

Модуль 4: Физический уровень

Введение в сетевые технологии v7.0 (ITN)



Задачи модуля

Название модуля: Физический уровень

Задача модуля: Объяснить, каким образом протоколы и сетевые средства подключения физического уровня реализуют связь в сетях передачи данных..

Заголовок темы	Цель темы
Назначение физического уровня	Описать назначение и функции физического уровня в сети.
Характеристики физического уровня	Перечислить технические характеристики физического уровня.
Медные кабели	Перечислить основные технические характеристики медных кабелей.
Кабели UTP	Объяснить, как используются кабели UTP в сетях Ethernet.
Оптоволоконные кабели	Описать оптоволоконные кабели и их основные преимущества по сравнению с другими средствами передачи данных.
Беспроводные среды передачи данных	Выполнить подключение устройств проводным и беспроводным способами

4.1. Назначение физического уровня

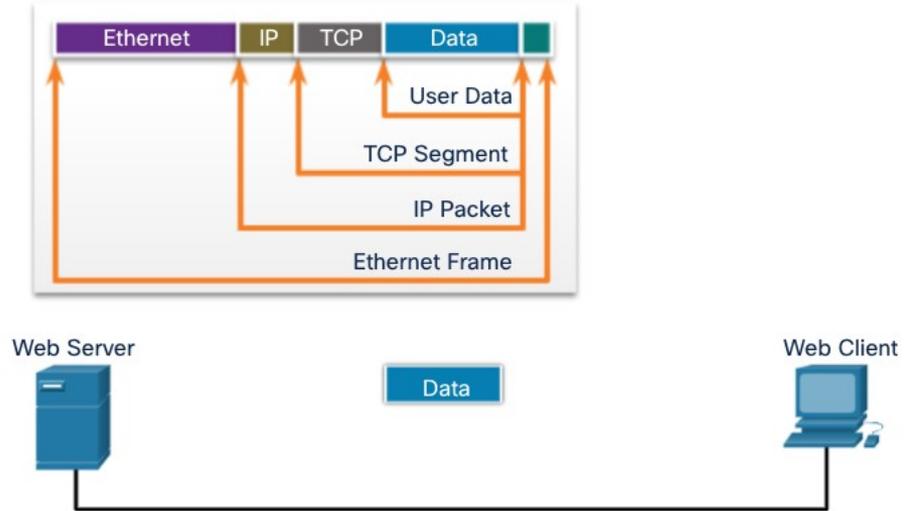
Физическое подключение

- Чтобы получить возможность обмениваться данными по сети, в первую очередь необходимо установить физическое подключение к локальной сети.
- Это подключение может быть проводным или беспроводным, в зависимости от настройки сети.
- Это, как правило, не зависит от того, планируете ли вы корпоративный офис или дом.
- Сетевые интерфейсные платы (Network Interface Card, NIC) служат для подключения устройства к сети.
- Некоторые устройства могут иметь только один сетевой адаптер, в то время как другие могут иметь несколько сетевых адаптеров (например, проводные и/или беспроводные).
- Не все физические подключения обеспечивают одинаковый уровень производительности.

Назначение физического уровня

Физический уровень

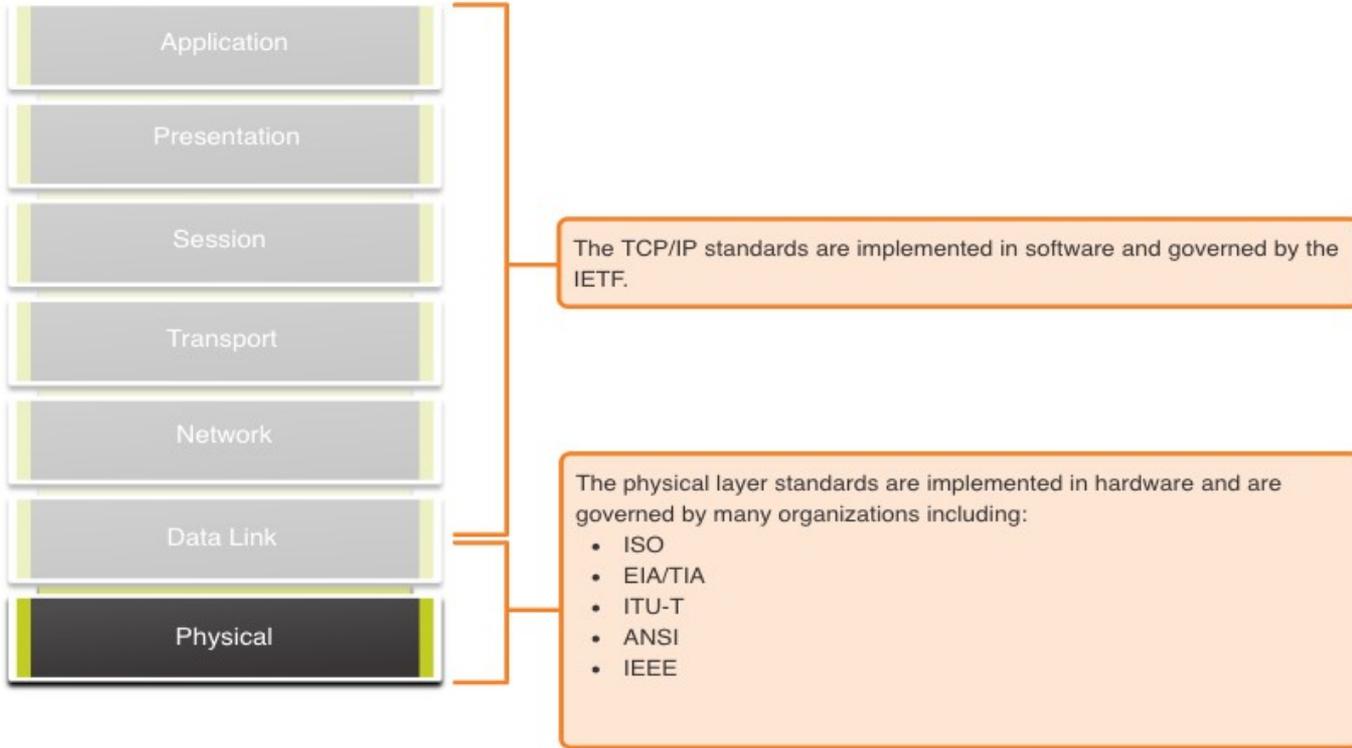
- Транспортирует биты по сетевым носителям
- Принимает весь кадр от канального уровня и кодирует его в серию сигналов, которые передаются по локальной среде.
- Этот последний шаг называется инкапсуляцией.
- Следующее устройство в пути к месту назначения получает биты и повторно инкапсулирует кадр, затем решает, что с ним делать.



4.2. Характеристики физического уровня

Характеристики физического уровня

Стандарты физического уровня



Характеристики физического уровня

Стандарты физического уровня

Стандарты физического уровня регламентируют три функциональные области:

- Физические компоненты
- Кодирование
- Способы передачи сигналов

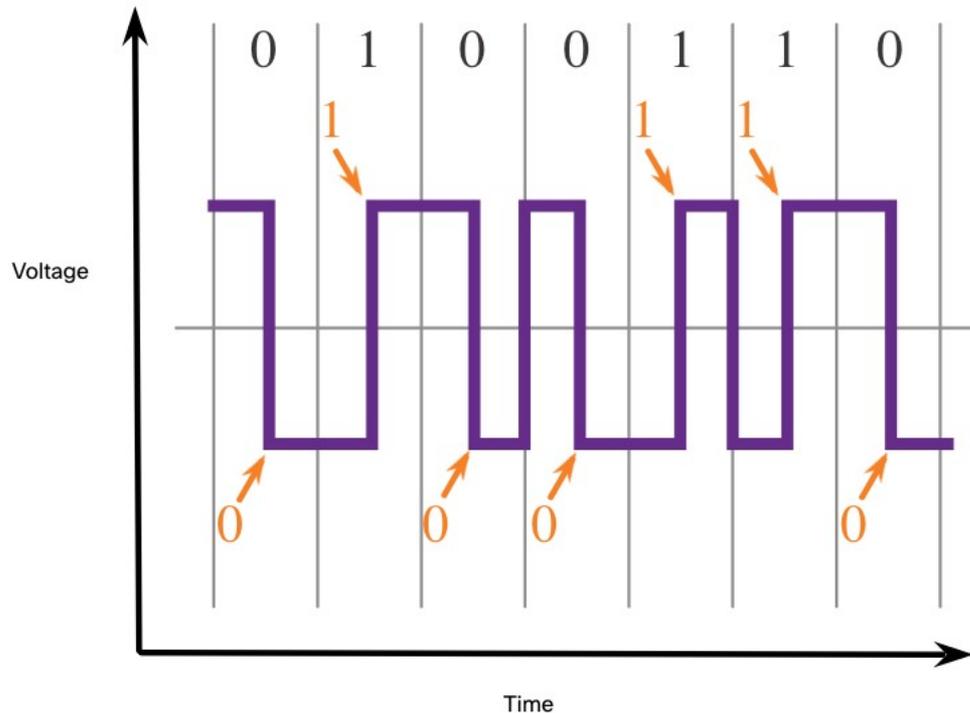
Физические компоненты — это аппаратные устройства, средства подключения, а также другие соединители и разъемы, обеспечивающие передачу сигналов, с помощью которых представлены биты информации.

- Все аппаратные компоненты, в том числе сетевые интерфейсные платы (NIC), интерфейсы и соединители, а также материалы и конструкция кабелей описаны в стандартах, относящихся к физическому уровню.

Характеристики физического уровня

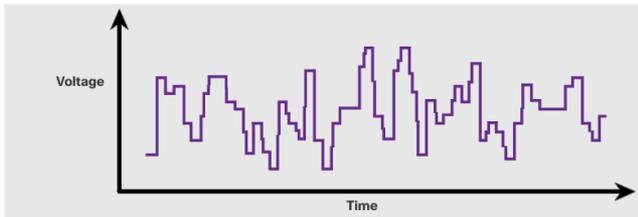
Кодирование

- Кодирование преобразует поток битов в формат, узнаваемый следующим устройством в сетевом пути.
- Это «кодирование» обеспечивает предсказуемые шаблоны, которые могут быть распознаны следующим устройством.
- Примеры методов кодирования включают Manchester (показано на рисунке), 4B/5B и 8B/10B.

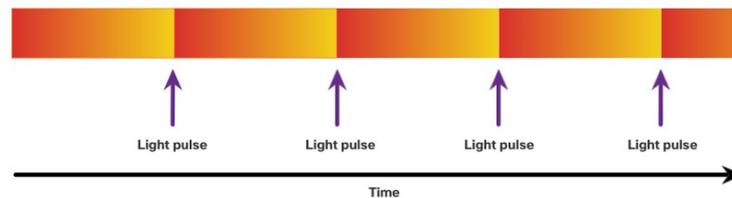


Характеристики физического уровня Сигнализация

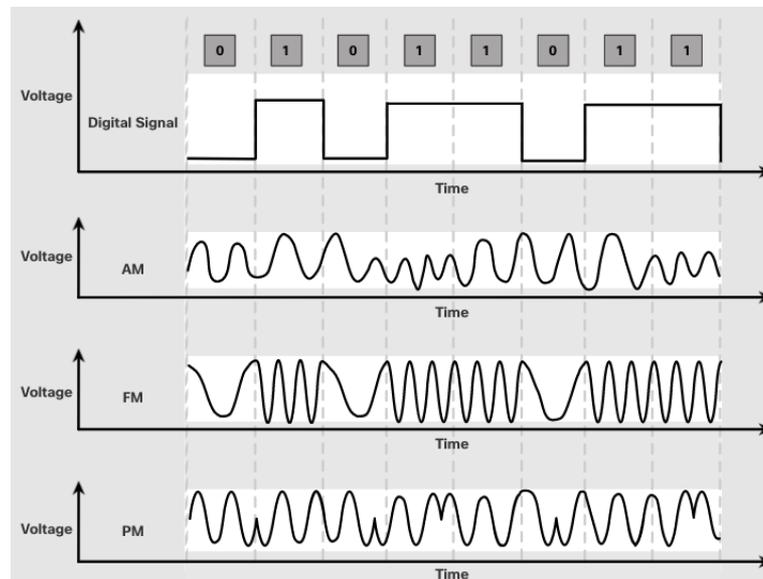
- Метод сигнализации - это то, как битовые значения «1» и «0» представлены на физическом носителе.
- Способ сигнализации будет варьироваться в зависимости от типа используемого носителя.



Электрические сигналы по медному кабелю



Световой импульс по оптоволоконному кабелю



Сверхвысокочастотные сигналы по беспроводной связи

Полоса пропускания

- Полоса пропускания (bandwidth) — это количественная характеристика, отражающая возможности передачи данных по конкретному средству подключения.
- В цифровых сетях под пропускной способностью понимается объем данных, который можно передать из одной точки в другую за определенное время; сколько бит может быть передано в секунду.
- На реальную пропускную способность влияют свойства физических средств подключения, используемые технологии и законы физики.

Единица пропускной способности	Сокращение	Эквивалентность
Биты в секунду	бит/с	1 bps = fundamental unit of bandwidth
Килобиты в секунду	кбит/с	1 Кбит/с = 1000 бит/с = 10^3 бит/с
Мегабиты в секунду	Мбит/с	1 Мбит/с = 1 000 000 бит/с = 10^6 бит/с
Гигабиты в секунду	Гбит/с	1 Гбит/с = 1,000,000,000 bps = 10^9 бит/с
Терабиты в секунду	Тбит/с	1 Тбит/с = 1,000,000,000,000 бит/с = 10^{12} бит/с

Характеристики физического уровня

Пропускная способность

Задержка

- Количество времени, включая задержки, для перемещения данных из одной заданной точки в другую

Пропускная способность

- Количество битов, передаваемых по среде передачи за определенный период времени

Полезная пропускная способность

- Объем полезных данных, передаваемых за определенный период времени
- Goodput = пропускная способность - накладные расходы на трафик

4.3 Медные кабели

Характеристики медных кабелей

Медный кабель является наиболее распространенным типом кабелей, используемых в сетях сегодня. Медные кабели используются в сетях из-за их невысокой стоимости, простоты монтажа и низкого электрического сопротивления.

Ограничения:

- Затухание — чем дальше должны идти электрические сигналы, тем слабее они становятся.
- Электрический сигнал чувствителен к помехам от двух источников, которые могут искажать и повреждать сигналы данных (электромагнитные помехи (EMI) и радиочастотные интерференции (RFI) и перекрестные помехи.

Устранение:

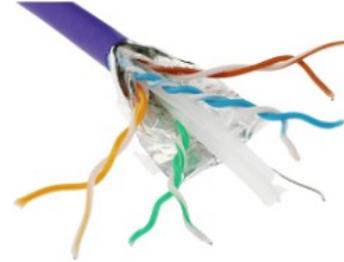
- Строгое соблюдение предельных значений длины кабеля позволит уменьшить затухание.
- Некоторые виды медных кабелей смягчают EMI и RFI с помощью металлического экранирования и заземления.
- Некоторые виды медного кабеля могут смягчить перекрестный стебель путем скручивания противоположных проводов цепи вместе.

Медные кабели

Типы медных кабелей



Unshielded Twisted-Pair (UTP) Cable



Shielded Twisted-Pair (STP) Cable



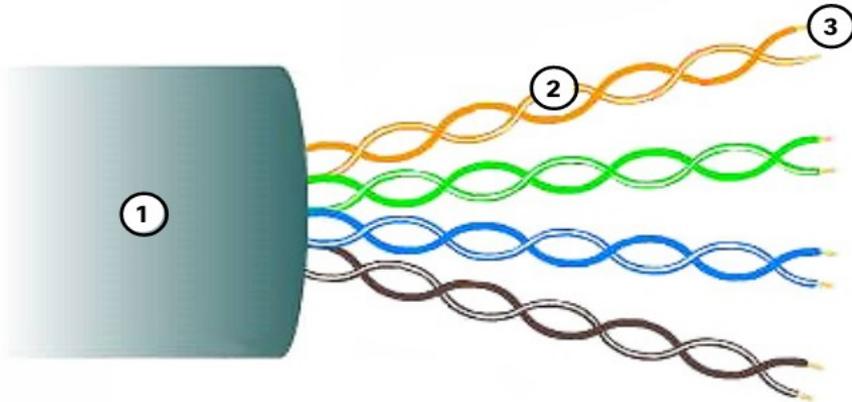
Coaxial Cable

Неэкранированная витая пара (UTP)

- Кабели UTP являются наиболее распространенной средой передачи данных.
- Оснащаются разъемами RJ-45.
- Соединяет hosts с промежуточными сетевыми устройствами.

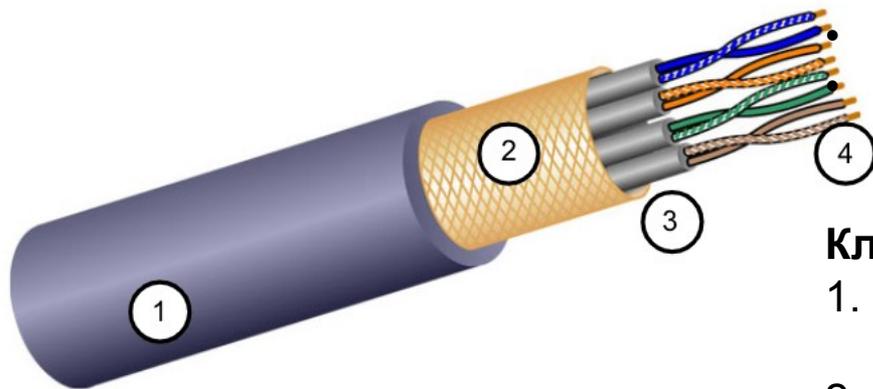
Ключевые характеристики UTP

1. Наружная оболочка защищает медный провод от физического повреждения.
2. Витая пара защищает сигнал от помех.
3. Пластиковая изоляция с цветовым кодом создаёт электрическую изоляцию проводов друг от друга и определяет каждую пару.



Экранированная витая пара (STP)

- Обеспечивают лучшую защиту от помех, чем UTP.
- Дороже, чем UTP
- Сложнее установить, чем UTP
- Оснащаются разъемами RJ-45.
- Соединяет хосты с промежуточными сетевыми устройствами.



Ключевые характеристики STP

1. Наружная оболочка защищает медный провод от физического повреждения.
2. Плетеный экран или фольга обеспечивает защиту EMI/RFI
3. Щит из фольги для каждой пары проводов обеспечивает защиту EMI/RFI
4. Пластиковая изоляция с цветовым кодом создаёт электрическую изоляцию проводов друг от друга и определяет каждую пару.

Коаксиальный кабель

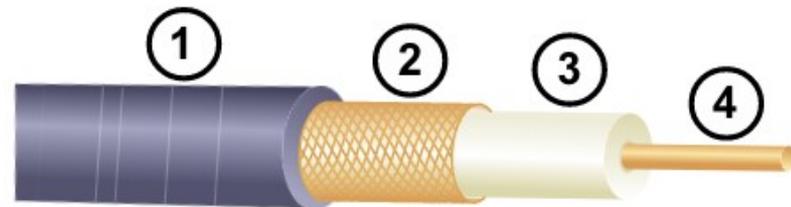
Включают в себя следующие элементы:

1. Наружная оболочка кабеля предотвращает от незначительных физических повреждений
2. Медная оплетка или металлическая фольга, окружающая слой изолирующего материала и выступающая в качестве второго провода в цепи, а также экрана для внутреннего проводника.
3. Слой гибкой пластиковой изоляции
4. Медный проводник используется для передачи электрических сигналов.

С коаксиальным кабелем используются различные типы разъемов.

Обычно используются в следующих двух случаях.

- Оборудование беспроводных сетей - используются для подключения антенн к устройствам беспроводной связи.
- Кабельные интернет-установки - проводка помещений заказчика



4.4 Кабели UTP

Свойства UTP-кабелей

UTP-кабель состоит из четырех скрученных пар медных проводников с цветовой маркировкой, заключенных в общую гибкую пластиковую оболочку. Экранирование не используется. UTP использует следующие свойства для ограничения перекрестных помех:

- Аннулирование или отмена- каждый провод в паре проводов использует противоположную полярность. Один провод отрицательный, другой - положительный. Они скручены вместе, и магнитные поля эффективно отменяют друг друга и вне EMI/RFI.
- Разница в скручивании в каждом проводе - каждый провод изгибается по-разному, что помогает предотвратить перекрестные помехи между проводами в кабеле.



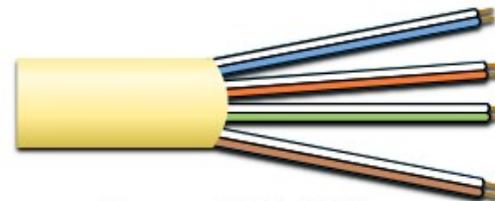
Стандарты UTP-кабелей и разъемов

Стандарты для UTP устанавливаются TIA/EIA. TIA/EIA-568 стандартизирует такие элементы, как:

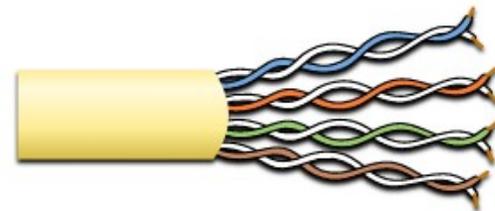
- Типы кабелей
- Длина кабелей
- Разъемы
- Оконцовка кабелей
- Методы тестирования

Электрические стандарты для медных кабелей устанавливаются стандартом IEEE, который тарифицирует кабелю соответствии с его производительностью. Примеры:

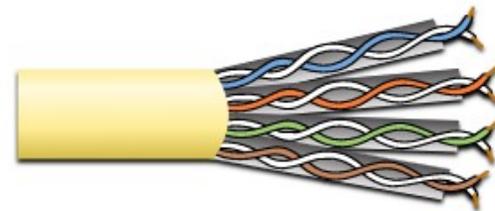
- Категория 3
- Категории 5 и 5e
- Категория 6.



Category 3 Cable (UTP)



Category 5 and 5e Cable (UTP)



Category 6 Cable (UTP)

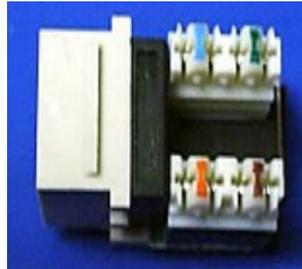
Стандарты UTP-кабелей и разъемов (Продолжение)



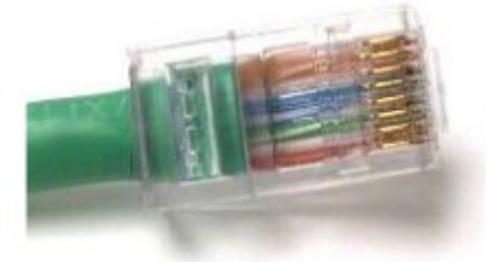
Разъем RJ-45



Неправильная оконцовка кабеля UTP



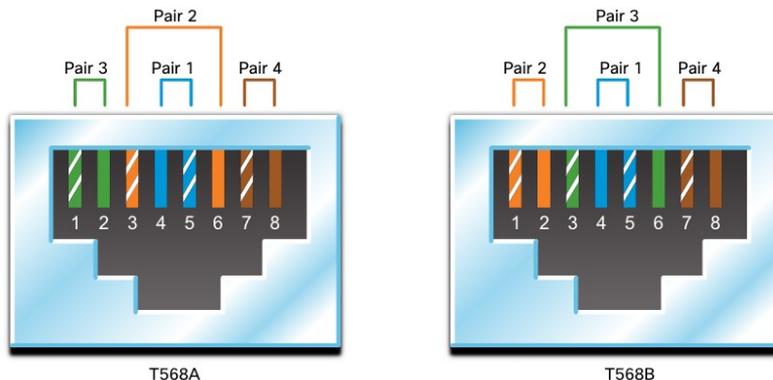
Розетка RJ-45



Правильная оконцовка кабеля UTP

UTP

Прямые и перекрестные кабели UTP



Тип кабеля	Стандарт	Применение
Прямой кабель Ethernet	Оба конца T568A или T568B	Узел к сетевому устройству
Перекрестный кабель Ethernet*	Один конец T568A, другой конец T568B	Хост-хост, коммутатор-коммутатор, маршрутизатор-маршрутизатор
* Считается устаревшей из-за того, что большинство сетевых адаптеров используют Auto-MDIX для восприятия типа кабеля и полного подключения		
Консольный (Rollover)	Запатентован компанией Cisco	Узел сериального порта к порту консоли маршрутизатора или коммутатора с помощью адаптера

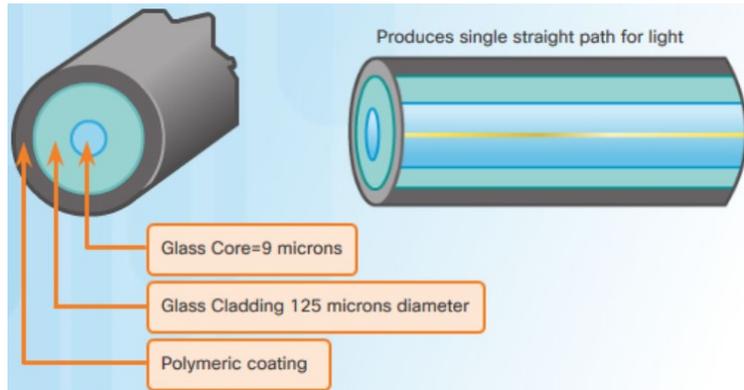
4.5 Оптоволоконные кабели

Свойства оптоволоконных кабелей

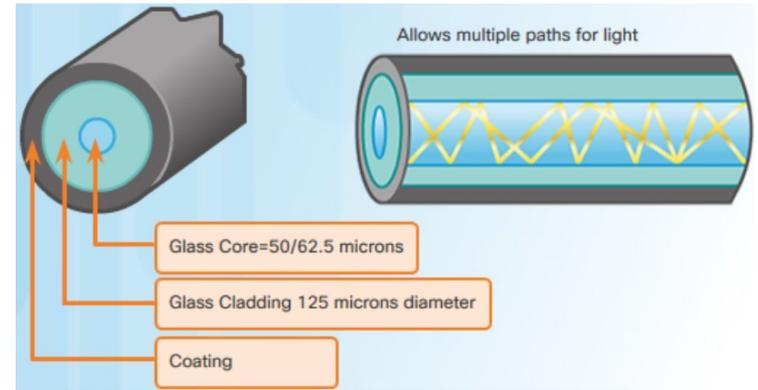
- Используются не так часто, как UTP, из-за связанных с этим расходов
- Идеально подходит для некоторых сетевых сценариев
- Оптоволоконные кабели позволяют передавать данные на большие расстояния и с более высокой пропускной способностью, чем другие средства сетевого подключения.
- Менее восприимчивы к затуханию и полностью невосприимчивы к EMI/RFI
- Изготовлен из гибких, очень тонких нитей из очень чистого стекла
- Использует лазер или светодиод для кодирования битов как импульсы света
- Оптоволоконный кабель действует как световод, обеспечивающий передачу светового сигнала между двумя концами кабеля с минимальными потерями.

Типы оптоволоконных кабелей

Одномодовый оптоволоконный кабель (SMF) Многомодовый оптоволоконный кабель (MMF)



- Очень маленький сердечник
- Использует дорогие лазеры
- Применяется на большие расстояния



- Более крупные ядра
- Использует менее дорогие светодиоды
- Светодиоды передают сигналы под разными углами
- До 10 Гбит/с на 550 метров

Под дисперсией в данном контексте понимается расширение светового импульса по мере его движения по оптическому волокну. Чем выше дисперсия, тем больше потери сигнала. MMF имеет большую дисперсию, чем SMF, при этом максимальное расстояние кабеля для MMF составляет 550 метров.

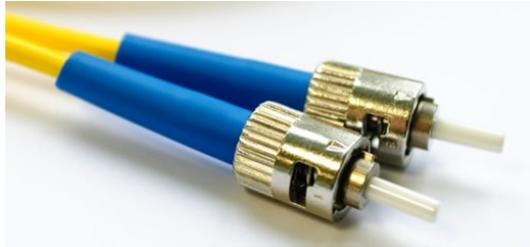
Использование оптоволоконных кабелей

В настоящее время оптоволоконные кабели используются в следующих четырех областях.

1. **Корпоративные сети** - Оптоволоконные кабели используются в качестве магистральных кабелей и для соединений между устройствами сетевой инфраструктуры.
2. **Технология «оптоволокно до квартиры» (Fiber-to-the-Home, FTTH)** - Оптоволоконные кабели используются для постоянного широкополосного доступа индивидуальных пользователей и небольших предприятий к сети.
3. **Сети дальней связи** - Оптоволоконные кабели используются провайдерами услуг для международной и междугородной связи.
4. **Подводные кабельные сети.** - Оптоволоконные кабели используются для строительства надежных высокоскоростных линий связи, способных работать в тяжелых условиях больших глубин и обеспечивать связь на больших расстояниях, вплоть до трансокеанских.

В этом курсе рассматривается использование оптоволоконных кабелей в рамках предприятия.

Разъемы для оптоволоконных кабелей



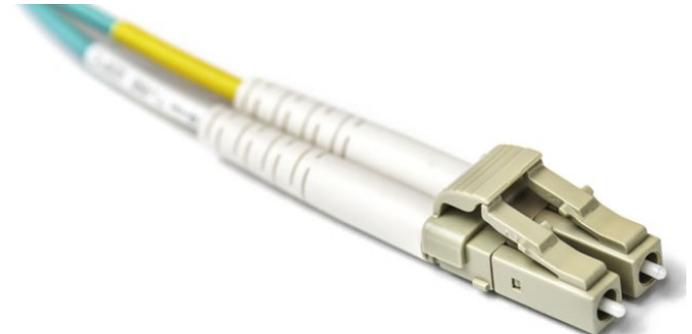
Разъемы ST (Straight-Tip, байонетного типа)



Симплексные разъемы LC (Lucent Connector)



Разъемы SC (Subscriber Connector)



Дуплексные многомодовые разъемы LC

Оптоволоконные кабели

Оптоволоконные патч-корды



SC-SC MM патч-корд



LC-LC SM патч-корд



ST-LC MM патч-корд



ST-SC SM патч-корд

Желтая маркировка используется для одномодовых оптоволоконных кабелей, а оранжевая (или голубая) — для многомодовых.

Сравнение оптоволоконных и медных кабелей

Оптическое волокно в основном используется в качестве магистрального кабеля.

Особенности при внедрении	Кабели типа UTP	Оптоволоконные кабели
Поддерживаемая пропускная способность	10 Мбит/с — 10 Гбит/с	10 Мбит/с — 100 Гбит/с
Расстояние	Относительно небольшое (от 1 до 100 метров)	Относительно большое (1 - 100,000 метров)
Устойчивость к EMI и RFI помехам	Низкая	Высокий (полностью защищенный)
Устойчивость к поражению электрическим током	Низкая	Высокий (полностью защищенный)
Расходы на средства передачи данных и разъемы	Минимум	Максимум
Навыки, требуемые для установки	Минимум	Максимум
Правила техники безопасности	Минимум	Максимум

4.6 Беспроводная среда передачи данных

Свойства беспроводных сред передачи данных

Средства беспроводного подключения обеспечивают передачу двоичных разрядов данных в виде электромагнитных сигналов радиочастотного или микроволнового диапазона. Это обеспечивает наибольшую мобильность. Количество беспроводных подключений продолжает увеличиваться.

Некоторые из ограничений беспроводной связи:

- **Область покрытия** — Физические характеристики места развертывания могут существенно повлиять на эффективность покрытия.
- **Помехи** - Беспроводная связь восприимчива к помехам и может быть нарушена многими распространенными устройствами.
- **Безопасность** - Для доступа к среде беспроводного подключения не требуется подключаться к физическим кабелям, поэтому любой может получить доступ к передаче.
- **Совместный доступ к средству подключения** - Сети WLAN работают в полудуплексном режиме, что означает, что в каждый момент времени передачу или прием может осуществлять только одно устройство. Чем больше пользователей одновременно подключаются к WLAN, тем меньшая пропускная способность приходится на каждого из

Типы беспроводных сред передачи данных

Стандарты IEEE и телекоммуникационные отраслевые стандарты беспроводной передачи данных охватывают как канальный, так и физический уровни. В каждом из этих стандартов спецификации физического уровня определяют:

- Кодирование данных с помощью радиосигналов
- Частота и мощность передачи
- Требования к приему и декодированию сигналов
- Проектирование и возведение антенн.

Стандарты беспроводной передачи данных

- **Wi-Fi (IEEE 802.11)** — технология беспроводной локальной сети (WLAN)
- **Bluetooth (IEEE 802.15)** - стандарт беспроводной сети личного кабинета (WPAN)
- **WiMAX (IEEE 802.16)** — использует топологию «точка-многоточечная» для обеспечения широкополосного беспроводного доступа
- **Zigbee (IEEE 802.15.4)** — связь с низкой скоростью передачи данных и низким энергопотреблением, в основном для приложений Интернета вещей (IoT)

Беспроводная среда передачи данных

Беспроводная локальная сеть

Как правило, для создания беспроводной LAN (WLAN) требуются следующие сетевые устройства.

- **Беспроводная точка доступа (AP): концентрирует беспроводные сигналы от пользователей. Подключается к сетевой инфраструктуре на основе медных кабелей.**
- **Беспроводные сетевые платы-** обеспечивают возможность беспроводного подключения для каждого узла в сети.

Существует ряд стандартов WLAN. Приобретая беспроводные устройства, следует обращать особое внимание на их совместимость.

Сетевые администраторы должны разрабатывать и применять строгие правила и протоколы безопасности для защиты беспроводных локальных сетей от несанкционированного доступа и потенциального ущерба.

Packet Tracer. Подключение проводной и беспроводной локальных сетей

В этом задании Packet Tracer:

- Подключение к облаку
- Подключение к маршрутизатору
- Подключение устройств
- Проверка подключений
- Изучение физической топологии

Лабораторная работа. Просмотр данных о сетевой интерфейсной плате для проводной и беспроводной сети

В этой лабораторной работе вы выполните следующие задачи.

- Определение и изменение параметров сетевых интерфейсных плат компьютера
- определение значков сети на панели задач и их использование.

4.7 Практика и контрольная работа модуля

Что я изучил в этом модуле?

- Чтобы получить возможность обмениваться данными по проводной или беспроводной сети, в первую очередь необходимо установить физическое подключение к локальной сети.
- Физический уровень состоит из электронных схем, средств подключения и разъемов, разрабатываемых инженерами.
- Стандарты физического уровня касаются трех функциональных областей: физических компонентов, методов кодирования кадров и способов передачи сигналов.
- Три типа медных кабелей: UTP, STP и коаксиальный кабель (coax).
- Кабели UTP соответствуют требованиям стандартов, совместно выработанных организациями TIA и EIA. Электрические характеристики медных кабелей определяются Институтом инженеров по электротехнике и электронике (IEEE).
- Основными типами кабелей, получаемыми с помощью определенных соглашений о проводке, являются прямой Ethernet и перекрестный Ethernet.

Что я изучил в этом модуле? (Продолжение)

- Оптоволоконные кабели позволяют передавать данные на большие расстояния и с более высокой пропускной способностью, чем другие средства сетевого подключения.
- Существует четыре типа волоконно-оптических разъемов: ST, SC, LC и двухуровневый многомодовый LC.
- Волоконно-оптические патч-корды включают многомодовый SC-SC, одномодовый LC-LC, многомодовый ST-LC и одномодовый SC-ST.
- Средства беспроводного подключения обеспечивают передачу двоичных разрядов данных в виде электромагнитных сигналов радиочастотного или микроволнового диапазона. Беспроводная связь имеет некоторые ограничения, включая область покрытия, помехи, безопасность и проблемы, возникающие с любым общим носителем.
- Стандарты беспроводной связи включают следующие: Wi-Fi (IEEE 802.11), Bluetooth (IEEE 802.15), WiMAX (IEEE 802.16) и Zigbee (IEEE 802.15.4).
- Для беспроводной локальной сети (WLAN) требуется беспроводная точка доступа и беспроводные сетевые адаптеры.

4.8 Резюме

Packet Tracer — подключение физического уровня

В этом задании Packet Tracer:

- Определение физических характеристик межсетевых устройств
- Выбор подходящих модулей для подключения
- Подключение устройств
- Проверка подключения

