

# ГРАФІК НАВЧАННЯ

		бали
<b>2. Мережні протоколи і комунікації (11.02.19)</b>		
Тест до р.2 "Мережні протоколи і комунікації" (8 балів)	<b>до 3.03.2019 23:59</b>	8
Lab01_ВІВЧЕННЯ ІНТЕРФЕЙСУ ПРОГРАМИ WIRESHARK		2
<b>3. Фізичний та канальний рівні. Протокол Ethernet (18.02.19)</b>		
Lab02_ДОСЛІДЖЕННЯ КАДРУ ПРОТОКОЛУ ETHERNET ТА ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ FAST ETHERNET	<b>до 10.03.2019 23:59</b>	5
Тест до р.3		8
<b>4. Мережний рівень. Протоколи IP та ARP (25.02.19)</b>		
Lab04_ФРАГМЕНТАЦІЯ	<b>до 17.03.2019 23:59</b>	5
Тест до р.4		8
<b>5. IP-адресація (4.03.19)</b>		
Тест до р.5: <u>Визначити типи адрес</u>	<b>до 24.03.2019 23:59</b>	16
Lab06_ВІЗНАЧЕННЯ IPV4-АДРЕС		5
<b>6. Розрахунок підмереж (11.03.19)</b>		
Lab07_РОЗРАХУНОК ПІДМЕРЕЖ	<b>до 31.03.2019 23:59</b>	10
Тест до р.6		8
<b>7. Базове налаштування мережних пристроїв (18.03.19)</b>		
Lab08_ПОБУДОВА МЕРЕЖІ В CISCO PACKET TRACERT І БАЗОВЕ НАЛАШТУВАННЯ ПРИСТРОЇВ	<b>до 5.04.2019 12:00</b>	10
Тест до р.7		8
<b>8. TCP and UND (25.03.19)</b>		
Тест до р.8	<b>до 5.04.2019 12:00</b>	7
	<b>ЗАГАЛОМ</b>	<b>100</b>

# Лекция 3. Физический и канальный уровни. Протокол Ethernet



ас. Панферова Я.В.

18.02.19



# Задачи

Изучив главу, вы сможете:

- объяснить принцип поддержки связи протоколов и служб физического уровня в сетях передачи данных;
- создавать простую сеть, используя соответствующие возможности;
- объяснить значение канального уровня в поддержке связи в сетях передачи данных;
- сравнивать методы управления доступом к среде передачи данных и логические топологии, используемые в сетях
- описывать работу Ethernet;
- определять основные поля кадра Ethernet.



3.1 Протоколы физического уровня

3.2 Среда передачи данных

3.3 Протоколы канального уровня

3.4 Управление доступом к среде передачи данных

3.5 Ethernet

## 3.1 Протоколы физического уровня





# Подключение Подключение к сети

## Домашний маршрутизатор





# Подключение Подключение к сети

## Подключение к проводной локальной сети

Подключите компьютер к порту Ethernet (1, 2, 3 или 4).





# Подключение Сетевые интерфейсные платы

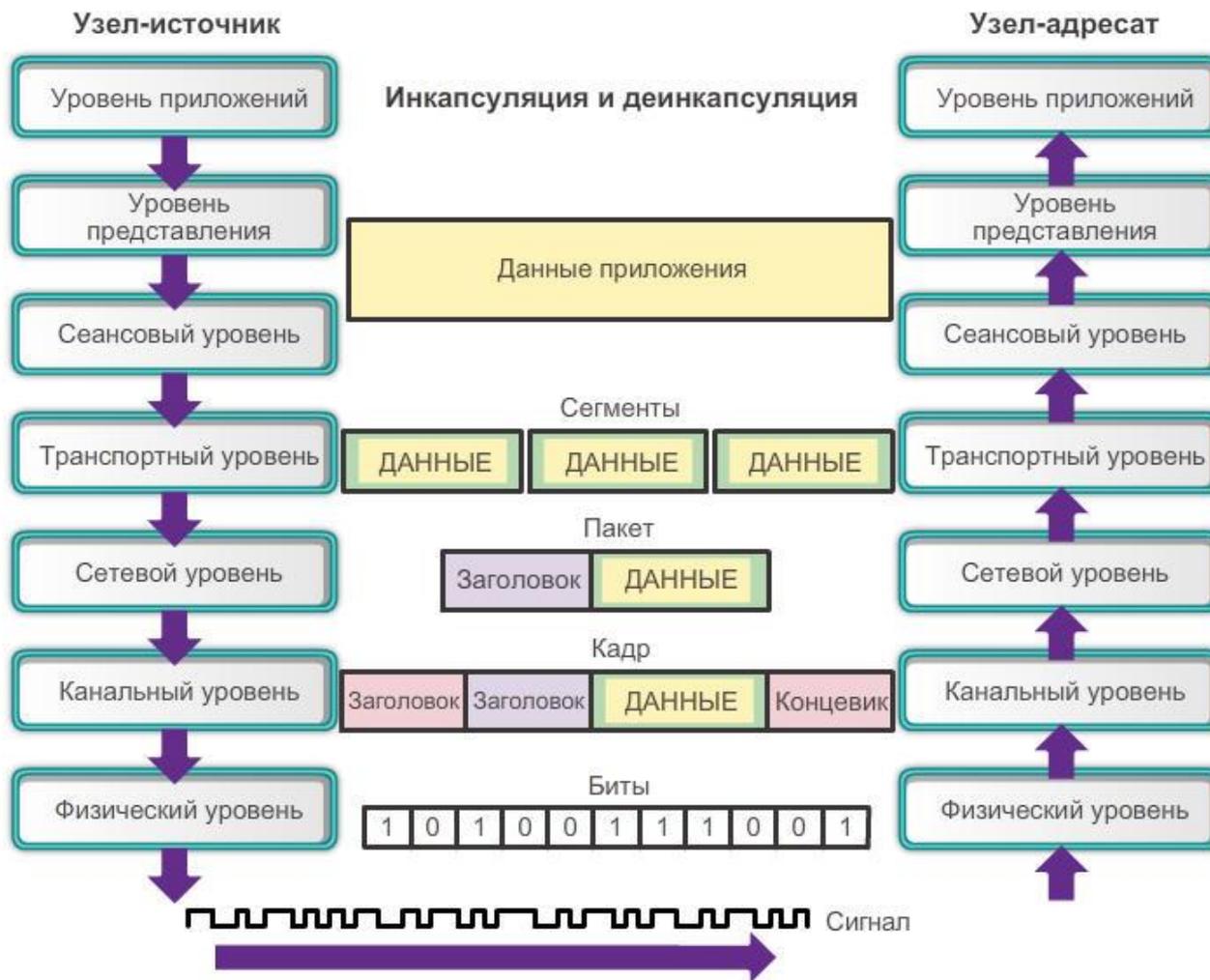
## Подключение к беспроводной локальной сети с помощью расширителя диапазона





# Назначение физического уровня

## Физический уровень





## Назначение физического уровня

# Среда передачи данных физического уровня

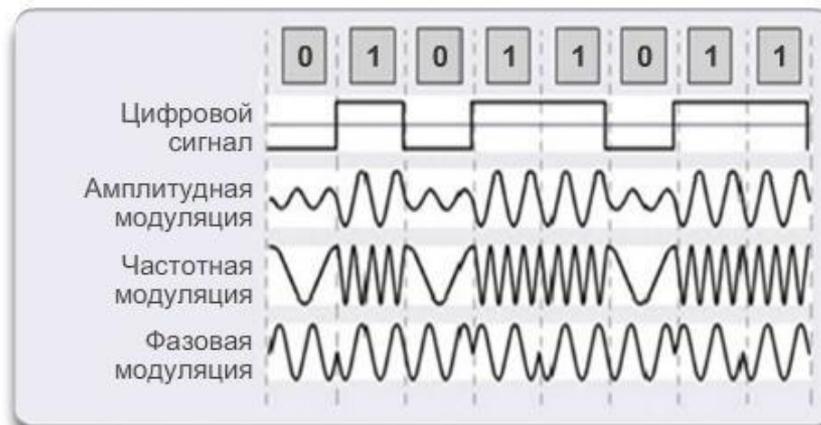
Сигнал исходящих вызовов (Тх)



**Электрические сигналы** —  
медный кабель



**Световой импульс** —  
оптоволоконный кабель



**Сверхвысокочастотные сигналы** —  
беспроводная связь



Назначение физического уровня

# Стандарты физического уровня

Физический уровень состоит из электронных схем, средств передачи данных и разъёмов, разработанных инженерами. Таким образом, важно, чтобы стандарты, регулирующие это оборудование, определялись соответствующими организациями по электроснабжению и коммуникациям.



## Назначение физического уровня

# Стандарты физического уровня

Организация по стандартизации	Сетевые стандарты
<b>ISO</b> - Международная организация по стандартизации	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ISO 8877. Официально утверждены RJ-разъёмы (например RJ-11, RJ-45).</li> <li>• ISO 11801. Стандарт по кабельному хозяйству сетей, аналогичный стандарту EIA/TIA 568.</li> </ul>
<b>EIA/TIA</b> - Ассоциация телекоммуникационной индустрии/Ассоциация электронных промышленности	<ul style="list-style-type: none"> <li>• TIA-568-C. Стандарт по кабельному хозяйству телекоммуникационных сетей, используемый практически всеми сетями передачи голосовой информации, видео и данных.</li> <li>• TIA-569-B. Стандарт на телекоммуникационные трассы и пространства коммерческих зданий.</li> <li>• TIA-598-C. Цветовые коды оптоволоконных кабелей.</li> <li>• TIA-942. Стандарт телекоммуникационной инфраструктуры для центров обработки данных.</li> </ul>
<b>ANSI</b> - Американский национальный институт стандартизации	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 568-C: распиновка RJ-45. Разработаны совместно с EIA/TIA</li> </ul>
<b>ITU-T</b> - Международный союз электросвязи	<ul style="list-style-type: none"> <li>• G.992. ADSL</li> </ul>
<b>IEEE</b> - Институт инженеров по электротехнике и электронике	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 802.3: Ethernet</li> <li>• 802.11: Беспроводные локальные сети (WLAN) и Mesh (сертификация Wi-Fi)</li> <li>• 802.15: Bluetooth</li> </ul>

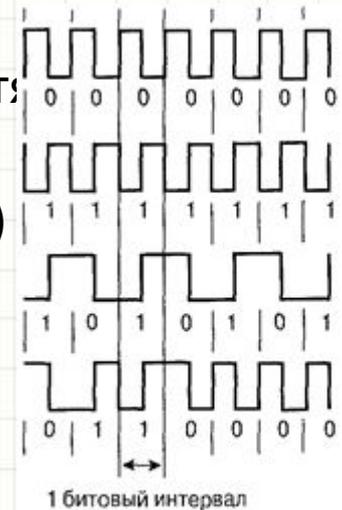


# Основные принципы физического уровня

- **Физические компоненты** - это электронные аппаратные устройства, средства передачи данных, а также другие блоки соединения, которые передают и переносят сигналы для представления битов.
- **Кодирование** - это способ преобразования потока бит в предопределённый «код». Коды — это группы бит, использующихся для обеспечения заданного шаблона, который может распознать как получатель, так и отправитель. В сети кодирование определяется правилом изменения напряжения или тока, используемого для представления бит: нулей и единиц.
- **Передача сигнала** - Метод представления битов называется методом передачи сигнала. Выделяют синхронный и асинхронный (без соответствующего тактового сигнала) методы передачи.

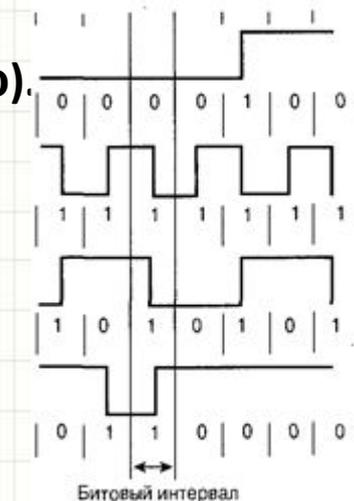
## Виды кодировки технологии Ethernet

- **Манчестерское кодирование** (используется в сетях Ethernet стандарта IEEE 802.3 как правило для интерфейсов 10 Мбит/с (10Base 5, 10Base 2, 10Base-T))



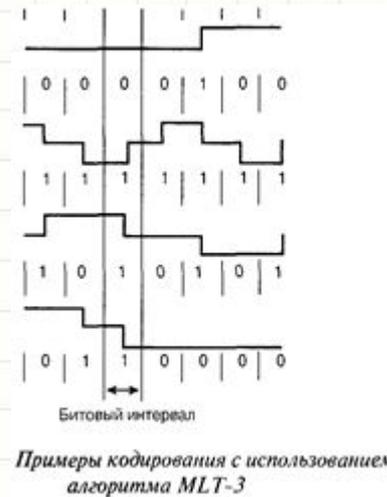
Пример манчестерского кодирования

- **NRZI (Non-Return to Zero Inverted)**  
**(инверсное кодирование без возвращения к нулю).**  
Используется как правило в FDDI (Fiber Distributed Data Interface), и для интерфейсов 100BaseFX.



7.13. Примеры NRZI-кодирования

- **MLT-3 (Multi Level Transmission-3) трехуровневое кодирование без синхронизации.** Используется как правило в FDDI, и для интерфейсов 100BaseTX.



- **РАМ 5 (Pulse Amplitude Modulation) (импульсная амплитудная модуляция)**

Пятиуровневое биполярное кодирование, при котором два бита (в зависимости от предыдущего состояния) передаются одним из пяти уровней "U".

Нуждается в неширокой полосе частот (вдвое ниже битовой скорости). Используется, как правило для интерфейсов 1000BaseT.

- **4В/5В**

Каждые четыре бита информации кодируются пятибитовым словом. Вследствие этого получается двухкратная избыточность ( $2^4=16$  входных комбинаций представлены набором из  $2^5=32$  комбинаций).

Избыточность кода позволяет выделить ряд служебных символов, которые используются для синхронизации, выделение служебных полей кадра и других целей на физическом уровне.

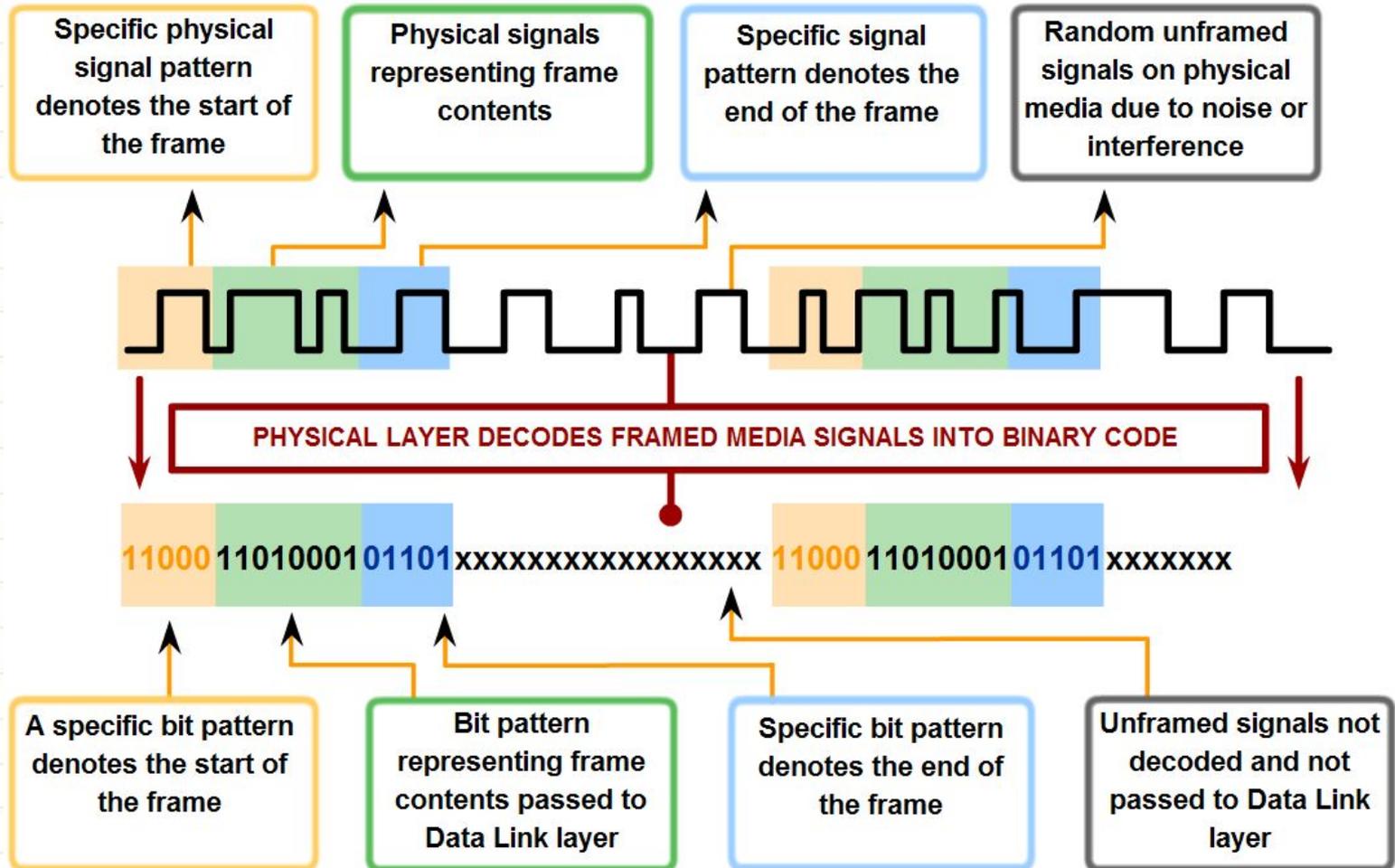
Используется как правило в FDDI, и для интерфейсов 100BaseFX/100BaseTX.

- **8В/10В**

8 бит информации (сигналы MAC подуровня) кодируются 10-битным кодовым словом. При этом достигается четырехкратная избыточность.

Используется как правило для интерфейсов 1000BaseFX/LX/CX/ZX

## Recognizing Frame Signals





# Передача сигнала

Метод представления битов называется методом передачи сигнала. Стандарты физического уровня должны определять, какой тип сигнала соответствует «1», а какой тип соответствует «0».

Сигналы передаются одним из двух способов.

- **Асинхронный:** сигналы передаются без соответствующего тактового сигнала. Временные промежутки между символами или группами данных могут быть произвольными, то есть они не имеют стандартов. Поэтому для обозначения начала и конца кадра необходимы флаги.
- **Синхронный:** сигналы данных посылаются в соответствии с тактовым сигналом, который отмеряет равные промежутки времени, которые называются временем передачи бита.



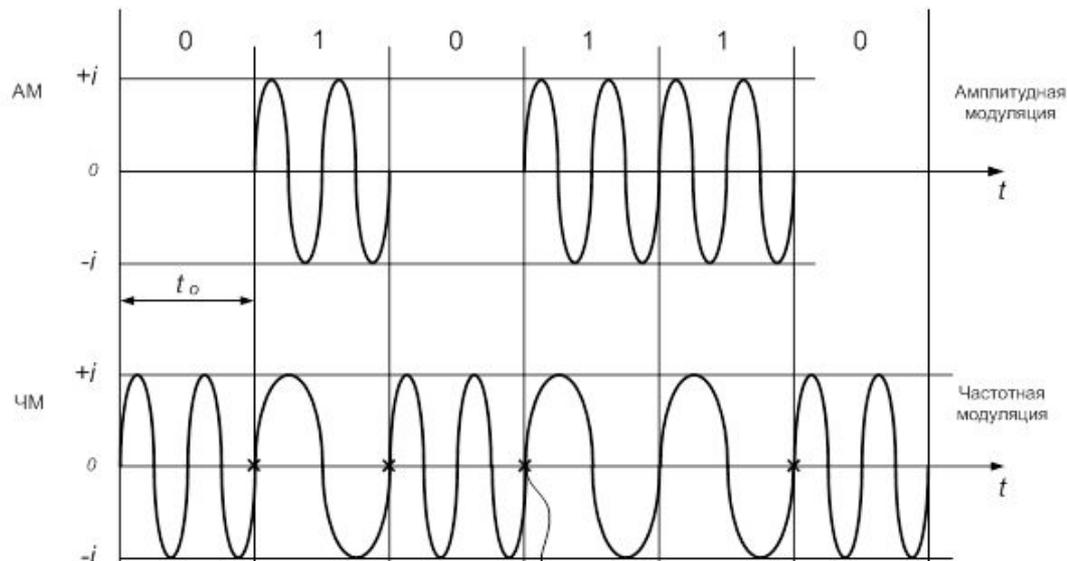
# Передача сигнала

Распространённый метод отправки данных — с применением технологии модуляции. Модуляция — это процесс, при котором характеристика одной волны (сигнал) изменяет другую волну (модулируемый сигнал). При передаче данных по среде распространены следующие методы модуляции.

- **Частотная модуляция (ЧМ):** способ передачи, при котором несущая частота зависит от сигнала.
- **Амплитудная модуляция (АМ):** способ передачи, при котором несущая амплитуда зависит от сигнала.
- **Импульсно-кодовая модуляция (ИКМ):** способ передачи, при котором аналоговый сигнал, например голос, преобразуется в цифровой сигнал путём дискретизации амплитуды сигнала и выражением амплитуд в двоичной системе. Частота дискретизации должна быть как минимум вдвое выше максимальной частоты в спектре сигнала.

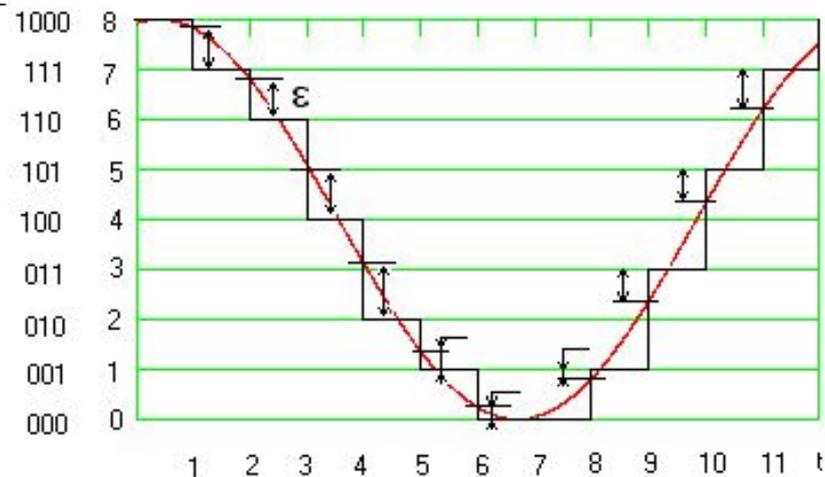


# Передача сигнала



Преобразование непрерывного сообщения в трехзначный ИКМ сигнал

Уровни квантования



ИКМ сигнал





# Основные принципы физического уровня

Среда передачи данных	Физические компоненты	Способ кодирования кадра	Способ отправки сигналов
<b>Медный кабель</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• UTP</li> <li>• Коаксиальный кабель</li> <li>• Разъёмы</li> <li>• Сетевые адаптеры</li> <li>• Порты</li> <li>• Интерфейсы</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Код Манчестера</li> <li>• Техники «без возврата к нулю» (NRZ)</li> <li>• Коды 4B/5B используются с многоуровневой передачей сигналов (MLT-3)</li> <li>• 8B/10B</li> <li>• PAM5</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Изменения в электромагнитном поле</li> <li>• Интенсивность электромагнитного поля</li> <li>• Фаза электромагнитной волны</li> </ul>
<b>Опволоконный кабель</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Одномодовый оптоволоконный кабель</li> <li>• Многомодовый оптоволоконный кабель</li> <li>• Разъёмы</li> <li>• Сетевые адаптеры</li> <li>• Интерфейсы</li> <li>• Лазеры и светодиодные индикаторы</li> <li>• Фотодатчики</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Световые импульсы</li> <li>• Мультиплексирование длины волны с использованием различных цветов</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Импульс равен 1.</li> <li>• Отсутствие импульса равно 0.</li> </ul>
<b>Беспроводные среды</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Точки доступа</li> <li>• Сетевые адаптеры</li> <li>• Радиосвязь</li> <li>• Антенны</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DSSS (direct-sequence spread-spectrum — растяжка сигнала в прямой последовательности)</li> <li>• OFDM (orthogonal frequency division multiplexing — мультиплексирование с ортогональным делением частот)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Радиоволны</li> </ul>



# Полоса пропускания

Разные физические среды передачи данных поддерживают разные скорости передачи бит. Как правило, передача данных обсуждается с точки зрения заявленной пропускной способности (bandwidth) и производительности (throughput).

Из-за множества факторов производительность (throughput) обычно не соответствует заявленной пропускной способности (bandwidth) в средах на физическом уровне. На производительность (throughput) влияет ряд факторов:

- объём трафика
- тип трафика
- время ожидания, вызванное конфликтом нескольких сетевых устройств между источником и назначением

Блок пропускной способности	Сокращение	Равнозначность
Биты в секунду	бит/с	1 бит/с = основная единица пропускной способности
Килобиты в секунду	Кбит/с	Кбит/с 1 = 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 бит/с = $10^9$ бит/с
Терабиты в секунду	Тбит/с	1 Тбит/с = 1 000 000 000 000 бит/с = $10^{12}$ бит/с



## Основные принципы 1-го уровня

# Производительность (throughput)

Производительность (throughput) — это измерение скорости передачи битов по среде за указанный промежуток времени.

Из-за множества факторов производительность (throughput) обычно не соответствует заявленной пропускной способности (bandwidth) в средах на физическом уровне. На производительность (throughput) влияет ряд факторов, в том числе:

- объём трафика
- тип трафика
- время ожидания, вызванное конфликтом нескольких сетевых устройств между источником и назначением





## 3.2 Среда передачи данных



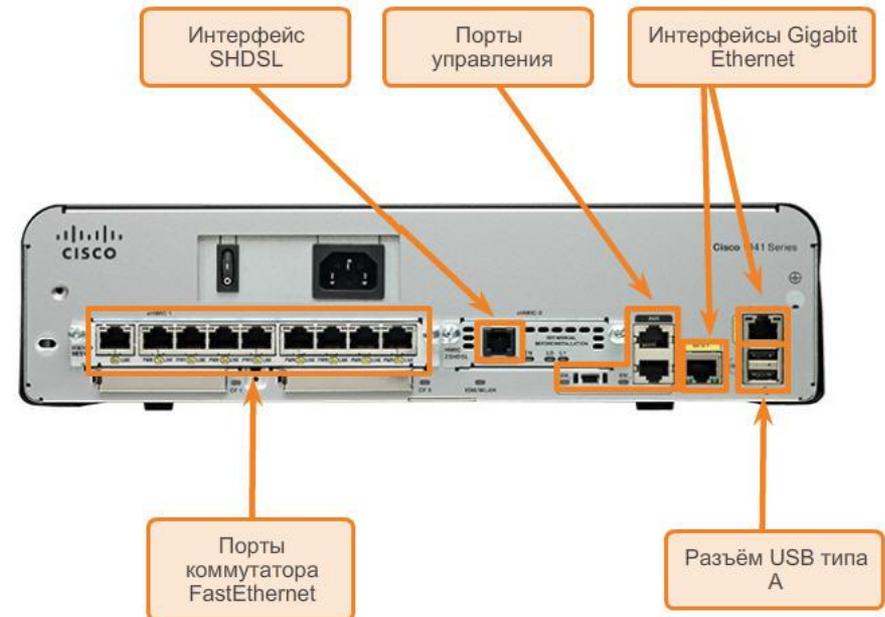
Cisco | Networking Academy®  
Mind Wide Open™



# Типы физических сред

Стандарты сред передачи данных на основе медного кабеля определены для:

- типа используемых медных кабелей;
- пропускной способности связи;
- типа используемых разъёмов;
- схем подключения и цветовых кодов подключений к среде;
- максимальной протяжённости кабеля.



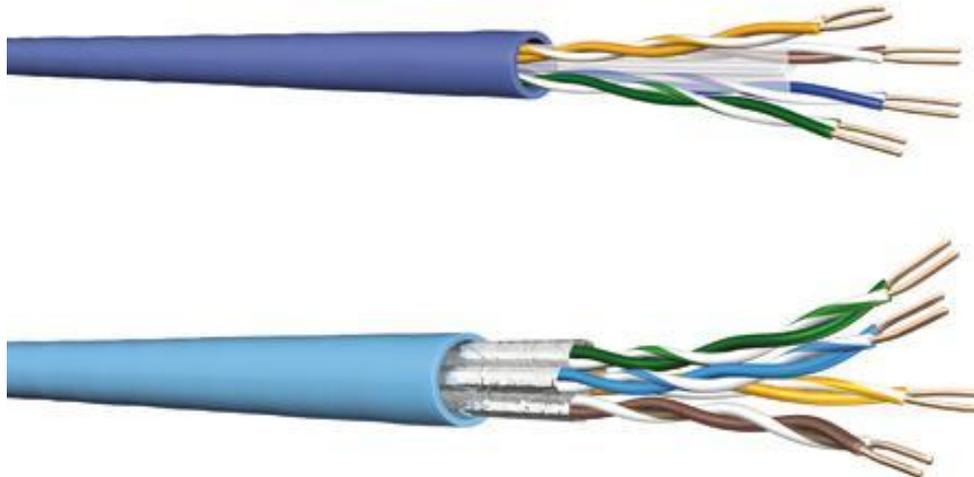


## Среда передачи данных

# Медные кабели

Для борьбы с нежелательными последствиями ЭМП и РЧП некоторые типы медных кабелей обернуты в металлическую защиту и требуют правильного заземляющего устройства.

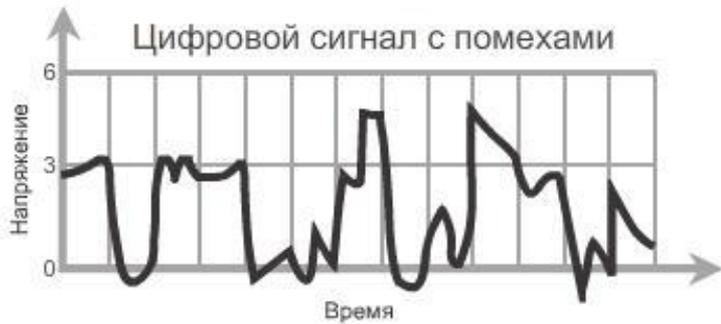
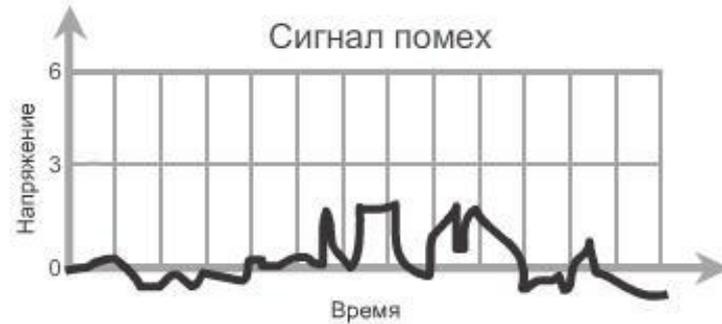
Для борьбы с нежелательными последствиями перекрёстных помех некоторые типы медных кабелей имеют провода с противоположным течением тока перекрученные между собой (говорят, что они образуют витую пару), что эффективно оберегает соединение от помех.





## Медные кабели

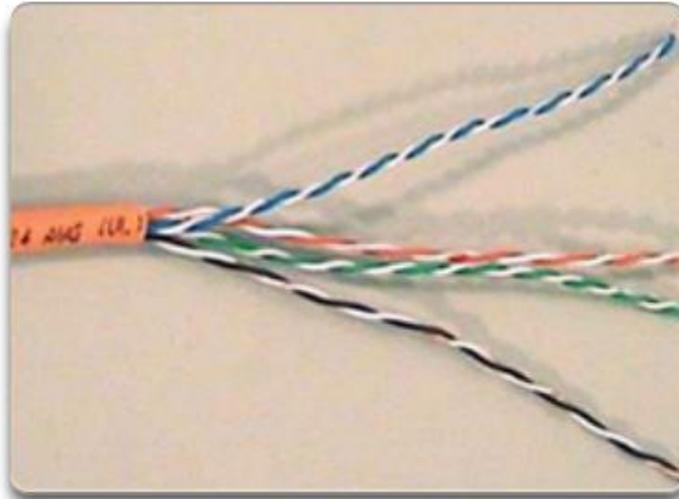
# Характеристики медных кабелей



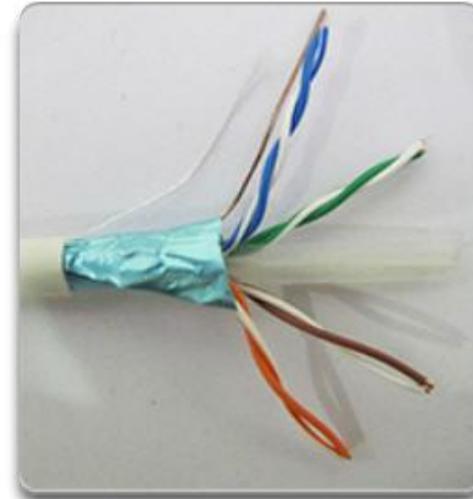


# Медные кабели

## Медные кабели



Кабель на основе неэкранированной витой пары (UTP)



Кабель на основе экранированной витой пары (STP)

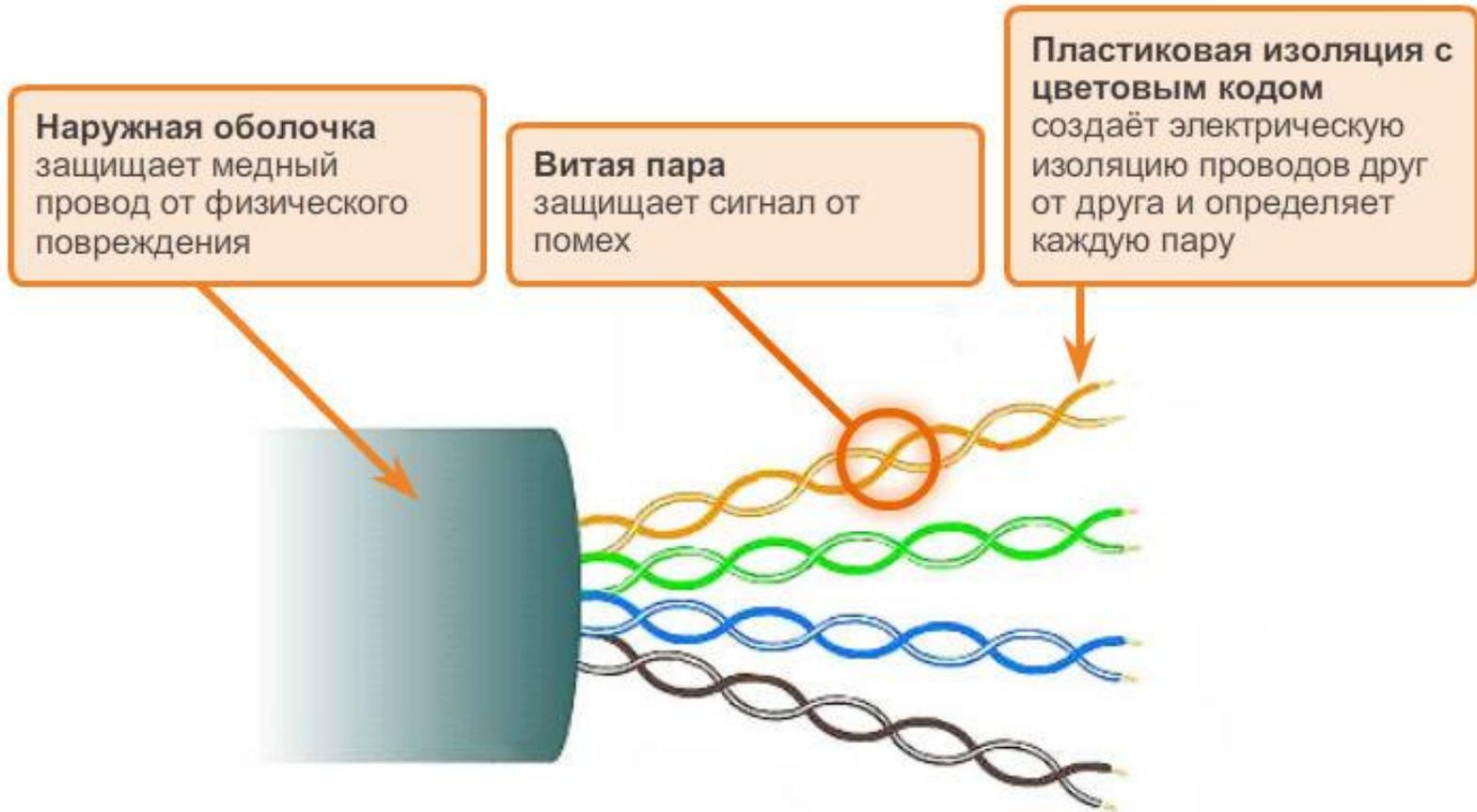


Коаксиальный кабель



# Медные кабели

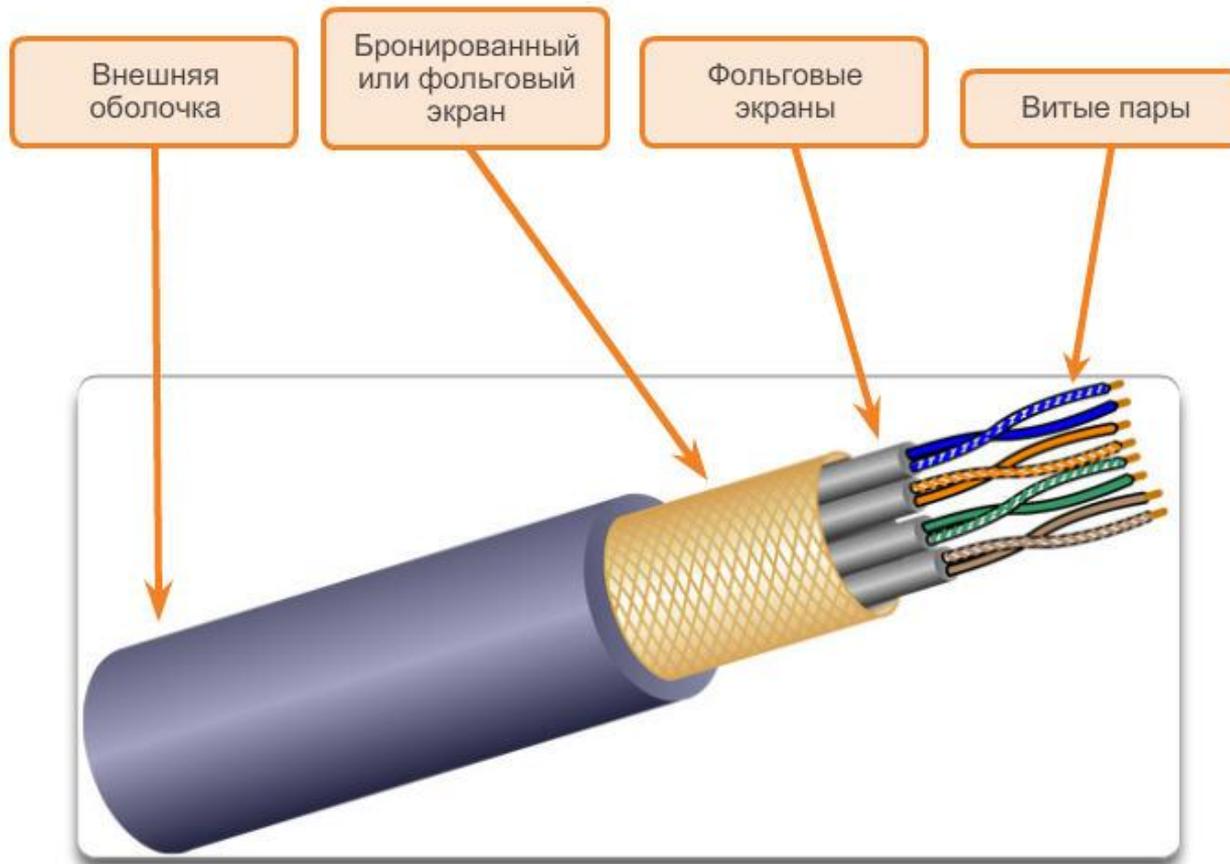
## Кабель на основе неэкранированной витой пары (UTP)





Медные кабели

# Кабель на основе экранированной витой пары (STP)





# Медные кабели

## Коаксиальный кабель





## Медные кабели

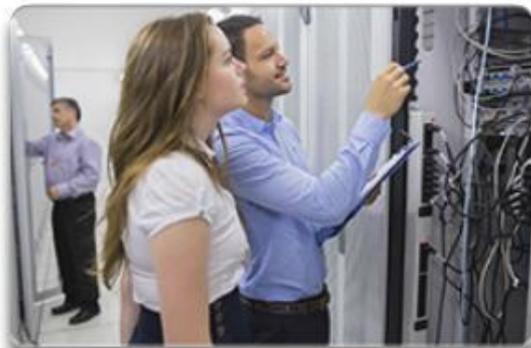
# Безопасность медных кабелей



Должно осуществляться разделение кабеля данных и кабеля питания в соответствии с правилами безопасности.



Кабели должны быть подключены правильно.



При установке оборудования его необходимо проверить на предмет повреждений.



Оборудование должно быть правильно заземлено.

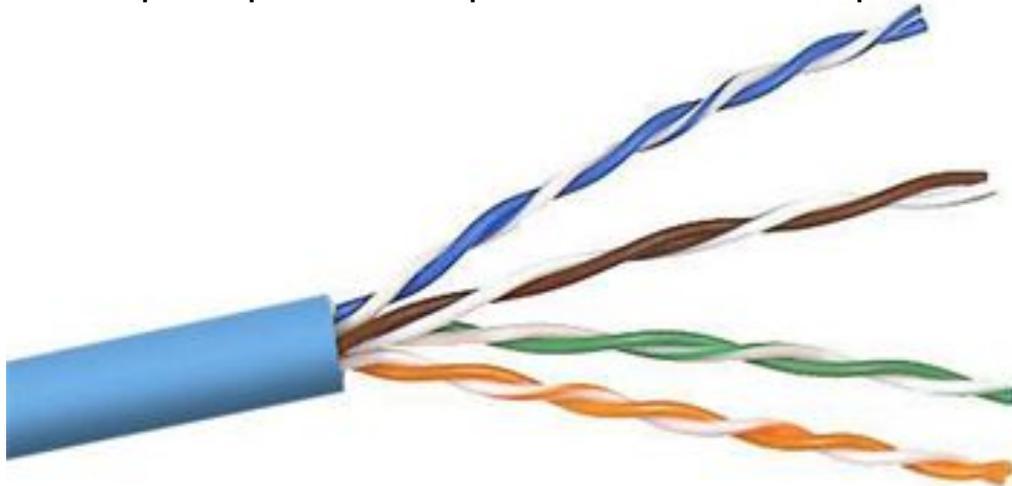


## UTP-кабели

# Свойства UTP-кабелей

Кабель UTP не использует защиту от ЭМП и РЧП. Способы, чтобы ограничить отрицательное влияние:

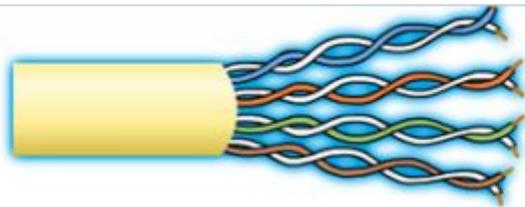
- **Погашение (Cancellation):** проектировщики объединяют пары проводов в одну схему. Когда в двух проводах пары ток течёт в противоположных направлениях магнитные поля вокруг проводников противоположны друг другу. Таким образом, два магнитных поля самоуничтожаются, а также обеспечивается защита от внешних наводок от других пар, ЭМП и РЧП.
- **Изменение количества витков в витой паре:** для повышения эффекта отмены разработчики изменяют количество витков в каждой витой паре. Кабели UTP должны точно соответствовать спецификациям, регламентирующим количество разрешённых витков или оплётков на 1 метр кабеля. Обратите внимание, что на рисунке оранжевые и бело-оранжевые пары перекручены меньше, чем синие и бело-синие пары. Каждая покрашенная пара переплетена разное количество раз.



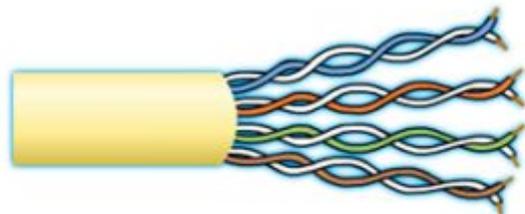


# UTP-кабели

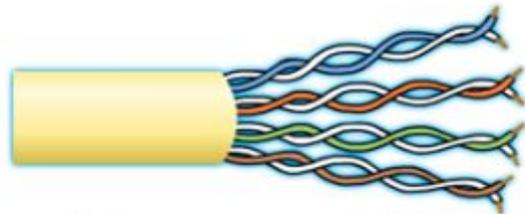
## Стандарты UTP-кабелей



Кабель категории 3 (UTP)



Кабель категории 5 и 5e (UTP)



Кабель категории 6 (UTP)

### Кабель категории 3 (UTP)

- Используется для голосовой связи.
- Наиболее часто используется для создания телефонных линий.

### Кабель категории 5 и 5e (UTP)

- Используется для передачи данных.
- Cat5 поддерживает скорость 100 Мбит/с, а также скорость 1000 Мбит/с (не рекомендуется).
- Cat5e поддерживает скорость 1000 Мбит/с.

### Кабель категории 6 (UTP)

- Используется для передачи данных.
- Между каждой парой добавлен разделитель, что позволяет парам проводов работать с более высокой скоростью.
- Поддерживает скорость от 1000 Мбит/с до 10 Гбит/с (скорость 10 Гбит/с не рекомендуется)

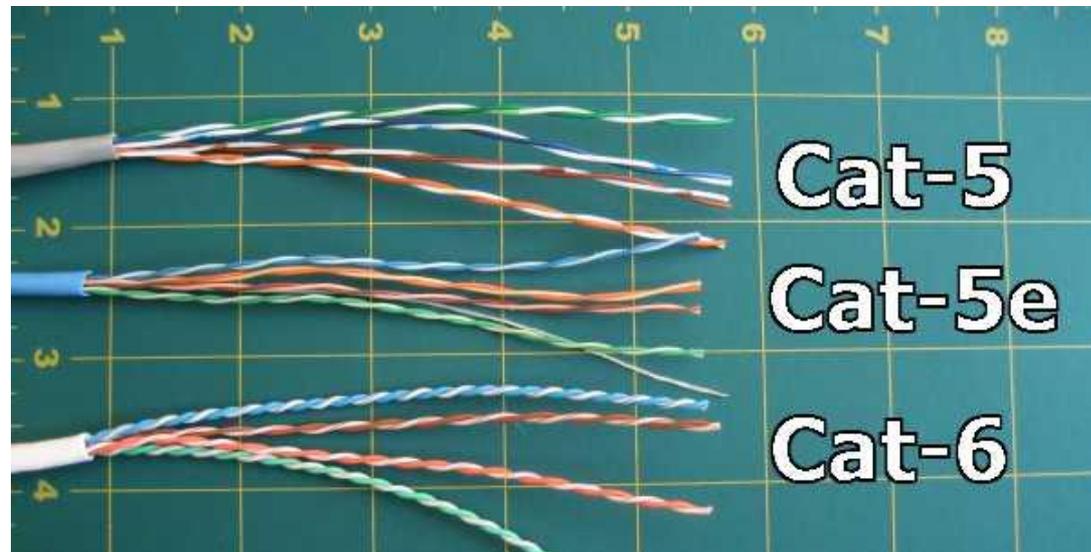


# UTP-кабели

## Стандарты UTP-кабелей

	Length (meters)	Speed				Power Over Ethernet	Mhz
		(Mb/s)		(Gb/s)			
		10	100	1	10		
<b>Cat-5</b>	100	X	X			X	100
<b>Cat-5e</b>	100	X	X	X		X	100
<b>Cat-6</b>	100 <small>55 for 10 Gb/s</small>	X	X	X	X	X	250
<b>Cat-6a</b>	100	X	X	X	X	X	500

	Category 5	Category 5e	Category 6
Frequency	100 MHz	100 MHz	250 MHz
Return Loss (Min. at 100MHz)	16.0 dB	20.1 dB	20.1 dB
Characteristic Impedance	100 ohms ± 15%	100 ohms ± 15%	100 ohms ± 15%
Attenuation (Min. at 100 MHz)	22 dB	22 dB	19.8 dB
Next (Min. at 100MHz)	32.3 dB	35.3 dB	44.3 dB
PS-Next (Min. at 100MHz)	no specification	32.3 dB	42.3 dB
ELFEXT (Min. at 100 MHz)	no specification	23.8 dB	27.8 dB
PS-ELFEXT (Min. at 100 MHz)	no specification	20.8 dB	24.8 dB
Delay Skew (Max. per 100 m)	no specification	45 ns	45 ns

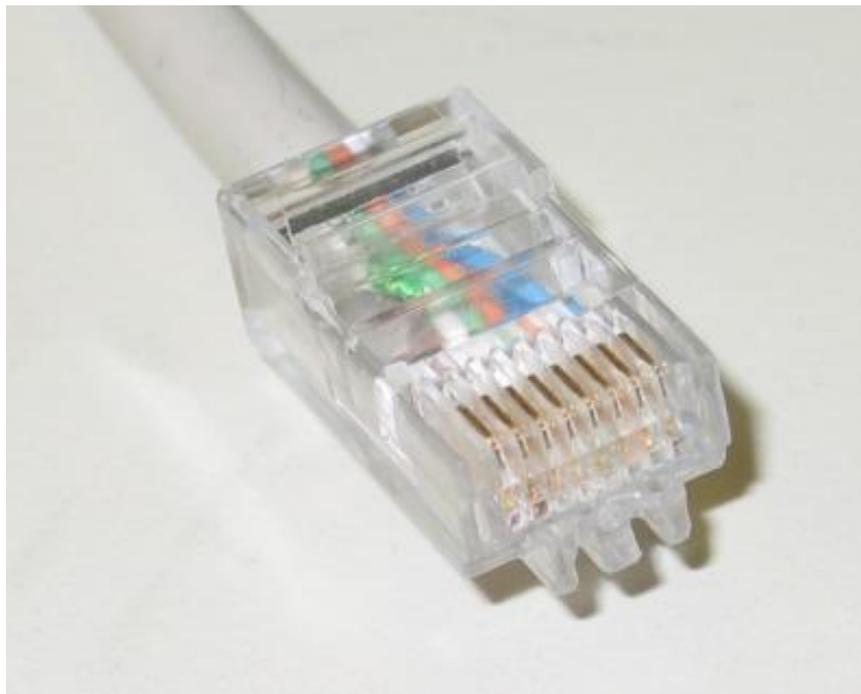




## UTP-кабели

# UTP-разъёмы

Кабель UTP обычно имеет разъём RJ-45 ISO 8877. Этот разъём используется для множества спецификаций физического уровня, одним из которых является Ethernet. Стандарт TIA/EIA 568 описывает цветовые маркировки проводов для схем подключения кабелей Ethernet.





## UTP-кабели

# Типы UTP-кабелей

**Прямой (straight-through) кабель** – для соединения разнотипных устройств

**Перекрёстный (crossover) кабель** - для соединения аналогичных устройств друг к другу

**Инверсный (rollover) кабель** - для подключения к консоли

Тип кабеля	Стандарт	Применение
Прямой кабель Ethernet	Оба конца T568A или T568B	Подключает сетевой узел к сетевому устройству, например к коммутатору или концентратору.
Перекрестный кабель Ethernet	Один конец T568A, другой конец T568B	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Соединяет два узла сети</li> <li>• Соединяет два сетевых промежуточных устройства (коммутатор к коммутатору или маршрутизатор к маршрутизатору)</li> </ul>
Инверсный кабель	Запатентован компанией Cisco	Соединяет последовательный порт рабочей станции к порту консоли маршрутизатора с помощью адаптера.



# UTP-кабели

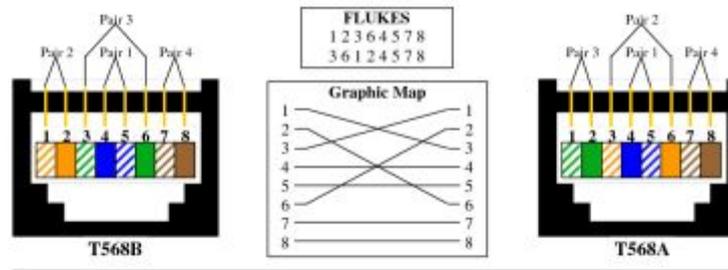
## Типы UTP-кабелей

### RJ-45 PINOUTS

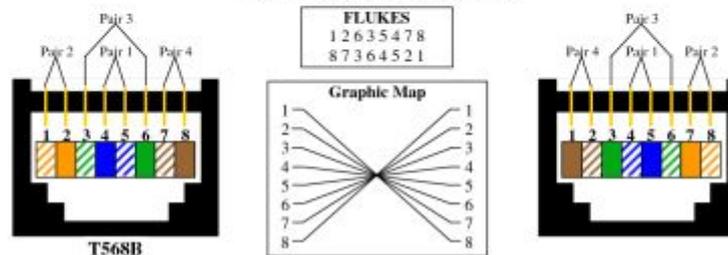
Straight Through Cable



Cross Connect or Cross-Over Cable



Roll-Over or Console Cable





УТР-кабели

# Тестирование УТР-кабелей





УТР-кабели

# Тестирование УТР-кабелей





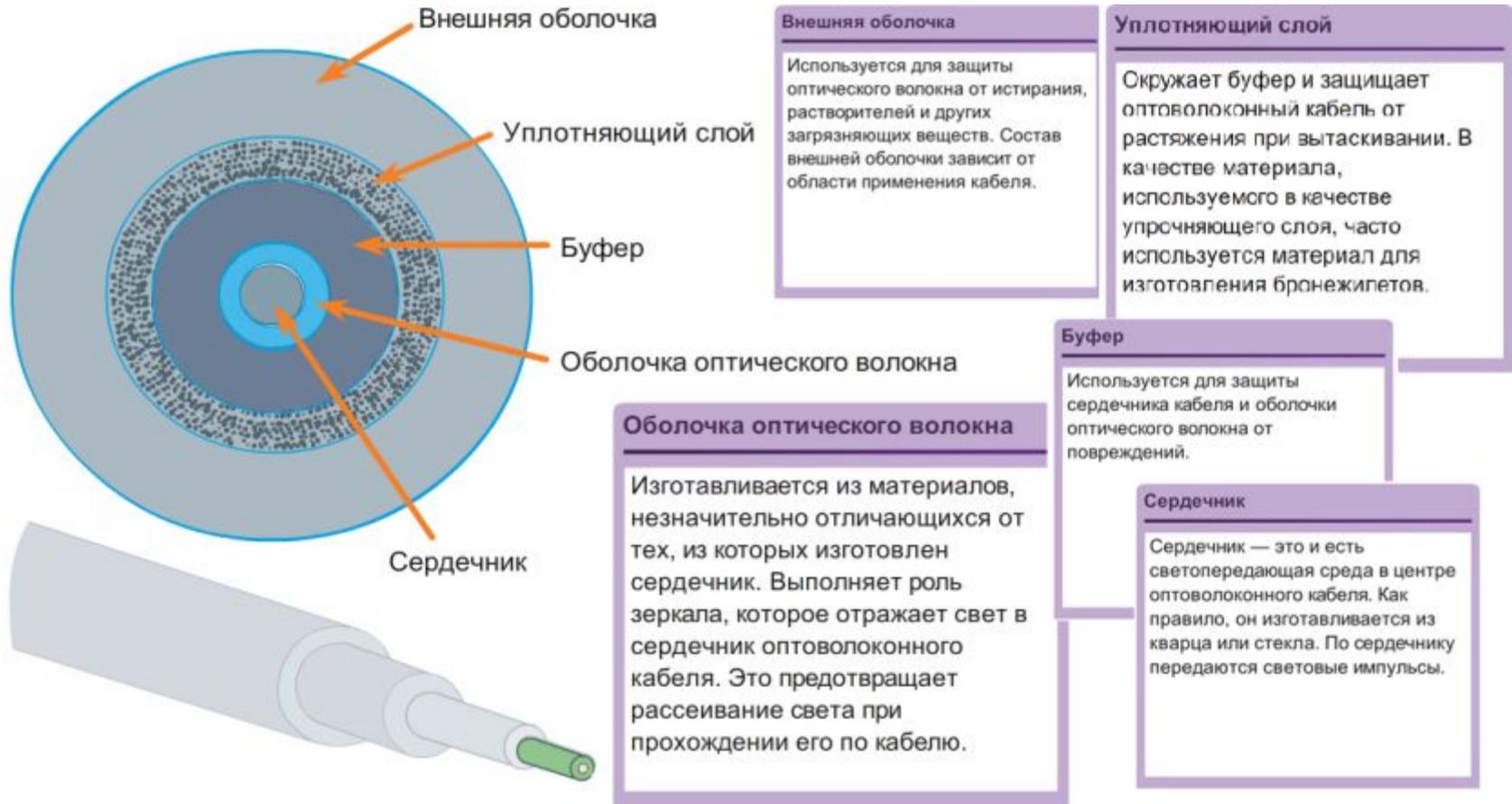
# Оптоволоконные кабели





# Оптоволоконные кабели

## Проектирование среды с оптоволоконным кабельным хозяйством





## Оптоволоконные кабели

# Типы оптоволоконных кабелей

### Одномодовый кабель



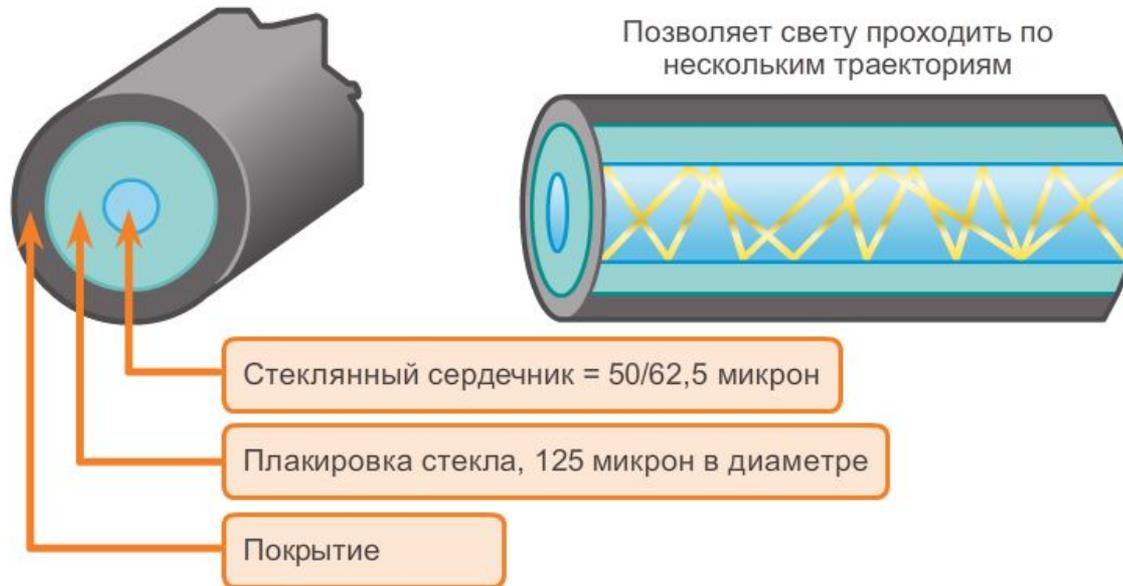
- Компактность сердечника
- Меньше дисперсии
- Подходит для приложений на большие расстояния
- Использует лазеры как источник оптического излучения
- Обычно используется в магистральных соединениях комплекса зданий с расстоянием в несколько тысяч метров



## Оптоволоконные кабели

# Типы оптоволоконных кабелей

### Многомодовый кабель



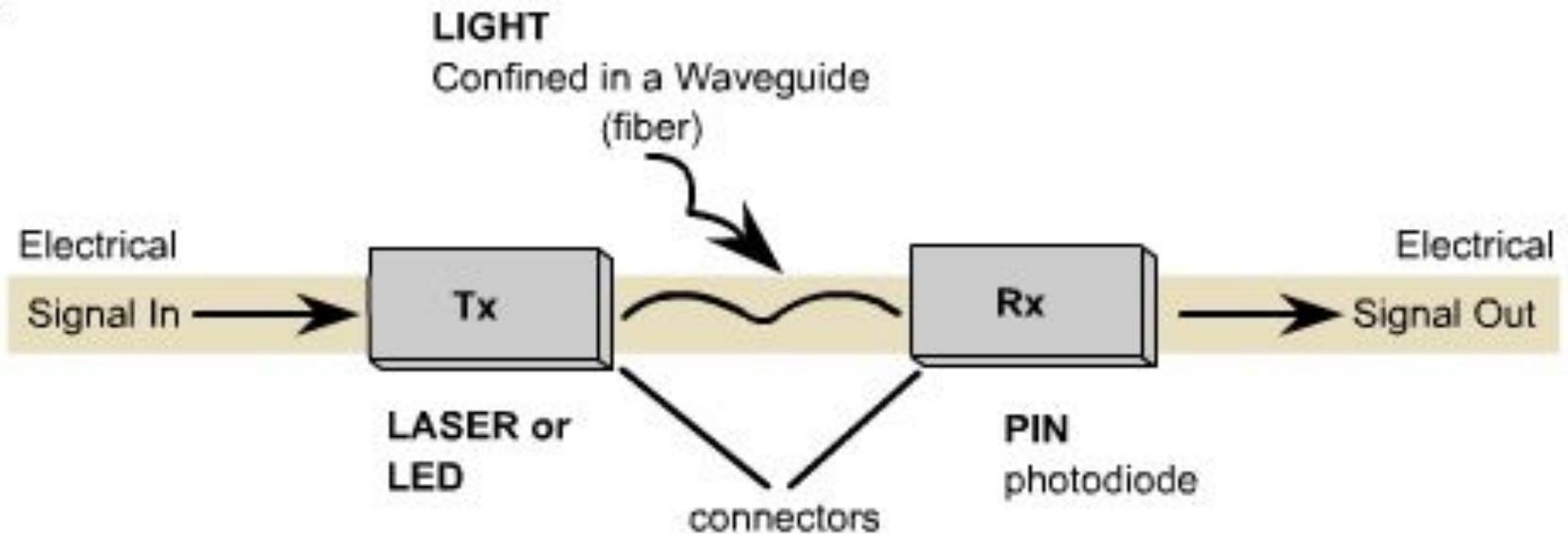
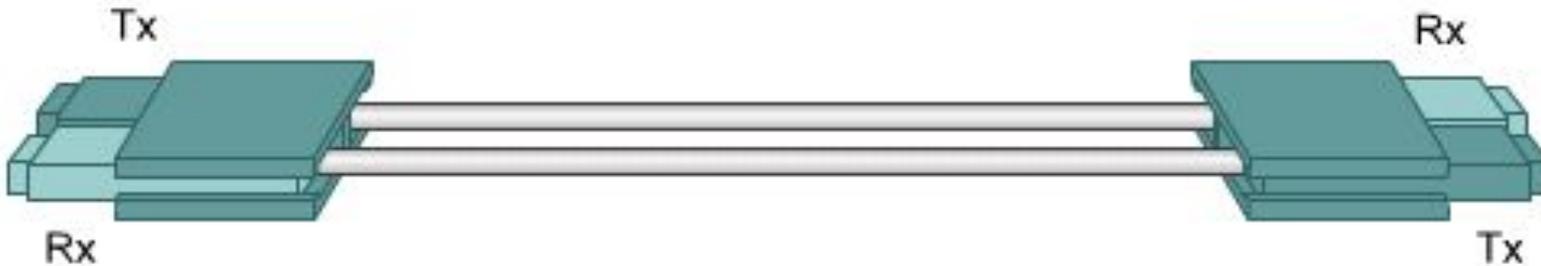
- Размер сердечника больше, чем в одномодовом кабеле
- Возникает больше дисперсии и, следовательно, больше потерь сигнала
- Подходит для приложений на большие расстояния, но на более короткие, чем в одномодовом кабеле
- Использует светодиоды как источник света
- Обычно используется с локальными сетями или на расстояния в 200 м для сети комплекса зданий



## Оптоволоконные кабели

# ТИПЫ ОПТОВОЛОКОННЫХ КАБЕЛЕЙ

### Multimode Fiber





## Оптоволоконные кабели

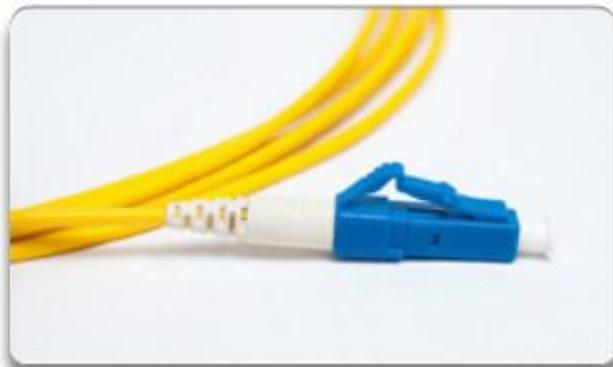
# Сетевые оптоволоконные разъёмы



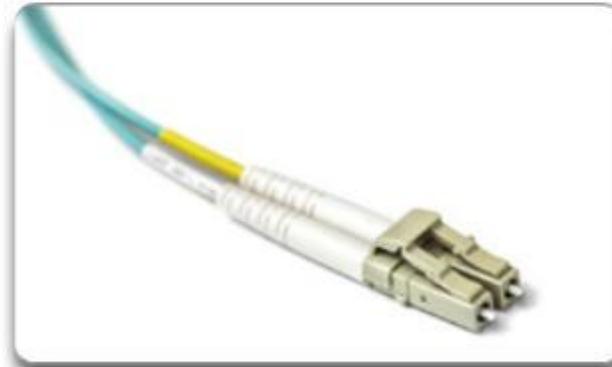
Разъёмы ST



Разъёмы SC



Разъём LC



Дуплексные многомодовые  
разъёмы LC



## Оптоволоконные кабели

# Сетевые оптоволоконные разъёмы

### Общие соединительные оптоволоконные провода



Соединительный многомодовый кабель SC-SC



Соединительный одномодовый кабель LC-LC



Соединительный многомодовый кабель ST-LC



Соединительный одномодовый кабель SC-ST



Оптоволоконные кабели

# Тестирование оптоволоконных кабелей



Оптический рефлектометр временной области (OTDR)



## Оптоволоконные кабели

# Сравнение оптоволоконных и медных кабелей

Сложности при внедрении	Медные кабели	Оптоволоконные кабели
Поддерживаемая пропускная способность	10 Мбит/с – 10 Гбит/с	10 Мбит/с – 100 Гбит/с
Расстояние	Относительно короткое (1 – 100 метров)	Относительно высокое (1 – 100 000 метров)
Устойчивость к электромагнитным и радиочастотным помехам	Низкая	Высокая (Полностью устойчивы)
Устойчивость к поражению электрическим током	Низкая	Высокая (Полностью устойчивы)
Стоимость кабелей и разъемов	Минимальная	Максимальная
Навыки, требуемые для установки	Минимальные	Максимальные
Меры предосторожности	Минимальные	Максимальные



# Беспроводные среды





## Беспроводные среды

# Типы беспроводных сред

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Стандарты IEEE 802.11</li> <li>• Также часто называется Wi-Fi.</li> <li>• Использование CSMA/CA</li> <li>• Варианты:             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 802.11a: 54 Мбит/с, 5 ГГц</li> <li>• 802.11b: 11 Мбит/с, 2,4 ГГц</li> <li>• 802.11g: 54 Мбит/с, 2,4 ГГц</li> <li>• 802.11n: 600 Мбит/с, 2,4 и 5 ГГц</li> <li>• 802.11ac: 1 Гбит/с, 5 ГГц</li> <li>• 802.11ad: 7 Гбит/с, 2,4 ГГц, 5 ГГц и 60 ГГц</li> </ul> </li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Стандарт IEEE 802.15</li> <li>• Поддерживает скорости до 3 Мбит/с</li> <li>• Обеспечивает сопряжение устройств на расстоянии от 1 до 100 метров.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Стандарт IEEE 802.16</li> <li>• Обеспечивает скорости до 1 Гбит/с</li> <li>• Использует топологию «точка-много точек» для предоставления широкополосного беспроводного доступа.</li> </ul>



Беспроводные среды

## Типы беспроводных сред

В каждом из указанных выше примеров технические характеристики физического уровня применимы к следующим областям:

- кодирование данных в радиосигнал
- частота и мощность передачи
- требования к приёму и декодированию сигнала
- проектирование и структура антенны



Беспроводные среды

## Беспроводная сеть LAN

Для установления беспроводной локальной сети требуются следующие сетевые устройства:

- **Точка беспроводного доступа (AP)**
- **Беспроводные сетевые адаптеры**



Беспроводной маршрутизатор Cisco Linksys EA6500 802.11ac



## Беспроводные среды

# Стандарты Wi-Fi 802.11

Стандарт	Максимальная скорость	Частота	Обратная совместимость
802.11a	54 Мбит/с	5 ГГц	Нет
802.11b	11 Мбит/с	2,4 ГГц	Нет
802.11g	54 Мбит/с	2,4 ГГц	802.11b
802.11n	от 150 Мбит/с до 600 Мбит/с	2,4 ГГц или 5 ГГц	802.11b/g
802.11ac	от 450 Мбит/с до 1,3 Гбит/с (1300 Мбит/с)	2,4 ГГц или 5,5 ГГц	802.11b/g/n
802.11ad	7 Гбит/с (7000 Мбит/с)	2,4 ГГц, 5 ГГц и 60 ГГц	802.11b/g/n/ac

## 3.3 Протоколы канального уровня

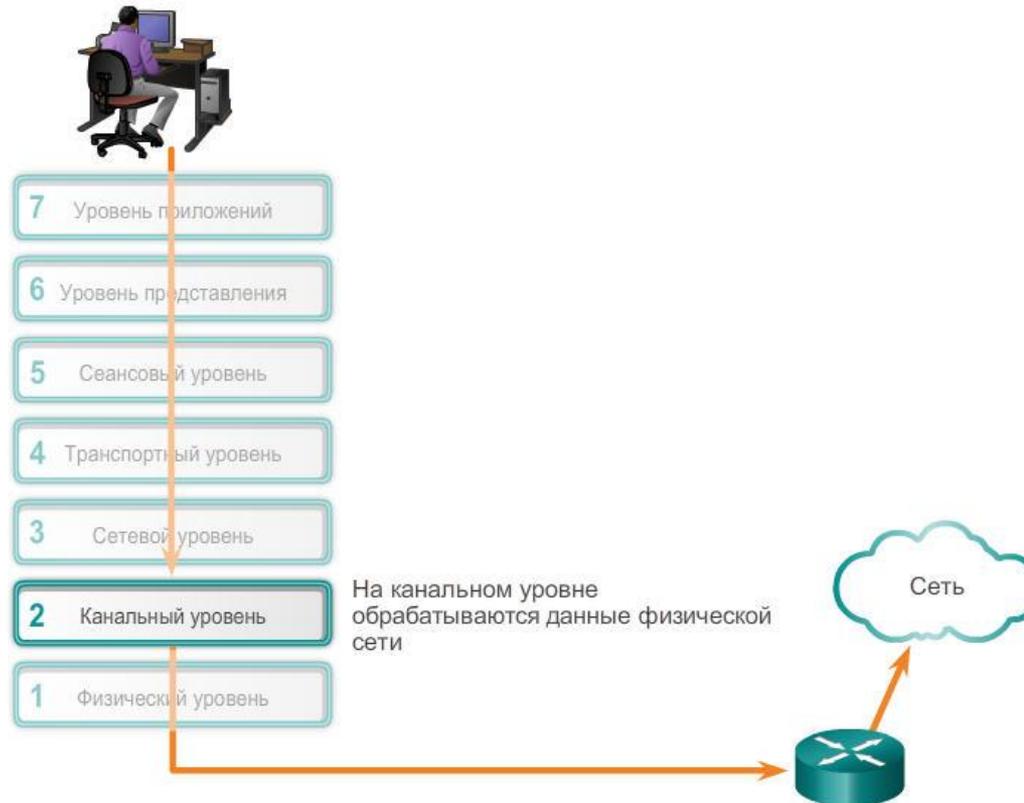




# Канальный уровень

Канальный уровень обеспечивает или две базовых функции:

- принимает пакеты уровня 3 и объединяет их в блоки данных, которые называются кадрами;
- контролирует управление доступом к среде и выполняет обнаружение ошибок.





## Назначение канального уровня

# Подуровни канального уровня

Сеть			
Канал передачи данных	Подуровень LLC		
	Подуровень MAC	802.3 Ethernet	802.11 Wi-Fi
Физический		802.15 Bluetooth	

определяет программные процессы, предоставляющие службы протоколам сетевого уровня. Он помещает в кадр информацию, которая определяет, какой протокол сетевого уровня используется для данного кадра.

выполняется аппаратным обеспечением. Выполняет адресацию на канальном уровне и разделение данных в соответствии с физическими требованиями к сигнализации, а также тип используемого протокола канального уровня.



# Назначение канального уровня

## Управление доступом к среде передачи данных

Протоколы канальных уровней регламентируют методы форматирования кадра для его последующего использования на другом средстве передачи данных.

Для разных сред могут использоваться различные протоколы.



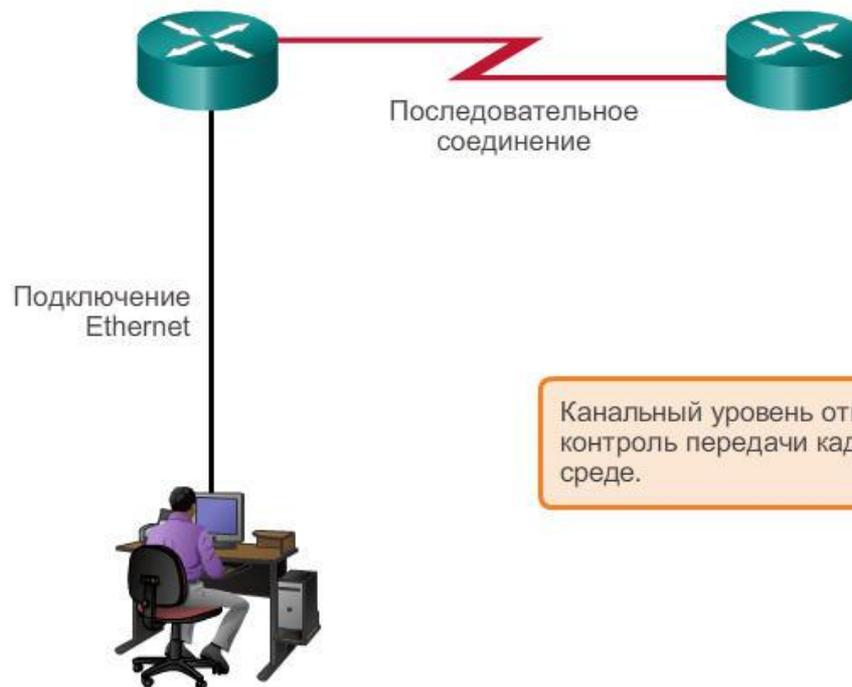


## Назначение канального уровня

# Предоставление доступа к среде передачи данных

Для доступа к каждому каналу используется подходящий способ контроля доступа к среде передачи. На каждом переходе по пути маршрутизатор:

- принимает кадр от передающей среды;
- деинкапсулирует кадр;
- повторно инкапсулирует пакет в новый кадр;
- передаёт новый кадр, который соответствует среде данного сегмента физической сети.



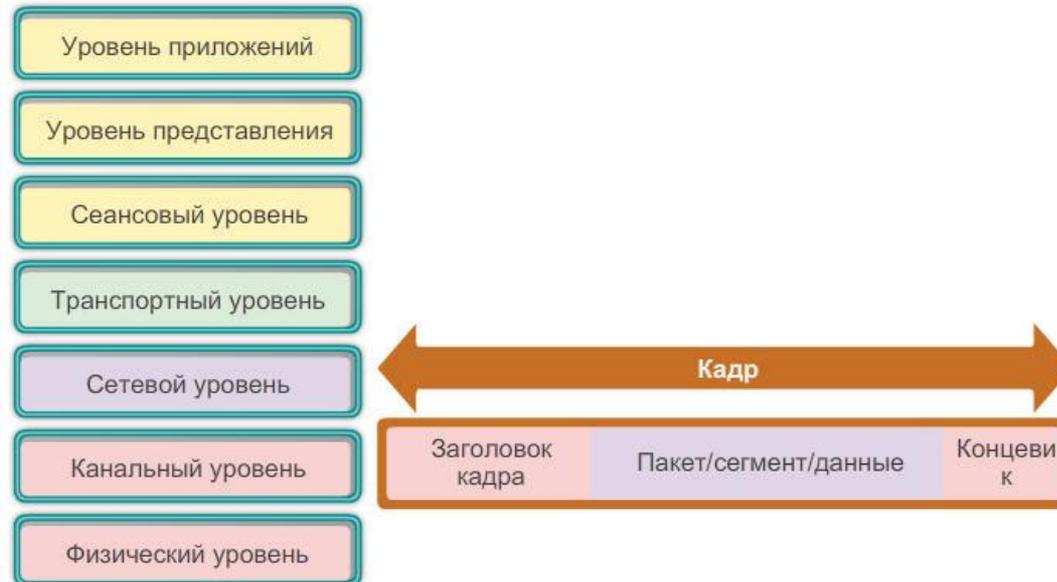


## Канальный уровень

# Структура кадра 2-го уровня

Кадр канального уровня состоит из следующих элементов:

- **Заголовок:** содержит контрольную информацию (например, адресация) и расположен в начале протокольного блока данных.
- **Данные:** содержит заголовок IP, заголовок транспортного уровня и данные.
- **Концевик:** содержит контрольную информацию для выявления ошибок, которая добавлена в конце протокольного блока данных.





## Структура кадра 2-го уровня

# Создание кадра

**Флаги начала и конца кадра:** используются подуровнем MAC для определения границ начала и конца кадра.

**Адресация:** используется подуровнем MAC для определения узлов источника и назначения.

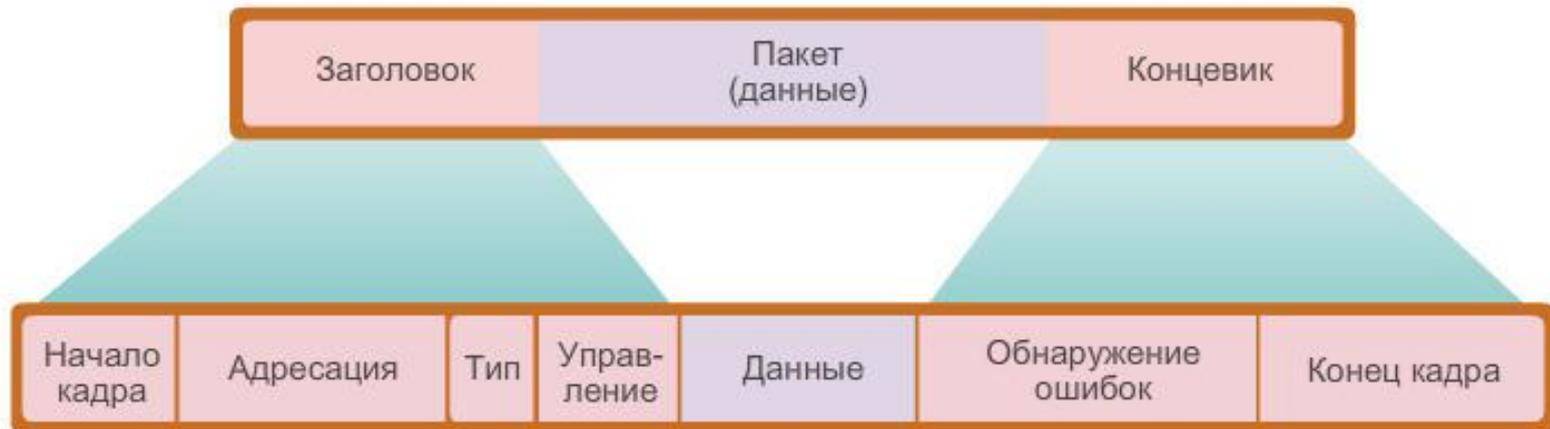
**Тип:** используется управлением логического канала для определения протокола уровня 3.

**Управление:** определяет специальные службы управления потоком.

**Данные:** содержит полезную нагрузку кадра (т. е. заголовок пакета, заголовок сегмента и данные).

**Обнаружение ошибок:** размещается после данных для создания концевика. Эти поля кадра используются для обнаружения ошибок.

Не каждый протокол содержит все эти поля. Стандарты для конкретного канального протокола определяют фактический формат кадра.





## Канальный уровень

# Стандарты 2-го уровня

Службы канального уровня и спецификации определены многочисленными стандартами на основе различных технологий и средств передачи данных, к которым применяются протоколы. Некоторые из этих стандартов сочетают в себе службы уровней 2 и 1.

Канальный уровень	Подуровень LLC	Ethernet	IEEE 802.2				
	Подуровень MAC		IEEE 802.3 (Ethernet)	IEEE 802.3u (FastEthernet)	IEEE 802.3z (GigabitEthernet)	IEEE 802.3z (GigabitEthernet через Copper)	Token Ring/iEEE 802.6
Физический уровень	Физический уровень					FDDI	
Уровни OSI		Спецификация LAN					



## Стандарты 2-го уровня

# Стандарты канального уровня

Организация по стандартизации	Сетевые стандарты
<p><b>IEEE</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 802.2: Протокол управления логической связью (LLC)</li> <li>• 802.3: Ethernet</li> <li>• 802.4: Маркерная шина</li> <li>• 802.5: Передача маркера</li> <li>• 802.11: Беспроводные локальные сети (WLAN) и Mesh (сертификация Wi-Fi)</li> <li>• 802.15: Bluetooth</li> <li>• 802.16: Технология WiMax</li> </ul>
<p><b>ITU-T</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• G.992. ADSL</li> <li>• G.8100—G.8199. Аспекты сети MPLS over Transport</li> <li>• Q.921. ISDN</li> <li>• Q.922. Технология Frame Relay</li> </ul>
<p><b>ISO</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HDLC (высокоуровневый протокол управления каналом передачи данных)</li> <li>• ISO 9314. Управление доступом к распределённому интерфейсу передачи данных по оптоволоконным каналам (FDDI)</li> </ul>
<p><b>ANSI</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• X3T9.5 и X3T12. Распределённый интерфейс передачи данных по оптоволоконным каналам (FDDI)</li> </ul>

## 3.4 Управление доступом к среде передачи данных





# Топологии Управление доступом к среде передачи данных

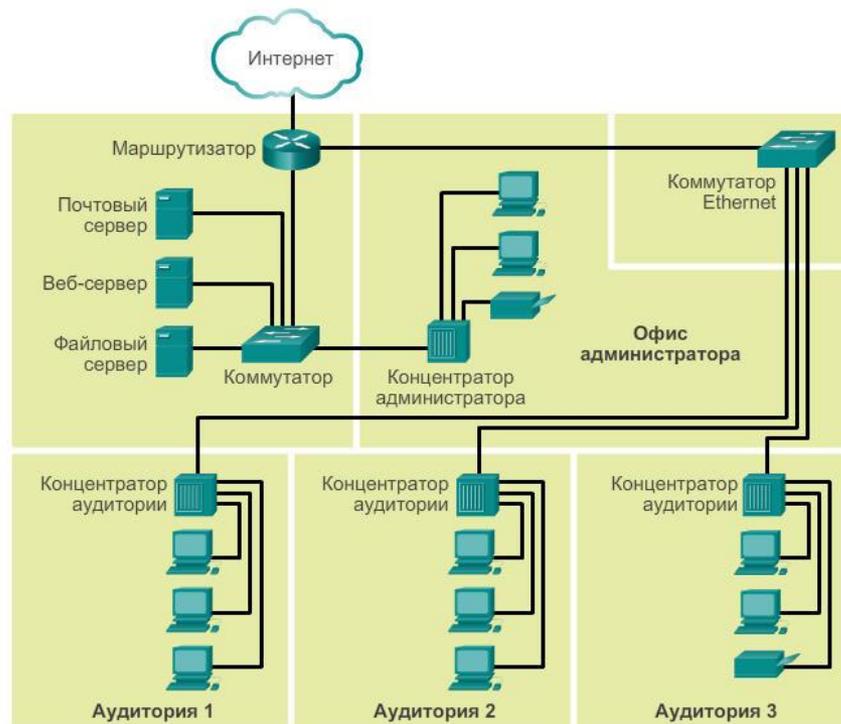
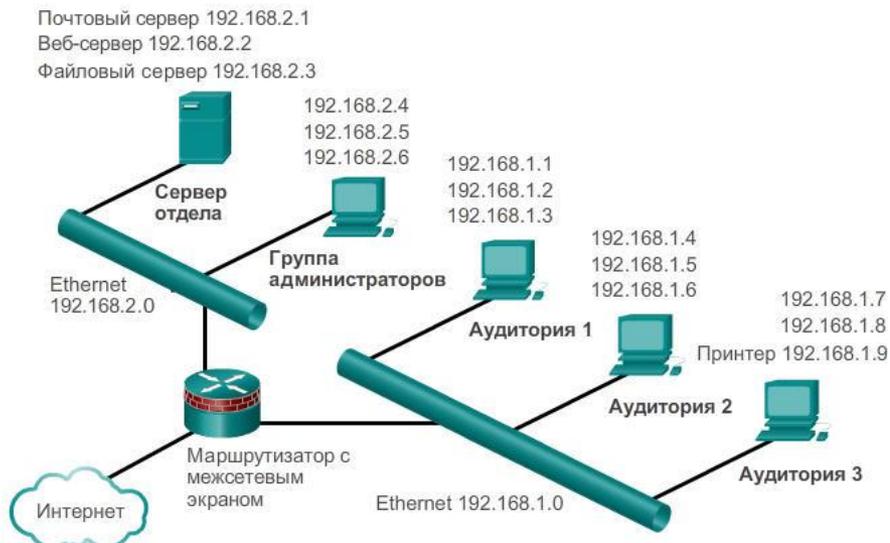




## Топологии

# Физические и логические топологии

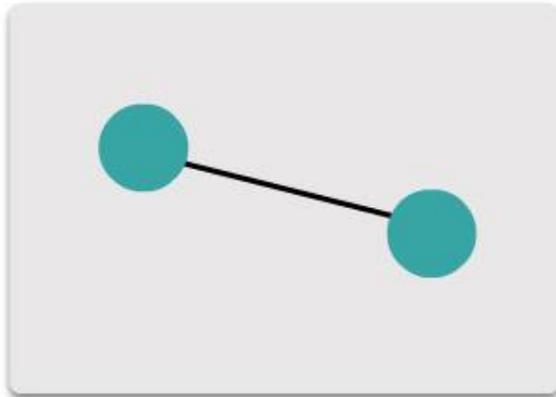
При контроле доступа данных к сети канальный уровень «просматривает» логическую топологию сети. Термин, используемый для обозначения способа передачи кадров от одного узла к следующему. Именно логическая топология влияет на тип сетевой синхронизации и используемое средство управления доступом к среде.



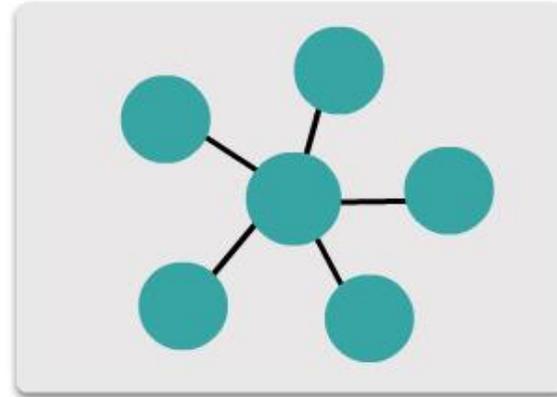


## Топологии глобальной сети WAN

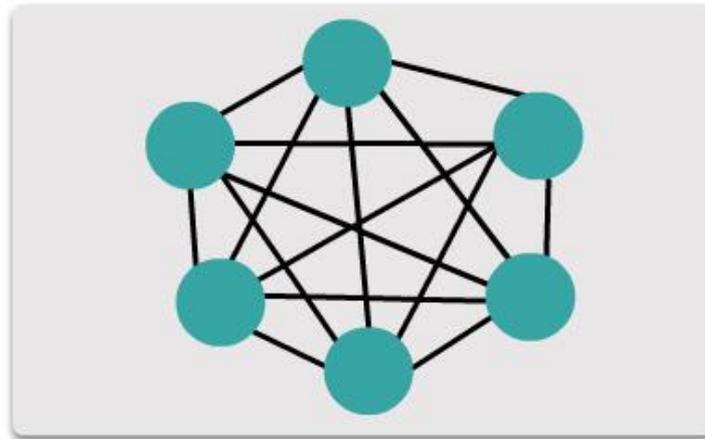
# Стандартные физические топологии глобальной сети WAN



Двухточечная топология («точка-точка»)



Топология hub-and-spoke (звезда)



Полносвязная (mesh) топология



## Топологии глобальной сети WAN

# Физическая топология «точка-точка»

**Физическая топология** отображает схему соединения сетевых элементов кабелями связи.





## Топологии глобальной сети WAN

# Логическая топология «точка-точка»

**Логическая топология** сети определяет, как узлы общаются через среду, т. е. как обеспечивается *управление доступом* к среде





## Топологии глобальной сети WAN

# Полудуплексная и полнодуплексная передача данных

В двухточечных сетях данные передаются одним из двух следующих способов:

### Полудуплексная передача



### Полнодуплексная передача

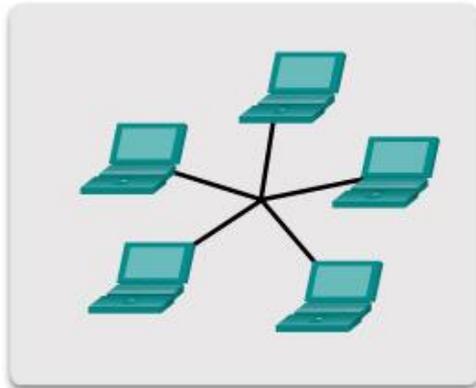




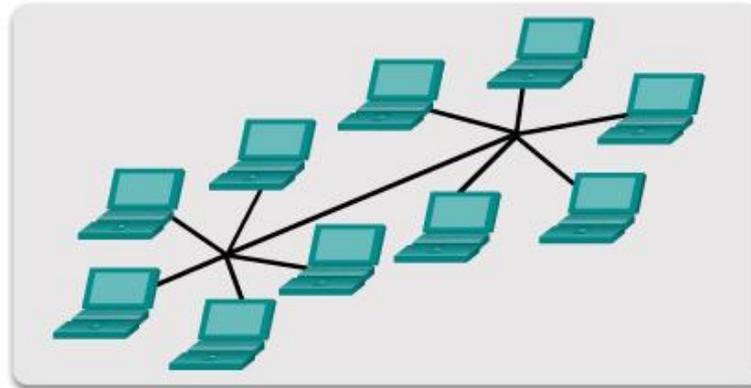
## Топологии локальной сети LAN

# Физические топологии локальной сети LAN

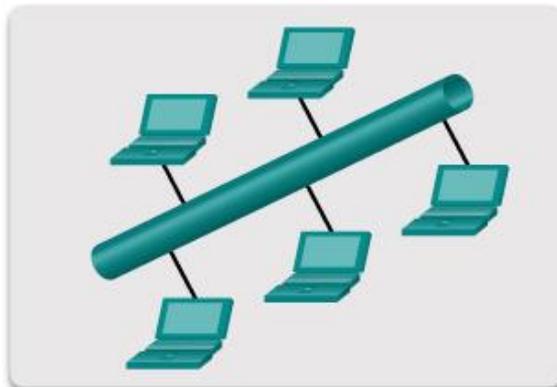
### Физические топологии



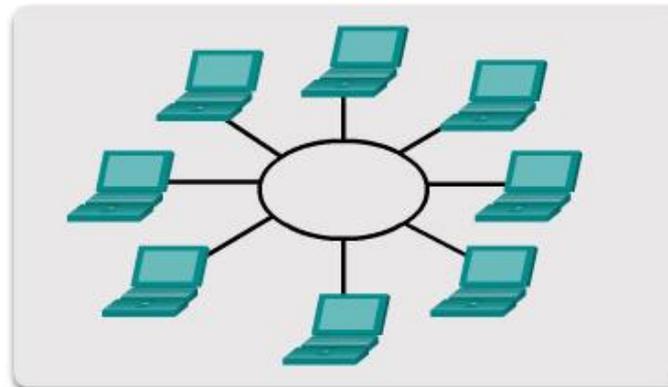
Типология типа «звезда»



Расширенная топология типа «звезда»



Топология шины

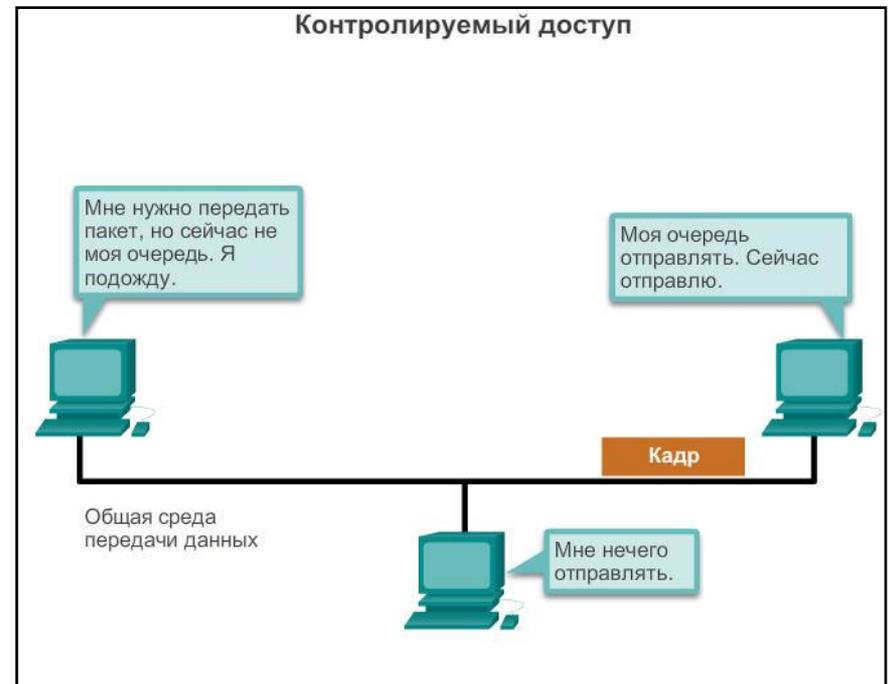
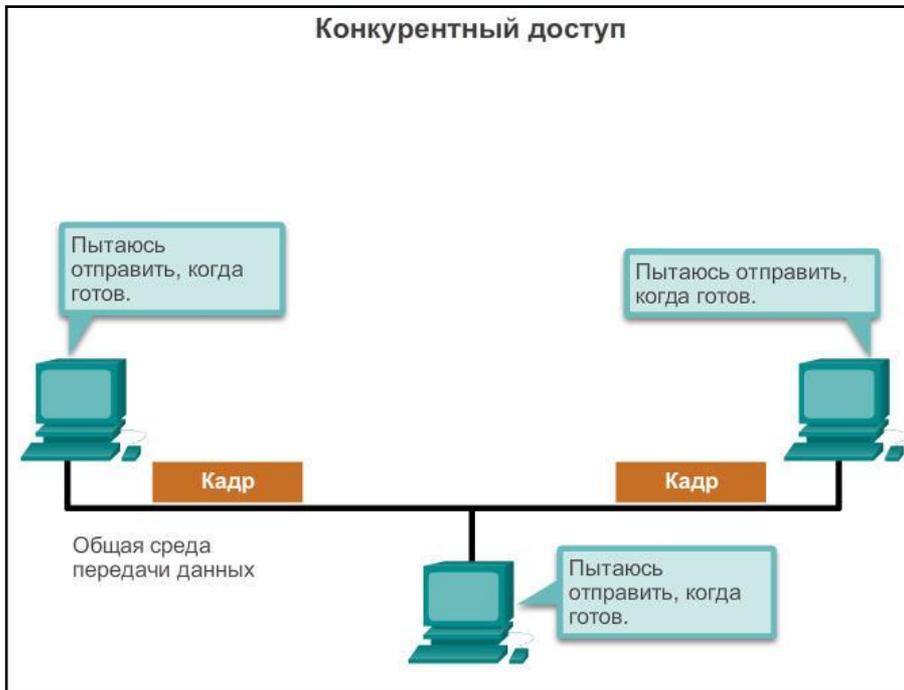


Кольцевая топология

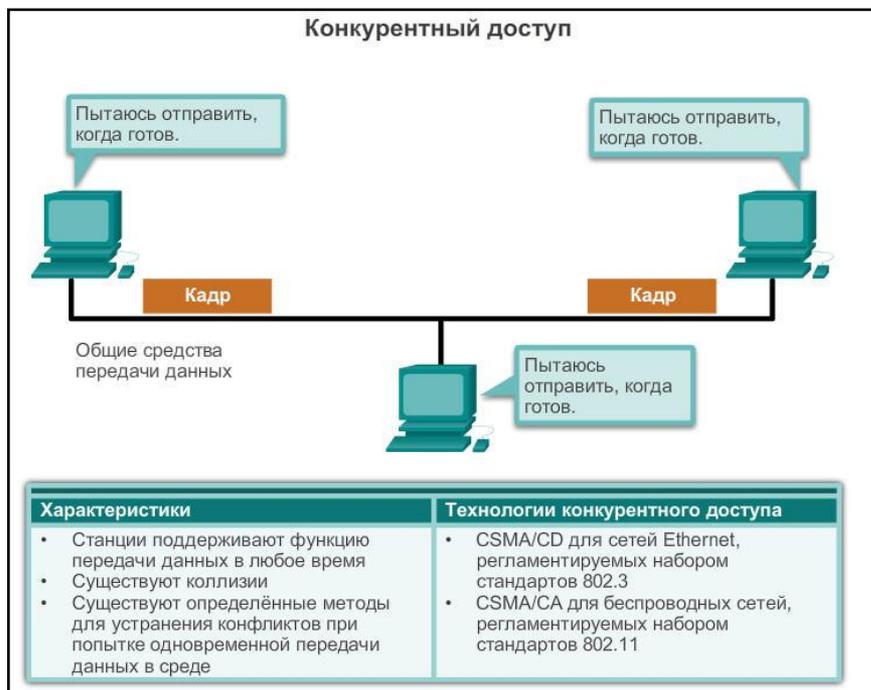


## Топологии локальной сети LAN

# Логическая топология для совместно используемых сред передачи данных



# Ассоциативный (недетерминированный) доступ CSMA



## Характеристики

- Станции поддерживают функцию передачи данных в любое время
- Существует коллизия
- При передаче данных в среде для устранения конфликтов действуют определённые механизмы

## Технологии доступа на основе конкуренции

- CSMA/CD для сетей Ethernet, регламентируемых набором стандартов 802.3
- CSMA/CA для беспроводных сетей, регламентируемых набором стандартов 802.11



# Ассоциативный (недетерминированный) доступ

К двум наиболее широко распространённым методам CSMA относятся следующие.

**Множественный доступ с контролем несущей и обнаружением коллизий (CSMA/CD):** оконечное устройство отслеживает сигнал данных в среде. Если сигнал данных не найден, и, следовательно, среда свободна, то устройство передаёт данные. Если позже обнаруживаются сигналы о том, что в то же время передачу данных осуществляло другое устройство, передача данных на всех устройствах прерывается и переносится на другое время. Этот метод используется традиционными формами сетей Ethernet.

**Множественный доступ с контролем несущей и предотвращением коллизий (CSMA/CA):** оконечное устройство изучает сигнал данных в среде. Если среда не загружена, данное устройство отправляет по среде уведомление о намерении использовать её для передачи данных. Устройство посылает данные после того, как среда будет признана незагруженной. Этот способ используется беспроводными сетевыми технологиями стандарта 802.11.



# Контролируемый (детерминированный) доступ



## Характеристики

- Выполнять передачу может только одна станция в конкретный момент времени
- Устройства, планирующие выполнить передачу данных, должны дождаться своей очереди
- Коллизий нет
- Может использоваться метод передачи маркера

## Технологии контролируемого доступа

- Маркерное кольцо (IEEE 802.5)
- Распределённый интерфейс передачи данных по оптоволоконным каналам (FDDI)



## Кадр канала

# Заголовок

Заголовок кадра содержит управляющую информацию, определяемую протоколом канального уровня для используемой логической топологии и среды передачи данных.

Управляющая информация кадра уникальна для каждого типа протокола. Она используется протоколом уровня 2 и предоставляет функциональные возможности, требуемые коммуникационной средой.



**Начало кадра** ✕

Это поле сообщает другим устройствам в сети, что по среде поставляется кадр.

**Адрес** ✕

В этом поле сохраняются канальные адреса источника и назначения.

**Тип/длина** ✕

Это поле не обязательно и используется некоторыми протоколами для указания типа передаваемых данных или, возможно, длину кадра.

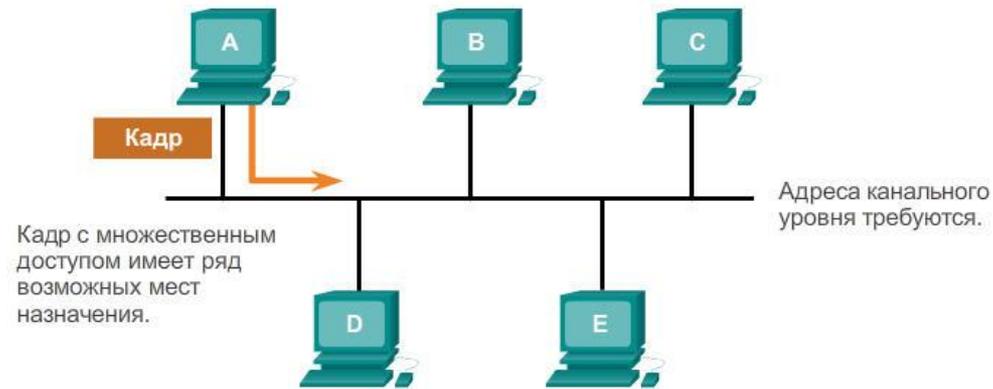


## Кадр канала

# Адрес 2-го уровня

Канальный уровень предоставляет адресацию, которая используется во время передачи кадра по совместно используемой локальной среде передачи данных. Адреса устройств на этом уровне называются физическими адресами. Адресация канального уровня содержится в заголовке кадра и указывает узел назначения кадра в локальной сети. Заголовка кадра также может содержать адрес источника кадра.

Логическая топология с множественным доступом



Логическая топология «точка-точка»



У кадра «точка-точка» только 1 адресат.



# Кадр канала

## Концевик



### Контрольная последовательность кадра

Это поле используется для проверки ошибок. Источник рассчитывает CRC-код на основе данных кадра и размещает его в поле «FCS». Затем в пункте назначения повторно рассчитывается CRC-код, чтобы определить, совпадают ли последовательности FCS. Если они не совпадают, хост адресата удаляет кадр.

### Конец кадра

Это поле, которое также называют концевиком кадра, является необязательным и используется в том случае, если не определена длина кадра в поле «Тип/длина». Оно отображает конец кадра при передаче.



# Протокол Ethernet



Cisco | Networking Academy®  
Mind Wide Open™



## Принцип работы Ethernet

# Подуровни LLC и MAC

### Ethernet —

- наиболее широко распространённая технология сети LAN
- Функционирует на канальном и физическом уровнях
- Семейство сетевых технологий, которые регламентируются стандартами IEEE 802.2 и 802.3
- Поддерживает пропускную способность 10, 100, 1000, 10 000, 40 000 и 100 000 Мбит/с (100 Гбит/с)

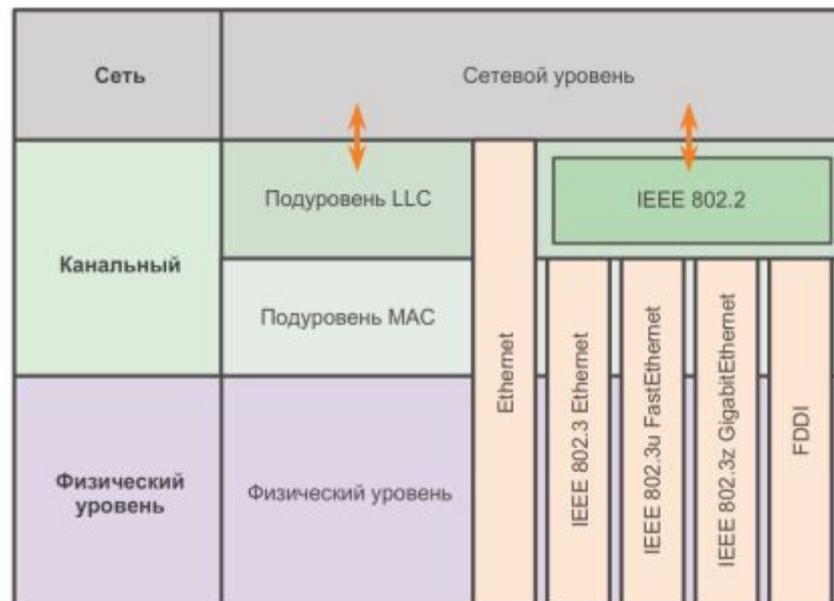
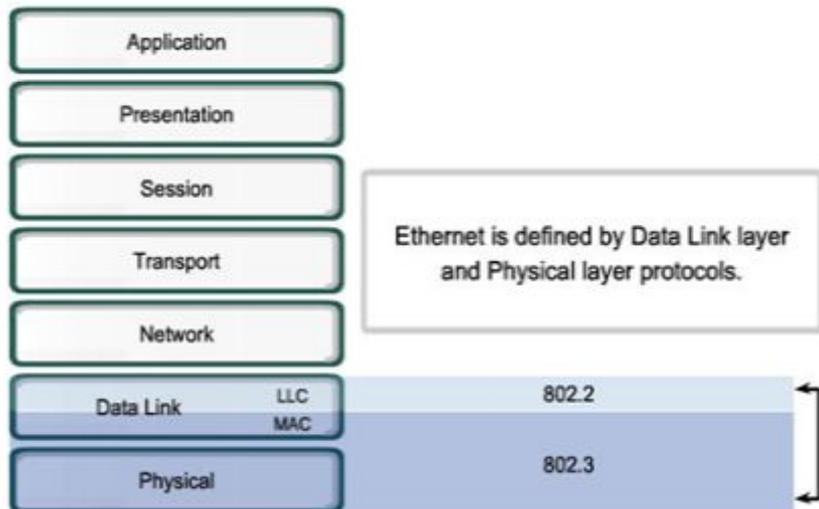
### Стандарты Ethernet —

- определяют протоколы 2-го уровня и технологии 1-го уровня
- Работа с двумя отдельными подуровнями в канальном уровне — протокол управления логической связью (LLC) и подуровнем MAC



# Принцип работы Ethernet

## Подуровни LLC и MAC





# Принцип работы Ethernet

## Подуровни LLC и MAC

### LLC

- Управляет обменом данными между верхним и нижним уровнями
- Берёт данные сетевого протокола и добавляет контрольные данные, которые позволяют упростить процесс доставки пакета в место назначения
- LLC реализован в программном обеспечении (драйвера сетевой карты)

### MAC-адрес

- Образует нижний подуровень канального уровня
- Реализуется посредством аппаратного обеспечения, обычно сетевым адаптером компьютера
- Две основные задачи подуровня MAC:
  - инкапсуляция данных (Разделение кадра, Адресация, Обнаружение ошибок);
  - управление доступом к среде передачи данных.



# Принцип работы Ethernet

## Подуровень MAC

**Инкапсуляция данных**

- Разделение кадра
- Адресация
- Обнаружение ошибок

**Управление доступом к среде передачи данных**

- Управление процессом размещения кадров внутри и вне среды передачи данных
- Восстановление среды передачи данных

Канальный уровень	Подуровень управления логическим каналом								
	Управление доступом к среде передачи данных группы 802.3								
Физический уровень	Физический подуровень передачи сигналов								
	Физическая среда передачи данных	10BASE-5 (500m) 50 Ohm Coax N-Style	10BASE-2 (185m) 50 Ohm Coax BNC	10BASE-T (100m) 100 Ohm UTP RJ-45	100BASE-TX (100m) 100 Ohm UTP RJ-45	1000BASE-CX (25m) 150 Ohm STP mini-DB-9	1000BASE-T (100m) 100 Ohm UTP RJ-45	1000BASE-ST (220-550m) MM Fiber SC	1000BASE-LX (550-5000m) MM or SM Fiber SC



## Принцип работы Ethernet

# Подуровень МАС

## Инкапсуляция данных

- Сборка кадра перед передачей и разборка кадра после его получения
- Уровень МАС-адреса добавляет заголовок и концевик в протокольный блок данных сетевого уровня

## Выполняет три основные функции:

- *разграничивание кадра*: определяет группу бит, составляющих кадр, выполняет синхронизацию передающих узлов с принимающими;
- *адресация*: все заголовки Ethernet, добавленные в кадр, содержат физический адрес (МАС-адрес), который обеспечивает возможность доставки кадра на узел назначения;
- *обнаружение ошибок*: все кадры Ethernet содержат концевик с циклическим избыточным кодом (CRC) содержимого кадра.



## Принцип работы Ethernet

# Подуровень MAC

### Управление доступом к среде передачи данных

- Отвечает за размещение кадров в среде передачи данных и их удаление из неё.
- Осуществляет обмен данными непосредственно с физическим уровнем.
- Если устройства, подключённые к каналу передачи данных, пытаются передать данные одновременно, произойдет коллизия, которая приведёт к искажению данных и сделает их непригодными к использованию.
- Ethernet предоставляет метод контроля совместного доступа узлов, использующий технологию множественного доступа с контролем несущей (CSMA).



## Physical Media - Characteristics

### Ethernet Media

	10BASE-T	100BASE-TX	100BASE-FX	1000BASE-CX	1000BASE-T	1000BASE-SX	1000BASE-LX	1000BASE-ZX	10GBASE-ZR
<b>Media</b>	EIA/TIA Category 3, 4, 5 UTP, two pair	EIA/TIA Category 3, 4, 5 UTP, two pair	50/62.5 $\mu$ m multi mode fiber	STP	EIA/TIA Category 3, 4, 5 UTP, four pair	62.5/50 micron multimode fiber	50/62.5 micron multimode fiber or 9 micron single mode fiber	9 $\mu$ m single mode fiber	9 $\mu$ m single mode fiber
<b>Maximum Segment Length</b>	100m (328 feet)	100m (328 feet)	2 km (6562 ft)	25 m (82 feet)	100 m (328 feet)	Up to 550 m (1,804 ft) depending on fiber used	550 m (MMF) 10 km (SMF)	Approx. 70 km	Up to 80 km
<b>Topology</b>	Star	Star	Star	Star	Star	Star	Star	Star	Star
<b>Connector</b>	ISO 8877 (RJ-45)	ISO 8877 (RJ-45)		ISO 8877 (RJ-45)	ISO 8877 (RJ-45)				



## Принцип работы Ethernet

# MAC-адрес: Ethernet-личность

- MAC-адрес Ethernet 2-го уровня представляет собой 48-битное двоичное значение, выраженное как 12 шестнадцатеричных цифр.
- IEEE требует от производителя соблюдения следующих двух простых правил.
  - В качестве трёх первых байт необходимо использовать назначенный поставщику идентификатор производителя оборудования (OUI).
  - Для всех MAC-адресов с одинаковым идентификатором производителя оборудования (OUI) необходимо устанавливать уникальные значения в последних трёх байтах.

Структура MAC-адресов Ethernet





## Принцип работы Ethernet

# Обработка кадров

- MAC-адреса назначаются рабочим станциям, серверам, принтерам, коммутаторам и маршрутизаторам
- Пример MAC-адреса: 00-05-9A-3C-78-00, 00:05:9A:3C:78:00 или 0005.9A3C.7800.
- Сообщение, переадресованное сети Ethernet, присоединяет данные заголовка к пакету и содержит исходный и конечный MAC-адрес назначения.
- Каждый сетевой адаптер просматривает данные, чтобы определить, совпадает ли конечный MAC-адрес назначения в кадре с физическим MAC-адресом устройства, сохранённым в ОЗУ.
- При отсутствии совпадения устройство отбрасывает кадр.
- При наличии совпадения с конечным MAC-адресом назначения кадра сетевой адаптер передаёт кадр вверх по уровням OSI, где происходит процесс декапсуляции.



## Атрибуты кадра Ethernet

# Инкапсуляция Ethernet

- Скорость ранних версий Ethernet была относительно низкой, всего 10 Мбит/с.
- В настоящее время она составляет 40 Гбит в секунду и выше.
- Структура кадра Ethernet добавляет заголовки и концевики вокруг PDU 3-го уровня для инкапсуляции отправляемого сообщения.

Существуют два стиля формирования кадров Ethernet:

- стандарт Ethernet IEEE 802.3, который несколько раз обновлялся в соответствии с новыми технологиями;
- стандарт Ethernet DIX, который теперь называется Ethernet II.

Различия между стилями формирования кадров минимальны. Наиболее существенным различием между этими двумя стандартами является добавление в стандарте 802.3 начала разделителя кадра (SFD) и изменение поля «Тип» на поле «Длина».

Ethernet II — это формат кадра Ethernet, используемый в сетях TCP/IP.



# Атрибуты кадра Ethernet

## Инкапсуляция Ethernet

Размер поля в байтах

IEEE 802.3						
7	1	6	6	2	46—1500	4
Преамбула	Начало разделителя кадра	Адрес назначения	Адрес источника	Длина	Заголовок и данные стандарта 802.2	Контрольная последовательность кадра

Ethernet II					
8	6	6	2	46—1500	4
Преамбула	Адрес назначения	Адрес источника	Тип	Данные	Контрольная последовательность кадра

Ethernet II — это формат кадра Ethernet, используемый в сетях TCP/IP.



## Атрибуты кадра Ethernet

### Размер кадра Ethernet

- Стандарты Ethernet II и IEEE 802.3 определяют минимальный размер кадра как 64 байт, а максимальный — как 1518 байт.
- Кадры длиной менее 64 байт считаются «фрагментами коллизии» или «карликовыми кадрами».
- Если размер переданного кадра не достигает минимального значения или превышает максимальное, принимающее устройство отбрасывает кадр.
- На физическом уровне различные версии стандарта Ethernet различаются используемыми методами обнаружения и размещения данных в среде передачи данных.

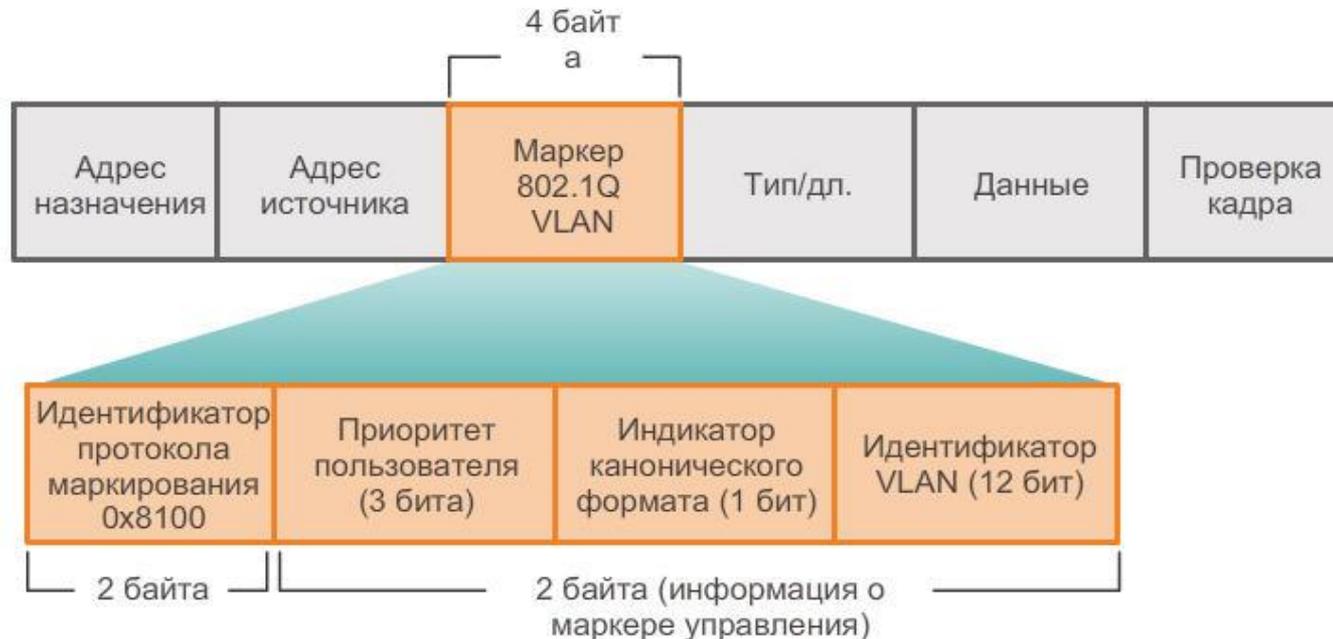


# Атрибуты кадра Ethernet

## Размер кадра Ethernet

На рисунке показаны поля, составляющие метку виртуальной локальной сети (VLAN) стандарта 802.1Q

Дополнительные 4 байта позволяют использовать технологии QoS и VLAN





## Атрибуты кадра Ethernet

# Введение в кадр Ethernet

IEEE 802.3

7	1	6	6	2	46—1500	4
Преамбула	Начало разделителя кадра	Адрес назначения	Адрес источника	Длина	Заголовок и данные стандарта 802.2	Контрольная последовательность кадра

### Поля «Преамбула» и «Начало разделителя кадра»

Используются для синхронизации отправляющих устройств с принимающими

### Поле «Длина/тип»

Определяет точную длину поля данных кадра и описывает применяемый протокол

### Поля «Данные» и «Заполнение»

Содержат инкапсулированные данные с более высокого уровня, пакет IPv4

Если значение поля «**Длина/тип**» равно или превышает шестнадцатеричный формат 0x0600 или десятичное число 1536, то содержимое поля «Данные» декодируется в соответствии с указанным протоколом EtherType. Если же значение равно или менее шестнадцатеричного формата 0x05DC или десятичного числа 1500, то поле «Длина» позволяет обозначить использование формата кадра IEEE 802.3.



## Атрибуты кадра Ethernet

# Введение в кадр Ethernet

### IEEE 802.3

7	1	6	6	2	46—1500	4
Преамбула	Начало разделителя кадра	Адрес назначения	Адрес источника	Длина	Заголовок и данные стандарта 802.2	Контрольная последовательность кадра

## Поле «Контрольная последовательность кадра»

Используется для обнаружения ошибок в кадрах с циклическим избыточным кодом (4 байта); если расчёты для источника и принимающего устройства совпадают, ошибки не возникают.



## Ethernet MAC

# MAC-адреса и шестнадцатеричные значения

### Шестнадцатеричная система исчисления

Десятичные и двоичные эквиваленты 0 до шестнадцатеричного F

Десятичные	Двоичные	Шестнадцатеричные
0	0000	0
1	0001	1
2	0010	2
3	0011	3
4	0100	4
5	0101	5
6	0110	6
7	0111	7
8	1000	8
9	1001	9
10	1010	A
11	1011	B
12	1100	C
13	1101	D
14	1110	E
15	1111	F

### Шестнадцатеричная система исчисления

Выбранные десятичные, двоичные и шестнадцатеричные эквиваленты

Десятичные	Двоичные	Шестнадцатеричные
0	0000 0000	00
1	0000 0001	01
2	0000 0010	02
3	0000 0011	03
4	0000 0100	04
5	0000 0101	05
6	0000 0110	06
7	0000 0111	07
8	0000 1000	08
10	0000 1010	0A
15	0000 1111	0F
16	0001 0000	10
32	0010 0000	20
64	0100 0000	40
128	1000 0000	80
192	1100 0000	C0
202	1100 1010	CA
240	1111 0000	F0
255	1111 1111	FF



## Ethernet MAC

# Представление MAC-адресов

С тире 00-60-2F-3A-07-BC
С двоеточиями 00:60:2F:3A:07:BC
С точками 0060.2F3A.07BC

```
C:\>ipconfig/all
```

```
Ethernet adapter Local Area Connection:
```

```

Connection-specific DNS Suffix . : example.com
Description . . . . . : Intel(R) Gigabit Network Connection
Physical Address. . . . . : 00-21-CC-BA-44-C4
DHCP Enabled. . . . . : Yes
Autoconfiguration Enabled . . . . : Yes
IPv4 Address. . . . . : 192.168.1.67 (Preferred)
Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.0
Lease Obtained. . . . . : Monday, November 26, 2012 12:14:48 PM
Lease Expires . . . . . : Saturday, December 01, 2012 12:15:02 AM
Default Gateway . . . . . : 192.168.1.254
DHCP Server . . . . . : 192.168.1.254
DNS Servers . . . . . : 192.168.1.254

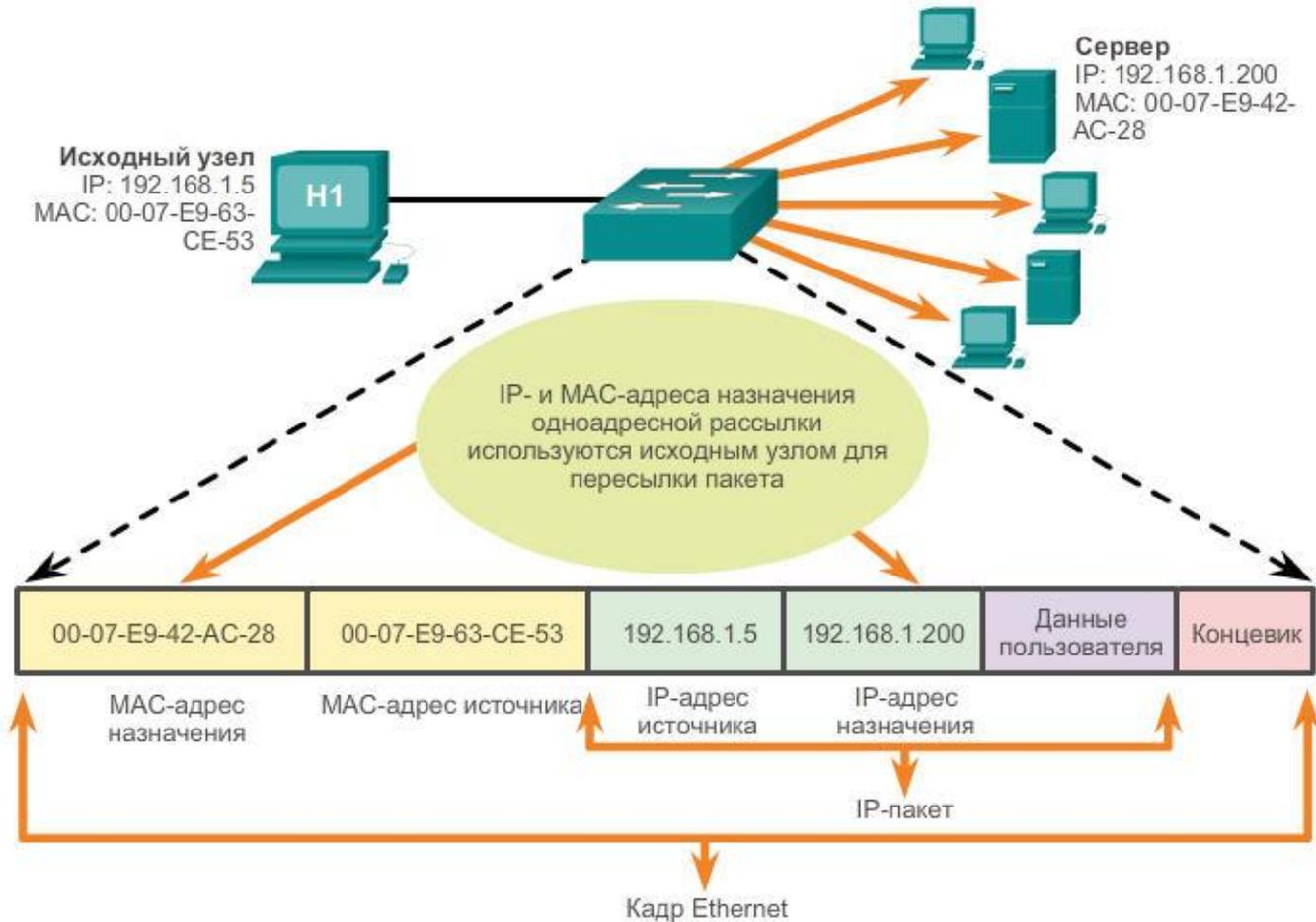
```



# Ethernet MAC

## Индивидуальный MAC-адрес

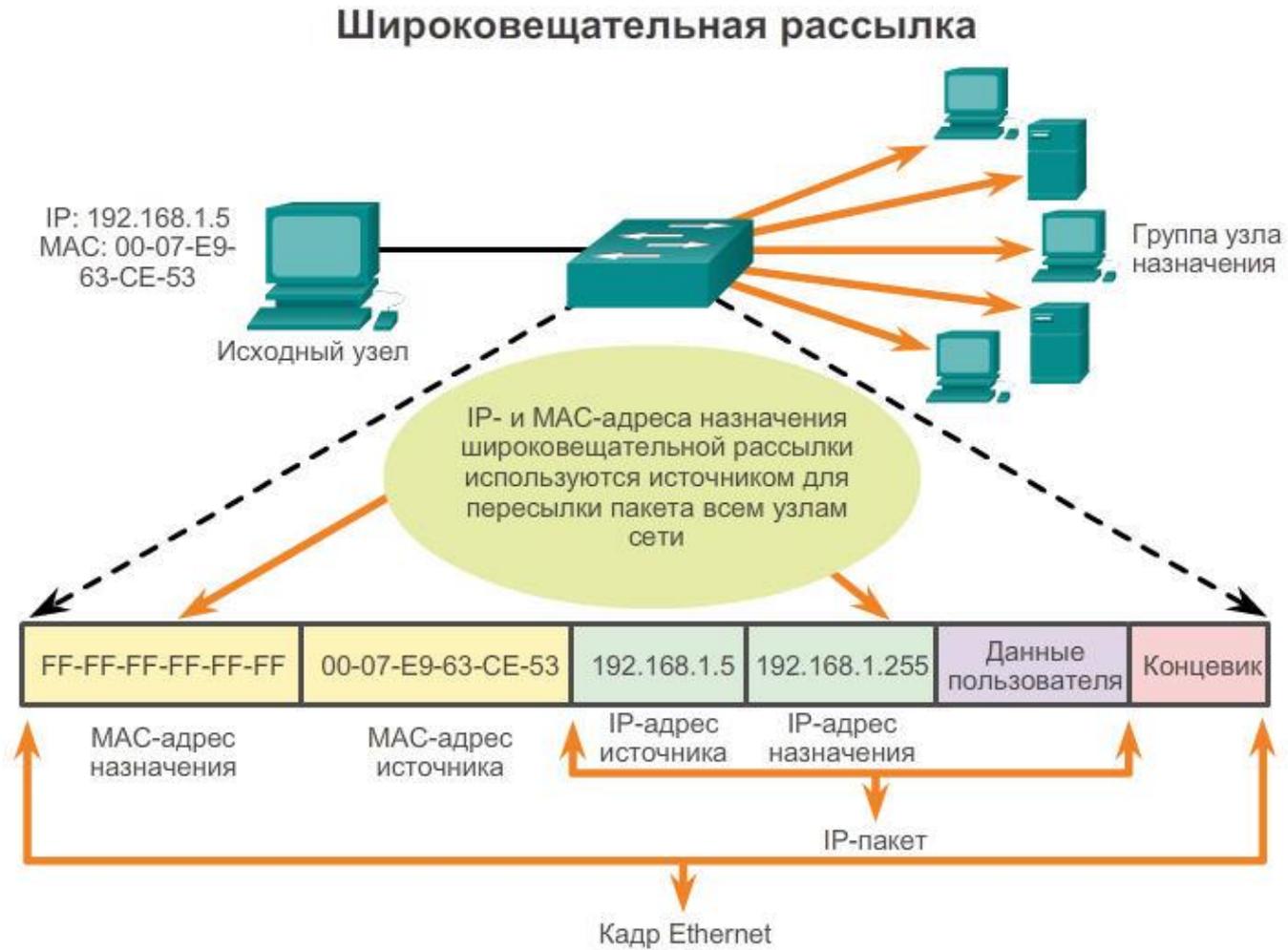
### Одноадресная рассылка





# Ethernet MAC

## MAC-адрес широковещательной рассылки





# Ethernet MAC

## MAC-адрес многоадресной рассылки

Многоадресная рассылка



**MAC-адрес многоадресной рассылки представляет собой специальное значение, которое начинается с 01-00-5E. Остальная часть MAC-адреса создаётся путем преобразования нижних 23 бит IP-адреса группы многоадресной рассылки в 6 шестнадцатеричных символов**

**Диапазон IPv4-адресов для многоадресной рассылки — от 224.0.0.0 до 239.255.255.255.**



MAC-адрес и IP-адрес

# MAC-адрес и IP-адрес

## MAC-адрес

- Этот адрес остаётся неизменным.
- Аналогичен имени человека.
- Известен также как физический адрес, поскольку физически назначается главному сетевому адаптеру.

## IP-адрес

- Аналогичен адресу человека.
- Учитывает физическое местонахождение узла.
- Известен как логический адрес, поскольку назначается логически.
- Назначается сетевым администратором каждому узлу.

Как физический MAC-адрес, так и логический IP-адрес требуются компьютеру для обмена данными в иерархической сети точно так же, как для отправки письма требуется имя и адрес человека.



## Ethernet MAC

# Сквозное подключение, MAC- и IP-адрес

MAC-адрес назначения BB:BB:BB:BB:BB:BB	MAC-адрес источника AA:AA:AA:AA:AA:AA	IP-адрес источника 10.0.0.1	IP-адрес назначения 192.168.1.5	Данные	Концевик
MAC-адрес назначения BB:BB:BB:BB:BB:BB	MAC-адрес источника AA:AA:AA:AA:AA:AA	IP-адрес источника 10.0.0.1	IP-адрес назначения 192.168.1.5	Данные	Концевик

Маршрутизатор анализирует IP-адреса.

В каждом канале на своём пути IP-пакет инкапсулируется в кадр в зависимости от используемой технологии канала передачи данных, которая связана с этим каналом, например, технологии Ethernet.

Оконечные устройства в сети Ethernet не принимают и не обрабатывают кадры на основе IP-адресов — вместо этого кадр принимается и обрабатывается на основе MAC-адресов.



# Ethernet MAC

# Сквозное подключение, MAC- и IP-адрес

## Канальный уровень

Протоколы канальных уровней регламентируют методы форматирования кадра для его последующего использования на другом средстве передачи данных.

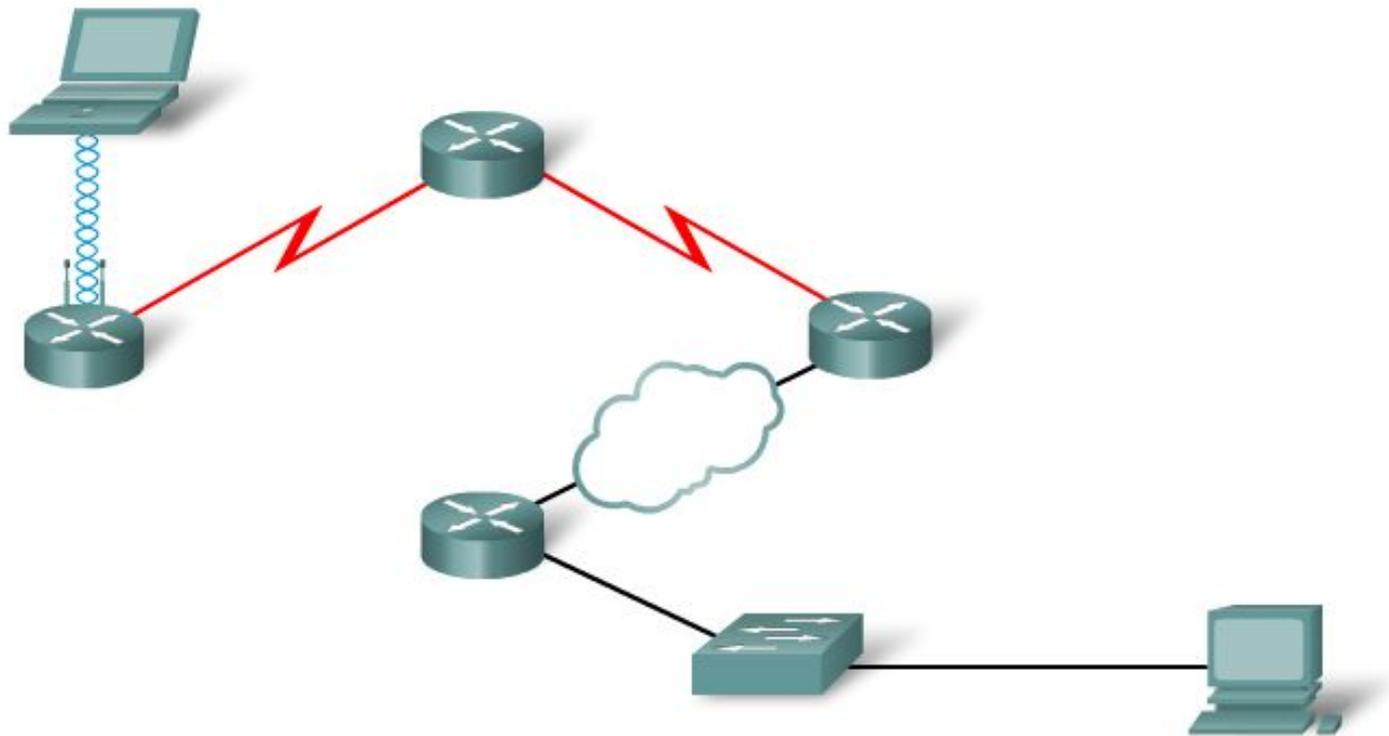
Для разных сред могут использоваться различные протоколы.



На каждом переходе маршрута промежуточное устройство принимает кадры из одной передающей среды, декапсулирует кадры и затем пересылает содержащиеся в них пакеты в новых кадрах. Заголовки каждого кадра формируются с учётом конкретной передающей среды, по которой он пересылается.



# Кадр канала Кадры сетей LAN и WAN





# Кадр канала

## Кадр Ethernet

### Протокол Ethernet

Распространённый протокол канального уровня для локальной сети

		Кадр					
Имя поля		Преамбула	Назначение	Источник	Тип	Данные	Контроль-ная последовательность кадра
Размер		8 байт	6 байт	6 байт	2 байта	от 46 до 1500 байт	4 байта

**Преамбула** — используется для синхронизации; также содержит разделитель, отмечающий конец информации о временных параметрах

**Адрес назначения** — 48-битный MAC-адрес узла назначения

**Адрес источника** — 48-битный MAC-адрес узла источника

**Тип** — значение, указывающее, какой протокол верхнего уровня получит данные после завершения процесса Ethernet

**Данные или полезная нагрузка** — протокольный блок данных, как правило, пакет IPv4, который предназначен для передачи по среде.

**Контрольная последовательность кадра (FCS)** — значение, используемое для поиска повреждённых кадров



## Кадр канала

# Кадр протокола «точка-точка»

### Протокол PPP (протокол «точка-точка»)

Распространённый протокол канального уровня для глобальных сетей

		Кадр					
Имя поля		Флаг	Адрес	Управление	Протокол	Данные	Контрольная последовательность кадра (FCS)
Размер		1 байт	1 байт	1 байт	2 байта	переменная	2 или 4 байта

**Флаг** — один байт, который указывает начало и конец кадра. Поле флага состоит из двоичной последовательности 01111110.

**Адрес** — один байт, который содержит стандартный адрес широковещательной рассылки PPP. PPP не назначает отдельные адреса станции.

**Управление** — один байт, содержащий двоичную последовательность 00000011, которая требует передачи пользовательских данных в непоследовательном кадре.

**Протокол** — два байта, которые идентифицируют протокол, инкапсулированный в поле данных кадра. Последние значения поля протокола определены в последнем документе установленных номеров (RFC).

**Данные** — ноль или несколько байт, содержащие дейтаграмму по протоколу, указанному в поле протокола.

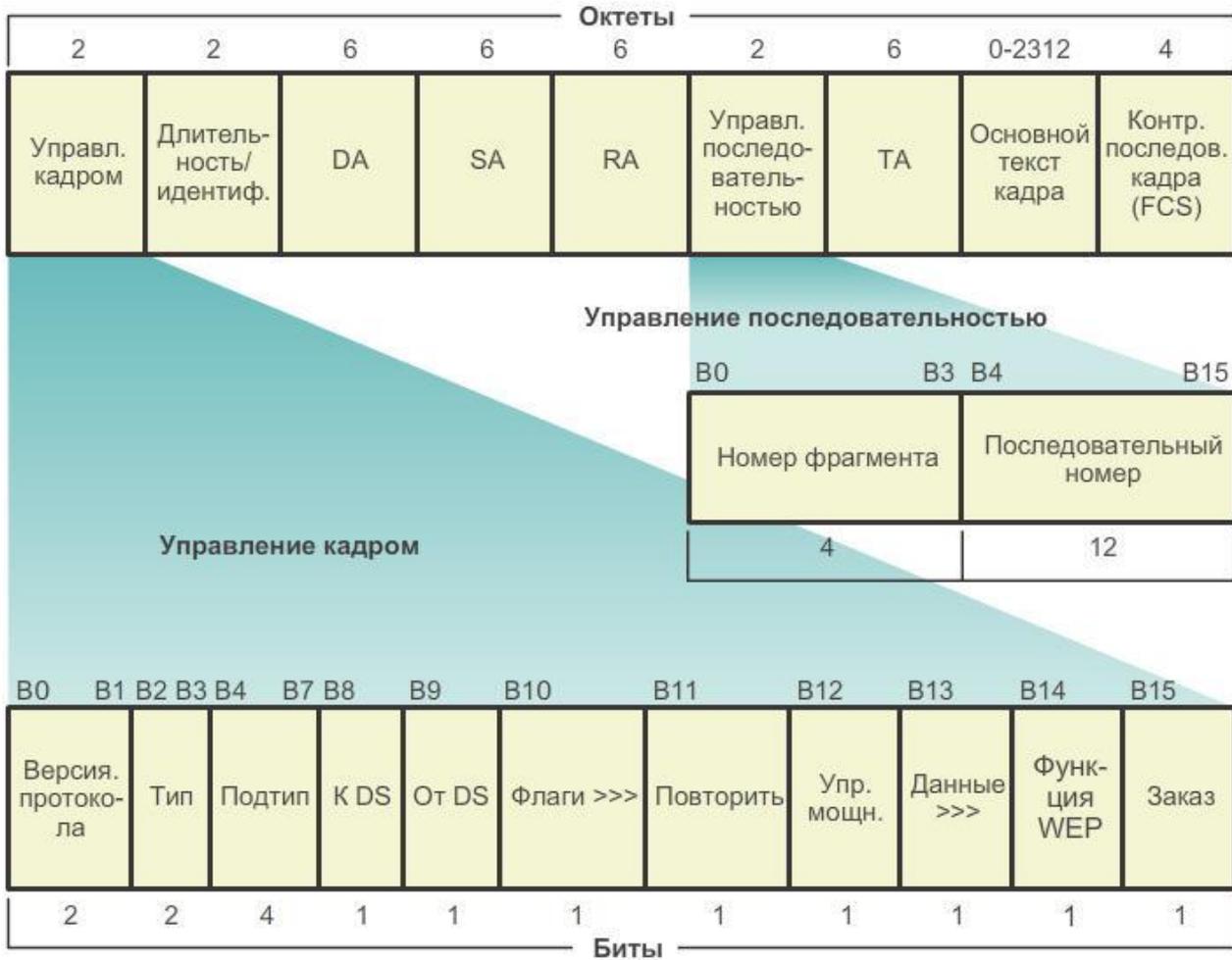
**Контрольная последовательность кадра (FCS)** — как правило, 16 битов (2 байта). Согласно прежнему соглашению внедрения PPP могут использовать 32-битную версию (4 байта) контрольной последовательности кадра для эффективного обнаружения ошибок.



# Кадр канала

# Кадр беспроводной сети 802.11

Протокол беспроводной локальной сети 802.11





## Кадр канала

# Кадр беспроводной сети 802.11

**Поле версии протокола:** используемая версия кадра 802.11

**Поля типа и подтипа:** определяет одну из трёх функций и подфункций кадра — контроль, данные и управление

**В распределительную систему:** поставьте единицу для групп кадров, адресованных для системы распределения (устройствами в беспроводной структуре)

**От системы распределения:** поставьте единицу для групп кадров, покидающих распределительную систему

**Больше фрагментов:** поставьте единицу для кадров, которые имеют дополнительный фрагмент

**Поле повторной попытки:** поставьте единицу, если кадр является повторной передачей предыдущего кадра

**Поле управления энергопотреблением:** поставьте единицу, чтобы показать, что узел находится в режиме энергосбережения.

**Поле больше данных:** поставьте единицу, чтобы показать узлу в режиме энергосбережения, что для этого узла предназначено больше кадров.

**Поле протокола шифрования беспроводной связи (WEP):** поставьте единицу, если кадр содержит информацию, зашифрованную в целях безопасности.

**Поле порядка:** поставьте единицу в кадре данных, который использует строго упорядоченные данные (не требуется изменять порядок)

**Поле продолжительности/идентификатора:** в зависимости от типа кадра приводится либо время в микросекундах, необходимых для передачи кадра, либо идентификатор связи для станции, которая передала кадр

**Поле адреса назначения:** MAC-адрес целевого узла в сети

**Поле адреса источника:** MAC-адрес узла отправителя

**Поле адреса получателя:** MAC-адрес, который идентифицирует беспроводное устройство, являющееся получателем кадра

**Поле номера фрагмента:** отображает номер для каждого фрагмента кадра

**Поле номера последовательности:** отображает номер последовательности, присвоенный кадру. Повторно передаваемые кадры определяются двойными последовательными номерами

**Поле адреса передатчика:** MAC-адрес, который идентифицирует беспроводное устройство, передающее кадр

**Поле основного текста кадра:** содержит информацию для передачи. Для кадров данных это IP-пакет

**Поле FCS:** содержит 32-разрядный циклический избыточный код (CRC-код) кадра



Сетевой доступ

# Заключение

- Протоколы физического уровня
- Среда передачи данных
- Протоколы канального уровня
- Управление доступом к среде передачи данных

# Cisco | Networking Academy<sup>®</sup>

Mind Wide Open<sup>™</sup>