

# ВМСИС

## Лекция 7

### Введение в вычислительные сети

# Причины и история возникновения компьютерных сетей

- 60-е Создание первых мейнфреймов
  - Возникает необходимость перераспределения вычислительной нагрузки
  - Доступ к мейнфреймам с терминалов удаленных на десятки километров
  - Используются существующие телекоммуникационные сети
- 70-е Инициатива по созданию ARPANET
  - Необходимо обмениваться информацией между машинами распределенными по всей стране
  - Разрабатывается стандарт стека протоколов обеспечивающий обмен данными между различными типами машин и различными операционными системами
  - Появление небольших ЭВМ вызывает потребность в организации ЛВС
  - Первые версии стека TCP/IP
- 80-е Появление персональных ЭВМ
  - Необходимо объединять сотни ЭВМ в локальные сети и обеспечивать доступ к удаленным машинам
  - Стандартизируются протоколы ЛВС - Ethernet, Token Ring
  - Появляются стандарты протоколов верхнего уровня POP, SMTP, FTP и т.д.

# История развития компьютерных сетей

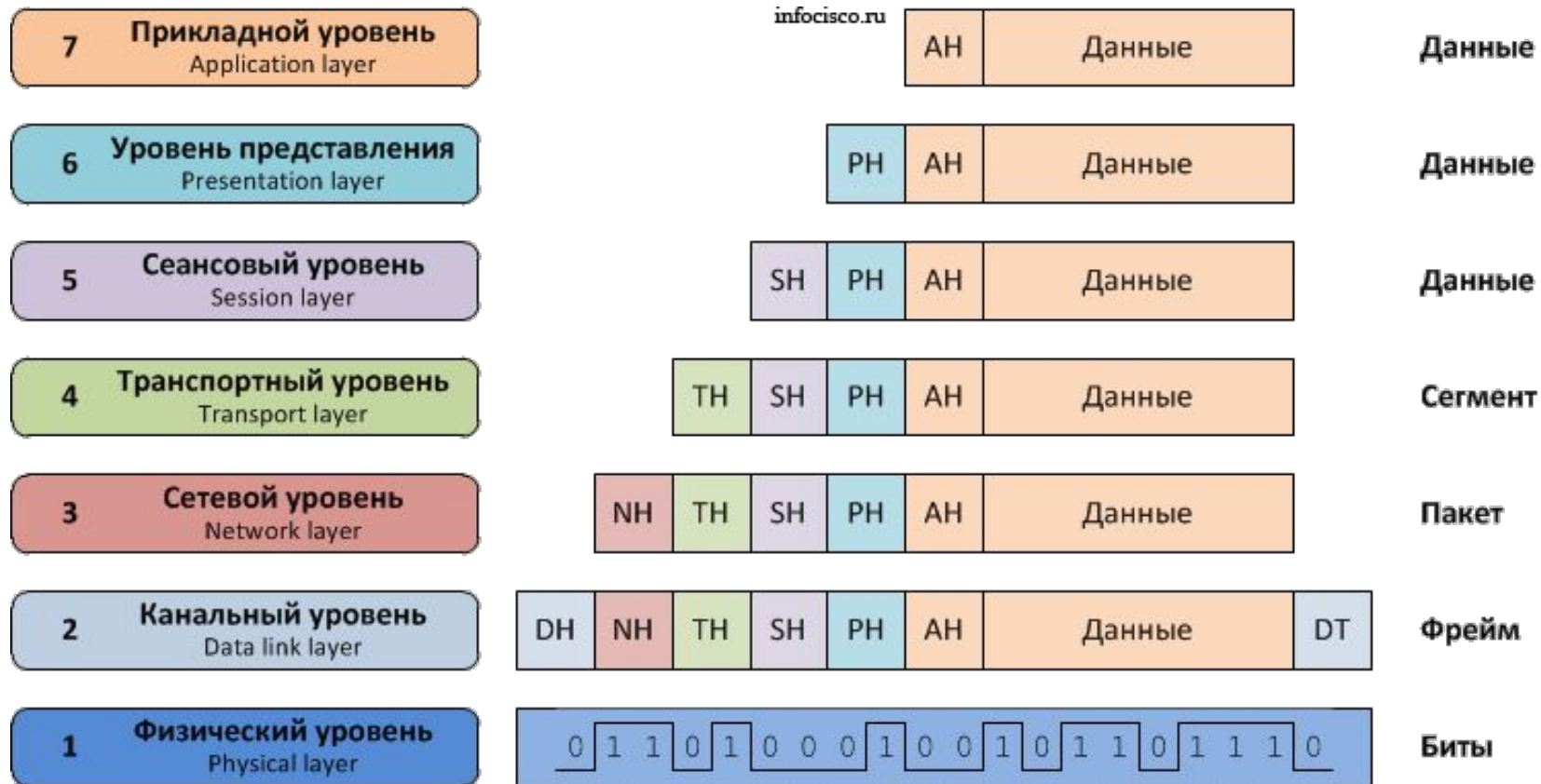
- 90-е Зарождение и развитие Internet и WWW
  - ARPANET выходит за рамки военного применения
  - 1992 - первый черновик протокола HTTP, появление браузера MOSAIC
  - Активно развивается модемный доступ в сеть
- 00-е Появление Web 2.0
  - Все вычислительные системы получают доступ в общую сеть
  - Объем передаваемых данных увеличивается в тысячи раз
- 10-е Повсеместное развитие беспроводного доступа
  - Появление стандартов 3G/4G/5G
  - Все современные города покрыты сетью WiFi/4G
  - Интернет вещей

# Сетевая модель ISO OSI

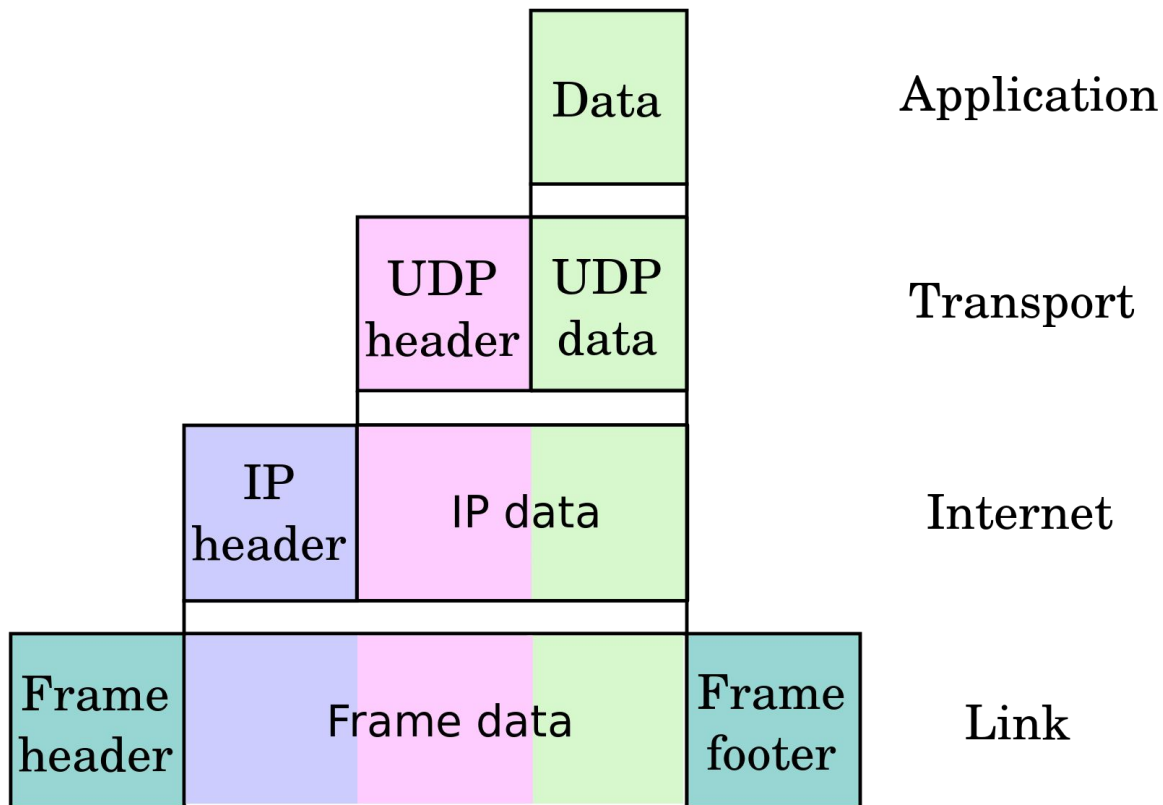
## Open system interconnection basic reference model

- Планировалась и разрабатывалась с конца 70-х с целью стандартизации архитектуры сетевого взаимодействия
- Описывает 7 уровней ВС от физического, до уровня приложения
- Не используется в чистом виде в современном мире

# Уровни модели OSI

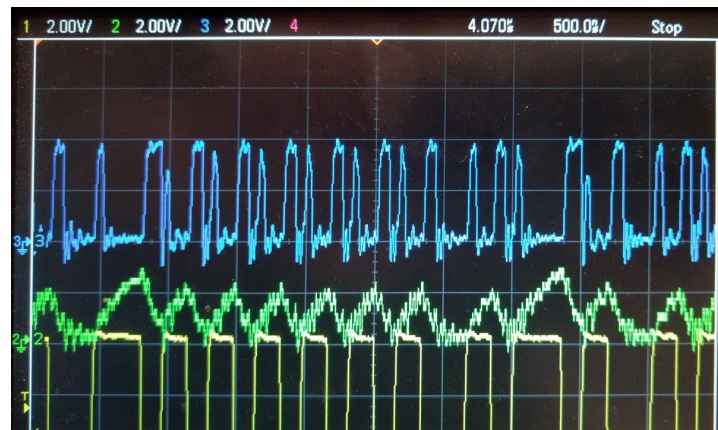
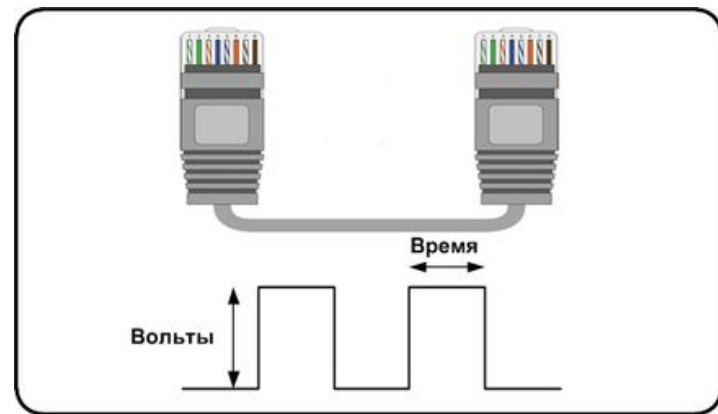


# Сетевая модель TCP/IP



# Link layer - канальный уровень

- Описывает протоколы определяющие передачу данных внутри локальной сети
- Определяет топологию сети и интерфейсы передачи данных соседним узлам
- Определяет среду передачи данных
  - Медный провод, оптоволокно, радиоволны
- Физические характеристики сигнала
  - Уровни напряжения, тип кодирования, скорость передачи сигнала
- Разъемы и назначения контактов



# Коллизии

Возникают при попытке двух или более узлов осуществить передачу данных в **общей среде передачи**

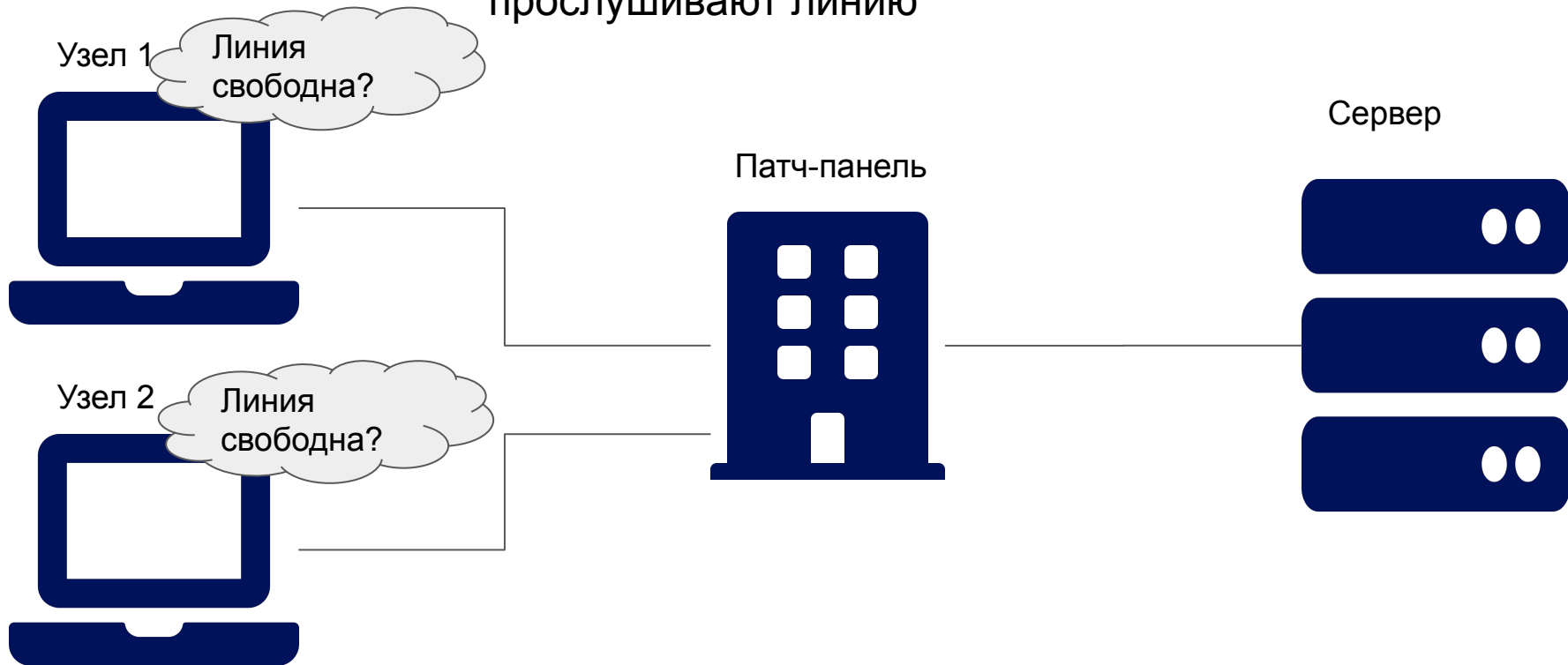
Алгоритмы избежания коллизий:

- Ethernet - Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD)
- WiFi - Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance (CSMA/CA)



# CSMA/CD

Этап 1. Узел 1 и Узел 2 хотят передать данные и прослушивают линию



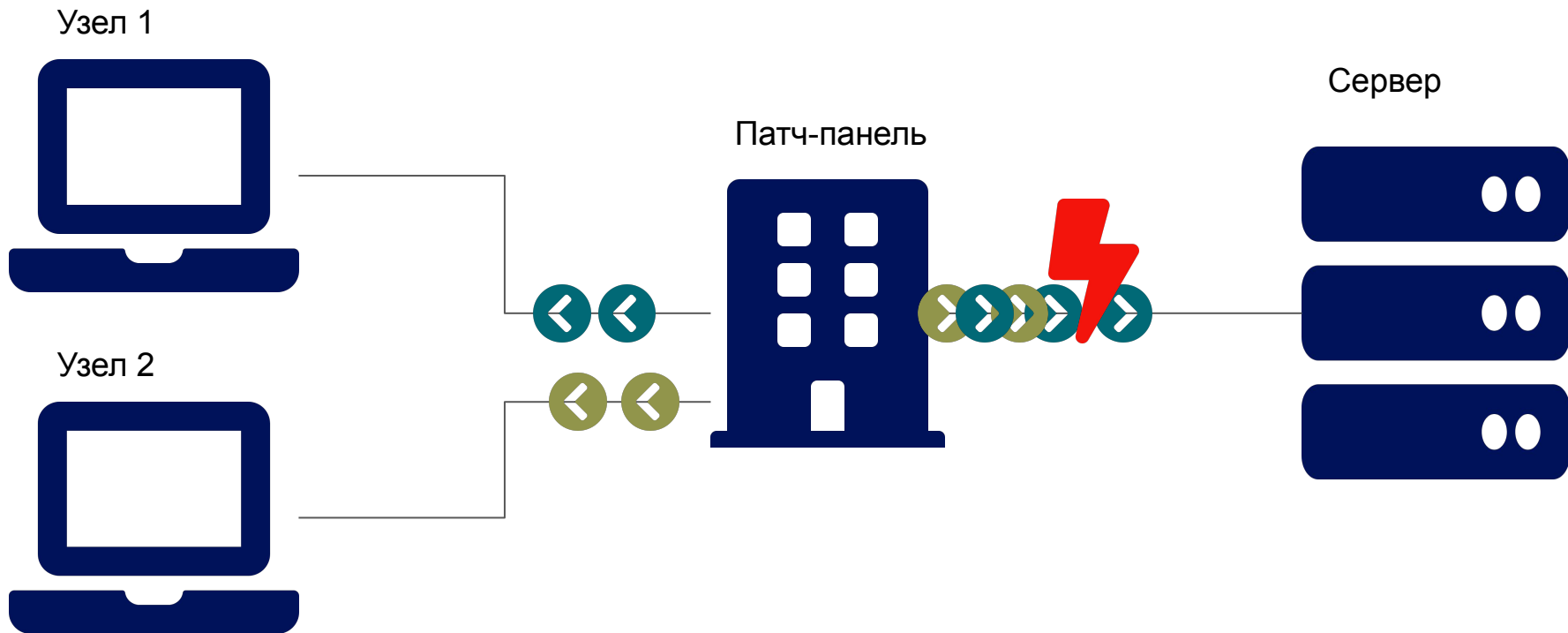
# CSMA/CD

Этап 2. Линия свободна и оба узла начинают передачу



# CSMA/CD

Этап 3. Попадая в одну среду сигналы накладываются друг на друга




# CSMA/CD

Этап 4. Оба узла продолжают прослушивать канал. Узел 1 обнаруживает, что его сигналу что-то мешает



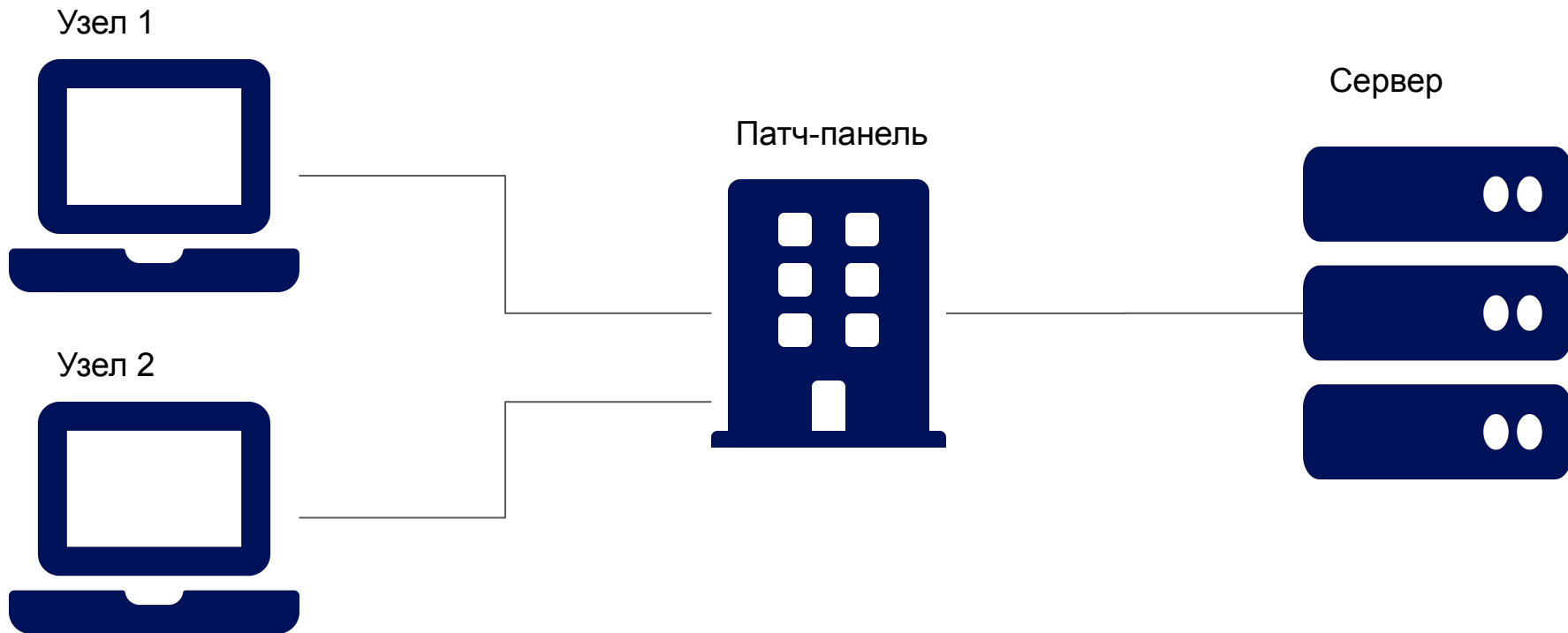
# CSMA/CD

Этап 5. Для облегчения обнаружения коллизии другими узлами, Узел 1 отправляет JAM сигнал 



# CSMA/CD

Этап 6. Все узлы поняли, что произошла коллизия  
и прервали передачу данных



# CSMA/CD

Этап 7. Все узлы желающие передать данные ожидают случайный промежуток времени



# CSMA/CD

Этап 8. Узел 1 первым начинает передачу, а Узел 2 обнаруживает занятость канала и ждет





# CSMA/CA

Этап 1. Все узлы имеющие данные для передачи прослушивают эфир



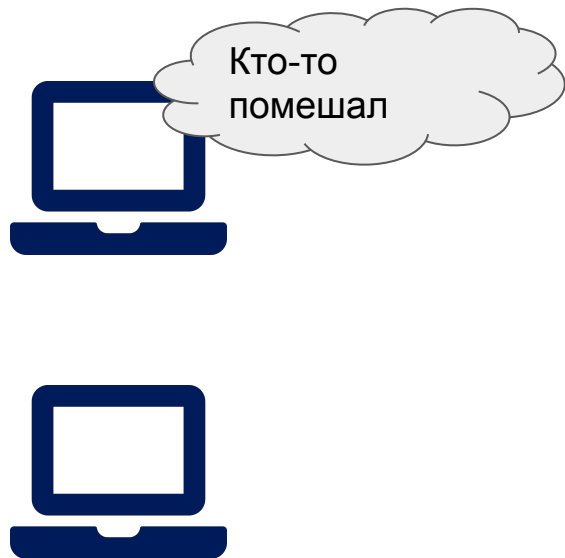
# CSMA/CA

Этап 2. Если в эфире не обнаружено несущей, то передающий узел отправляет JAM пакет



# CSMA/CA

Этап 3.А. В случае одновременной выдачи JAM двумя или более узлами, ситуация разрешается аналогично CSMA/CD



# CSMA/CA

Этап 3.Б. Если только один пакет выдал JAM, то все остальные узлы ожидают его пакета с данными



# Адресация на канальном уровне

В большинстве распространенных протоколов для адресации используются MAC-адреса.

Диапазоны адресов выдаются производителям оборудования диапазонами по  $2^{24}$  адресов

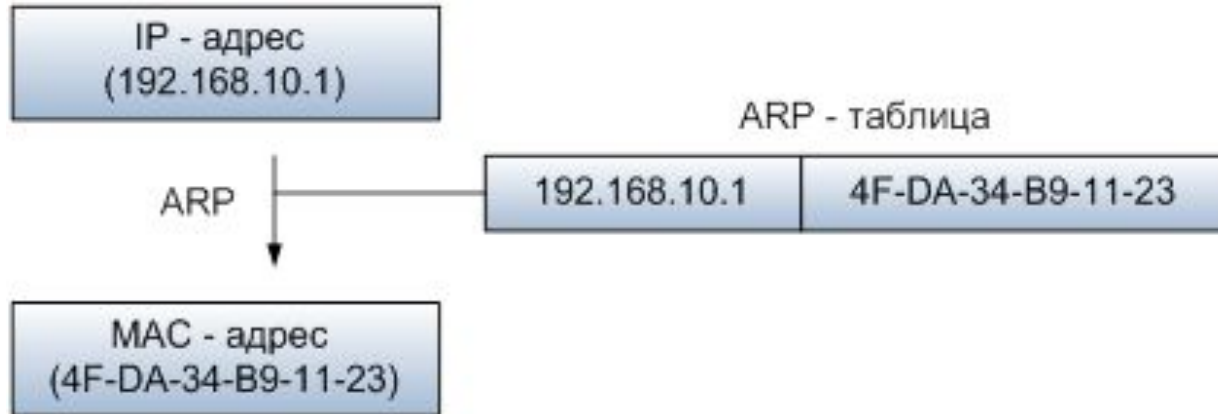
Пример: MAC адрес **bc:5f:f4:45:a3:eb**

**bc:5f:f4** - ASRock Incorporation

**45:a3:eb** - Уникальный адрес для оборудования ASRock

# Address resolution protocol - ARP

Для связи протоколов нижнего и верхнего уровней используются так называемые ARP таблицы, или таблицы соответствия логических IP адресов и адресов канального уровня



# Internet / Network layer - сетевой уровень

- **Отвечает за связь отдельных сетей друг с другом поэтому - Internet**
  - Присвоение сетевых адресов узлам
  - Связь сетевых адресов с физическими
  - Маршрутизация сообщений
- 
- **IPv4/IPv6**
  - IPX
  - ICMP
  - IGMP
  - RIP

# Internet Protocol ver. 4 - IPv4

- Используется для инкапсуляции протоколов транспортного уровня (UDP/TCP)
- Отвечает за маршрутизацию данных в интернете
- Не осуществляет контроль за доставкой и целостностью пакетов



# Формат пакета IPv4

Биты	0-3	4-7	8-15	16-31
0-31	Версия	IHL	Тип обслуж.	Длина пакета
32-63	Идентификатор			Флаги + Смещение сегмента
64-95	TTL		Протокол	Контрольная сумма заголовка
96-127	Адрес отправителя			
128-159	Адрес получателя			
160-191	Параметры			
192-...	Данные			

# Адресация IPv4

IP-адрес в протоколе IPv4 имеет размер 4 байта и состоит из двух частей

- Адрес сети
- Адрес узла в этой сети

В зависимости от назначения и максимально допустимого количества узлов в сети, их делят на 5 классов:

- Класс А - 16 777 216 узлов
- Класс В - 65 536 узлов
- Класс С - 256 узлов
- Класс D - multicast или ограниченный широковещательный адрес
- Класс Е - зарезервирован и не используется

# Адресация IPv4

Примеры IP адресов:

- 192.168.22.10
  - Адрес сети: 192.168.22.0, сеть класса C
  - Адрес узла: 10
- 82.179.190.60
  - Адрес сети: 82.0.0.0, Сеть класса A

# Внеклассовая адресация, использование масок

Разделение сетей по классовому признаку оказалось неэффективным. Был добавлен механизм более тонкого деления диапазонов при помощи масок.

Маска - это последовательность 1 и 0 длиной 32 бита.

Маски стандартных классов:

- Класс А: 11111111.00000000.00000000.00000000 - 255.0.0.0
- Класс В: 11111111.11111111.00000000.00000000 - 255.255.0.0
- Класс С: 11111111.11111111.11111111.00000000 - 255.255.255.0

# Расчет адреса сети и адреса узла с помощью маски

IP-адрес	129.64.134.5	10000001. 01000000. 10000110. 00000101
Маска	255.255.128.0	11111111. 11111111. 10000000. 00000000

По классовой системе: Сеть 129.64.0.0, узел: 0.0.134.5

Используя маску:

	10000001.01000000.10000110.00000101
&	11111111.11111111.10000000.00000000
	<hr/>
	10000001.01000000.10000000.00000000

Сеть: 129.64.128.0, узел 0.0.6.5

# Особые адреса

- **0.0.0.0** - шлюз по умолчанию
- **255.255.255.255** - широковещательный адрес по сети отправителя
- **АдресСети.ВсеЕдиницы** - широковещательный адрес по указанной сети
- **127.x.x.x** - loopback адрес

# Диапазоны локальных сетей

- **10.x.x.x** - подсеть класса А
- **172.16.x.x** - подсеть класса В
- **192.168.x.x** - подсеть класса С
- **169.254.x.x** - link local, подсеть для автоконфигурации устройства

# Маршрутизация в IP сетях

Все узлы в Интернет объединяются в одну сеть при помощи Маршрутизаторов (Router)

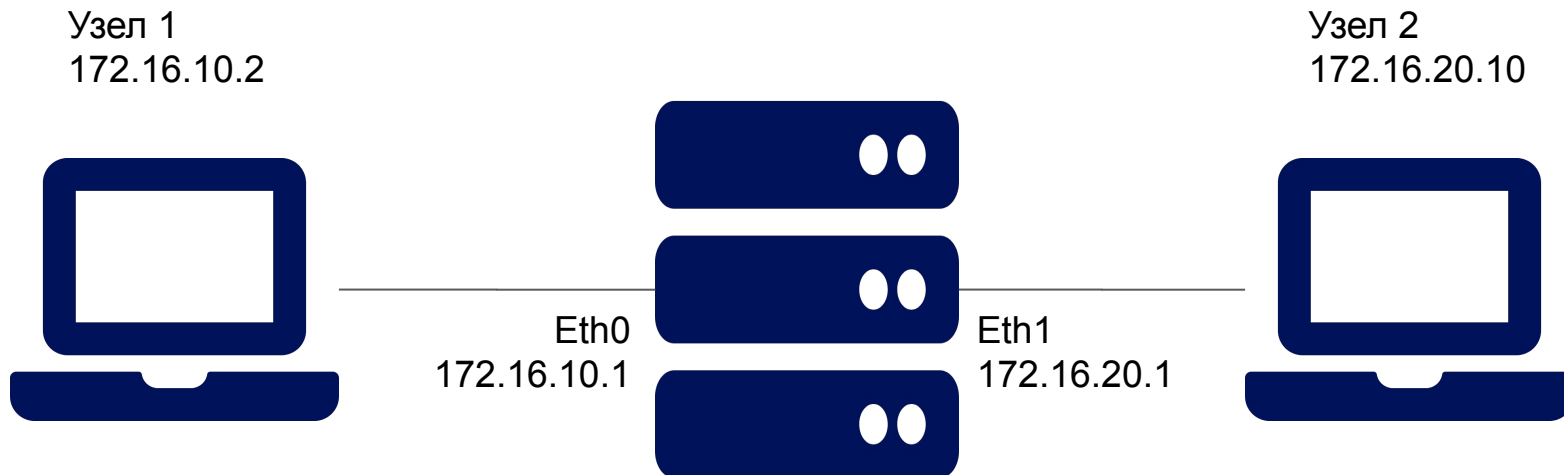
Для успешной маршрутизации пакета, маршрутизатор должен:

- Знать адрес назначения пакета (соответственно, знать его сеть)
- Иметь прямой доступ к сети назначения **или**
- Иметь доступ к соседнему маршрутизатору, который может передать пакет в сеть назначения



# Пример маршрутизации пакета

Узел 1 отправляет команду  
ping 172.16.20.2



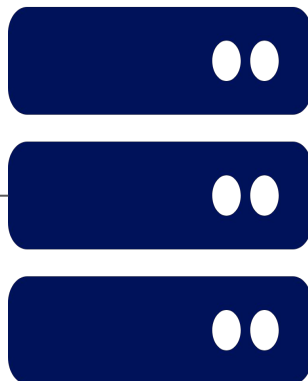
# Пример маршрутизации пакета

IP определяет, что 172.16.20.2 находится в другой сети, значит нужно отправлять на маршрутизатор

Узел 1  
172.16.10.2



Eth0  
172.16.10.1



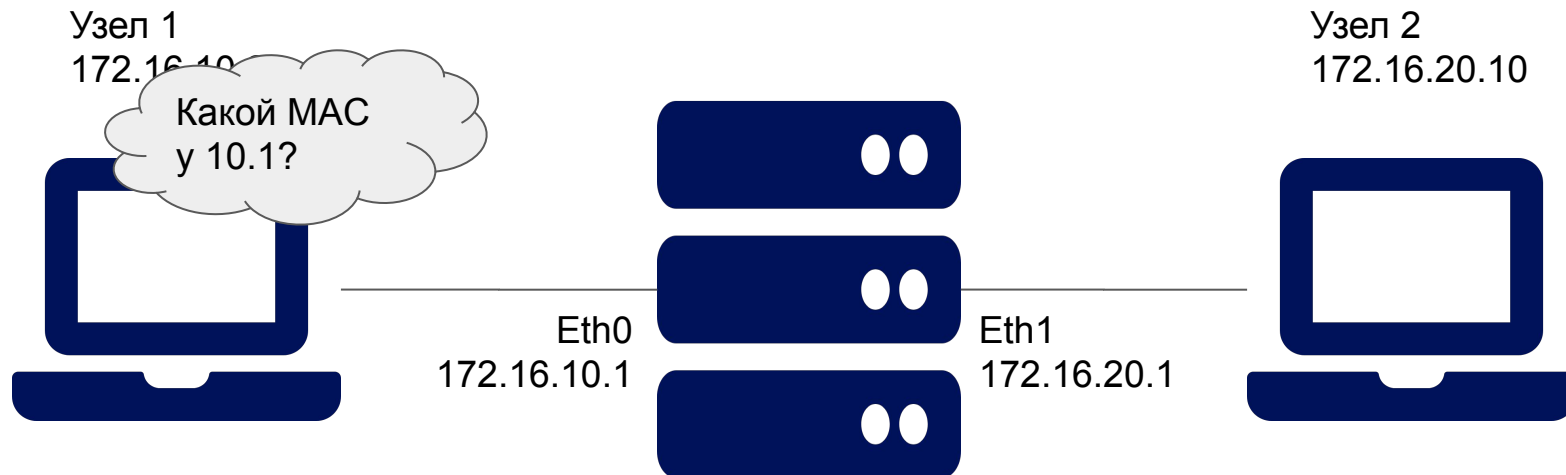
Eth1  
172.16.20.1

Узел 2  
172.16.20.10



# Пример маршрутизации пакета

Для отправки на 172.16.10.1 по Ethernet  
нужно знать его MAC адрес  
Отправляется запрос в ARP-таблицу

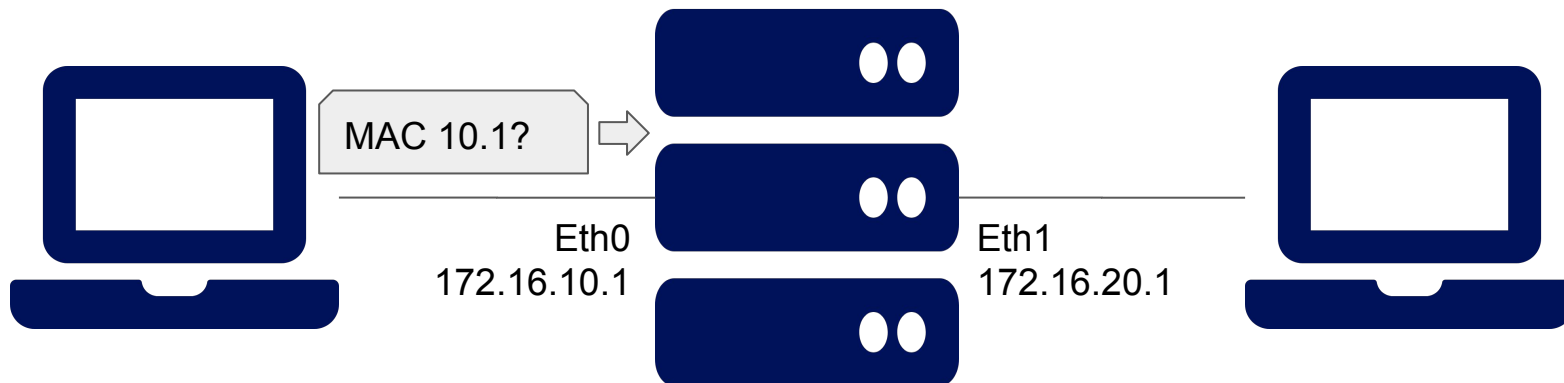


# Пример маршрутизации пакета

Если в таблице нет этой записи, то отправляется широковещательный запрос ARP

Узел 1  
172.16.10.2

Узел 2  
172.16.20.10



# Пример маршрутизации пакета

Маршрутизатор сообщает свой  
MAC адрес интерфейса Eth0

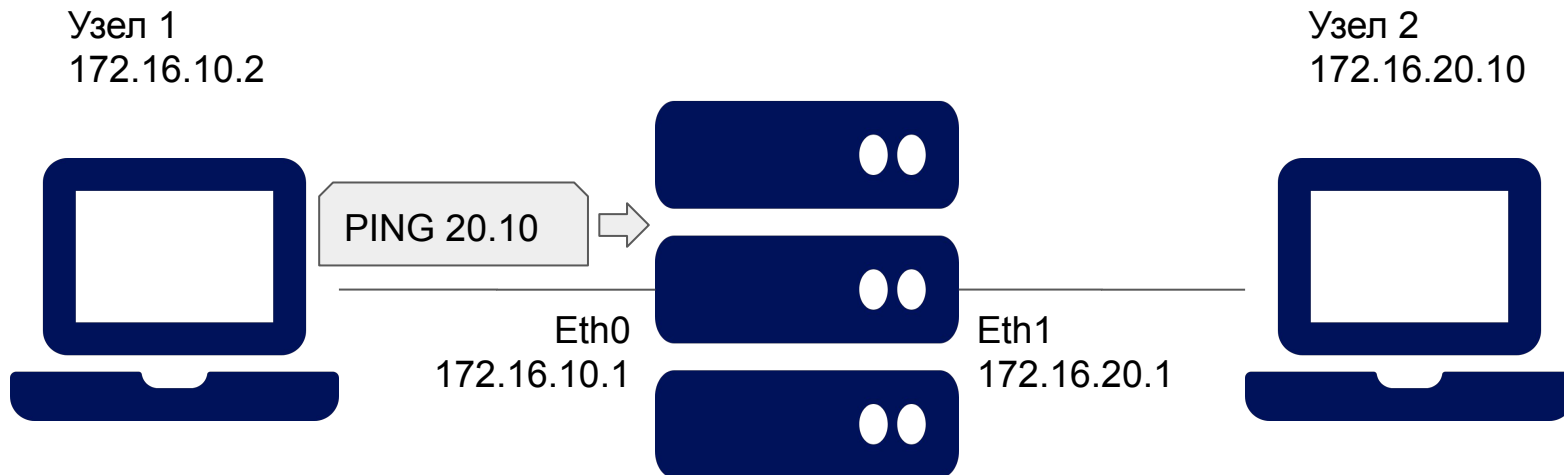
Узел 1  
172.16.10.2

Узел 2  
172.16.20.10



# Пример маршрутизации пакета

10.2 знает MAC маршрутизатора.  
Инкапсулирует ICMP в IP, а IP в Eth



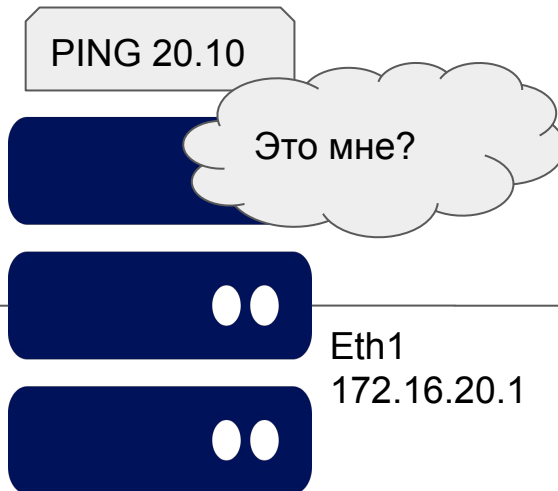
# Пример маршрутизации пакета

Так как у пакета указан аппаратный адрес маршрутизатора, то он его принимает. Пакет передается на уровень IP

Узел 1  
172.16.10.2



Eth0  
172.16.10.1



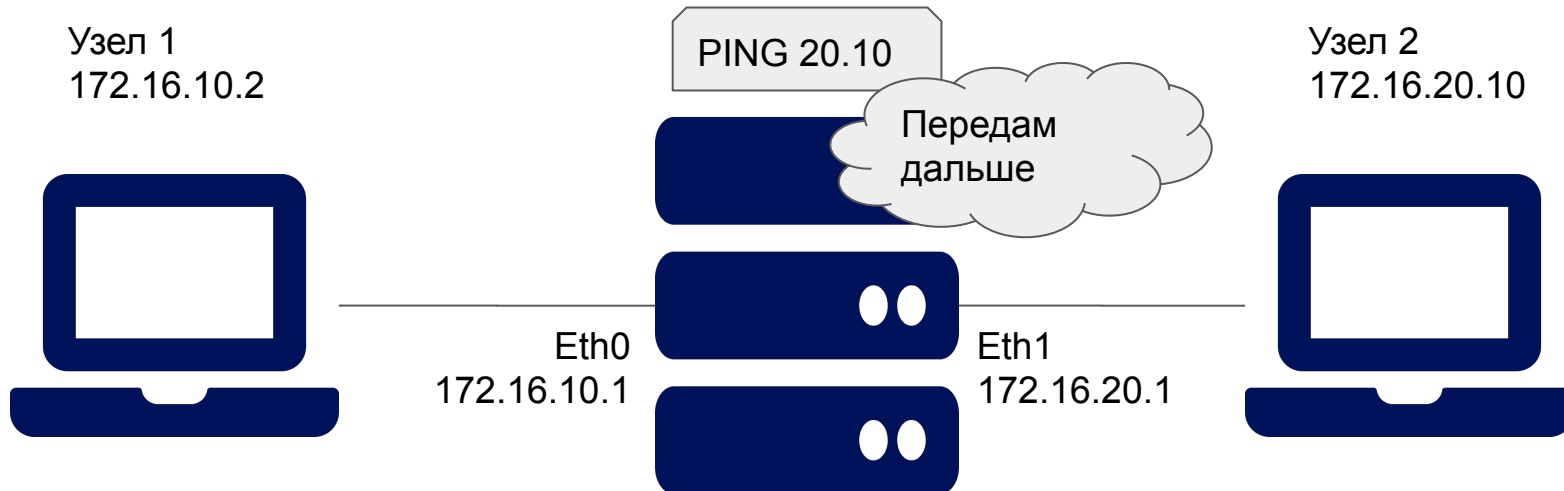
Eth1  
172.16.20.1

Узел 2  
172.16.20.10



# Пример маршрутизации пакета

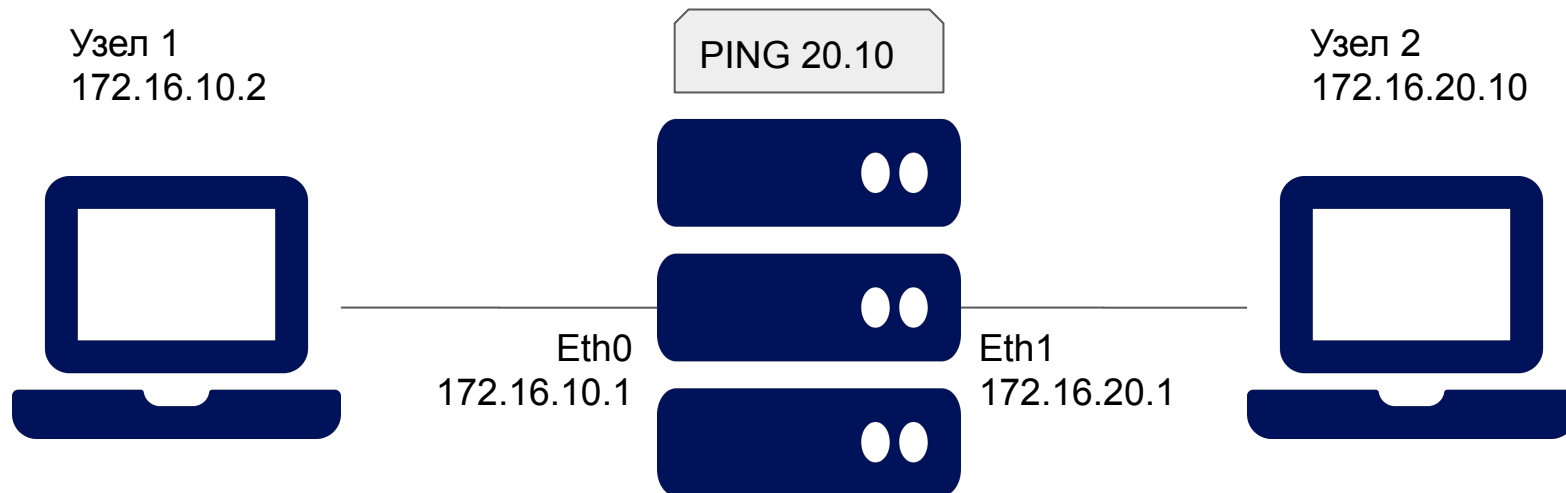
Происходит проверка IP адреса. Он не соответствует адресу самого маршрутизатора. Следовательно, подлежит пересылке дальше.





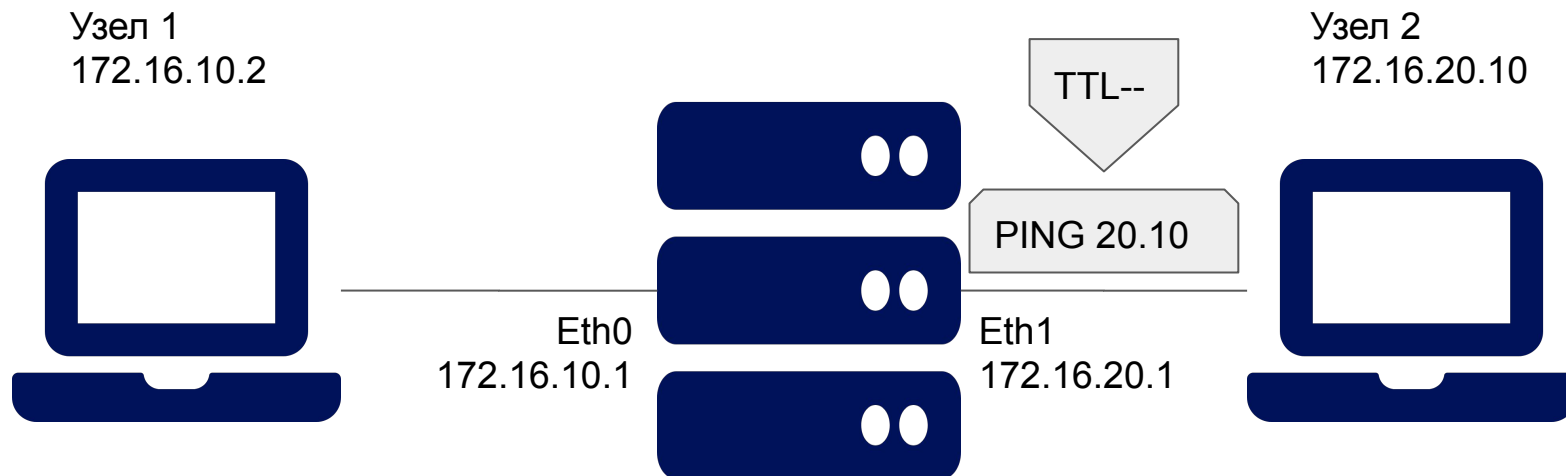
# Пример маршрутизации пакета

Маршрутизатор анализирует поле IP адреса и обнаруживает, что пакет предназначен узлу подключенному к интерфейсу Eth1



# Пример маршрутизации пакета

Маршрутизатор декрементирует поле TTL. Устанавливает аппаратный адрес получателя соответствующий узлу 2 и отправляет через интерфейс Eth1



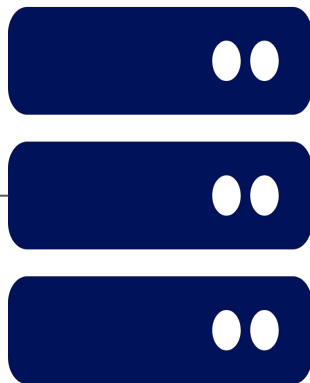
# Пример маршрутизации пакета

Узел 2 принимает пакет. Так как аппаратный и IP адрес соответствуют его собственным принимает и обрабатывает запрос. Ответ отправляется аналогичным образом.

Узел 1  
172.16.10.2



Eth0  
172.16.10.1



Eth1  
172.16.20.1

Узел 2  
172.16.20.10



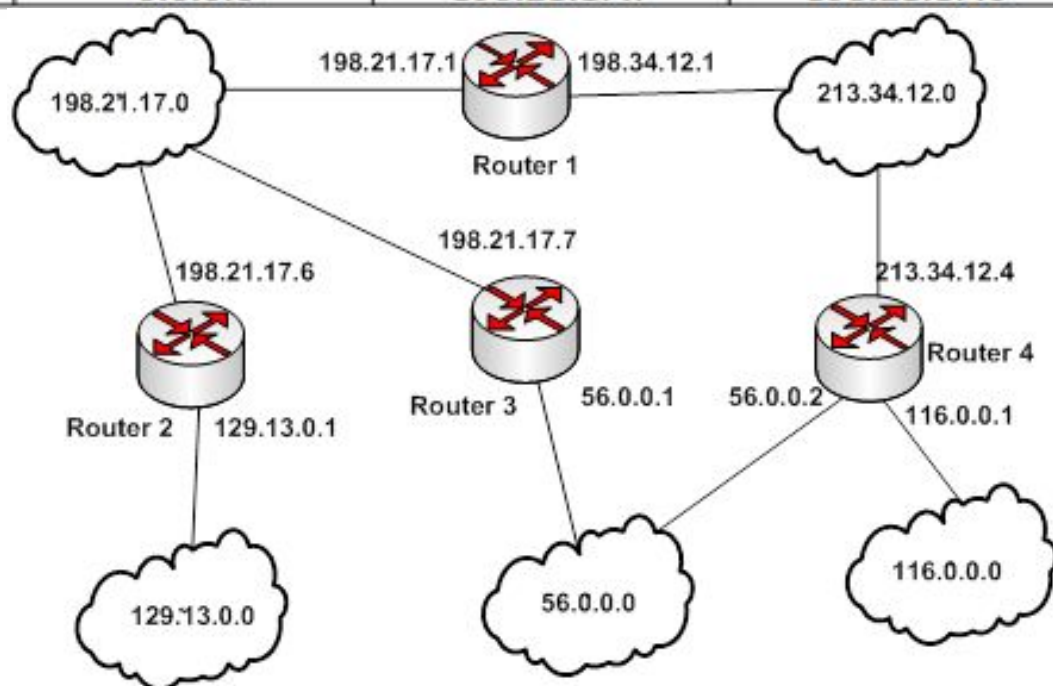
# Таблицы маршрутизации

Таблица маршрутизации - это таблица соответствия сетей назначения и доступных сетевых интерфейсов.

Поля таблицы:

- Адрес сети\узла назначения
- Маска сети\узла
- Адрес шлюза, через который необходимо пересылать пакеты
- Метрика - “стоимость” пересылки

Сетевой адрес	Маска сети	Адрес шлюза	Интерфейс	Метрика
129.13.0.0	255.255.0.0	-	129.13.0.1	подключен
198.21.17.0	255.255.255.0	-	198.21.17.6	подключен
213.34.12.0	255.255.255.0	198.21.17.1	198.21.17.6	1
56.0.0.0	255.0.0.0	198.21.17.7	198.21.17.6	1
116.0.0.0	255.0.0.0	198.21.17.7	198.21.17.6	2
116.0.0.0	255.0.0.0	198.21.17.1	198.21.17.6	2
0.0.0.0	0.0.0.0	198.21.17.7	198.21.17.6	-



# Закольцованные маршруты

При некорректно настроенной таблице маршрутизации, пакеты могут попадать безвыходное положение

Решение:

- При каждой пересылке через маршрутизатор значение TTL ip-датаграммы уменьшается на 1
- При достижении 0 такой пакет уничтожается

# Transport layer - транспортный уровень

- Обеспечивает контроль передачи и проверку получения данных
  - Обнаружение дублирования и потери пакетов
- 
- TCP
  - UDP
  - SPX

# Application layer

- Определяют вид и представление информации на пользовательском уровне
- HTTP/WWW
- NFS/SMB/Bonjour
- SMTP/IMAP
- XMMP