

Аппаратные средства телекоммуникационных систем

Вычислительные сети

Основные понятия

Аппаратные средства
телекоммуникационных систем.

Вычислительные сети

Вычислительные сети

- **Вычислительная сеть** - система, состоящая из двух или более удаленных ЭВМ, соединенных с помощью специальной аппаратуры и взаимодействующих между собой по каналам



Вычислительные сети

- **Локальная вычислительная сеть (ЛВС, локальная сеть; Local Area Network, LAN)** — компьютерная сеть, покрывающая относительно небольшую территорию или небольшую группу ЭВМ (дом, офис, фирма, институт).
- **Глобальная вычислительная сеть, ГВС (Wide Area Network, WAN)** — компьютерная сеть, охватывающая большие территории и включающая большое число узлов.
 - Глобальные вычислительные сети служат для объединения разрозненных сетей.
 - **MAN (Metropolitan Area Network)**. соединение систем в пределах города или страны.
 - **WAN (Wide Area Network)**. Сеть нескольких стран.
 - **VAN (Virtual Area Network)**. Сеть виртуально созданного сегмента

Локальные сети

- Ethernet стал самой распространённой технологией ЛВС в середине 1990-х годов, вытеснив технологии Token Ring, FDDI и ARCNET.

Характеристики	FDDI	DXI Ethernet	Token Ring	ArcNet
Скорость передачи	100 Мбит/с	10 (100) Мбит/с	16 Мбит/с	2,5 Мбит/с
Топология	кольцо	шина	кольцо/звезда	шина, звезда
Среда передачи	оптоволокно, витая пара	коаксиальный кабель, витая пара, оптоволокно	витая пара, оптоволокно	коаксиальный кабель, витая пара, оптоволокно
Метод доступа	маркер	CSMA/CD	маркер	маркер
Максимальная протяженность сети	100 км	2500 м	4000 м	6000 м
Максимальное количество узлов	500	1024	260	255
Максимальное расстояние между узлами	2 км	2500 м	100 м	600 м

Беспроводные сети

WLAN, WMAN, Mobile WMAN

Название	Стандарт	Тип	Скорость	Расстояние	Частота
Wi-Fi	802.11a	WLAN	54Мбит/с	100m	5,0 ГГц
	802.11b		11Мбит/с		2,4 ГГц
	802.11g		54Мбит/с		2,4 ГГц
	802.11n		300 -450-600 Мбит/с		2.4-5.0ГГц
	802.11ac		3.39 Гбит/с - клиент; 6.77 Гбит/с - AP		2.4-5.0ГГц
WiMax	802.16d	WMAN	75 Мбит/с	6-10 км	1,5—11 ГГц
	802.16e	Mobile WMAN	40 Мбит/с	1—5 км	2,3—13,6 ГГц
	802.16m	WMAN, Mobile WMAN	1 Гбит/с (WMAN), 100 Мбит/с (Mobile WMAN)	в разработке	

Беспроводные сети WPAN

Название	Стандарт	Скорость	Расстояние	частота
Bluetooth v. 1.1	802.15.1	0,7 Мбит/с	10 м	2,4 ГГц
Bluetooth v. 2.0	802.15.3	3 Мбит/с	100 м	
Bluetooth v. 3.0	802.11	3 -24 Мбит/с		
UWB	802.15.3a	110—480 Мбит/с	10 м	3,1—10,6 ГГц
ZigBee	802.15.4	20 -250 Кбит/с	1—100 м	2,4 ГГц (16 каналов), 915 МГц (10 каналов), 868 МГц (один канал)
Инфракрасный порт	IrDa	16 Мбит/с	5-50 см, односторонняя связь — до 10 м	

Эталонные модели и стеки протоколов вычислительных сетей

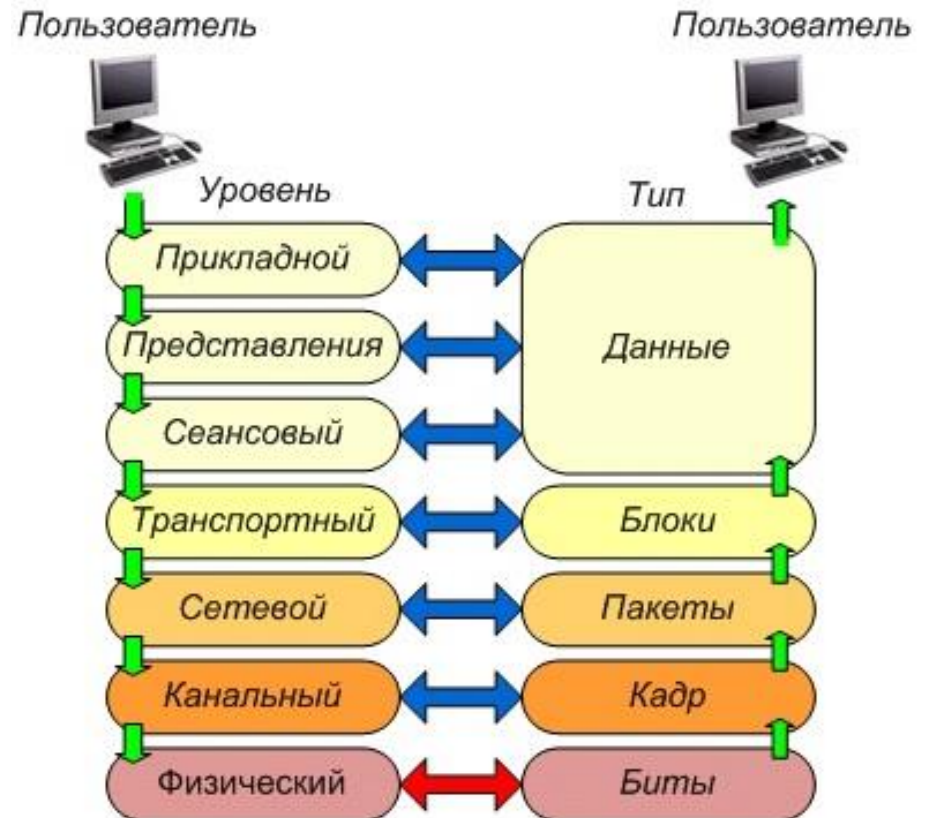
Аппаратные средства
телекоммуникационных систем.

Вычислительные сети

Открытые системы и модель OSI

- *OSI - open systems interconnection basic reference model* —
Базовая Эталонная Модель Взаимодействия Открытых Систем (ЭМВОС)
- Модель взаимодействия устройств в сети друг с другом на разных уровнях, определяющим соответствующим функционалом.

- OSI представляет единый унифицированный стандарт, который определяют алгоритм передачи информации в сетях.



Открытые системы и модель OSI

- **физический уровень** - физические (механические, электрические, оптические) характеристики линий связи;
- **канальный уровень** - правила использования физического уровня узлами сети;
- **сетевой уровень** - адресация и доставка сообщений;
- **транспортный уровень** - контроль очередности прохождения компонентов сообщения;
- **сеансный уровень** — координация связи между двумя прикладными программами, работающими на разных рабочих станциях;
- **уровень представления** - преобразование данных из внутреннего формата компьютера в формат передачи;
- **прикладной уровень** — обеспечивает интерфейс связи сетевых программ пользователя.

Модель OSI

Данные	Прикладной доступ к сетевым службам
Данные	Представления представление и кодирование данных
Данные	Сеансовый Управление сеансом связи
Блоки	Транспортный безопасное и надёжное соединение точка-точка
Пакеты	Сетевой Определение пути и IP (логическая адресация)
Кадры	Канальный MAC и LLC (Физическая адресация)
Биты	Физический кабель, сигналы, бинарная передача данных

Стек коммуникационных протоколов

- В вычислительных сетях, как правило, применяются наборы протоколов, а не все функциональные уровни модели взаимодействия открытых систем.
- ***Стек коммуникационных протоколов*** - набор протоколов, используемый для организации взаимодействия оборудования в сети.
 - Стек протоколов позволяет использовать во всей сети одну и ту же аппаратуру.
 - Примеры стеков протоколов:
 - TCP/IP (Ethernet),
 - IPX/SPX (Token Ring),
 - NetBEUI/NetBIOS (FDDI).
 - стеки протоколов на физическом и канальном уровнях используют стандартизованные протоколы, а также некоторые свои,
 - На физическом и канальном уровнях стеки используют единые протоколы OSI.
 - На верхних уровнях все стеки работают со своими собственными протоколами.

Стек протоколов TCP/IP

- **TCP/IP** — набор протоколов передачи данных, получивший название от двух принадлежащих ему протоколов: TCP(*Transmission Control Protocol*) и IP *Internet Protocol*)
- **HTTP (Hyper Text Transfer Protocol)** —протокол передачи гипертекста.
 - используется при пересылке Web-страниц.
- **FTP (File Transfer Protocol)** —протокол передачи файлов с файлового сервера на компьютер пользователя.
- **POP3 (Post Office Protocol)** — протокол почтового соединения.
 - Серверы POP обрабатывают входящую почту, протокол POP для обработки запросов на получение почты от почтовых программ.
- **SMTP (Simple Mail Transfer Protocol)** — протокол передачи почты.
 - Сервер SMTP возвращает подтверждение о приеме, сообщение об ошибке, или запрашивает дополнительную информацию.
- **TELNET** —протокол удаленного доступа к ПК.

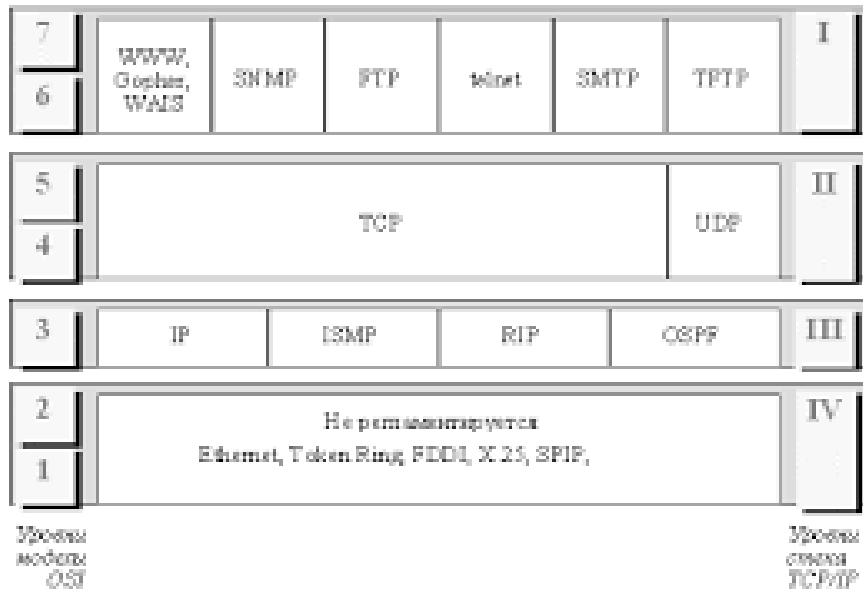
Стек протоколов. Сравнение OSI

- Соответствие архитектуры наиболее распространенных стеков протоколов стандартной модели OSI (упрощенная схема)

Модель OSI	TCP/IP	NetBIOS/SMB	AppleTalk	IPX/SPX
7. Прикладной	WWW, FTP	SMB	AFP, PAP	NCP, SAP
6. Представительный				
5. Сеансовый	TCP, IP	NetBIOS	ATP, ADSP	SPX, IPX
4. Транспортный				
3. Сетевой				
2. Канальный	FDDI, Fast Ethernet, Ethernet, Token Ring, PPP и др.			
1. Физический	Оптоволокно, радиоволны, коаксиал, витая пара			

Стек протоколов. Сравнение OSI

- Соответствие архитектуры наиболее распространенных стеков протоколов стандартной модели OSI (упрощенная схема)



7. Прикладной (HTTP, SMTP)

6. Представительный (XML, SMB)

5. Сеансовый (TLS, SSL, NetBIOS)

4. Транспортный (TCP, UDP)

3. Сетевой (IP, ICMP)

2. Канальный (Ethernet, Wi-Fi)

1. Физический (электричество, радио, лазер)

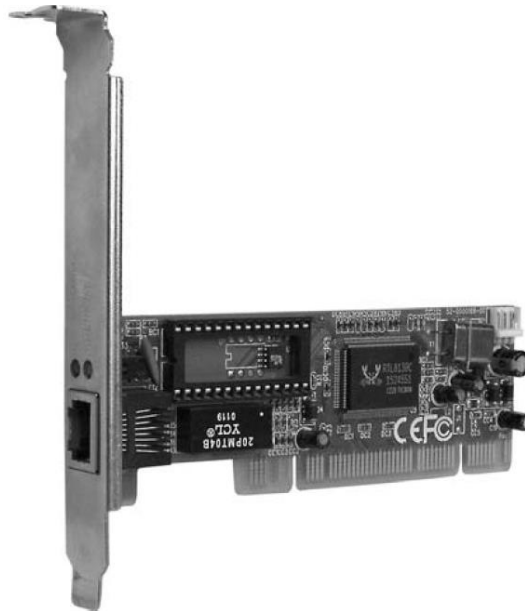
Виды и типы подключений локальных сетей

Аппаратные средства
телекоммуникационных систем.

Вычислительные сети

Сетевая карта

- С точки зрения аппаратных средств основой для организации локальной сети являются карты расширения — сетевые карты.
 - Псевдосеть - PC соединяются с помощью кабеля нуль-модема (интерфейс RS-232).
- Чаще всего сетевые карты работают по протоколу Ethernet



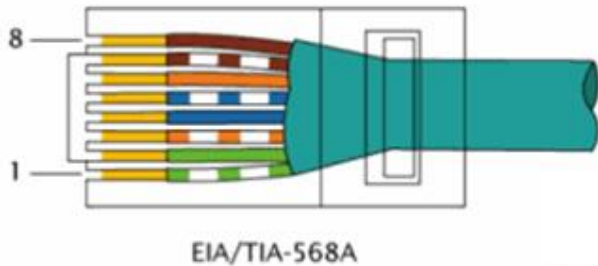
Локальная сеть Ethernet

- **Локальная сеть Ethernet** — семейство технологий пакетной передачи данных между устройствами.
- модели OSI в стандартах Ethernet определяют
 - проводные соединения и электрические сигналы на физическом уровне.
 - формат кадров и протоколы управления доступом к среде — по канальному уровню.
- Ethernet описывается стандартами IEEE группы 802.3.

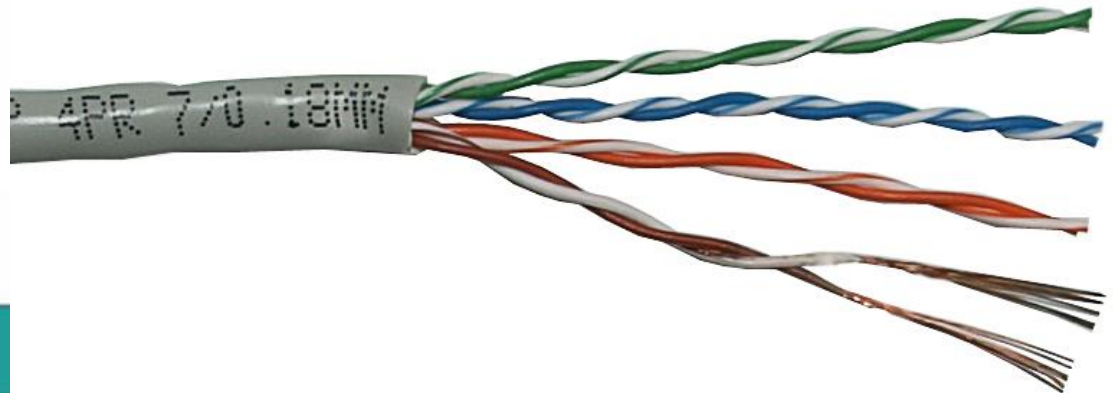
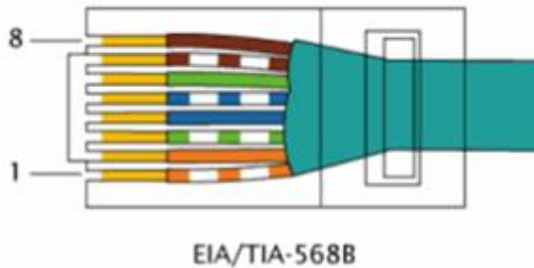
Витая пара

- **Витая пара (Twisted Pair)** — это два изолированных скрученных медных провода.
- **Для Ethernet используется 8-жильный кабель- 4-х витых пары**

Вариант по стандарту TIA/EIA-568A

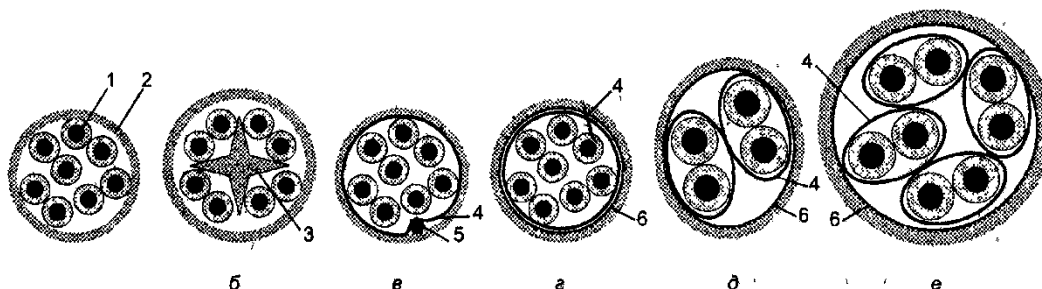
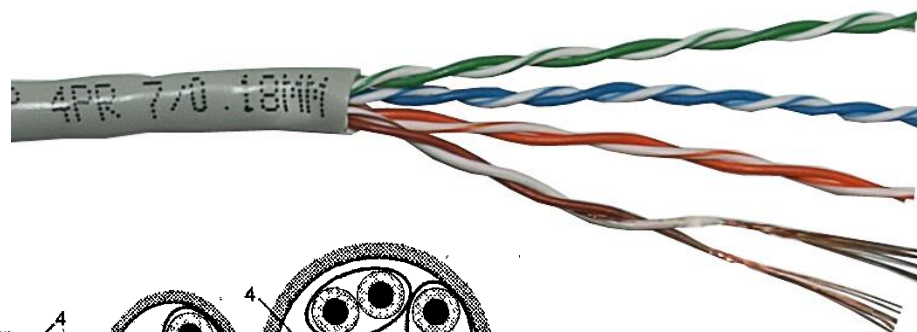
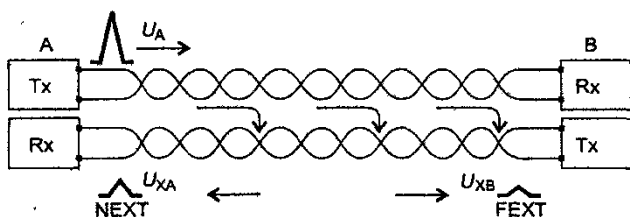


Вариант по стандарту TIA/EIA-568B
(используется чаще)



Витая пара

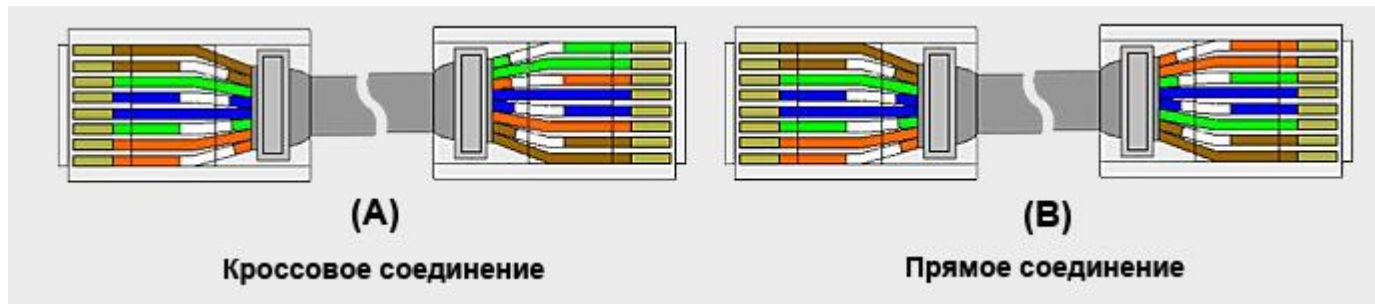
- Каждая пара состоит из проводов Ring и Tip,
 - паре соответствует номер и цвет (Ring1, Tip1, Ring2, Tip2 и т. Д).
 - 1-я пара — синий и белый с синими полосками;
 - 2-я пара — оранжевый и белый с оранжевыми полосками;
 - 3-я пара — зеленый и белый с зелеными полосками;
 - 4-я пара — коричневый и белый с коричневыми полосками.



Кабели витая пара: а — UTP категории 3–5, б — UTP категории 6, в — ScTP, FTP, г — SFTP, д — STP Type 1, е — PIMF. 1 — провод в изоляции, 2 — внешняя оболочка, 3 — сепаратор, 4 — экран из фольги, 5 — дренажный провод, 6 — экранирующая оплетка

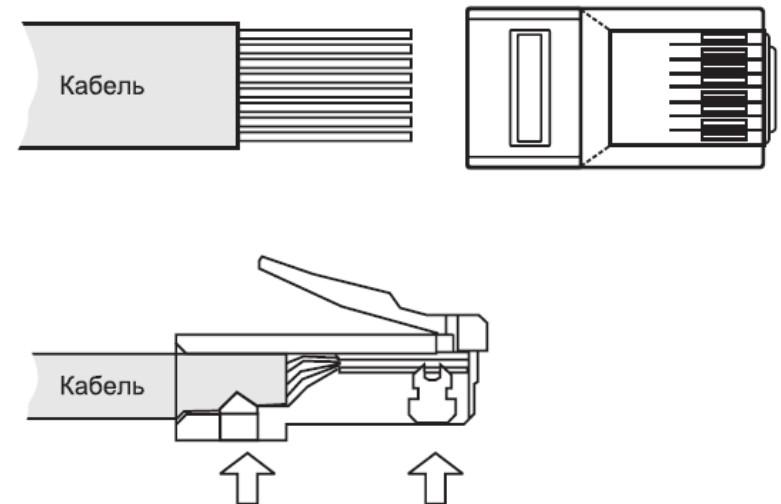
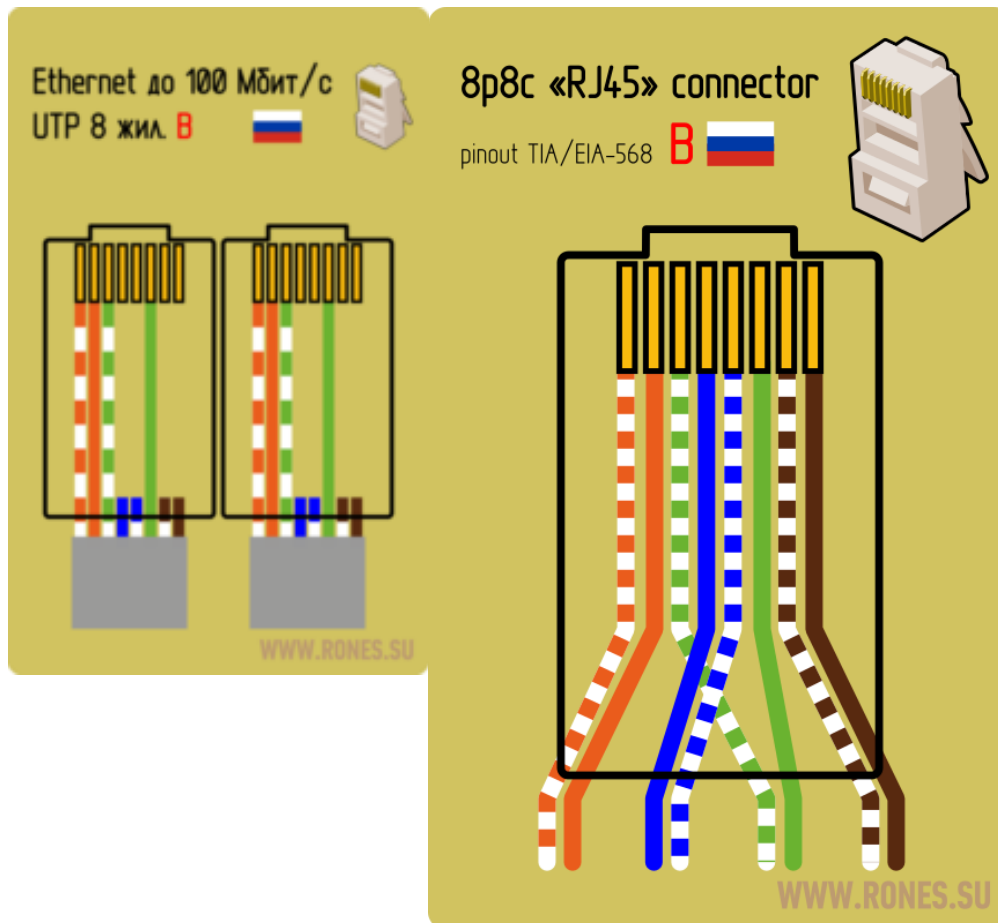
Витая пара. Расположение проводов

- Варианты расположения проводов в кабеле
распиновка (тип А) устарела - использовалась для одноранговых устройств
В настоящее время используется вариант В



Витая пара. Разъем RJ45

- Каждый ПК должен быть подключен к хабу.
- Длина сегмента кабеля Ethernet хаб-пк до 100 м.
- Стандартный разъем Ethernet Rj-45 (8ми контактный разъем)

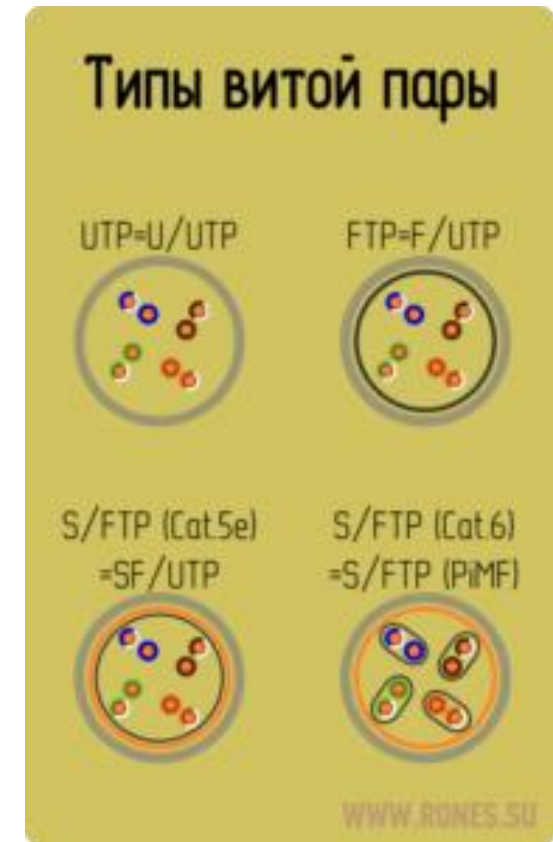


Витая пара. Типы витой пары

код перед чертой тип экрана для кабеля,

код после черты тип индивидуального экранирования

Обозначение ISO/IEC 11801	Общий экран	Экран пар
U/UTP	нет	нет
U/FTP	нет	фольга
F/UTP	фольга	нет
S/UTP	оплётка	нет
SF/UTP	оплётка, фольга	нет
F/FTP	фольга	фольга
S/FTP	оплётка	фольга
SF/FTP	оплётка, фольга	фольга



Витая пара. Категории

Категория	Полоса частот, МГц	Применение	Примечания
1	0,1	Телефонные и старые модемы	1 пара передача голоса или данных при помощи модема(не используется для сетей)
2	1	Старые терминалы (IBM 3270)	2 пары проводников, скорость до 4 Мбит/с, сетями tokenring и archnet, телефонные сети, (не подходит для современных систем).
3	16	10BASE-, 100BASE-T4Ethernet	4-парный кабель, телефонные и локальные сети 10BASE-T и token ring, скорость 10 Мбит/с -100 Мбит/с, расстояние до 100 м. Отвечает требованиям IEEE 802.3. Используется для телефонных линий.
4	20	token ring, сейчас не используется	4-парный кабель, сети token ring, 10BASE-T, 100BASE-T4, скорость до 16 Мбит/с по одной паре.

Витая пара. Категории

Категория	Полоса частот, МГц	Применение	Примечания
5	100	Fast Ethernet (100BASE-TX), Gigabit Ethernet (1000BASE-T)	4-парный кабель, сети 10BASE-T, 100BASE-TX и 1000BASE-T и телефонные линии, скорость до 100 Мбит/с (2 пары) и до 1000 Мбит/с (4 пары).
5e	100	Fast Ethernet (100BASE-TX), Gigabit Ethernet (1000BASE-T)	4-парный кабель. Скорость до 100 Мбит/с (2 пары) и до 1000 Мбит/с (4 пары). самый распространённый, используется для построения компьютерных сетей.
6	250	10 Gigabit Ethernet (10GBASE-T)	неэкранированный кабель (UTP) 4 пары проводников, скорость до 10 Гбит/с (до 55 м).
6A	500	10 Gigabit Ethernet (10GBASE-T)	4 пары проводников, скорости до 10 Гбит/с на расстояние до 100 метров. (F/UTP общий экран), (U/FTP - экраны вокруг каждой пары).

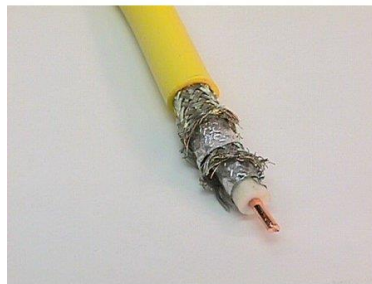
Витая пара. Категории

Категория	Полоса частот, МГц	Применение	Примечания
7	600	10 Gigabit Ethernet (10GBASE-T)	Скорость до 10 Гбит/с. Экраны общий и для каждой пары (F/FTP или S/FTP).
7 _A	1000	10 Gigabit Ethernet (10GBASE-T)	Скорость до 10 Гбит/с. Экраны общий и для каждой пары (F/FTP или S/FTP).
8/8.1	1600-2000	100 Gigabit Ethernet (40GBASE-T)	В разработке. Совместим с кабелем 6A. Скорость до 40 Гбит/с при использовании стандартных коннекторов 8P8C. Кабель либо общий экран, либо экраны вокруг каждой пары (F/UTP или U/FTP).
8.2	1600-2000	100 Gigabit Ethernet (40GBASE-T)	В разработке. совместим с кабелем категории 7A. Скорость до 40 Гбит/с при использовании стандартных коннекторов 8P8C либо GG45/ARJ45 и TERA. Экраны общий и для каждой пары (F/FTP или S/FTP).

Коаксиальный кабель

- **Коаксиальный кабель** (coaxial cable, или соах) - передача сигналов по центральной жиле и экранирующей оплетке.
 - Материал и сечение проводников и изоляции определяют потери сигнала в кабеле и его импеданс.
 - электрическое и магнитное поля, образующиеся при прохождении сигнала, почти полностью остаются внутри кабеля,
 - » Почти не создает электромагнитных помех.
 - » Низкая чувствительность к помехам в однородном ЭМ поле.

Толстый кабель



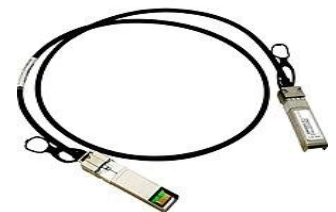
Тонкий кабель



SFP+ - Rj45



Twiaxial cabel (Gigabit Ethernet)



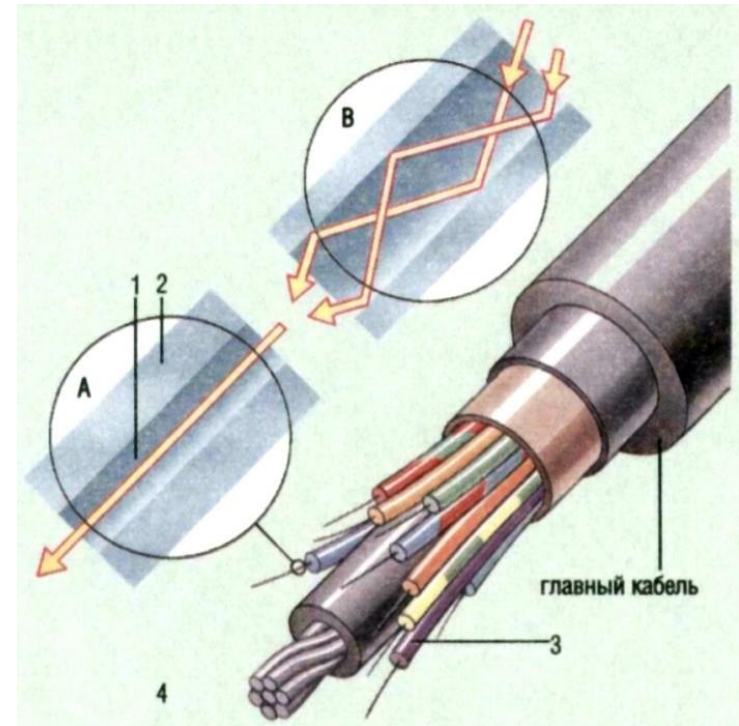
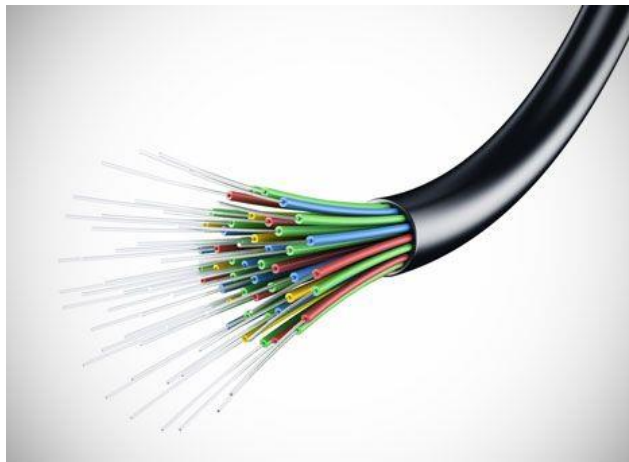
Коаксиальный кабель

- используется при асимметричной передаче сигналов.
- *Диаметр жилы и оплетки и диэлектрическая проницаемость изоляции между ними определяют частотные свойства кабеля.*
 - **недостаток**—пропускная способность до 10 Мбит/с
 - достигнут в технологии Ethernet 10Base2 и 10Base5.
 - R кабеля 50 Ом — Ethernet (стандарт EIA/TIA-568A),
 - 75 Ом — передача радио- и телевизионных сигналов,
 - 93 Ом — в ЛВС ARCnet.



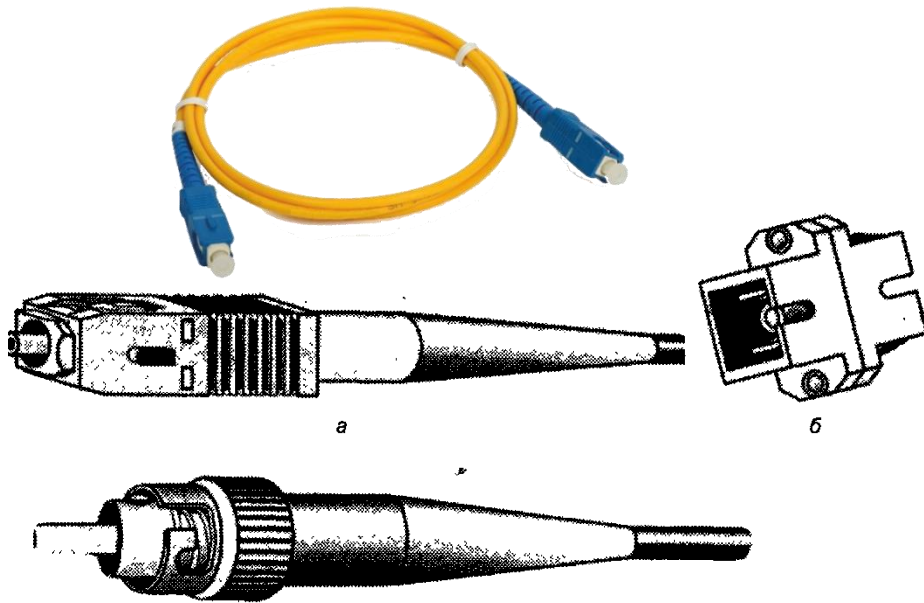
Оптическое волокно

- **Оптоволокно** – проводник света из оптически прозрачного материала (стекло, пластик),
- используется переноса света посредством полного внутреннего отражения.
- По виду траектории распространения света одномодовое и многомодовое волокно.
- Внутренняя часть - **сердцевина** (core),
- внешняя — **оптическая оболочка** (cladding).
- оптическое волокно - **световод** (сердцевина в оболочке) с защитным покрытием.

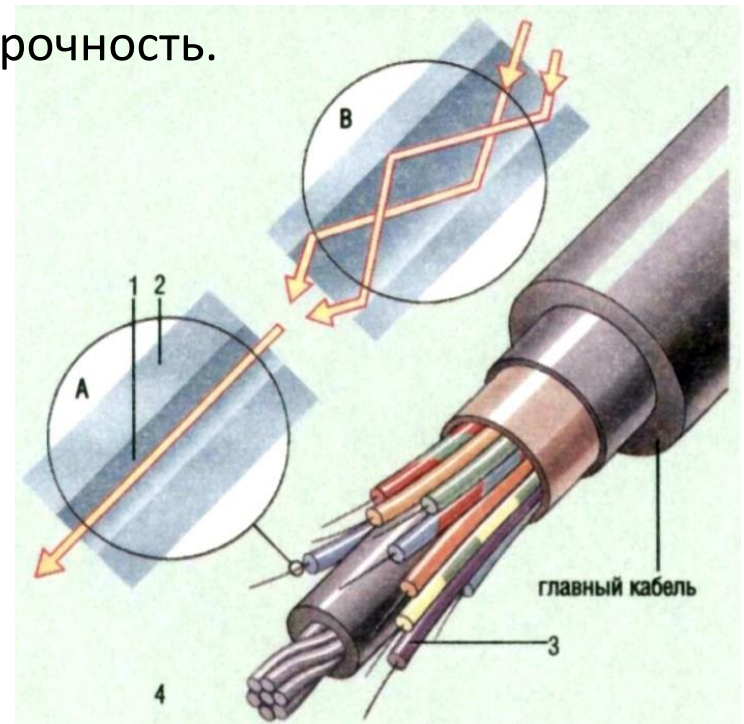


Оптическое волокно

- Внутренняя стеклянная сердцевина (1) из стекла
- внешняя оболочка (2) из стекла с другим показателем преломления.
- Световой сигнал отражается от ее краев под маленьким углом
 - не может выйти за пределы сердцевины
 - **эффект, полного внутреннего отражения.**
 - Обшивка (3) обеспечивает физическую защиту,
 - центральная стальная проволока (4) - прочность.



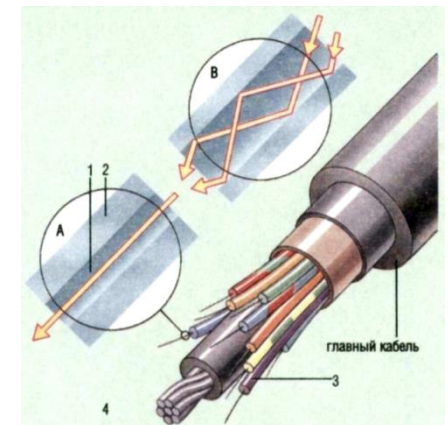
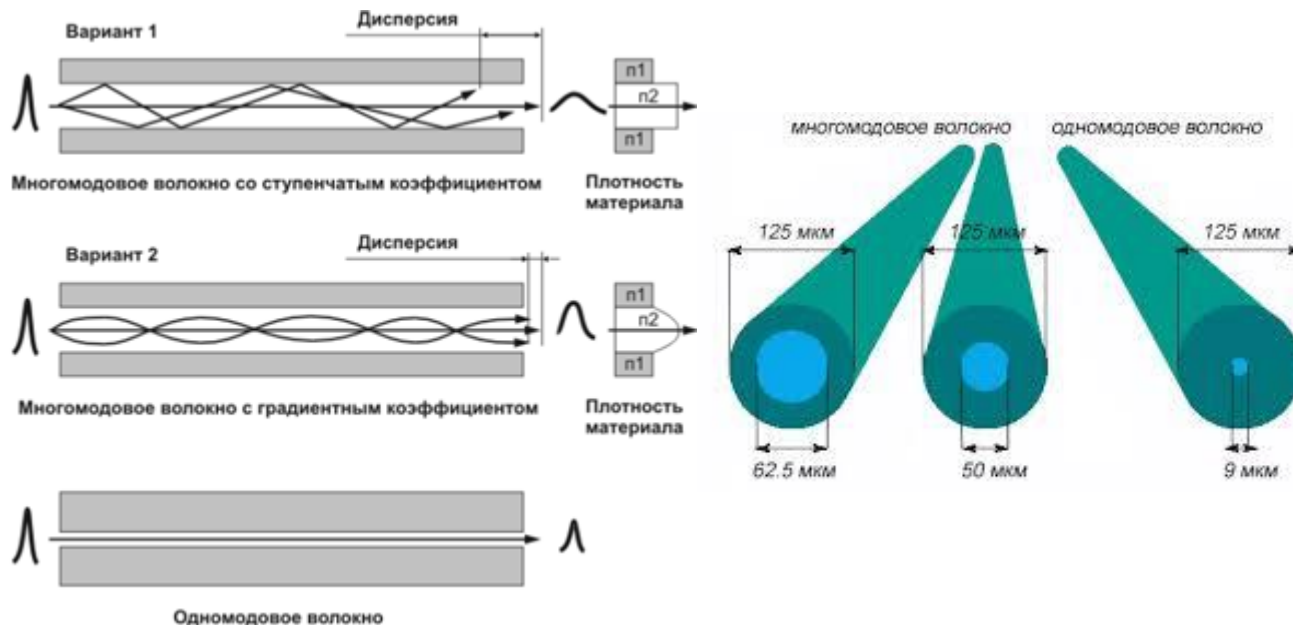
Коннектор ST



Оптическое волокно.

Одномодовые и многомодовые волокна

- **Одномодовые волокна** - с узкой сердцевиной (А)
 - *позволяют посылать сигналы на большие расстояния без искажений.*
- **Многомодовые волокна** - с широкой сердцевиной (В)
 - происходит большее число отражений,
 - приводит к сливанию соседних световых импульсов.
 - » между импульсами должно быть большее расстояние,
 - ограничивает объем передаваемой информации.



Классическая сеть Ethernet

Аппаратные средства
телекоммуникационных систем.

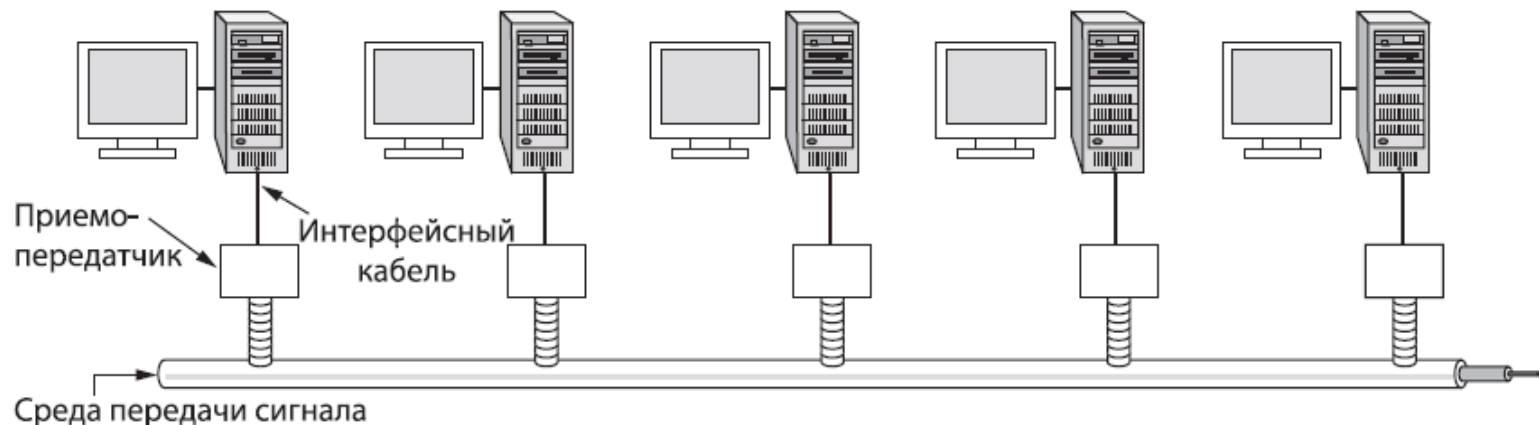
Вычислительные сети

Вычислительные сети. Технология Ethernet.

- **Классический Ethernet** — скорости от 3 до 10 Мбит/с.
- **Коммутируемый Ethernet** — сети работают на скоростях 100 Мбит/с – 100 Гбит/с
 - 100 Мбит/с - Fast Ethernet,
 - 1000 Мбит/с - Gigabit Ethernet,
 - 10 000 Мбит/с - 10-Gigabit Ethernet,
 - 40 000 Мбит/с - 40-Gigabit Ethernet,
 - 100 000 Мбит/с - 100-Gigabit Ethernet
 - В настоящее время используется только коммутируемый Ethernet.
- **Стандарты Ethernet**
 - **IEEE 802.3** – группа стандартов
 - Ethernet тип А – классический,
 - Ethernet тип Б – коммутируемый.
 - **DIX Ethernet** - устарел (первоначальный стандарт)

Классический Ethernet. Физический уровень

- **Классический Ethernet** — это один длинный кабель, обвивающий здание, к которому подключаются компьютеры.
- **Кодировка** - манчестерского кода.
- **повторители** (ретрансляторы **repeaters**) - построения больших стей.
 - два приемопередатчика должны располагаться на расстоянии не более 2,5 км и между ними должно быть не более четырех повторителей.



Классический Ethernet. Физический уровень

- **«Толстый» коаксиальный кабель Ethernet (thick Ethernet),**
 - Максимальная длина 500 м.
 - Поддержка 100 машин.
- **«Тонкий» коаксиальный кабель Ethernet (thin Ethernet);**
 - дешевле и проще в установке
 - длина сегмента не более 185 метров
 - каждый сегмент поддерживал не более 30 машин

Толстый кабель



Тонкий кабель

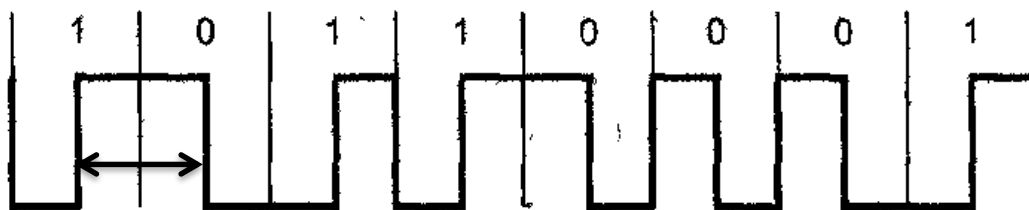


Классический Ethernet. Кодирование данных

- Все пакеты в вычислительных сетях кодируются.
 - Это необходимо для повышения достоверности передачи данных по сети.
 - Так, например при передаче большого числа 1 или 0 на фоне постоянных помех, то есть фактически постоянного уровня напряжения, приемник может сбиться со счета сколько точно 0 или 1 пришло.
 - Решение этой проблемы – кодирование данных .

Классический Ethernet. Код Манчестер II

- Манчестерское кодирование (manchester encoding, код Манчестер-II)
- Логическое состояние определяется направлением смены состояния в середине битового интервала;
 - от $-V$ к $+V$ — лог.«1»,
 - от $+V$ к $-V$ — лог.«0».
 - Переход позволяет синхронизировать приемник и передатчик.
 - Переход в начале интервала может быть, а может и не быть.
- Самосинхронизирующаяся система кодировки за счет постоянных перепадов напряжения.
- **Недостаток** - работа передатчика и приемника на удвоенной частоте.

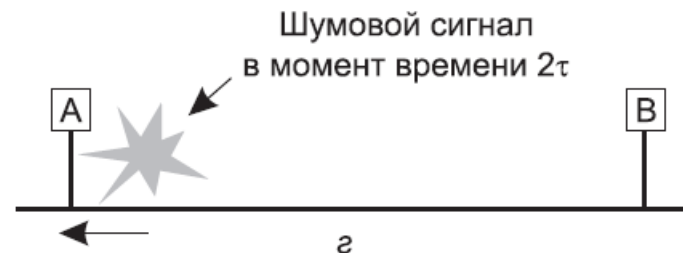
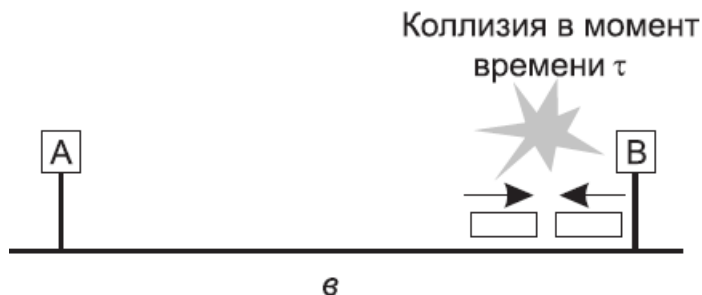
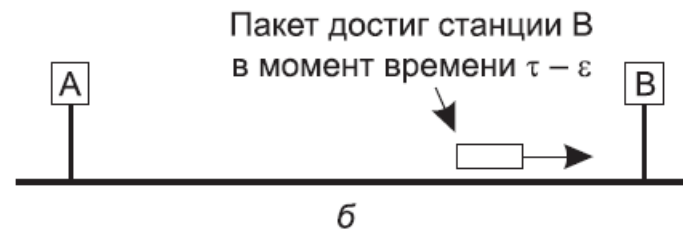
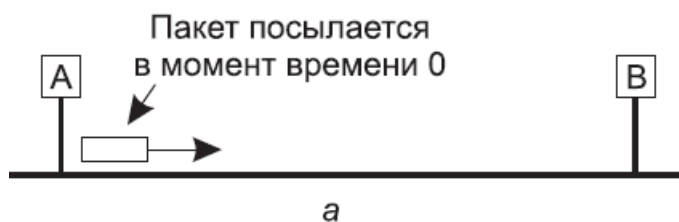


Битовый интервал

Классический Ethernet.

Проблема одновременной передачи сообщений

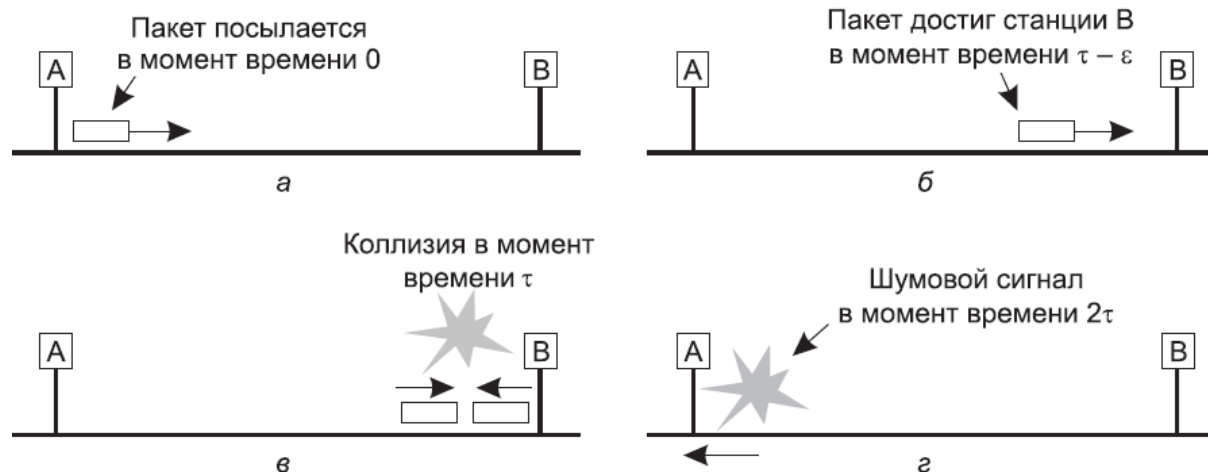
- Устройства должны передавать кадры только если кабельный сегмент не занят другими устройствами.
- **Проблема:** Из-за отсутствия каких либо дополнительных сигналов несколько устройств могут совершить попытку передачи сигнала одновременно.
 - Критерий: отсутствие сигнала в течение 9,6 мксек.



Классический Ethernet.

Проблема одновременной передачи сообщений

- **Коллизия (столкновение)** – ситуация, когда попытку передачи совершат два или более устройства в одно время.
 - *Столкновения – механизм регулирования трафика в сети.*
 - Минимальная длина пакета определяется временем распространения сигнала на максимальную дальность и обратно.
- При обнаружении столкновения станция прерывает передачу.
 - Попытка передать снова может быть произведено после случайной выдержки (двоичная экспоненциальная выдержка) – алгоритм CSMA/CD



Классический Ethernet. Стандарты

Стандарт	Год	Тип	Скорость , Mbps	длина сегмента, м	Тип кабеля
IEEE 802.3	1983	10Base5	10	500 м	коаксиальный
IEEE 802.3a	1985	10Base2	10	185 м	
IEEE 802.3b	1985	10Broad36	10	3600 м	
IEEE 802.3e	1987	1Base5	1	250 м	UTP
IEEE 802.3e	1987	StarLan 10	10	250 м	UTP
IEEE 802.3d	1987	FOIRL	10	1000	оптоволоконный
IEEE 802.3i	1990	10Base-T	10	100 м	UTP cat 3,5
IEEE 802.3j	1993	10Base-F	10	2км	оптоволоконный

Классический Ethernet. Типы Ethernet

Формат типа: XX<NAME>-YY

- XX
 - - скорость передачи, Мбит/с.
- <NAME>:
 - Base — прямая (немодулированная) передача,
 - Broad — использование широкополосного кабеля с частотным уплотнением каналов.
- YY:
 - длина кабеля (10Base2 — 185 м, 10Base5 — 500 м, 1Base5 - 250 м)
 - или среда передачи:
 - T, TX, 72, T4 — витые пары,
 - FX, FL, FB, SX и IX — оптоволокно,
 - CX — твинаксиальный кабель для Gigabit Ethernet).

Классический Ethernet. Формат кадра

- *Preamble* (преамбула, заголовок) 8 байт,
 - 1-7 байт 10101010
 - 8 байт 10101011 - разделитель кадра (в стандарте 802.3).
 - *Start of Frame* (Начало кадра).
- Адреса получателя и отправителя по 6 байт.
- Длина или тип данных (напр. 0x0800 – Ipv4, 0x86DD – IPv6, и т.д.)
- Поле данных (целые кадры от 46 до 1500 байт)
 - В случае, если полезной нагрузки менее 46 бит данные дополняются полем наполнителя
- *Checksum* контрольная сумма (4 байта - 32-битный код CRC).

Максимальный размер кадра
1500 байт.

Минимальный размер кадра
64 байта.



Классический Ethernet. MAC адрес

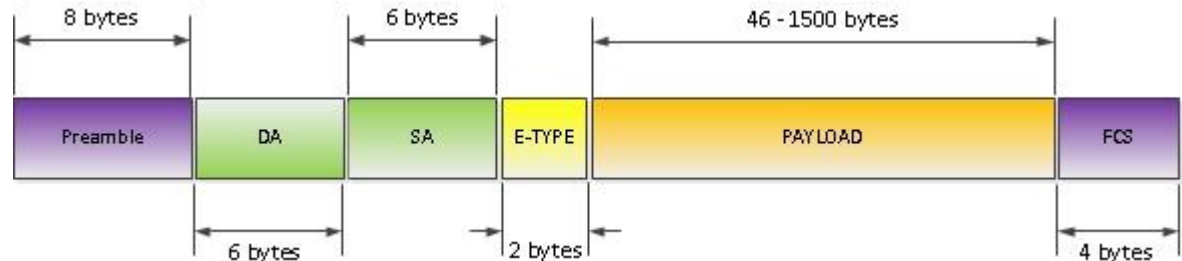
- **MAC** (*Media Access Control (Hardware) Address*) — глобальный адрес, присваиваемый каждой единице активного оборудования или некоторым их интерфейсам в компьютерных сетях **Ethernet**.
 - централизованно назначаются IEEE,
 - 48-битный (6 байт) номер
 - гарантирует, что один и тот же глобальный адрес не используется двумя устройствами.
 - **первые 3 байта** - **OUI (Organizationally Unique Identifier)**.
 - назначаются IEEE и определяют производителя.
 - » Производителям выделяются **блоки по 2^{24}** (3 байта) адресов для устройств.



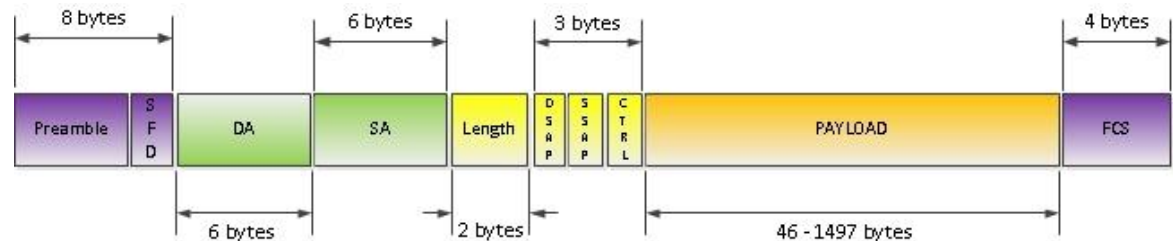
Технология Ethernet. Форматы кадров

по стандартам IEEE в сети Ethernet может использоваться только единственный вариант кадра канального уровня, образованный комбинацией заголовков MAC и LLC подуровней.

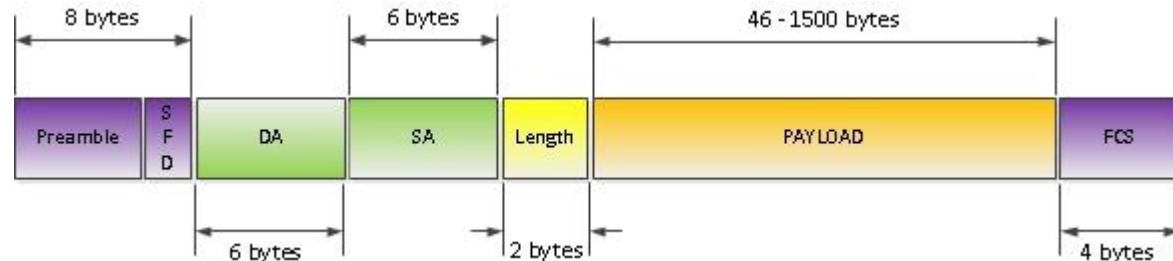
Ethernet II (Ethernet DIX)



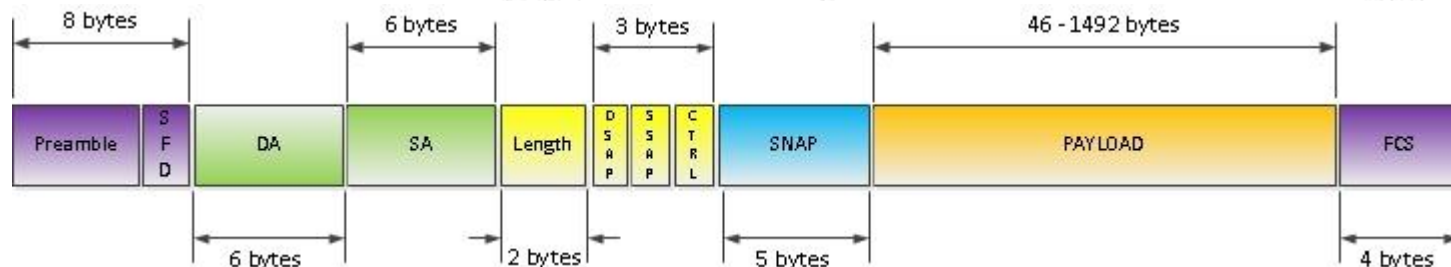
Ethernet 802.3/LLC



RAW 802.3

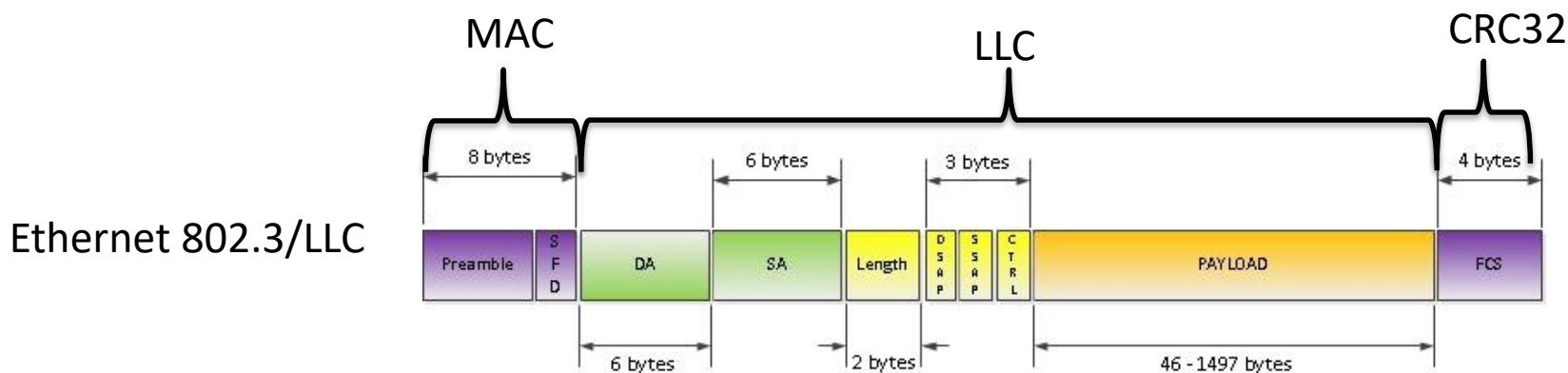


802.3/SNAP



Технология Ethernet. Форматы кадра LLC

- Стандарт IEEE Ethernet определяет кадр канального уровня, образованный комбинацией заголовков MAC и LLC подуровней.
- **Logical Link Control (LLC)** - подуровень управления логической связью — по стандарту IEEE 802
 - Верхний подуровень канального уровня модели OSI
 - управление передачей данных;
 - обеспечивает проверку и правильность передачи информации по соединению.

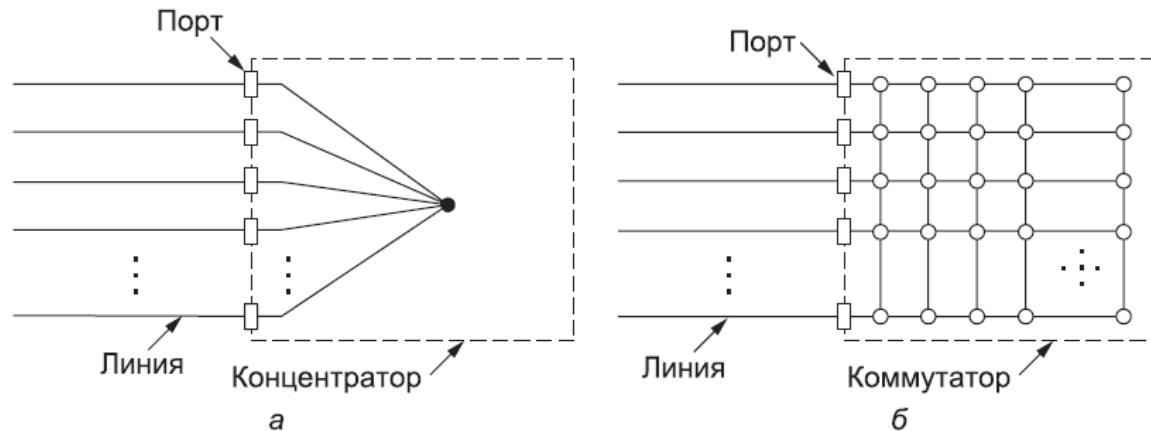


Коммутация сетей Ethernet

Аппаратные средства
телекоммуникационных систем.
Вычислительные сети

Коммутируемые сети Ethernet.

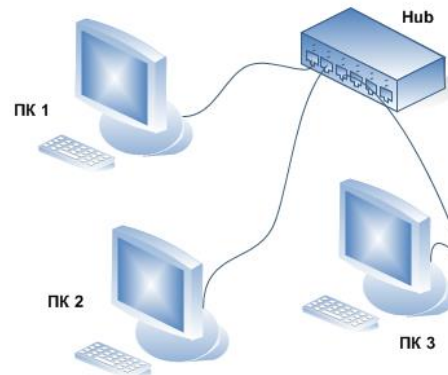
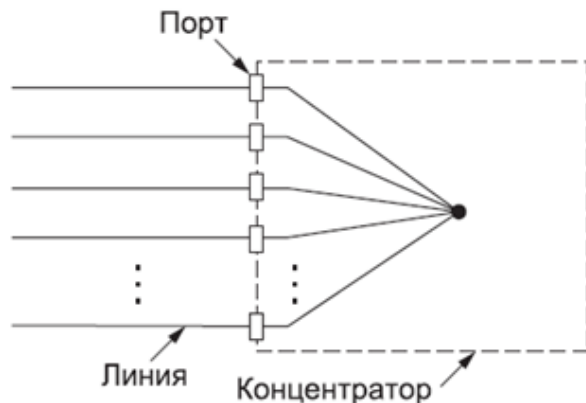
- **Проблема классической сети Ethernet:**
 - поиск обрывов или ведущих в пустоту соединений.
 - Большое число устройств приводит к большой вероятности коллизий
- **Коммутируемая сеть Ethernet**
 - Каждое станция соединяется с центральным устройством отдельным кабелем.



Коммутируемые сети Ethernet.

Особенности Концентраторов

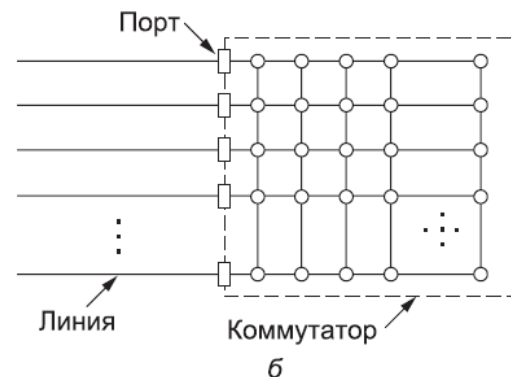
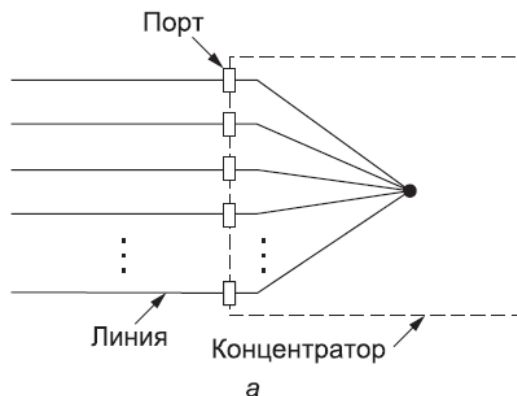
- **Хаб (концентратор)** соединяет все провода в электрическую схему, как если бы они были спаяны вместе.
- максимальная длина кабеля между ПК и концентратором до 100 м
- **Использовались витые пары**
- *легко удалять и добавлять станции*
- *Проще находить разрывы кабеля.*



Коммутируемые сети Ethernet.

Особенности коммутаторов

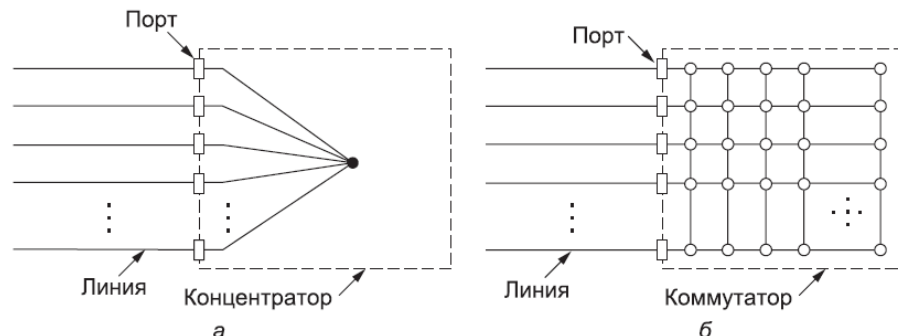
- **Коммутатор (switch)**, содержит высокоскоростную плату,
- Получив пакет от одного ПК, коммутатор направляет по адресу – именно тому компьютеру, с которым необходимо установить контакт.
 - За счет буфера задержки пакетов предотвращение коллизий.
- Коммутатор решение проблемы числа устройств на кабеле.
- разные станции могут посылать свои кадры одновременно.



Коммутируемые сети Ethernet.

Особенности.

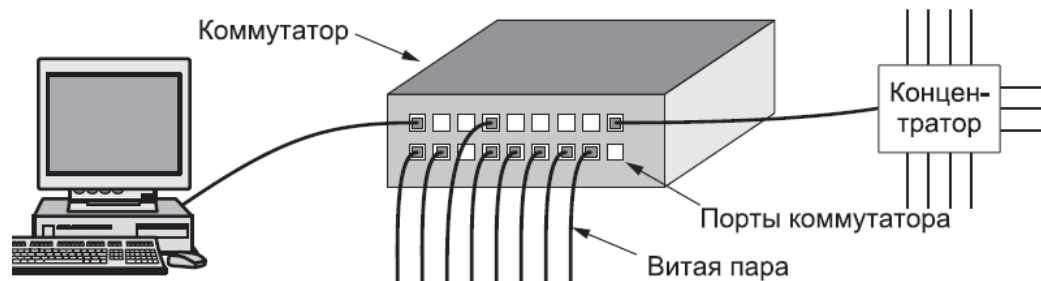
- **Концентратор** - все станции находятся в одном и том же **пространстве столкновений (collision domain)**.
 - Для планирования пересылки кадров алгоритм CSMA/CD.
- **Коммутатор** - каждый порт находится в своем пространстве столкновений.
 - когда передача по кабелю осуществляется в дуплексном режиме, и станция, и порт могут одновременно посылать кадры, не беспокоясь о других станциях и портах.
 - В дуплексном режиме коммутатора столкновения невозможны,
 - CSMA/CD не требуется.
 - В полудуплексном режиме используется CSMA/CD для каждого двух портов



Коммутируемые сети Ethernet.

Особенности.

- Большинство интерфейсов локальных сетей (сетевых адаптеров) работают в «**неразборчивом режиме**» (**promiscuous mode**),
 - все кадры передаются на все компьютеры, а не только адресату.
 - лучше шифровать трафик.
- Если применяется **концентратор**, то каждый подключенный к нему компьютер может видеть трафик, пересылаемый между всеми остальными компьютерами.
- **Коммутатор передает трафик только на порты адресатов.**
 - лучше изоляция.
 - Если коммутатор подсоединён к концентратору, то преимущество теряется.



Сети Fast Ethernet

Аппаратные средства
телекоммуникационных систем.
Вычислительные сети

Сети Fast Ethernet

- Скорости до 100 МБит.
- Использование 4 витых
- Запрещение конфигураций без коммутатора или хаба.
- Введено двойное кодирование
 - Логическое кодирование - зависит от стандарта
 - 4В/5В для Fx и Tx, 8В/6Т для 100Base-T4
 - Линейное кодирование (физическое) - зависит от стандарта
 - NRZI для FX, MLT3 для T4 и TX

Наиболее распространённые виды Fast ethernet			
Название	Тип кабеля	Длина	Особенности.
100Base-T4	Витая пара	100	Использование не экранированной витой пары категории 3
100Base-TX	Витая пара	100	Полный дуплекс при 100 Мбит/с (витая пара 5 категории)
100Base-FX	Оптоволокно	2000	Полный дуплекс при 100 Мбит/с; большая длина сегмента

Сети Fast Ethernet

•

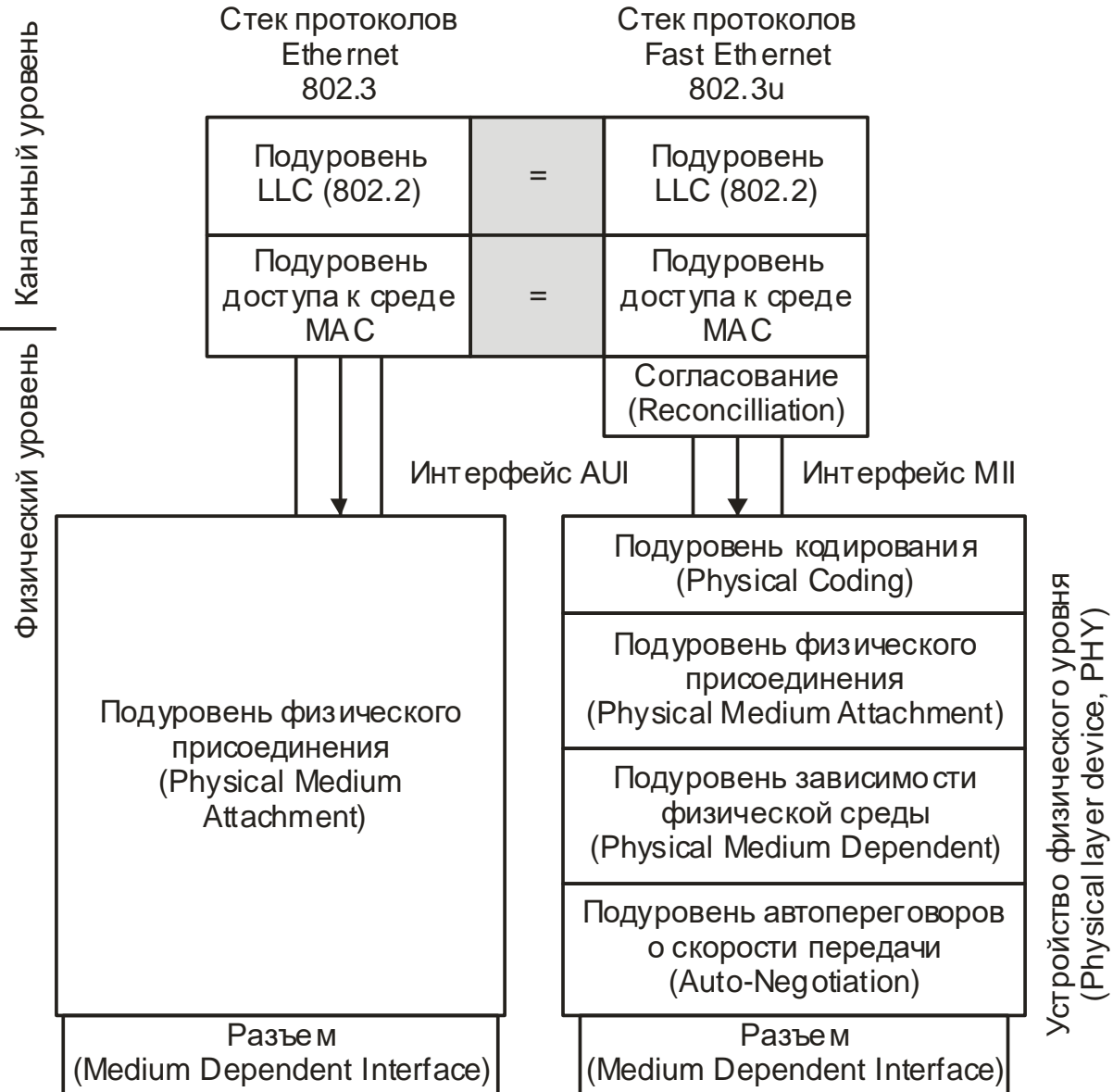
Стандарт	Год	Тип	Скорость,	длина, м	Тип кабеля
IEEE 802.3u	1995	100Base-FX	100 Mbps	Одномод — 2 км Многомод — 400 м	оптоволоконный
		100Base-T	100 Mbps	100 м	UTP/STP cat 5
		100Base-T4	100 Mbps	100 м	UTP/STP cat >= 3
		100Base-TX	100 Mbps	100 м	UTP/STP cat 5
IEEE 802.12	1995	100Base-VG	100 Mbps	100 м	UTP cat 3,5
IEEE 802.3y	1998	100Base-T2	100 Mbps	100 м	UTP cat 3,5
TIA/EIA-785	2001	100Base-SX	100 Mbps	300 м	оптоволоконный
IEEE 802.3ah	2004	100Base-LX10	100 Mbps	10 км	
IEEE 802.3ah	2004	100Base-BX10	100 Mbps	10 км	

Сети Fast Ethernet. Модель OSI.

Отличия классического и Fast Ethernet

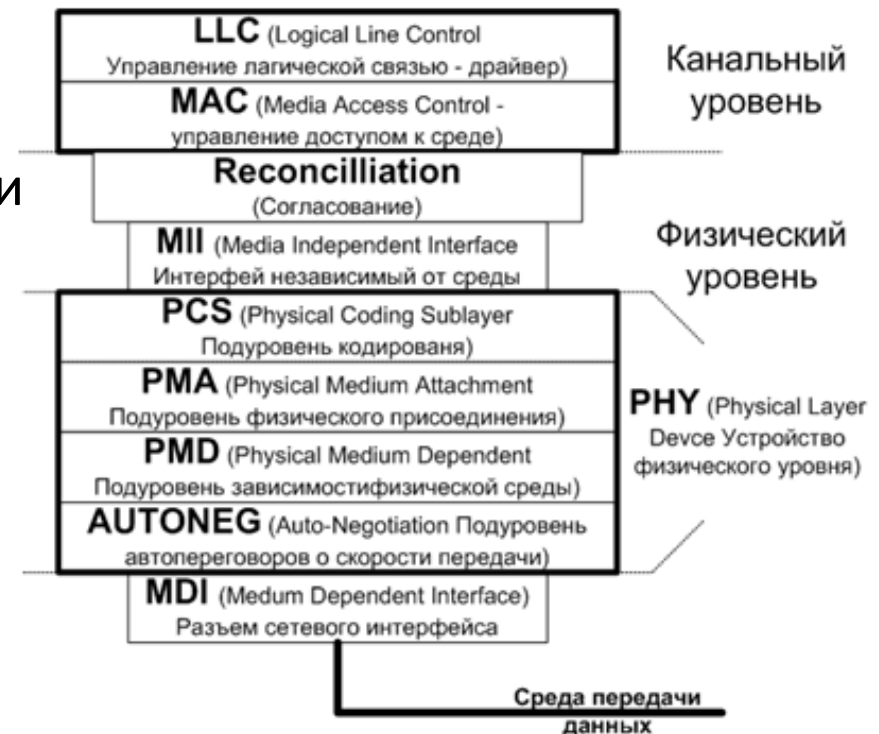
Канальный уровень разделен на LLC и MAC подуровни

Физический уровень на уровень согласования, MII и PHY подуровни.



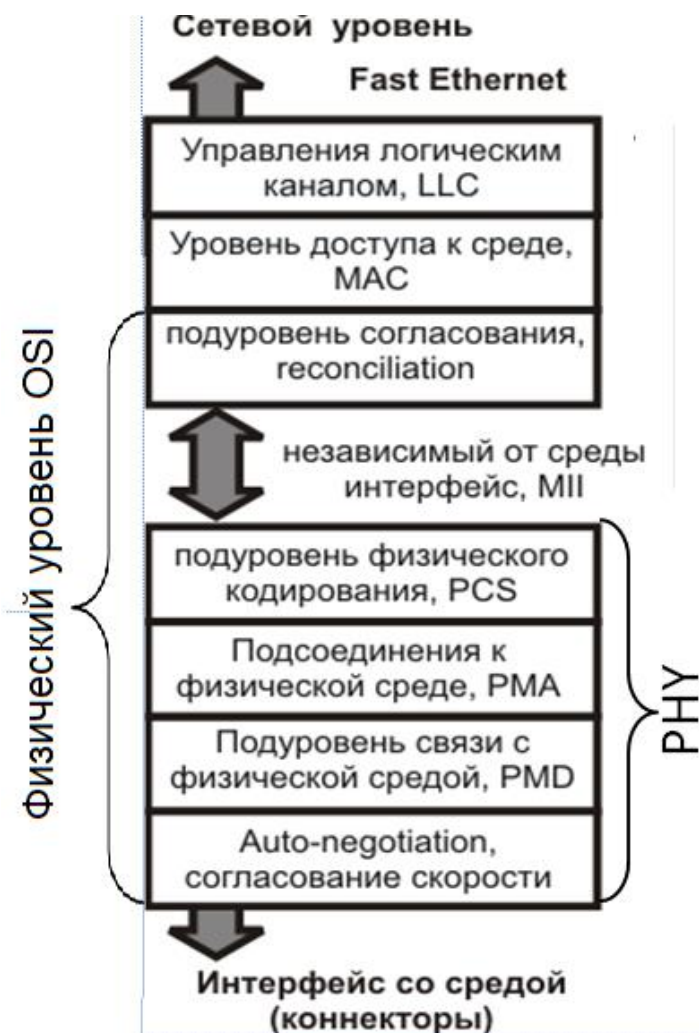
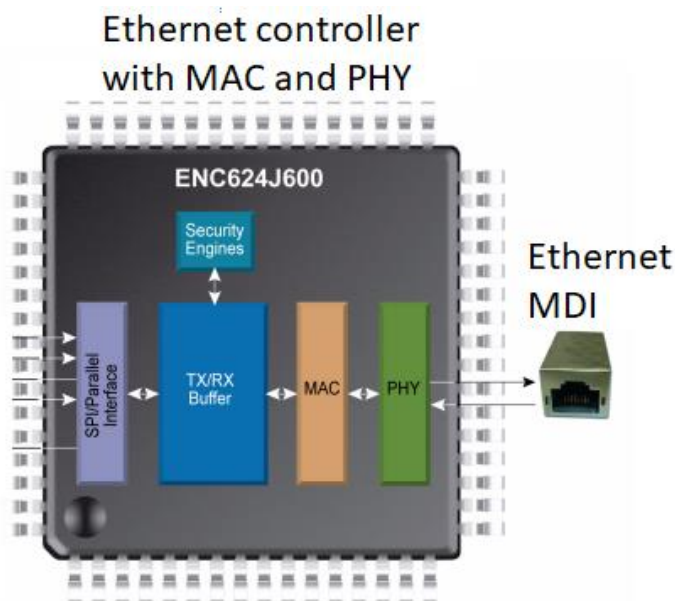
Сети Fast Ethernet. Модель OSI.

- **Интерфейс MII** (Media Independent Interface) - независимый от используемой физической среды способ обмена данными между MAC-подуровнем и подуровнем PHY.
- **MAC** (*media access control*) расширение модели OSI.
- **LLC** (*Logical Link Control*) — подуровень управления логической связью
 - управление передачей данных;
 - проверка правильности передачи информации по соединению.
- **Подуровень согласования** — согласования с классическим Ethernet.



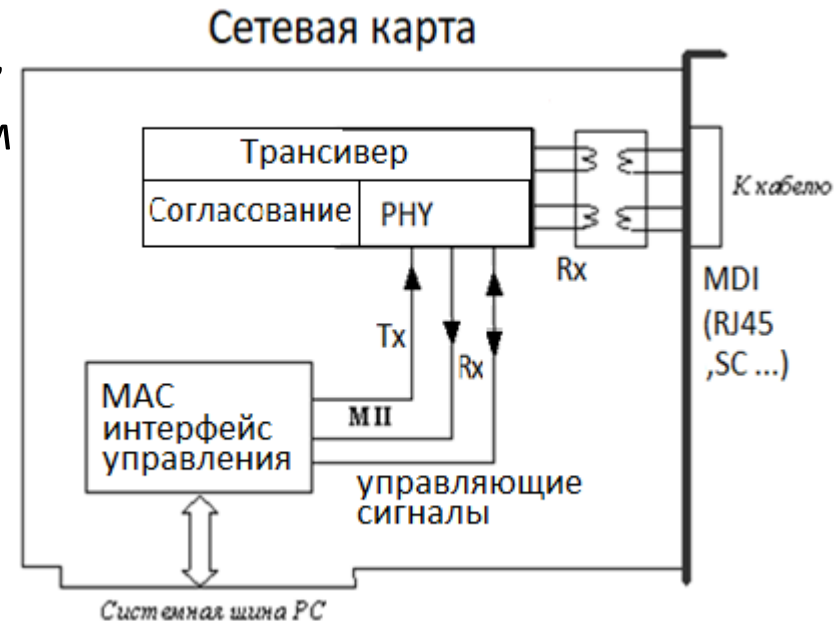
Сети Fast Ethernet. Физический уровень PHY

- PHY (трансивер, контроллер Ethernet)
- обеспечивает:
 - кодирование данных, от MAC-подуровня
 - передачу по физическому кабелю,
 - синхронизацию передаваемых данных,
 - прием и декодирование данных.
 - Автоматическое согласование скорости.



Сети Fast Ethernet. Сетевая карта

- Микросхема трансивера реализует функции устройства РНУ и устройства согласования
- Канал передачи данных от MAC к РНУ
 - 4-битная параллельная шина данных
 - синхронизируется тактовым сигналом, генерируемым РНУ,
 - Работает по сигналу "Передача", генерируемым MAC-подуровнем.
- Канал передачи данных от РНУ к MAC
 - 4-битная параллельная шина данных,
 - синхронизируется тактовым сигналом
 - сигнал "Прием", генерируются РНУ.
- Сигналы управления
 - двухпроводная шина
 - Конфигурация РНУ, скорости
 - Контроль состояния портов и линий



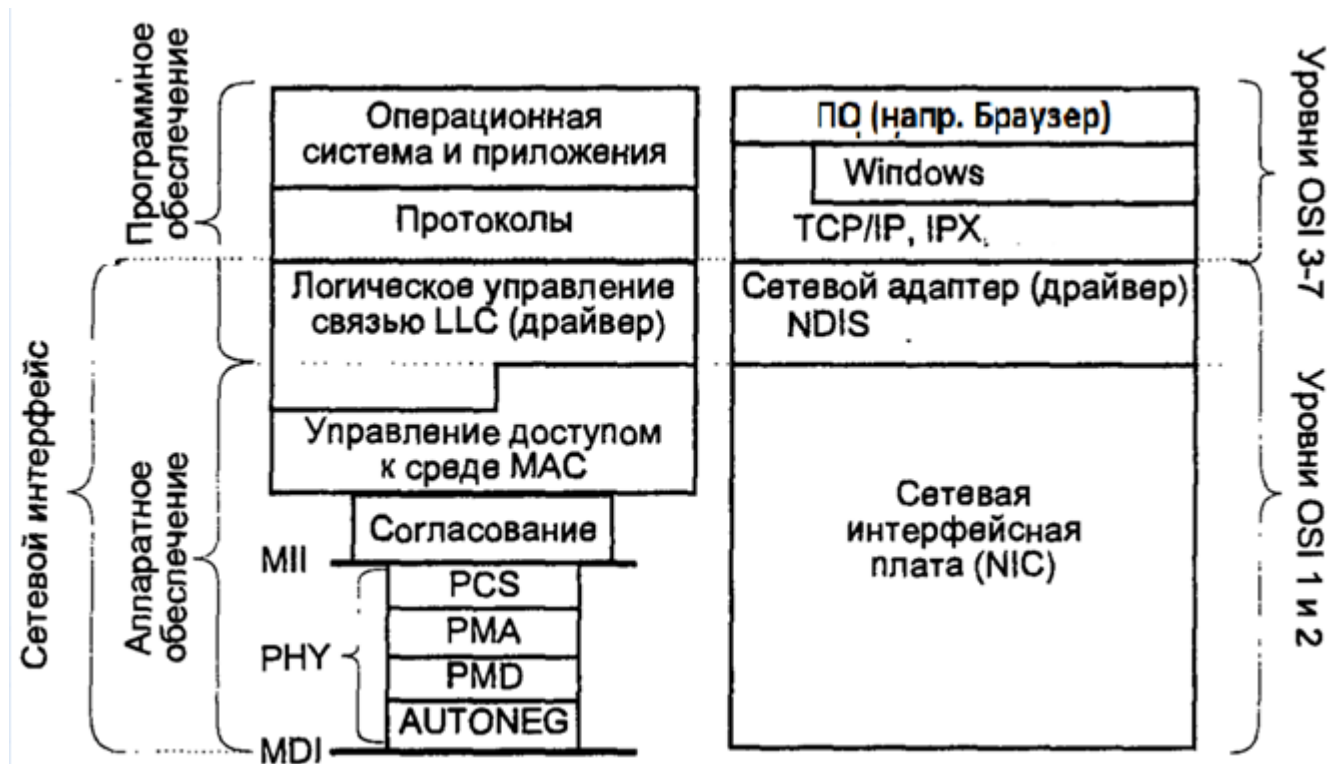
Сети Fast Ethernet. Сетевая карта

- **Аппаратное обеспечение** - Сетевая интерфейсная плата (NIC),
 - Микросхемы MAC уровня,
 - MII-интерфейс
 - Микросхему трансивера
 - подуровень согласования,
 - устройство физического уровня PHY



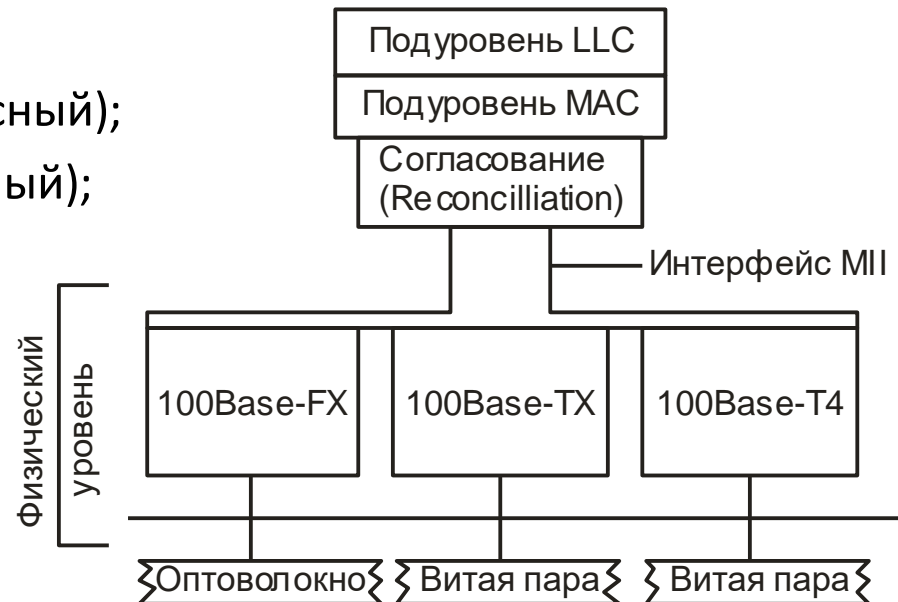
Сети Fast Ethernet. Сетевая карта

- Программное обеспечение (драйвера) - сетевые и транспортные протоколы,
 - Драйвера реализуют модули высших уровней OSI
 - сеансовый,
 - представления,
 - прикладной.



Сети Fast Ethernet. Сетевая карта

- Настройки сетевой карты хранятся:
- **Регистр управления (Control Register)** – конфигурация PHY
 - Установка скорости порта
 - Функция Auto-negotiation
- **Регистре статуса (Status Register)** – контроль линий и портов.
 - Режимы работы портов Fast ethernet:
 - 100Base-T4;
 - 100Base-TX full-duplex;
 - 100Base-TX half-duplex;
 - 10 Mb/s full-duplex (полнодуплексный);
 - 10Mb/s half-duplex (полудуплексный);
 - ошибка на дальнем конце линии.



Сети Fast Ethernet. Полнодуплексные режимы

- Полнодуплексная работа возможна только при соединении сетевого адаптера с коммутатором или соединения двух коммутаторов
- *Каждый производитель сам определяет способы управления потоком кадров в полнодуплексном режиме.*
- **Проблема:** заполнении буфера устройства
- **Решение :** служебные сообщения заполнения/очистки буфера
 - При заполнении буфера принимающее устройство посылает передающему сообщение о временном прекращении передачи (XOFF).
 - При освобождении буфера посылается сообщение о возможности возобновить передачу (XON).

Сети Fast Ethernet. Особенности 100Base-FX

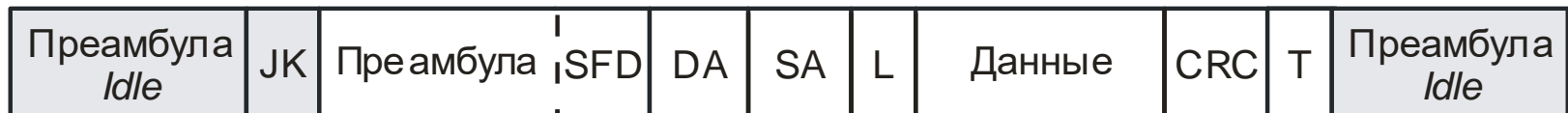
- Спецификация 100Base-FX (многомодовое оптоволокно)
- полудуплексный и полнодуплексный режимы

— логическое кодирование 4B/5B

- Уровень кодирования PCS
- символ Idle (11111) - обозначения незанятого состояния
- Состояние JK — начало потока J(11000), K(10001)
- T — конец потока

— физическое кодирование NRZI.

- Полоса уже чем у манчестер II
- Уровень кодирования PMD



Первый байт преамбулы

JK — ограничитель начала потока значащих символов
T — ограничитель конца потока значащих символов

Сети Fast Ethernet. Кодировка 4B/5B

- Избыточное кодирование 4B/5B
- В результирующем коде 16 комбинаций, которые не содержат большого количества нулей – полезные
 - остальные запрещены (code violation).
 - Код 4-5 гарантирует не более трех нулей подряд
 - позволяют приемнику распознавать искаженные биты.
- Если приемник принимает запрещенный код, значит, на линии произошло искажение сигнала.
- для передачи кодов 4B/5B со скоростью 100 Мб/с передатчик должен работать с тактовой частотой 125 МГц.

Таблица 1.1. Кодирование 4B/5B

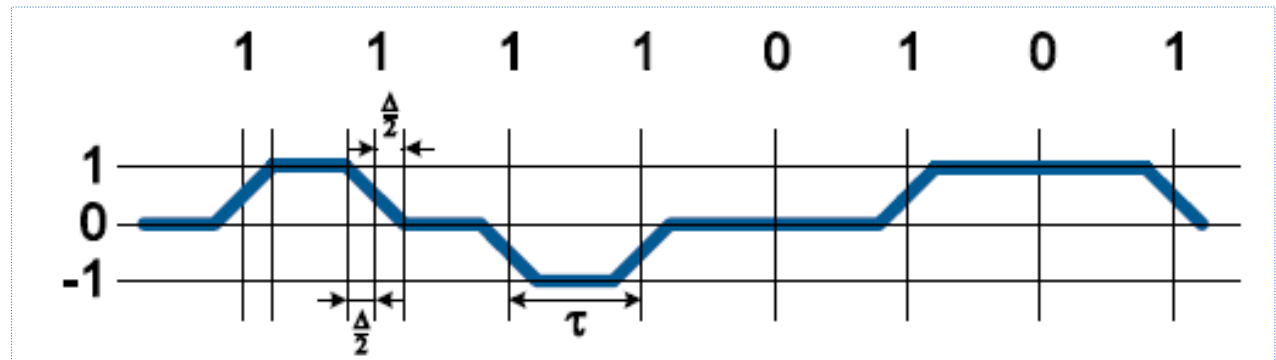
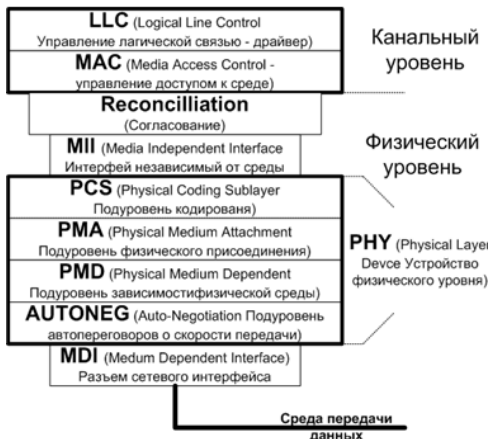
4B Код	5B Символ
Ожидание	11111
Начало потока	11000
Начало потока	10001
Конец потока	01101
Конец потока	00111
Ошибка передачи	00100
Недопустимый	00000
Недопустимый	00001
Недопустимый	00010
Недопустимый	00011
Недопустимый	00100
Недопустимый	00101
Недопустимый	00110
Недопустимый	01000
Недопустимый	10000
Недопустимый	11001

Входной символ	Выходной символ	Входной символ	Выходной символ	Служебный символ	Выходной символ
0000 (0)	11110	1000 (8)	10010	Idle	11111
0001 (1)	01001	1001 (9)	10011	J	11000
0010 (2)	10100	1010 (A)	10110	K	10001
0011 (3)	10101	1011 (B)	10111	T	01101
0100 (4)	01010	1100 (C)	11010	R	00111
0101 (5)	01011	1101 (D)	11011	S	11001
0110 (6)	01110	1110 (E)	11100	Quiet	00000
0111 (7)	01111	1111 (F)	11101	Halt	00100

Сети Fast Ethernet.

Особенности 100Base-TX и T4. MLT3 кодирование

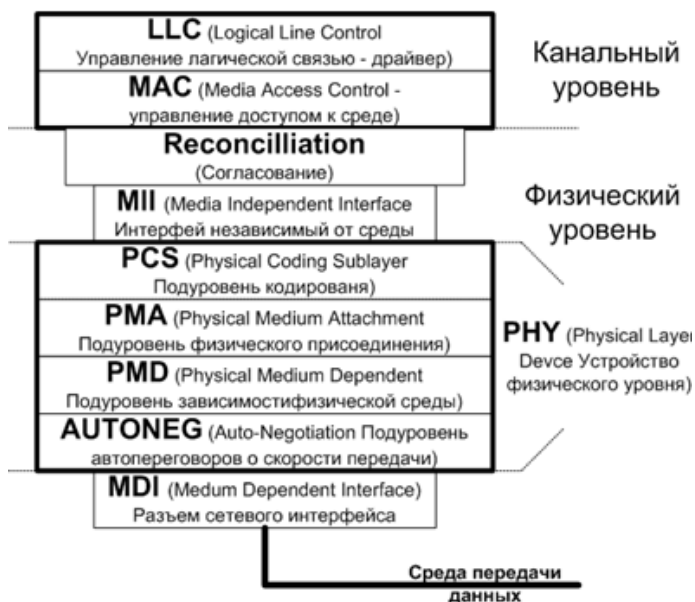
- Подуровень PMA
 - соединяет два 5-ти битных символа в один 10-битный,
- Подуровень PMD - метод кодирования MLT-3.
 - использует потенциальные сигналы трех уровней кодирования «-1», «0», «+1»
 - при передаче лог. «0»-сигнал не меняется;
- В остальном совпадает с 100Base -FX



Метод кодирования MLT3

Сети Fast Ethernet. Особенности 100Base - T4

- **Схема кодирования 8В/6Т** - Вместо кодирования 4В/5В
 - Каждые 8 бит информации уровня MAC кодируются 6-ю троичными цифрами
 - Троичные цифры – три состояния (+1, 0, -1)
 - Передаются по 3-м витым парам
 - 4 пара – обнаружение коллизий
- **Кодирование\декодирование на подуровне PCS**
- Преимущество сужение полосы (3 бита вместо 4)



Сети Fast Ethernet. Авто-переговоры

- Переговорный процесс происходит при включении питания устройства,
 - инициирован модулем управления.
- *Узлы, поддерживающие функцию Auto- negotiation, посылают пачки импульсов, Fast Link Pulse burst (FLP).*
 - 8-битное слово – кодирующее предлагаемый режим взаимодействия
 - *Режимы начинаются с меньшего приоритета*
 - Режим 10Base-TX имеет самый низкий приоритет,
 - режим 100Base-T4 - самый высокий.
 - Если узел не поддерживает FLP, то используются служебные сигналы проверки целостности линии технологии 10Base-T - link test pulses.

Сети Gigabit и 10,40,100 Gigabit Ethernet

Аппаратные средства
телекоммуникационных систем.
Вычислительные сети

Сети Gigabit Ethernet

- *Все конфигурации по принципу «точка-точка»*
- **«Нормальный» - полнодуплексный режим - используется, когда имеется центральный коммутатор.**
 - Полудуплексный режим работы используется тогда, когда компьютеры соединены с концентратором.
- Коммутаторы могут работать на смешанных скоростях
 - автоматически выбирают оптимальную скорость.

Наиболее распространённые виды Gigabit Ethernet			
Название	Тип кабеля	Длина	Особенности.
1000Base-SX	Оптоволокно	550	Многомодовое волокно (50, 62,5 мкм)
1000Base-LX	Оптоволокно	5000	Одномодовое (10 мкм) или многомодовое (50, 62,5 мкм) волокно
1000Base-CX	2 экранированные витые пары	25	Экранированная витая пара 5-й категории
1000Base-T	4 неэкранированные витые пары	100	Стандартная витая пара 5-й категории

Gigabit Ethernet (GbE)

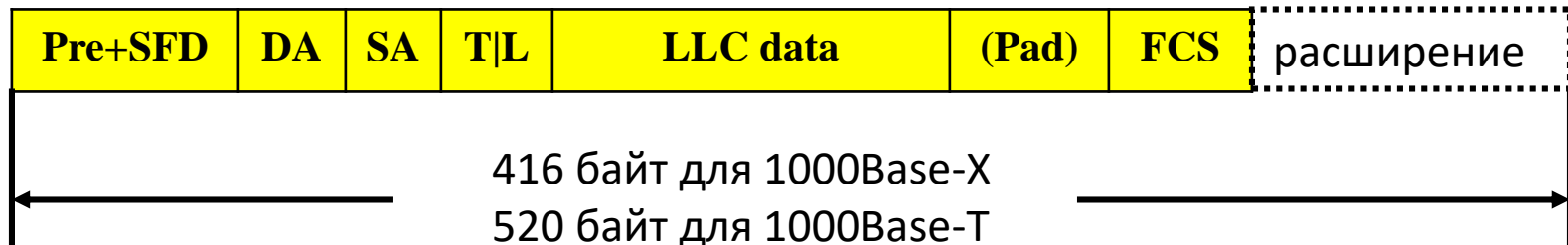
Стандарт	Год	Тип	Скорость Mbps	длина, м	Тип кабеля
IEEE 802.3z	1998	1000Base-CX	1000	25 м	UTP/STP cat 5,5e,6
		1000Base-LX	1000	Одномод — 5 км Многомод — 550 м	оптоволоконный
		1000Base-SX	1000	550 м	
IEEE 802.3ab	1999	1000Base-T	1000	100 м	UTP/STP cat 5,5e,6,7
TIA 854	2001	1000BASE-TX	1000	100 м	UTP/STP cat 6,7
IEEE 802.3ah	2004	1000BASE-LX10	1000	10 км	оптоволоконный
IEEE 802.3ah	2004	1000BASE-BX10	1000	10 км	
IEEE 802.3ap	2007	1000BASE-KX	1000	1 м	для объединительной платы
non-standard	?	1000BASE-EX	1000	40 км	оптоволоконный
non-standard	?	1000BASE-ZX	1000	70 км	

Сети Gigabit Ethernet. Проблема длины кабеля

- Работа на скорости 1 Гбит/с - отправки бита каждую наносекунду.
- **Витая пара:**
 - Для 2х витой пары максимальная длина кабеля 25 м
 - Так как скорость большая длина кабеля для гарантии отсутствия коллизий уменьшена.
- **Оптоволокно:**
 - Передача сигналов с помощью коротких волн возможна с дешевыми светодиодами. применяется с многомодовым волокном.
 - для 50-мкм волокна допустимая длина — не более 500м.
 - Передача сигналов на длинных волнах требует более дорогих лазеров.
 - в сочетании с одномодовым (10 мкм) волокном разрешается длина кабеля до 5 км.
 - Более поздние вариации стандарта допускали даже более длинные связи на одномодовом волокне.

Сети Gigabit Ethernet. Проблема длины кабеля

- **Расширение носителя (carrier extension).**
 - аппаратура вставляет собственное поле заполнения, растягивающее нормальный кадр до 512 байт.
 - поле добавляется после CRC – не учитывается ПО.
 - Длина кабеля расширена до 200 м.
 - тратить 512 байт на передачу 64 байт не эффективно.



Сети Gigabit Ethernet. Проблема длины кабеля

- **Пакетная передача кадров** (пакетная перегруженность **frame bursting**).
- Увеличение допустимой длины сегмента,
 - короткие кадры накапливаются и передаются вместе.
 - Передающая станция заполняет интервал между кадрами битами расширения несущей,
 - другие станции будут воздерживаться от передачи, пока она не освободит линию.
 - Длина пакета кадров до 65536 бит (8192 байт).
 - Длина включает полные пакеты от преамбулы до CRC
- Если полная длина пакета оказывается менее 512 байт, то, производится аппаратное заполнение фиктивными данными.
- Режим актуален для полудуплексной работы
 - Так как в полнодуплексном режиме CSMA/CD не нужен.

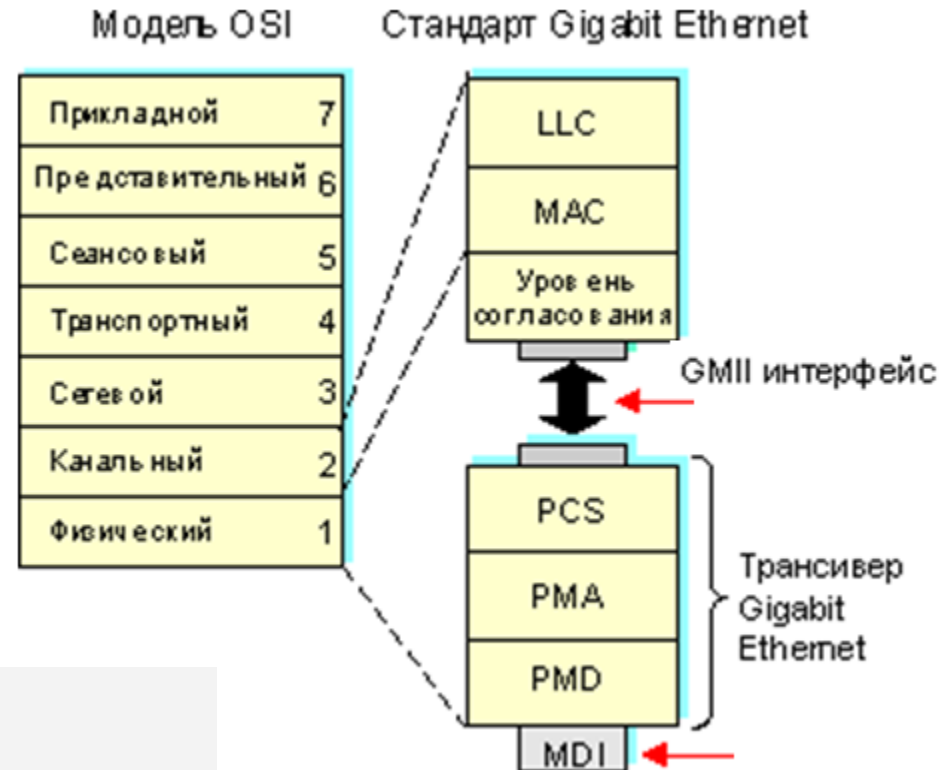
Сети Gigabit Ethernet. Проблема длины кабеля

- в сетях Gigabit Ethernet допустимы **Джамбо-пакеты (Jumbo frames)** допускают кадры длиной более 1500 байт, обычно до 9 Кбайт.
 - Не везде используются
 - Не являются стандартом IEEE 802.3
 - Определяются на уровне сетевой карты (сетевой уровень должен позволять работать с кадрами до 9000 байт).



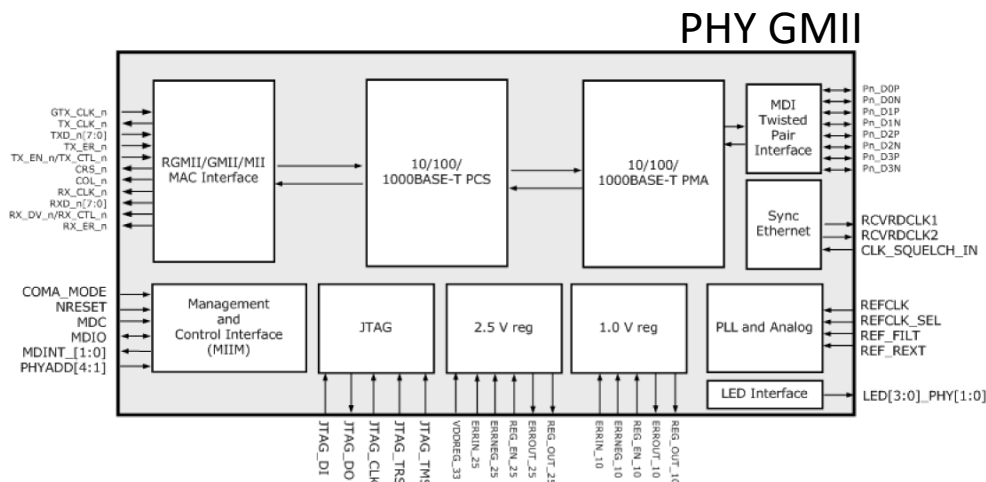
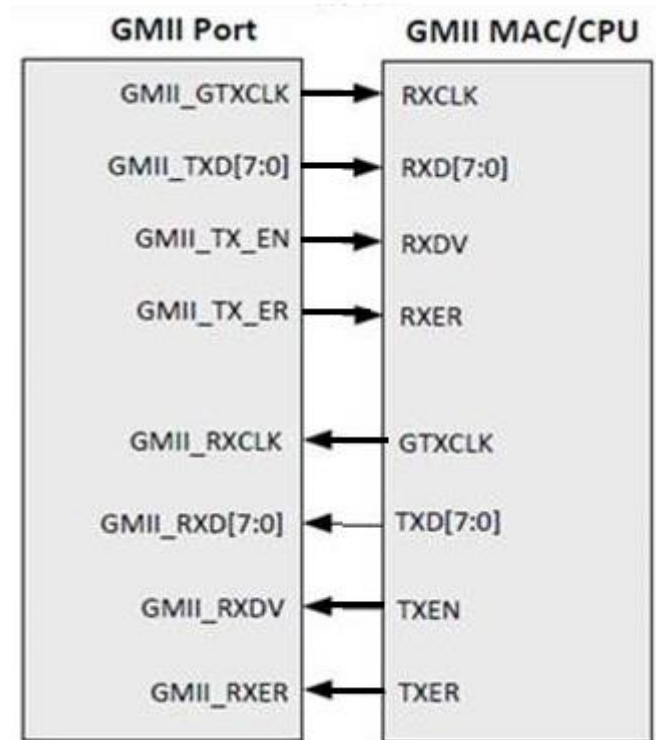
Сети Gigabit Ethernet. Архитектура стандарта

- Логическое кодирование 8B/10B
- Линейное кодирование NRZI
- Функция кодирования - PCS
- среданезависимый интерфейс GMII.
- Расширенный интерфейс MII

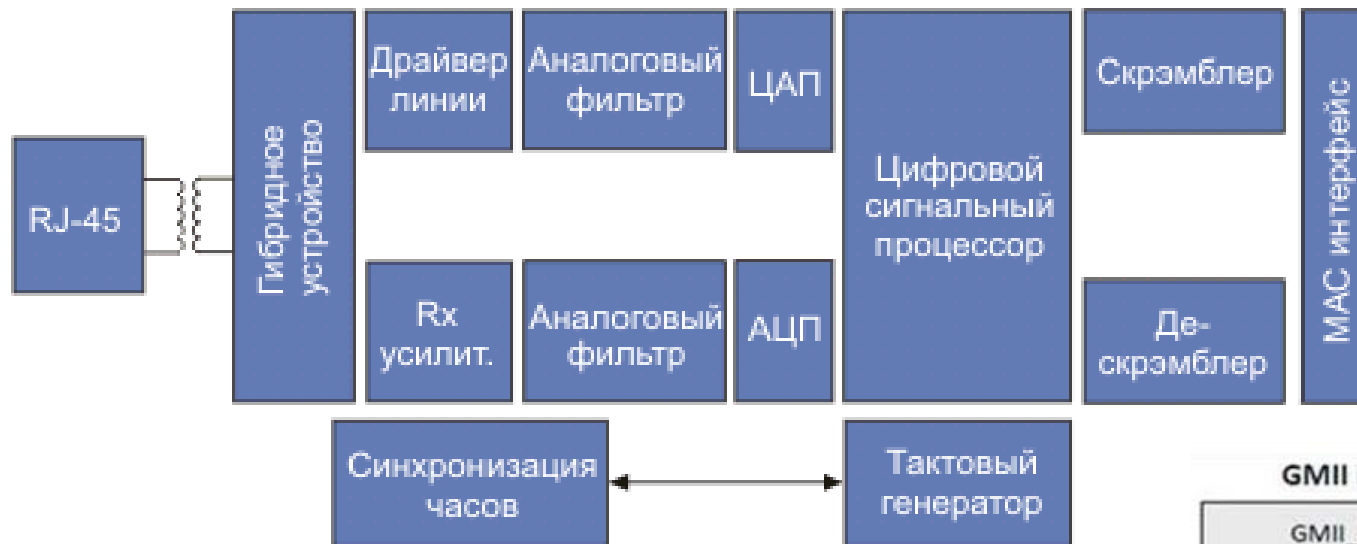


Сети Gigabit Ethernet. Архитектура стандарта

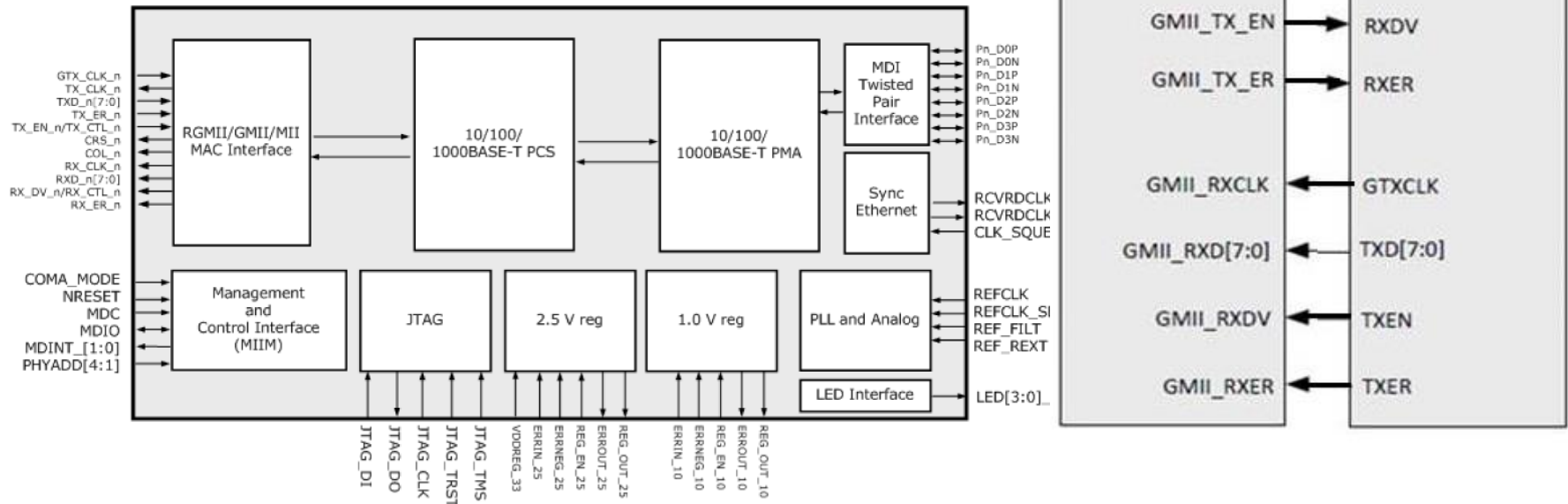
- GMII интерфейс. - Независимый от среды интерфейс (gigabit media independent interface) - расширение MII
 - обеспечивает взаимодействие между уровнем MAC и физическим уровнем.
- отдельные 8 битные шины для приемника и передатчика (Rx и Tx)
 - может поддерживать как полудуплексный, так и дуплексный режимы.
- Расширенная шина управления
 - синхронизации (clock signal Tx и Rx),
 - два сигнала состояния линии —
 - наличие сигнала на линии (En/Dv)
 - об отсутствии коллизий (Er)



Сети Gigabit Ethernet. Архитектура стандарта



PHY GMII



Сети Gigabit Ethernet. Система кодирования 8B/10B

- система кодирования 8B/10B,
 - Используется 256 комбинаций из 1024
- Кодовые слов сбалансировано
 - позволяет избежать более 4 идентичных бит подряд, и ни в одном коде не должно быть более 6 нулей или 6 единиц.
 - Для синхронизации.
- Представляет собой сумму 5B6B и 3B4B
- Используется 2 варианта кодирования
 - » D7.0 = 1110001011 (Current RD-)
 - » D7.0 = 0001110100 (Current RD+)

3b/4b code

input	RD = -1		RD = +1	input	RD = -1		RD = +1
	HGF	fg	h		HGF	fg	h
D.x.0	000	1011	0100	K.x.0	000	1011	0100
D.x.1	001	1001		K.x.1	001	0110	1001
D.x.2	010	0101		K.x.2	001	1010	0101
D.x.3	011	1100	0011	K.x.3	011	1100	0011
D.x.4	100	1101	0010	K.x.4	100	1101	0010
D.x.5	101	1010		K.x.5	001	0101	1010
D.x.6	110	0110		K.x.6	001	1001	0110
D.x.P7	111	1110	0001				
D.x.A7	111	0111	1000	K.x.7	111	0111	1000

5B/6B code

input	RD = -1		RD = +1	input	RD = -1		RD = +1
	EDCBA	abcdei			EDCBA	abcdei	
D.00	00000	100111	011000	D.16	10000	011011	100100
D.01	00001	011101	100010	D.17	10001		100011
D.02	00010	101101	010010	D.18	10010		010011
D.03	00011		110001	D.19	10011		110010
D.04	00100	110101	001010	D.20	10100		001011
D.05	00101		101001	D.21	10101		101010
D.06	00110		011001	D.22	10110		011010
D.07	00111	111000	000111	D.23	10111	111010	000101
D.08	01000	111001	000110	D.24	11000	110011	001100
D.09	01001		100101	D.25	11001		100110
D.10	01010		010101	D.26	11010		010110
D.11	01011		110100	D.27	11011	110110	001001
D.12	01100		001101	D.28	11100		001110
D.13	01101		101100	D.29	11101	101110	010001
D.14	01110		011100	D.30	11110	011110	100001
D.15	01111	010111	101000	D.31	11111	101011	010100
				K.28	11100	001111	110000

Сети Gigabit Ethernet. Система кодирования 8B/10B

- Код 8B10B представляет собой сумму 5B6B и 3B4B
 - Используется 2 варианта кодирования
 - D7.0 = 1110001011 (Current RD-)
 - D7.0 = 0001110100 (Current RD+)

D3.0	000 00011	110001 1011	110001 0100
D4.0	000 00100	110101 0100	001010 1011
D5.0	000 00101	101001 1011	101001 0100

- Использование специальных символов разделителей

K28.2	010 11100	001111 0101	110000 1010
K28.3	011 11100	001111 0011	110000 1100
K28.4	100 11100	001111 0010	110000 1101

Сети Gigabit Ethernet. Система кодирования 8B/10B

- Код 8B10B представляет собой сумму 5B6B и 3B4B
 - Используется 2 варианта кодирования
 - D7.0 = 1110001011 (Current RD-)
 - D7.0 = 0001110100 (Current RD+)

0101010011011001	1100000101	0110111010	00101001001	1101001100	1001110100	111001
???	K28.5	D16.2	D31.3	D11.3	D0.0	

- Comma characters K28.1/K28.5/K28.7 are used word alignment
- Create “ordered sets”
 - For example Fibre Channel **Start Of Frame** (SOF) = K28.5/D21.5/D23.0/D23.0
 - K30.7 = Error Propagate
 - K28.3 = Carrier Extend

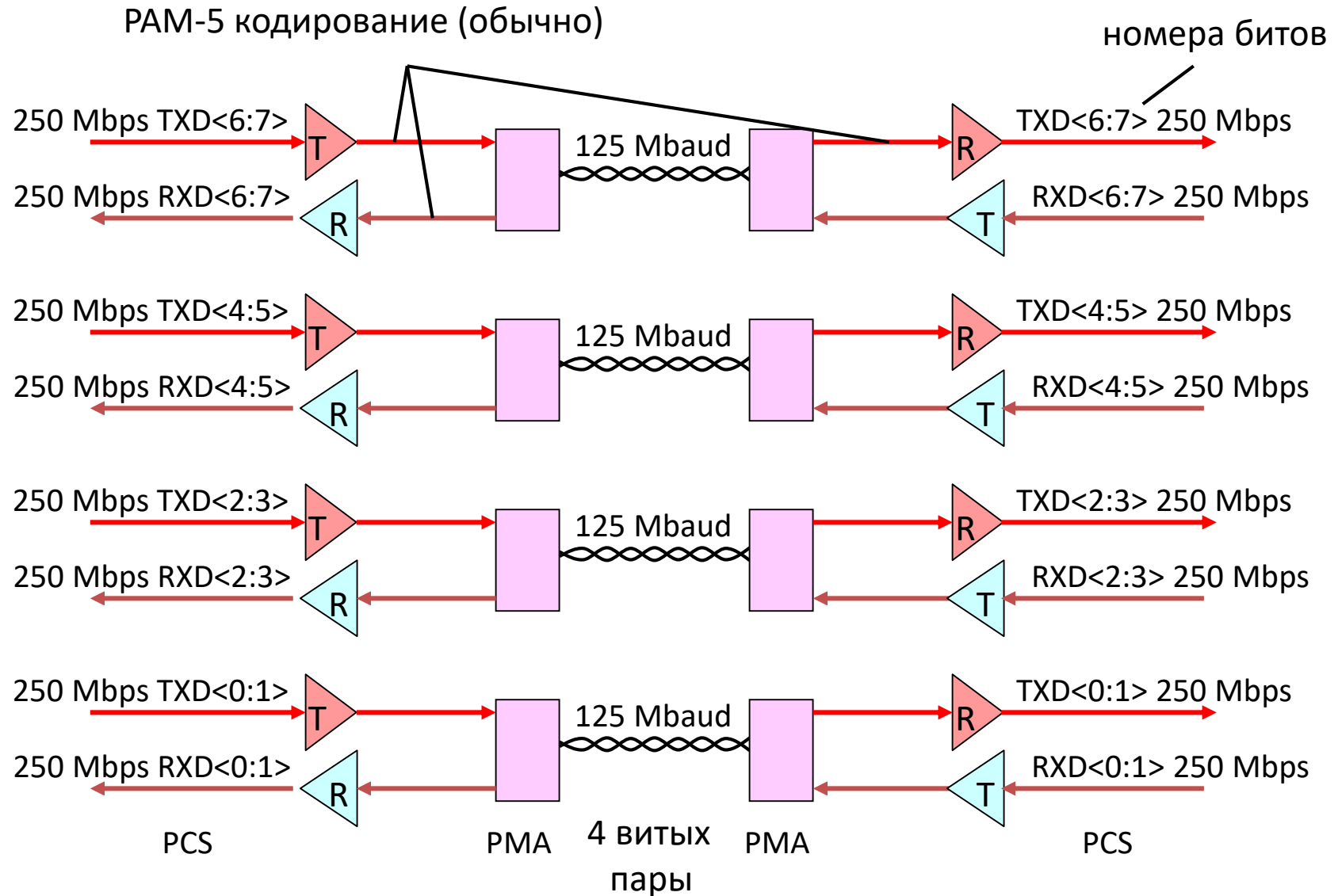
Сети Gigabit Ethernet. PAM5 кодирование

- Сигнал имеет 5 уровней $\{-2, -1, 0, +1, +2\}$.
- Четыре уровня $\{-2, -1, +1, +2\}$ кодирование информации $\{00, 01, 10 \text{ и } 11\}$.
- Уровень 0 (Forward Error Correction, FEC) для коррекции ошибок.
 - реализуется кодером Треллиса и декодером Витерби.
 - позволяет увеличить помехоустойчивость приемника на 6 дБ.
- Битовая скорость в два раза больше бодовой.
 - в одном дискретном состоянии кодируется два бита,
 - кабель 5-й кат. частота 125 МГц (Мбод/с), скорость 250 Мбит/с.
 - 4 кабеля 1000 Мбит/с,

Кодирование PAM5



Сети Gigabit Ethernet. Подключение 1000Base T



Сети 10 Gigabit Ethernet.

- Используется дата-центрах и точках обмена трафиком с высокоскоростными маршрутизаторами, коммутаторами, серверами, а также в других сильно загруженных магистральных каналах.
 - . Сеть 10GBase-ER
- только полнодуплексная передача данных
- автоматическое согласование скорости по принципу максимально возможного значения для обоих концов линии.

ТИП	длина	среда
10GBase-SR	300 м	Многомодовое волокно(0,85 мкм)
10GBase-LR	10 км	Одномодовое (1,3 мкм) волокно
10GBase-ER	40 км	Одномодовое (1,5 мкм) волокно
10GBase-CX4	15 м	4 пары биаксиального кабеля (твниксального, TWC)
10GBase-T	100 м	4 пары неэкранированной витой пары кат. 6A

SFP+ - Rj45



TWC



10 Gigabit Ethernet (10GbE)

стандарт	Год	Тип	Скорость Gbps	длина сегмента	Тип кабеля
IEEE 802.3ae	2003	10GBASE-SR	10	26-300 м	оптоволоконный
	2003	10GBASE-LX4	10	Одномод — 10 км Многомод — 300 м	
	2003	10GBASE-LR	10	10 км	
	2003	10GBASE-ER	10	40 км	
	2003	10GBASE-SW	10	26 м — 40 км	
	2003	10GBASE-LW	10		
	2003	10GBASE-EW	10		
IEEE 802.3ak	2004	10GBASE-CX4	10	15м	медный кабель CX4
IEEE 802.3an	2006	10GBASE-T	10	100 м	UTP/STP cat 6,6a,7
IEEE 802.3aq	2006	10GBASE-LRM	10	220 м	оптоволоконный
IEEE 802.3ap	2007	10GBASE-KX4	10	1 м	для объединительной платы
IEEE 802.3ap	2007	10GBASE-KR	10	1 м	
IEEE 802.3av	2009	10GBASE-PR	10	20 км	оптоволоконный

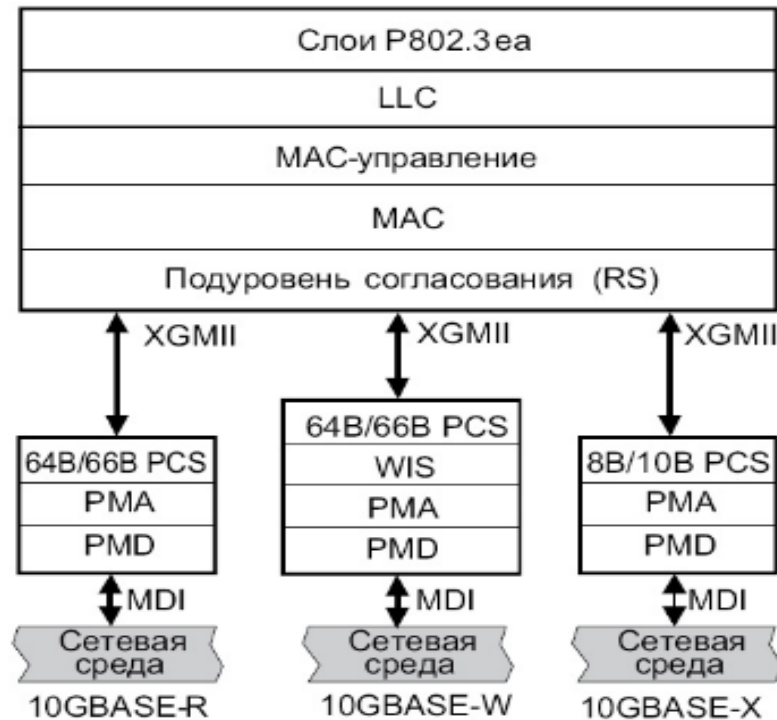
40,100 и др Gigabit Ethernet (40GbE)

Стандарт	Год	Тип	Скорость, Gbps	длина сегмента	Тип кабеля
IEEE 802.3ba	2010	40GBase-KR4 100GBase-KP4	40 100	1 м	для объединительной платы
		100GBase-KR4	100	1 м	для улучшенной объединительной платы
		40GBase-CR4 100GBase-CR10	40 100	7 м	медный биаксиальный кабель
		40GBase-T	40	30 м	UTP cat 8
		40GBase-SR4 100GBase-SR10	40 100	100 м 125 м	оптоволоконный
		40GBase-LR4 100GBase-LR4	40 100	10 км	
		100GBase-ER4	100	40 км	
IEEE 802.3bg	2011	40GBase-FR	40	2 км	
IEEE P802.3bs	2020	200GBASE	200	?	В разработке
IEEE P802.3bs	2020	400GBASE	400	?	В разработке
В разработке	?	1TBASE	1000	?	В разработке

Сети 10 Gigabit Ethernet.

- 10GBase-CX4 – TWC, 10GBase-X,
 - кодирование 8B/10B.
 - скорости 3,125 Гсимволов/с, скорость передачи данных 10 Гбит/с.
- 10GBase-T — неэкранированная витая пара
 - кодировка PAM16.
- 10Gbase-R и 10GBasc-W
 - кодирование 64B/66B.
- Стандарт 10-гигабитного Ethernet – 7 стандартов физической среды для LAN, MAN и WAN физического уровня.
- .

Сети 10 Gigabit Ethernet.



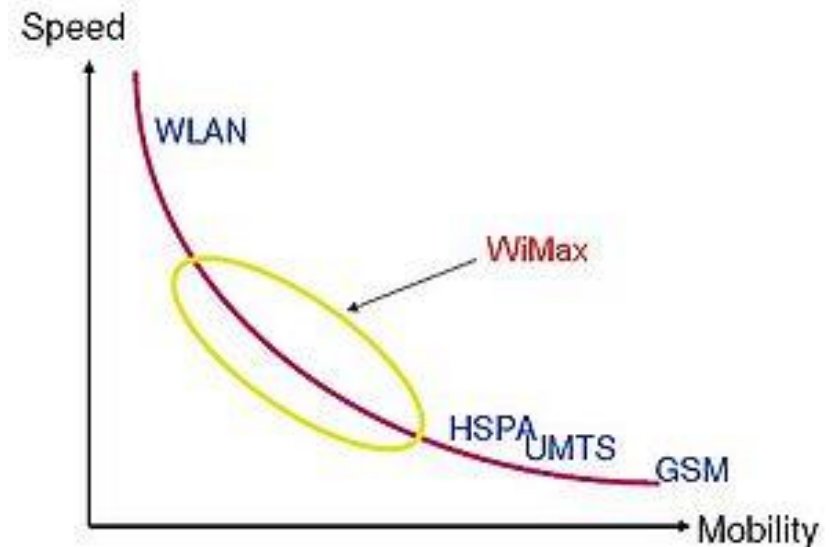
- Стандарты отличаются взаимодействием с уровнем MAC.
- единый интерфейс XGMII (eXtended Gigabit Medium Independent Interface — расширенный интерфейс независимого доступа к гигабитной среде),
- предусматривает параллельный обмен 4 байтами,
 - 4 параллельных потока данных

Особенности беспроводных вычислительных сетей

Аппаратные средства
телекоммуникационных систем.
Вычислительные сети

Беспроводные сети

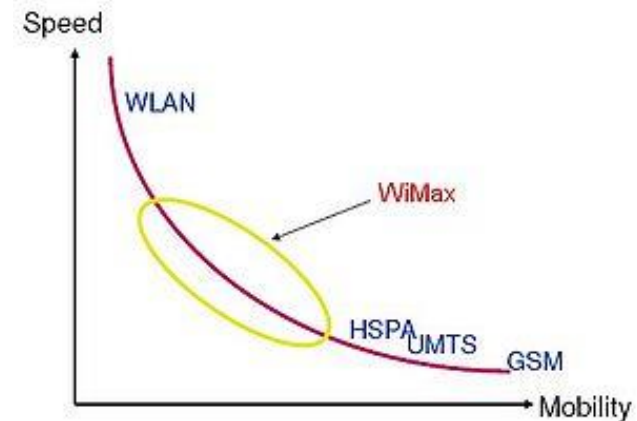
- **Беспроводные технологии** — подкласс информационных технологий, служат для передачи информации между двумя и более точками на расстоянии, не требуя проводной связи. Для передачи информации могут использоваться радиоволны, а также инфракрасное, оптическое или лазерное излучение.
- Примеры: IrDA, WiFi, WiMAX, Bluetooth, RFID, GPRS, ZigBee, Lora.
- Основные отличия сетей – дальность действия и максимальная скорость.
- Описываются стандартами IEEE 802.1X



Беспроводные сети.

Классификация по дальности действия:

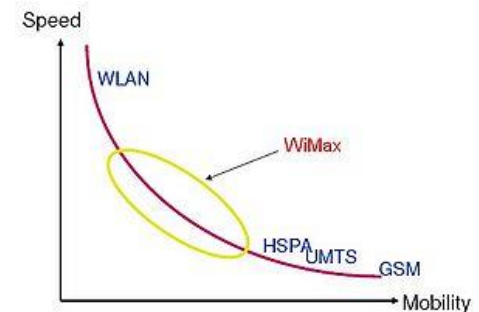
- **Беспроводные персональные сети** (WPAN — Wireless Personal Area Networks).
 - Примеры технологий — Bluetooth.
- **Беспроводные локальные сети** (WLAN — Wireless Local Area Networks).
 - Примеры технологий — Wi-Fi.
- **Беспроводные сети масштаба города** (WMAN — Wireless Metropolitan Area Networks).
 - Примеры технологий — WiMAX.
- **Беспроводные глобальные сети** (WWAN — Wireless Wide Area Network).
 - Примеры технологий — GPRS, EDGE, LTE.



Беспроводные сети.

Классификация по дальности действия:

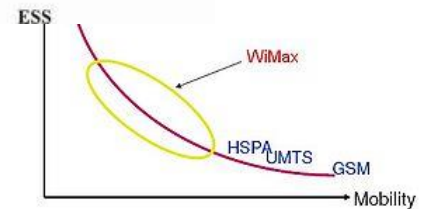
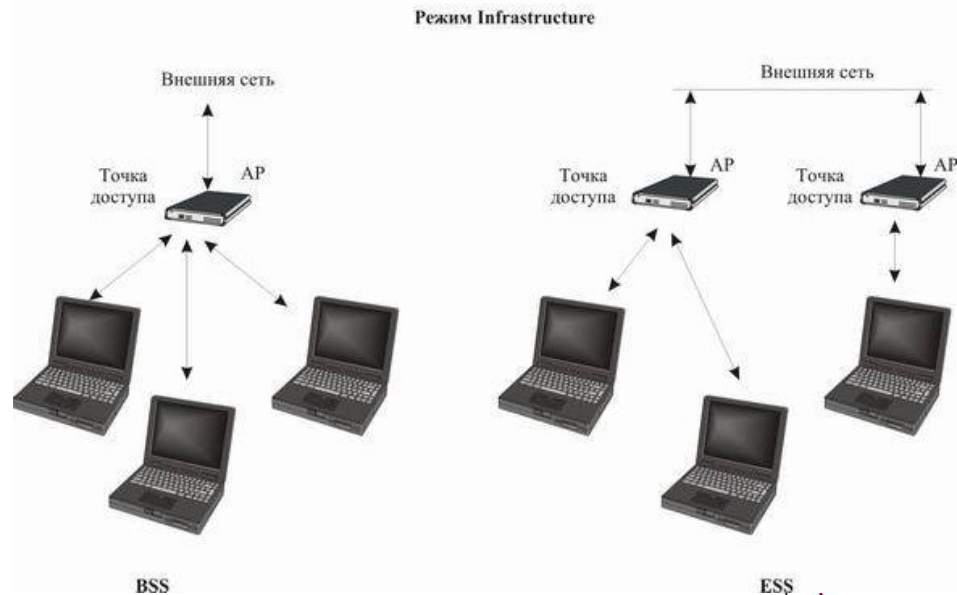
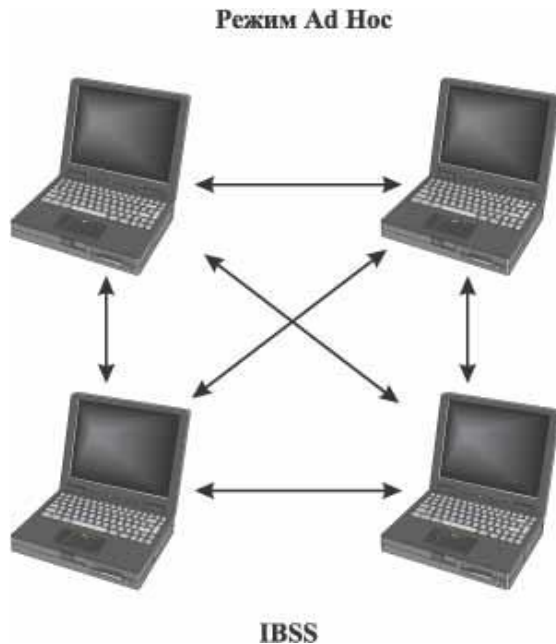
- **WiMAX** — сеть покрытия километры пространства,
 - использует лицензированные спектры частот (возможно и использование нелицензированных частот)
 - *для предоставления соединения с интернетом типа точка-точка провайдером конечному пользователю.*
 - Основной стандарт 802.16
- **Wi-Fi** — система короткого действия (локальные беспроводные сети),
 - десятки метров, использует нелицензированные диапазоны частот для обеспечения доступа к сети.
 - *Часть используется для доступа к локальной сети*
 - Локальная сеть может быть и не подключена к Интернету.
 - Основной стандарт 802.11



Беспроводные сети.

Классификация по дальности действия:

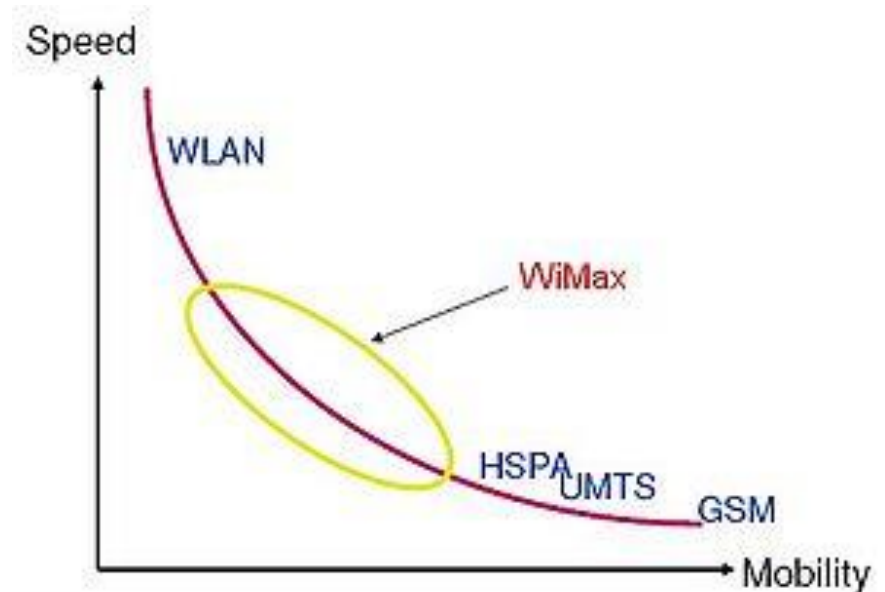
- По топологии:
 - «Точка-точка» (ad-hoc).
 - «Точка- точка подключения».



Беспроводные сети.

Классификация по дальности действия:

- По области применения:
 - Корпоративные (ведомственные) беспроводные сети — создаваемые компаниями для собственных нужд.
 - Операторские беспроводные сети — создаваемые операторами связи для возмездного оказания услуг.
 - Промышленные — используемые в рамках коммерческих проектов
 - Бытовые



Беспроводные сети. Особенности

- Предотвращение коллизий в канале:
 - CSMA/CA "множественный доступ с контролем несущей и предотвращением коллизий").
 - » Для предотвращения заторов источник посылает jam сигналы
 - » отличается от CSMA/CD тем, что коллизиям подвержены не пакеты данных, а только jam-сигналы.
 - Механизм (CSMA/CA) призван выявлять коллизии в сети
 - *Проблему нельзя решить с помощью коммутаторов, как в проводных сетях*
- Время доставки сообщений не нормировано:
 - Механизм случайного доступа к каналу (CSMA/CA) не гарантирует доставку в заранее известное время

Беспроводные сети. Особенности

- Помехозащищенность ниже чем в проводных сетях:
 - Беспроводные сети подвержены влиянию электромагнитных помех сильнее, чем проводные;
 - Больше помех, а также такие волновые явления, как переотражение сигналов и их интерференция
- Надежность связи падает при движении или изменении обстановки:
 - Связь может исчезнуть при изменении расположения узлов сети или появлении объектов вызывающих паразитные сигналы.

Беспроводные сети. Особенности

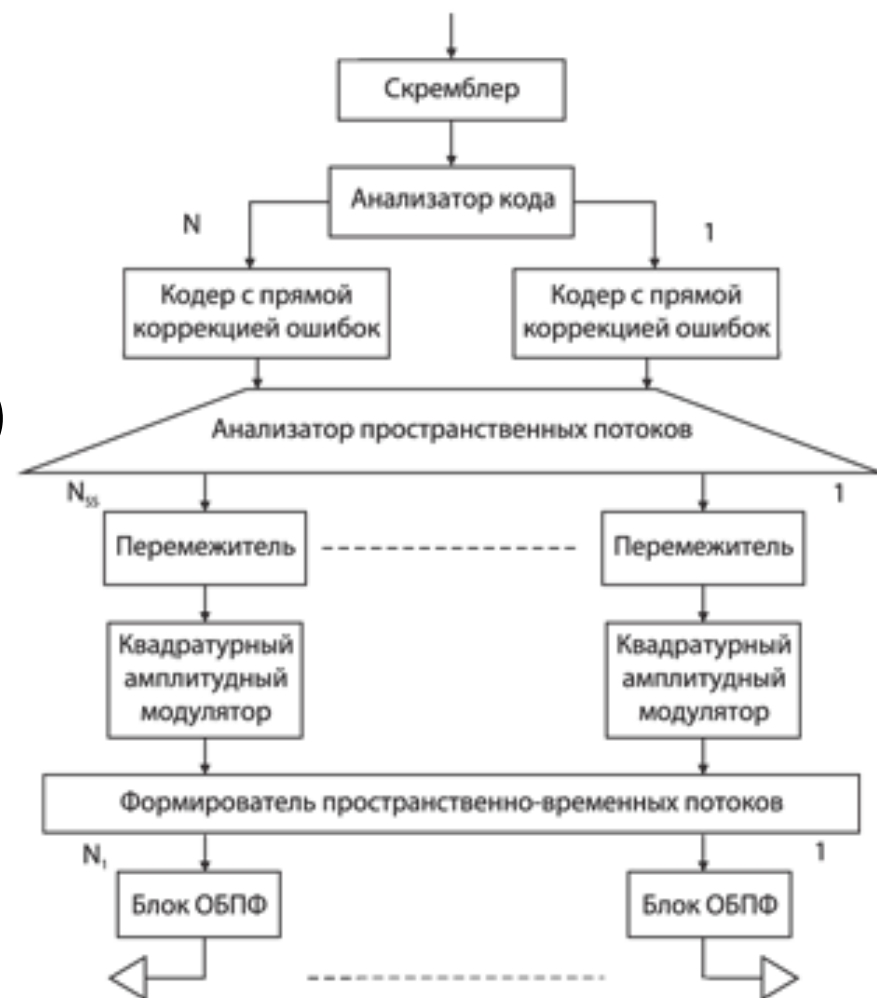
- Нет полнодуплексного режима:
 - Беспроводные трансиверы не могут передавать и принимать сигнал на одном канале.
 - *Это связано с быстрым уменьшением плотности мощности излучения от расстояния*
 - Сигнал собственного передатчика оказывается на порядки сильнее принимаемого сигнала и заглушает его.
- Сеть физически не защищена (Безопасность):
 - Возможность утечки информации,
 - Незащищенность от искусственно созданных помех,
 - Возможность незаметного вторжения враждебными лицами.

Беспроводные сети . Особенности

- Ограниченная дальность связи:
 - Чем выше диапазон частот тем меньше дальность
 - Проблема решается использованием ретрансляторов;
 - Не все диапазоны частот можно использовать.
 - Часто в одном и том же диапазоне могут работать разные устройства
 - *Например микроволновки и wifi работают в одном диапазоне частот.*
- Пропускная способность сети и проблема сильного сигнала:
 - Как правило устройства выбирают канал с лучшим сигналом
 - канал может быть перегружен
 - Решается специальными алгоритмами распределения пропускной способности.

Физический уровень WIFI

- **Скремблер** псевдослучайным шумом,
 - Код Баркера 11 или ССК
- **Кодировка с прямой коррекцией ошибок (FEC).**
- **Чередование бит (перемеживание)**
 - устранения блочных ошибок
- **Подмодуляция сигнала (цифровая)**
 - Напр. 64 QAM
- **Аналоговая модуляция**
 - OFDM
- **Разнесенные антенн (MIMO)**
- **Сигналы подтверждения ASK**
 - ARQ
- **Мультитрансляция пакетов**
 - HARQ - ARQ с голосованием
- **Циклическое кодирование CRC32**



Пример .Структурная схема передатчика 802.11n

Сети стандарта 802.11.

802.11 b и b+ (22 МГц)

Скорость передачи, Мбит/с		Метод кодирования	Модуляция	Скорость сверточного кодирования	Символьная скорость, 10^6 символов в секунду	Количество бит в одном символе
1	(обязательно)	Код Баркера	DBPSK	-	1	1
2	(обязательно)	Код Баркера	DQPSK	-	1	2
5,5	(обязательно)	CCK	DQPSK	-	1,375	2
	(опционально)	PBCC	DBPSK	1/2	11	0,5
11	(обязательно)	CCK	DQPSK	-	1,375	8
	(опционально)	PBCC	DQPSK	1/2	11	1
22*	(обязательно)	PBCC	DQPSK	3/4	11	2

802.11 a

Скорость, Мбит/с	Тип модуляции	Скорость сверточного кодирования	Количество битов в одном символе в одном подканале	Общее количество битов в символе (48 подканалов)	Количество битов данных в символе
6	BPSK	1/2	1	48	24
9	BPSK	3/4	1	48	36
12	QPSK	1/2	2	96	48
18	QPSK	3/4	2	96	72
24	16-QAM	1/2	4	192	96
36	16-QAM	3/4	4	192	144
48	64-QAM	2/3	6	288	192
54	64-QAM	3/4	6	288	216

802.11 g = a + b

Скорость передачи, Мбит/с		Метод кодирования	Модуляция
1	(обязательно)	Код Баркера	DBPSK
2	(обязательно)	Код Баркера	DQPSK
5,5	(обязательно)	CCK	DQPSK
	(опционально)	PBCC	DBPSK
6	(обязательно)	OFDM	BPSK
	(опционально)	CCK-OFDM	BPSK
9	(опционально)	OFDM, CCK-OFDM	BPSK
11	(обязательно)	CCK	DQPSK
	(опционально)	PBCC	DQPSK
12	(обязательно)	OFDM	QPSK
	(опционально)	CCK-OFDM	QPSK
18	(опционально)	OFDM, CCK-OFDM	QPSK
22	(опционально)	PBCC	DQPSK
24	(обязательно)	OFDM	16-QAM
	(опционально)	CCK-OFDM	
33	(опционально)	PBCC	
36	(опционально)	OFDM, CCK-OFDM	16-QAM
48	(опционально)	OFDM, CCK-OFDM	64-QAM
54	(опционально)	OFDM, CCK-OFDM	64-QAM

Сети стандарта 802.11n

- Примеры вариантов стандарта MCS (Modulation & Coding Scheme)

Модуляция	скорость кодирования	Полоса, МГц	Количество поднесущих OFDM	Число каналов MIMO	Скорость при CP = 800 нс	Скорость при CP = 400 нс
BPSK	1/2	20	52	1	6,5	7,2
64-QAM	5/6				65	72,2
BPSK	1/2			2	13	14,4
64-QAM	5/6				130	144
BPSK	1/2			3	19,5	21,7
64-QAM	5/6				195	216,7
BPSK	1/2			4	26	28,9
64-QAM	5/6				260	288,9
BPSK	1/2	40	108	1	13,5	15
64-QAM	5/6				135	150
BPSK	1/2			2	27	30
64-QAM	5/6				270	300
BPSK	1/2			3	40,5	45
64-QAM	5/6				405	450
BPSK	1/2			4	54	60
64-QAM	5/6				540	600

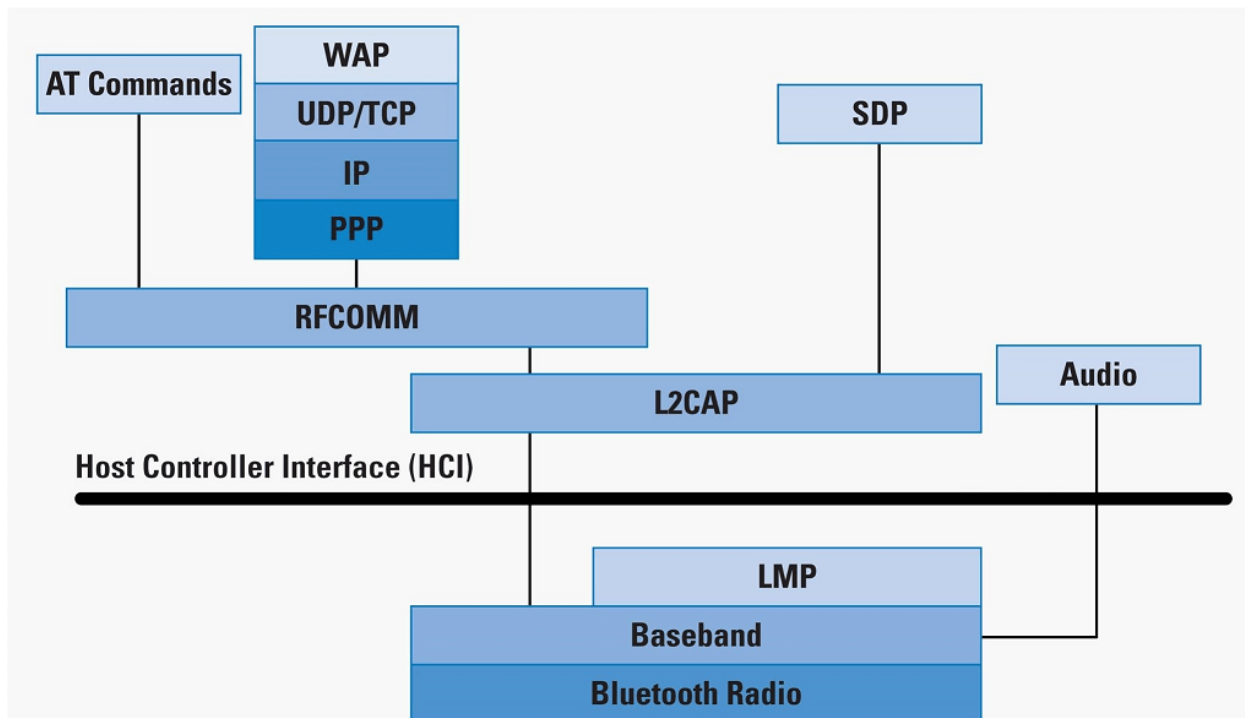
Сети стандарта 802.11

	WIFI 1	WIFI 2	WIFI 3	WIFI 4	WIFI 5	WIFI 6	
	802.11	802.11b	802.11a	802.11g	802.11n	802.11ac	802.11ax
Год ратификации	1997	1999	1999	2003	2009	2014	2017-2019
Рабочая частота	2.4 GHz/IR	2.4 GHz	5 GHz	2.4 GHz	2.4/5 GHz	5 GHz	2.4/5 GHz
Частотные каналы	20 MHz	20 MHz	20 MHz	20 MHz	20/40 MHz	20/40/80/160 MHz	20/40/80/160 MHz
Пиковая физическая скорость (PHY)	2 Mbps	11 Mbps	54 Mbps	54 Mbps	600 Mbps	6.8 Gbps	10 Gbps
Макс кол SU-поток (SU Streams)	1	1	1	1	4	8	8
Макс кол MU-поток (MU Streams)	NA	NA	NA	NA	NA	4	8
Модуляция	DSSS, FHSS	DSSS, CCK	OFDM	OFDM	OFDM	OFDM	OFDM, OFDMA
Макс тип и скорость кодирования	DQPSK	CCK	64-QAM, 3/4	64-QAM, 3/4	64-QAM, 5/6	256-QAM, 5/6	1024-QAM, 5/6
Макс кол тонов OFDM	NA	NA	64	64	128	512	2048
Разнесение субтонов	NA	NA	312.5 kHz	312.5 kHz	312.5 kHz	312.5 kHz	78.125 kHz

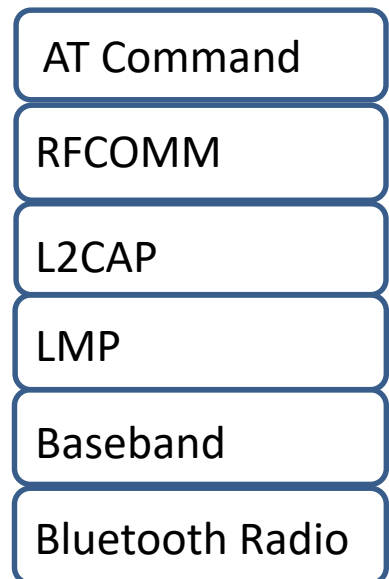
Стандарт **802.11** известен как WIFI, но WIFI это бренд Wi-Fi Alliance.

Bluetooth. Стек протоколов

- Стек Bluetooth был разработан, для того, чтобы различные коммуникационные приложения могли использовать Bluetooth в своих целях.
- По этому Bluetooth представляет собой набор различных протоколов, в общем случае, не описываемых моделью OSI.
 - Каждое приложение Bluetooth используется один или несколько вертикальных срезов



Пример среза



Bluetooth. Доступ к пикосетям

- Все подчинённые устройства пикосети имеют:
 - **Одинаковую** последовательность перестройки частоты **FHSS**
 - *определяется адресом ведущего устройства (FDMA)*
 - **Временную синхронизацию с ведущим устройством (TDD)**
 - Определяет последовательность TDMA внутри пикосети
 - **Код доступа к каналу CDMA**
 - определяемый адресом ведущего устройства
 - Позволяет разделить пикосети с другими сетями в том же диапазоне
 - **Код доступа к каналу присутствует вначале каждого пакета.**
 - Корреляция принимаемого сигнала с этим кодом наряду с последовательностью перестройки частоты и временной синхронизацией определяет присутствие полезного сигнала в данном физическом канале.

