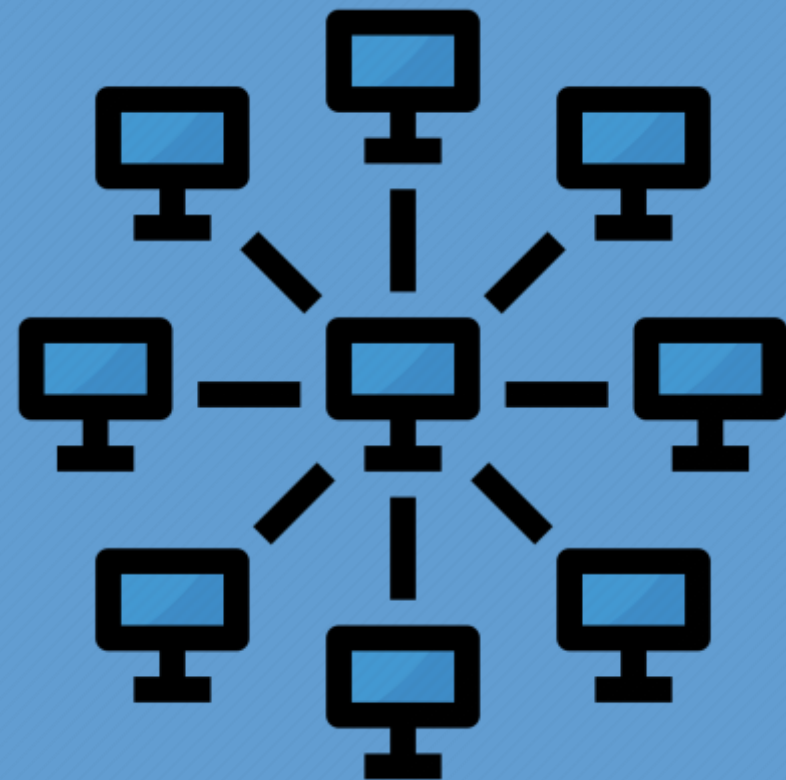


# ОСНОВЫ СЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ. ЧАСТЬ 1



## ЛЕКЦИЯ 6. МЕХАНИЗМ МАРШРУТИЗАЦИИ, ПРОТОКОЛ ARP

КАФЕДРА  
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ

# 6.1. МАРШРУТИЗАЦИЯ НА ХОСТАХ

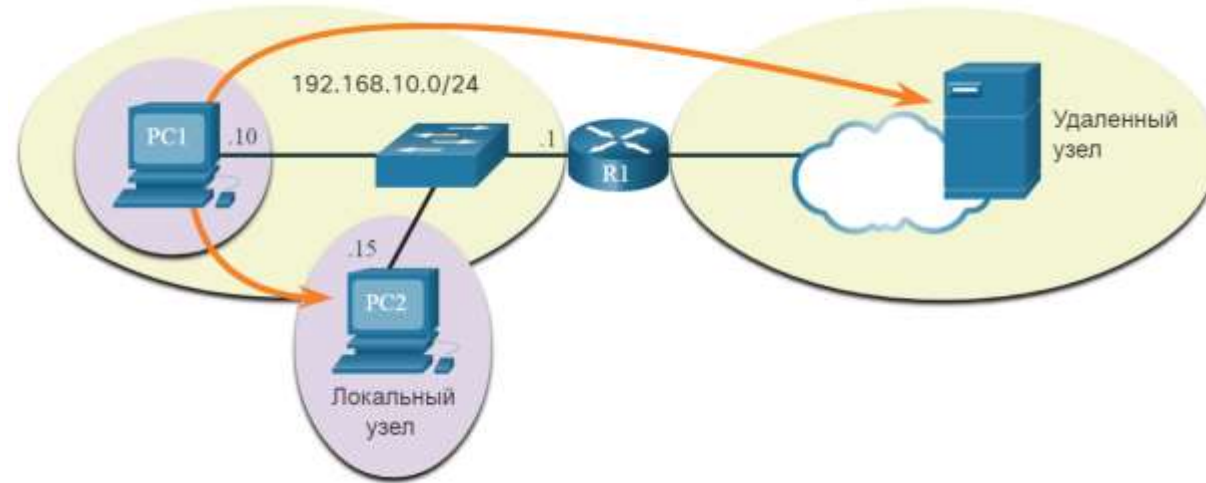
## 6.1.1. РЕШЕНИЕ О ПЕРЕАДРЕСАЦИИ ПАКЕТОВ УЗЛОМ

Другим предназначением сетевого узла является **пересылка пакетов** между узлами. Узел может отправить пакет на следующие адреса:

1. **Себе** – хост может пинговать себя, посылая пакеты на специальный IPv4-адрес 127.0.0.1 или IPv6-адрес ::1, который называется интерфейсом обратной связи. Отправка эхо запроса на интерфейс loopback тестирует стек протокола TCP/IP на узле.

2. **Локальный узел.** Узел в той же локальной сети, в которой также находится отправляющий узел. Хосты источника и назначения используют один и тот же сетевой адрес.

3. **Удаленный узел** – это узел в удаленной сети. Хосты источника и назначения не используют один и тот же сетевой адрес.



# 6.1. МАРШРУТИЗАЦИЯ НА ХОСТАХ

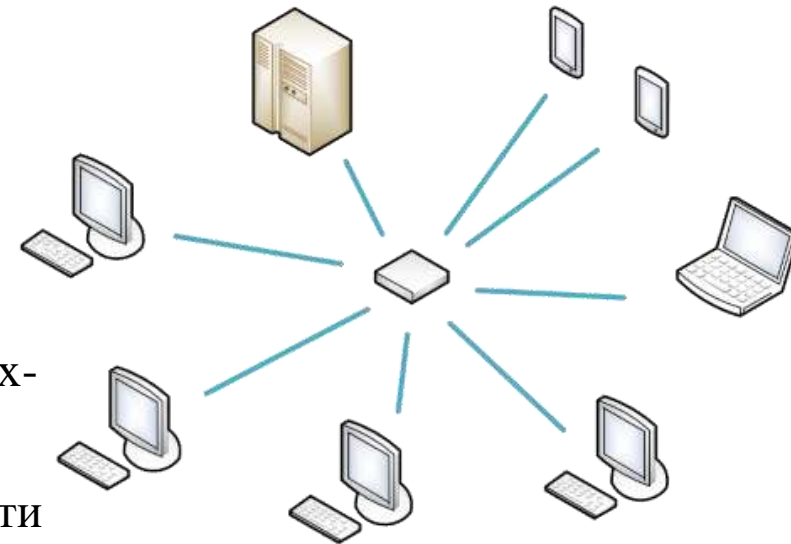
## 6.1.1. РЕШЕНИЕ О ПЕРЕАДРЕСАЦИИ ПАКЕТОВ УЗЛОМ

Какому узлу адресован пакет – локальному или удалённому – определяется **комбинацией IP-адреса и маски подсети** устройства источника, которые сравниваются с IP-адресом и маской подсети устройства назначения.

В домашней или корпоративной сети могут находиться несколько проводных и беспроводных устройств, соединённых друг с другом с помощью промежуточного устройства, такого как коммутатор локальной сети или точка беспроводного доступа (WAP).

Это промежуточное устройство обеспечивает соединение между локальными узлами в локальной сети. Локальные узлы могут получать доступ друг к другу и обмениваться информацией без использования каких-либо дополнительных устройств.

Если узел отправляет пакет устройству, которое настроено в этой же IP-сети в качестве главного устройства, пакет просто пересылается из интерфейса узла через промежуточное устройство прямо на устройство назначения.



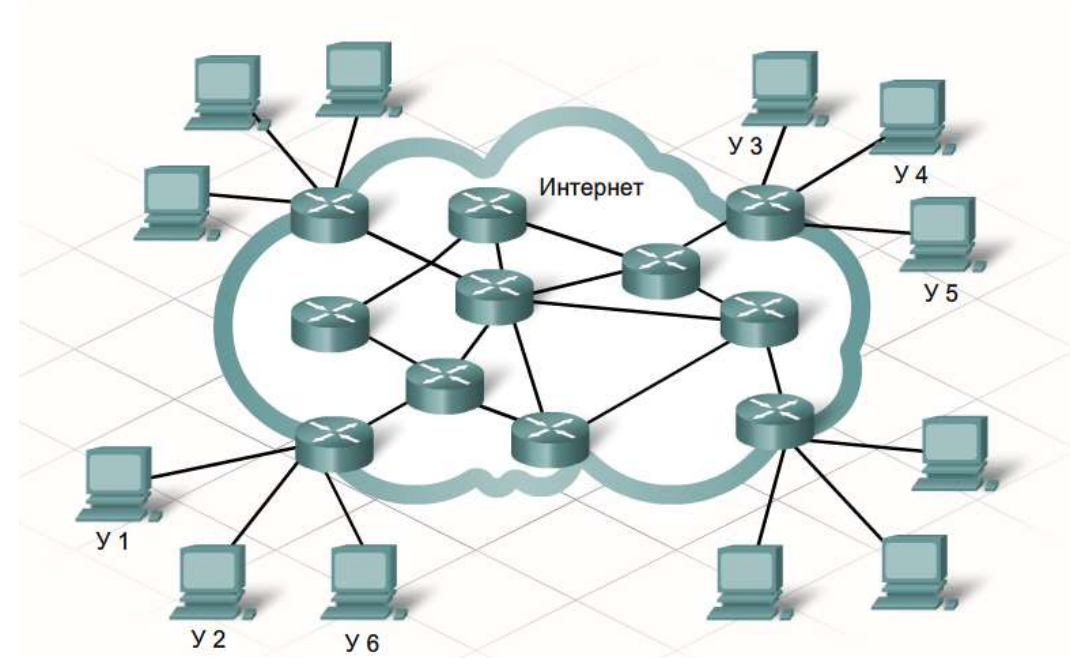
# 6.1. МАРШРУТИЗАЦИЯ НА ХОСТАХ

## 6.1.1. РЕШЕНИЕ О ПЕРЕАДРЕСАЦИИ ПАКЕТОВ УЗЛОМ

В большинстве случаев нам требуется, чтобы устройства могли устанавливать соединения за пределами сегмента локальной сети: подключаться к другим домам, офисам и Интернету.

Устройства, которые не входят в сегмент локальной сети, называются **удалёнными узлами**. Если исходное устройство отправляет пакет к удалённому устройству назначения, то в этом случае требуется помощь маршрутизаторов и выполнение маршрутизации.

**Маршрутизация** — это процесс определения наилучшего пути к узлу назначения. Маршрутизатор, подключённый к сегменту локальной сети, называется шлюзом по умолчанию.



# 6.1. МАРШРУТИЗАЦИЯ НА ХОСТАХ

## 6.1.2. ШЛЮЗ ПО УМОЛЧАНИЮ

**Шлюз по умолчанию** – это устройство, которое направляет трафик из локальной сети к устройствам в удалённых сетях. В домашних условиях или на малых предприятиях шлюз по умолчанию часто используется для подключения локальной сети к Интернету.

Если узел отправляет пакет устройству в другой IP-сети, то в этом случае он должен пересылать пакет через промежуточное устройство к шлюзу по умолчанию. Шлюз по умолчанию, в роли которого чаще всего выступает маршрутизатор, сохраняет **таблицу маршрутизации**.



# 6.1. МАРШРУТИЗАЦИЯ НА ХОСТАХ

## 6.1.3. ТАБЛИЦА МАРШРУТИЗАЦИИ УЗЛА

На узле Windows команда `route print` или `netstat -r` можно использовать для отображения таблицы маршрутизации узла. Обе команды выдают одинаковый результат.



Как правило, локальная таблица узла содержит следующую информацию:

1. **Прямое подключение** – маршрут к интерфейсу loopback (127.0.0.1).
2. **Маршрут локальной сети** – информация о сети, к которой подключён узел, автоматически добавляется в таблицу маршрутизации узла.
3. **Локальный маршрут по умолчанию** – это маршрут, который должны пройти пакеты, чтобы достичь всех удалённых сетевых адресов. Маршрут по умолчанию создаётся в том случае, когда на узле имеется адрес шлюза по умолчанию. Адрес шлюза по умолчанию – это IP-адрес сетевого интерфейса маршрутизатора, подключённого к локальной сети. Адрес шлюза по умолчанию можно настроить на узле вручную, либо его можно получить динамически.



# 6.1. МАРШРУТИЗАЦИЯ НА ХОСТАХ

## 6.1.3. ТАБЛИЦА МАРШРУТИЗАЦИИ УЗЛА

В таблице будут отображены следующие три раздела, относящиеся к текущим сетевым подключениям ТСР/ІР.

**Список интерфейсов:** содержит адрес управления доступом к среде (MAC) и присвоенный номер интерфейса с поддержкой сети на узле, включая адаптеры Ethernet, Wi-Fi и Bluetooth.

**Таблица маршрутизации IPv4:** содержит все известные маршруты IPv4, включая прямые подключения, локальные сети и локальные маршруты, используемые по умолчанию.

**Таблица маршрутизации IPv6:** содержит все известные маршруты IPv6, включая прямые подключения, локальные сети и локальные маршруты, используемые по умолчанию.

```
C:\Users\Ker>route print
=====
Список интерфейсов
16...a8 5e 45 c0 41 a6 .....Realtek PCIe GbE Family Controller
15.....Wintun Userspace Tunnel
23...0a 00 27 00 00 17 .....VirtualBox Host-Only Ethernet Adapter
3...00 ff 09 4b e3 7a .....TAP-Windows Adapter V9
8...02 91 33 f5 1b 9f .....Microsoft Wi-Fi Direct Virtual Adapter #3
24...c2 91 33 f5 1b 9f .....Microsoft Wi-Fi Direct Virtual Adapter #4
10...00 91 33 f5 1b 9f .....Realtek 8822CE Wireless LAN 802.11ac PCI-E NIC
25...80 91 33 f5 1b 9e .....Bluetooth Device (Personal Area Network)
3.....Software Loopback Interface 1
=====

IPv4 таблица маршрута
=====
Активные маршруты:
Сетевой адрес      Маска сети      Адрес шлюза      Интерфейс      Метрика
0.0.0.0            0.0.0.0         192.168.1.1      192.168.1.4    35
127.0.0.0          255.0.0.0       On-link          127.0.0.1      331
127.0.0.1          255.255.255.255 On-link          127.0.0.1      331
127.255.255.255    255.255.255.255 On-link          127.0.0.1      331
192.168.1.0        255.255.255.0   On-link          192.168.1.4    291
192.168.1.4        255.255.255.255 On-link          192.168.1.4    291
192.168.1.255      255.255.255.255 On-link          192.168.1.4    291
192.168.56.0       255.255.255.0   On-link          192.168.56.1   281
192.168.56.1       255.255.255.255 On-link          192.168.56.1   281
192.168.56.255     255.255.255.255 On-link          192.168.56.1   281
224.0.0.0          240.0.0.0       On-link          127.0.0.1      331
224.0.0.0          240.0.0.0       On-link          192.168.56.1   281
224.0.0.0          240.0.0.0       On-link          192.168.1.4    291
255.255.255.255    255.255.255.255 On-link          127.0.0.1      331
255.255.255.255    255.255.255.255 On-link          192.168.56.1   281
255.255.255.255    255.255.255.255 On-link          192.168.1.4    291
=====
Постоянные маршруты:
Отсутствует

IPv6 таблица маршрута
=====
Активные маршруты:
Метрика  Сетевой адрес      Шлюз
1 331 ::1/128         On-link
23 281 fe80::/64       On-link
10 291 fe80::/64       On-link
23 281 fe80::818b:8e1a:91b8:6ef3/128 On-link
10 291 fe80::cddd:daac:3b60:910/128 On-link
1 331 ff00::/8         On-link
23 281 ff00::/8         On-link
10 291 ff00::/8         On-link
=====
Постоянные маршруты:
Отсутствует
```

# 6.1. МАРШРУТИЗАЦИЯ НА ХОСТАХ

## 6.1.3. ТАБЛИЦА МАРШРУТИЗАЦИИ УЗЛА

На рисунке показан раздел таблицы маршрутизации IPv4:

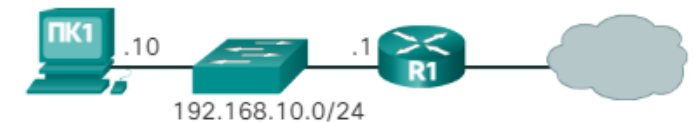
**Network Destination** (сеть назначения): список достигаемых сетей.

**Netmask** (маска сети): содержит маску подсети, которая сообщает узлу, как следует определять сеть и узловые части IP-адреса.

**Gateway** (шлюз): содержит адрес, который используется локальным компьютером, чтобы достичь удалённого сетевого адресата. Если узел назначения доступен напрямую, в этом столбце он будет отображен как «On-link» (соединено).

**Interface** (интерфейс): содержит адрес физического интерфейса, который используется для отправки пакета к шлюзу, используемому для достижения сетевого адресата.

**Metric** (метрика): содержит стоимость каждого маршрута и используется для определения наилучшего маршрута к адресату.



```
C:\Users\PC1>netstat -r
```

<выходные данные опущены>

IPv4 Route Table

Network	Destination	Netmask	Gateway	Interface	Metric
	0.0.0.0	0.0.0.0	192.168.10.1	192.168.10.10	25
	127.0.0.0	255.0.0.0	On-link	127.0.0.1	306
	127.0.0.1	255.255.255.255	On-link	127.0.0.1	306
127.255.255.255	255.255.255.255		On-link	127.0.0.1	306
192.168.10.0	255.255.255.0		On-link	192.168.10.10	281
192.168.10.10	255.255.255.255		On-link	192.168.10.10	281
192.168.10.255	255.255.255.255		On-link	192.168.10.10	281
224.0.0.0	240.0.0.0		On-link	127.0.0.1	306
224.0.0.0	240.0.0.0		On-link	192.168.10.10	281
255.255.255.255	255.255.255.255		On-link	127.0.0.1	306
255.255.255.255	255.255.255.255		On-link	192.168.10.10	281

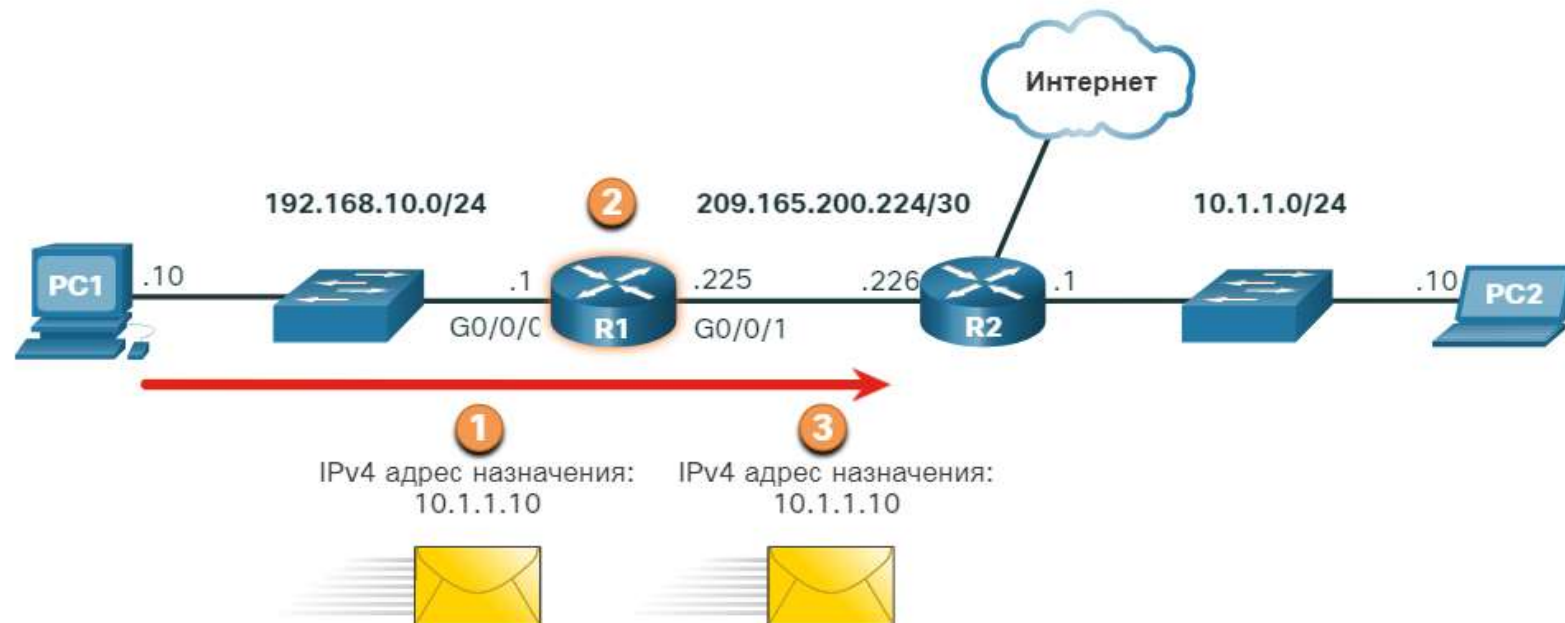
<выходные данные опущены>



## 6.2. ВВЕДЕНИЕ В МАРШРУТИЗАЦИЮ

### 6.2.1. РЕШЕНИЕ О ПЕРЕАДРЕСАЦИИ ПАКЕТОВ МАРШРУТИЗАТОРА

Маршрутизатор считывает IP-адрес назначения и просматривает свою таблицу маршрутизации, определяя, куда нужно переслать пакет. Таблица маршрутизации содержит список всех известных сетевых адресов (префиксов) и куда пересылать пакет. Эти записи известны как записи маршрута или **маршруты**. Маршрутизатор пересылает пакет, используя наилучшую соответствующую запись маршрута.



## 6.2. ВВЕДЕНИЕ В МАРШРУТИЗАЦИЮ

### 6.2.1. РЕШЕНИЕ О ПЕРЕАДРЕСАЦИИ ПАКЕТОВ МАРШРУТИЗАТОРА

Пакет поступает на интерфейс Gigabit Ethernet 0/0/0 маршрутизатора R1. R1 деинкапсулирует заголовок Ethernet уровня 2 и концевик.

Маршрутизатор R1 проверяет адрес назначения IPv4 пакета и ищет **наилучшее соответствие** в своей таблице маршрутизации IPv4. Запись маршрута указывает, что этот пакет должен быть перенаправлен на маршрутизатор R2.

Маршрутизатор R1 инкапсулирует пакет в новый заголовок и концевик Ethernet и пересылает пакет на маршрутизатор следующего хопа – R2.

В следующей таблице приведены соответствующие сведения из таблицы маршрутизации R1.

Route	Интерфейс следующего перехода или выхода
192.168.10.0 /24	G0/0/0
209.165.200.224/30	G0/0/1
<b>10.1.1.0/24</b>	<b>через R2</b>
Маршрут по умолчанию 0.0.0.0/0	через R2

## 6.2. ВВЕДЕНИЕ В МАРШРУТИЗАЦИЮ

### 6.2.2. ТАБЛИЦА МАРШРУТИЗАЦИИ IP-МАРШРУТИЗАТОРА

В таблице маршрутизации хранятся три типа записей маршрута:

**1. Сети с прямым подключением (Directly-connected networks)** – эти записи сетевого маршрута являются активными интерфейсами маршрутизатора. Маршрутизаторы добавляют маршрут с прямым подключением, когда интерфейс настроен с IP-адресом и активирован. Каждый из интерфейсов маршрутизатора подключен к разному сегменту сети. На рисунке сети с прямым подключением в таблице маршрутизации R1 IPv4 будут иметь значения 192.168.10.0/24 и 209.165.200.224/30.



## 6.2. ВВЕДЕНИЕ В МАРШРУТИЗАЦИЮ

### 6.2.2. ТАБЛИЦА МАРШРУТИЗАЦИИ IP-МАРШРУТИЗАТОРА

**2. Удаленные маршруты** – это удаленные сети, подключенные к другим маршрутизаторам. Маршрутизаторы узнают о удаленных сетях либо путем явной настройки администратором, либо путем обмена информацией о маршрутах с помощью протокола динамической маршрутизации. На рисунке удаленная сеть в таблице маршрутизации R1 IPv4 будет иметь значение 10.1.1.0/24.

**3. Маршрут по умолчанию** – используется, если в таблице IP-маршрутизации нет лучшего (наибольшего) соответствия. На рисунке таблица маршрутизации R1 IPv4, скорее всего, будет включать маршрут по умолчанию для пересылки всех пакетов маршрутизатору R2.



## 6.2. ВВЕДЕНИЕ В МАРШРУТИЗАЦИЮ

### 6.2.2. ТАБЛИЦА МАРШРУТИЗАЦИИ IP-МАРШРУТИЗАТОРА

В итоге, R1 имеет две **сети прямого подключения**:

192.168.10.0/24

209.165.200.224/30



R1 также имеет **удаленные сети** (например, 10.1.1.0/24 и Интернет), о которых он может узнать.

Маршрутизатор может узнать о удаленных сетях одним из двух способов:

**Вручную.** Данные об удаленных сетях вручную вводятся в таблицу маршрутов с использованием статических маршрутов.

**Динамически.** Удаленные маршруты автоматически добавляются с использованием протокола динамической маршрутизации.

## 6.2. ВВЕДЕНИЕ В МАРШРУТИЗАЦИЮ

### 6.2.3. ТАБЛИЦА МАРШРУТИЗАЦИИ IP-МАРШРУТИЗАТОРА

Таблица маршрутизации узла включает в себя только информацию о сетях с прямым подключением. Для отправки пакетов удалённому адресату узлу требуется шлюз по умолчанию. Таблица маршрутизации маршрутизатора содержит подобную информацию, но также позволяет определить конкретные удалённые сети.

Таблица маршрутизации маршрутизатора подобна аналогичной таблице узла. Обе таблицы содержат следующую информацию.

1. Сеть назначения
2. Метрика, связанная с сетью назначения
3. Шлюз для подключения к сети назначения

На маршрутизаторе можно использовать команду **show ip route**, чтобы отобразить таблицу маршрутизации. Кроме того, маршрутизатор предоставляет дополнительную информацию о маршруте, включая данные о его обнаружении, дату последнего обновления и соответствующий интерфейс, который необходимо использовать, чтобы достичь предварительно определённого адресата.



## 6.2. ВВЕДЕНИЕ В МАРШРУТИЗАЦИЮ

### 6.2.3. ТАБЛИЦА МАРШРУТИЗАЦИИ IP-МАРШРУТИЗАТОРА

Когда на интерфейс маршрутизатора поступает пакет, маршрутизатор анализирует его заголовок, чтобы определить сеть назначения.

Если сеть назначения совпадает с маршрутом в таблице маршрутизации, маршрутизатор пересылает пакет, используя информацию в таблице маршрутизации.

Если существует два или более вероятных маршрута к одному пункту назначения, для определения маршрута, который появится в таблице маршрутизации, используется **метрика**.

На рисунке показаны 2 сети с прямым подключением (**код C**) и 2 маршрута, полученные с помощью протокола динамической маршрутизации OSPF.

```
esr# show ip route
C      * 10.0.0.0/24      [0/0]    dev gi1/0/12,      [direct 00:49:34]
O      * 10.0.1.0/24      [150/20] via 10.0.0.1 on gi1/0/12,  [ospf1 00:49:53]  (0.0.0.3)
O      * 192.168.20.0/24  [150/30] via 10.0.0.1 on gi1/0/12,  [ospf1 00:50:15]  (0.0.0.3)
C      * 192.168.10.0/24  [0/0]    dev lo1,      [direct 21:32:01]
```

## 6.2. ВВЕДЕНИЕ В МАРШРУТИЗАЦИЮ

### 6.2.3. ТАБЛИЦА МАРШРУТИЗАЦИИ IP-МАРШРУТИЗАТОРА

Как и для сетей с прямым подключением, источник маршрута определяет, каким образом был обнаружен маршрут. Например, к общим кодам для удалённых сетей относятся следующие:

**S:** означает, что маршрут был создан вручную администратором, чтобы достичь определённой сети. Такой маршрут называется статическим.

**O:** означает, что маршрут был получен динамически от другого маршрутизатора с использованием протокола маршрутизации OSPF (протокола алгоритма кратчайшего пути).

```
esr# show ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP derived,
       O - OSPF derived, IA - OSPF inter area route,
       E1 - OSPF external type 1 route, E2 - OSPF external type 2 route
       B - BGP derived, D - DHCP derived, K - kernel route,
       * - FIB route
C      * 192.168.1.0/24    [0/0]    dev br1                [direct 01:14:16]
C      * 10.100.100.0/24  [0/0]    dev gi1/0/5           [direct 01:14:17]
esr# show ip route summary
Direct Connected: 12
Static:           46
RIP:              0
OSPF:             2000
BGP:              100000
```

## 6.2. ВВЕДЕНИЕ В МАРШРУТИЗАЦИЮ

### 6.2.3. ТАБЛИЦА МАРШРУТИЗАЦИИ IP-МАРШРУТИЗАТОРА

На рисунке показана запись таблицы маршрутизации на маршрутизаторе для маршрута к удалённой сети 10.0.1.0.

```
esr# show ip route
C      * 10.0.0.0/24      [0/0]    dev gi1/0/12,      [direct 00:49:34]
O      * 10.0.1.0/24      [150/20] via 10.0.0.1 on gi1/0/12, [ospf1 00:49:53] (0.0.0.3)
O      * 192.168.20.0/24  [150/30] via 10.0.0.1 on gi1/0/12, [ospf1 00:50:15] (0.0.0.3)
C      * 192.168.10.0/24  [0/0]    dev lo1,      [direct 21:32:01]
```

Запись содержит следующую информацию:

**Источник маршрута:** указывает способ получения маршрута.

**Сеть назначения:** указывает адрес удалённой сети.

**Административное расстояние:** указывает достоверность источника маршрута (первое значение в квадратных скобках).

## 6.2. ВВЕДЕНИЕ В МАРШРУТИЗАЦИЮ

### 6.2.3. ТАБЛИЦА МАРШРУТИЗАЦИИ IP-МАРШРУТИЗАТОРА

**Метрика:** указывает значение, присвоенное для получения доступа к удалённой сети (удаленность маршрута). Это второе значение в квадратных скобках. Меньшие значения означают предпочтительные маршруты.

**Следующий переход:** указывает IP-адрес следующего маршрутизатора для пересылки пакета (метка via).

**Отметка времени маршрута:** указывает последнюю активность маршрута.

**Исходящий интерфейс:** указывает выходной интерфейс для пересылки пакетов к окончательному адресату (метка on).

```
esr# show ip route
C    * 10.0.0.0/24      [0/0]   dev gi1/0/12,      [direct 00:49:34]
O    * 10.0.1.0/24      [150/20] via 10.0.0.1 on gi1/0/12,  [ospf1 00:49:53] (0.0.0.3)
O    * 192.168.20.0/24  [150/30] via 10.0.0.1 on gi1/0/12,  [ospf1 00:50:15] (0.0.0.3)
C    * 192.168.10.0/24  [0/0]   dev lo1,                 [direct 21:32:01]
```

## 6.3. MAC- И IP-АДРЕСА

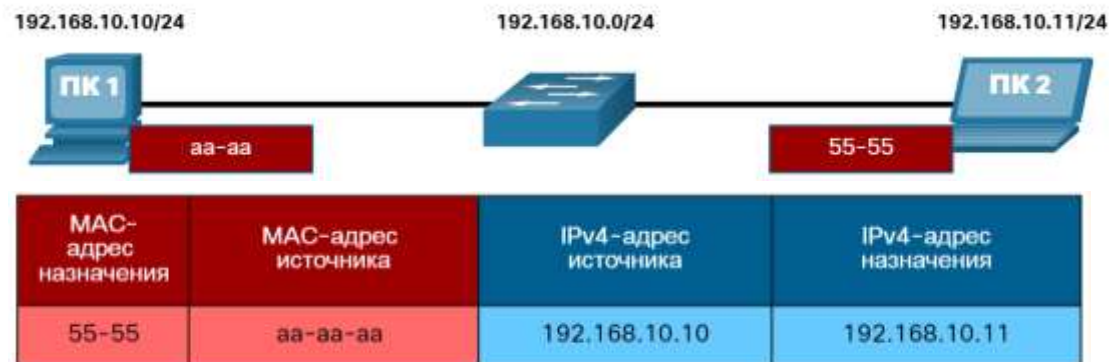
### 6.3.1. УСТРОЙСТВА НАЗНАЧЕНИЯ В ТОЙ ЖЕ СЕТИ

Устройству в локальной сети Ethernet присваиваются два основных адреса.

**Физический адрес (MAC-адрес)** используется для обмена данными между сетевыми платами Ethernet устройств, находящихся в одной сети.

**Логический адрес (IP-адрес)** используется для отправки пакетов от источника к назначению. IP-адрес назначения может находиться в той же IP-сети, что и источник, либо в удаленной сети.

Адреса уровня 2 используются для доставки кадров из одного сетевого адаптера в другой сетевой адаптер в той же сети. Если IP-адрес назначения находится в той же сети, то MAC-адресом назначения является адрес устройства назначения.



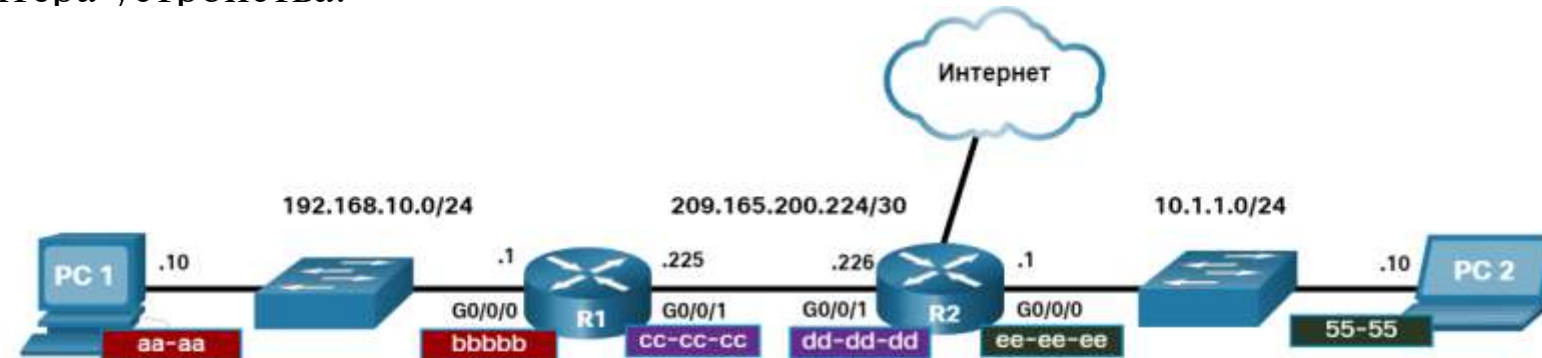
## 6.3. MAC- И IP-АДРЕСА

### 6.3.2. УСТРОЙСТВА НАЗНАЧЕНИЯ В УДАЛЕННОЙ СЕТИ

Если IP-адрес назначения находится в удаленной сети, то MAC-адресом назначения является адрес шлюза хоста по умолчанию.

ARP используется протоколом IPv4 для связывания IPv4 адреса устройства с MAC-адресом NIC устройства.

ICMPv6 используется протоколом IPv6 для связывания IPv6 адреса устройства с MAC-адресом сетевого адаптера устройства.



MAC-адрес назначения	MAC-адрес источника	IPv4-адрес источника	IPv4-адрес назначения
bb-bb-bb	aa-aa-aa	192.168.10.10	10.1.1.10



## 6.4. ARP

### 6.4.1. ОБЗОР ARP

Устройство использует ARP для определения MAC-адреса назначения локального устройства, когда оно знает свой IPv4 адрес.

Протокол ARP выполняет две основные функции.

1. Сопоставление IPv4-адресов и MAC-адресов.
2. Ведение ARP-таблицы соответствий IPv4 с MAC-адресами.



## 6.4. ARP

### 6.4.2. ФУНКЦИИ ПРОТОКОЛА ARP

Когда пакет отправляется на канальный уровень для инкапсуляции в кадре Ethernet, устройство обращается к таблице в своей памяти, чтобы найти MAC-адрес, который сопоставлен с IPv4-адресом. Эта таблица хранится в ОЗУ и называется **ARP-таблицей** или ARP-кешем.

Передающее устройство ищет в своей таблице ARP IPv4-адрес назначения и соответствующий MAC-адрес:

1. Если IPv4-адрес назначения пакета находится в той же сети, что и IPv4-адрес источника, устройство ищет в таблице ARP IPv4-адрес назначения.
2. Если IPv4-адрес назначения пакета находится не в той же сети, что IPv4-адрес источника, устройство ищет в таблице ARP IPv4-адрес шлюза по умолчанию.

## 6.4. ARP

### 6.4.3. ARP-ЗАПРОС

Сообщения ARP-запроса инкапсулируются непосредственно в кадре Ethernet. Заголовок IPv4 отсутствует. ARP-запрос инкапсулируется в кадре Ethernet со следующей информацией в заголовке:

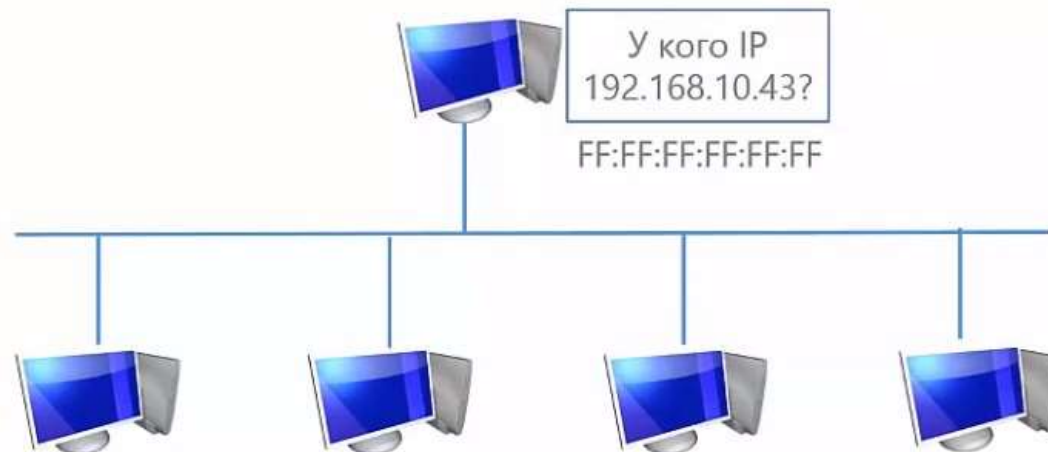
- 1. MAC-адрес назначения.** Широковещательный адрес FF-FF-FF-FF-FF-FF, требующей принятия и обработки ARP-запроса всеми сетевыми интерфейсными платами Ethernet в локальной сети (LAN).
- 2. MAC-адрес источника.** Это отправитель MAC-адреса в ARP-запросе.
- 3. Тип.** В сообщении ARP-запроса есть поле «Тип» со значением 0x806. Оно информирует принимающую сетевую плату о том, что для части кадра, выделенной для данных, необходимо использовать процесс ARP.

## 6.4. ARP

### 6.4.3. ARP-ЗАПРОС

Поскольку ARP-запросы являются **широковещательной рассылкой**, они рассылаются через все порты коммутатора, кроме принимающего порта. Все сетевые адаптеры Ethernet в процессе локальной сети транслируют и должны доставить запрос ARP в свою операционную систему для обработки.

Каждое устройство обрабатывает ARP-запрос на предмет совпадения целевого IPv4-адреса с собственным адресом. Маршрутизатор не пересылает широковещательные рассылки другим интерфейсам.

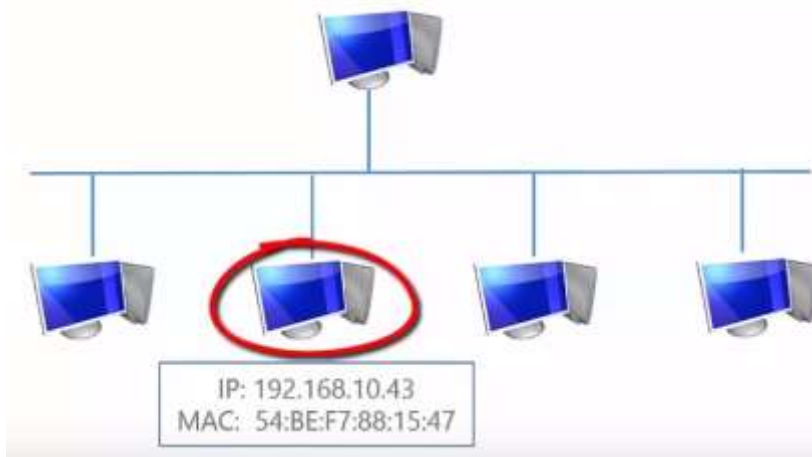


## 6.4. ARP

### 6.4.4. ARP-ОТВЕТ

Только устройство с IPv4-адресом, связанным с целевым IPv4-адресом в ARP-запросе, возвращает ARP-ответ. ARP-ответ инкапсулируется в кадре Ethernet со следующей информацией в заголовке:

1. **MAC-адрес получателя.** Это MAC-адрес сетевой платы Ethernet получателя.
2. **MAC-адрес источника.** Это MAC-адрес сетевой платы Ethernet отправителя.
3. **Тип.** В сообщении ARP-запроса есть поле «Тип» со значением 0x806. Оно информирует принимающую сетевую плату о том, что для части кадра, выделенной для данных, необходимо использовать процесс ARP.



## 6.4. ARP

### 6.4.4. ARP-ОТВЕТ

Одноадресный ARP-ответ получит только то устройство, которое отправило ARP-запрос. После получения ARP-ответа устройство добавит адрес IPv4 и соответствующий MAC-адрес в свою таблицу ARP. Теперь пакеты для этого IPv4-адреса можно инкапсулировать в кадрах, используя соответствующий ему MAC-адрес.

Если на ARP-запрос не отвечает ни одно устройство, пакет отбрасывается, поскольку сформировать кадр невозможно.

Записи в таблице ARP получают **метку времени**. Если к моменту истечения метки времени устройство не получит кадр от какого-либо устройства, запись для этого устройства будет удалена из таблицы ARP.

Кроме того, в таблицу ARP можно добавлять статические записи сопоставления, но это делается нечасто. Срок действия статических записей в таблице ARP не истекает со временем, поэтому их необходимо удалять вручную.



## 6.4. ARP

### 6.4.5. УДАЛЕНИЕ ЗАПИСЕЙ ИЗ ТАБЛИЦЫ ARP

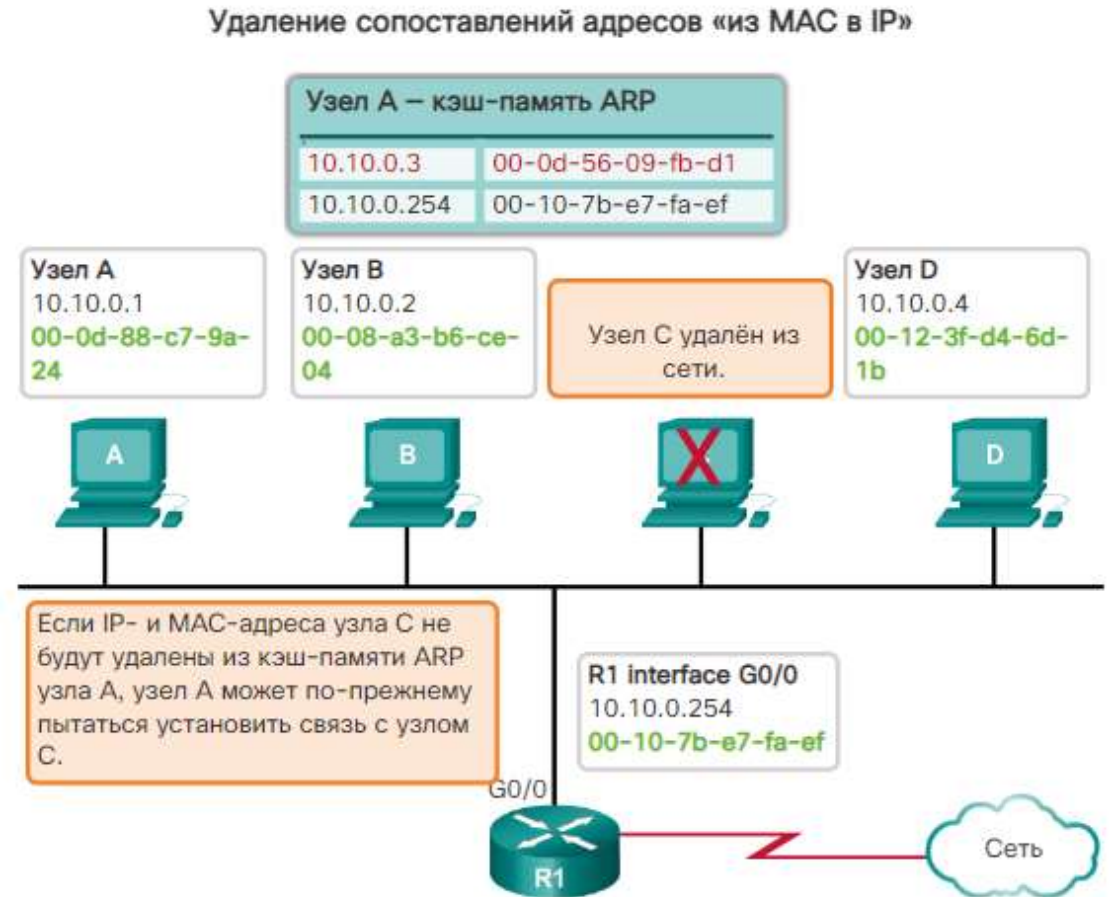
Записи в таблице ARP не являются постоянными и удаляются, когда таймер кэша ARP истекает по истечении указанного периода времени.

Этот период может быть разным в зависимости от операционной системы устройства.

Записи таблицы ARP также могут быть удалены администратором вручную.

Например, некоторые операционные системы Windows хранят записи кэша ARP в течение 2 минут.

Если в течение этого периода запись используется повторно, таймер ARP будет увеличен для неё до 10 минут.



## 6.4. ARP

### 6.4.6. ТАБЛИЦЫ ARP НА СЕТЕВЫХ УСТРОЙСТВАХ

На маршрутизаторе ESR для просмотра таблицы ARP используется команда `show arp`.

```
esr# show arp
```

Interface	IP address	MAC address	State	Age(min)
-----	-----	-----	-----	-----
bridge 1	192.168.1.1	a8:f9:4b:aa:00:40	--	--
gi1/0/5	10.255.100.1	d8:50:e6:d2:f0:46	reachable	2
gi1/0/5	10.255.100.5	a8:f9:4b:aa:00:45	--	--

Команда `arp -a` отображает таблицу ARP на компьютере с ОС Windows и Linux.

```
C:\Users\Ket>arp -a
```

Интерфейс: 192.168.1.4 --- 0х0

адрес в Интернете	Физический адрес	Тип
192.168.1.1	54-c2-50-d5-23-a8	динамический
192.168.1.255	ff-ff-ff-ff-ff-ff	статический
224.0.0.2	01-00-5e-00-00-02	статический
224.0.0.22	01-00-5e-00-00-16	статический
224.0.0.251	01-00-5e-00-00-fb	статический
224.0.0.252	01-00-5e-00-00-fc	статический
239.255.102.18	01-00-5e-7f-66-12	статический
239.255.255.250	01-00-5e-7f-ff-fa	статический
255.255.255.255	ff-ff-ff-ff-ff-ff	статический

## 6.4. ARP

### 6.4.7. ПРОБЛЕМЫ ARP

Поскольку ARP-запрос является кадром широковещательной рассылки, его получают и обрабатывают все устройства в локальной сети.

Чрезмерное распространение ARP может привести к снижению производительности.

Злоумышленник может использовать **ARP spoofing** для атаки «отравление» ARP-кеша.

Коммутаторы уровня предприятия включают методы снижения уровня защиты от атак ARP.



#### Проблемы ARP:

- Широковещательные рассылки в среде передачи данных
- Безопасность

Ложное сообщение ARP может предоставить неправильный MAC-адрес, что впоследствии позволит перехватывать кадры с использованием этого адреса (называемого подделкой)

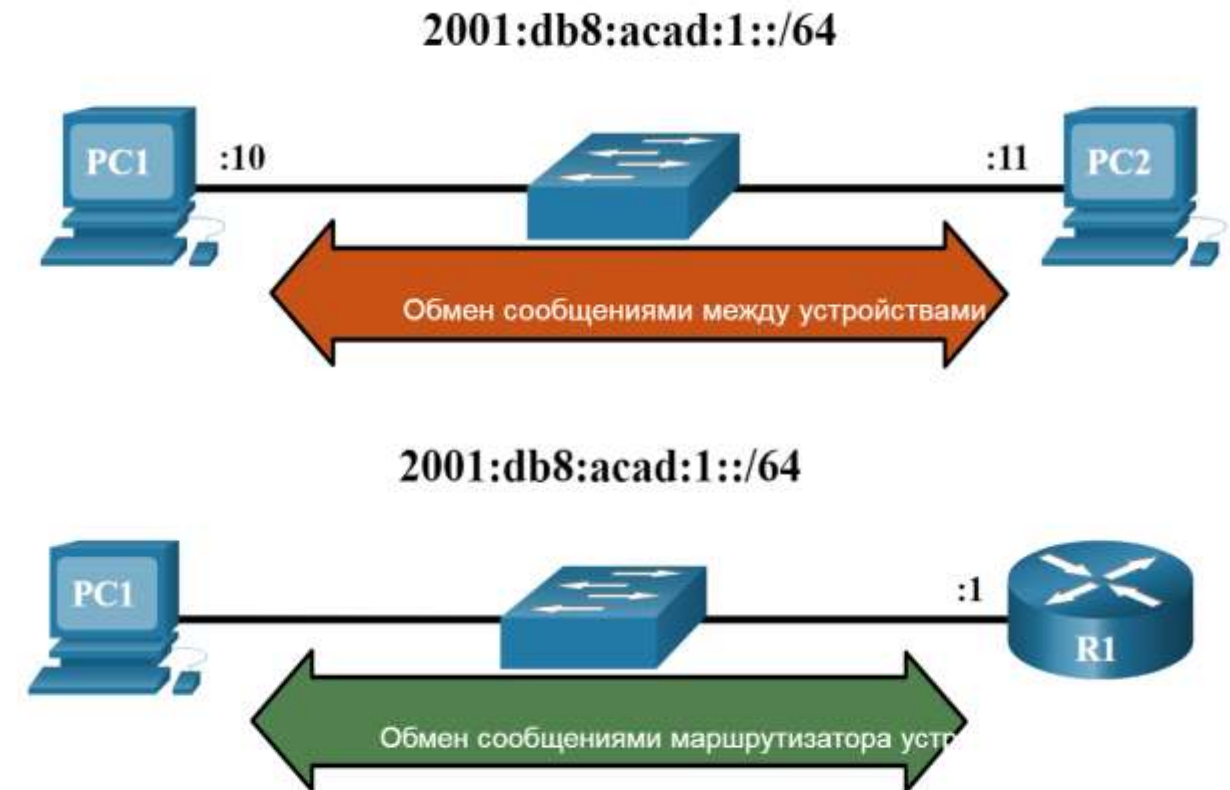
## 6.4. ARP

### 6.4.8. IPV6 ОБНАРУЖЕНИЕ СОСЕДЕЙ

«Запрос соседнего узла» и «Ответ соседнего узла» используются для обмена сообщениями между устройствами, например разрешения адресов (аналогично ARP для IPv4).

«Запрос к маршрутизатору» и «Ответ маршрутизатора» предназначены для обмена сообщениями между устройствами и маршрутизаторами.

Обычно обнаружение маршрутизатора используется для динамического распределения адресов и автонастройки адресов без состояния (SLAAC).



# ВОПРОСЫ ДЛЯ ПРОВЕРКИ



1. Дайте определение понятию «маршрутизация».
2. Что из себя представляет «шлюз по умолчанию»?
3. С помощью какой команды можно посмотреть таблицу маршрутизации на узле?
4. Каким образом маршрутизатор узнает об удаленных сетях?
5. С помощью какой команды можно посмотреть таблицу маршрутизации на маршрутизаторе?
6. Что такое метрика и административное расстояние?
7. Как формируется ARP-запрос и ARP-ответ?
8. Как посмотреть таблицу ARP на узле и на маршрутизаторе?
9. Какие проблемы связаны с протоколом ARP?
10. Как часто происходит очищение таблицы ARP?