



МОСКОВСКИЙ  
АВИАЦИОННЫЙ  
ИНСТИТУТ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

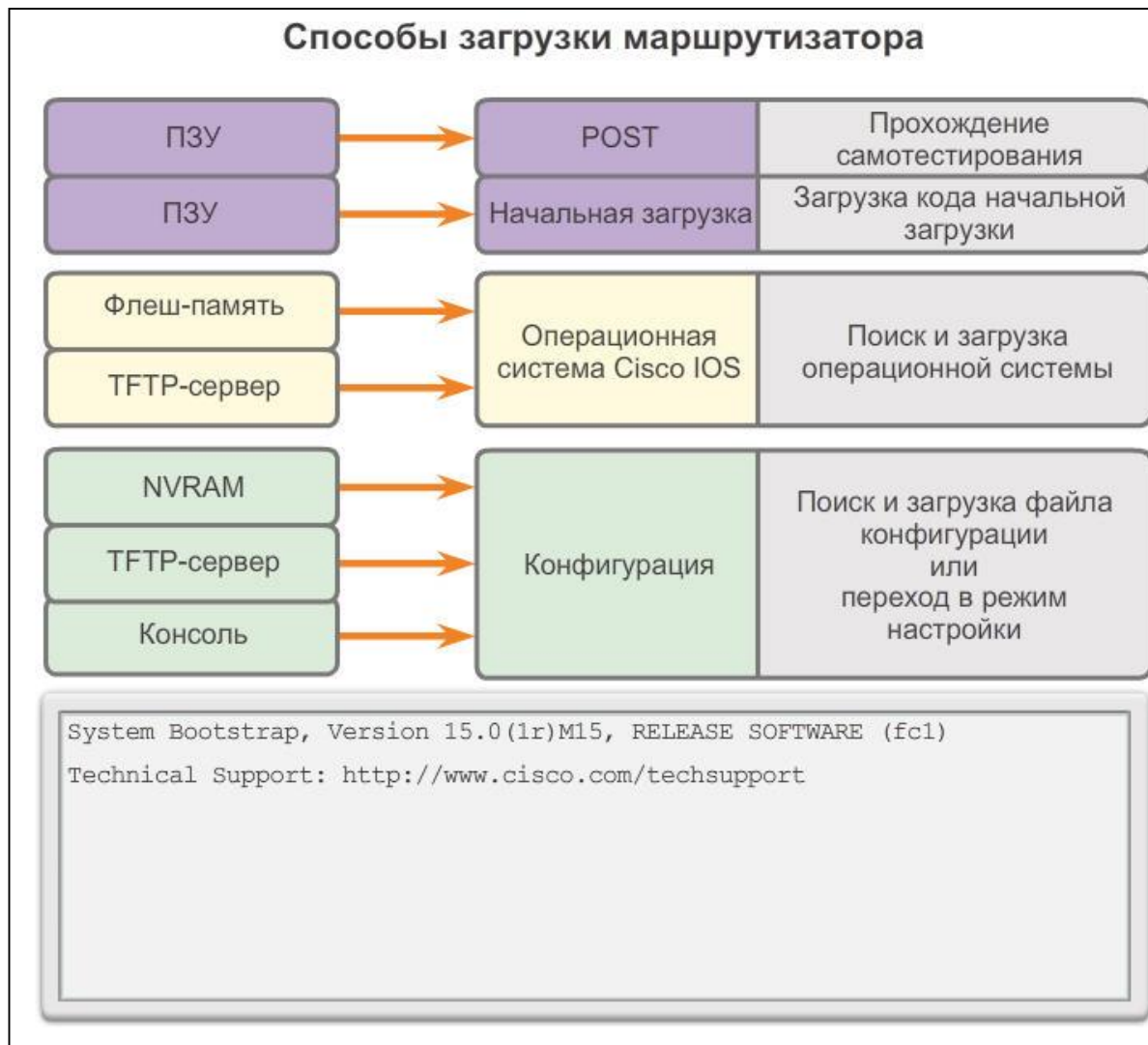
# Базовая настройка маршрутизатора



## Введение в сетевые технологии

## Загрузка маршрутизатора

# Процесс загрузки маршрутизатора



1. Самотестирование при включении питания (POST) и установка программы начальной загрузки

2. Поиск и загрузка программного обеспечения Cisco IOS

3. Поиск и загрузка файла начальной конфигурации или переход в режим настройки



## Первоначальная настройка маршрутизатора

# Шаги базовой настройки маршрутизатора

- Настройте имя устройства.
- Обеспечьте безопасность привилегированного режима EXEC.
- Обеспечьте безопасность доступа к пользовательскому режиму EXEC
- Обеспечьте безопасность удаленного доступа по протоколу Telnet или SSH
- Зашифруйте все открытые пароли.
- Предоставление юридического уведомления и сохранение конфигурации.

```
Router(config)# hostname hostname
```

```
Router(config)# enable secret password
```

```
Router(config)# line console 0  
Router(config-line)# password password  
Router(config-line)# login
```

```
Router(config)# line vty 0 4  
Router(config-line)# password password  
Router(config-line)# login  
Router(config-line)# transport input {ssh | telnet}
```

```
Router(config)# service password encryption
```

```
Router(config)# banner motd # message #  
Router(config)# end  
Router# copy running-config startup-config
```



## Первоначальная настройка маршрутизатора

# Примеры базовой настройки маршрутизатора

- Команды для базовой конфигурации маршрутизатора на R1.
- Конфигурация сохраняется в NVRAM.

```
Router(config)# hostname R1
R1(config)# enable secret class
R1(config)# line console 0
R1(config-line)# password cisco
R1(config-line)# login
R1(config-line)# line vty 0 4
R1(config-line)# password cisco
R1(config-line)# login
R1(config-line)# transport input ssh telnet
R1(config-line)# exit
R1(config)# service password encryption
R1(config)# banner motd #
Введите ТЕКСТОВОЕ сообщение. Заканчивая новой
строкой и #
*****
WARNING: Unauthorized access is prohibited!
*****
R1(config)# exit
R1# copy running-config startup-config
```

# Настройка интерфейсов маршрутизатора

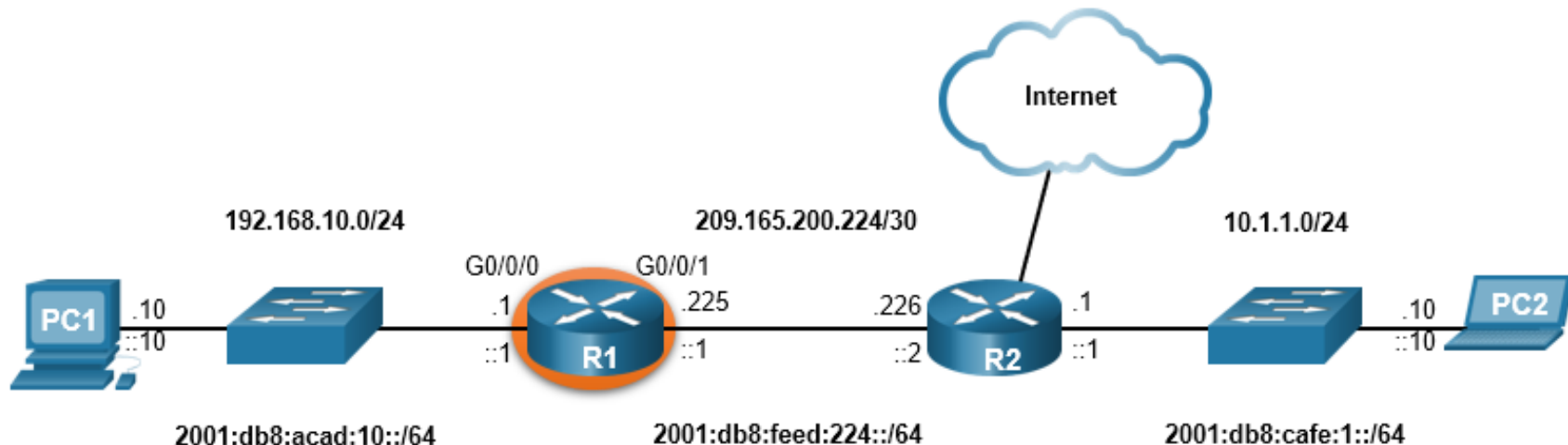
Настройка интерфейса маршрутизатора включает выполнение следующих команд:

```
Router(config)# interface type-and-number  
Router(config-if)# description description-text  
Router(config-if)# ip address ipv4-address subnet-mask  
Router(config-if)# ipv6 address ipv6-address/prefix-length  
Router(config-if)# no shutdown
```

- Рекомендуется использовать команду **description** для добавления информации о сети, подключенной к интерфейсу.
- Активируйте интерфейс с помощью команды **no shutdown**.

## Настройка интерфейсов

# Настройка интерфейсов маршрутизатора



```
R1(config)# interface gigabitEthernet 0/0/0
R1(config-if)# description Link to LAN
R1(config-if)# ip address 192.168.10.1 255.255.255.0
R1(config-if)# ipv6 address 2001:db8:acad:10::1/64
R1(config-if)# no shutdown
R1(config-if)# exit
R1(config)#
*Aug 1 01:43:53.435: %LINK-3-UPDOWN: Interface
GigabitEthernet0/0/0, changed state to down
*Aug 1 01:43:56.447: %LINK-3-UPDOWN: Interface
GigabitEthernet0/0/0, changed state to up
*Aug 1 01:43:57.447: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on
Interface GigabitEthernet0/0/0, changed state to up
```



## Настройка интерфейсов

### Команды проверки

В таблице приведены наиболее популярные команды, используемые для проверки конфигурации интерфейса.

Команды	Описание
<code>show ip interface brief</code> <code>show ipv6 interface brief</code>	Отображает все интерфейсы, их IP-адреса и их текущее состояние.
<code>show ip route</code> <code>show ipv6 route</code>	Отображает содержимое таблицы маршрутизации IPv4, которая хранится в ОЗУ.
<code>show interfaces</code>	Отображает статистические сведения по всем интерфейсам устройства. Отображает только информацию об адресации IPv4.
<code>show ip interfaces</code>	Отображает статистику IPv4 всех интерфейсов маршрутизатора.
<code>show ipv6 interfaces</code>	Отображает статистику IPv6 всех интерфейсов маршрутизатора.

## Настройка интерфейсов

# Команды проверки

Для проверки конфигурации интерфейса используйте команды **show ip interface brief** и **show ipv6 interface brief** , показанные здесь:

```
R1# show ip interface brief
Interface IP-Address OK? Method Status Protocol
GigabitEthernet0/0/0 192.168.10.1 YES manual up up
GigabitEthernet0/0/1 209.165.200.225 YES manual up
up
Vlan1 unassigned YES unset administratively down
down
```

```
R1# show ipv6 interface brief
GigabitEthernet0/0/0 [up/up]
FE80::201:C9FF:FE89:4501
2001:DB8:ACAD:10::1
GigabitEthernet0/0/1 [up/up]
FE80::201:C9FF:FE89:4502
2001:DB8:FEED:224::1
Vlan1 [administratively down/down]
unassigned
R1#
```





## Настройка интерфейсов

# Команды проверки

```
R1# show ip route
< output omitted>
Gateway of last resort is not set
    192.168.10.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C 192.168.10.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0/0
L 192.168.10.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0/0
    209.165.200.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C 209.165.200.224/30 is directly connected, GigabitEthernet0/0/1
L 209.165.200.225/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0/1
R1#
```

```
R1# show ipv6 route
<Данные опущены>
C 2001:DB8:ACAD:10::/64 [0/0]
    via GigabitEthernet0/0/0, directly connected
L 2001:DB8:ACAD:10::1/128 [0/0]
    через GigabitEthernet0/0/0, получить
C 2001:DB8:FEED:224::/64 [0/0]
    via GigabitEthernet0/0/1, directly connected
L 2001:DB8:FEED:224::1/128 [0/0]
    via GigabitEthernet0/0/1, receive
L FF00::/8 [0/0]
    via Null0, receive
R1#
```



## Настройка интерфейсов

# Команды проверки

```
R1# show interfaces gig0/0/0
GigabitEthernet0/0/0 is up, line protocol is up
  Hardware is ISR4321-2x1GE, address is a0e0.af0d.e140 (bia a0e0.af0d.e140)
  Description: Link to LAN
  Internet address is 192.168.10.1/24
  MTU 1500 bytes, BW 100000 Kbit/sec, DLY 100 usec,
    reliability 255/255, txload 1/255, rxload 1/255
  Encapsulation ARPA, loopback not set
  Keepalive not supported
  Full Duplex, 100Mbps, link type is auto, media type is RJ45
  output flow-control is off, input flow-control is off
  ARP type: ARPA, ARP Timeout 04:00:00
  Last input 00:00:01, output 00:00:35, output hang never
  Last clearing of show interface counters never
  Input queue: 0/375/0/0 (size/max/drops/flushes); Total output drops: 0
  Queueing strategy: fifo
  Output queue: 0/40 (size/max)
  5 minute input rate 0 bits/sec, 0 packets/sec
  5 minute output rate 0 bits/sec, 0 packets/sec
    1180 packets input, 109486 bytes, 0 no buffer
    Received 84 broadcasts (0 IP multicasts)
    0 runts, 0 giants, 0 throttles
```

<Данные опущены>

R1#



## Настройка интерфейсов

# Команды проверки

```
R1# show ip interface g0/0/0
GigabitEthernet0/0/0 is up, line protocol is up
  Internet address is 192.168.10.1/24
  Broadcast address is 255.255.255.255
  Address determined by setup command
  MTU is 1500 bytes
  Helper address is not set
  Directed broadcast forwarding is disabled
  Outgoing Common access list is not set
  Outgoing access list is not set
  Inbound Common access list is not set
  Inbound access list is not set
  Proxy ARP is enabled
  Local Proxy ARP is disabled
  Security level is default
  Split horizon is enabled
  ICMP redirects are always sent
  ICMP unreachable are always sent
  ICMP mask replies are never sent
  IP fast switching is enabled
  IP Flow switching is disabled
```

<Данные опущены>

```
R1#
```



## Настройка интерфейсов

# Команды проверки

```
R1# show ipv6 interface g0/0/0
GigabitEthernet0/0/0 is up, line protocol is up
  IPv6 is enabled, link-local address is FE80::868A:8DFF:FE44:49B0
  No Virtual link-local address(es):
  Description: Link to LAN
  Global unicast address(es):
    2001:DB8:ACAD:10::1, subnet is 2001:DB8:ACAD:10::/64
  Joined group address(es):
    FF02::1
    FF02::1:FF00:1
    FF02::1:FF44:49B0
  MTU is 1500 bytes
  ICMP error messages limited to one every 100 milliseconds
  ICMP redirects are enabled
  ICMP unreachables are sent
  ND DAD is enabled, number of DAD attempts: 1
  ND reachable time is 30000 milliseconds (using 30000)
  ND NS retransmit interval is 1000 milliseconds
```

```
R1#
```



Настройка шлюза по умолчанию

## Шлюз по умолчанию для коммутатора

- Коммутатор также должен иметь адрес шлюза по умолчанию, настроенный для удаленного управления коммутатором из другой сети.
- Чтобы настроить шлюз по умолчанию IPv4 на коммутаторе, используйте команду глобальной конфигурации **ip default-gateway *ip-address***.



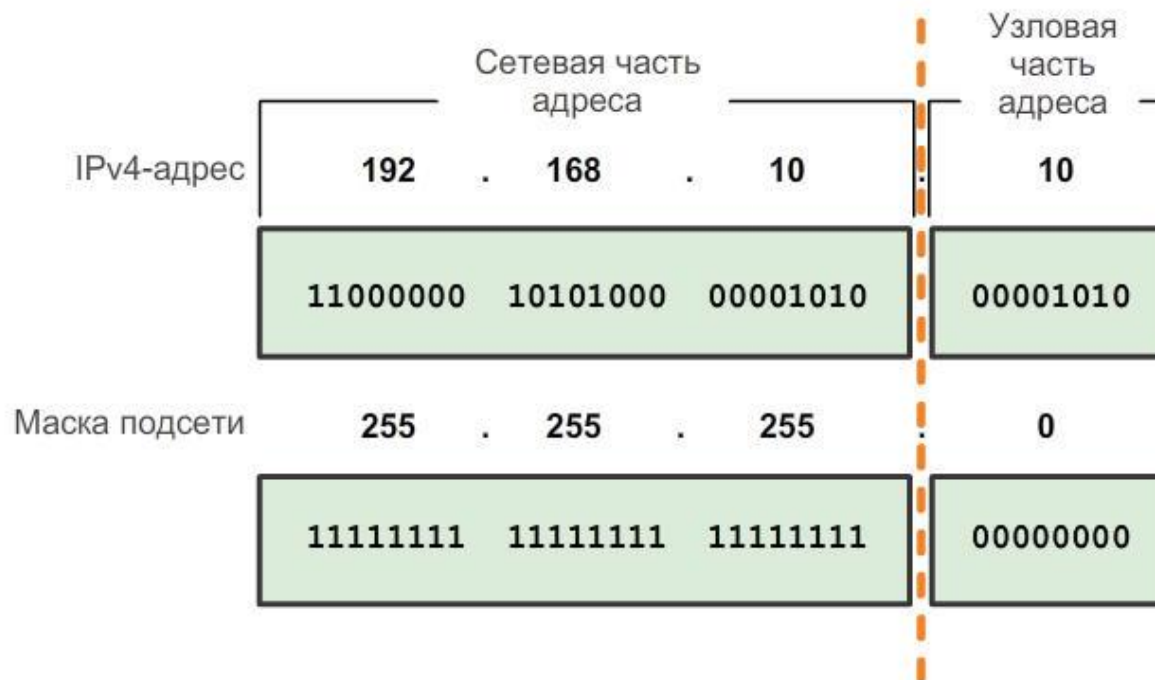
IP адресация:  
IPv4, IPv6  
Разделение на  
подсети



**Введение в сетевые технологии**

## Структура адреса IPv4

### Сетевая и узловая части IPv4-адреса, маска подсети



- Адрес IPv4 является иерархическим и состоит из сетевой части и хостовой части.
- Маска подсети используется для определения сетевой и хостовой части адреса.
- Для идентификации сетевой и узловой части IPv4-адреса маска подсети побитово сравнивается с IPv4-адресом слева направо (логическая операция И (AND)).



## Структура адреса IPv4

### Длина префикса

- Длина префикса является менее громоздким методом, используемым для идентификации адреса маски подсети.

- Длина префикса означает количество бит, установленных в единицу (1) в маске подсети.

Маска подсети	32-битный адрес	Префикс Длина
255.0.0.0	11111111.00000000.00000000.00000000	/8
255.255.0.0	11111111.11111111.00000000.00000000	/16
255.255.255.0	11111111.11111111.11111111.00000000	/24
255.255.255.128	11111111.11111111.11111111.10000000	/25
255.255.255.192	11111111.11111111.11111111.11000000	/26
255.255.255.224	11111111.11111111.11111111.11100000	/27
255.255.255.240	11111111.11111111.11111111.11110000	/28
255.255.255.248	11111111.11111111.11111111.11111000	/29
255.255.255.252	11111111.11111111.11111111.11111100	/30

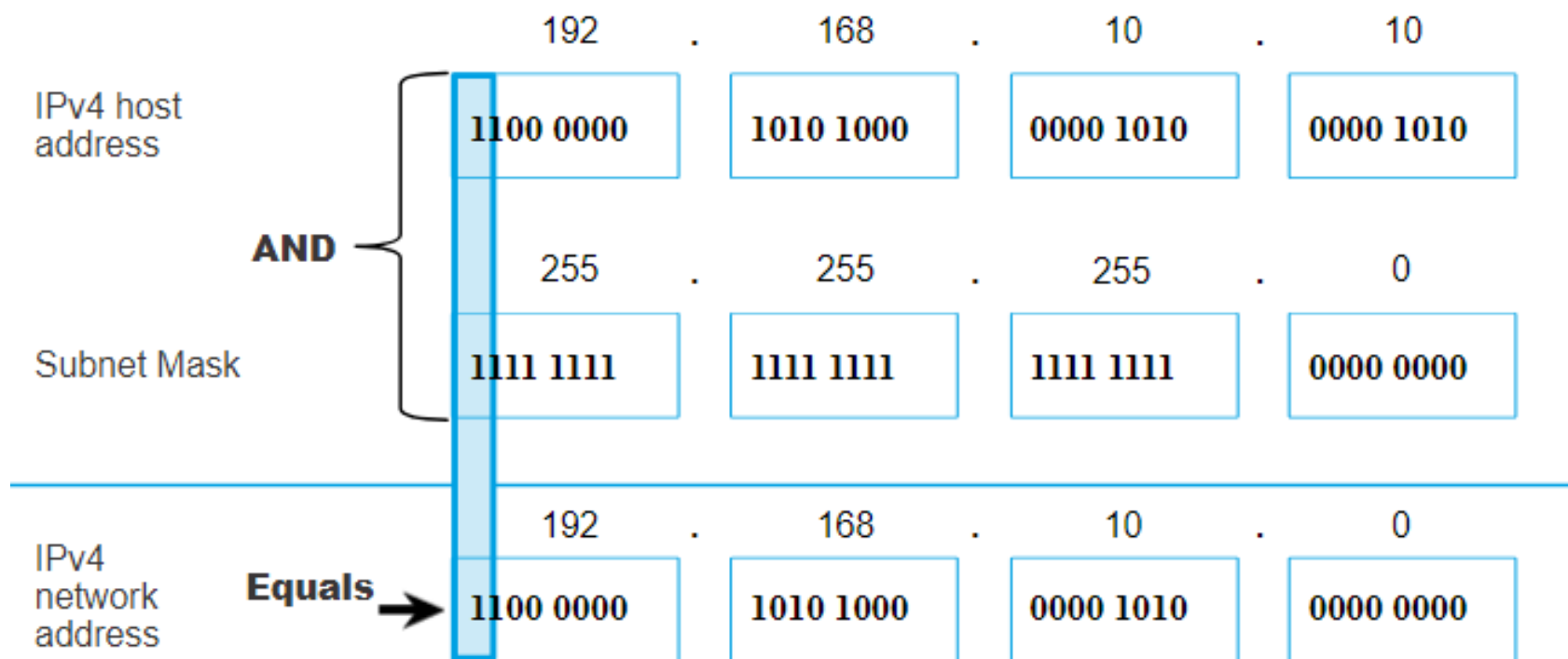
- Следовательно, нужно подсчитать число битов в маске подсети и поставить перед этим значением косую черту.



## Структура адресов IPv4

# Определение сети: логическое И

- Логическая операция И используется для определения сетевого адреса.  
 $1 \text{ И } 1 = 1$ ,       $0 \text{ И } 1 = 0$ ,       $1 \text{ И } 0 = 0$ ,       $0 \text{ И } 0 = 0$
- Для того, чтобы определить сетевой адрес IPv4-узла, к IPv4-адресу и маске подсети побитово применяется логическая операция И.



# Проверка длины префикса

	Десятичное представление с разделительными точками	Значимые биты, отображаемые в двоичном формате
<b>Сетевой адрес</b>	<b>10.1.1.0/24</b>	<b>10.1.1.00000000</b>
Адрес первого узла	10.1.1.1	10.1.1.00000001
Адрес последнего узла	10.1.1.254	10.1.1.11111110
Широковещательный адрес	10.1.1.255	10.1.1.11111111
Количество узлов: $2^8 - 2 = 254$ узлов		

<b>Сетевой адрес</b>	<b>10.1.1.0/25</b>	<b>10.1.1.00000000</b>
Адрес первого узла	10.1.1.1	10.1.1.00000001
Адрес последнего узла	10.1.1.126	10.1.1.01111110
Широковещательный адрес	10.1.1.127	10.1.1.01111111
Количество узлов: $2^7 - 2 = 126$ узлов		

<b>Сетевой адрес</b>	<b>10.1.1.0/26</b>	<b>10.1.1.00000000</b>
Адрес первого узла	10.1.1.1	10.1.1.00000001
Адрес последнего узла	10.1.1.62	10.1.1.00111110
Широковещательный адрес	10.1.1.63	10.1.1.00111111
Количество узлов: $2^6 - 2 = 62$ узлов		

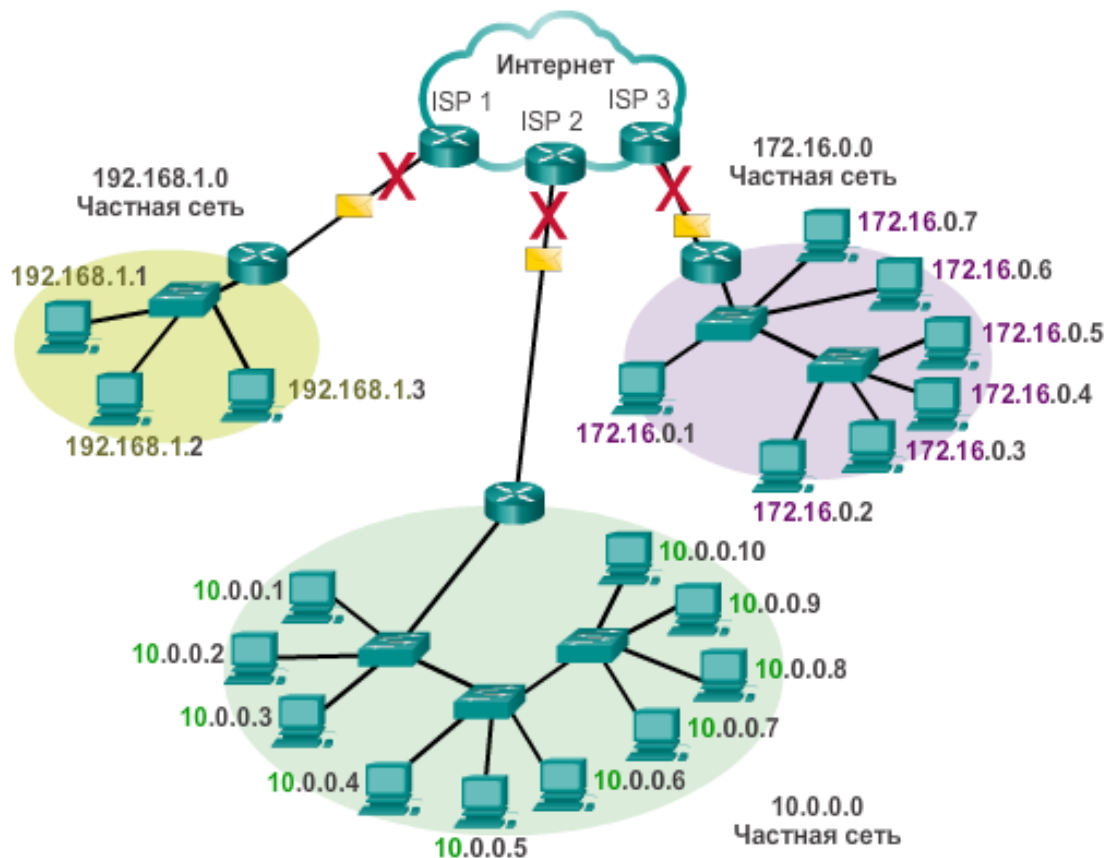
## Типы IPv4-адресов

# Частные IPv4-адреса

### Блоки частных адресов

Узлы, которым не требуется доступ к сети Интернет, могут использовать частные адреса  
К частным адресам нельзя проложить маршрут через Интернет

- 10.0.0.0–10.255.255.255  
(10.0.0.0/8)
- 172.16.0.0–172.31.255.255  
(172.16.0.0/12)
- 192.168.0.0–192.168.255.255  
(192.168.0.0/16)





Типы IPv4-адресов

# Публичные IPv4-адреса

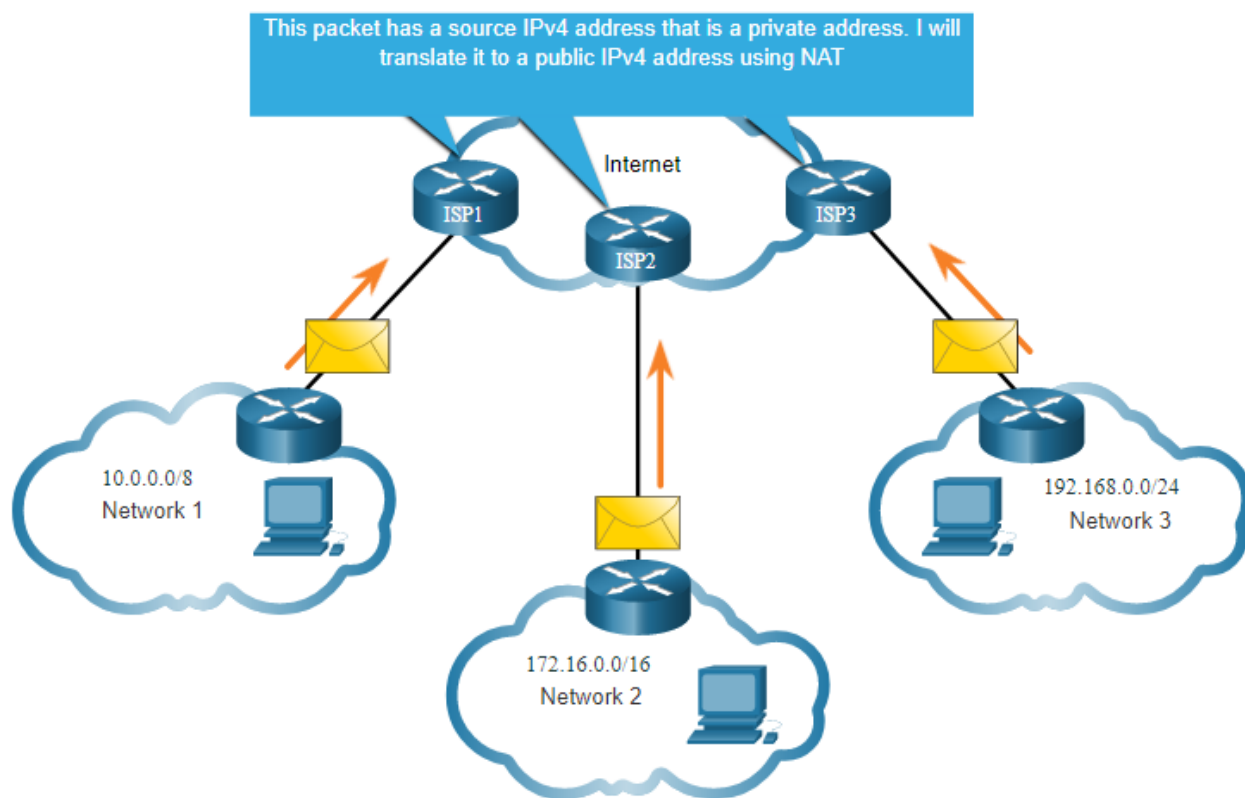
## Адреса в общем пространстве адресов

- маршрутизируются глобально
- предназначены только для использования в сетях поставщиков услуг

Подавляющее большинство адресов в диапазоне одноадресной IPv4-рассылки являются публичными адресами. Эти адреса предназначены для использования в узлах с открытым доступом из Интернета.

# Маршрутизация в Интернет

- Преобразование сетевых адресов (Network Address Translation, NAT) используется для преобразования частного IPv4-адреса в публичный IPv4-адрес.
- NAT обычно включается на пограничном маршрутизаторе, подключенном к Интернету.
- Преобразует частные IP-адреса в публичные IP-адреса.





## Типы IPv4-адресов

# Специальное использование IPv4-адресов

- **Сетевые адреса и адреса широковещательной рассылки:** в пределах каждой сети узлам не назначаются первый и последний адреса
- **Интерфейс «обратной петли»:** 127.0.0.1 представляет собой специальный адрес, используемый узлами для направления трафика на эти узлы (адреса в диапазоне 127.0.0.0 – 127.255.255.255 зарезервированы)
- **Локальный адрес канала:** адреса в диапазоне 169.254.0.0–169.254.255.255 (169.254.0.0/16) можно автоматически назначать локальному узлу
- **Адреса TEST-NET:** в диапазоне 192.0.2.0—192.0.2.255 (192.0.2.0/24) отложены для образовательных и обучающих целей и используются в документации и примерах сетей
- **Экспериментальные адреса:** в диапазоне 240.0.0.0—255.255.255.254 зарезервированы

## Типы IPv4-адресов

# Традиционная классовая адресация

Классы IP-адресов					
Класс адреса	Диапазон 1-го октета (десятичное представление)	Биты 1-го октета (зелёные биты не меняются)	Сетевая (C) и узловая (Y) части адреса	Маска подсети по умолчанию (в двоичном и десятичном форматах)	Число возможных сетей и узлов для каждой сети
A	1-127**	00000000- 01111111	N.N.N.N	255.0.0.0	128 сетей ( $2^7$ ) 16 777 214 узлов для каждой сети ( $2^{24-2}$ )
B	128-191	10 000000- 10111111	N.N.N.N	255.255.0.0	16 384 сети ( $2^{14}$ ) 65 534 узла для каждой сети ( $2^{16-2}$ )
C	192-223	110 00000- 11011111	N.N.N.N	255.255.255.0	2 097 150 сетей ( $2^{21}$ ) 254 узла для каждой сети ( $2^{8-2}$ )
D	224-239	1110 0000- 11101111	Многоадресная передача NA		
E	240-255	1111 0000- 11111111	NA (экспериментальное)		
Примечание. Все адреса узлов, состоящие только из нулей (0) или единиц (1), являются недействительными.					

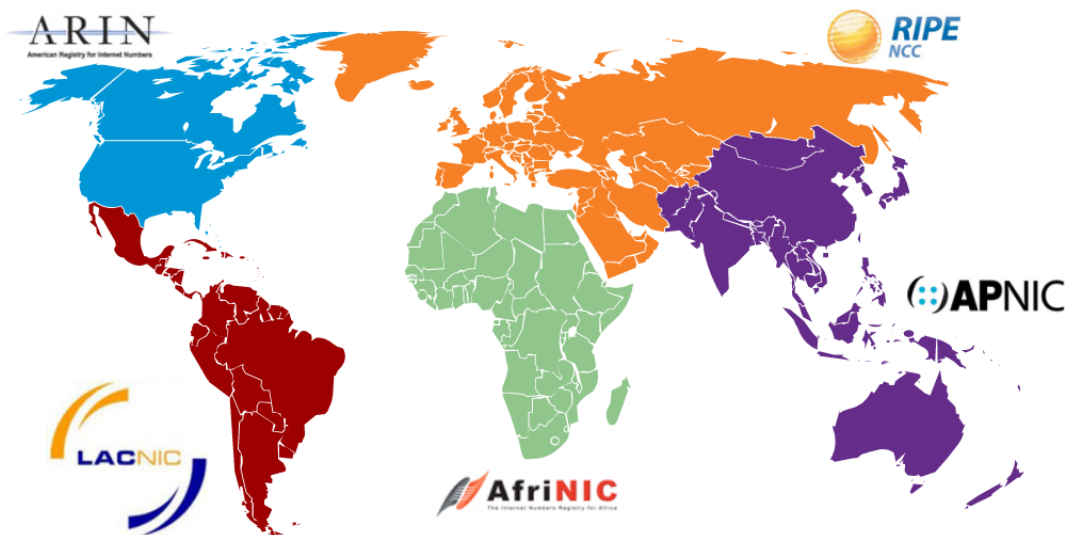
Классическая адресация потратила много адресов IPv4.

Классовое распределение адресов было заменено бесклассовой адресацией, которая игнорирует правила классов (A, B, C).



# Назначение IP-адресов

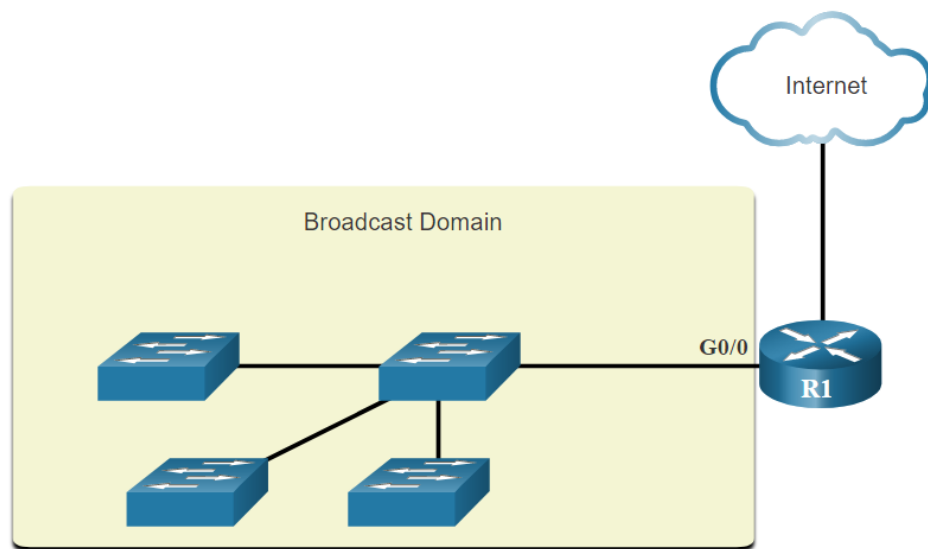
- IANA управляет блоками IP-адресов и распределяет их между региональными интернет-регистраторами (RIR).
- Региональные интернет-регистраторы (RIR) отвечают за распределение IP-адресов между интернет-провайдерами (ISP), которые, в свою очередь, предоставляют блоки IPv4-адресов организациям и менее крупным провайдерам.





# Сегментация сети. Домены широковещательной рассылки

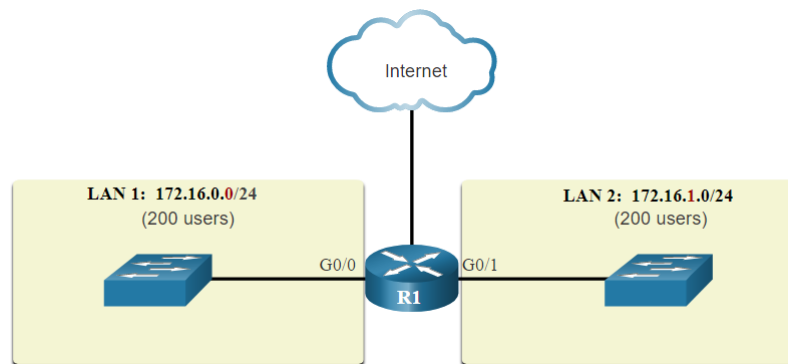
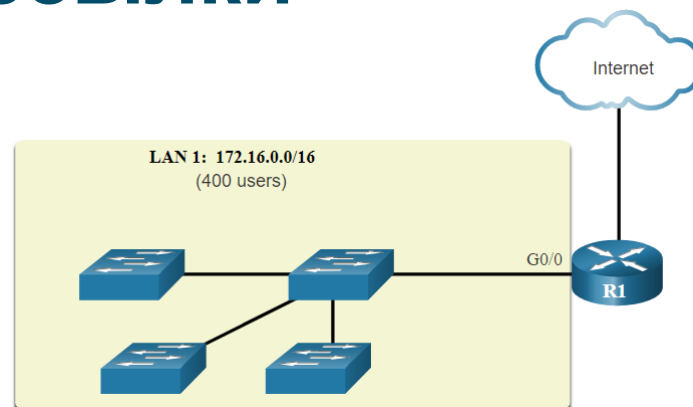
- Многие протоколы используют широковещательные или многоадресные рассылки (например, запрос ARP).
- Коммутаторы выполняют широковещательную рассылку на все интерфейсы, за исключением того интерфейса, через который была получена рассылка.



- Единственным устройством, останавливающим широковещательные передачи, является маршрутизатор.
- Маршрутизаторы не выполняют широковещательную рассылку.
- Таким образом, каждый интерфейс маршрутизатора подключен к широковещательному домену, и широковещательные рассылки выполняются только в рамках определенного домена рассылки.

# Проблемы с крупными доменами широковещательной рассылки

- Проблема крупного домена широковещательной рассылки заключается в следующем: узлы могут генерировать избыточную рассылку и негативно влиять на работу сети.
- Для решения этой проблемы надо сократить размер сети, создав меньшие домены широковещательной рассылки. Такой процесс называется разделением на подсети.
- 400 пользователей локальной сети LAN 1 с сетевым адресом 172.16.0.0 /16 были разделены на две подсети по 200 пользователей каждая — 172.16.0.0 /24 и 172.16.1.0 /24.
- Рассылка ограничивается более мелкими доменами широковещательной рассылки.





# Причины для разделения на подсети

- Разделение на подсети снижает общий объем сетевого трафика и повышает производительность сети.
- Его можно использовать для реализации политик безопасности между подсетями.
- Подсеть уменьшает количество устройств, затронутых аномальным широковестьательным трафиком.



## Разделение IPv4-сети на подсети

# Базовое разделение на подсети

- Выделение из поля битов для создания подсетей
- Выделение из поля 1 бита  $2^1 = 2$  подсети



При выделении 1 бита из поля в узловой части создаются 2 подсети с одинаковой маской подсети

Подсеть 0

Сеть 192.168.1.**0-127**/25

Маска: 255.255.255.**128**

Подсеть 1

Сеть 192.168.1.**128-255**/25

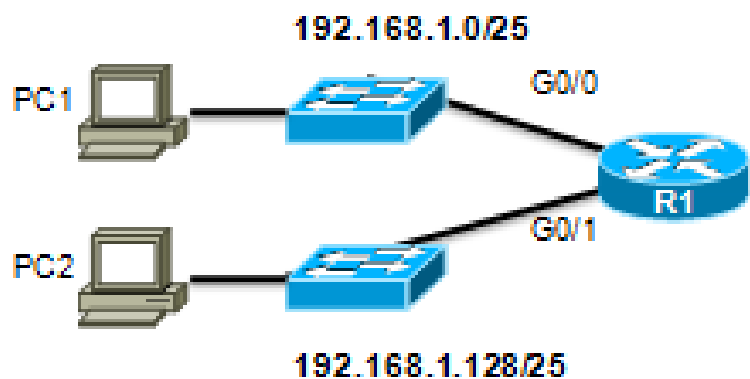
Маска: 255.255.255.**128**

## Разделение IPv4-сети на подсети

# Используемые подсети

Подсеть 0

Сеть 192.168.1.0-127/25



Подсеть 1

Сеть 192.168.1.128-255/25

### Диапазон адресов подсети 192.168.1.0/25

Сетевой адрес

192. 168. 1. 0 000 0000 = 192.168.1.0

Адрес первого узла

192. 168. 1. 0 000 0001 = 192.168.1.1

Адрес последнего узла

192. 168. 1. 0 111 1110 = 192.168.1.126

Широковещательный адрес

192. 168. 1. 0 111 1111 = 192.168.1.127

### Диапазон адресов подсети 192.168.1.128/25

Сетевой адрес

192. 168. 1. 1 000 0000 = 192.168.1.128

Адрес первого узла

192. 168. 1. 1 000 0001 = 192.168.1.129

Адрес последнего узла

192. 168. 1. 1 111 1110 = 192.168.1.254

Широковещательный адрес

192. 168. 1. 1 111 1111 = 192.168.1.255

# Формулы разделения на подсети

## ■ Расчёт количества подсетей

Подсети =  $2^n$   
(где  $n$  = заимствованные биты)

192. 168. 1. 0 000 0000



1 бит был заимствован

$2^1 = 2$  подсети

$2^n$

(где  $n$  представляет количество бит, выделенных из поля узла)

## ■ Расчёт количества узлов

Узлы =  $2^n$   
(где  $n$  = оставшиеся биты в узловой части)

192. 168. 1. 0 000 0000



7 бит остаются в поле узла

$2^7 = 128$  узлов в каждой подсети  
 $2^7 - 2 = 126$  допустимых узлов в каждой подсети

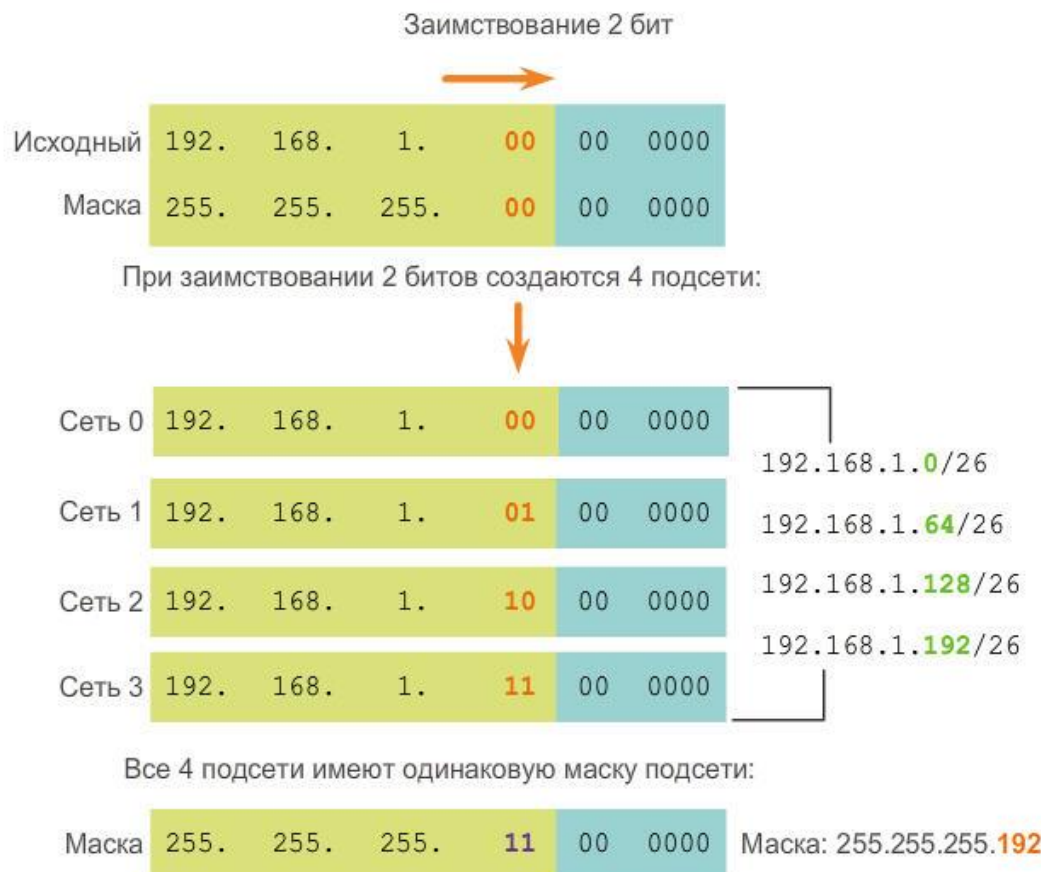
$2^n - 2$

$2^n$  (где « $n$ » представляет оставшееся число бит узла) используется для расчёта количества узлов

**-2** Адрес подсети и адрес широковещательной рассылки не используется для адресов узлов подсетей

## Создание 4 подсетей

- Выделение из поля 2 бит для создания 4 подсетей.  $2^2 = 4$  подсети





## Разделение IPv4-сети на подсети

### Создание подсетей с количеством узлов N

Разбить сеть на подсети, чтобы в каждой подсети было по  $N=60$  ХОСТОВ.

**60 IP адресов узлов + 1 IP адрес сети + 1 IP адрес широковещательной рассылки = 62 IP адреса.**

$$2^5=32, 2^6= 64$$

Чтобы получить 62 IP адреса, необходимо выделить 6 младших разрядов в узловой части, т.е.  $n=6$  ( $2^6=64$ ). При этом два адреса будут не задействованы.

Адрес подсети 1	10.	10.	0.	0/26
	00001010	00001010	00000000	00 <u>000000</u>
Маска	11111111	11111111	11111111	11 <u>000000</u>
	255.	255.	255.	192
Широковещательный адрес	10.	10.	0.	63
Адрес подсети 2	10.	10.	0.	64/26





Преимущества использования масок подсети переменной длины

## Избыточные адреса при стандартном разделении на подсети

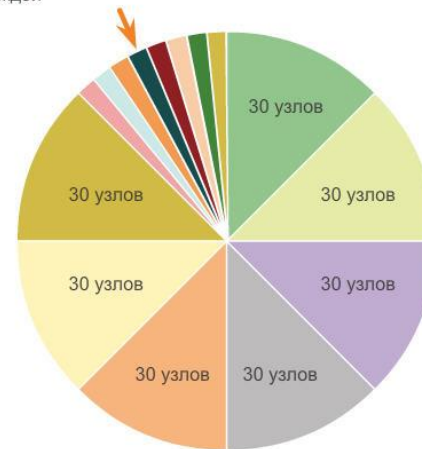
- Стандартное разделение на подсети: для каждой подсети выделяется одинаковое количество адресов.
- Подсети, для которых требуется меньшее число адресов, содержат неиспользуемые (избыточные) адреса. Например, каналам сети WAN требуется всего 2 адреса.
- При использовании маски подсети переменной длины (VLSM) или при разделении на подсети обеспечивается более эффективное использование адресов.

В традиционном разбиении на подсети создаются подсети одинакового размера



Подсети переменного размера

Одна подсеть была дополнительно разбита для создания 8 более мелких подсетей по 4 узла в каждой





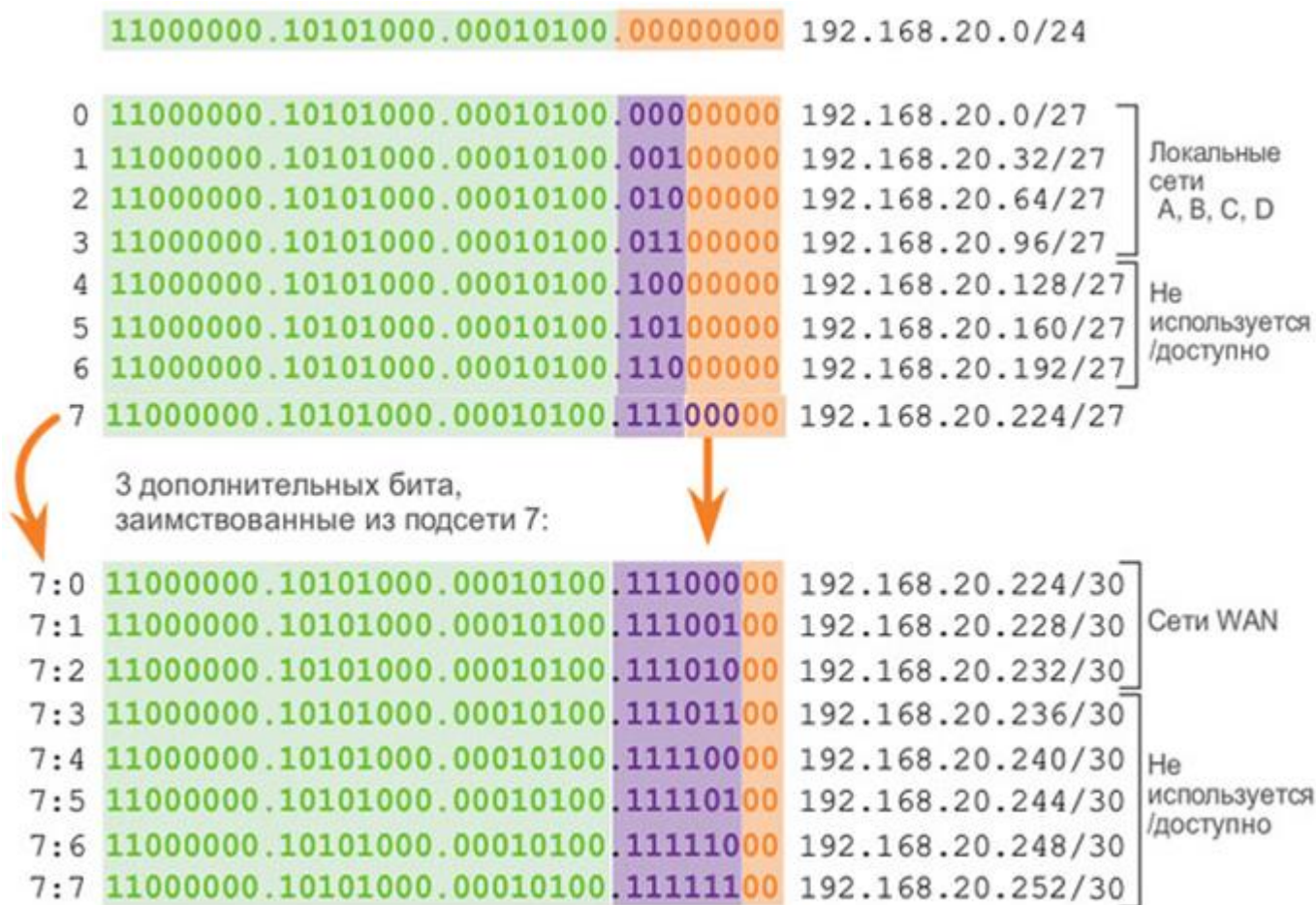
## Преимущества использования масок подсети переменной длины

# Маски подсети переменной длины (VLSM)

- VLSM позволяет разделять сетевое пространство на неравные части.
- Маска подсети может изменяться в зависимости от числа битов, выделенных из поля для отдельной сети.
- Сначала сеть разделяется на подсети, после чего подсети, в свою очередь, разделяются на меньшие подсети.
- При необходимости эту процедуру можно повторить, чтобы создать подсети разного размера.

# Преимущества использования масок подсети переменной длины

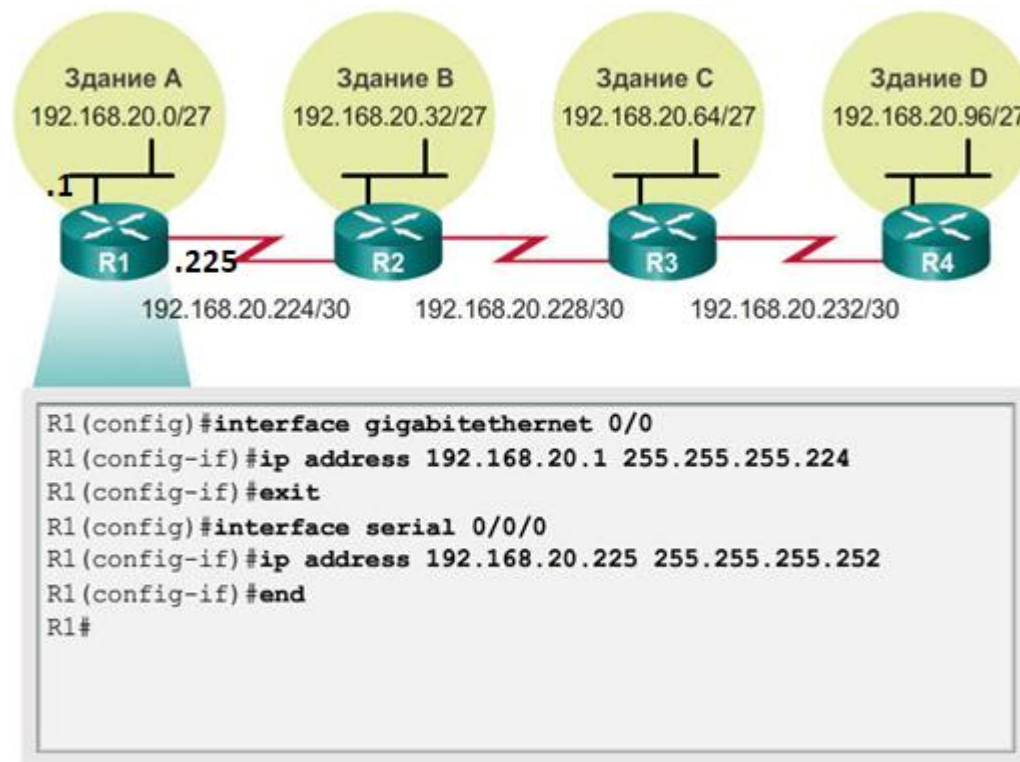
## Базовая VLSM



## Преимущества использования масок подсети переменной длины

# Практическое использование VLSM

- При использовании подсетей VLSM для сетей LAN и WAN в следующем примере можно настроить адресацию с минимальным объёмом избыточных адресов.
- Каждой локальной сети LAN назначается подсеть с префиксом /27.
- Каждой глобальной сети WAN назначается подсеть с префиксом /30.



# Преимущества использования масок подсети переменной длины

## Таблица VLSM

VLSM-разделение на подсети 192.168.20.0/24

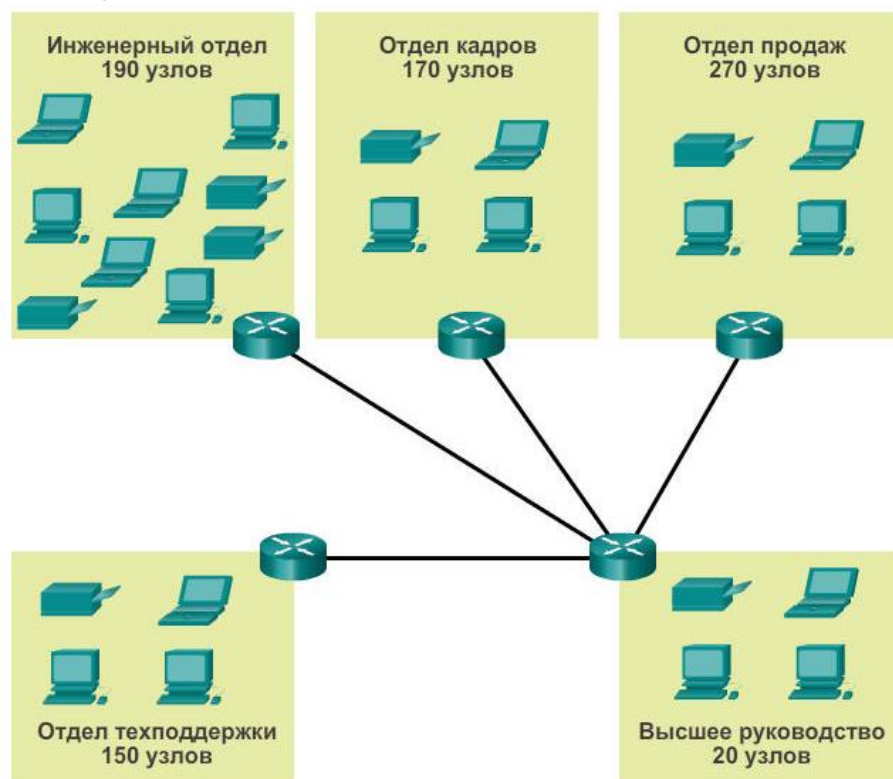
	Сеть /27	Узлы
Здание А	.0	.1 - .30
Здание В	.32	.33 - .62
Здание С	.64	.65 - .94
Здание D	.96	.97 - .126
Неиспользуемые	.128	.129 - .158
Неиспользуемые	.160	.161 - .190
Неиспользуемые	.192	.193 - .222
	.224	.225 - .254

	Сеть /30	Узлы
WAN R1-R2	.224	.225 - .226
WAN R2-R3	.228	.229 - .230
WAN R3-R4	.232	.233 - .234
Неиспользуемые	.236	.237 - .238
Неиспользуемые	.240	.241 - .242
Неиспользуемые	.244	.245 - .246
Неиспользуемые	.248	.249 - .250
Неиспользуемые	.252	.253 - .254



## Разделение на подсети в целях соответствия требованиям сети

- Важно соблюдать баланс между необходимым числом подсетей и количеством узлов, требуемых для самой крупной подсети.
- Схема адресации разрабатывается в соответствии с максимальным количеством узлов для каждой подсети.
- Для каждой подсети учитывается возможность расширения.
- Начинается разбиение с подсети наибольшего размера





## Структурированное проектирование

# Планирование адресации сети

Планирование IP-сетей имеет решающее значение для разработки масштабируемого решения для корпоративной сети:

- Чтобы разработать схему адресации для сети IPv4, нужно знать, сколько подсетей необходимо, сколько узлов требуется для конкретной подсети, какие устройства являются частью подсети, какие сети используют частные адреса, какие используют общедоступные и многие другие определяющие факторы.

При планировании подсетей необходимо учитывать требования организации к использованию сети и предполагаемую структуру подсетей:

- Исследовать требований к сети, изучив всю сеть, чтобы определить, как каждая область будет сегментирована.
- Определить количество доступных адресов узлов и количество необходимых подсетей.
- Определить пулы адресов DHCP и пулы VLAN.



## Структурированное проектирование Планирование адресации сети

Выделение сетевых адресов необходимо спланировать и задокументировать в следующих целях:

- предотвращение дублирования адресов;
- предоставление и контроль доступа;
- мониторинг безопасности и производительности.

Адреса для клиентов: как правило, назначаются динамически с помощью протокола динамической конфигурации узла (DHCP)





## Структурированное проектирование Планирование адресации сети

В сети существуют устройства различных типов, которым нужны адреса, включая следующие:

- **Конечные пользователи** — большинство из них используют DHCP для уменьшения количества ошибок и нагрузки на персонал службы поддержки сети. Клиенты IPv6 могут получить сведения об адресе с помощью DHCPv6 или SLAAC.
- **Серверы и периферийные устройства** - Они должны иметь предсказуемый статический IP-адрес.
- **Серверы, доступные из Интернета** — Серверы должны иметь публичный IPv4 адрес, к которому чаще всего обращаются с помощью NAT.
- **Промежуточные устройства** - Таким устройствам адреса назначаются для управления сетью, ее мониторинга и обеспечения безопасности.
- **Шлюз** - Маршрутизаторы и устройства брандмауэра являются шлюзом для узлов в этой сети.

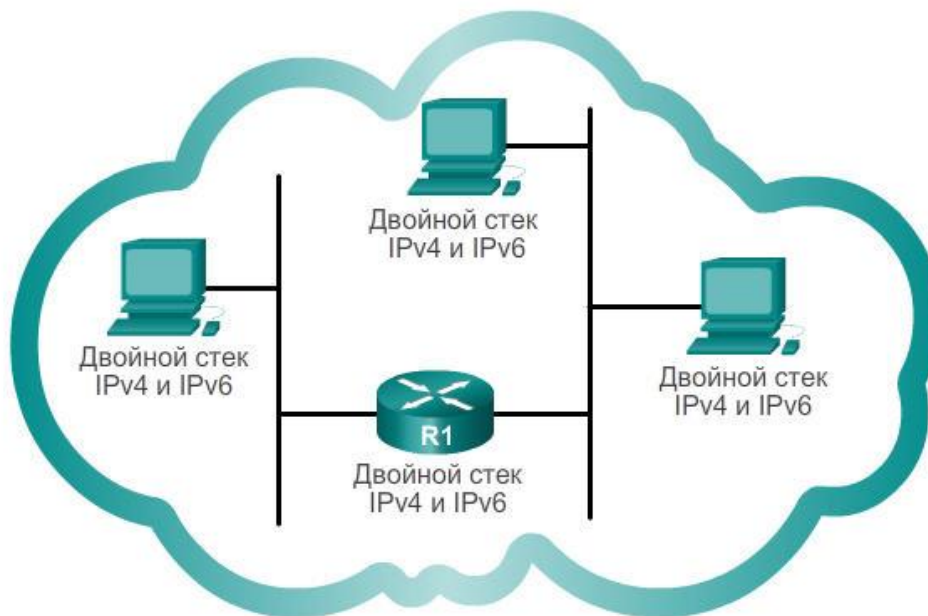
Пример плана  
сетевой адресации

Сеть: 192.168.1.0/24		
Использование	Первая	Последняя
Главные устройства	.1	.229
Серверы	.230	.239
Принтеры	.240	.249
Промежуточные устройства	.250	.253
Шлюз (LAN-интерфейс маршрутизатора)	.254	

# Параллельное использование IPv4- и IPv6-адресов

Методы перехода можно разделить на три категории.

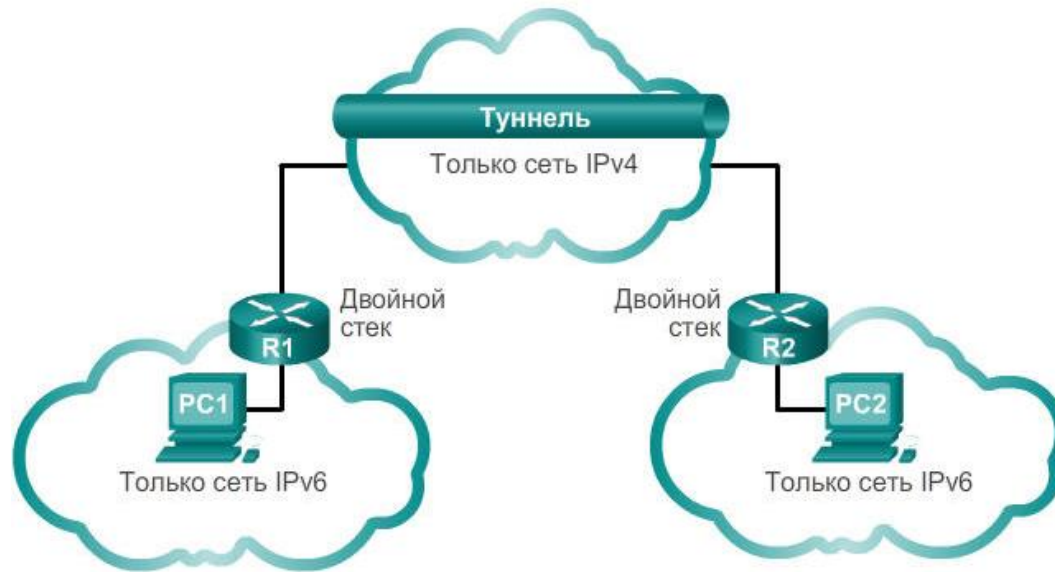
№1



**Двойной стек:** позволяет совмещать IPv4- и IPv6-адреса в пределах одной сети. Устройства могут параллельно использовать стеки протоколов IPv4- и IPv6-адресов.

# Параллельное использование IPv4- и IPv6-адресов

№2



**Туннелирование:** способ передачи пакетов IPv6 по IPv4-сети. Пакет IPv6 инкапсулируется внутри пакета IPv4.

# Параллельное использование IPv4- и IPv6-адресов

№3



**Преобразование.** Преобразование сетевых адресов (NAT64) позволяет устройствам под управлением IPv6 обмениваться данными с устройствами IPv4 при помощи метода преобразования, аналогичного NAT для IPv4. Пакет IPv6 преобразовывается в пакет IPv4, и наоборот.

# Представление IPv6-адреса

- Имеют длину 128 битов и записываются как строка шестнадцатеричных значений
- В рамках протокола IPv6 4 бита представляют одно шестнадцатеричное число, 32 шестнадцатеричных значения составляют адрес IPv6

**2001:0DB8:0000:1111:0000:0000:0000:0200**

**FE80:0000:0000:0000:0123:4567:89AB:CDEF**

- Для обозначения сегмента из 16 битов или четырёх шестнадцатеричных чисел используется хекстет.
- Может записываться символами в нижнем или верхнем регистре

## Правило 1. Пропуск начальных нулей

- Первое правило, которое позволяет уменьшить объём обозначений в IPv6-адресах — это возможность пропуска всех начальных нулей во всех 16-битных разделах хекстета.
- 01AB можно представить как 1AB
- 09F0 можно представить как 9F0
- 0A00 можно представить как A00
- 00AB можно представить как AB

Предпочтительно	2001:0DB8:0000:1111:0000:0000:0000:0200
Без ведущих нулей	2001: DB8: 0:1111: 0: 0: 0: 200

## Правило 2. Исключение всех нулевых сегментов

- Двойное двоеточие (::) может заменять все непрерывные строки из одного или нескольких 16-битных сегментов (хекстетов), которые состоят только из нулей
- Двойное двоеточие (::) можно использовать в одном адресе только один раз; в противном случае адрес будет неоднозначным
- Это называется *сжатым форматом*
- Неверный адрес: 2001:0DB8::ABCD::1234



# IPv6-адресация

## Примеры

№1

Предпочтительно	2001:0DB8:0000:0000:ABCD:0000:0000:0100
Без ведущих нулей	2001: DB8: 0: 0:ABCD: 0: 0: 100
Сжатый	2001:DB8::ABCD:0:0:100
или	
Сжатый	2001:DB8:0:0:ABCD::100

Может использоваться только символ ::

№2

Предпочтительно	FE80:0000:0000:0000:0123:4567:89AB:CDEF
Без ведущих нулей	FE80: 0: 0: 0: 123:4567:89AB:CDEF
Сжатый	FE80::123:4567:89AB:CDEF

# Типы IPv6-адресов

Существует три типа IPv6-адресов:

- **одноадресной передачи (unicast):** служит для однозначного определения интерфейса на устройстве под управлением протокола IPv6;
- **многоадресной рассылки (multicast):** используется для отправки одного IPv6-пакета на несколько адресов назначения;
- **адрес любого хоста из группы (anycast):** любой индивидуальный IPv6-адрес, который может быть назначен нескольким устройствам. Пакет, отправляемый на адрес произвольной рассылки, направляется к ближайшему устройству с этим адресом.

Примечание. Протокол IPv6 не содержит адресов широковещательной рассылки. Однако есть групповой IPv6-адрес для всех узлов, который дает аналогичный результат.

# Длина префикса IPv6-адреса

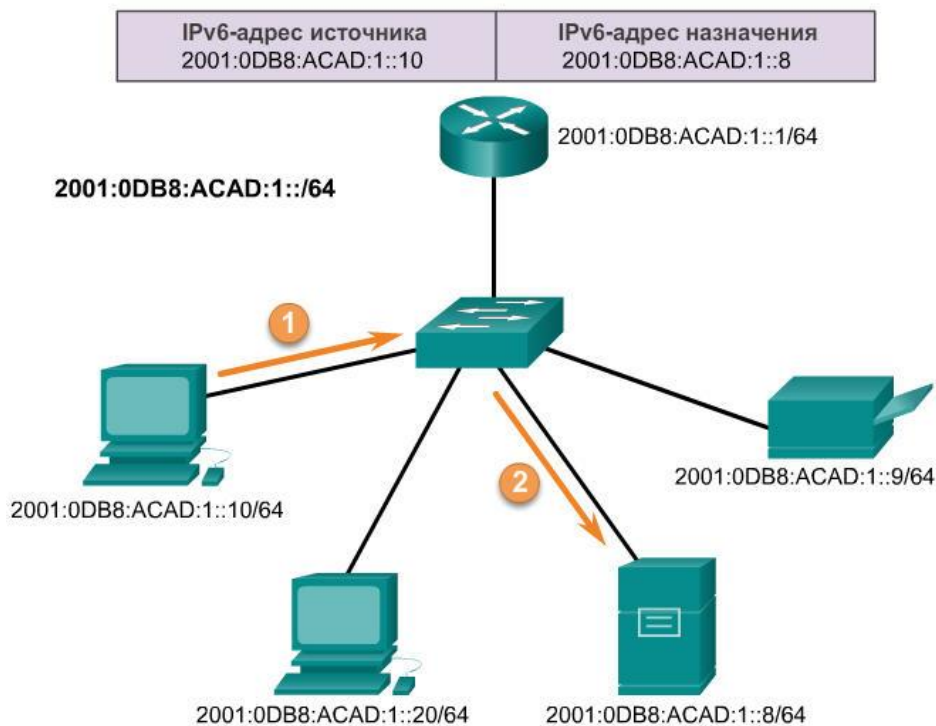
- IPv6 не использует для маски подсети десятичное представление с разделительными точками
- Длина префикса обозначает сетевую часть IPv6-адреса, используя следующий формат:
  - IPv6-адрес/длина префикса
  - Длина префикса может указываться в диапазоне от 0 до 128
  - Стандартная длина префикса — /64



# Индивидуальные IPv6-адреса

## Одноадресная передача

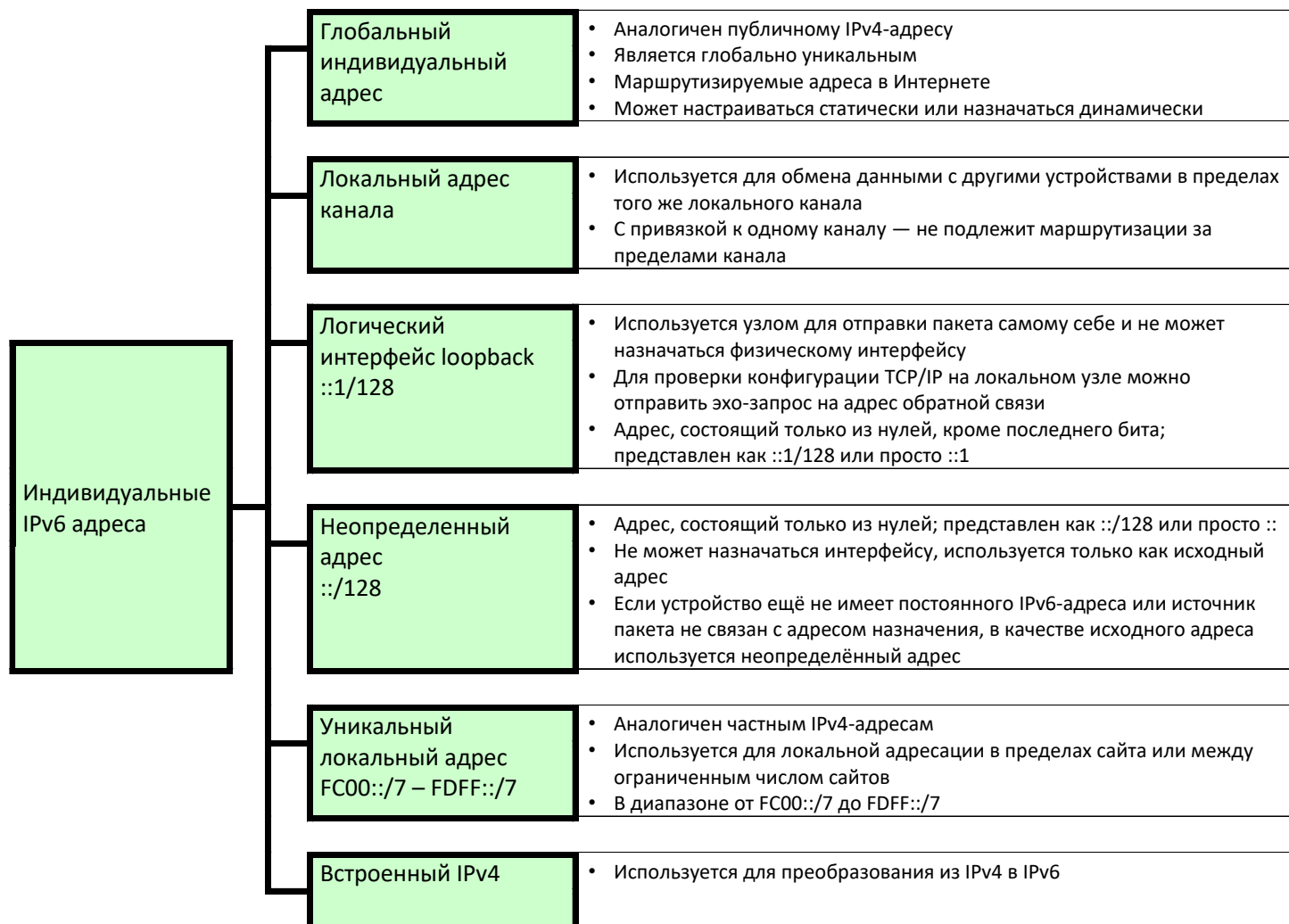
- Индивидуальный адрес служит уникальным идентификатором интерфейса устройства, которое использует протокол IPv6.
- Пакет, отправленный на индивидуальный адрес, будет получен интерфейсом, которому назначен этот адрес.



## Типы IPv6-адресов

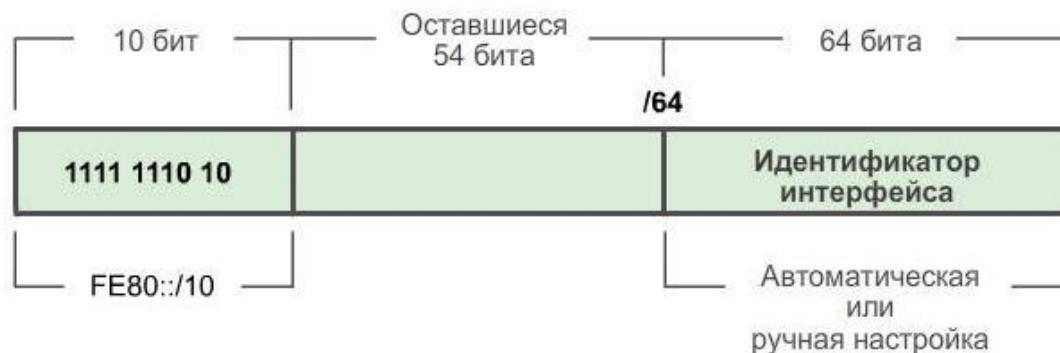
# Индивидуальные IPv6-адреса

Существует шесть типов индивидуальных IPv6-адресов:



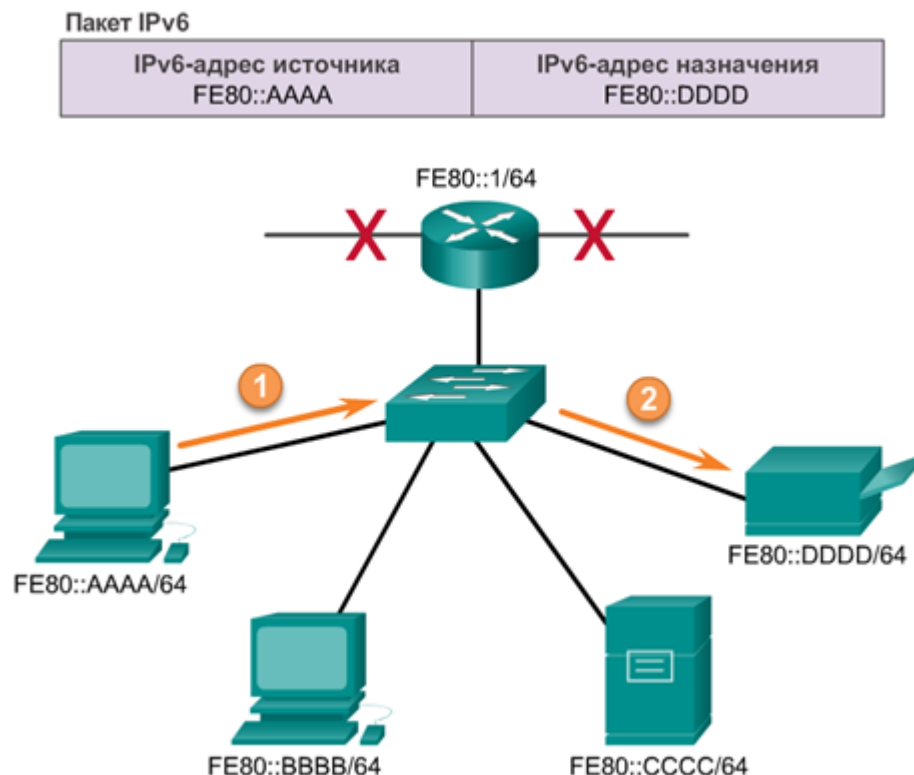
## Локальные IPv6-адреса канала одноадресной передачи

- Все сетевые интерфейсы, использующие IPv6, ДОЛЖНЫ иметь локальный адрес канала
- Позволяет устройству обмениваться данными с другими устройствами под управлением IPv6 по одному и тому же каналу и только по нему (подсеть)
- Диапазон FE80::/10, первые 10 битов — 1111 1110 10xx xxxx
- 1111 1110 1000 0000 (FE80) — 1111 1110 1011 1111 (FEBF)



# Локальные IPv6-адреса канала одноадресной передачи

Пакеты с **локальным адресом канала** источника или назначения не могут быть направлены за пределы того канала, в котором создаётся пакет





# Структура глобального IPv6-адреса одноадресной передачи

В настоящее время глобальные индивидуальные адреса (GUA) назначаются только с использованием первых трёх битов 001 или 2000::/3



# Структура глобального IPv6-адреса одноадресной передачи

Глобальный  
индивидуальный адрес  
состоит из трёх частей:

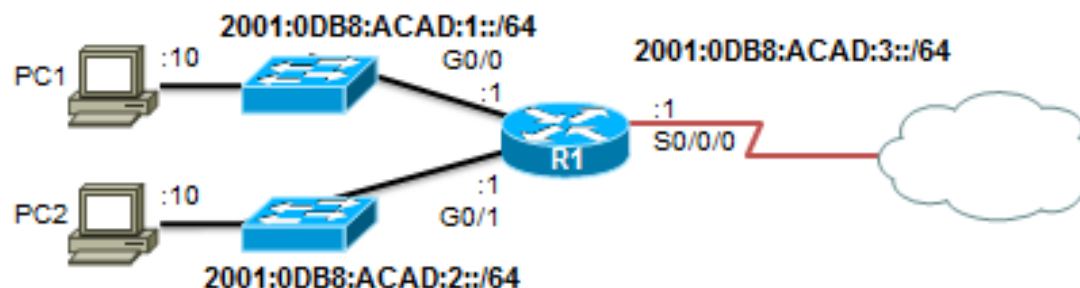


- **Префикс глобальной маршрутизации:**  
сетевая часть адреса, назначенного поставщиком (например, интернет-провайдером) клиенту или сайту. Региональные интернет-регистраторы назначают клиентам глобальный префикс маршрутизации /48
- **Идентификатор подсети:**  
используется организациями для обозначения подсетей на своем сайте.
- **Идентификатор интерфейса:**  
эквивалентен узловой части IPv4-адреса. Настоятельно рекомендуется использовать в большинстве случаев /64 подсети, что создает 64-битный идентификатор интерфейса.

**Примечание.** В отличие от IPv4, при использовании протокола IPv6 устройству можно назначить адрес узла, состоящий из одних 0 или из одних 1. Можно также использовать адрес из одних 0, но он зарезервирован в качестве адреса произвольной рассылки маршрутизатора подсети, и его следует назначать только маршрутизаторам.

# Индивидуальные IPv6-адреса

## Статическая конфигурация глобальных индивидуальных адресов на маршрутизаторе



```
R1(config)#interface gigabitethernet 0/0
R1(config-if)#ipv6 address 2001:db8:acad:1::1/64
R1(config-if)#no shutdown
R1(config-if)#exit
R1(config)#interface gigabitethernet 0/1
R1(config-if)#ipv6 address 2001:db8:acad:2::1/64
R1(config-if)#no shutdown
R1(config-if)#exit
R1(config)#interface serial 0/0/0
R1(config-if)#ipv6 address 2001:db8:acad:3::1/64
R1(config-if)#clock rate 56000
R1(config-if)#no shutdown
```

# Индивидуальные IPv6-адреса

## Динамическая конфигурация глобального индивидуального адреса при помощи SLAAC

Сообщения «Запрос к маршрутизатору» и «Объявление от маршрутизатора»



### Варианты объявлений маршрутизатора

**Вариант 1 (только SLAAC)** — «Я предоставлю все необходимые вам данные (префикс, длину префикса и шлюз по умолчанию)»

**Вариант 2 (SLAAC и DHCPv6)** — «Вот моя информация, но вам понадобятся и другие данные, например об DNS-адресах с сервера DHCPv6».

**Вариант 3 (только DHCPv6)** — «Я не могу вам помочь. Запросите необходимую информацию у сервера DHCPv6».

Роутер может настраиваться с использованием статических маршрутов или динамических протоколов маршрутизации IPv6. Роутер отправляет сообщения «Объявления маршрутизатора ICMPv6»:

- 1) каждые 200 секунд на адрес групповой передачи всем IPv6-узлам;
- 2) на «Запрос маршрутизатора ICMPv6» от узла.

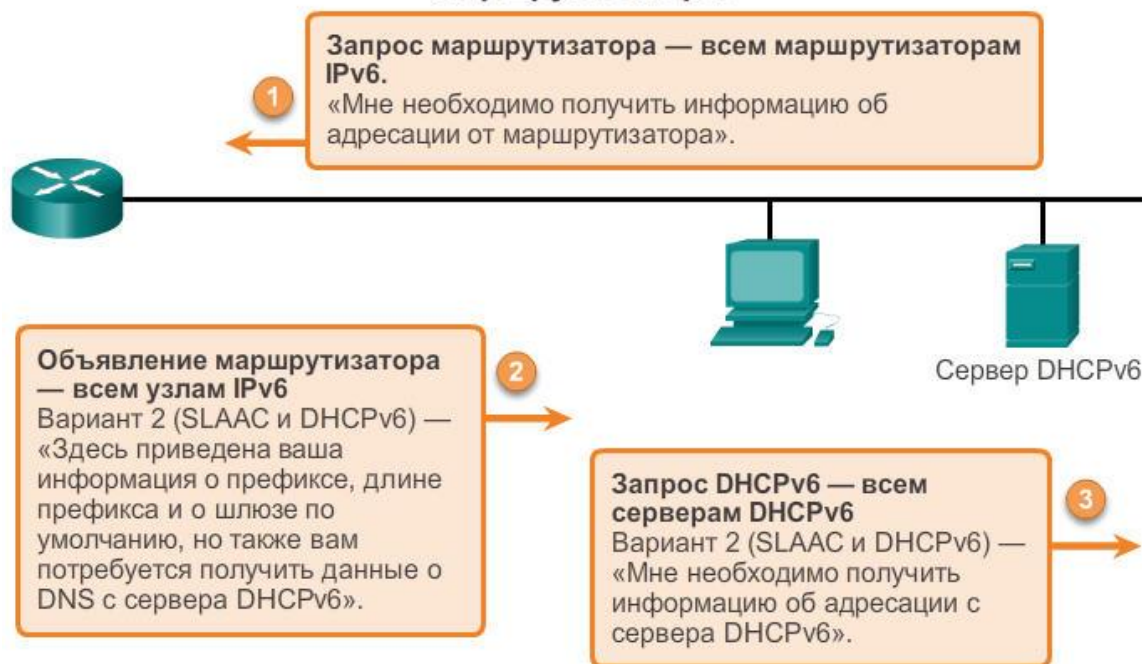
Команда **IPv6 unicast routing** активирует маршрутизацию IPv6.

Устройство может получать все или некоторые данные IPv6-адресации от сервера **DHCPv6** в зависимости от того, какой параметр указан в сообщении ICMPv6 об объявлении маршрута: параметр 2 (SLAAC и DHCPv6) или параметр 3 (только DHCPv6).

# Индивидуальные IPv6-адреса

## Динамическая конфигурация глобального индивидуального адреса при помощи DHCPv6

Сообщения «Запрос маршрутизатора» и «Объявление маршрутизатора»



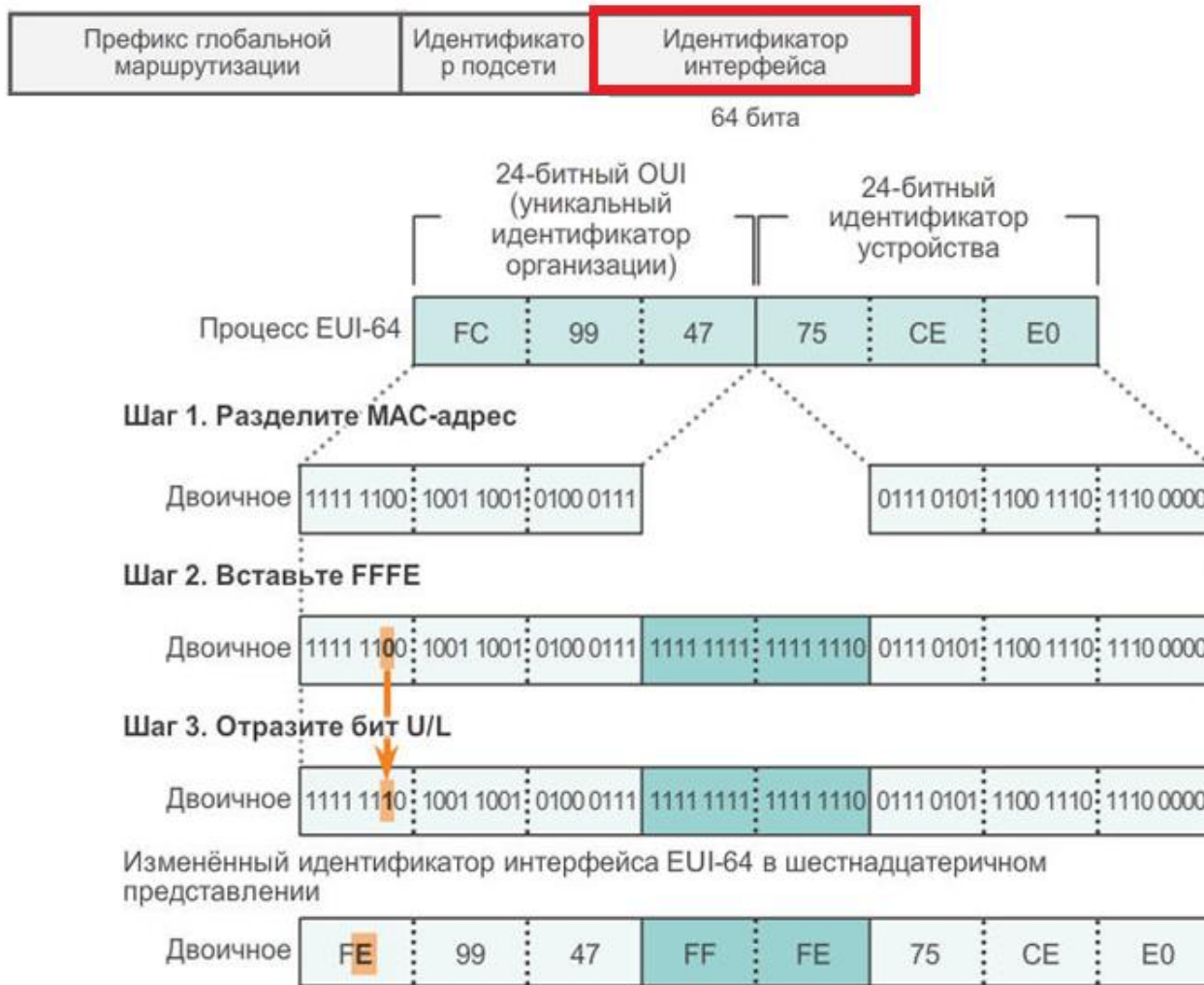
Узел может игнорировать содержимое сообщения маршрутизатора об объявлении маршрута и получать IPv6-адрес и другие данные непосредственно с DHCPv6-сервера.

**Примечание.** При выборе сообщения «Объявление маршрутизатора» вариант 3 (только DHCPv6) клиенту потребуется получить всю информацию с сервера DHCPv6.



# Процесс EUI-64 и случайно сгенерированный идентификатор интерфейса

## Процесс расширенного уникального идентификатора EUI-64 (процесс EUI-64)



Процесс EUI-64 генерации идентификатора интерфейса

- процесс использует 48-битный MAC-адрес Ethernet и выполняет вставку 16 бит в средней части 48-битного MAC -адреса с целью создания 64-битного идентификатора интерфейса
- преимущество заключается в том, что можно использовать MAC-адрес Ethernet, чтобы определить легко отслеживаемый интерфейс

Идентификатор интерфейса EUI-64 представлен двоичным представлением и состоит из трёх частей:

- 24-битный идентификатор производителя оборудования (OUI) на основе MAC-адреса клиента, но при этом седьмой бит (бит «Универсально/локально») отображается в обратном порядке (ноль становится единицей)
- вставленное 16-битное значение FFFE
- 24-битный идентификатор устройства на основе MAC-адреса клиента

## Индивидуальные IPv6-адреса

# Процесс EUI-64 и случайно сгенерированный идентификатор интерфейса

```
R1#show interface gigabitethernet 0/0
GigabitEthernet0/0 is up, line protocol is up
  Hardware is CN Gigabit Ethernet, address is fc99.4775.c3e0
(bia fc99.4775.c3e0)

R1#show ipv6 interface brief
GigabitEthernet0/0      [up/up]
  FE80::FE99:47FF:FE75:C3E0
  2001:DB8:ACAD:1::1
GigabitEthernet0/1      [up/up]
  FE80::FE99:47FF:FE75:C3E1
  2001:DB8:ACAD:2::1
Serial0/0/0             [up/up]
  FE80::FE99:47FF:FE75:C3E0
  2001:DB8:ACAD:3::1
Serial0/0/1             [administratively down/down]
  unassigned
R1#
```

Локальные адреса  
каналов с  
использованием  
идентификатора EUI-64

В зависимости от операционной системы на устройстве может использоваться сгенерированный в произвольном порядке идентификатор интерфейса вместо MAC-адреса и процесса EUI-64





Индивидуальные IPv6-адреса

# Динамические локальные адреса канала

## Локальный адрес канала

- После назначения интерфейсу глобального индивидуального адреса устройство под управлением IPv6 автоматически генерирует свой локальный адрес канала
- Требуется локальный адрес канала, который позволяет устройству обмениваться данными с другими устройствами под управлением IPv6 в той же подсети

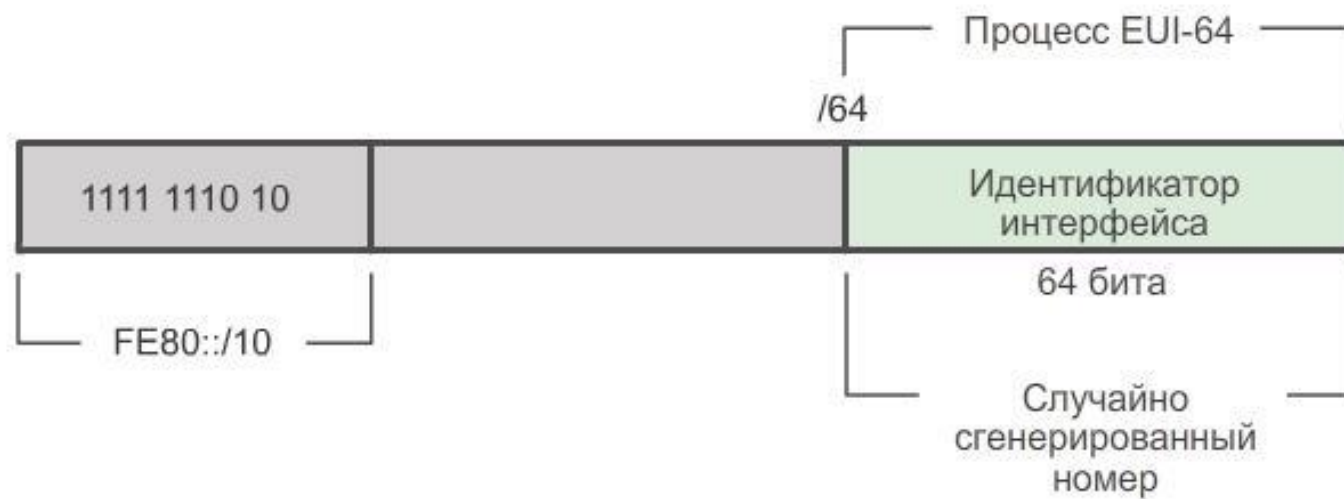
## Локальные IPv6-адреса используются для различных целей:

- Узел использует локальный адрес канала локального маршрутизатора для IPv6-адреса шлюза по умолчанию.
- Маршрутизаторы используют локальные адреса канала для обмена сообщениями протоколами динамической маршрутизации.
- Таблицы маршрутизации используют локальный адрес канала для определения маршрутизатора следующего перехода при передаче IPv6-пакетов.

# Динамические локальные адреса канала

## Назначаемые динамически

- Локальный адрес канала создаётся динамически с использованием префикса FE80::/10 и идентификатора интерфейса



# Статические локальные адреса канала

## Настройка локального канала

```
R1(config)#interface gigabitethernet 0/0
R1(config-if)#ipv6 address fe80::1 ?
    link-local    Use link-local address

R1(config-if)#ipv6 address fe80::1 link-local
R1(config-if)#exit
R1(config)#interface gigabitethernet 0/1
R1(config-if)#ipv6 address fe80::1 link-local
R1(config-if)#exit
R1(config)#interface serial 0/0/0
R1(config-if)#ipv6 address fe80::1 link-local
R1(config-if)#
```



IPv6-адреса многоадресной рассылки

# Назначаемые IPv6-адреса многоадресной рассылки

- IPv6-адреса групповой рассылки имеют префикс **FFxx::/8**.
- Существует два типа IPv6-адресов многоадресной рассылки:
  - **назначаемый** адрес;
  - **мультикастовый** адрес опрашиваемого узла.

# Назначаемые IPv6-адреса многоадресной рассылки

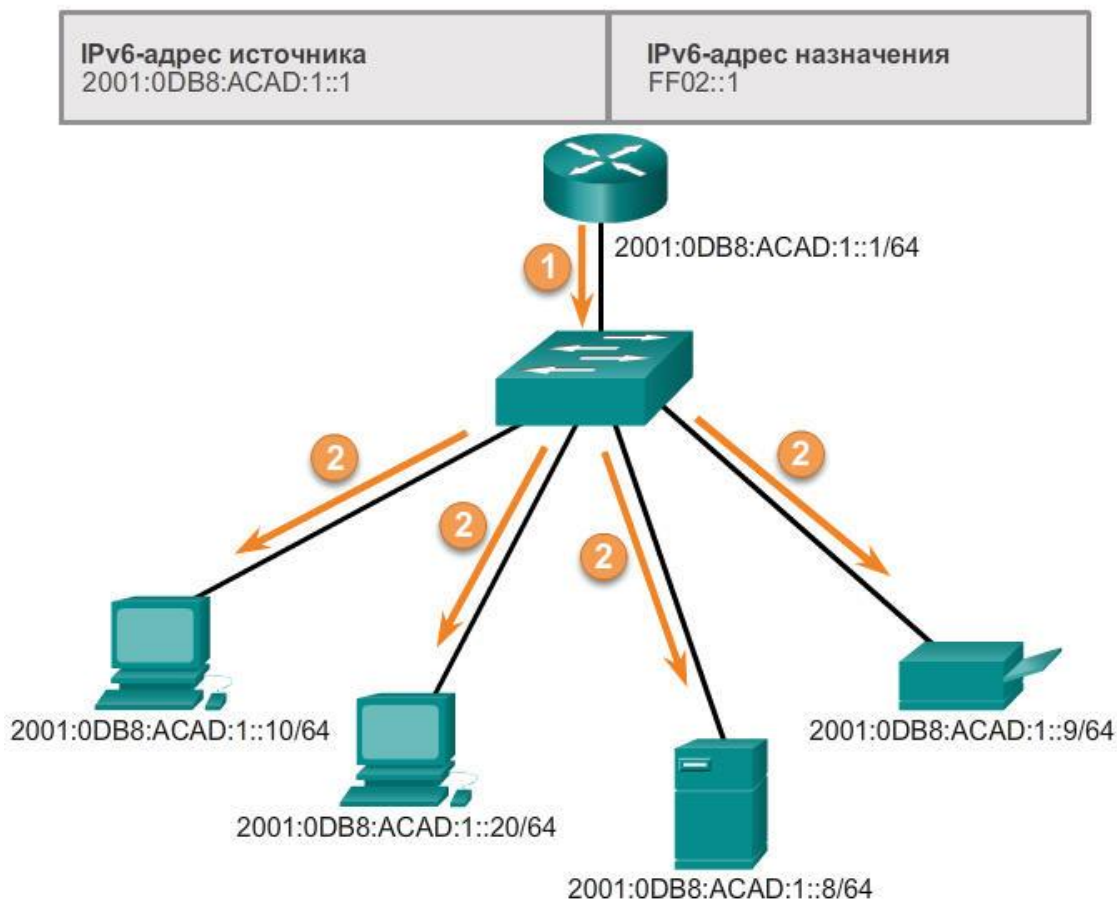
Две распространённые группы многоадресной рассылки **назначаемых** IPv6-адресов:

- **FF02::1** Группа многоадресной рассылки по всем узлам —
  - включает все устройства под управлением IPv6;
  - выполняет ту же функцию, что и IPv4-адрес для широковещательной рассылки.
- **FF02::2** Группа многоадресной рассылки по всем маршрутизаторам —
  - включает все маршрутизаторы IPv6;
  - маршрутизатор добавляется в эту группу, когда активируется как маршрутизатор IPv6 с помощью команды глобальной конфигурации **ipv6 unicast-routing**;
  - пакет, отправленный в эту группу, получается и обрабатывается всеми маршрутизаторами IPv6 в канале или сети.

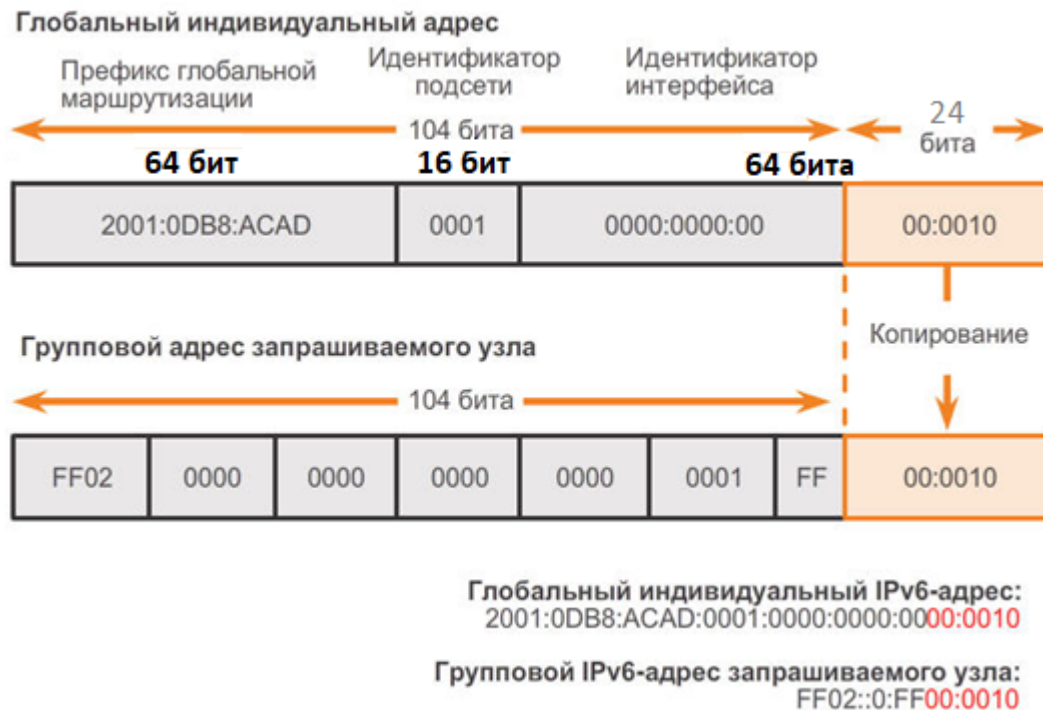
IPv6-адреса многоадресной рассылки

# Назначаемые IPv6-адреса многоадресной рассылки

Многоадресная передача IPv6 для всех узлов



# IPv6-адреса многоадресной рассылки опрашиваемого узла



Автоматически создаётся при назначении глобального индивидуального адреса или локального адреса канала индивидуальной рассылки.

Аналогичен адресу групповой рассылки по всем узлам, **совпадает с глобальным IPv6-адресом** устройства одноадресной передачи **только в последних 24 битах**

Адрес групповой рассылки на запрошенный узел состоит из двух частей:

- **префикс многоадресной рассылки FF02:0:0:0:1:FF00::/104** — первые 104 бита всех адресов многоадресной рассылки на запрошенный узел;
- **наименее значимые 24 бита** — копируются из крайних правых 24 битов глобального индивидуального адреса или локального адреса канала индивидуальной рассылки устройства.



Разделение IPv6-сети на подсети

## Разделение на подсети в идентификаторе интерфейса

Биты IPv6 можно выделить из поля идентификатора интерфейса, чтобы создать дополнительные IPv6-подсети

Разбиение на подсети на границе полубайта

