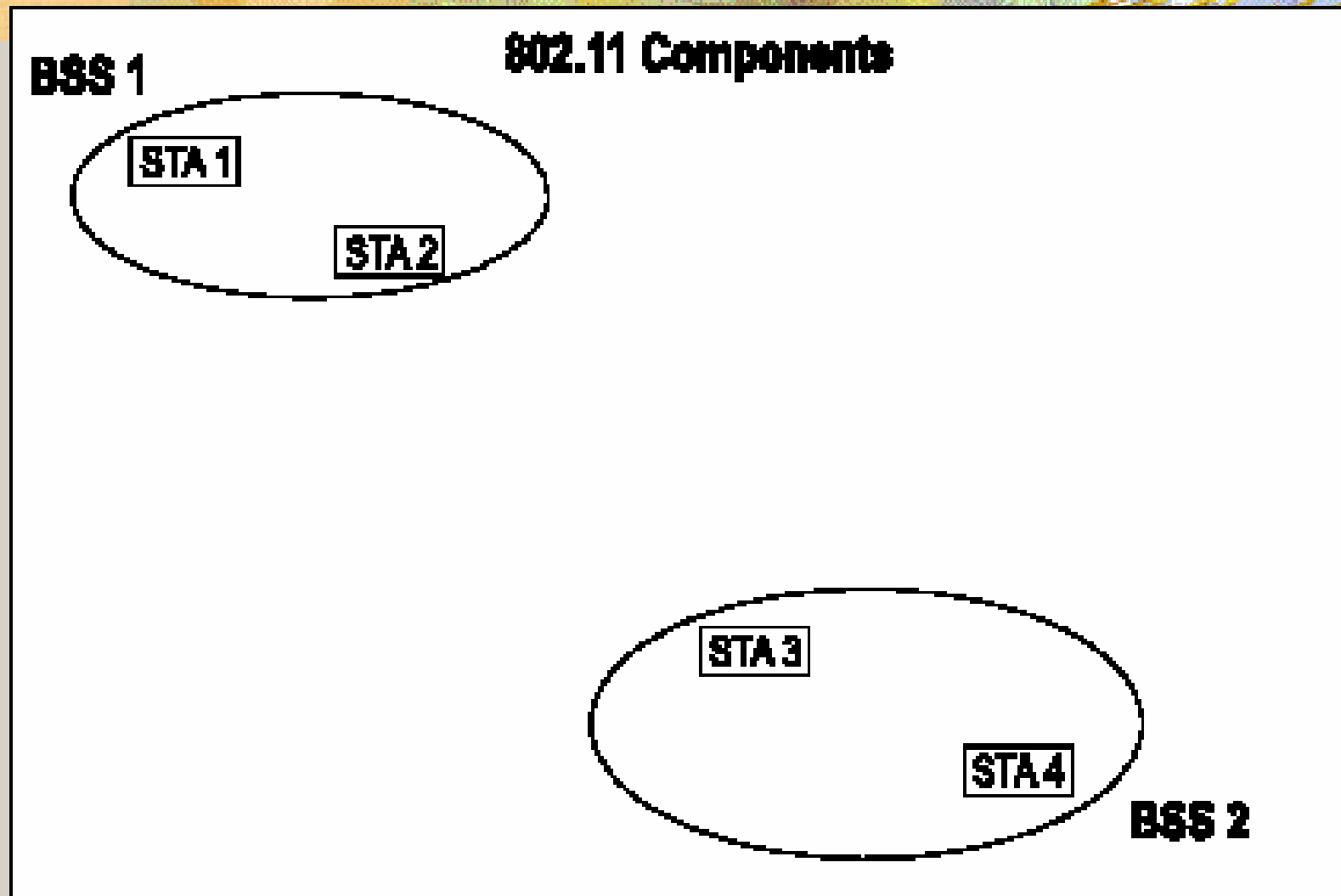
Множественный доступ с кодовым разделением (Code Division Multiple Access, CDMA)

- кодирование методом **DSSS** позволяет мультиплексировать несколько каналов в одном диапазоне. Техника такого мультиплексирования называется множественным доступом с кодовым разделением (**Code Division Multiple Access, CDMA**)
- каждый узел сети использует собственное значение расширяющей последовательности
- они являются взаимно ортогональными.



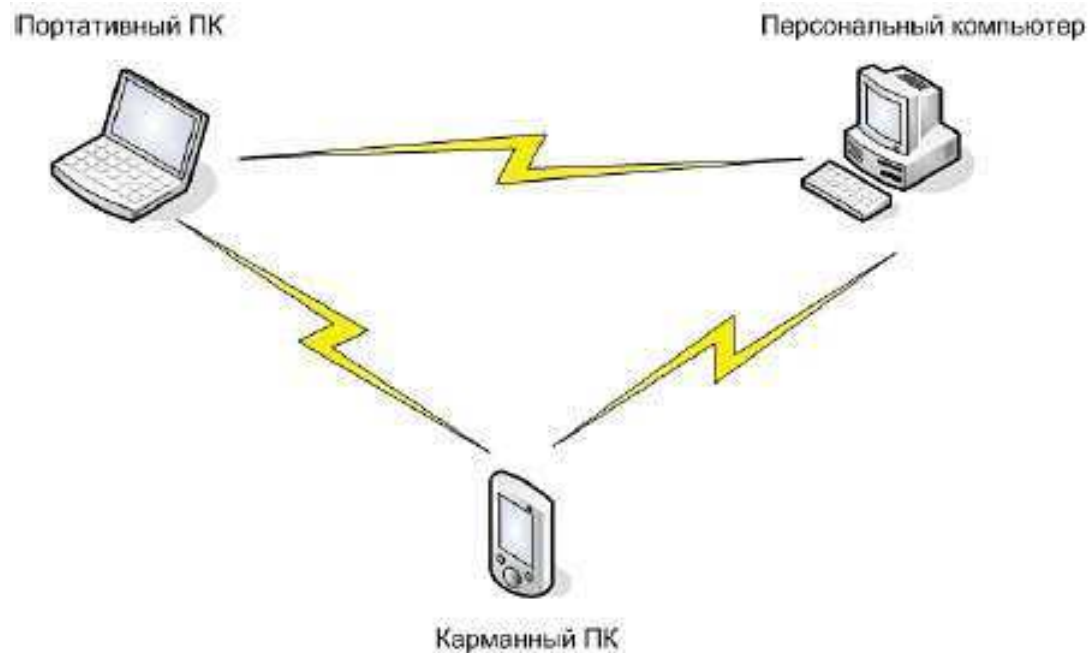
Стек протоколов IEEE 802.11

Топологии локальных сетей стандарта

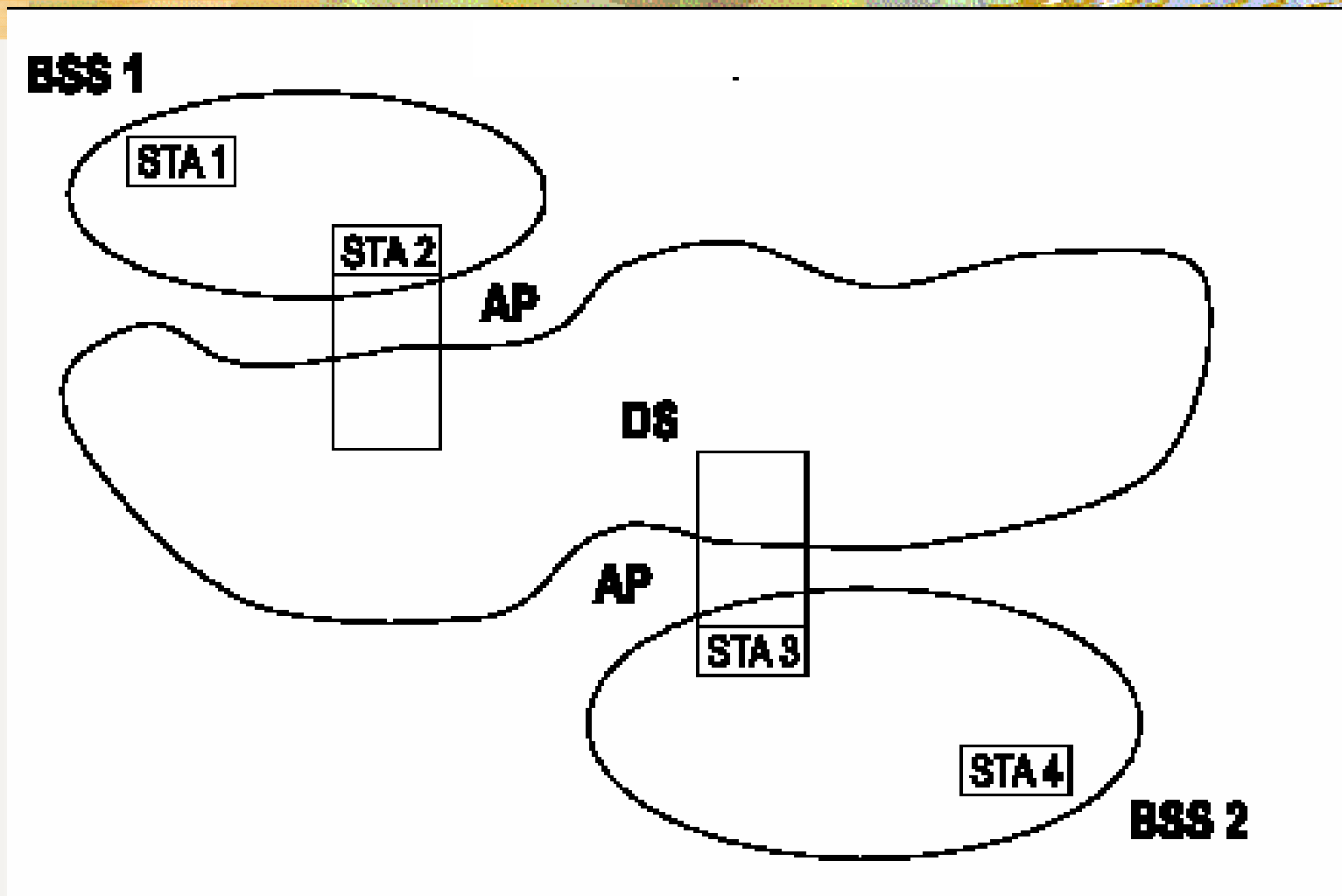


- Сети с базовым набором услуг

Топологии локальных сетей стандарта 802.11



- Сети с базовым набором услуг



Сеть с расширенным набором услуг



Сеть с расширенным набором услуг

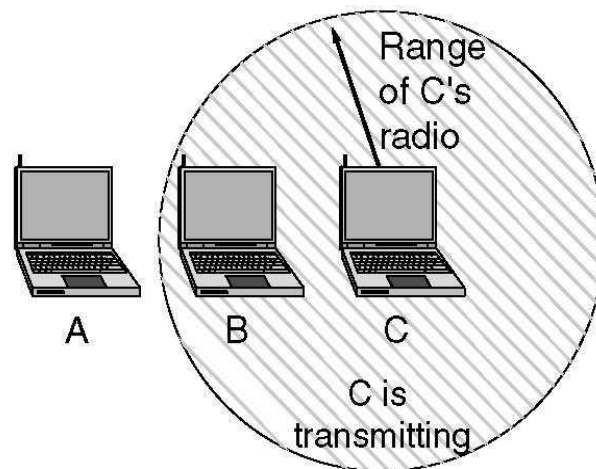
The 802.11 MAC Sublayer

Protocol

(a) Проблема скрытой станции.

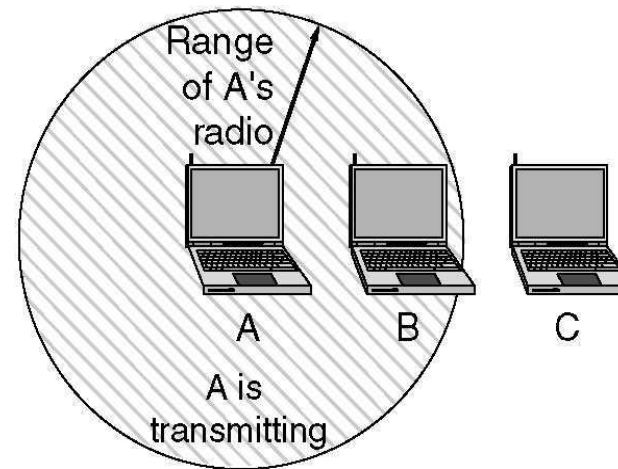
(b) Проблема засвеченной станции.

A wants to send to B
but cannot hear that
B is busy



(a)

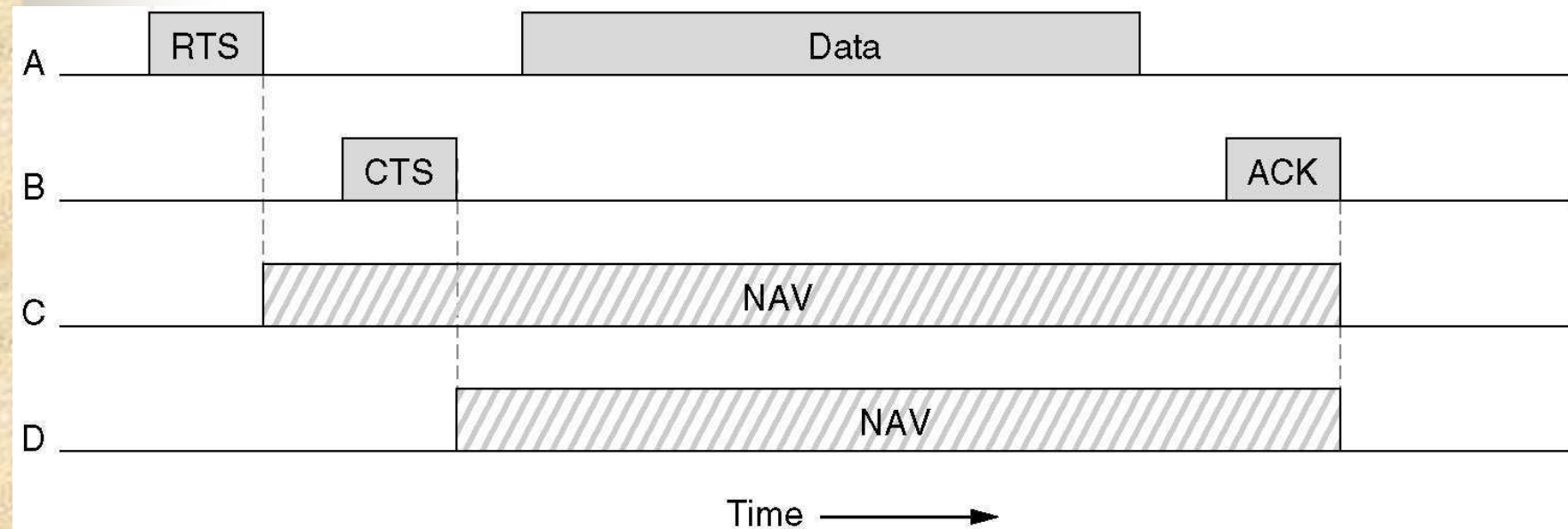
B wants to send to C
but mistakenly thinks
the transmission will fail



(b)

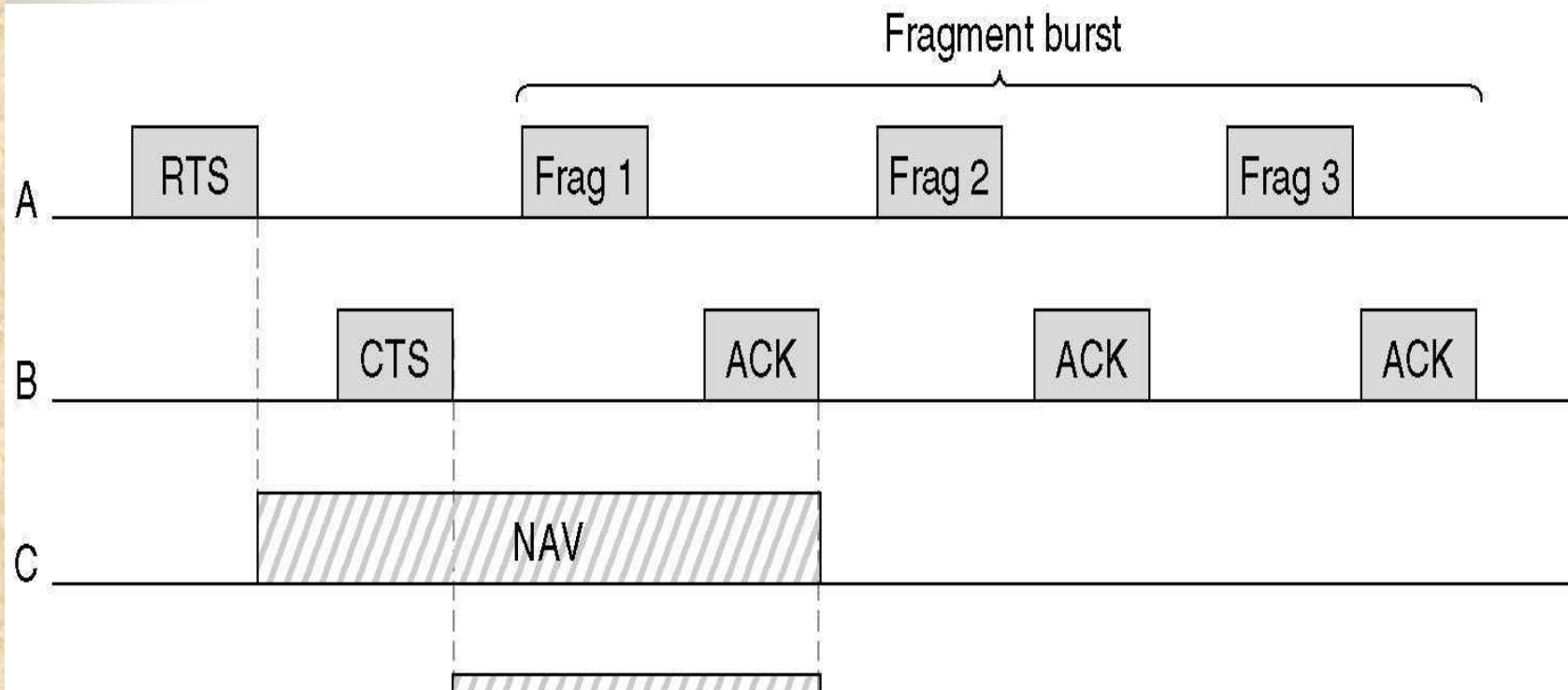
The 802.11 MAC Sublayer Protocol (2)

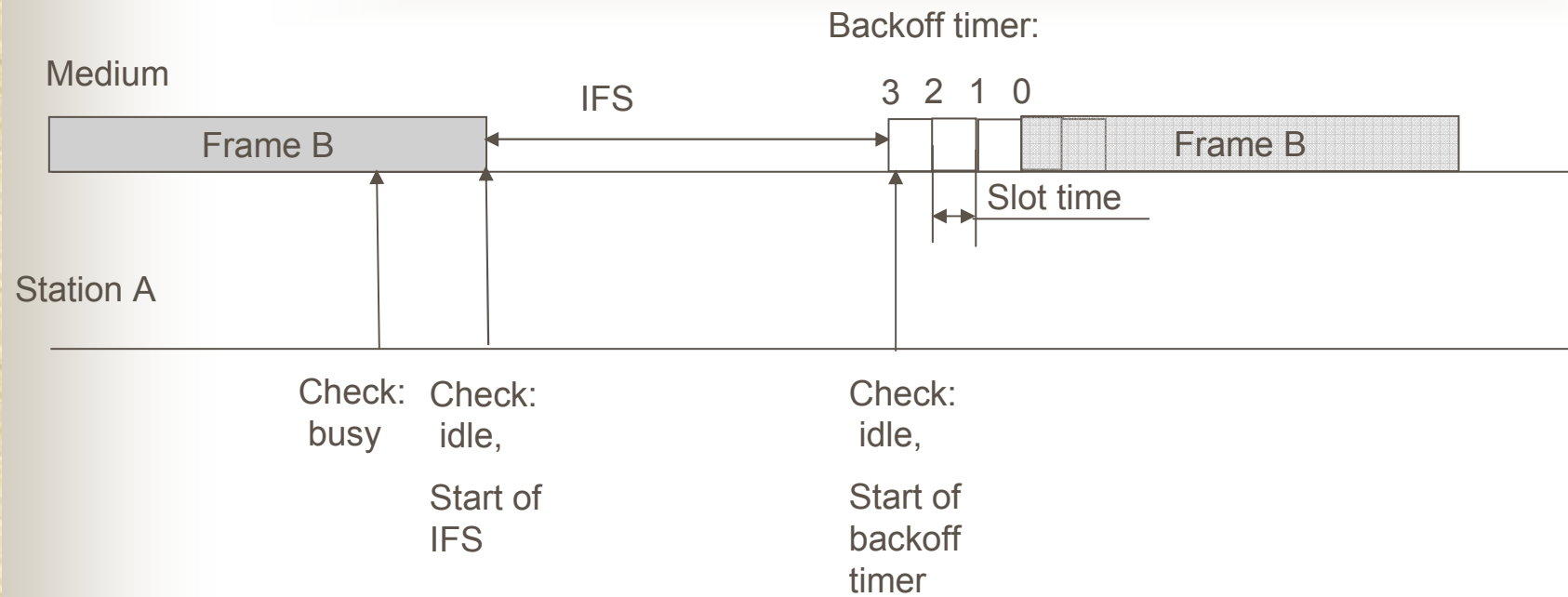
CSMA/CA-MACA(Multiple Access with Collision Avoidance).



The 802.11 MAC Sublayer Protocol (3)

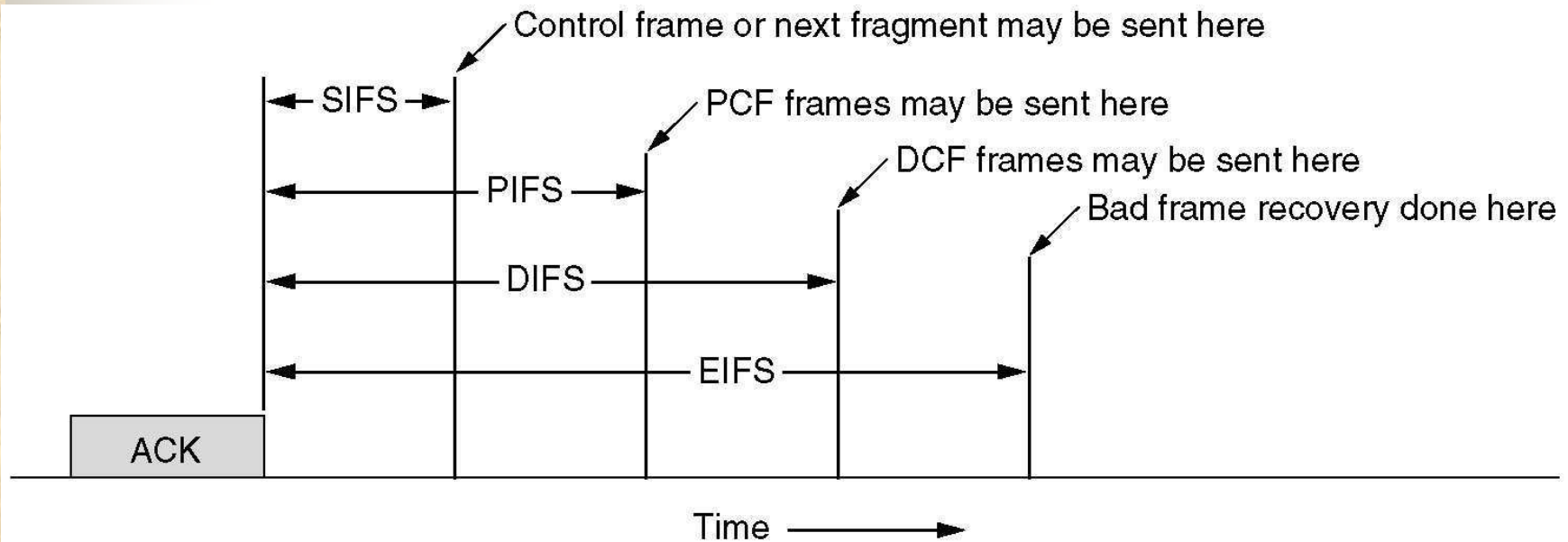
MACAW



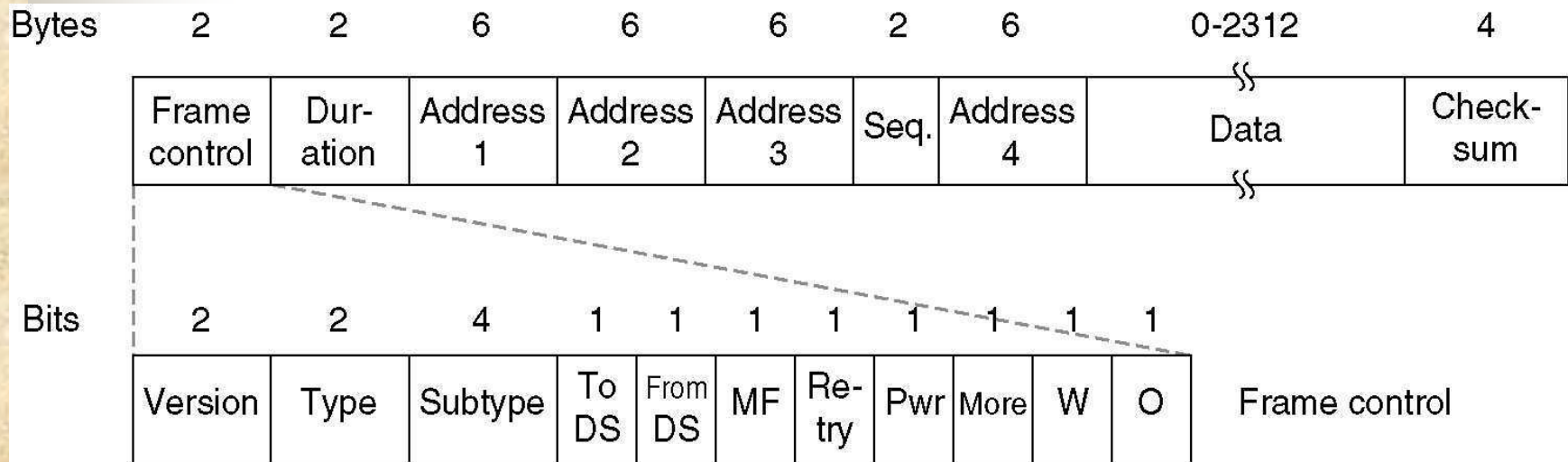


Режим доступа DCF.

The 802.11 MAC Sublayer Protocol (4)



The 802.11 Frame Structure





802.11 Services

Distribution Services

- Association
- Disassociation
- Reassociation
- Distribution
- Integration

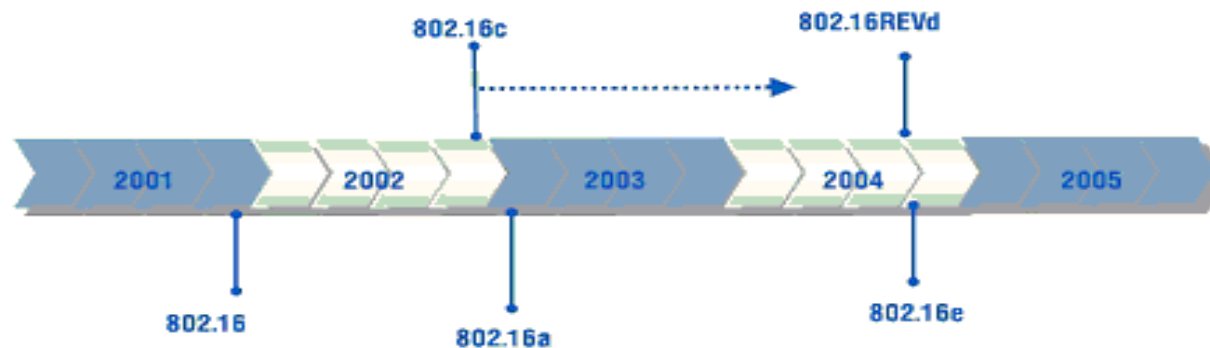


802.11 Services

Intracell Services

- Authentication
- Deauthentication
- Privacy
- Data Delivery

Эволюция стандарта WiMAX (802.16)



- Дальность действия: до 50 км.
- Рабочая частота: 2-11 ГГц.
- Максимальная скорость передачи данных: до 70 Мбит/с на сектор одной базовой станции. Типовая базовая станция имеет до шести секторов.
- Покрытие: расширенные возможности работы вне прямой видимости позволяют улучшить качество покрытия обслуживаемой зоны.



Плюсы WiMAX с точки зрения поставщика услуг связи

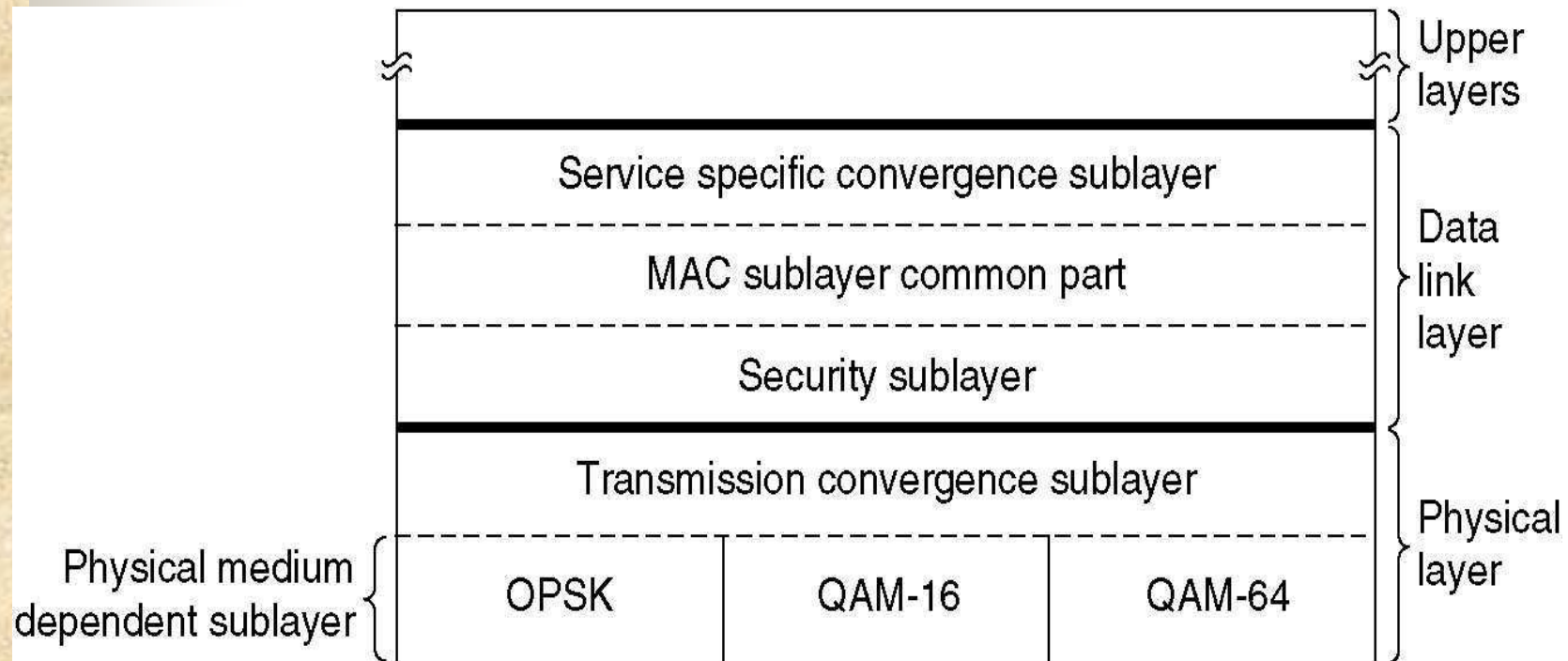
- Широкие возможности для масштабирования сети, что необходимо для одновременного обслуживания сотен тысяч пользователей одним узлом 802.16. Один узел содержит до шести секторов, каждый из которых по пропускной способности сопоставим с нагрузкой десятков линий T1 и сотен линий DSL.
- Тип передаваемой информации: данные, голос и видео.
- Отсутствие серьезного инвестиционного риска, так как нет необходимости в развертывании уникальной сети, кроме того, оборудование от различных производителей совместимо друг с другом.



Плюсы WiMAX с точки зрения потребителя

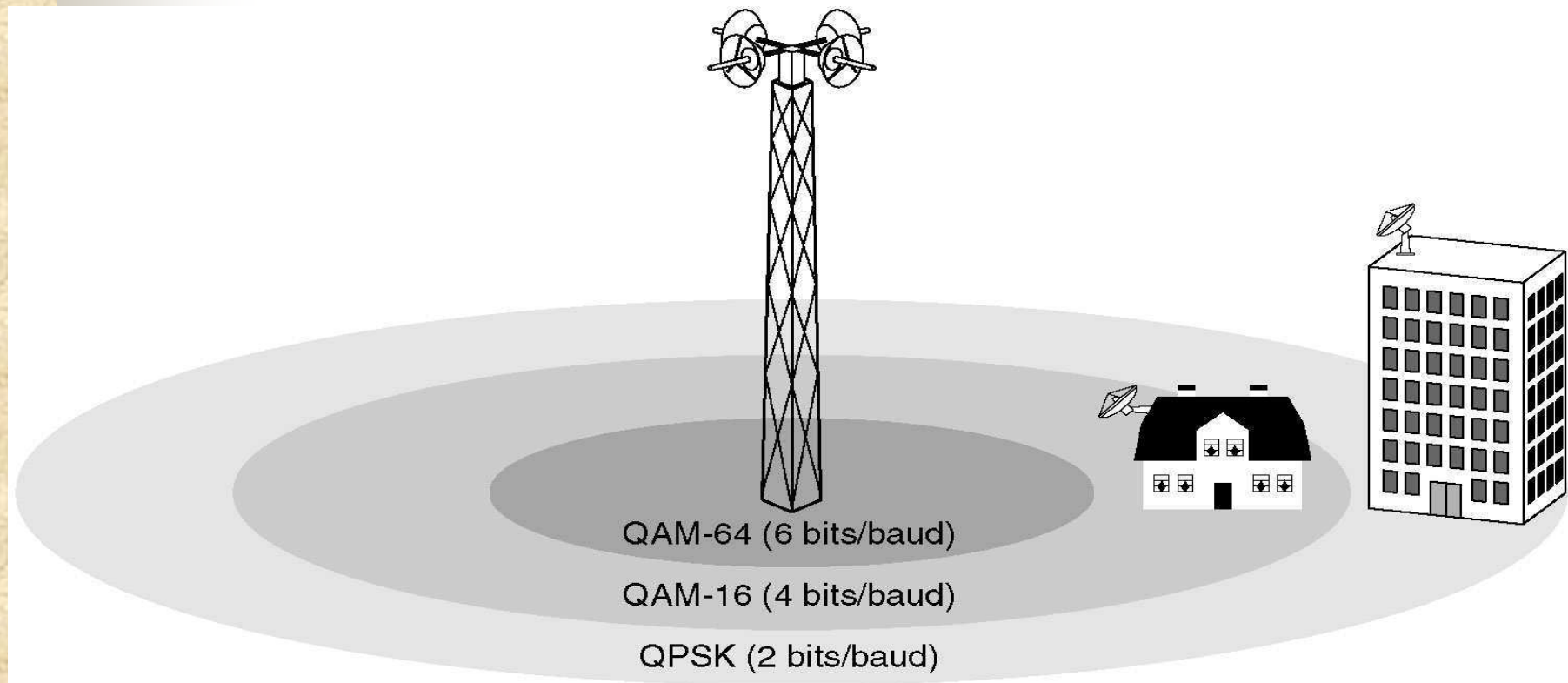
- Дешевизна широкополосного доступа в Интернет за счет удешевления аппаратуры "последней мили".
- Высокая скорость передачи данных.
- Качественное покрытие (стандарт 802.16 подразумевает покрытие как в пределах прямой видимости, так и с учетом препятствий).

The 802.16 Protocol Stack



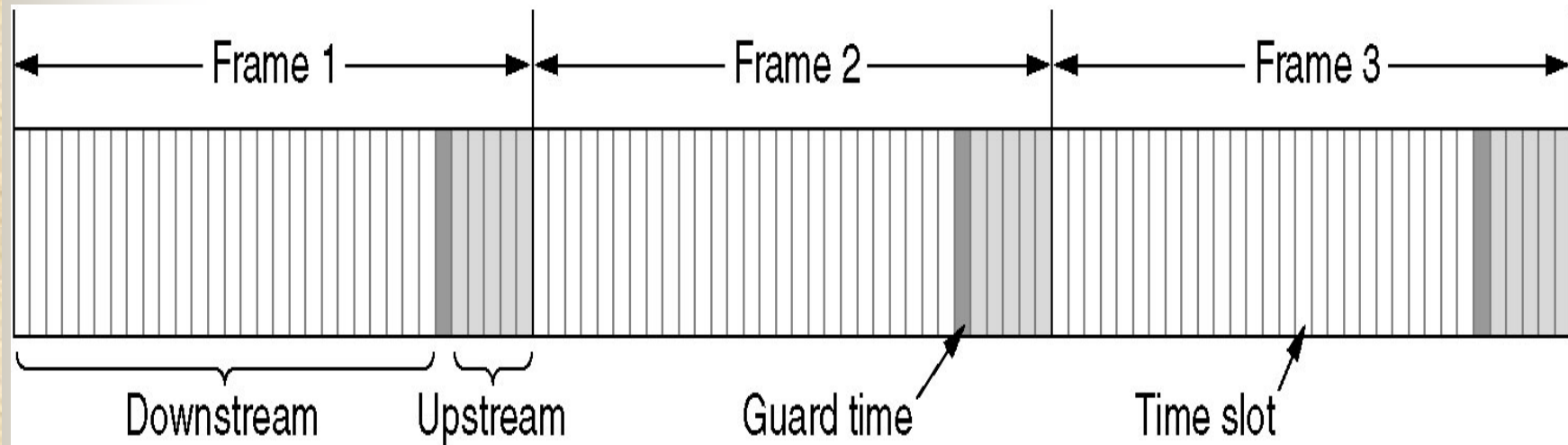
The 802.16 Physical Layer

The 802.16 transmission environment.



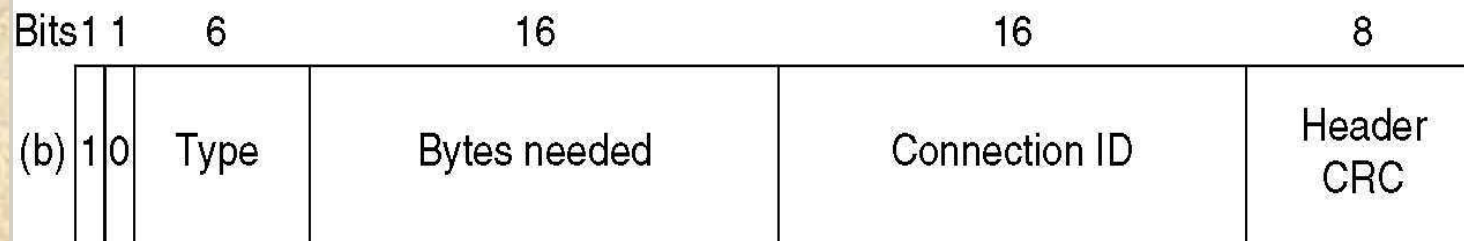
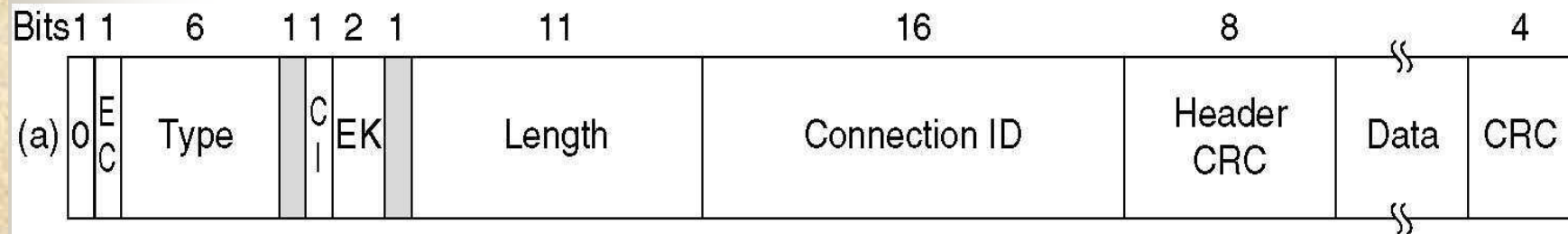
The 802.16 Physical Layer (2)

Frames and time slots for time division duplexing.



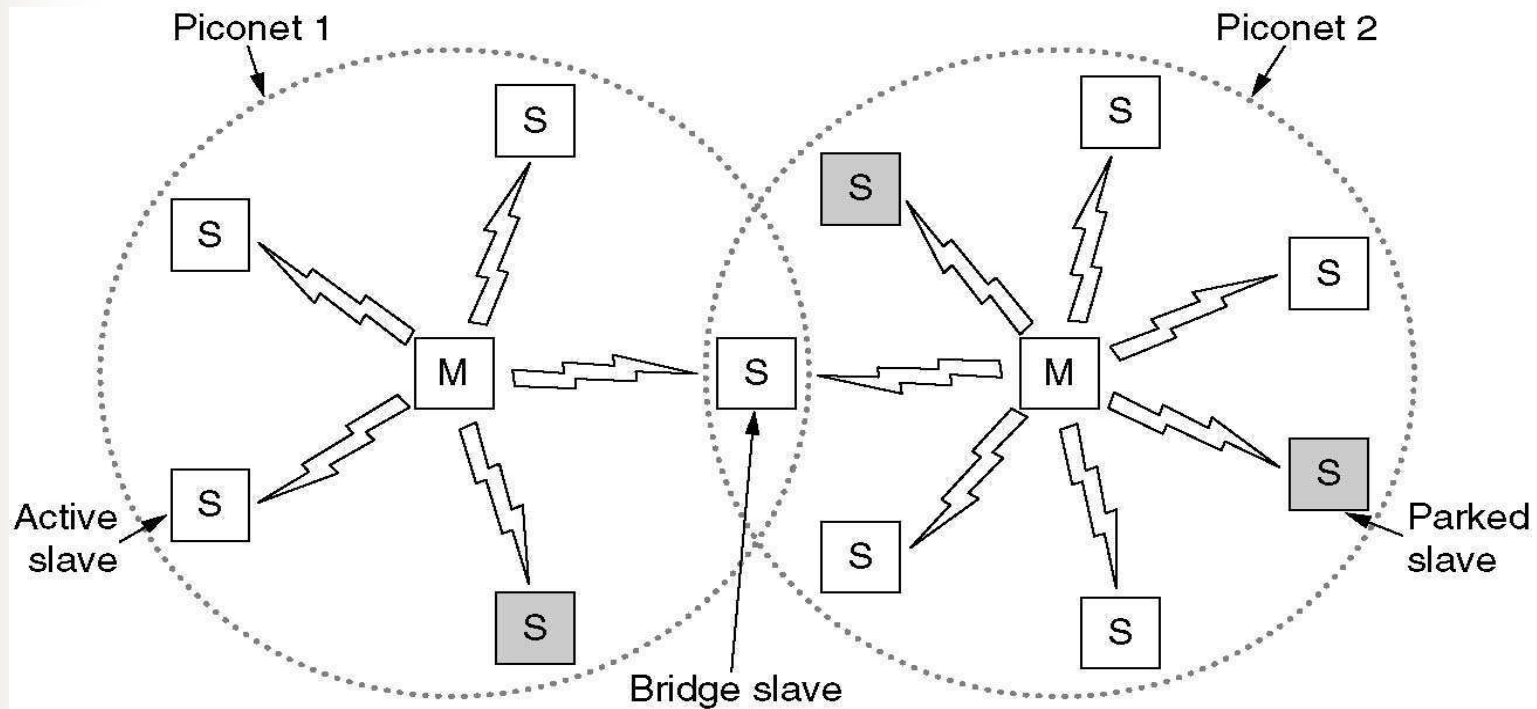
The 802.16 Frame Structure

(a) A generic frame. (b) A bandwidth request frame.



Bluetooth Architecture

Two piconets can be connected to form a scatternet.

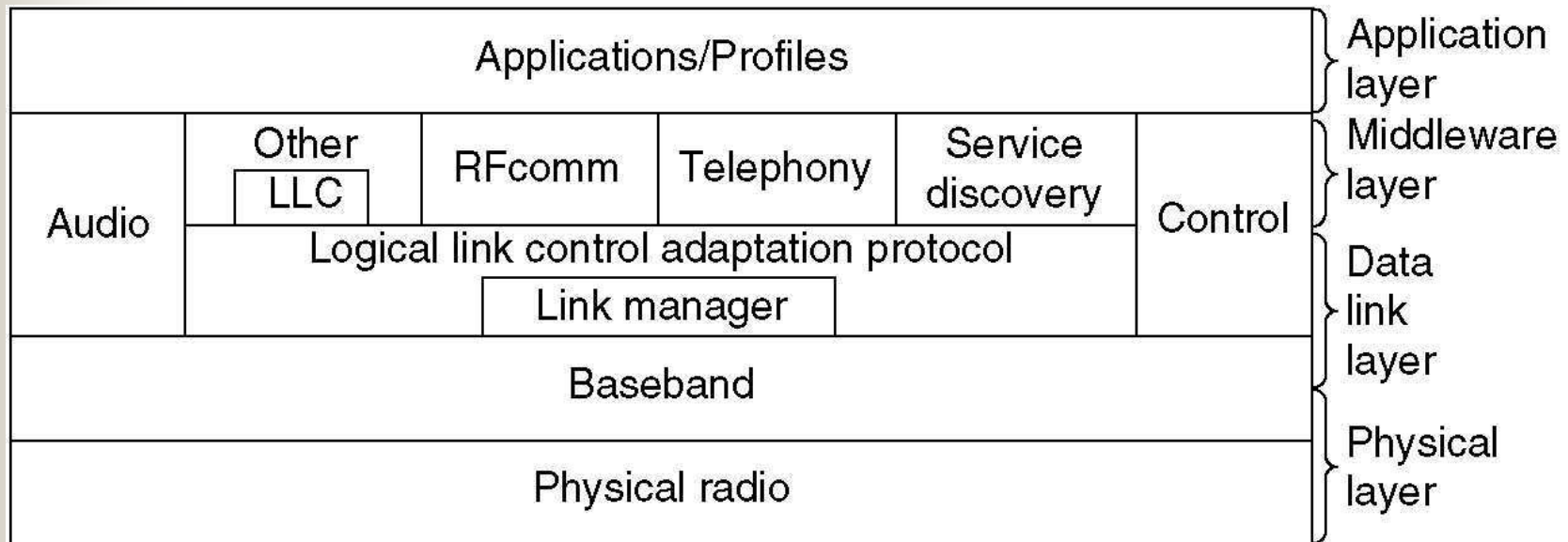


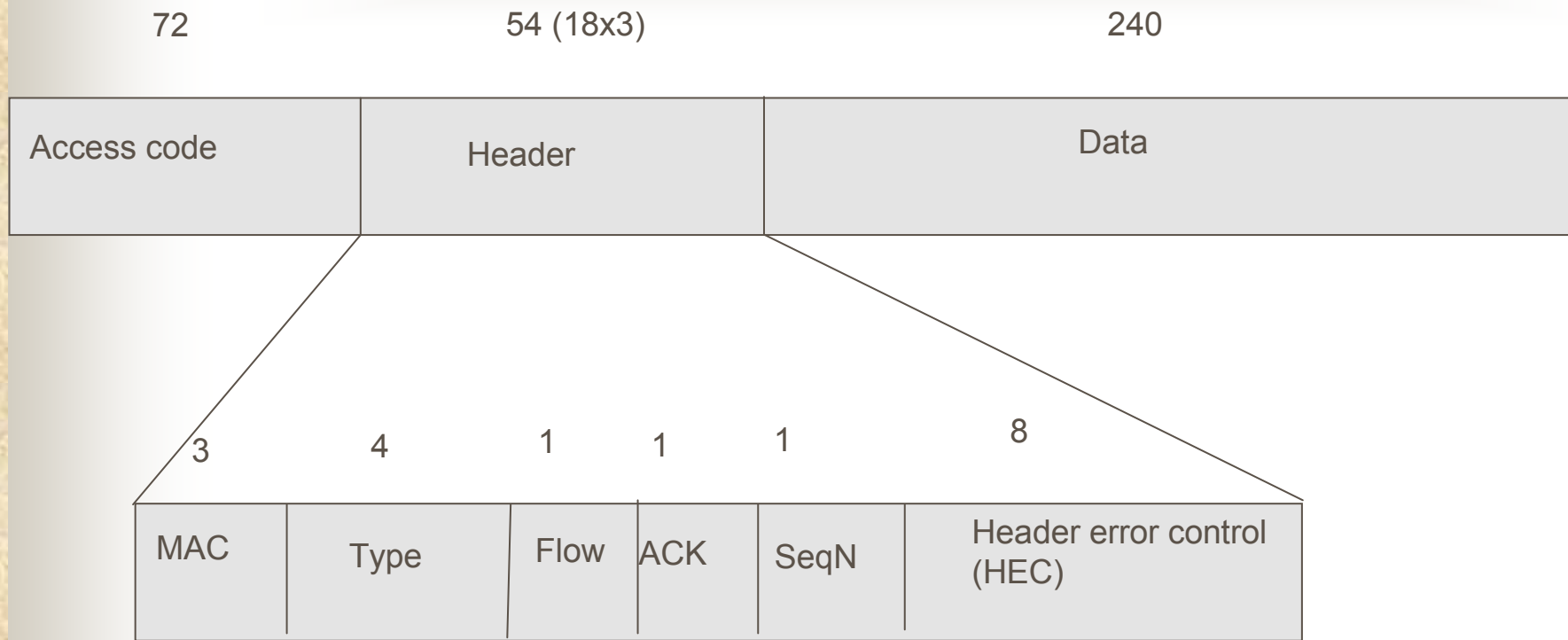
Bluetooth Applications

Name	Description
Generic access	Procedures for link management
Service discovery	Protocol for discovering offered services
Serial port	Replacement for a serial port cable
Generic object exchange	Defines client-server relationship for object movement
LAN access	Protocol between a mobile computer and a fixed LAN
Dial-up networking	Allows a notebook computer to call via a mobile phone
Fax	Allows a mobile fax machine to talk to a mobile phone
Cordless telephony	Connects a handset and its local base station
Intercom	Digital walkie-talkie
Headset	Intended for hands-free voice communication
Object push	Provides a way to exchange simple objects
File transfer	Provides a more general file transfer facility
Synchronization	Permits a PDA to synchronize with another computer

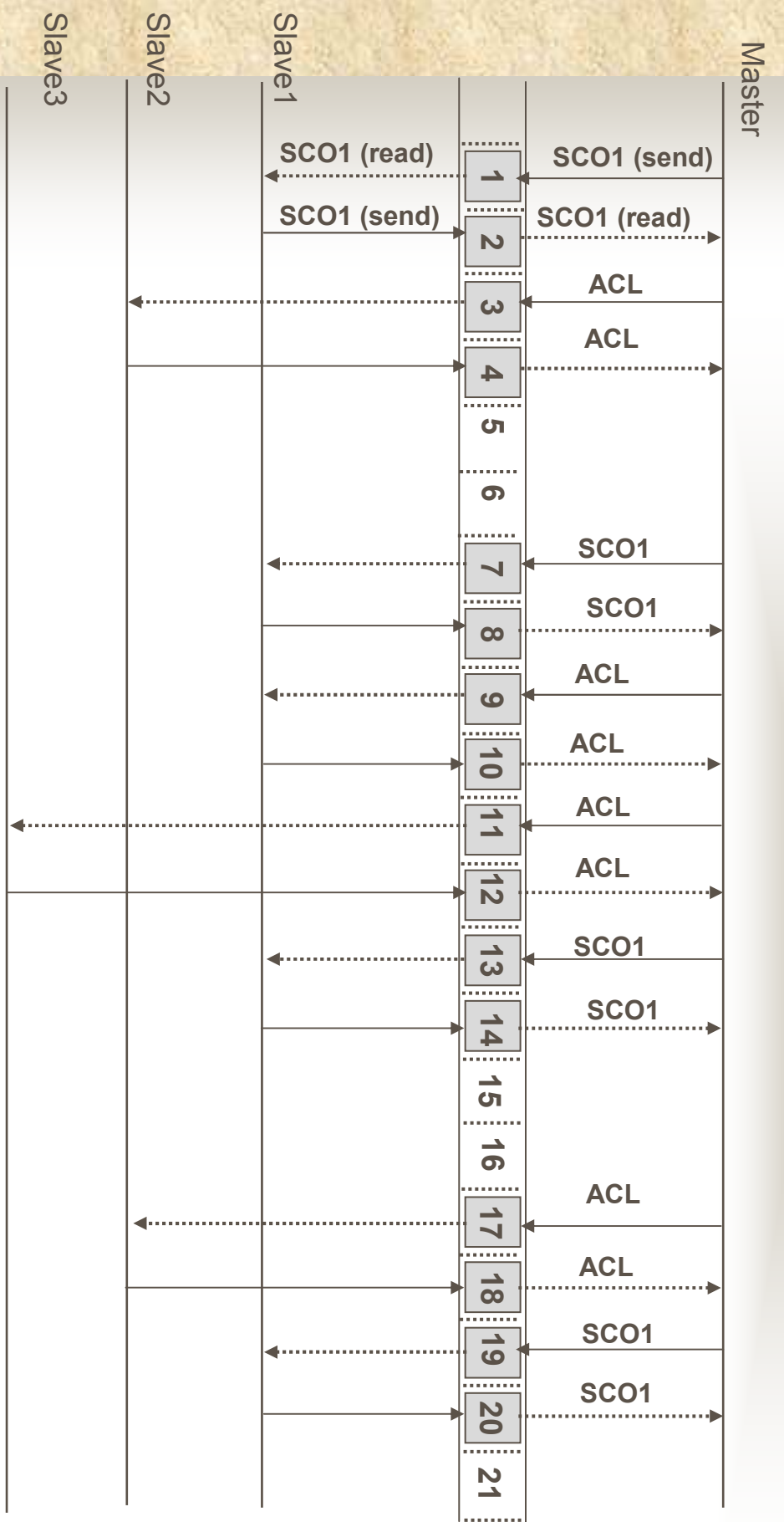
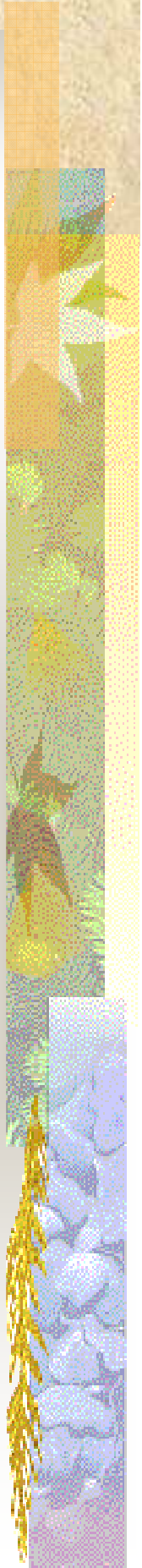
The Bluetooth Protocol Stack

The 802.15 version of the Bluetooth protocol architecture.





Формат кадра Bluetooth, состоящего из одного слота



Разделение среды

Wireless USB Promoter Group - 2004 (Agere Systems, HP, Intel, Microsoft, NEC, Philips и Samsung)

Пропускная способность- 480 Мбит/с на расстоянии 3 м, 110 Мбит/с на расстоянии 10 м;

Расширенные функции по управлению питанием:

- режимы Sleep/Listen/Wake;
- низкое удельное потребление при работе;

Безопасность:

- безопасное подключение и аутентификация устройств;
- малое количество служебной информации, минимизация влияния на производительность;
- защита на уровне приложения.

Простота использования: несложная инсталляция и настройка; обратная совместимость с проводной шиной USB; низкие затраты на реализацию