



МОСКОВСКИЙ  
АВИАЦИОННЫЙ  
ИНСТИТУТ

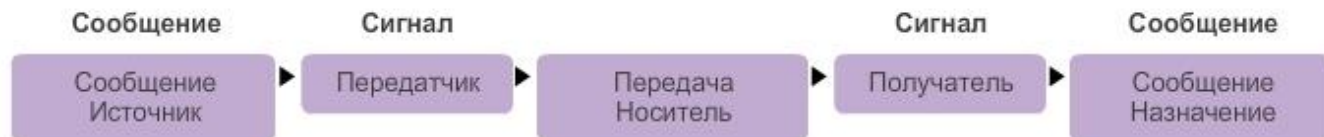
НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# Протоколы и модели



## Введение в сетевые технологии

# Основы обмена данными



Сети могут различаться по размеру и сложности. Недостаточно иметь соединение, устройства должны договориться о том, «как» общаться. Существует три элемента для любого общения:

Там будет источник (отправитель).

Там будет пункт назначения (получатель).

Там будет канал (среда передачи данных), который предусматривает путь связи.



# Установление правил

Протоколы отвечают следующим требованиям:

- Известные отправитель и получатель
- Общепринятые язык и грамматика
- Скорость и время доставки
- Требования к утверждению или подтверждению

# Требования к сетевому протоколу

Общие компьютерные протоколы должны быть согласованы и включать в себя следующие требования:

- Кодирование сообщений
- Форматирование и инкапсуляция сообщений
- Размер сообщений
- Синхронизация сообщений
- Варианты доставки сообщений

# Кодирование и декодирование сообщения



- **Кодирование** — это процесс преобразования информации в форму, приемлемую для последующей передачи.
- **Декодирование** — обратный процесс, в результате которого информация преобразуется в исходный вид.

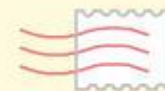
# Форматирование и инкапсуляция сообщений

- При отправке сообщения необходимо использовать определенный формат или структуру.
- Формат зависит от типа сообщения и канала доставки.

Например, личные письма содержат следующие элементы:

- идентификатор получателя;
- обращение или приветствие;
- содержимое;
- заключительная фраза;
- идентификатор отправителя.

Отправитель  
4085 SE Pine Street  
Ocala, Florida 34471



Получатель  
1400 Main Street  
Canton, Ohio 44203



Правила

## Размер сообщения

Ограничения на размер кадров заставляют узел-источник делить длинные сообщения на части, соответствующие требованиям к минимальному и максимальному размеру.

Этот метод называется сегментированием.

Каждый сегмент инкапсулируется с информацией об адресе в отдельный кадр и затем передается по сети.

Узел-адресат распаковывает сообщения и собирает их вместе для обработки и интерпретации.

# Синхронизация сообщения

- **Метод доступа** определяет, когда конкретный человек сможет отправить сообщение. Если два человека начинают говорить одновременно, происходит информационная коллизия, и обоим приходится начинать сначала. Когда несколько устройств одновременно посылают трафик, сообщения становятся поврежденными, происходит «коллизия».
- **Управление потоком** позволяет узлу-источнику и узлу назначения согласовать время для успешной связи. Управляет скоростью передачи данных и определяет, сколько информации может быть отправлено, и скорость, с которой она может быть доставлена. Если один человек говорит слишком быстро, другому сложно расслышать и понять сообщение.
- **Тайм-аут ответа** - управляет временем ожидания устройства, когда оно не слышит ответа от места назначения. Если человек задает вопрос и не получает ответа за приемлемое время, он предполагает, что ответа не будет.



# Параметры доставки сообщений

Доставка сообщений может осуществляться одним из следующих способов:

**Unicast (Одноадресная передача)** — подключение «один к одному».

**Multicast (Многоадресная передача)** — «от одного до многих», как правило, не всем.

**Broadcast (Широковещательная передача)** — «один для всех».

**Примечание.** Широковещательная передача используется в сетях IPv4, но не используется для IPv6. Позже мы также увидим «Anycast» как дополнительный вариант доставки для IPv6.



# Эталонная модель взаимодействия открытых систем (OSI)

## Модель OSI



Содержит протоколы для обмена данными между процессами

Обеспечивает общее представление данных, передаваемых между службами уровня приложений.

Передаёт сервисы на уровень представления и управляет обменом данными.

Сегментация, передача и сборка сообщения из отдельных передач

Предоставляет функции для обмена отдельными частями данных по сети

Предоставляет способы обмена кадрами данных между устройствами по общей среде передачи данных.

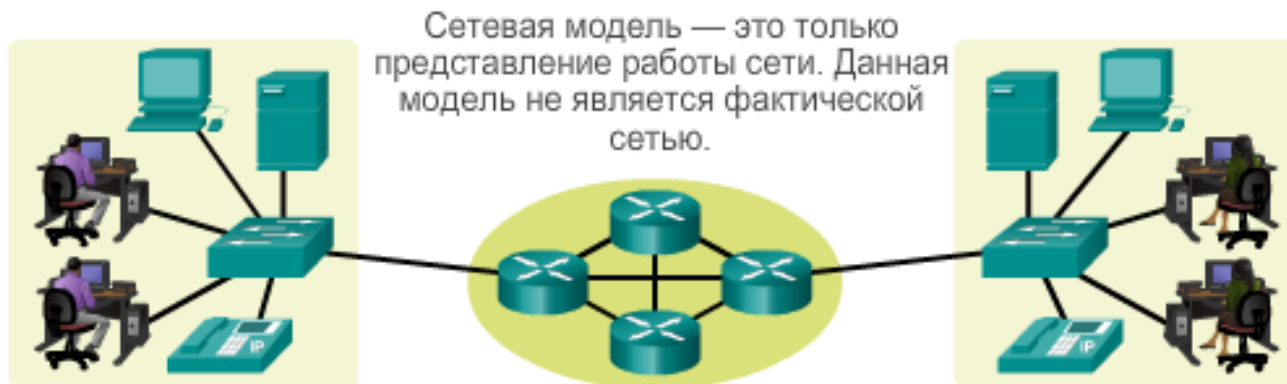
Описывает средства активации, обслуживания и деактивации физических подключений.

# Ссылочная модель TCP/IP

## Модель TCP/IP



# Сравнение моделей OSI и TCP/IP



Модель OSI	Набор протоколов TCP/IP	Модель TCP/IP
Уровень приложений	HTTP, DNS, DHCP, FTP	Уровень приложений
Уровень представления		
Сеансовый уровень		
Транспортный уровень	TCP, UDP	Транспортный уровень
Сетевой уровень	IPv4, IPv6, ICMPv4, ICMPv6	Межсетевой уровень
Канальный уровень	PPP, Frame Relay, Ethernet	Уровень сетевого доступа
Физический уровень		

# Обмен сообщениями

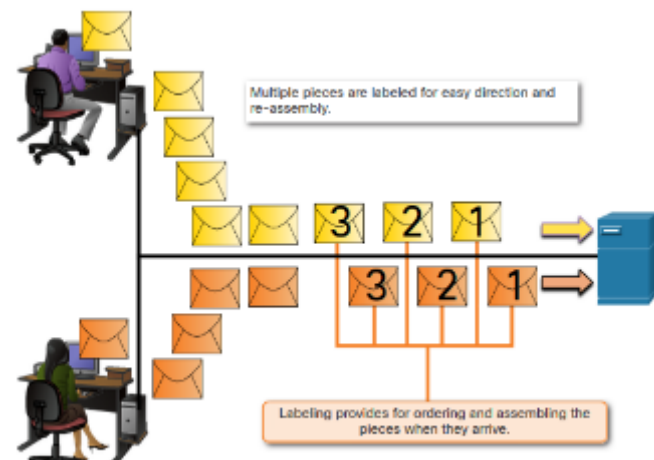
**Сегментирование** — это процесс разбиения сообщений на более мелкие единицы.

**Мультиплексирование** - это процессы принятия нескольких потоков сегментированных данных и их чередования вместе.

Сегментация сообщения предоставляет два основных преимущества:

- **Повышает скорость** — большие объемы данных могут быть отправлены по сети без привязки канала связи.
- **Повышает эффективность** - только те сегменты, которые не достигают цели, должны быть переданы повторно, а не весь поток данных.

**Последовательность сообщений** — это процесс нумерации сегментов, так что сообщение может быть собрано повторно в месте назначения.

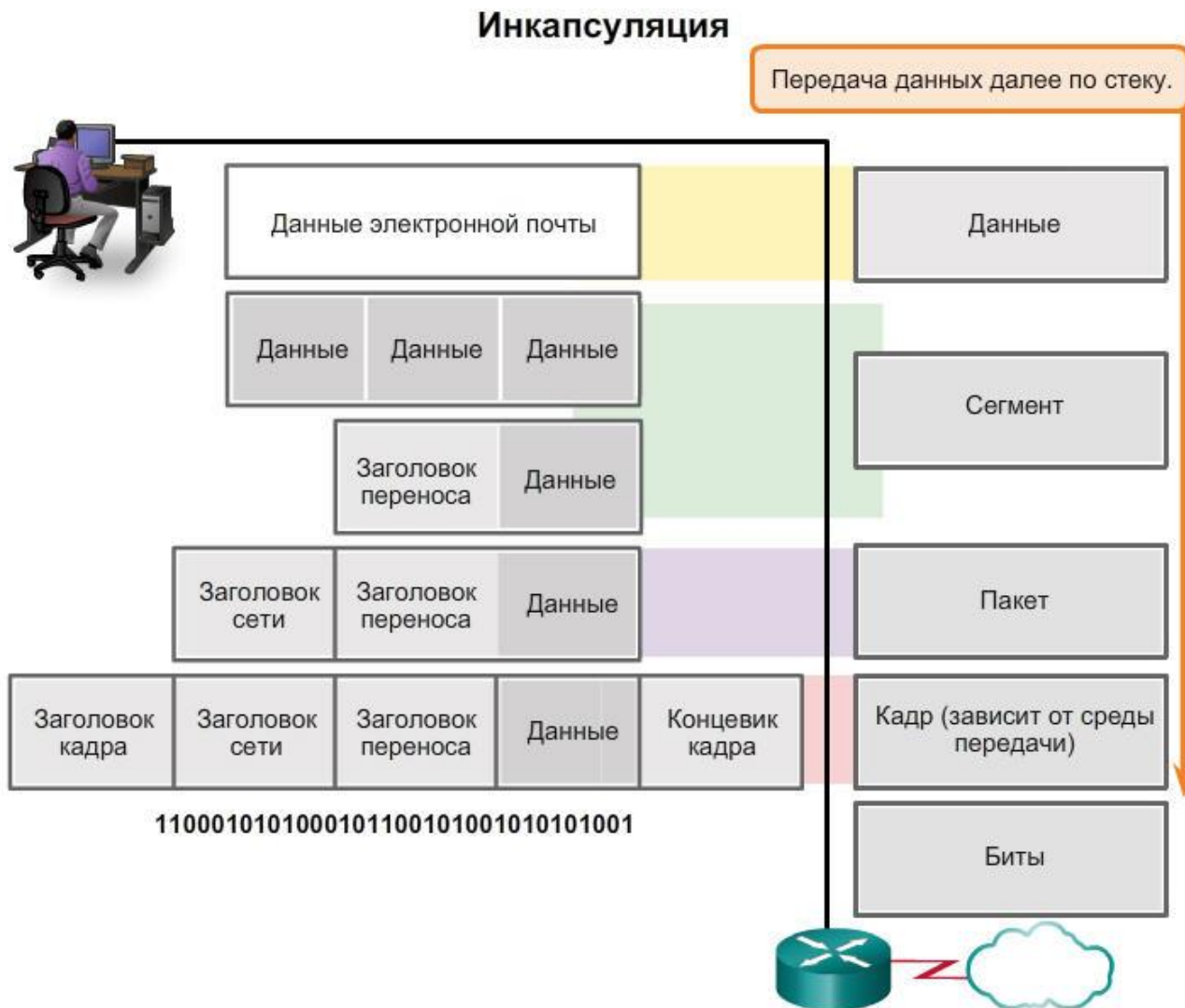


# Протокольные блоки данных (PDU)

## Инкапсуляция —

это процесс, в котором протоколы добавляют информацию к данным.

- Данные
- Сегмент
- Пакет
- Кадр
- Биты

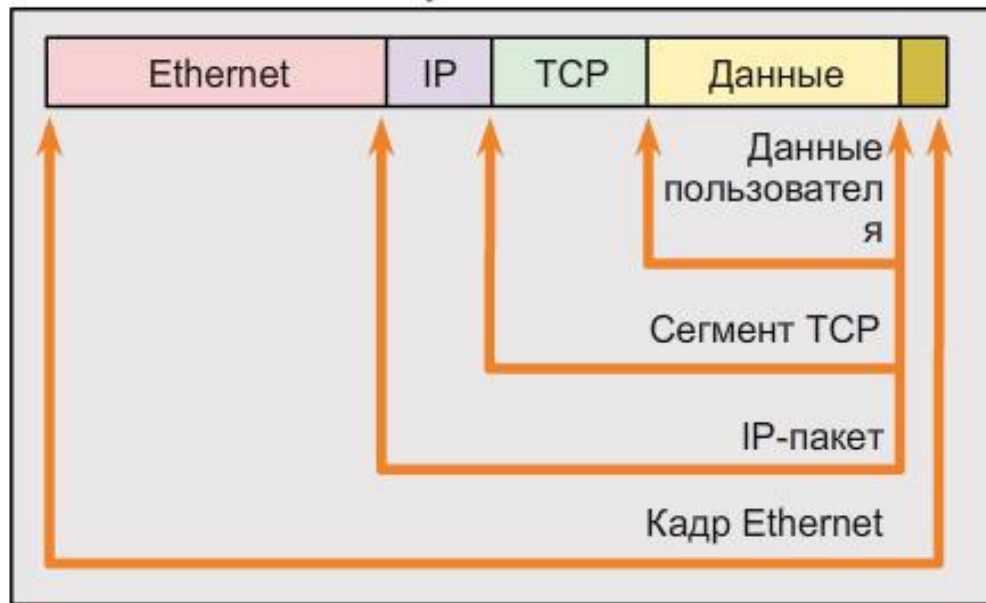




# Инкапсуляция данных

## Инкапсуляция

Термины, описывающие инкапсуляцию протоколов



Веб-сервер

Данные

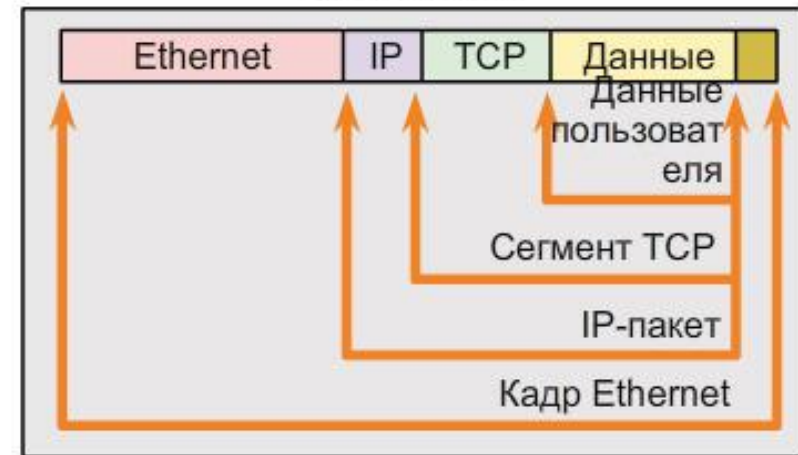
Веб-клиент



# Инкапсуляция данных Декапсуляция

- Данные деинкапсулируются по мере перемещения вверх по стеку.
- Когда уровень завершает свой процесс, он удаляет свой заголовок и передает его на следующий уровень для обработки.

Термины, описывающие инкапсуляцию протоколов







Доступ к данным

# Сетевые адреса и адреса канала

- Сетевой адрес

- IP-адрес источника — IP-адрес устройства-отправителя, изначального источника пакета

- IP-адрес назначения — IP-адрес устройства-получателя, конечного места назначения пакета

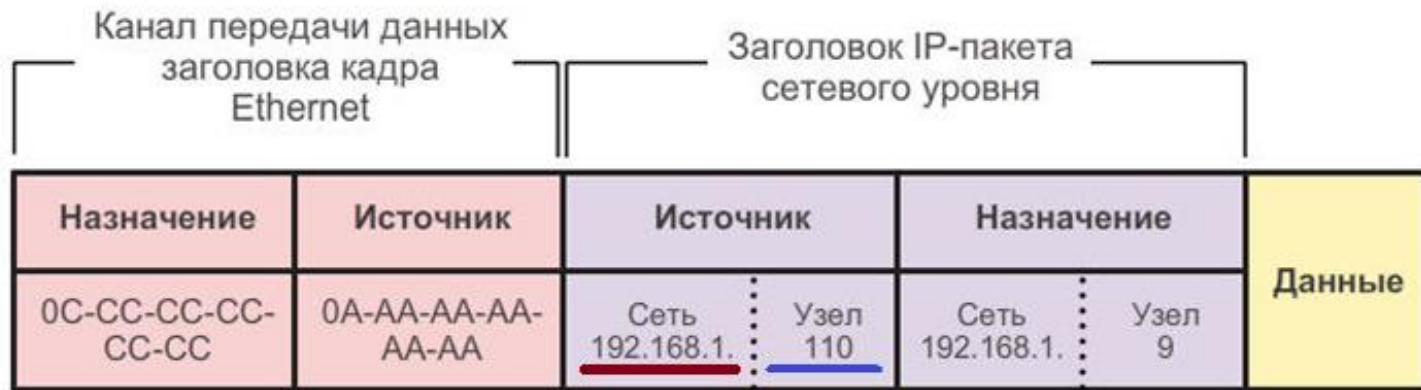
- Адрес канала передачи данных

- MAC-адрес исходного канала

- MAC-адрес конечного канала

Доступ к локальным ресурсам

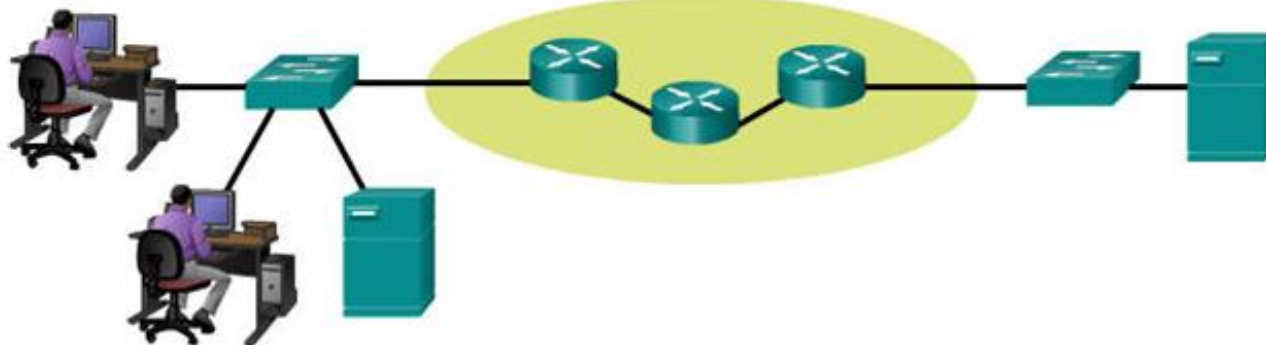
# Обмен данными с помощью устройства в рамках одной сети



ПК1  
192.168.1.110  
0A-AA-AA-AA-AA-AA

Сетевая часть (IPv4) или префикс (IPv6)

Часть узла (IPv4) или идентификатор интерфейса (IPv6)



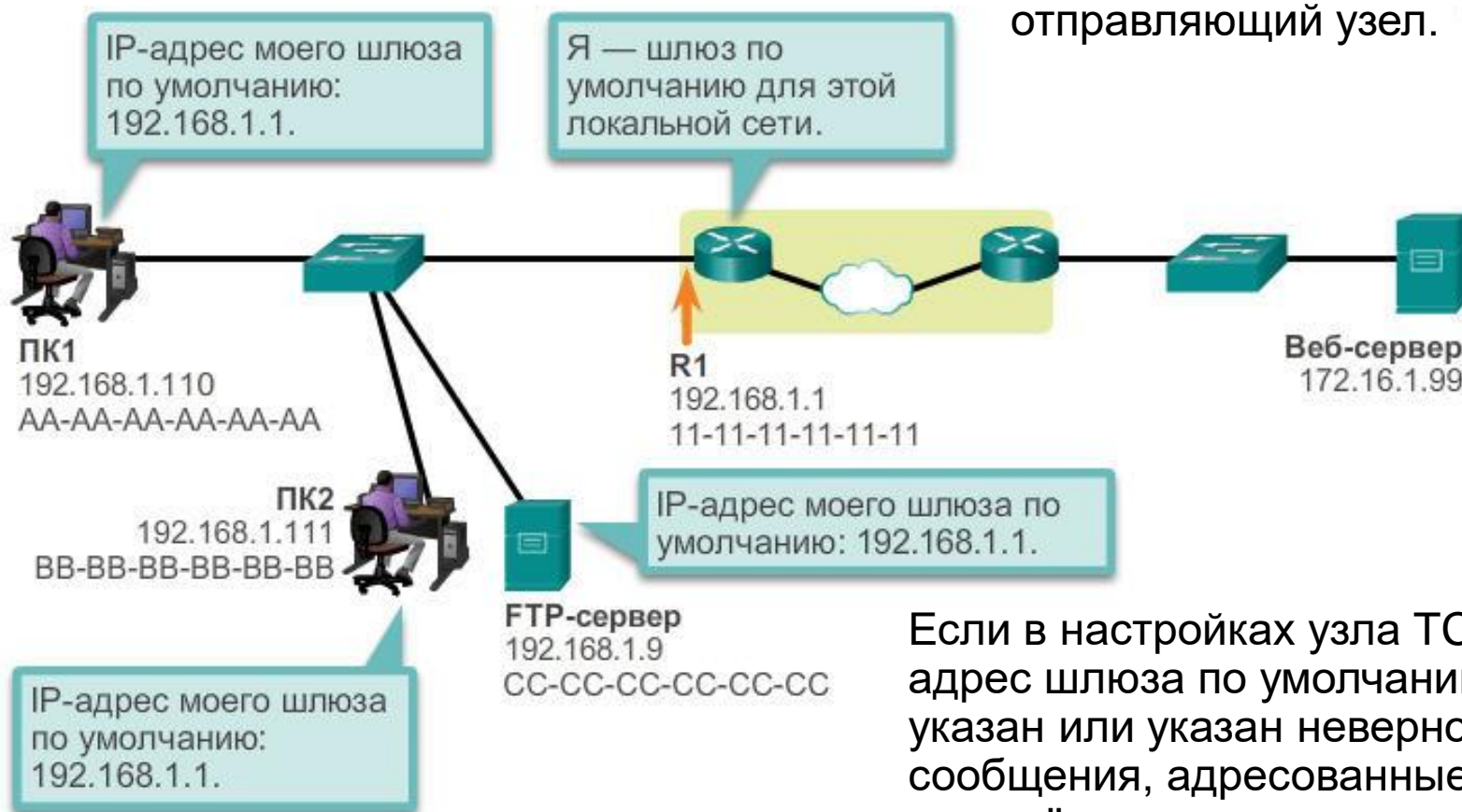
FTP-сервер  
192.168.1.9  
0C-CC-CC-CC-CC-CC

## Доступ к удалённым ресурсам

# Шлюз по умолчанию

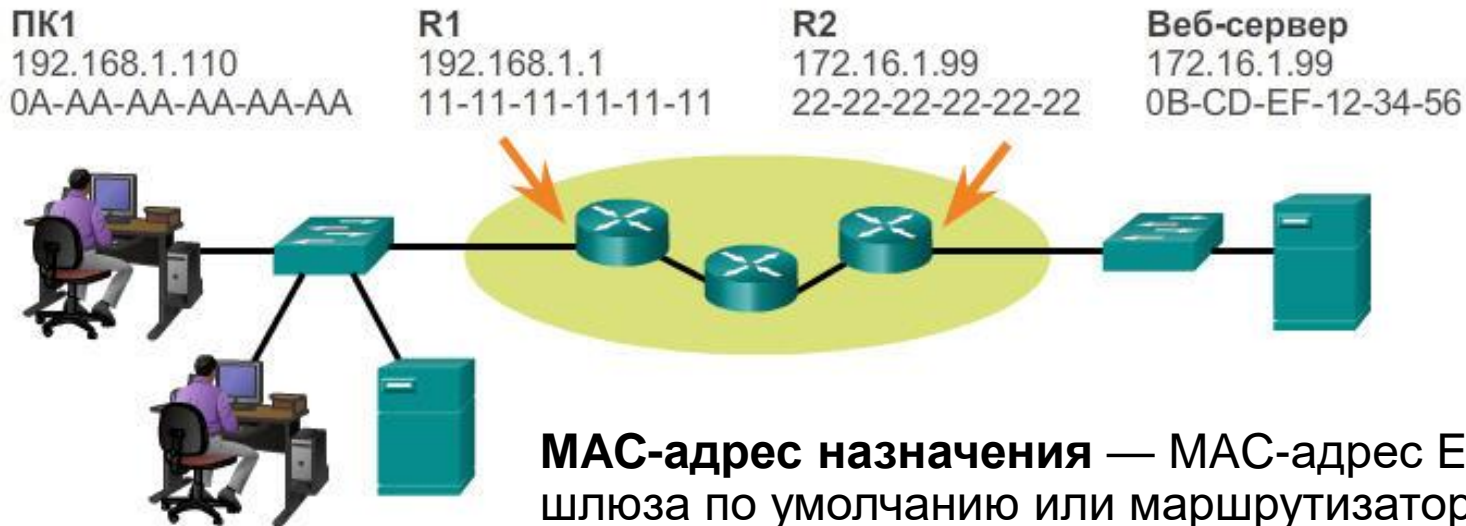
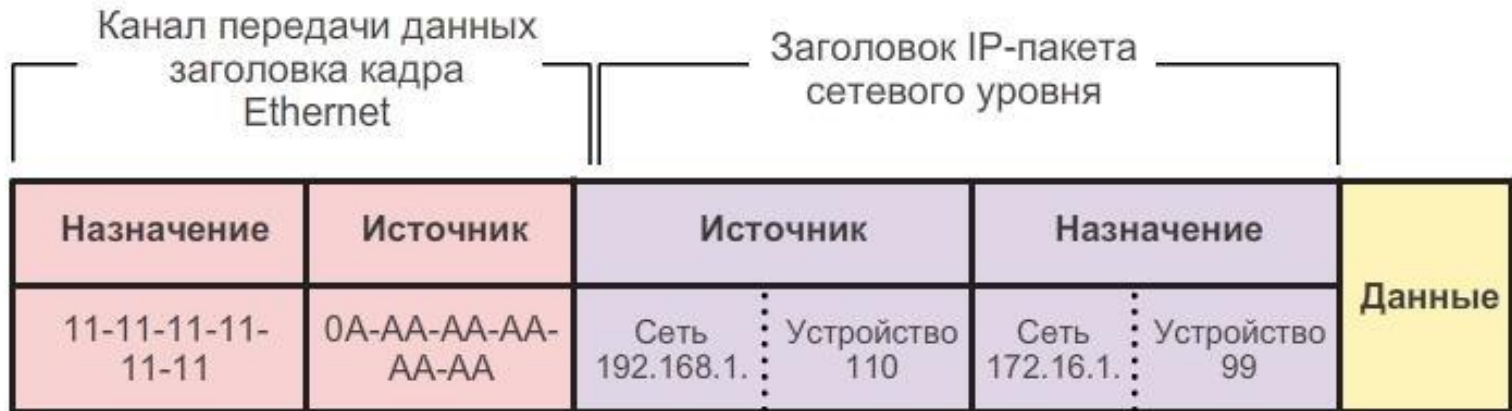
Если узлу нужно отправить сообщение в удалённую сеть, необходимо использовать маршрутизатор.

Шлюз по умолчанию — это IP-адрес интерфейса маршрутизатора в той же сети, в которой находится отправляющий узел.



Если в настройках узла TCP/IP адрес шлюза по умолчанию не указан или указан неверно, сообщения, адресованные узлам в удалённых сетях, доставлены не будут.

# Устройство обмена данными в удалённой сети



**MAC-адрес назначения** — MAC-адрес Ethernet шлюза по умолчанию или маршрутизатора, если получающее и передающее устройства находятся в разных сетях.



## Физический уровень



## Введение в сетевые технологии



# Физическое подключение

Домашний маршрутизатор



- Чтобы получить возможность обмениваться данными по сети, **физическое подключение** к локальной сети.
- Это подключение может быть проводным или беспроводным.
- 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).



# 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.

# 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



# Характеристики медных кабелей

**Медные кабели** используются в сетях из-за их невысокой стоимости, простоты монтажа и низкого электрического сопротивления.

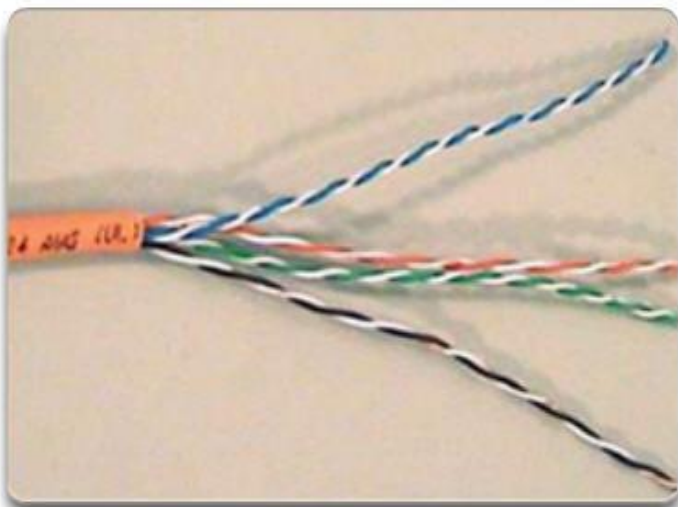
## Ограничения:

- 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***.

# Типы медных кабелей



Кабель на основе незэкранированной витой пары (UTP)



Кабель на основе экранированной витой пары (STP)



Коаксиальный кабель

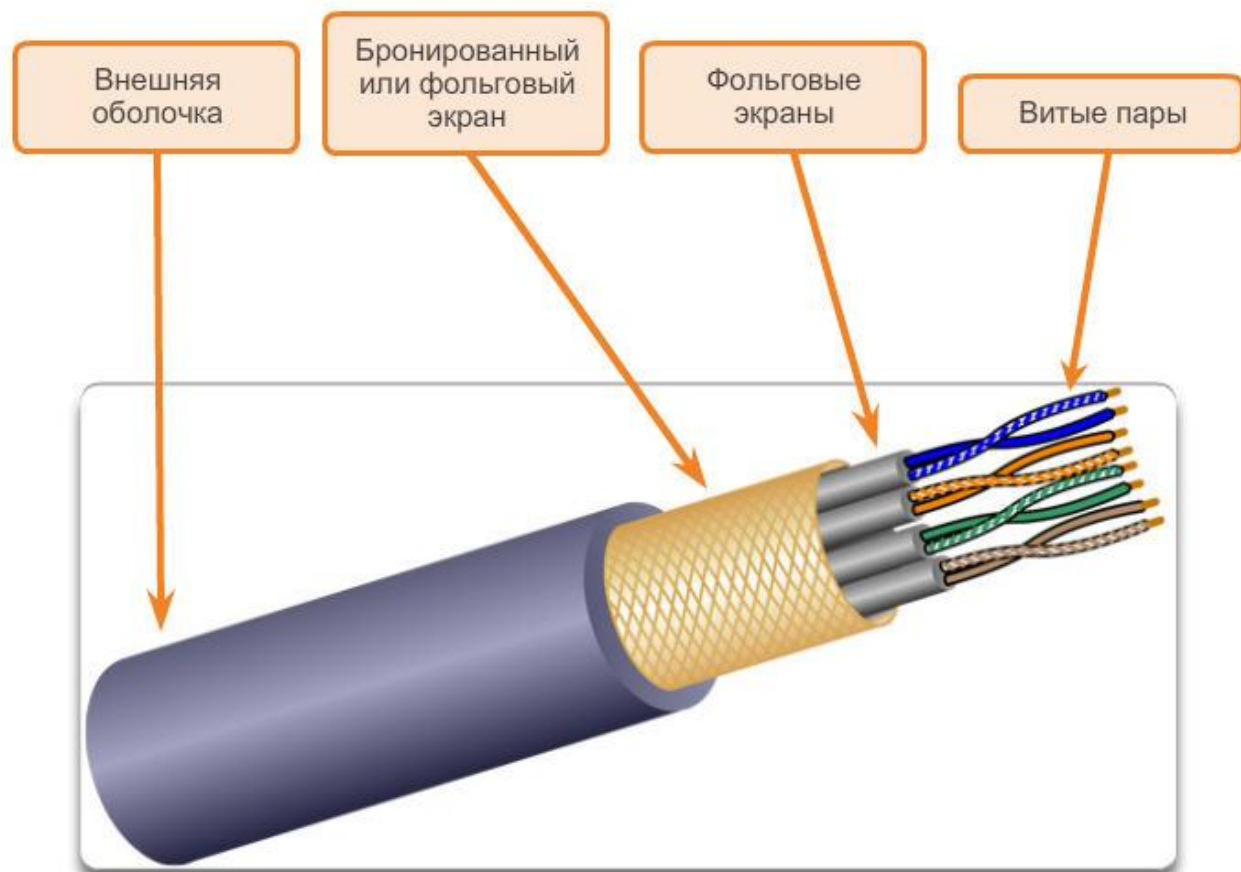
# Кабель на основе неэкранированной витой пары (UTP)



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

Медные кабели

# Кабель на основе экранированной витой пары (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.

# Коаксиальный кабель



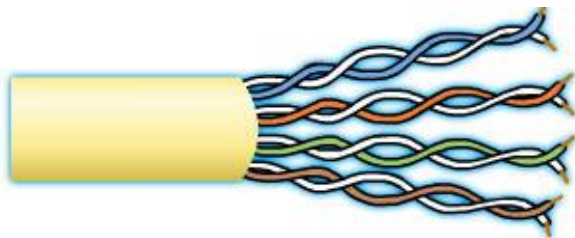
Обычно используются в следующих двух случаях.

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

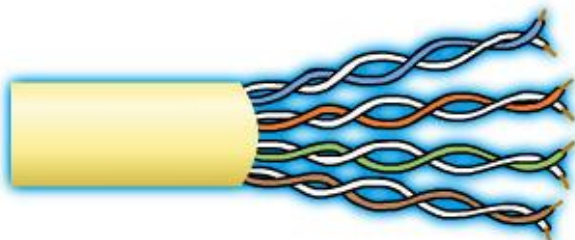




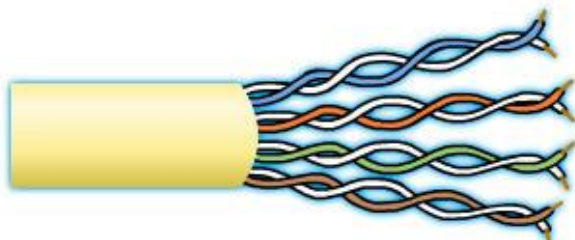
# Стандарты UTP-кабелей



Кабель категории 3 (UTP)



Кабель категории 5 и 5e (UTP)



Кабель категории 6 (UTP)

## 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.

УТР-кабели

# УТР-разъёмы



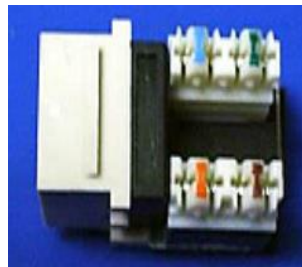
Разъем RJ-45



Правильная оконцовка кабеля УТР

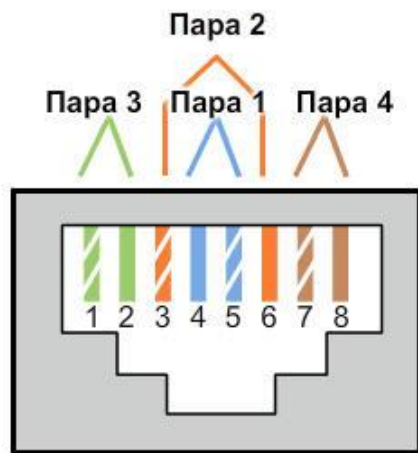


Розетка RJ-45

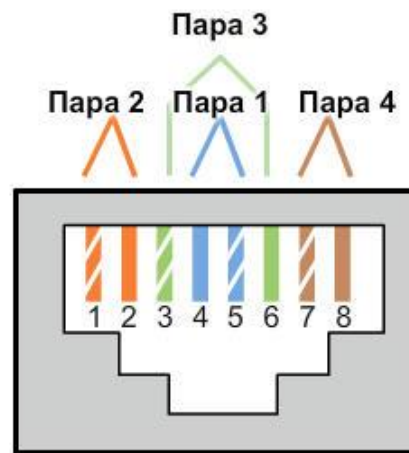


## UTP-кабели

# Типы UTP-кабелей



T568A



T568B

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.



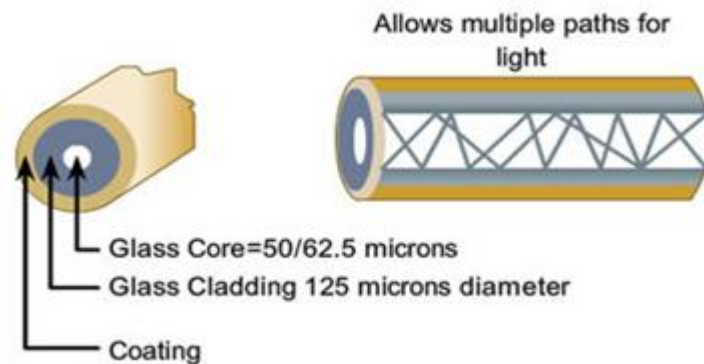
# Типы оптоволоконных кабелей

### Одномодовый кабель (SMF)



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

### Многомодовый кабель (MMF)



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



## Оптоволоконные кабели

# 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.

Оптоволоконные кабели

# Сетевые оптоволоконные разъёмы



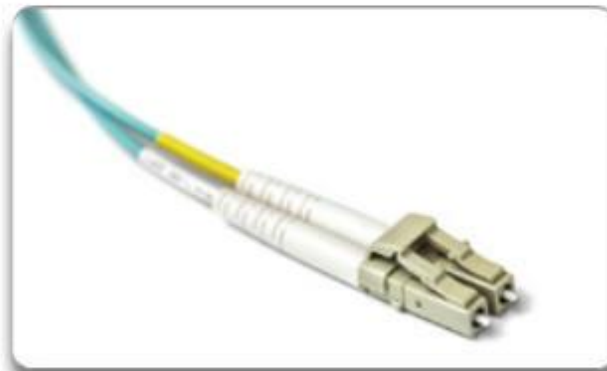
Разъёмы ST



Разъёмы SC



Разъём LC



Дуплексные многомодовые  
разъёмы 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

Сложности при внедрении	Медные кабели	Оптоволоконные кабели
Поддерживаемая пропускная способность	10 Мбит/с – 10 Гбит/с	10 Мбит/с – 100 Гбит/с
Расстояние	Относительно небольшое (1 – 100 метров)	Относительно большое (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
Правила техники безопасности	Минимальные	Максимальные



Беспроводные среды

# 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.

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 них.**

# 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>
<b>Zigbee</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Стандарт <b>IEEE 802.15.4</b></li><li>• связь с низкой скоростью передачи данных и низким энергопотреблением, в основном для приложений Интернета вещей (IoT)</li></ul>





## Беспроводные среды

# 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.





## Канальный уровень



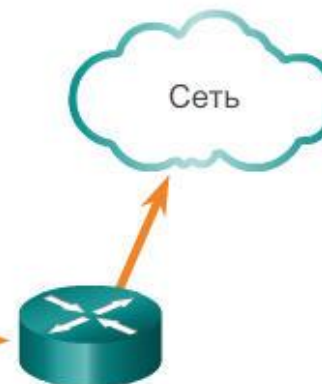
## Введение в сетевые технологии

# Канальный уровень

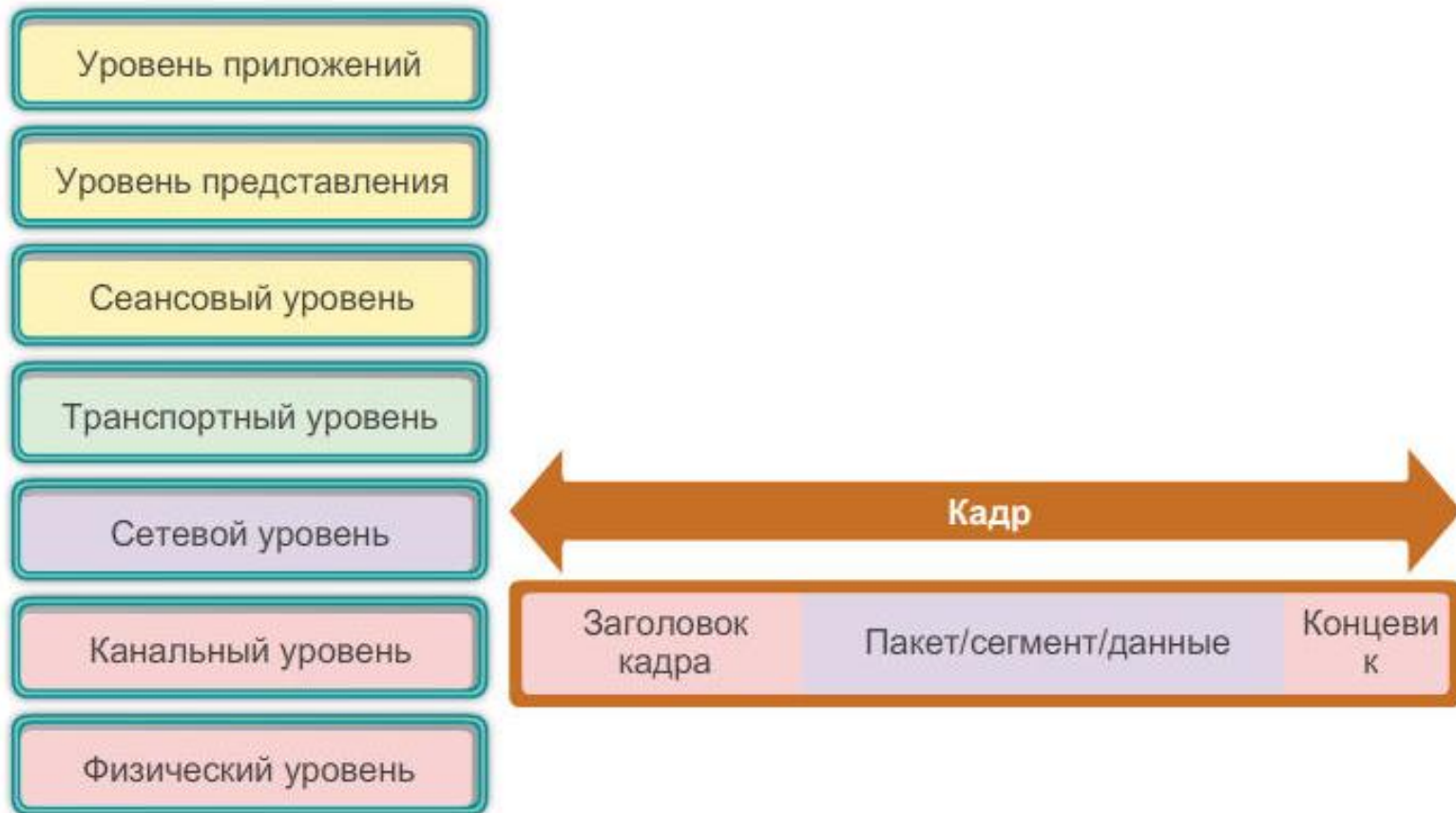


На канальном уровне обрабатываются данные физической сети

- Уровень канала передачи данных отвечает за связь между сетевыми интерфейсными картами (NIC) конечных устройств.
- Он позволяет протоколам верхнего уровня получать доступ к среде физического уровня и инкапсулирует пакеты уровня 3 (IPv4 и IPv6) в фреймы уровня 2.
- Он также выполняет обнаружение ошибок и отвергает поврежденные кадры.

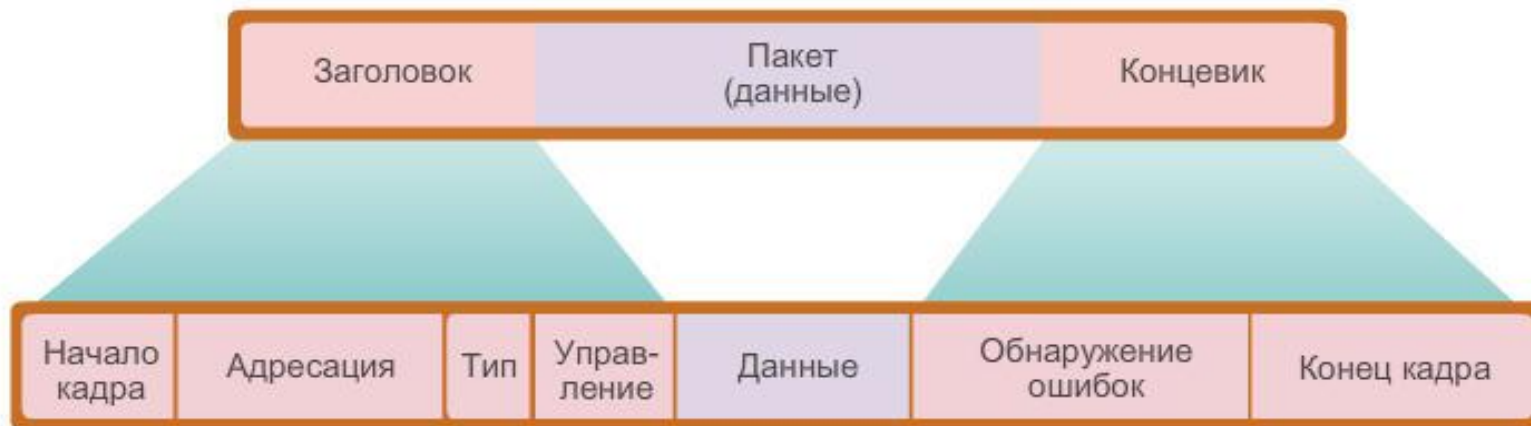


# Структура кадра 2-го уровня



## 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.



Назначение канального уровня

# Подуровни канального уровня IEEE 802 LAN/MAN

Стандарт IEEE 802 LAN/MAN специфичны для типа сети (Ethernet, WLAN, WPAN и т.д.).

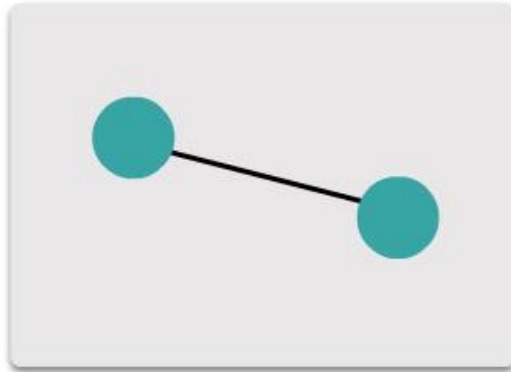
Канальный уровень состоит из двух подуровней. **Logical Link Control (LLC)** и **Media Access Control (MAC)**.

- Подуровень LLC взаимодействует между сетевым программным обеспечением на верхних слоях и аппаратным обеспечением устройства на нижних слоях.
- Подуровень MAC отвечает за инкапсуляцию данных и управление доступом к среде передачи данных.

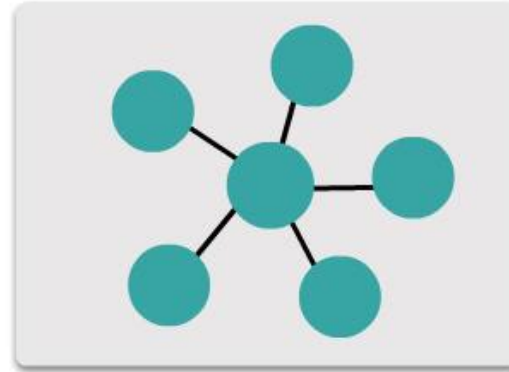
Сетевой уровень	Протоколы сетевого уровня			
	Подуровень LLC	LLC «Подуровень» - IEEE 802.2		
Канальный уровень	Подуровень MAC	Ethernet IEEE 802.3	WLAN IEEE 802.11	WPAN IEEE 802.15
	Физический уровень	Различные стандарты Ethernet для Fast Ethernet, Gigabit Ethernet и т.д.	Различные стандарты WLAN для различных типов беспроводной связи	Различные стандарты WPAN для Bluetooth, RFID и т.д.

# Стандартные физические топологии глобальной сети WAN

постоянное  
соединение  
между двумя  
оконечными  
устройствами

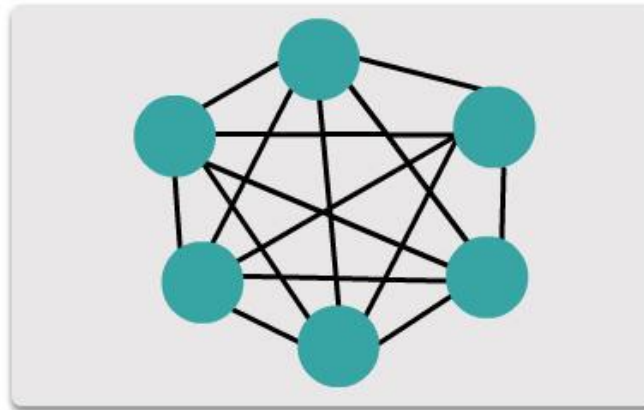


Двухточечная топология  
(«точка-точка»)



Топология hub-and-spoke (звезда)

центральный  
узел соединен с  
периферийными  
с помощью  
соединений  
«точка-точка»



Полносвязная (mesh) топология

обеспечивает высокую  
доступность, но  
требуется, чтобы каждая  
оконечная система  
была связана со  
всеми остальными  
системами

## Физическая топология «точка-точка»



- Физические топологии точка-точка напрямую соединяют два конечных устройства (узла).
- Узлы не могут совместно использовать общую с другими узлами среду передачи данных.
- Поскольку все кадры в среде могут перемещаться только на оба узла или от них, протоколы WAN точка-точка могут быть очень простыми.



# Топологии сетей WAN

Конечные устройства локальных сетей, как правило, взаимосвязаны с помощью **звездной** или **расширенной звездной** топологии.

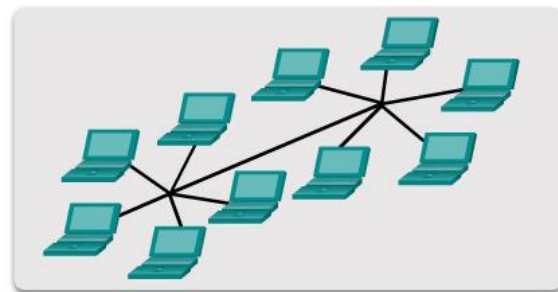
Звездные и расширенные звездные топологии просты в установке, легко масштабируются и просты при устранении неполадок.

Ранние технологии Ethernet и устаревшие технологии Token Ring обеспечивают две дополнительные топологии:

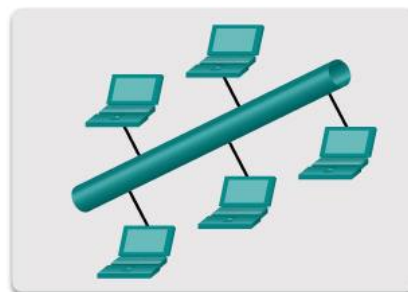
## Физические топологии



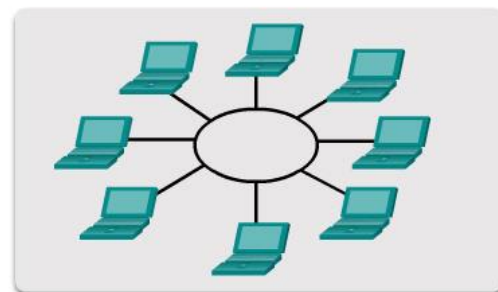
Типология типа «звезда»



Расширенная топология типа «звезда»



Топология шины



Кольцевая топология

**Шина (Bus).** Все оконечные системы связаны друг с другом общим кабелем, имеющим на концах специальные заглушки («терминаторы»).

**Кольцо** — Каждая концевая система соединяется с соответствующими соседями для формирования кольца.

# Полудуплексная и полнодуплексная передача данных

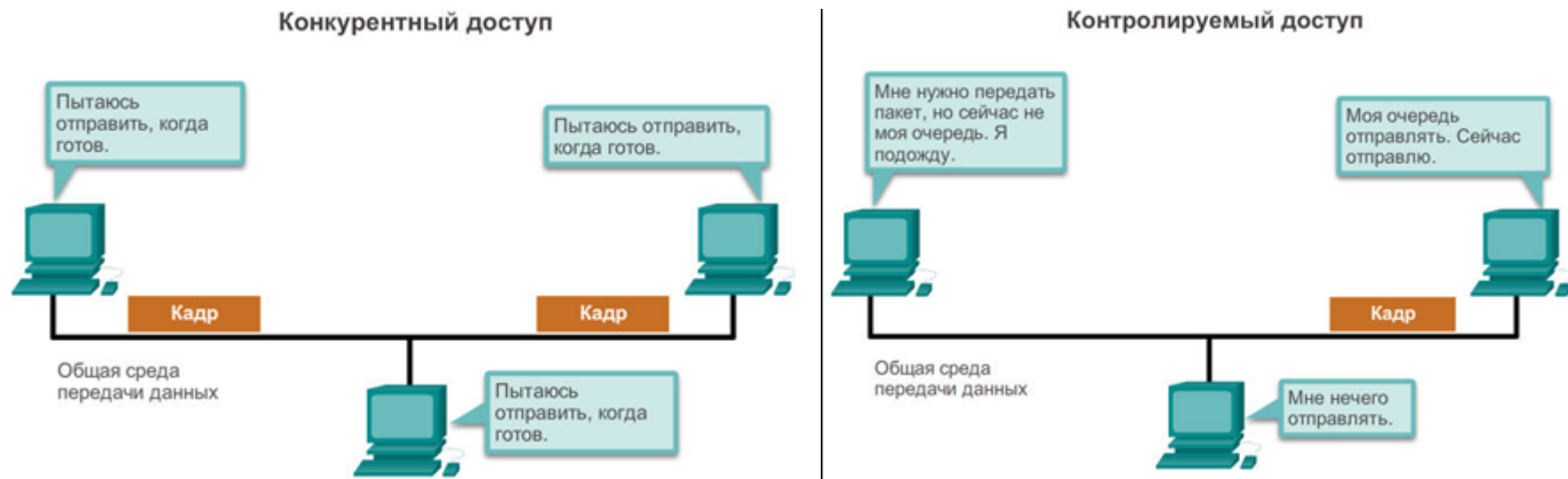


В двухточечных сетях данные передаются одним из двух следующих способов:

**Полудуплексная передача:** оба устройства могут передавать и получать данные в среде, но не одновременно. Могут быть коллизии. Используется в устаревших топологиях шины и при использовании концентраторов Ethernet.

**Полнодуплексная передача:** оба устройства могут одновременно передавать и получать данные в среде. На канальном уровне может происходить одновременная передача данных на оба узла. По умолчанию коммутаторы Ethernet работают в полнодуплексном режиме.

# Методы контроля доступа к среде передачи данных



**Конкурентный доступ** - все узлы, работающие в полудуплексном режиме, конкурируют за использование среды. Ниже приведены некоторые примеры:

- Множественный доступ с прослушиванием несущей и обнаружением коллизий (Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection; CSMA/CD) в традиционных сетях Ethernet
- Множественный доступ с прослушиванием несущей и избеганием коллизий (CSMA/CA) применяется в беспроводных LAN

## Контролируемый доступ

- Детерминированный доступ, где каждый узел имеет свое время в среде.
- Используется в устаревших сетях, таких как Token Ring и ARCNET.



## Топологии локальной сети LAN с множественным доступом

# Конкурентный доступ

### Процесс обнаружения столкновений CSMA/CD:

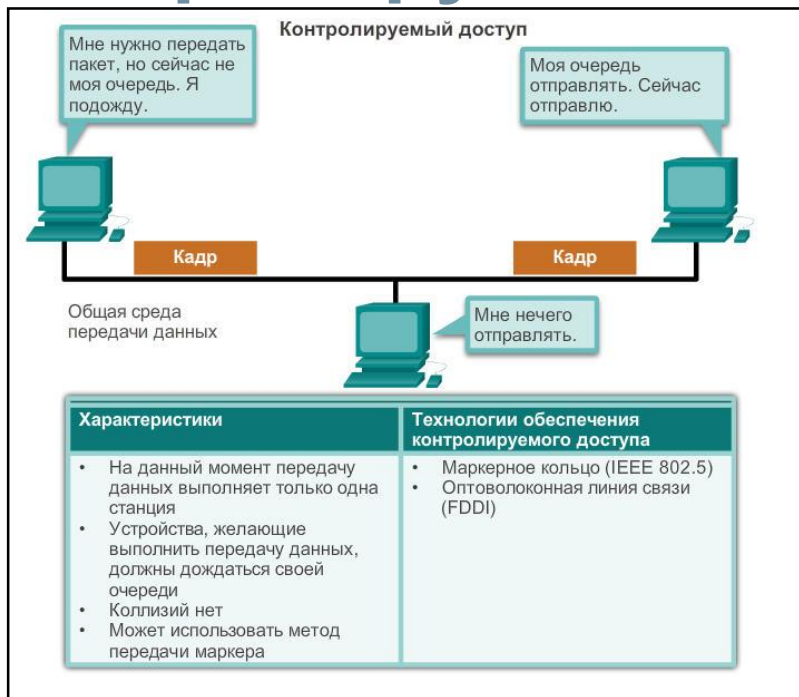
- Устройства, передающие одновременно, приведут к столкновению сигналов в общей среде.
- Устройства обнаруживают столкновение.
- Устройства ожидают случайного периода времени и повторно передают данные.

### Процесс предотвращения столкновений CSMA/CA:

- При передаче устройства также включают время, необходимое для передачи.
- Другие устройства в общей среде получают информацию о длительности времени и знают, как долго носитель будет недоступен.

# Топологии локальной сети LAN с множественным доступом

## Контролируемый доступ



При использовании контролируемого метода доступа сетевые устройства получают доступ к среде в порядке очереди. Если оконечному устройству не требуется доступ к среде, то возможность доступа переходит к следующему оконечному устройству. Этот процесс осуществляется с помощью маркера. Оконечное устройство получает маркер и размещает кадр в среде. Ни одно другое устройство не имеет права выполнять это действие до тех пор, пока кадр не будет получен и обработан в узле назначения, после чего маркер будет снова доступен.

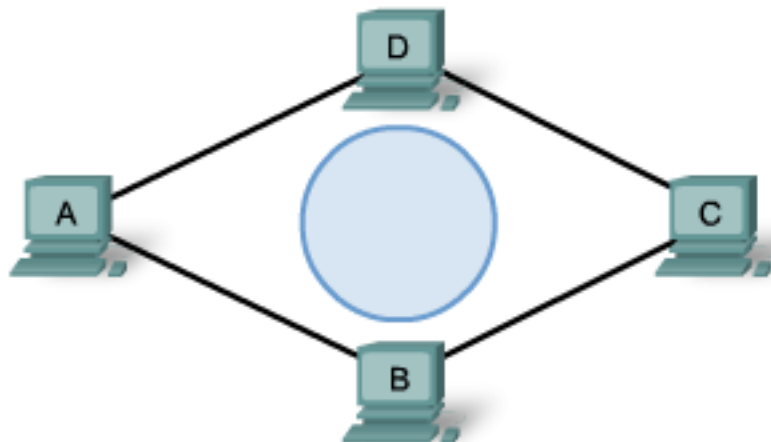
### Характеристики

- 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)

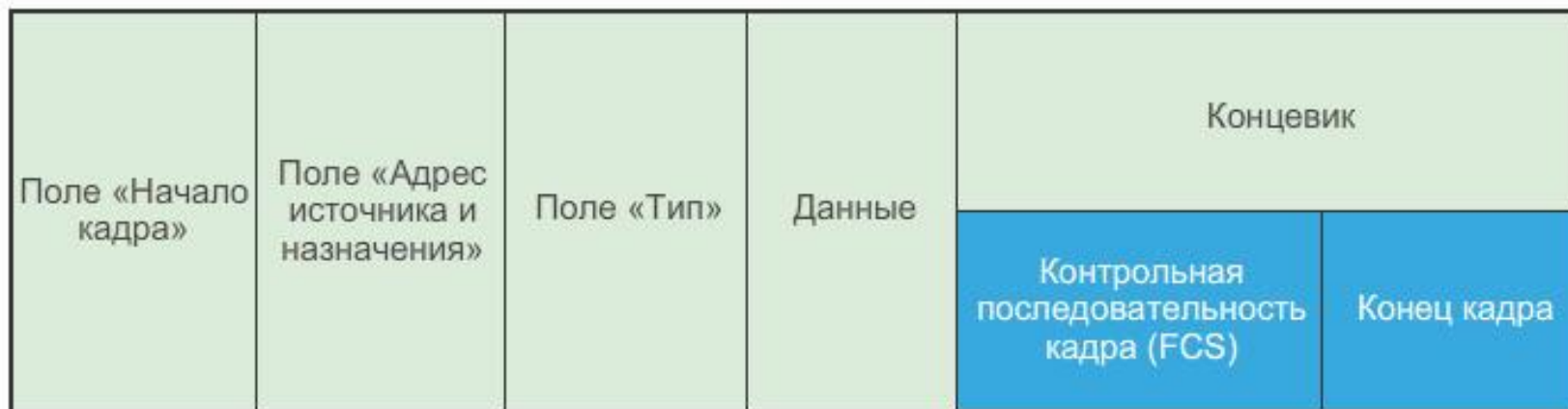
## Кольцевая топология



В логической кольцевой топологии каждый узел в свою очередь получает кадр. Если кадр не адресован узлу, получившему кадр, то этот узел пересылает кадр следующему узлу. Это позволяет кольцевой сети использовать контролируемый метод управления доступом к среде передачи данных, который называется эстафетной передачей.

Обычно в один момент времени по кольцу передаётся только один кадр. Если нет данных для передачи, то по кольцу по кругу передается пустой кадр (специальный сигнал), который называется маркером доступа. Узел имеет право передавать данные, только если он получил такой маркер.

# Концевик



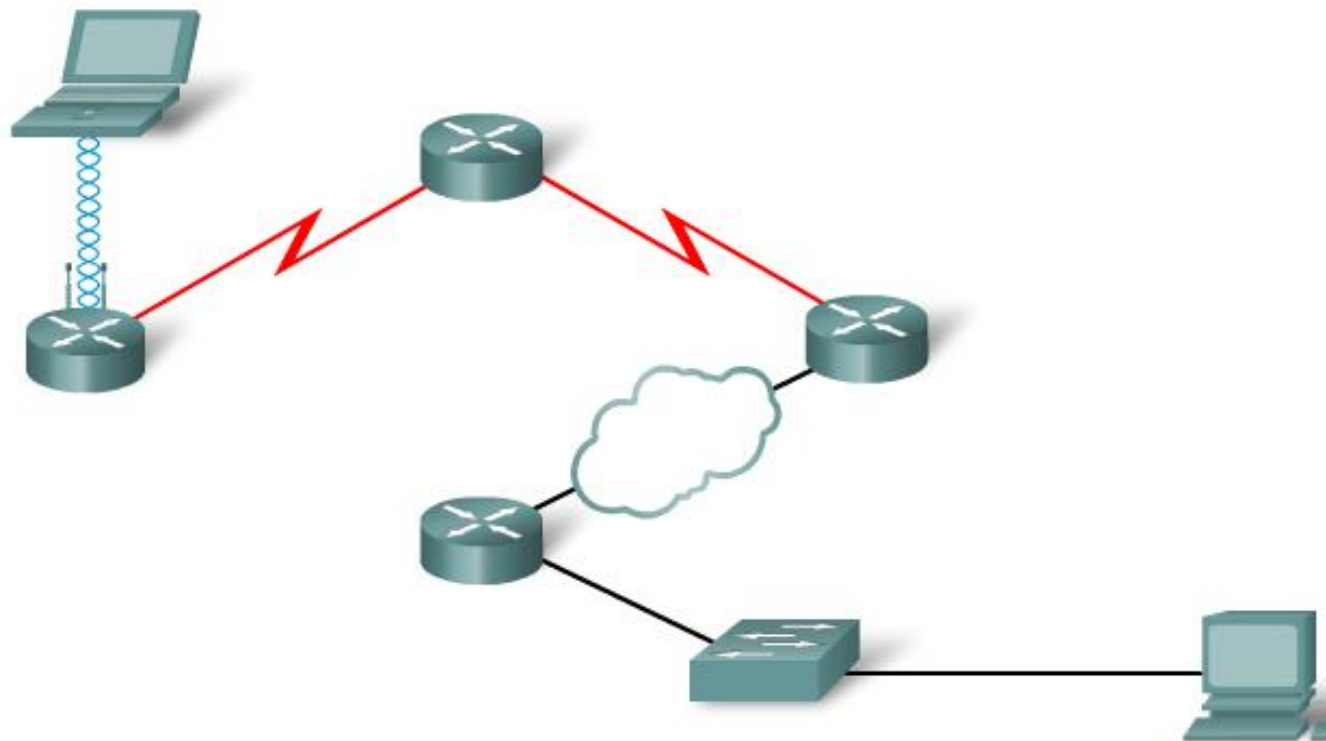
Передающий узел вычисляет специальный код на основе содержания кадра. Этот код называется CRC-кодом (Cyclic redundancy check code — циклическим избыточным кодом). Это значение размещено в поле контрольной последовательности кадра (FCS) и вычисляется на основе содержимого кадра.

Когда кадр прибывает на узел места назначения, узел вычисляет значение CRC кадра. Принимающий узел сравнивает эти два значения CRC. Если значения совпадают, то считается, что кадр получен без потерь. Если значение CRC отличается от значения CRC, рассчитанного на принимающем узле, то кадр сбрасывается.



Кадр канала

# Кадры сетей LAN и WAN



К распространённым протоколам канального уровня относятся:

- Ethernet
- Протокол «точка-точка» (протокол PPP)
- Беспроводной доступ 802.11
- Высокоуровневый протокол управления каналом (HDLC)
- Frame-Relay