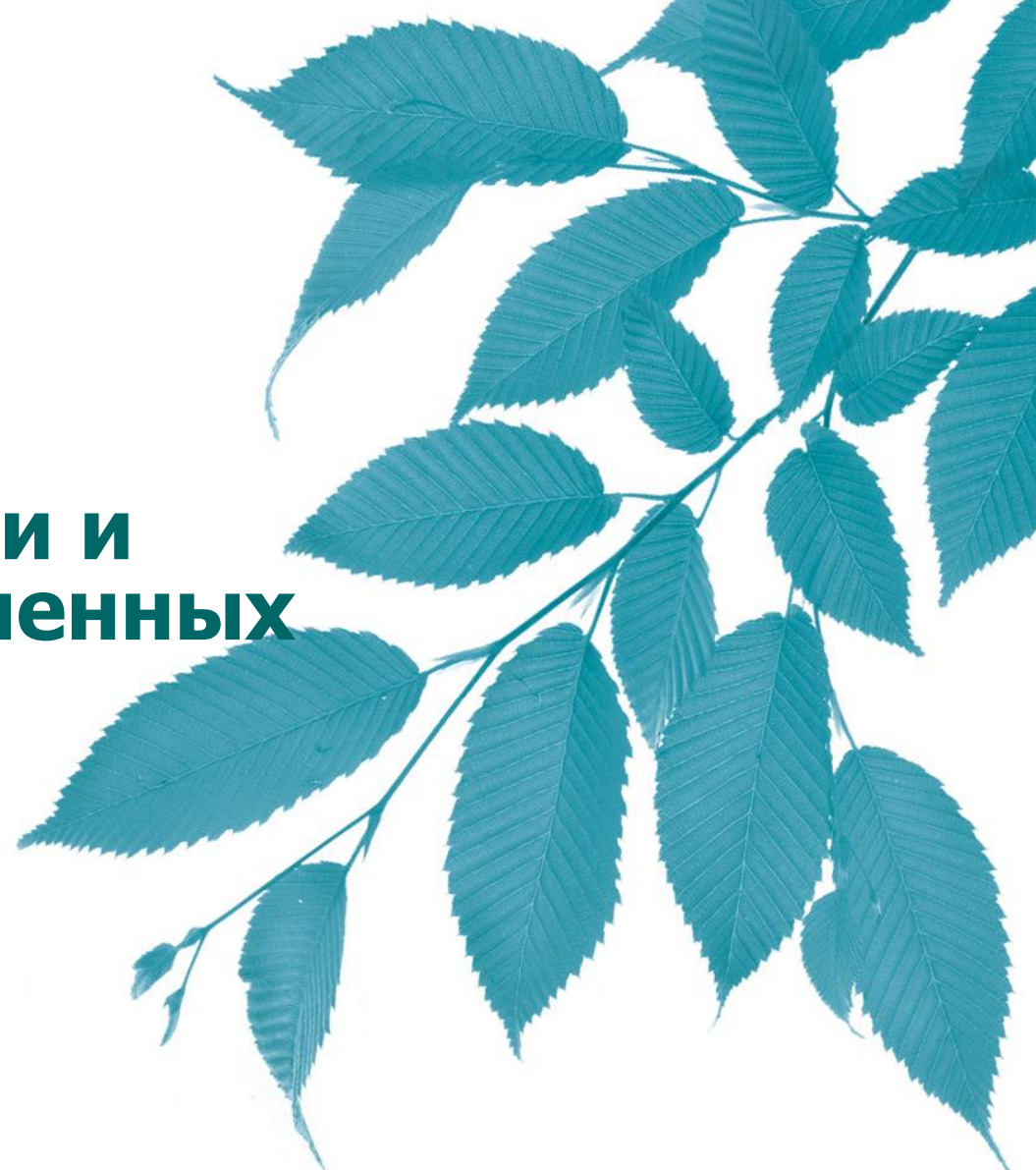




Технологии коммутации и маршрутизации современных сетей Ethernet

Сертификационный курс

Лекция 1



Лекция 1

Введение в вычислительные сети и сетевое оборудование

Лекция 1. Физический уровень модели OSI

- ☐ Понятие линии и канала связи;
- ☐ Сигналы;
- ☐ Основные характеристики линии связи;
- ☐ Стандарты кабелей;
- ☐ Электрическая проводка;
- ☐ Беспроводная среда передачи.

Физический уровень модели OSI

❑ **Функции физического уровня модели OSI:**

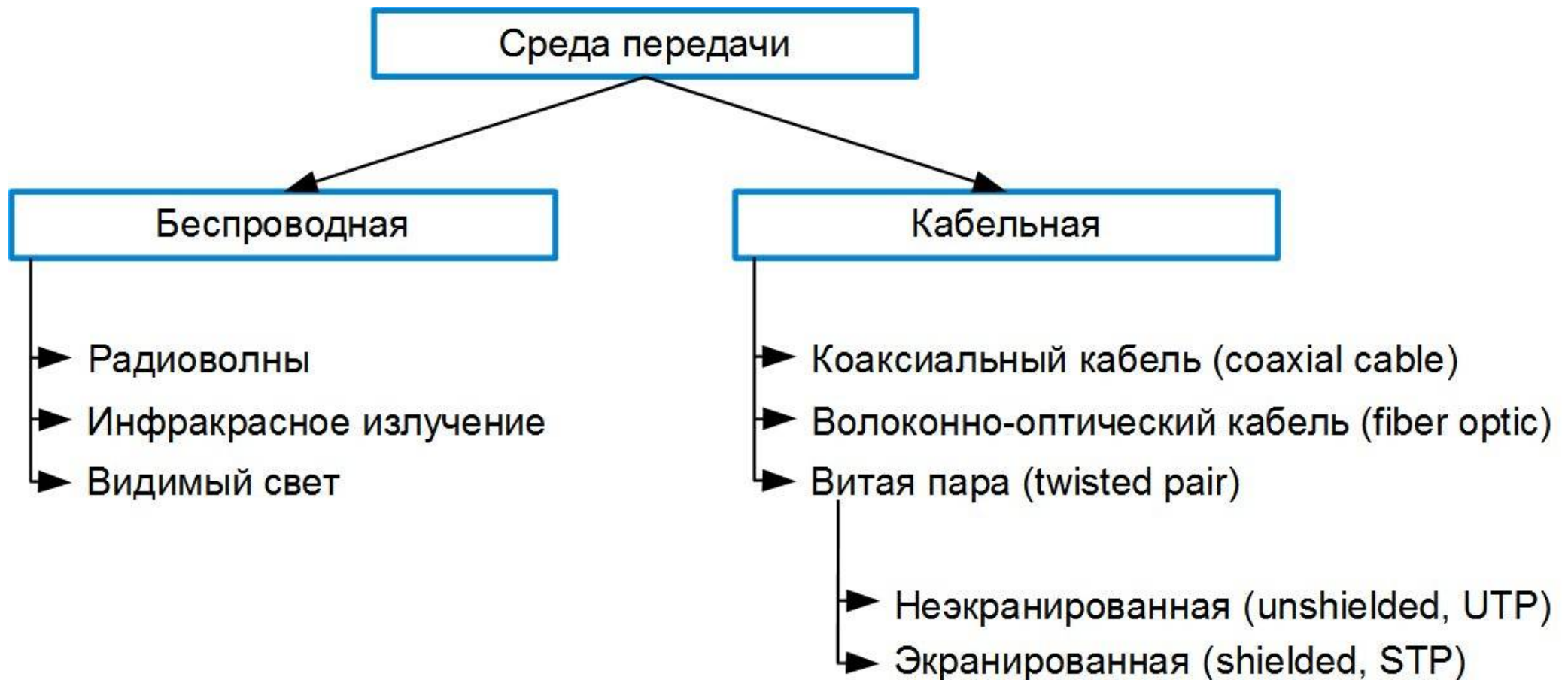
- передача битов через физическую среду в виде электрических, оптических и радиосигналов;
- установление, поддержание и деактивизация канала между конечными системами;
- идентификация каналов;
- оповещение о появлении неисправностей и отказов.

❑ **Широко известны и применяются стандарты физического уровня, разработанные:**

- ❑ Альянсом отраслей электронной промышленности (Electronics Industries Alliance, EIA);
- ❑ Ассоциацией телекоммуникационной промышленности (Telecommunications Industry Association, TIA).

Понятие линии связи и канала связи

- ❑ **Среда передачи** (transmission medium) или **физическая среда** – материальная субстанция, через которую осуществляется распространение сигналов.



Понятие линии связи и канала связи

- ❑ **Канал связи** (channel, data link) – совокупность одной или нескольких физических сред передачи и каналообразующего (сетевого) оборудования, которые обеспечивают передачу данных между взаимодействующими системами в виде сигналов, соответствующих типу физической среды.



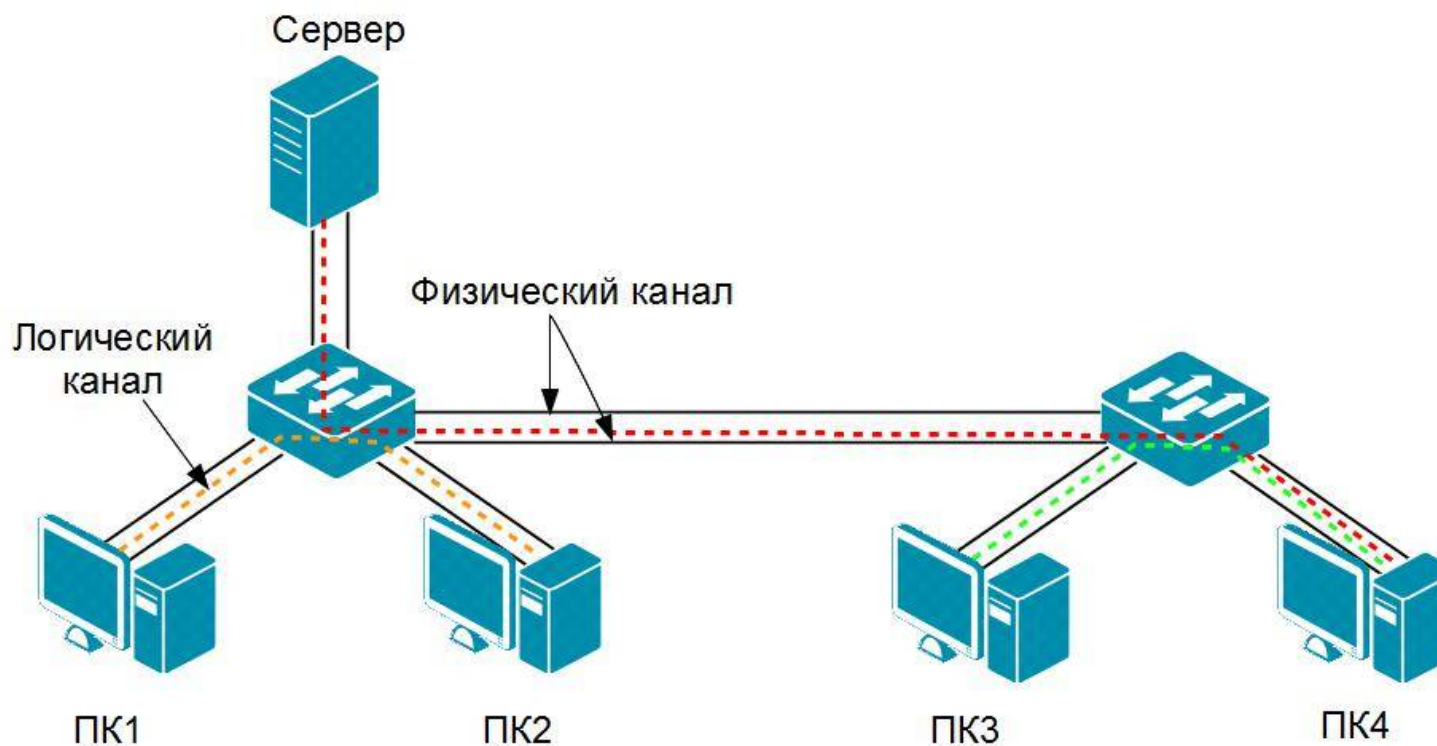
Понятие линии связи и канала связи

❑ Каналы связи разделяют на:

- **физические** (physical link);
- **логические** (logical link);

❑ Физические каналы подразделяются на:

- **электрические** (витая пара, коаксиальный кабель);
- **оптические** (волоконно-оптический кабель);
- **беспроводные** (радиоканалы, инфракрасные каналы и т.д).



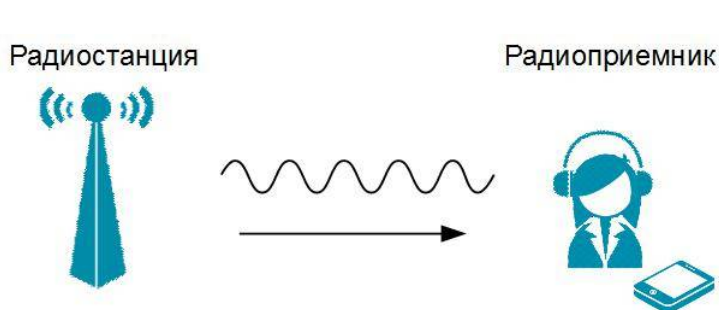
□ Каналы (линии) связи можно классифицировать на основе следующих признаков:

- по типу физической среды;
- по типу представления передаваемой информации;
- по направлению передачи данных;
- по времени существования;
- по способу подключения;
- по ширине полосы пропускания.

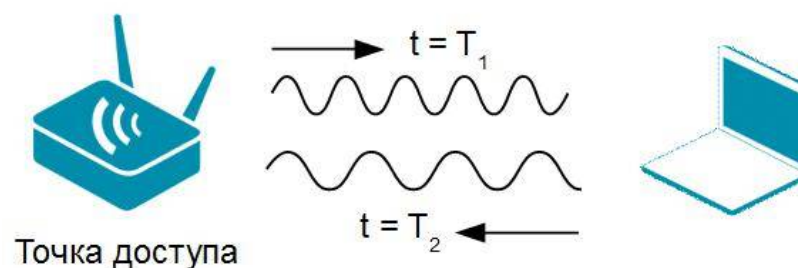
Понятие линии связи и канала связи

□ В зависимости от направления передачи данных различают каналы:

- **симплексные** (simplex) – передача осуществляется только в одном направлении;
- **полудуплексные** (half-duplex) – передача ведется поочередно в прямом и обратном направлении;
- **дуплексные** (duplex) – передача ведется одновременно в двух направлениях - прямом и обратном).



Симплексный канал



Полудуплексный канал



Дуплексный канал

□ По времени доступности абонента каналы разделяют на:

- **выделенные** или **некоммутируемые** - доступны для передачи данных на длительное время за счет постоянно существующего соединения с заданными характеристиками;
- **коммутируемые** или **временные** - передача данных возможна только после установления соединения между взаимодействующими системами.

□ По способу подключения каналы делятся на:

- **«точка-точка»** (point-to-point) - связывает только два узла или две взаимодействующих системы;
- **«точка-многоточка»** (point-to-multipoint) – обеспечивает соединение одной центральной системы (узла) с группой других систем (узлов);
- **«многоточка»** (multipoint) - обеспечивает подключение друг к другу группы узлов или систем.

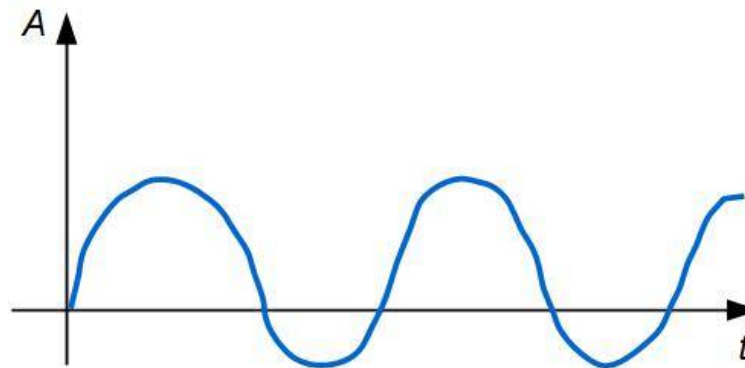
□ В зависимости от ширины полосы пропускания и способа передачи сигналов каналы делятся на:

- **основополосные** (baseband channel);
- **широкополосные** (broadband channel).

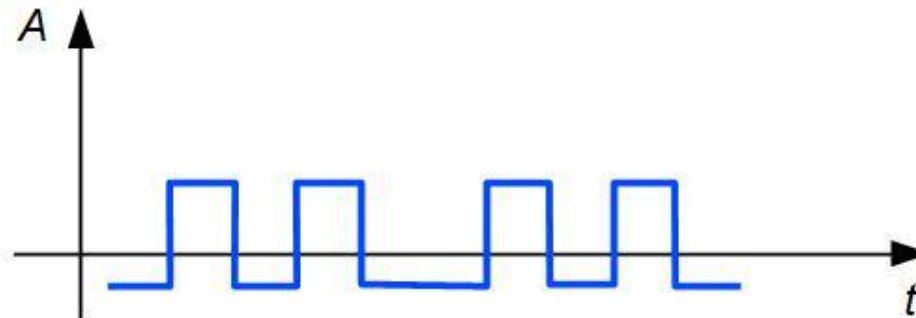
Передача данных по каналам связи осуществляется с помощью их физического представления – электрических (электрический ток), оптических (свет) или электромагнитных сигналов.

□ Если рассматривать сигнал как функцию времени, то он может быть:

- **аналоговым** (непрерывным) - его величина непрерывно изменяется во времени;



- **цифровым** (дискретным) – имеющим конечное, обычно небольшое число значений.



- ❑ **Гармонический сигнал** - это гармонические колебания, со временем распространяющиеся в пространстве, которые несут в себе информацию или какие-то данные.
- ❑ **Гармонический сигнал несет в себе информацию в виде трех параметров:**
 - ❑ амплитуды;
 - ❑ фазы;
 - ❑ частоты.

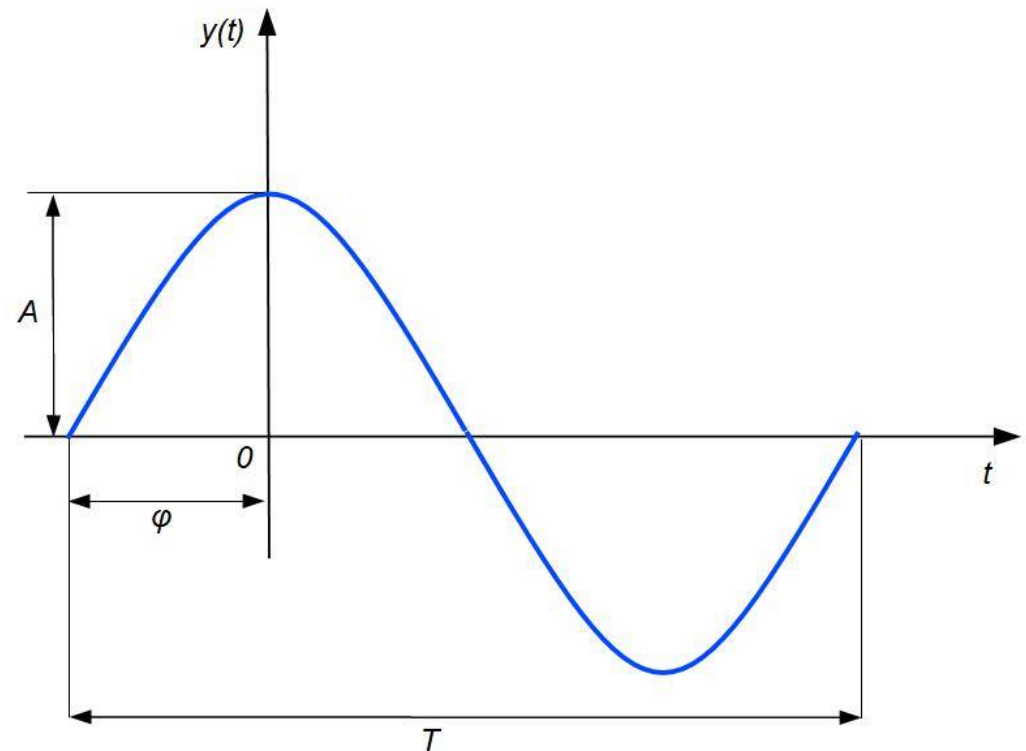
$$y(t) = A \cos(\omega t + \varphi_0),$$

A – амплитуда сигнала;

ω – круговая частота: $\omega = 2\pi f$ (f – линейная частота: $f = 1/T$, величина обратная периоду T);

φ_0 – начальная фаза гармонического сигнала;

t – время.

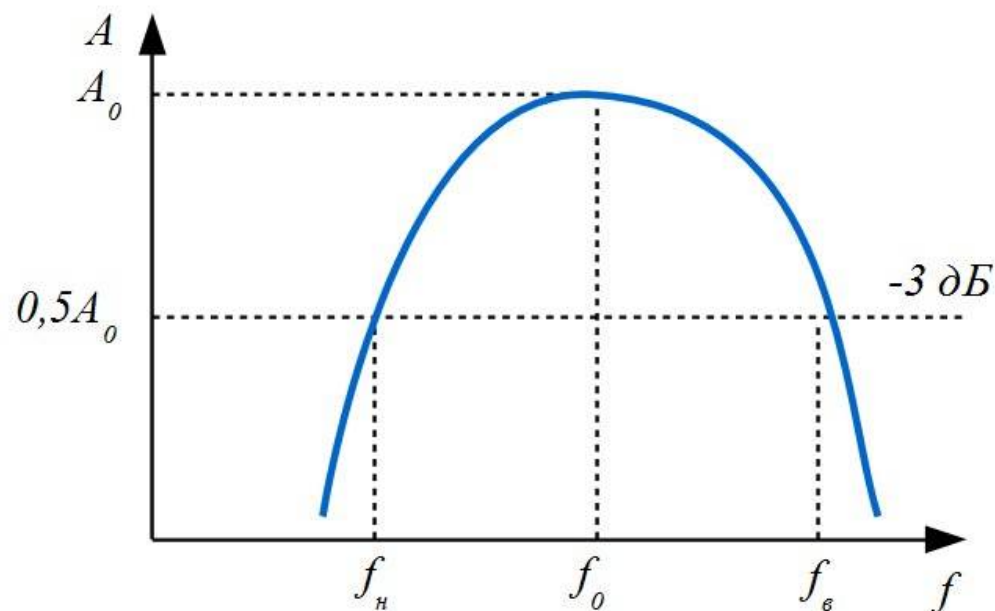


Основные характеристики канала связи

- ❑ К основным характеристикам канала (линии) связи, существенно влияющим на качество передачи сигнала, можно отнести:
- полосу пропускания;
 - затухание;
 - помехоустойчивость;
 - пропускную способность;
 - достоверность передачи данных.

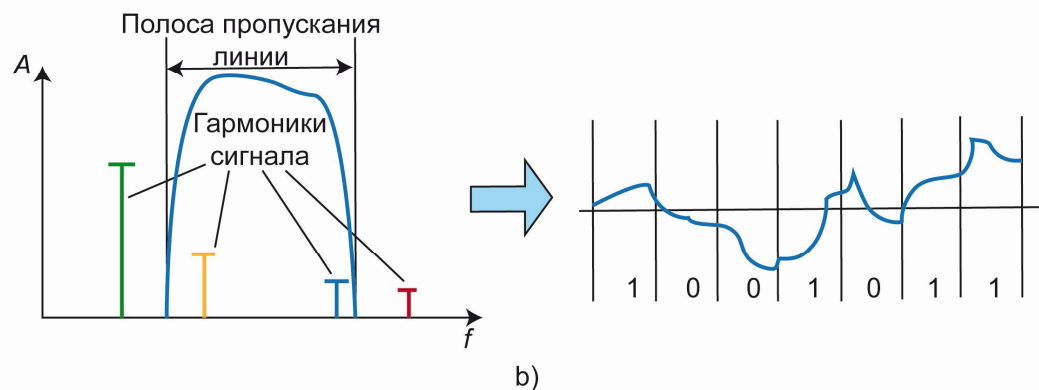
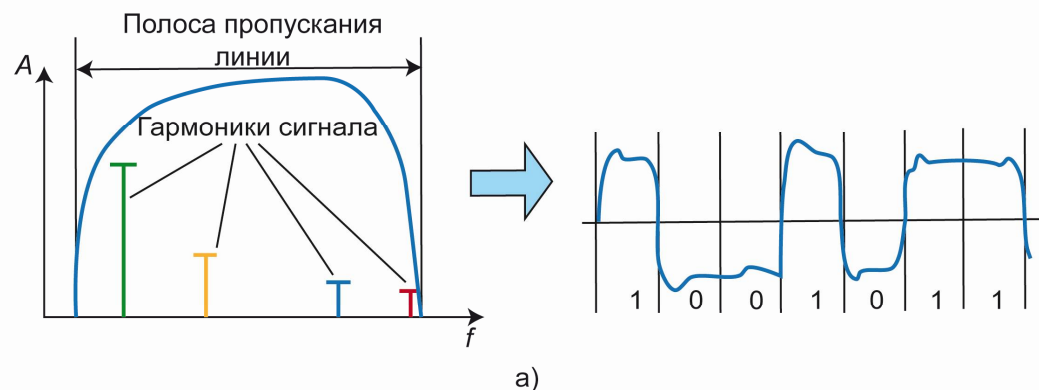
Основные характеристики канала связи

- ❑ **Полоса пропускания** (bandwidth) – диапазон частот, в пределах которого амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) линии связи достаточно равномерна для того, чтобы обеспечить передачу сигнала без существенного искажения его формы.
- ❑ Измеряется полоса пропускания в *герцах* (Гц).



- ❑ **Ширина полосы пропускания:**
 - влияет на максимально возможную скорость передачи информации по каналу связи;
 - зависит от типа среды передачи;
 - зависит от наличия в каналах частотных фильтров.

Влияние полосы пропускания на сигнал



Сигналы составлены из большого набора гармоник, однако приемник может получить лишь те гармоники, частоты которых находятся внутри полосы пропускания канала. Чем шире полоса пропускания канала, тем выше может быть скорость передачи данных и тем более высокочастотные гармоники сигнала могут передаваться. Если в полосу пропускания канала попадают гармоники, амплитуды которых вносят основной вклад в результирующий сигнал, форма сигнала претерпит незначительные изменения, и сигнал будет правильно распознан приемником.

В противном случае форма сигнала будет значительно искажаться, что приведет к снижению скорости передачи информации по каналу вследствие проблем с его распознаванием, которые вызовут ошибки связи и повторные передачи.

Основные характеристики канала связи

- ❑ **Затухание** (attenuation) — это величина, показывающая, насколько уменьшается мощность (амплитуда) сигнала на выходе канала связи по отношению к мощности (амплитуде) сигнала на входе.
- ❑ Коэффициент затухания d измеряется в *децибелах* (дБ, dB) на единицу длины и вычисляется по следующей формуле:

$$d[\text{дБ}] = 10 \lg \frac{P_{\text{вых}}}{P_{\text{вх}}},$$

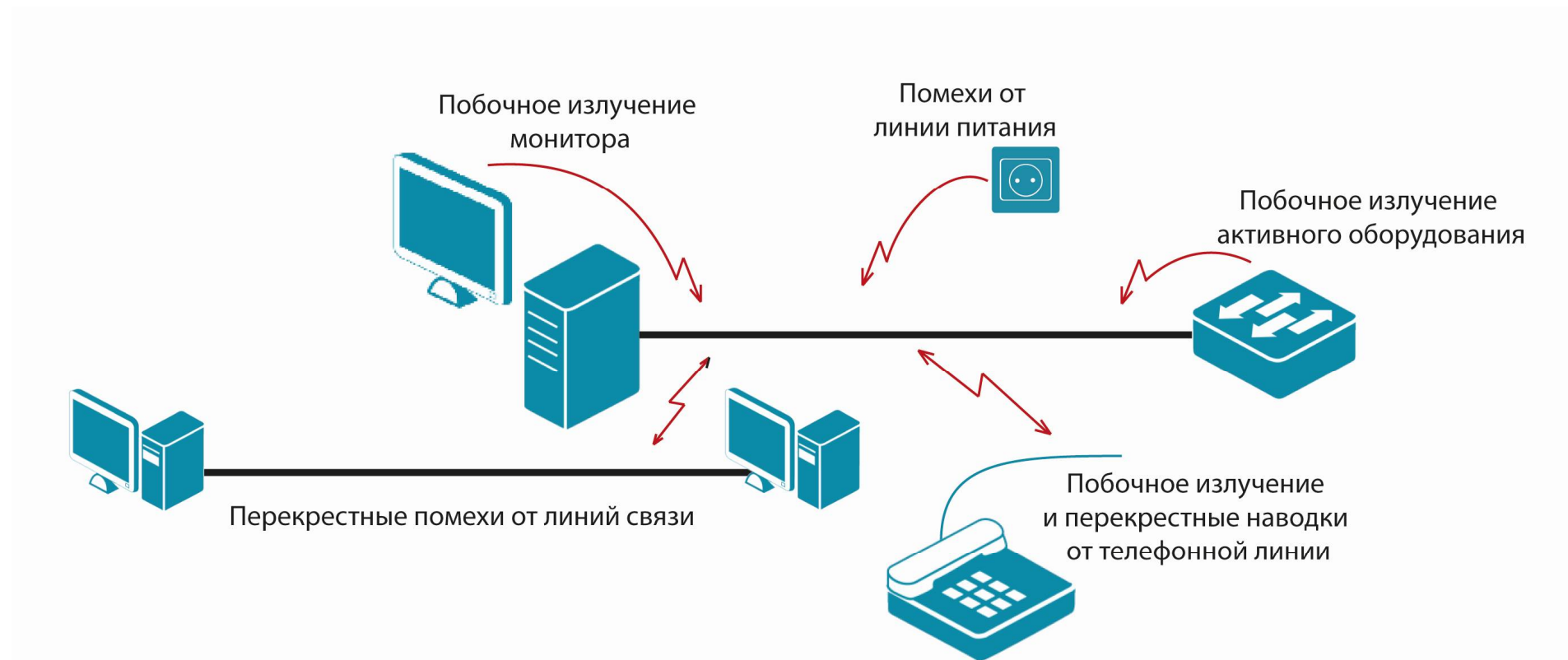
где $P_{\text{вых}}$ – мощность выходного сигнала; $P_{\text{вх}}$ – мощность входного сигнала.

❑ **Затухание:**

- характерно как для аналоговых, так и для цифровых сигналов;
- влияет на расстояние, которое сигнал может пройти между двумя точками без усиления или восстановления;
- увеличивается с ростом частоты сигнала.

Основные характеристики канала связи

- ❑ **Помехоустойчивость** – способность канала противостоять воздействию помех.
- ❑ **В зависимости от источника возникновения и от характера их воздействия помехи делятся на:**
 - внутренние;
 - внешние;
 - взаимные.



Основные характеристики канала связи

- ❑ **Внутренние помехи** возникают от источников, находящихся в данном канале связи и появляются сразу же после включения оборудования связи.
- ❑ **Внешние помехи** делятся на:
 - промышленные (лампы дневного света, бытовые приборы, компьютеры, радиосистемы, линий электропередач и т.д);
 - радиопомехи (излучения радиостанций различного назначения);
 - атмосферные (магнитные бури, северное сияние, грозовые разряды);
 - космические (излучение Солнца, видимых и невидимых звезд).
- ❑ **Взаимные** (перекрестные, cross talk) **помехи** или **наводки** возникают при передаче информации по смежным каналам – сигнал, переданный по одному каналу связи, создает нежелательный эффект в другом (возникает интерференция сигналов).

❑ Способы борьбы с помехами в электрических кабелях:

- **экранирование (shielding).** Используется для защиты от электромагнитных и радиопомех. Экран представляет собой металлическую оплетку или фольгу, которая окружает каждый провод или группу проводов в кабеле. Он действует как барьер для взаимодействующих сигналов.
- **скручивание проводников.** Используется для подавления перекрестных наводок на ближнем конце (Near End Cross Talk, NEXT) и перекрестных наводок на дальнем конце (Far End Cross Talk, FEXT).

❑ Наиболее защищенными от помех являются **оптические каналы**.

❑ Наименее защищенными от влияния помех являются **беспроводные каналы** связи.

- ❑ **Отношение сигнал/шум** (SNR, Signal-to-Noise Ratio) – параметр канала связи, который позволяет оценить мешающее воздействие помех на сигнал.

$$SRN[дБ] = 10 \lg \frac{P_c}{P_{ш}},$$

где P_c – мощность сигнала; $P_{ш}$ – мощность шума (помех).

- ❑ Чем больше отношение сигнал/шум, тем меньше шум влияет на полезный сигнал при его передаче по каналу связи.

Основные характеристики канала связи

□ Для повышения помехоустойчивости канала связи применяются следующие методы:

- увеличение отношения сигнал/шум;
- расширение спектра сигнала;
- увеличение избыточности информации;
- применение помехоустойчивых кодов;
- фильтрация полезного сигнала.

Основные характеристики канала связи

- ❑ **Пропускная способность** (throughput) канала связи – максимально возможная информационная скорость передачи данных – количество данных, которое может быть передано по каналу связи за единицу времени.
- ❑ Измеряется пропускная способность в *битах в секунду* (бит/с или bps – bits per second).
- ❑ Максимальная пропускная способность зависит от *полосы пропускания* канала связи и *отношения сигнал/шум* и может быть рассчитана по формуле Клода Шеннона:

$$C = F \log_2 \left(1 + \frac{P_c}{P_{ш}} \right),$$

где C – максимальная пропускная способность канала (бит/с); F – ширина полосы пропускания канала (Гц); P_c – мощность сигнала; $P_{ш}$ – мощность шума (помехи).

Основные характеристики канала связи

- ❑ **Реальная скорость передачи данных** по каналу связи обычно **меньше** его **пропускной способности** и зависит от:
 - параметров каналообразующей аппаратуры;
 - способов организации передачи данных;
 - количества узлов, подключенных к каналу связи.

- ❑ **Информационная скорость** (information rate, bitrate) – это скорость передачи битов, измеряемая в бит/с и производных единицах.
- ❑ **Символьная скорость** (symbol rate) или **скорость модуляции** – это скорость изменения символов, измеряемая в бодах или символах в секунду. Каждый символ представляет один или несколько битов информации в зависимости от выбранного способа их кодирования.

Основные характеристики канала связи

- ❑ **Достоверность передачи данных** характеризуется вероятностью ошибочного приема каждого передаваемого бита данных, т.е. частотой появления ошибочных битов.
- ❑ Иногда этот же показатель называют **интенсивностью битовых ошибок** (Bit Error Rate, BER).
- ❑ BER определяется как отношение количества ошибочно принятых битов к общему числу переданных.
- ❑ Повысить достоверность передаваемых данных можно путем повышения помехоустойчивости канала связи.

В компьютерных сетях применяются кабели, удовлетворяющие определенным стандартам, что позволяет строить кабельную систему сети из кабелей и соединительных устройств разных производителей.

❑ В настоящее время наиболее употребительными стандартами в мировой практике являются следующие:

- ❑ Американский стандарт EIA/TIA-568.
- ❑ Международный стандарт ISO/IEC 11801.
- ❑ Европейский стандарт EN50173.

❑ Кабели можно разделить на две группы:

➤ **электрические:**

- ✓ витая пара;
- ✓ коаксиальный кабель;
- ✓ твинаксиальный кабель.

➤ **волоконно-оптические:**

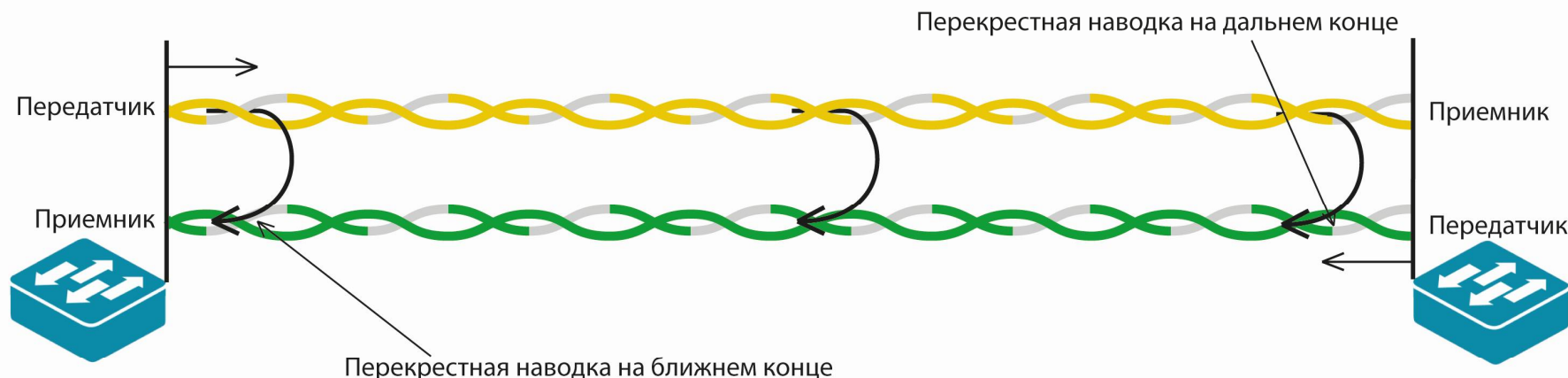
- ✓ одномодовый оптический кабель;
- ✓ многомодовый оптический кабель.

□ **Основными параметрами электрических кабелей**, представляющими практический интерес и нормируемыми действующими редакциями стандартов, являются:

- затухание (коэффициент затухания);
- перекрестные наводки на ближнем конце (NEXT) и дальнем конце (FEXT);
- импеданс (волновое сопротивление);
- активное сопротивление;
- емкость;
- диаметр или площадь сечения проводника.

- ❑ **Затухание сигнала** – уменьшение мощности (амплитуды) сигнала при передаче между двумя точками.
- ❑ Является одним из основных параметров, учитываемых при проектировании канала связи и расчета максимальной длины кабеля.
- ❑ Измеряется в *децибелах на метр* [Дб/м].
- ❑ Зависит от частоты сигнала.

- ❑ **Перекрестные наводки на ближнем конце (NEXT) и дальнем конце (FEXT)** являются результатом интерференции сигналов, передаваемых по соседним парам проводников.
- ❑ Значения NEXT и FEXT зависят от частоты сигнала.
- ❑ Измеряются в *децибелах* [Дб] для определенной частоты сигнала.
- ❑ Чем *больше* абсолютное значение NEXT (по модулю, т.к. значение этого параметра отрицательное), тем *меньше* уровень наводок от соседних пар.
- ❑ Перекрестные наводки на дальнем конце (FEXT) создают меньше наводок, чем NEXT, т.к. при передаче на большие расстояния сигнал ослабевает.



- ❑ **Импеданс** – это полное (активное и реактивное) сопротивление в электрической цепи.
- ❑ Измеряется в Омах.
- ❑ Зависит от частоты.
- ❑ Является относительно постоянной величиной для кабельных систем (в области высоких частот (свыше 100 МГц)).
- ❑ Резкие изменения импеданса по длине кабеля могут вызывать процессы внутреннего отражения, приводящие к возникновению стоячих волн. Из-за этого узлы, находящиеся вблизи источника стоячей волны не будут получать адресованные им данные.

- ❑ **Активное сопротивление** – это сопротивление постоянному току в электрической цепи.
- ❑ Активное сопротивление:
 - не зависит от частоты;
 - возрастает с увеличением длины кабеля;
 - измеряется в Омах.

- ❑ **Емкость** – это свойство металлических проводников накапливать электрическую энергию.
- ❑ Этот параметр является нежелательным.
- ❑ Чем меньше значение емкости в кабеле, тем лучше, т.к. высокое значение приводит к искажению сигнала и ограничивает полосу пропускания канала связи.

Диаметр или площадь сечения проводника

- ❑ В европейских и международных стандартах диаметр проводника указывается в *миллиметрах*.
- ❑ В современных компьютерных сетях для медных проводников принято использовать американскую систему маркирования **AWG** (American Wire Gauge, американский калибр проводов).
 - Например: 22AWG, 24AWG, 26AWG.
- ❑ Чем меньше номер AWG, тем больше диаметр проводника и ниже его сопротивление.

- ❑ **Коаксиальный кабель (Coaxial cable)** – электрический кабель, состоящий из соосно-расположенных центрального проводника и экрана, и служащий для передачи высокочастотных сигналов.



- ❑ **«Толстый» кабель RG-8 и RG-11:**

- волновое сопротивление 50 Ом;
- диаметр около 12 мм;
- расстояние передачи до 500 м;
- разработан для сетей Ethernet 10BASE5;
- имеет хорошую помехозащищенность и небольшое затухание.

- ❑ **«Тонкий» кабель RG-58:**

- волновое сопротивление 50 Ом;
- диаметр около 6 мм;
- расстояние передачи до 185 м;
- разработан для сетей Ethernet 10BASE2;
- обладает меньшей помехозащищенностью по сравнению с «толстым» кабелем.



Тонкий коаксиальный кабель применяется для монтажа во внутренних помещениях, а толстый – для магистральных линий внутри зданий и между ними (в шахтах, тоннелях).

Коаксиальный кабель используется в топологии «шина», где обязательно использование оконечных терминаторов.

Эффективная длина сегмента зависит от удельного сопротивления кабеля, толщины центральной жилы и типа материала, который идет на изготовление центральной жилы.

Например, при удельном сопротивлении 50 Ом (Novell/Ethernet) медный коаксиальный кабель имеет эффективную длину: тонкий около 200 м, толстый около 500 м.

Для подключения сетевого адаптера к коаксиальному кабелю используются высокочастотные разъемы.

$$Z = \frac{60}{\sqrt{\epsilon}} \ln \frac{D}{d}$$

ϵ – диэлектрическая постоянная

d – диаметр проводника

D – диаметр экрана

- ❑ **Твинаксиальный кабель** – это высококачественный электрический кабель, похожий по конструкции на коаксиальный кабель, но содержащий два внутренних проводника.
- ❑ **Характеристики твинаксиального кабеля:**
 - диаметр проводников лежит в диапазоне от 30 AWG до 24 AWG;
 - волновое сопротивление 100 Ом;
 - используется в высокоскоростных сетях Ethernet спецификаций 10GBASE-CX4, 40GBASE-CR4 и 100GBASE-CR10.



Твинаксиальный кабель

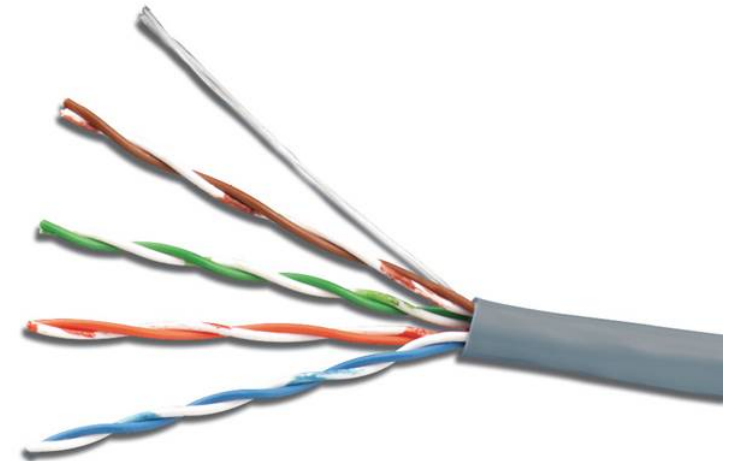
- Для достижения наилучших характеристик производительности рекомендуется, чтобы твинаксиальные кабели для сетей спецификаций 10GBASE-CX4, 40GBASE-CR4 и 100GBASE-CR10 имели заводскую терминацию.



❑ **Витая пара** (twisted pair) – изолированные проводники, попарно скрученные между собой с необходимым числом раз на единицу длины и заключенные в пластиковую оболочку.

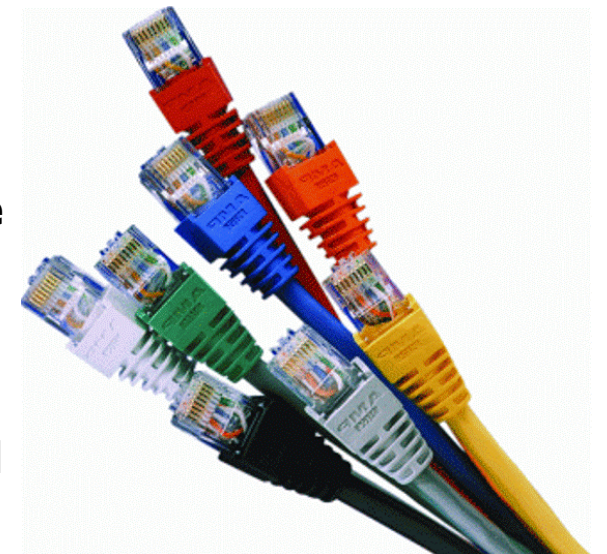
❑ **Характеристики:**

- попарное скручивание проводов позволяет уменьшить воздействие перекрестных помех;
- содержит несколько витых пар: обычно в пучке 2, 4, 6, 8, 25, 50 или 100 пар;
- проводники в парах изготавливаются из меди;
- толщина проводников в метрической системе – от 0,4 до 0,6 мм;
- толщина проводников в американской системе AWG – от 26 до 22AWG.



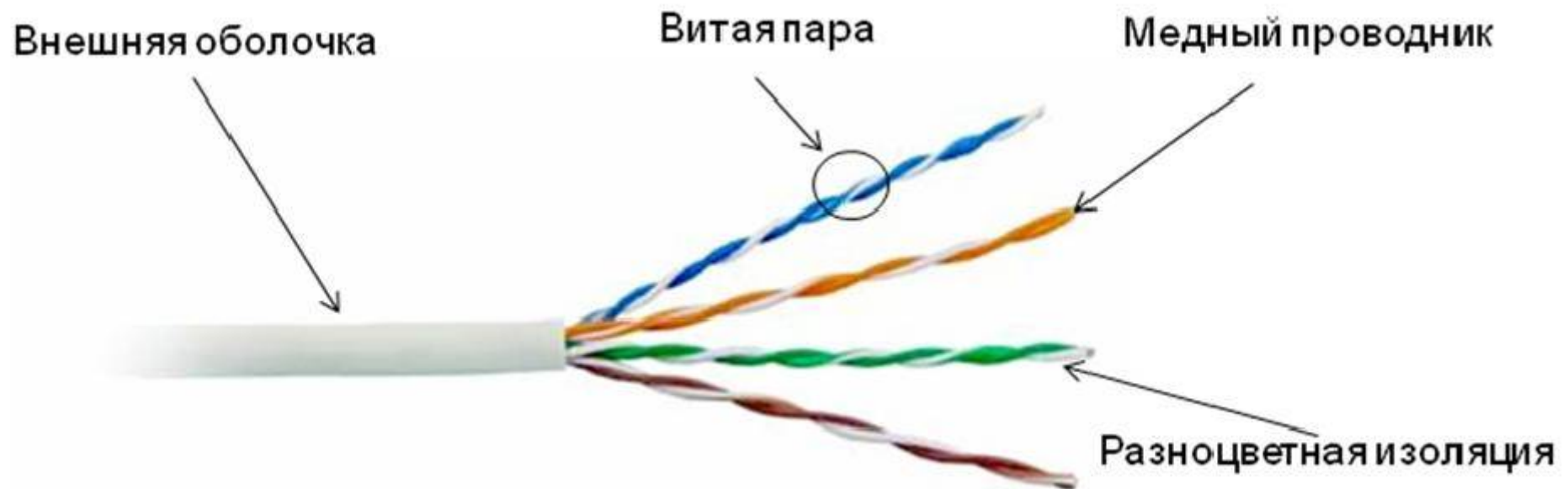
❑ **Существуют два основных типа кабелей на основе витой пары:**

- **неэкранированная витая пара** (UTP, Unshielded Twisted Pair);
- **экранированная витая пара** (STP, Shielded Twisted Pair).



Неэкранированная витая пара (UTP)

- Не имеет дополнительного экрана, обеспечивающего защиту от электромагнитных наводок и несанкционированного подслушивания.



Экранированные кабели имеют дополнительную защиту.

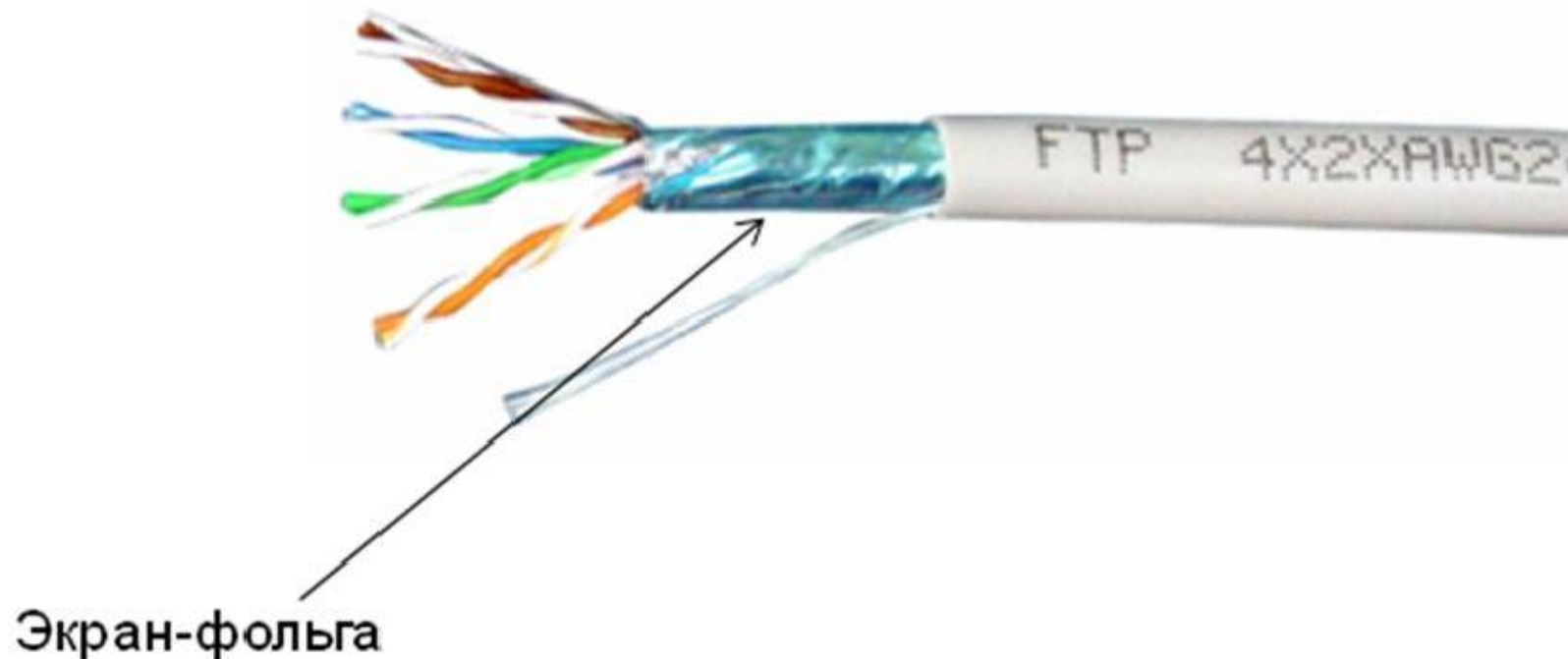
❑ **Разновидности кабелей на основе экранированной витой пары:**

- экранированная витая пара (STP, Shielded Twisted Pair);
- защищенная витая пара (ScTP, Screened twisted pair);
- защищенная экранированная витая пара (SSTP, Screened Shielded Twisted Pair).

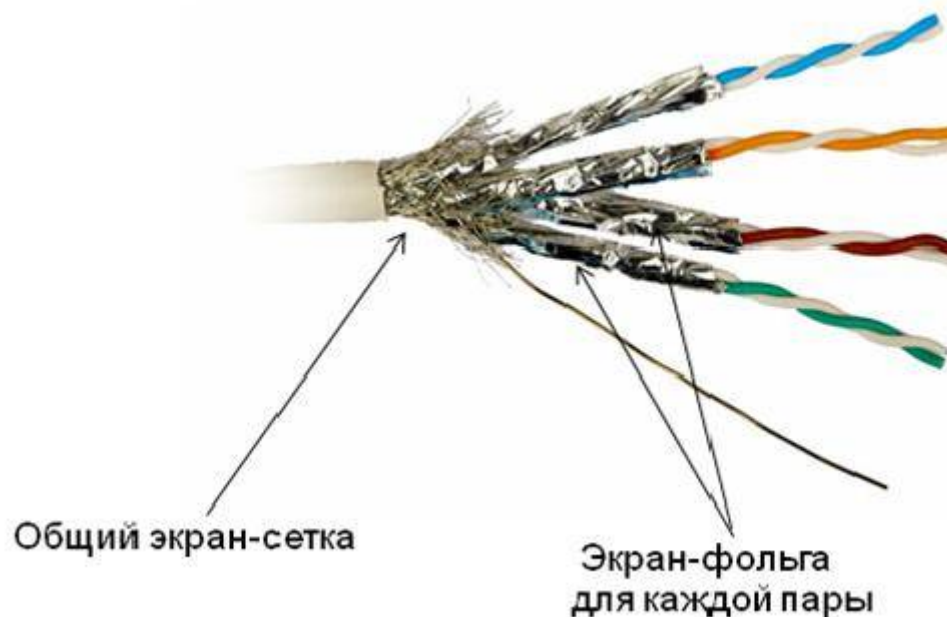
❑ В **экранированных кабелях STP** (U/FTP (Unshielded/Foiled Twisted Pair) в терминологии ISO/IEC 11801) каждая пара скрученных медных проводов для уменьшения помех и взаимных наводок покрыта дополнительным защитным экраном из фольги.



- ❑ В **защищенной витой паре** вокруг всех неэкранированных пар имеется один общий внешний экран.
- ❑ **Существует несколько разновидностей этого кабеля:**
 - кабель F/UTP – экран сделан из фольги;
 - кабель S/UTP – экран сделан в виде проволоочной оплетки;
 - кабель SF/UTP – два внешних экрана из фольги и медной оплетки.



- ❑ **Защищенная экранированная витая пара** наилучшим образом защищает от электромагнитной интерференции и перекрестных наводок, т.к. является полностью экранированной.
- ❑ Имеется как отдельный экран вокруг каждой пары проводов, так и общий вокруг всех пар.
- ❑ **Существует две разновидности этого кабеля:**
 - кабель F/FTP – экраны вокруг пар и общий экран сделаны из фольги;
 - кабель S/FTP – экраны вокруг пар сделаны из фольги, общий экран – медная оплетка.



Категории кабелей на основе витой пары

Название EIA/TIA-568	Название ISO/IEC 11801	Полоса частот (МГц)	Приложения	Дополнения и комментарии
-	Class A	до 100 КГц	xDSL	Телефонный кабель. Используется только для передачи голоса или данных при помощи аналогового или ADSL-модема.
-	Class B	до 1 МГц	ISDN, 1BASE5	Сейчас не используется
Category 3 (Cat. 3)	Class C	до 16 МГц	Token Ring 10BASE-T	2-х парный кабель UTP. Основное применение - передача голоса
Category 4 (Cat. 4)		до 20 МГц	Token Ring 10BASE-T 100BASE-T	4-х парный кабель UTP. В дальнейшем не рассматривается.
Category 5 (Cat. 5)	Class D	до 100 МГц	10BASE-T 100BASE-TX (2 пары) 1000BASE-T (4 пары)	4-х парный кабель UTP. В дальнейшем не рассматривается
Category 5e (Cat. 5e)		до 125 МГц	10BASE-T, 100BASE-TX (2 пары), 1000BASE-T (4 пары)	4-х парный кабель UTP. Наиболее распространен в современных сетях.
Category 6 (Cat. 6)	Class E	до 250 МГц	1000BASE-T 10GBASE-T	4-х парный кабель UTP. Ограничивает максимальное расстояние передачи для 10GBASE-T до 55 м.
Category 6a (Cat. 6a)	Class Ea	до 500 МГц	1000BASE-T 10GBASE-T	4-х парный кабель U/FTP, F/UTP.
Category 7 (Cat. 7)	Class F	до 600 МГц	1000BASE-T 10GBASE-T	4-х парный кабель F/FTP, S/FTP.
Category 7 (Cat. 7a)	Class Fa	до 1000 МГц	1000BASE-T 10GBASE-T	4-х парный кабель F/FTP, S/FTP.

Обжим неэкранированной и экранированной витой пары

- Для подключения кабеля на основе витой пары к сетевым устройствам используется разъем 8P8C (8 Position 8 Contact). Данный разъем также называют RJ-45.



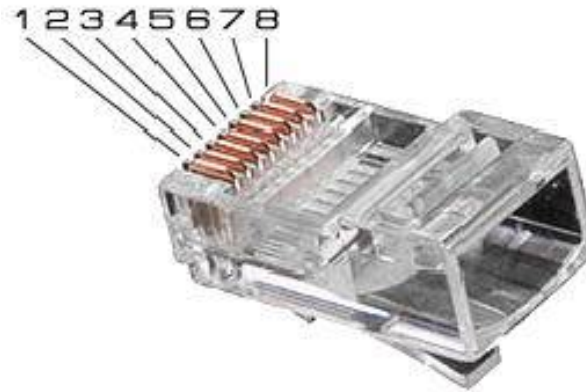
**Кабель UTP Cat. 5e
с разъемами 8P8C (RJ-45)**



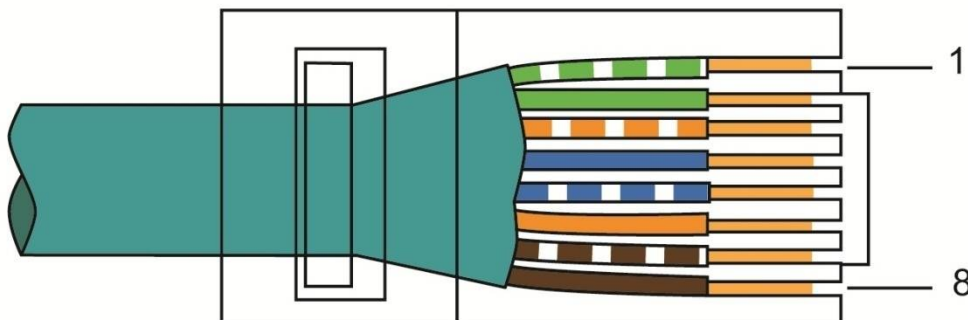
**Кабель F/UTP Cat. 6a
с разъемами 8P8C (RJ-45)**

Обжим неэкранированной и экранированной витой пары

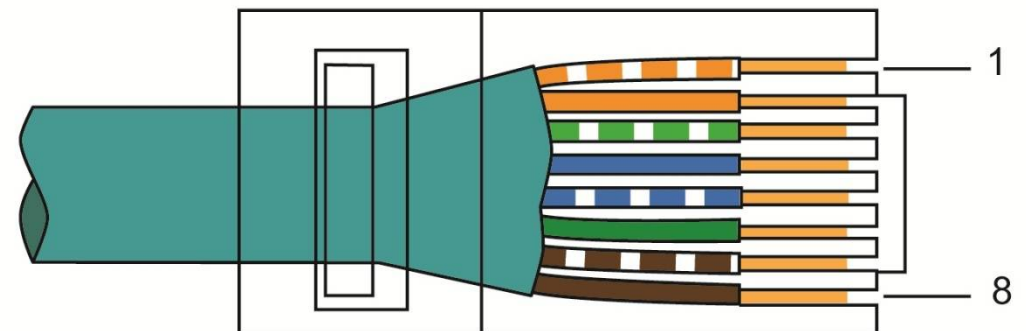
- ❑ Нумерация контактов разъема задается слева направо со стороны самих контактов.



- ❑ Последовательность расположения пар проводников в разъеме определяется стандартами EIA/TIA-568A и EIA/TIA-568B.



EIA/TIA-568A

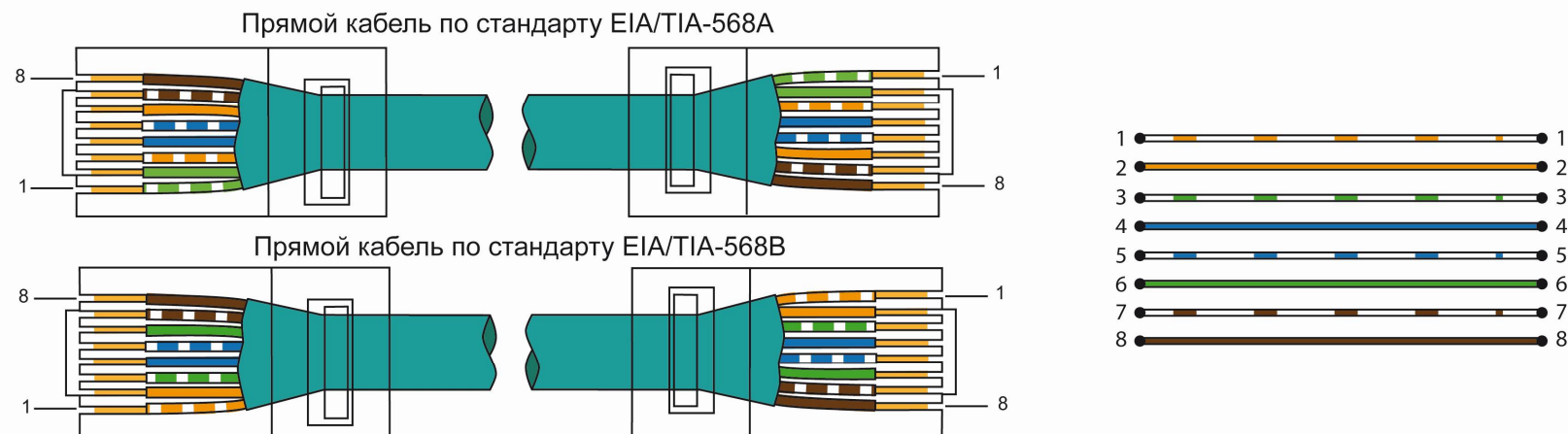


EIA/TIA-568B

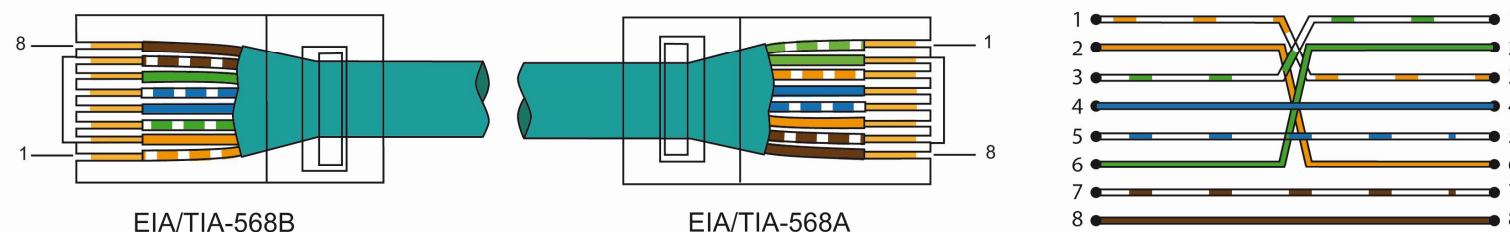
Понятия «прямой» и «перекрестный» кабель

□ В зависимости от схемы расположения проводников в разъемах с двух сторон кабеля, кабели на основе витой пары делятся на:

- **Прямые** (straight through cable) – витая пара с обеих сторон обжата одинаково, без перекрещивания пар внутри кабеля.



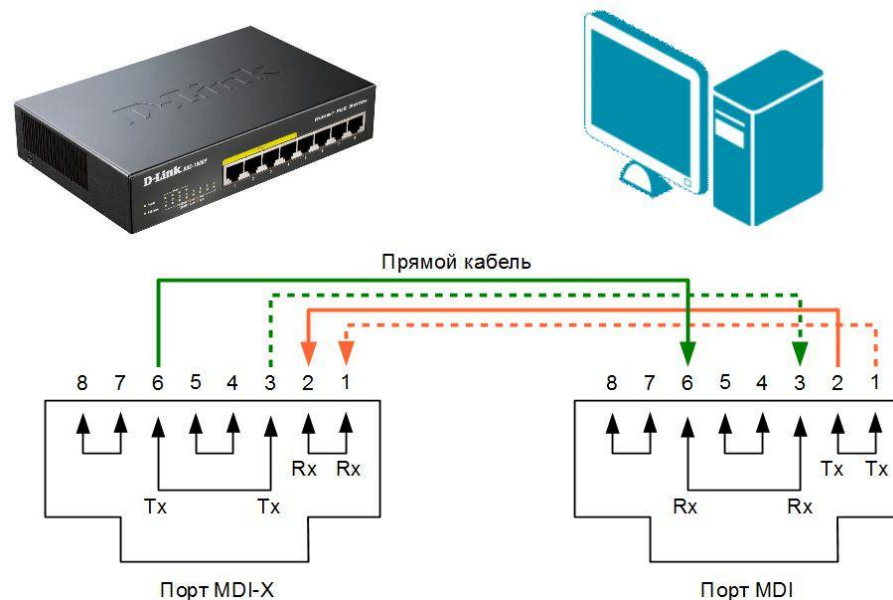
- **Перекрестные** (crossover cable) – инвертированная разводка контактов с перекрещиванием пар внутри кабеля.



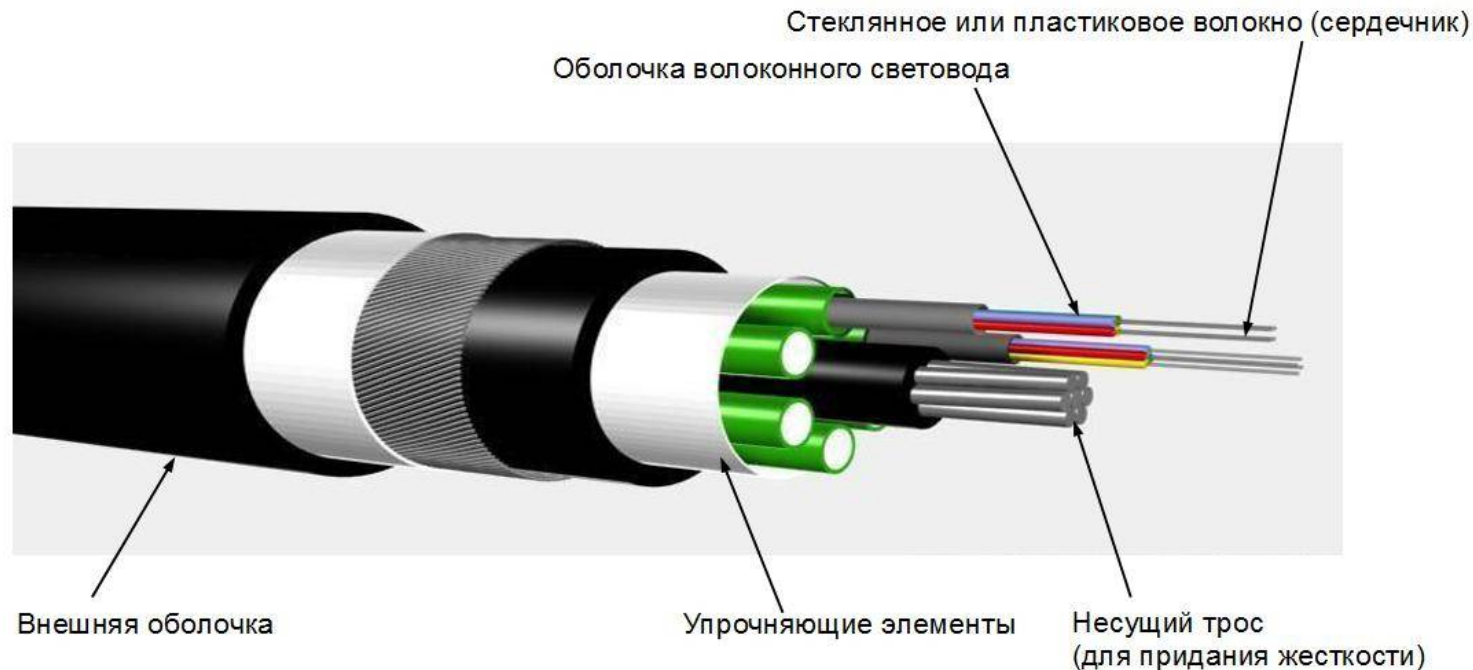
Порты MDI и MDIX

Существует три типа портов Ethernet с разъемом 8P8C (RJ-45):

- ❑ **MDI** (Medium Dependent Interface) – зависимый от физической среды интерфейс;
 - ✓ контакты 1 и 2 используются для передачи (Tx) данных, 3 и 6 - для приема (Rx);
 - ✓ Ethernet-порт абонентского устройства (например, сетевой карты ПК).
- ❑ **MDI-X** (Medium Dependent Interface crossover) – зависимый от физической среды интерфейс, с перекрещиванием;
 - ✓ контакты 1 и 2 используются для приема (Rx) данных, 3 и 6 - для передачи (Tx);
 - ✓ Ethernet-порт коммутатора, концентратора, маршрутизатора.
- ❑ **Auto MDI/MDI-X** – интерфейс с автоматическим определением конфигурации MDI или MDI-X.



- ❑ **Волоконно-оптический кабель** – это среда передачи, состоящая из оптических волокон, заключенных в защитную внешнюю оболочку.

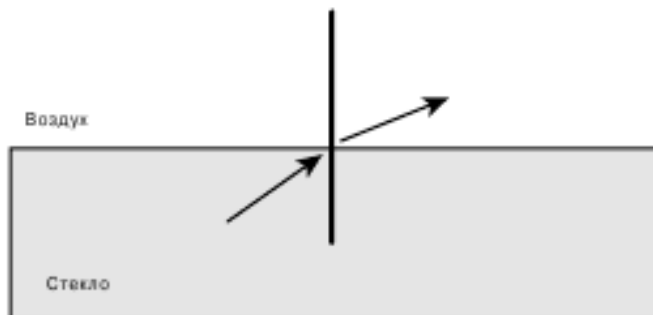
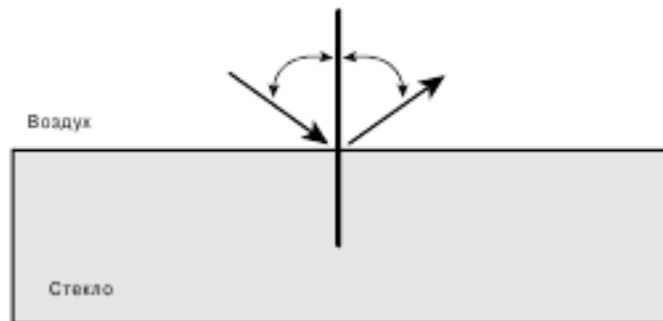


- ❑ **Достоинства:**

- высокая пропускная способность;
- высокая помехозащищенность;
- хорошая защита от несанкционированного доступа;
- отсутствие необходимости заземления;
- большая дальность передачи данных.

- ❑ **Недостатки:**

- сложность монтажа;
- высокая стоимость оптических сетевых устройств.



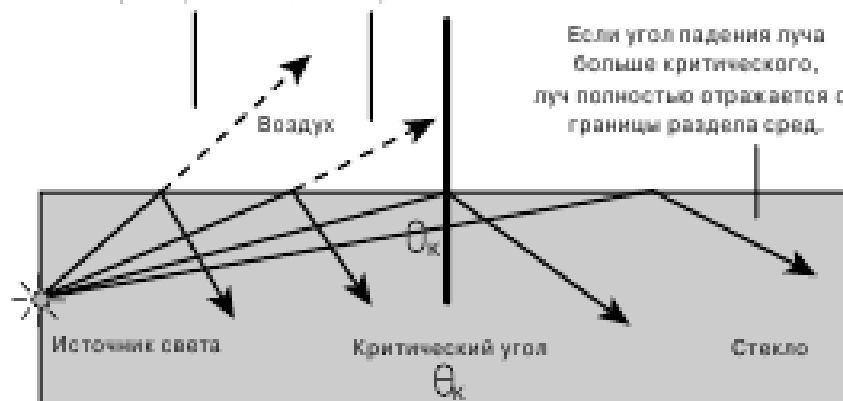
Свет представляет собой электромагнитную волну испускаемую некоторым источником и распространяемой в однородной среде прямолинейно.

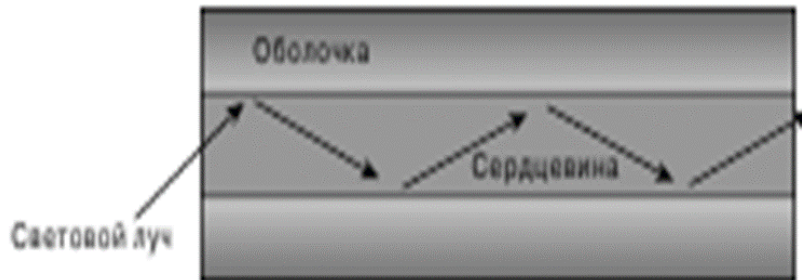
Скорость распространения света в вакууме 300 000 км/с, тогда как других физических средах и материалах, таких, как воздух, вода или стекло, скорость распространения световых лучей меньше.

Принцип передачи информации в оптоволоконных системах основан на законах геометрической оптики (отражения, преломления и полного внутреннего отражения)

Если угол падения луча меньше критического, часть луча отражается, часть преломляется.

Если угол падения луча больше критического, луч полностью отражается от границы раздела сред.





Передача данных по оптоволоконным каналам происходит световых импульсов генерируемых источником, которые должны оставаться внутри оптического волокна не проникая в его оболочку, что может вызвать потерю мощности сигнала и его затухание. Поэтому внешнюю оболочку оптического волокна при его изготовлении делают близкой по характеристикам к зеркалу, чтобы добиться эффекта полного внутреннего отражения.

Для достижения такого эффекта необходимыми условиями являются:

- сердцевина оптического волокна должна иметь больший коэффициент преломления, чем материал, который окружает ее;
- угол падения световых лучей на границу между сердцевиной и оболочкой должен быть больше критического угла.

Оптические волокна делятся на две основные группы:

- многомодовые (Multi-Mode optical Fiber, MMF);
- одномодовые (Single-Mode optical Fiber, SMF).

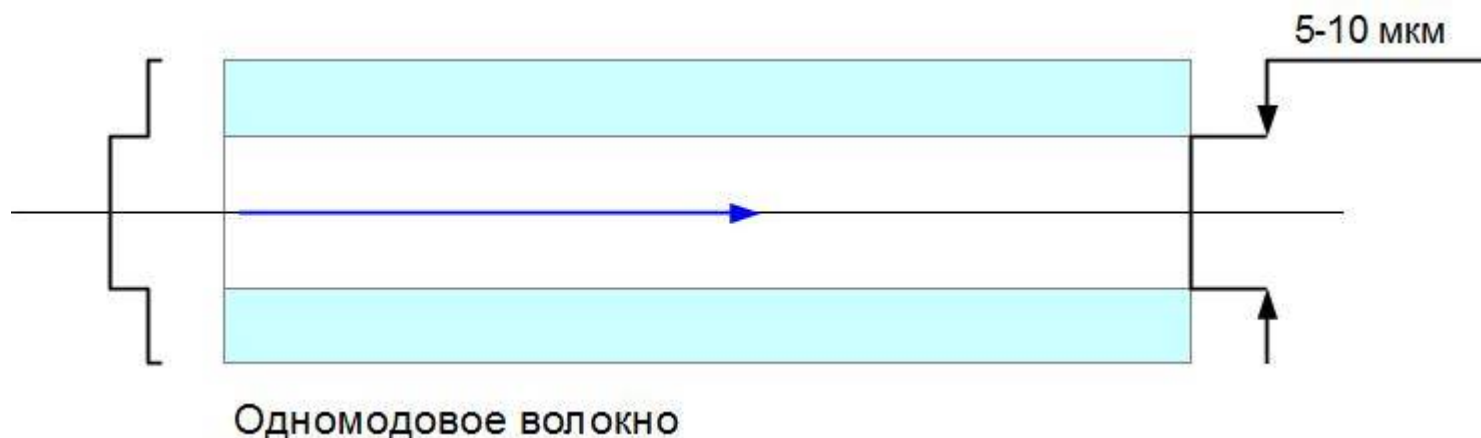
❑ Многомодовые волокна изготавливают двух видов:

- со ступенчатым изменением показателя преломления;
- с плавным изменением показателя преломления.



- В стандартах определены два наиболее употребительных многомодовых волокна: 62,5/125 мкм и 50/125 мкм, где 62,5 и 50 мкм – это диаметр сердечника, а 125 мкм – диаметр оболочки.
- В качестве источников излучения света применяются светодиоды с длиной волны 850 нм и 1310 нм.
- Максимальная длина многомодового волокна – 2 км.
- Применяются в локальных сетях небольшой протяженности.

Одномодовое волокно



- ❑ Имеет очень маленький диаметр сердечника (5-10 мкм, диаметр оболочки – 125 мкм).
- ❑ Пропускная способность – превышает 10 Гбит/с.
- ❑ В качестве источников излучения света применяются лазеры с длиной волны 1310 нм и 1550 нм.
- ❑ Максимальное расстояние передачи – 100 км.
- ❑ Применяются на протяженных линиях связи, в городских и региональных сетях.

- ❑ **Классификацию оптических кабелей можно выполнять по:**
 - назначению;
 - условиям применения;
 - способу прокладки;
 - конструктивным и технологическим особенностям;
 - числу оптических волокон и электрических жил.
- ❑ **Волоконно-оптические кабели подразделяются по назначению на:**
 - магистральные (международные, междугородные);
 - внутризоновые (соединительные, междугородные);
 - местные (соединительные, распределительные, абонентские);
 - внутриобъектовые (станционные, абонентские).
- ❑ **Согласно классификации Международного союза электросвязи (ITU-T), оптические кабели можно разделить на кабели для внешней и внутренней прокладки следующим образом:**
 - внешние кабели междугородные, межстанционные соединительные и распределительные (воздушный, проложенный в грунте, проложенный в канализации, проложенный в туннеле, подводный);
 - внутренние кабели у абонента и на станции (внутри здания).

- ❑ **Для внешних кабелей необходимо учитывать воздействие следующих факторов:**
 - *температуры* (усадка оболочки с вытягиванием сердечника, увеличение затухания под воздействием перепадов температуры, хрупкость, ломкость оболочки под воздействием низкой температуры);
 - *соленой воды* (коррозия несущего троса или брони); дождя или горячего источника (коррозия несущего кабеля и внешней оболочки); постоянного тока (электролитическая коррозия);
 - *огня* (пожароопасность);
 - *ветра, снега и льда* (повреждение под давлением и раскачиванием ветра, под тяжестью снега и льда);
 - возможность повреждения внешней оболочки кабеля грызунами, птицами и насекомыми.
- ❑ Для кабелей внутренней прокладки наиболее важным фактором при выборе является его гибкость при прокладке по различным конструкциям здания и пожаробезопасность.

Классы многомодовых волокон ISO/IEC 11801

Категория	Диаметр сердечника, мкм	Минимальная модальная полоса пропускания, МГц*км		
		Насыщенное возбуждение		Лазерное возбуждение
		850 нм	1310 нм	850 нм
OM1	50 или 62,5	200	500	н/о
OM2	50 или 62,5	200	500	н/о
OM3	50	1500	500	2000
OM4	50	3500	500	4700

Классы одномодовых волокон ISO/IEC 11801

Длина волны, нм	Минимальная затухание, дБ/км	
	OS1	OS2
1310	1,0	0,4
1550	1,0	0,4

Классы каналов ISO/IEC 11801

Класс канала	Затухание канала, дБ			
	MMF		SMF	
	850 нм	1310 нм	1310 нм	1550 нм
OF-300	2,55	1,95	1,80	1,80
OF-500	3,25	2,25	2,00	2,00
OF-2000	8,50	4,50	3,50	3,50

Разъемы для волоконной оптики – SC, LC, ST, FC и MT-RJ.

Разъем ST



Разъем типа ST использует быстро сочленяемое байонетное соединение, которое требует поворота разъема на четверть оборота для осуществления соединения/разъединения. Применяется как для одномодового, так и для многомодового кабеля. Самый дешевый разъем

Разъем FC



Разъемы типа FC аналогичны ST, но с резьбовой фиксацией. Ориентированы на применение с одномодовым кабелем, но могут быть использованы и для многомодового кабеля.

Разъем SC



Разъем типа SC широко используется как для одномодового, так и для многомодового волокна. Относится к классу разъемов общего пользования. В разъеме используется механизм сочленения «push-pull», при котором соединитель защелкивается. Может объединяться в модуль, состоящий из нескольких разъемов. В этом случае модуль может использоваться для дуплексного соединения (одно волокно которого используется для передачи в прямом, а другое в обратном направлениях).

Разъем LC



Разъем типа LC миниатюрный вариант SC. Он обеспечивает еще большую плотность монтажа. Помещен в прочный термостойкий пластмассовый корпус типа с механизмом «push-pull». Может использоваться для дуплексного соединения.

Разъем MT-RJ



Разъем типа MT-RJ представляет собой миниатюрный дуплексный разъем.

- ❑ **Кабельная система** представляет собой совокупность кабелей различных типов (оптических, на основе витой пары), кроссовых кабелей (патч-кордов), разъемов для кабелей, соединительных розеток, коммутационных или кроссовых панелей (патч-панелей), монтажных шкафов и телекоммуникационных стоек, предназначенных для подключения к компьютерной сети различных сетевых устройств.



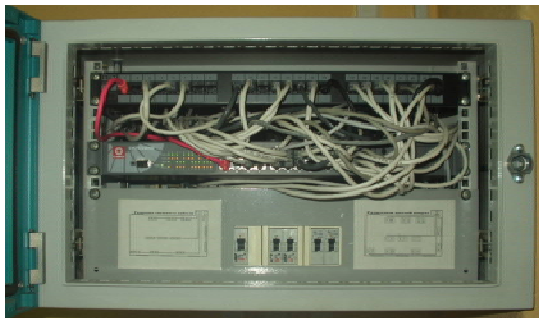
Патч-панель



Телекоммуникационная стойка

- ❑ Оборудование, используемое для организации компьютерной сети, можно разделить на два вида: *пассивное* и *активное*.





- ❑ **Структурированной кабельной системой (СКС)** называется кабельная система здания или группы зданий отвечающая требованиям стандартов. СКС определяют международные, европейские и национальные стандарты.



- ❑ **В настоящее время действуют три основных стандарта:**

- TIA/EIA-568C Commercial Building Telecommunications Wiring Standard (американский стандарт);
- ISO/IEC 11801-2002 Information Technology. Generic cabling for customer premises (международный стандарт);
- CENELEC EN50173 Information Technology. Generic cabling systems (европейский стандарт).



- ❑ В Российской Федерации введены в действие стандарты ГОСТ Р 53246-2008 и ГОСТ Р 53245-2008, которые основаны на международном стандарте ISO/IEC 11801.

❑ **Все стандарты определяют:**

- структуру СКС;
- рабочие параметры функциональных компонентов;
- принципы проектирования;
- правила монтажа;
- методику измерения;
- правила администрирования;
- требования телекоммуникационного заземления.

❑ Стандарты отличаются терминологией, перечнем функциональных компонентов СКС и количеством подсистем СКС.

Проектирование структурированной кабельной системы (СКС) разделяется на две основные стадии: **архитектурную** и **телекоммуникационную**. Основной задачей **архитектурной стадии** является определение общей структуры СКС, оптимальной по комплексу технико-экономических характеристик в процессе создания и последующей эксплуатации. **Телекоммуникационная стадия** чаще всего начинается после окончания архитектурной, а иногда и после завершения капитальных строительно-монтажных работ. В этот период уточняется конкретная структура СКС, составляется перечень необходимого оборудования, планы его размещения и т. д.

В самом общем случае СКС включает в себя три подсистемы:

- **подсистема внешних магистралей** (первичная) – является основой для построения сети связи между компактно расположенными на одной территории зданиями (кампус);
- **подсистема внутренних магистралей** (вторичная или вертикальная) связывает между собой отдельные этажи здания и/или пространственно разнесенные помещения в пределах одного здания;
- **горизонтальная** (третичная) подсистема образована внутренними информационными кабелями между сетевым оборудованием и информационными розетками рабочих мест, самими информационными розетками, коммутационным оборудованием и соединительными кабелями.



Структурированные кабельные системы представляют собой универсальную кабельную инфраструктуру, обеспечивающую передачу сигналов всех типов: данные, речь и видео. Также к их достоинствам можно отнести возможность подключения любого сетевого оборудования и использования сетевых протоколов различных типов. Помимо этого они используют стандартные компоненты и материалы, позволяют комбинировать в одной сети кабели разных видов, обладают модульностью, возможностью внесения изменений и расширяемостью кабельной системы, а также обеспечивают длительный срок службы. Простота администрирования достигается благодаря тому, что все компоненты SKS (порты, кабели, панели, шкафы и др.) промаркированы и документированы.

Недостатком SKS является то, что стандарты рекомендуют установку избыточного оборудования, что влечет существенные единовременные затраты, которые потом быстро окупаются.

□ **Для диагностики СКС используется специальное оборудование:**

- **сетевые анализаторы** (не следует путать с анализаторами протоколов) – это эталонные измерительные устройства для диагностики и сертификации кабелей и кабельных систем в лабораторных условиях специально обученным персоналом;
- **кабельные сканеры** – это портативные устройства для сертификации кабельных систем, позволяющие определять длину кабеля, электромагнитные характеристики (NEXT, затухание, импеданс), схемы разводки кабеля, уровень электромагнитных полей, отношение сигнал/шум;
- **кабельные тестеры** – это портативные устройства, которые позволяют проводить диагностику кабельных систем на правильность их монтажа и обнаруживать неисправности в кабеле.

Спасибо за внимание!