

Отчёт по лабораторной работе №6

Адресация IPv4 и IPv6. Двойной стек

Владимир Базлов

Содержание

1	Цель работы	6
2	Разбиение подсетей	7
2.1	Задача 1. Разбиение сети 172.16.20.0/24	7
2.2	Задача 2. Сеть 10.10.1.64/26 и подсеть на 30 узлов	9
2.3	Задача 3. Сеть 10.10.1.0/26 и подсеть на 14 узлов	9
2.4	Задача 4 Разбиение сети 2001:db8:c0de::/48	10
2.4.1	Характеристики исходной сети	10
2.4.2	Вариант А. Разбиение по идентификатору подсети (Subnet ID)	11
2.4.3	Вариант Б. Разбиение по идентификатору интерфейса (Interface ID)	11
2.5	Задача 5 Разбиение сети 2a02:6b8::/64	12
2.5.1	Характеристики исходной сети	12
2.5.2	Вариант А. Разбиение «логическим Subnet ID» внутри Interface ID	12
2.5.3	Вариант Б. Разбиение по диапазонам Interface ID без изменения префикса	13
3	Выполнение задний	14
3.1	Настройка IPv4-адресации и проверка связности в топологии GNS3	14
3.2	Настройка IPv4-адресов на PC1, PC2 и сервере	15
3.3	Настройка маршрутизатора FRR msk-vabazlov-net-gw-01	17
3.4	Проверка конфигурации маршрутизатора	17
3.5	Проверка сетевой связности	19
3.6	Настройка IPv6-адресации узлов PC3, PC4 и сервера	19
3.7	Настройка IPv6-адресации на маршрутизаторе VyOS msk-vabazlov-gw-02	22
3.8	Проверка связности между узлами IPv6	23
3.9	Разделение подсетей IPv4 и IPv6	25
3.10	Анализ перехваченного трафика ARP, ICMP и ICMPv6	25
3.10.1	ARP	26
3.10.2	ICMPv4	26
3.10.3	ICMPv6	27
4	Выполнение самостоятельного задания	29
4.1	Характеристика подсетей	29
4.2	Таблица адресации	30

4.3	Настройка IP-адресации на оконечных устройствах	31
4.4	Настройка маршрутизатора VyOS	34
4.5	Проверка подключений (ping и trace)	34
5	Заключение	36

Список иллюстраций

3.1	Топология сети	14
3.2	Настройка PC1	15
3.3	Настройка PC2	16
3.4	Настройка сервера	16
3.5	Конфигурация интерфейсов FRR	17
3.6	show running-config	18
3.7	show interface brief	18
3.8	Проверка ping и trace	19
3.9	PC3 IPv6	20
3.10	PC4 IPv6	21
3.11	Server IPv6	22
3.12	VyOS IPv6 config	23
3.13	PC3 ping IPv6	24
3.14	Server pings IPv6 and IPv4	25
3.15	ARP traffic	26
3.16	ICMP IPv4	27
3.17	ICMPv6	28
4.1	Топология сети	30
4.2	PC1 адресация	32
4.3	PC2 адресация, ввод настроек	33
4.4	PC2 адресация	33
4.5	Интерфейсы маршрутизатора	34
4.6	Проверка ping IPv4 и IPv6	35

Список таблиц

1 Цель работы

Изучение принципов распределения и настройки адресного пространства на устройствах сети.

2 Разбиение подсетей

2.1 Задача 1. Разбиение сети 172.16.20.0/24

Исходная сеть: - Префикс: /24

- Маска: 255.255.255.0

- Адрес сети: 172.16.20.0

- Broadcast-адрес: 172.16.20.255

- Общее число адресов: 256

- Число адресов узлов: 254 (с 172.16.20.1 по 172.16.20.254)

Требуется разбить сеть на 3 подсети с количеством адресов узлов: - 126 узлов -
62 узла - 62 узла

Используем VLSM: сначала выделяем самую крупную подсеть.

1) Подсеть на 126 узлов

Нужно как минимум 128 адресов → префикс /25.

Получаем подсеть:

- Сеть: 172.16.20.0/25
- Маска: 255.255.255.128
- Адрес сети: 172.16.20.0
- Broadcast-адрес: 172.16.20.127

- Диапазон адресов узлов: 172.16.20.1 – 172.16.20.126

- Число адресов узлов: 126

2) Подсеть на 62 узла (№1)

Оставшаяся часть исходной сети — 172.16.20.128/25.

Для 62 узлов нужны 64 адреса □ префикс /26.

Первая половина второго /25:

- Сеть: 172.16.20.128/26
- Маска: 255.255.255.192
- Адрес сети: 172.16.20.128
- Broadcast-адрес: 172.16.20.191
- Диапазон адресов узлов: 172.16.20.129 – 172.16.20.190
- Число адресов узлов: 62

3) Подсеть на 62 узла (№2)

Вторая половина диапазона 172.16.20.128/25:

- Сеть: 172.16.20.192/26
- Маска: 255.255.255.192
- Адрес сети: 172.16.20.192
- Broadcast-адрес: 172.16.20.255

- Диапазон адресов узлов: 172.16.20.193 – 172.16.20.254
- Число адресов узлов: 62

2.2 Задача 2. Сеть 10.10.1.64/26 и подсеть на 30 узлов

Исходная сеть: - Префикс: /26

- Маска: 255.255.255.192
- Адрес сети: 10.10.1.64
- Broadcast-адрес: 10.10.1.127
- Общее число адресов: 64
- Число адресов узлов: 62 (10.10.1.65 – 10.10.1.126)

Требуется выделить подсеть на 30 узлов.

Для 30 узлов нужны 32 адреса □ префикс /27.

Сеть 10.10.1.64/26 делится на две подсети /27: - 10.10.1.64/27 (адреса 64–95) - 10.10.1.96/27 (адреса 96–127)

Выделим первую подсеть:

Характеристики подсети на 30 узлов: - Сеть: 10.10.1.64/27

- Маска: 255.255.255.224
- Адрес сети: 10.10.1.64
- Broadcast-адрес: 10.10.1.95
- Диапазон адресов узлов: 10.10.1.65 – 10.10.1.94
- Число адресов узлов: 30

2.3 Задача 3. Сеть 10.10.1.0/26 и подсеть на 14 узлов

Исходная сеть: - Префикс: /26

- Маска: 255.255.255.192
- Адрес сети: 10.10.1.0

- Broadcast-адрес: 10.10.1.63
- Общее число адресов: 64
- Диапазон адресов узлов: 10.10.1.1 – 10.10.1.62
- Число адресов узлов: 62

Нужно выделить подсеть на 14 узлов.

Для 14 узлов необходимо 16 адресов □ префикс /28.

Сеть 10.10.1.0/26 разбивается на четыре подсети /28: - 10.10.1.0/28 (0–15) - 10.10.1.16/28 (16–31) - 10.10.1.32/28 (32–47) - 10.10.1.48/28 (48–63)

Выделим первую подсеть:

Характеристики подсети на 14 узлов: - Сеть: 10.10.1.0/28

- Маска: 255.255.255.240
- Адрес сети: 10.10.1.0
- Broadcast-адрес: 10.10.1.15
- Диапазон адресов узлов: 10.10.1.1 – 10.10.1.14
- Число адресов узлов: 14

2.4 Задача 4 Разбиение сети 2001:db8:c0de::/48

2.4.1 Характеристики исходной сети

- Адрес: 2001:db8:c0de::
- Префикс: /48
- Маска: ffff:ffff:ffff:0000:0000:0000:0000:0000
- Диапазон адресов узлов:
 - минимальный: 2001:db8:c0de:0:0:0:0:0

– максимальный: 2001:db8:c0de:ffff:ffff:ffff:ffff

Сеть /48 обычно содержит **поле Subnet ID (16 бит)** и **Interface ID (64 бит)**.

2.4.2 Вариант А. Разбиение по идентификатору подсети (Subnet ID)

Используется 4-й гексет.

1) Подсеть 2001:db8:c0de:1::/64

- диапазон: 2001:db8:c0de:1:0:0:0:0 – 2001:db8:c0de:1:ffff:ffff:ffff:ffff

2) Подсеть 2001:db8:c0de:2::/64

- диапазон: 2001:db8:c0de:2:0:0:0:0 – 2001:db8:c0de:2:ffff:ffff:ffff:ffff

2.4.3 Вариант Б. Разбиение по идентификатору интерфейса (Interface ID)

Используем старший бит Interface ID – создаём две подсети /65.

1) Подсеть 2001:db8:c0de:0::/65

- диапазон: 2001:db8:c0de:0:0:0:0:0 – 2001:db8:c0de:0:7fff:ffff:ffff:ffff

2) Подсеть 2001:db8:c0de:0:8000::/65

- диапазон: 2001:db8:c0de:0:8000:0:0:0 – 2001:db8:c0de:0:ffff:ffff:ffff:ffff

2.5 Задача 5 Разбиение сети 2a02:6b8::/64

2.5.1 Характеристики исходной сети

- Адрес: 2a02:6b8::
- Префикс: /64
- Маска: ffff:ffff:ffff:ffff:0000:0000:0000:0000
- Диапазон адресов узлов:
 - минимальный: 2a02:6b8:0:0:0:0:0:0
 - максимальный: 2a02:6b8:0:0:ffff:ffff:ffff:ffff

В сети /64 уже нет отдельного Subnet ID, всё поле ниже — Interface ID.

2.5.2 Вариант А. Разбиение «логическим Subnet ID» внутри Interface ID

Забираем 1 бит из Interface ID → получаем две подсети /65.

1) Подсеть 2a02:6b8::/65

- диапазон: 2a02:6b8:0:0:0:0:0:0 – 2a02:6b8:0:0:7fff:ffff:ffff:ffff

2) Подсеть 2a02:6b8:0:0:8000::/65

- диапазон: 2a02:6b8:0:0:8000:0:0:0 – 2a02:6b8:0:0:ffff:ffff:ffff:ffff

2.5.3 Вариант Б. Разбиение по диапазонам Interface ID без изменения префикса

Префикс /64 остаётся, но адресное пространство логически разделяется.

1) Диапазон 1:

- 2a02:6b8:: – 2a02:6b8:0:0:0:0:7fff:ffff

2) Диапазон 2:

- 2a02:6b8:0:0:8000:: – 2a02:6b8:0:0:ffff:ffff:ffff:ffff

3 Выполнение задний

3.1 Настройка IPv4-адресации и проверка связности в топологии GNS3

В GNS3 создан новый проект, после чего на рабочем поле размещены устройства и соединены согласно заданной топологии.

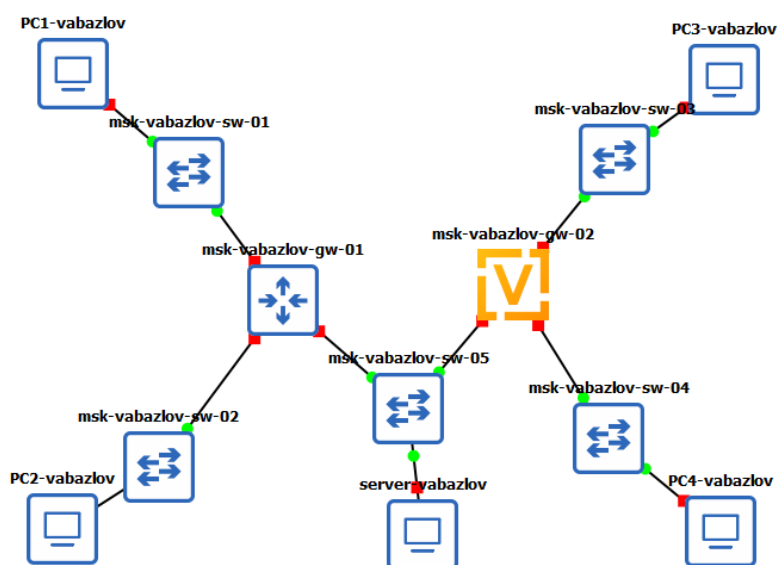


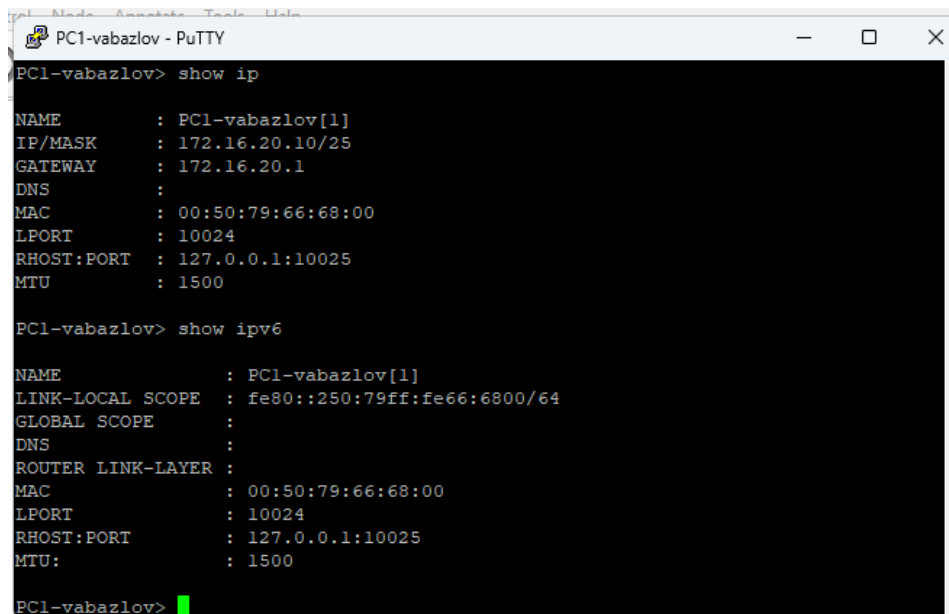
Рис. 3.1: Топология сети

Устройствам присвоены имена в соответствии с правилами: коммутаторы msk-vabazlov-sw-0x, ПК PCx-vabazlov, маршрутизатор msk-vabazlov-net-gw-01.

3.2 Настройка IPv4-адресов на PC1, PC2 и сервере

На PC1-vabazlov назначены адрес 172.16.20.10/25 и шлюз 172.16.20.1.

Проверка через show ip и show ipv6 подтверждает корректность конфигурации.



```
PC1-vabazlov - PuTTY
PC1-vabazlov> show ip
NAME       : PC1-vabazlov[1]
IP/MASK    : 172.16.20.10/25
GATEWAY    : 172.16.20.1
DNS        :
MAC        : 00:50:79:66:68:00
LPORT      : 10024
RHOST:PORT : 127.0.0.1:10025
MTU        : 1500

PC1-vabazlov> show ipv6
NAME       : PC1-vabazlov[1]
LINK-LOCAL SCOPE : fe80::250:79ff:fe66:6800/64
GLOBAL SCOPE    :
DNS             :
ROUTER LINK-LAYER :
MAC            : 00:50:79:66:68:00
LPORT          : 10024
RHOST:PORT     : 127.0.0.1:10025
MTU            : 1500

PC1-vabazlov>
```

Рис. 3.2: Настройка PC1

На PC2-vabazlov назначены адрес 172.16.20.138/25 и шлюз 172.16.20.129.

Вывод команд отображает корректную информацию IPv4 и IPv6.

```
PC2-vabazlov> show ip
NAME       : PC2-vabazlov[1]
IP/MASK    : 172.16.20.138/25
GATEWAY    : 172.16.20.129
DNS        :
MAC        : 00:50:79:66:68:01
LPORT      : 10022
RHOST:PORT : 127.0.0.1:10023
MTU        : 1500

PC2-vabazlov> show ipv6
NAME       : PC2-vabazlov[1]
LINK-LOCAL SCOPE : fe80::250:79ff:fe66:6801/64
GLOBAL SCOPE    :
DNS             :
ROUTER LINK-LAYER :
MAC            : 00:50:79:66:68:01
LPORT          : 10022
RHOST:PORT     : 127.0.0.1:10023
MTU            : 1500

PC2-vabazlov>
```

Рис. 3.3: Настройка PC2

На сервере назначения выполнены для адреса 64.100.1.10/24 и шлюза 64.100.1.1.

Конфигурация проверена командами show ip и show ipv6.

```
VPCS> show ip
NAME       : VPCS[1]
IP/MASK    : 64.100.1.10/24
GATEWAY    : 64.100.1.1
DNS        :
MAC        : 00:50:79:66:68:04
LPORT      : 10026
RHOST:PORT : 127.0.0.1:10027
MTU        : 1500

VPCS> show ipv6
NAME       : VPCS[1]
LINK-LOCAL SCOPE : fe80::250:79ff:fe66:6804/64
GLOBAL SCOPE    :
DNS             :
ROUTER LINK-LAYER :
MAC            : 00:50:79:66:68:04
LPORT          : 10026
RHOST:PORT     : 127.0.0.1:10027
MTU            : 1500

VPCS>
```

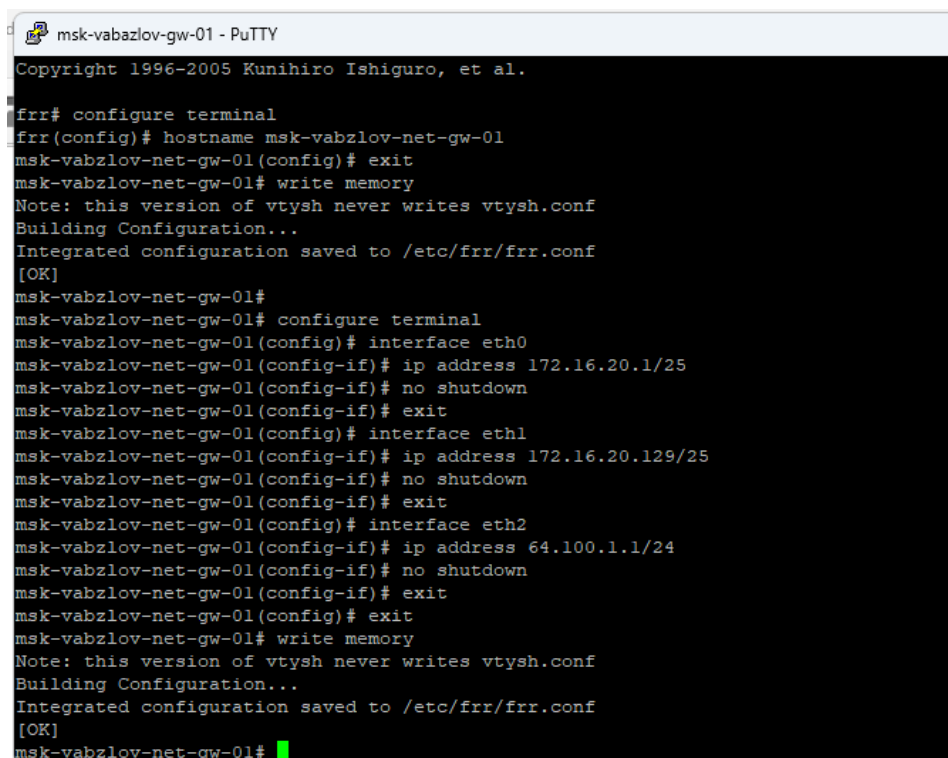
Рис. 3.4: Настройка сервера

3.3 Настройка маршрутизатора FRR

msk-vabazlov-net-gw-01

Маршрутизатору присвоено имя msk-vabazlov-net-gw-01.

Интерфейсы eth0, eth1 и eth2 настроены на соответствующие IPv4-подсети, используемые в топологии.

A screenshot of a terminal window titled "msk-vabazlov-gw-01 - PuTTY". The terminal shows the configuration of an FRR router. The user enters "configure terminal" to enter configuration mode. Then, "hostname msk-vabzlov-net-gw-01" is entered to set the device name. After exiting configuration mode, "write memory" is used to save the configuration. The terminal then shows the user re-entering configuration mode to configure three interfaces: eth0, eth1, and eth2. Each interface is configured with an IP address and "no shutdown" command. Finally, the configuration is saved again with "write memory".

```
msk-vabazlov-gw-01 - PuTTY
Copyright 1996-2005 Kunihiro Ishiguro, et al.

frr# configure terminal
frr(config)# hostname msk-vabzlov-net-gw-01
msk-vabzlov-net-gw-01(config)# exit
msk-vabzlov-net-gw-01# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
msk-vabzlov-net-gw-01#
msk-vabzlov-net-gw-01# configure terminal
msk-vabzlov-net-gw-01(config)# interface eth0
msk-vabzlov-net-gw-01(config-if)# ip address 172.16.20.1/25
msk-vabzlov-net-gw-01(config-if)# no shutdown
msk-vabzlov-net-gw-01(config-if)# exit
msk-vabzlov-net-gw-01(config)# interface eth1
msk-vabzlov-net-gw-01(config-if)# ip address 172.16.20.129/25
msk-vabzlov-net-gw-01(config-if)# no shutdown
msk-vabzlov-net-gw-01(config-if)# exit
msk-vabzlov-net-gw-01(config)# interface eth2
msk-vabzlov-net-gw-01(config-if)# ip address 64.100.1.1/24
msk-vabzlov-net-gw-01(config-if)# no shutdown
msk-vabzlov-net-gw-01(config-if)# exit
msk-vabzlov-net-gw-01(config)# exit
msk-vabzlov-net-gw-01# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
msk-vabzlov-net-gw-01#
```

Рис. 3.5: Конфигурация интерфейсов FRR

3.4 Проверка конфигурации маршрутизатора

Вывод текущей конфигурации показывает корректное применение настроек. Информация об интерфейсах демонстрирует активные порты и назначенные адреса.

```

msk-vabzlov-net-gw-01#
msk-vabzlov-net-gw-01# show running-config
Building configuration...

Current configuration:
!
frr version 8.2.2
frr defaults traditional
hostname frr
hostname msk-vabzlov-net-gw-01
service integrated-vtysh-config
!
interface eth0
 ip address 172.16.20.1/25
exit
!
interface eth1
 ip address 172.16.20.129/25
exit
!
interface eth2
 ip address 64.100.1.1/24
exit
!
end
msk-vabzlov-net-gw-01#

```

Рис. 3.6: show running-config

```

msk-vabzlov-net-gw-01#
msk-vabzlov-net-gw-01# show interface brief

```

Interface	Status	VRF	Addresses
eth0	up	default	172.16.20.1/25
eth1	up	default	172.16.20.129/25
eth2	up	default	64.100.1.1/24
eth3	down	default	
eth4	down	default	
eth5	down	default	
eth6	down	default	
eth7	down	default	
lo	up	default	
pimreg	up	default	

```

msk-vabzlov-net-gw-01#

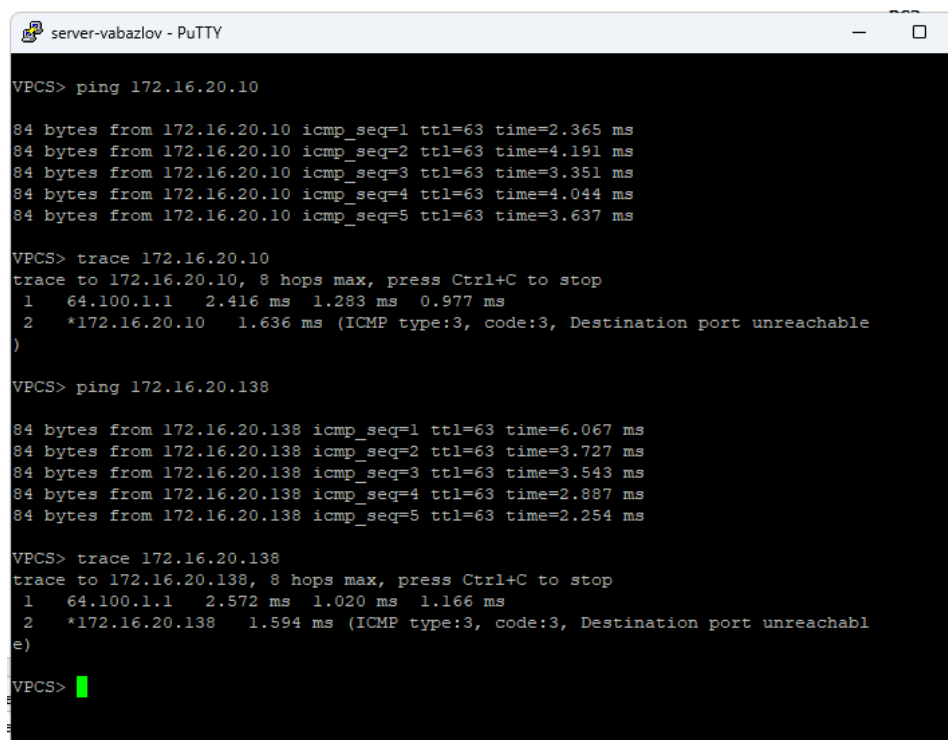
```

Рис. 3.7: show interface brief

3.5 Проверка сетевой связности

С сервера выполнены проверки доступности PC1 и PC2 посредством ping и trace.

Оба узла успешно отвечают, а пути прохождения пакетов проходят через маршрутизатор.



```
server-vabazlov - PuTTY

VPCS> ping 172.16.20.10

84 bytes from 172.16.20.10 icmp_seq=1 ttl=63 time=2.365 ms
84 bytes from 172.16.20.10 icmp_seq=2 ttl=63 time=4.191 ms
84 bytes from 172.16.20.10 icmp_seq=3 ttl=63 time=3.351 ms
84 bytes from 172.16.20.10 icmp_seq=4 ttl=63 time=4.044 ms
84 bytes from 172.16.20.10 icmp_seq=5 ttl=63 time=3.637 ms

VPCS> trace 172.16.20.10
trace to 172.16.20.10, 8 hops max, press Ctrl+C to stop
 1  64.100.1.1    2.416 ms  1.283 ms  0.977 ms
 2  *172.16.20.10  1.636 ms (ICMP type:3, code:3, Destination port unreachable)

VPCS> ping 172.16.20.138

84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=1 ttl=63 time=6.067 ms
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=2 ttl=63 time=3.727 ms
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=3 ttl=63 time=3.543 ms
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=4 ttl=63 time=2.887 ms
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=5 ttl=63 time=2.254 ms

VPCS> trace 172.16.20.138
trace to 172.16.20.138, 8 hops max, press Ctrl+C to stop
 1  64.100.1.1    2.572 ms  1.020 ms  1.166 ms
 2  *172.16.20.138  1.594 ms (ICMP type:3, code:3, Destination port unreachable)

VPCS>
```

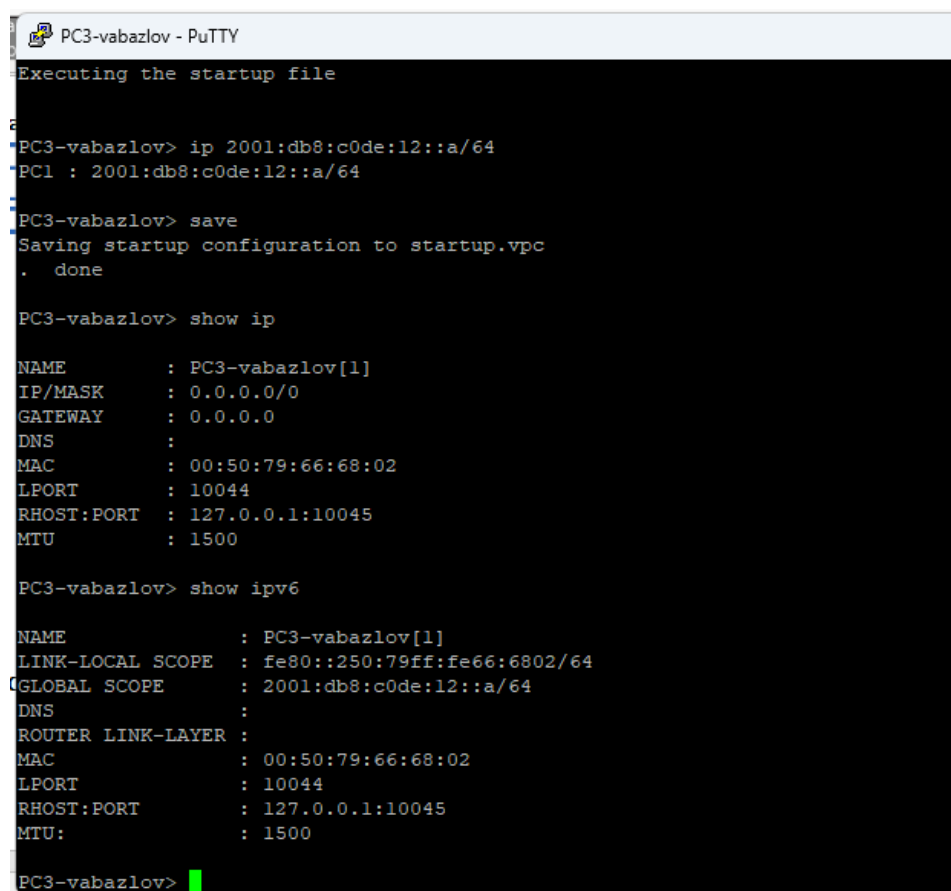
Рис. 3.8: Проверка ping и trace

Связность между всеми узлами подтверждена, IPv4-адресация функционирует корректно.

3.6 Настройка IPv6-адресации узлов PC3, PC4 и сервера

На PC3-vabazlov назначен глобальный IPv6-адрес 2001:db8:c0de:12::a/64. Команды show ip и show ipv6 подтверждают наличие линк-локального и глобаль-

ного адресов.



```
PC3-vabazlov - PuTTY
Executing the startup file

PC3-vabazlov> ip 2001:db8:c0de:12::a/64
PC1 : 2001:db8:c0de:12::a/64

PC3-vabazlov> save
Saving startup configuration to startup.vpc
. done

PC3-vabazlov> show ip

NAME       : PC3-vabazlov[1]
IP/MASK    : 0.0.0.0/0
GATEWAY    : 0.0.0.0
DNS        :
MAC        : 00:50:79:66:68:02
LPORT      : 10044
RHOST:PORT : 127.0.0.1:10045
MTU        : 1500

PC3-vabazlov> show ipv6

NAME       : PC3-vabazlov[1]
LINK-LOCAL SCOPE : fe80::250:79ff:fe66:6802/64
GLOBAL SCOPE    : 2001:db8:c0de:12::a/64
DNS            :
ROUTER LINK-LAYER :
MAC           : 00:50:79:66:68:02
LPORT        : 10044
RHOST:PORT    : 127.0.0.1:10045
MTU          : 1500

PC3-vabazlov>
```

Рис. 3.9: PC3 IPv6

На PC4-vabazlov назначен адрес 2001:db8:c0de:13::a/64.
Вывод конфигурации корректен.

```
PC4-vabazlov - PuTTY
PC4-vabazlov> show ip
NAME       : PC4-vabazlov[1]
IP/MASK    : 0.0.0.0/0
GATEWAY    : 0.0.0.0
DNS        :
MAC        : 00:50:79:66:68:03
LPORT      : 10046
RHOST:PORT : 127.0.0.1:10047
MTU        : 1500

PC4-vabazlov> show ipv6
NAME           : PC4-vabazlov[1]
LINK-LOCAL SCOPE : fe80::250:79ff:fe66:6803/64
GLOBAL SCOPE    : 2001:db8:c0de:13::a/64
DNS             :
ROUTER LINK-LAYER :
MAC             : 00:50:79:66:68:03
LPORT          : 10046
RHOST:PORT      : 127.0.0.1:10047
MTU             : 1500

PC4-vabazlov>
```

Рис. 3.10: PC4 IPv6

На сервере настроен адрес 2001:db8:c0de:11::a/64.
Его вывод `show ipv6` демонстрирует корректную настройку двойного стека IPv4/IPv6.

```
server-vabazlov - PuTTY
VPCS> show ip
NAME       : VPCS[1]
IP/MASK    : 64.100.1.10/24
GATEWAY    : 64.100.1.1
DNS        :
MAC        : 00:50:79:66:68:04
LPORT      : 10026
RHOST:PORT : 127.0.0.1:10027
MTU        : 1500

VPCS> show ipv6
NAME       : VPCS[1]
LINK-LOCAL SCOPE : fe80::250:79ff:fe66:6804/64
GLOBAL SCOPE   : 2001:db8:c0de:11::a/64
DNS           :
ROUTER LINK-LAYER :
MAC           : 00:50:79:66:68:04
LPORT         : 10026
RHOST:PORT    : 127.0.0.1:10027
MTU           : 1500

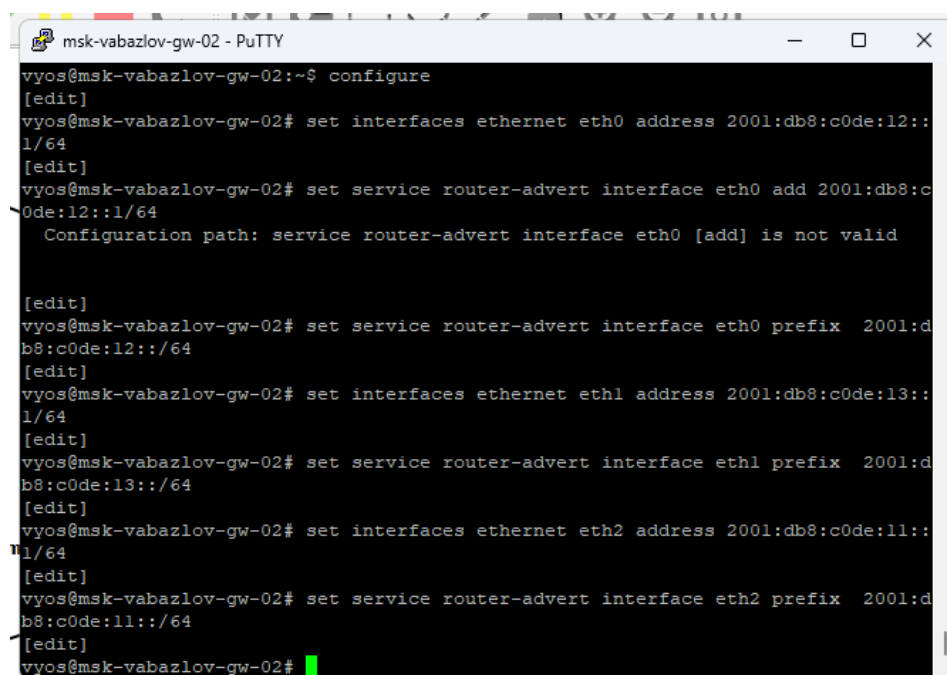
VPCS>
```

Рис. 3.11: Server IPv6

3.7 Настройка IPv6-адресации на маршрутизаторе VyOS msk-vabazlov-gw-02

Маршрутизатор установлен и перезагружен, затем ему присвоено имя msk-vabazlov-gw-02.

На интерфейсы eth0, eth1 и eth2 назначены IPv6-адреса и включены Router Advertisements для автоматической раздачи префиксов узлам.



```
msk-vabazlov-gw-02 - PuTTY
vyos@msk-vabazlov-gw-02:~$ configure
[edit]
vyos@msk-vabazlov-gw-02# set interfaces ethernet eth0 address 2001:db8:c0de:12::
1/64
[edit]
vyos@msk-vabazlov-gw-02# set service router-advert interface eth0 add 2001:db8:c
0de:12::1/64
Configuration path: service router-advert interface eth0 [add] is not valid

[edit]
vyos@msk-vabazlov-gw-02# set service router-advert interface eth0 prefix 2001:d
b8:c0de:12::/64
[edit]
vyos@msk-vabazlov-gw-02# set interfaces ethernet eth1 address 2001:db8:c0de:13::
1/64
[edit]
vyos@msk-vabazlov-gw-02# set service router-advert interface eth1 prefix 2001:d
b8:c0de:13::/64
[edit]
vyos@msk-vabazlov-gw-02# set interfaces ethernet eth2 address 2001:db8:c0de:11::
1/64
[edit]
vyos@msk-vabazlov-gw-02# set service router-advert interface eth2 prefix 2001:d
b8:c0de:11::/64
[edit]
vyos@msk-vabazlov-gw-02#
```

Рис. 3.12: VyOS IPv6 config

3.8 Проверка связности между узлами IPv6

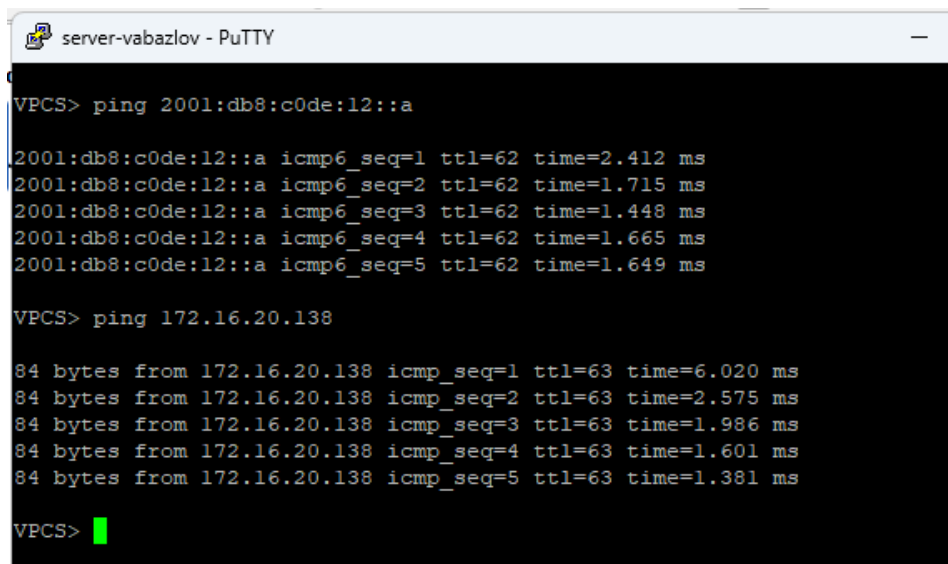
PC3 успешно отправляет эхо-запросы на PC4 и сервер, что подтверждает корректную маршрутизацию внутри IPv6-подсетей.

```
PC3-vabazlov - PuTTY
2001:db8:c0de:12::a icmp_seq=1 ttl=64 time=0.001 ms
2001:db8:c0de:12::a icmp_seq=2 ttl=64 time=0.001 ms
2001:db8:c0de:12::a icmp_seq=3 ttl=64 time=0.001 ms
2001:db8:c0de:12::a icmp_seq=4 ttl=64 time=0.001 ms
2001:db8:c0de:12::a icmp_seq=5 ttl=64 time=0.001 ms
PC3-vabazlov>
PC3-vabazlov> ping 2001:db8:c0de:13::a
2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=1 ttl=62 time=3.644 ms
2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=2 ttl=62 time=3.274 ms
2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=3 ttl=62 time=2.642 ms
2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=4 ttl=62 time=2.286 ms
2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=5 ttl=62 time=1.408 ms
PC3-vabazlov> ping 2001:db8:c0de:11::a
2001:db8:c0de:11::a icmp6_seq=1 ttl=62 time=4.961 ms
2001:db8:c0de:11::a icmp6_seq=2 ttl=62 time=2.127 ms
2001:db8:c0de:11::a icmp6_seq=3 ttl=62 time=3.241 ms
2001:db8:c0de:11::a icmp6_seq=4 ttl=62 time=1.797 ms
2001:db8:c0de:11::a icmp6_seq=5 ttl=62 time=1.787 ms
PC3-vabazlov>
```

Рис. 3.13: PC3 ping IPv6

Сервер с двойным стеком доступен как по IPv6, так и по IPv4.

Проверка показывает успешные ICMPv6-ответы и доступность IPv4-хоста 172.16.20.138.



```
server-vabazlov - PuTTY

VPCS> ping 2001:db8:c0de:12::a

2001:db8:c0de:12::a icmp6_seq=1 ttl=62 time=2.412 ms
2001:db8:c0de:12::a icmp6_seq=2 ttl=62 time=1.715 ms
2001:db8:c0de:12::a icmp6_seq=3 ttl=62 time=1.448 ms
2001:db8:c0de:12::a icmp6_seq=4 ttl=62 time=1.665 ms
2001:db8:c0de:12::a icmp6_seq=5 ttl=62 time=1.649 ms

VPCS> ping 172.16.20.138

84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=1 ttl=63 time=6.020 ms
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=2 ttl=63 time=2.575 ms
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=3 ttl=63 time=1.986 ms
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=4 ttl=63 time=1.601 ms
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=5 ttl=63 time=1.381 ms

VPCS> █
```

Рис. 3.14: Server pings IPv6 and IPv4

3.9 Разделение подсетей IPv4 и IPv6

Устройства, находящиеся только в подсети IPv6, не могут обращаться к узлам IPv4, так как у них отсутствует IPv4-стек.

Аналогично, узлы исключительно IPv4 не могут обратиться к адресам формата IPv6.

Связность между двумя доменами обеспечивает только сервер двойного стека, имеющий обе адресации.

3.10 Анализ перехваченного трафика ARP, ICMP и ICMPv6

На соединении между сервером двойного стека и коммутатором выполнен захват трафика. В полученных данных отображаются:

3.10.1 ARP

ARP-запросы отражают работу IPv4-подсети: - запросы вида «Who has 64.100.1.1? Tell 64.100.1.10» показывают, что сервер определяет MAC-адрес шлюза; - ответы от маршрутизатора содержат его MAC-адрес.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
6	2.008290	2001:db8:c0de:12::a	2001:db8:c0de:11::a	ICMPv6	118	Echo (ping) reply id=0x8510, seq=3, hop limit=62 (re
7	3.009675	2001:db8:c0de:11::a	2001:db8:c0de:12::a	ICMPv6	118	Echo (ping) request id=0x8510, seq=4, hop limit=64 (
8	3.011087	2001:db8:c0de:12::a	2001:db8:c0de:11::a	ICMPv6	118	Echo (ping) reply id=0x8510, seq=4, hop limit=62 (re
9	4.012852	2001:db8:c0de:11::a	2001:db8:c0de:12::a	ICMPv6	118	Echo (ping) request id=0x8510, seq=5, hop limit=64 (
10	4.014237	2001:db8:c0de:12::a	2001:db8:c0de:11::a	ICMPv6	118	Echo (ping) reply id=0x8510, seq=5, hop limit=62 (re
11	5.374008	fe80::e0b:36ff:fece...	2001:db8:c0de:11::a	ICMPv6	86	Neighbor Solicitation for 2001:db8:c0de:11::a from e
12	6.398311	fe80::e0b:36ff:fece...	2001:db8:c0de:11::a	ICMPv6	86	Neighbor Solicitation for 2001:db8:c0de:11::a from e
13	7.421921	fe80::e0b:36ff:fece...	2001:db8:c0de:11::a	ICMPv6	86	Neighbor Solicitation for 2001:db8:c0de:11::a from e
14	16.255722	Private_66:68:04	Broadcast	ARP	64	who has 64.100.1.1? Tell 64.100.1.10
15	16.258788	0c:f7:4d:1b:00:02	Private_66:68:04	ARP	60	64.100.1.1 is at 0c:f7:4d:1b:00:02
16	16.260150	64.100.1.10	172.16.20.138	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x9510, seq=1/256, ttl=64 (r
17	16.265717	172.16.20.138	64.100.1.10	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x9510, seq=1/256, ttl=63 (r
18	17.266724	64.100.1.10	172.16.20.138	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x9610, seq=2/512, ttl=64 (r
19	17.268891	172.16.20.138	64.100.1.10	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x9610, seq=2/512, ttl=63 (r
20	18.270722	64.100.1.10	172.16.20.138	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x9710, seq=3/768, ttl=64 (r
21	18.272268	172.16.20.138	64.100.1.10	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x9710, seq=3/768, ttl=63 (r
22	19.273535	64.100.1.10	172.16.20.138	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x9810, seq=4/1024, ttl=64 (r

> Frame 14: 64 bytes on wire (512 bits), 64 bytes captured (512 bits) on interface -, id 0

> Ethernet II, Src: Private_66:68:04 (00:50:79:66:68:04), Dst: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)

▼ Address Resolution Protocol (request)

Hardware type: Ethernet (1)

Protocol type: IPv4 (0x0800)

Hardware size: 6

Protocol size: 4

Opcode: request (1)

Sender MAC address: Private_66:68:04 (00:50:79:66:68:04)

Sender IP address: 64.100.1.10

Target MAC address: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)

Target IP address: 64.100.1.1

0000 ff ff ff ff

0010 00 00 06 04

0020 ff ff ff ff

0030 00 00 00 00

Рис. 3.15: ARP traffic

3.10.2 ICMPv4

Видны ICMP Echo Request и Echo Reply между сервером и узлами IPv4. Пакеты содержат: - идентификатор, - номер последовательности, - TTL и контрольные суммы.

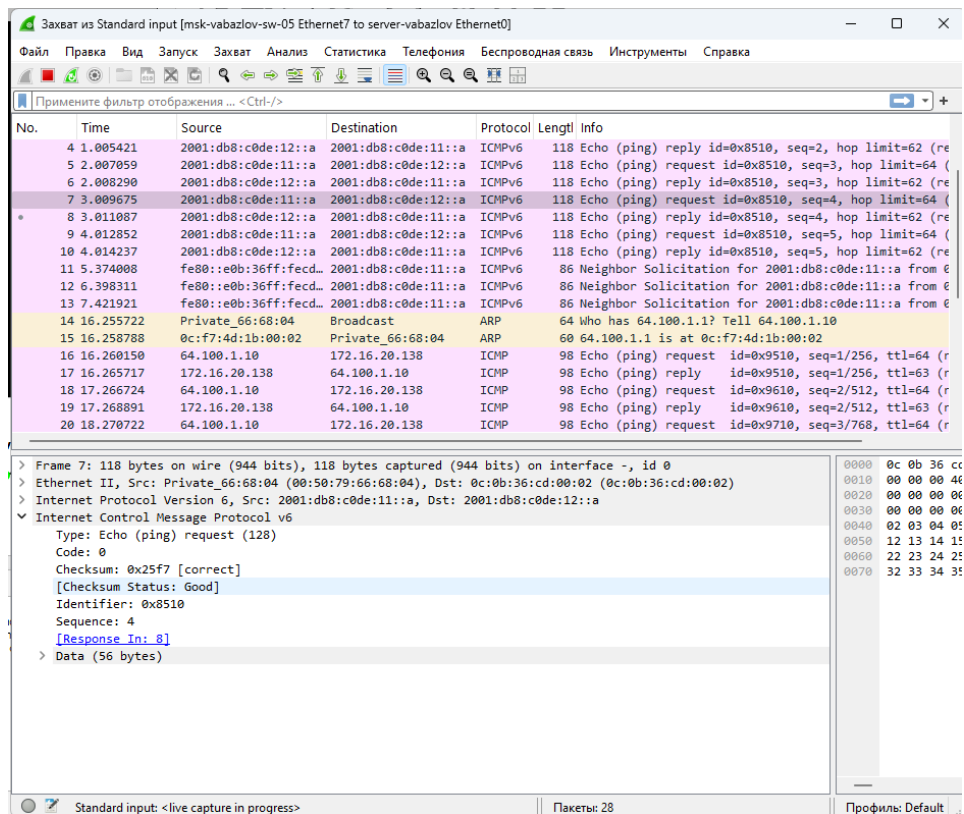


Рис. 3.17: ICMPv6

4 Выполнение самостоятельного задания

4.1 Характеристика подсетей

Для заданной топологии используются две подсети IPv4 и две подсети IPv6.

Подсеть 1 (для PC1 и интерфейса eth0 маршрутизатора): - IPv4-префикс: 10.10.1.96/27 - Маска: 255.255.255.224 - Количество адресов: 32 (30 доступных для узлов) - Адрес сети: 10.10.1.96 - Широковещательный адрес: 10.10.1.127 - Диапазон адресов узлов: 10.10.1.97–10.10.1.126

Подсеть 2 (для PC2 и интерфейса eth1 маршрутизатора): - IPv4-префикс: 10.10.1.16/28 - Маска: 255.255.255.240 - Количество адресов: 16 (14 доступных для узлов) - Адрес сети: 10.10.1.16 - Широковещательный адрес: 10.10.1.31 - Диапазон адресов узлов: 10.10.1.17–10.10.1.30

Подсети IPv6: - Подсеть 1: префикс 2001:db8:1:1::/64
Диапазон адресов узлов: от 2001:db8:1:1:: до 2001:db8:1:1:ffff:ffff:ffff:ffff
Используемые адреса: 2001:db8:1:1::1 (маршрутизатор), 2001:db8:1:1::a (PC1). -
Подсеть 2: префикс 2001:db8:1:4::/64

Диапазон адресов узлов: от 2001:db8:1:4:: до 2001:db8:1:4:ffff:ffff:ffff:ffff
Используемые адреса: 2001:db8:1:4::1 (маршрутизатор), 2001:db8:1:4::a (PC2).

Во всех подсетях интерфейсу маршрутизатора назначен наименьший доступный адрес (10.10.1.97 и 10.10.1.17 для IPv4, ::1 для IPv6).

4.2 Таблица адресации

Топология сети:

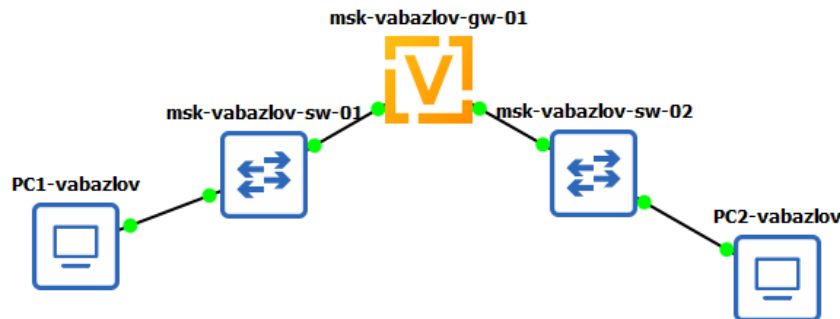


Рис. 4.1: Топология сети

Таблица адресации для устройств:

Устройство	Ин-тер-фейс	IPv4-адрес/маска	Шлюз по умолчанию		Назначение
			IPv4-адрес	IPv6-адрес/префикс	
PC1-vabazlov	VPCS	10.10.1.100/27	10.10.1.97	2001:db8:1:1::a/64	Узел подсети 1
PC2-vabazlov	VPCS	10.10.1.20/28	10.10.1.17	2001:db8:1:4::a/64	Узел подсети 2
msk-vabazlov-gw-01	eth0	10.10.1.97/27	—	2001:db8:1:1::1/64	Шлюз для подсети 1
msk-vabazlov-gw-01	eth1	10.10.1.17/28	—	2001:db8:1:4::1/64	Шлюз для подсети 2

Устройство	Ин-	IPv4-	Шлюз по		Назначение
	тер- фейс		умолча- нию	IPv6- адрес/префикс	
msk- vabazlov-sw- 01, sw-02	пор- ты к PC и GW	без IP	—	без IP	Коммутаторы уровня 2

4.3 Настройка IP-адресации на конечных устройствах

На PC1-vabazlov назначены: - IPv4-адрес 10.10.1.100/27, шлюз 10.10.1.97; - IPv6-адрес 2001:db8:1:1::a/64.

Проверка командами `show ip` и `show ipv6` показывает корректное наличие IPv4- и IPv6-адресов, а также линк-локального IPv6-адреса.

```
PC1-vabazlov> show ip
NAME           : PC1-vabazlov[1]
IP/MASK        : 10.10.1.100/27
GATEWAY        : 10.10.1.97
DNS            :
MAC            : 00:50:79:66:68:00
LPORT          : 10008
RHOST:PORT     : 127.0.0.1:10009
MTU            : 1500

PC1-vabazlov> show ipv6
NAME           : PC1-vabazlov[1]
LINK-LOCAL SCOPE : fe80::250:79ff:fe66:6800/64
GLOBAL SCOPE    : 2001:db8:1:1::a/64
DNS            :
ROUTER LINK-LAYER :
MAC            : 00:50:79:66:68:00
LPORT          : 10008
RHOST:PORT     : 127.0.0.1:10009
MTU            : 1500

PC1-vabazlov>
```

Рис. 4.2: PC1 адресация

На PC2-vabazlov назначены: - IPv4-адрес 10.10.1.20/28, шлюз 10.10.1.17; - IPv6-адрес 2001:db8:1:4::a/64.

Вывод show ip и show ipv6 подтверждает корректную конфигурацию.


```
PC2-vabazlov - PuTTY
PC2-vabazlov>
PC2-vabazlov> ip 10.10.1.20/28 10.10.1.17
Checking for duplicate address...
PC2-vabazlov : 10.10.1.20 255.255.255.240 gateway 10.10.1.17

PC2-vabazlov> ip 2001:db8:1:4::a/64
PC1 : 2001:db8:1:4::a/64

PC2-vabazlov> save
Saving startup configuration to startup.vpc
. done

PC2-vabazlov> show ip

NAME          : PC2-vabazlov[1]
IP/MASK       : 10.10.1.20/28
GATEWAY       : 10.10.1.17
DNS           :
MAC           : 00:50:79:66:68:01
LPORT        : 10010
RHOST:PORT    : 127.0.0.1:10011
MTU           : 1500

PC2-vabazlov>
```

Рис. 4.3: PC2 адресация, ввод настроек

```
PC2-vabazlov - PuTTY
NAME          : PC2-vabazlov[1]
IP/MASK       : 10.10.1.20/28
GATEWAY       : 10.10.1.17
DNS           :
MAC           : 00:50:79:66:68:01
LPORT        : 10010
RHOST:PORT    : 127.0.0.1:10011
MTU           : 1500

PC2-vabazlov>
PC2-vabazlov> show ipv6

NAME          : PC2-vabazlov[1]
LINK-LOCAL SCOPE : fe80::250:79ff:fe66:6801/64
GLOBAL SCOPE    : 2001:db8:1:4::a/64
DNS            :
ROUTER LINK-LAYER :
MAC           : 00:50:79:66:68:01
LPORT        : 10010
RHOST:PORT    : 127.0.0.1:10011
MTU           : 1500

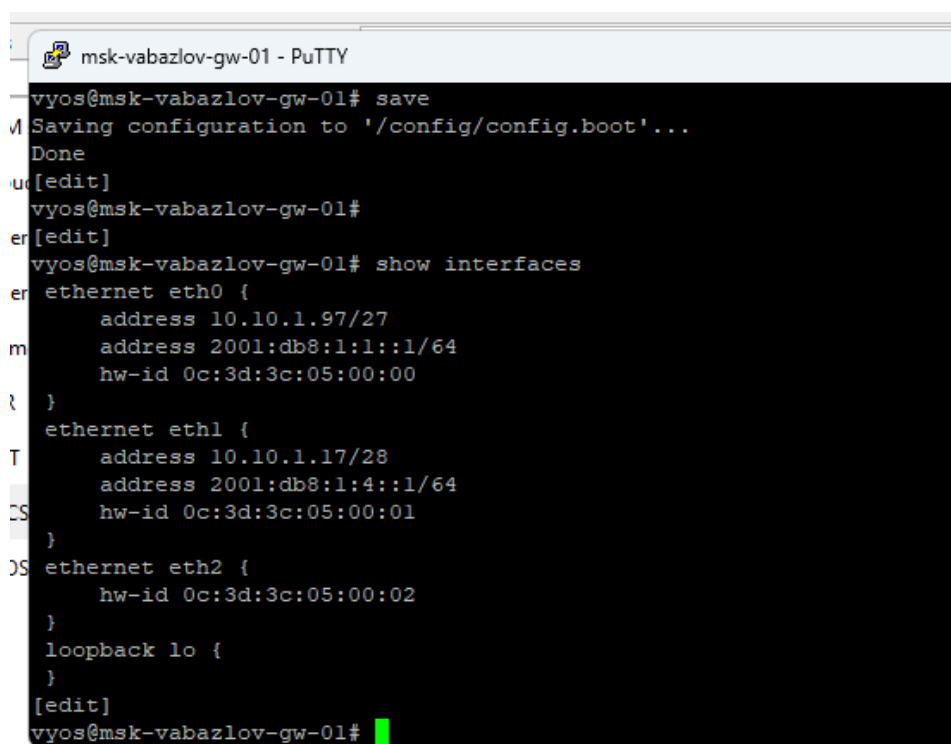
PC2-vabazlov>
```

Рис. 4.4: PC2 адресация

4.4 Настройка маршрутизатора VyOS

На маршрутизаторе msk-vabazlov-gw-01 в режиме configure выполнены следующие действия: - для интерфейса eth0 (подсеть 1) назначены адреса 10.10.1.97/27 и 2001:db8:1:1::1/64; - для интерфейса eth1 (подсеть 2) назначены адреса 10.10.1.17/28 и 2001:db8:1:4::1/64; - конфигурация сохранена в файл config.boot.

Вывод show interfaces демонстрирует назначенные IPv4- и IPv6-адреса на интерфейсах маршрутизатора.



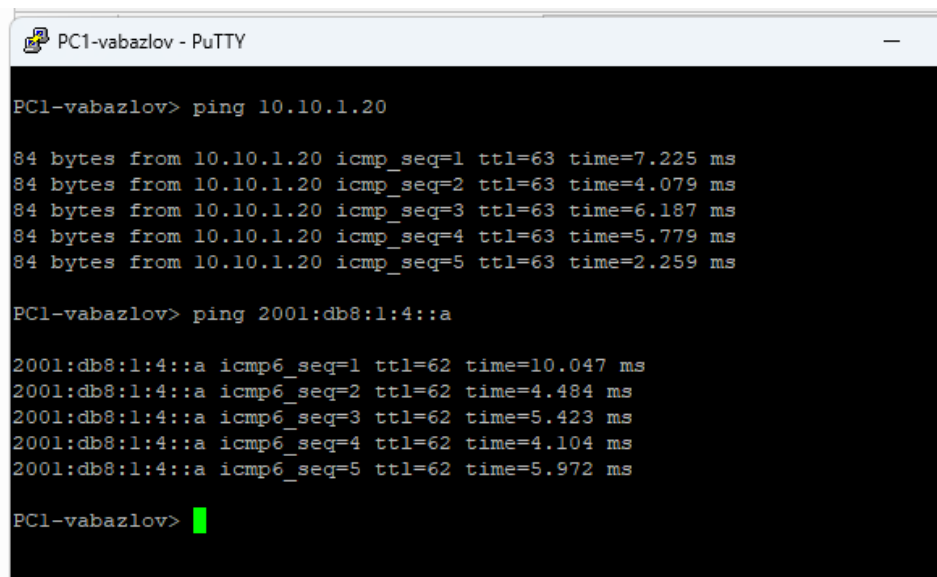
```
msk-vabazlov-gw-01 - PuTTY
vyos@msk-vabazlov-gw-01# save
Saving configuration to '/config/config.boot'...
Done
vyos@msk-vabazlov-gw-01#
vyos@msk-vabazlov-gw-01# show interfaces
 ethernet eth0 {
     address 10.10.1.97/27
     address 2001:db8:1:1::1/64
     hw-id 0c:3d:3c:05:00:00
 }
 ethernet eth1 {
     address 10.10.1.17/28
     address 2001:db8:1:4::1/64
     hw-id 0c:3d:3c:05:00:01
 }
 ethernet eth2 {
     hw-id 0c:3d:3c:05:00:02
 }
 loopback lo {
 }
[edit]
vyos@msk-vabazlov-gw-01#
```

Рис. 4.5: Интерфейсы маршрутизатора

4.5 Проверка подключений (ping и trace)

Для проверки связности из узла PC1 выполнена отправка эхо-запросов на PC2: - ping 10.10.1.20 — успешные ответы подтверждают работоспособность IPv4-маршрутизации между подсетями через msk-vabazlov-gw-01; -

ping 2001:db8:1:4::a — успешные ICMPv6-ответы показывают корректную маршрутизацию IPv6.



```
PC1-vabazlov> ping 10.10.1.20

84 bytes from 10.10.1.20 icmp_seq=1 ttl=63 time=7.225 ms
84 bytes from 10.10.1.20 icmp_seq=2 ttl=63 time=4.079 ms
84 bytes from 10.10.1.20 icmp_seq=3 ttl=63 time=6.187 ms
84 bytes from 10.10.1.20 icmp_seq=4 ttl=63 time=5.779 ms
84 bytes from 10.10.1.20 icmp_seq=5 ttl=63 time=2.259 ms

PC1-vabazlov> ping 2001:db8:1:4::a

2001:db8:1:4::a icmp6_seq=1 ttl=62 time=10.047 ms
2001:db8:1:4::a icmp6_seq=2 ttl=62 time=4.484 ms
2001:db8:1:4::a icmp6_seq=3 ttl=62 time=5.423 ms
2001:db8:1:4::a icmp6_seq=4 ttl=62 time=4.104 ms
2001:db8:1:4::a icmp6_seq=5 ttl=62 time=5.972 ms

PC1-vabazlov> █
```

Рис. 4.6: Проверка ping IPv4 и IPv6

5 Заключение

В ходе работы выполнен анализ IPv6-адресного пространства и выполнено разбиение сетей двумя различными способами — с использованием идентификатора подсети и с использованием идентификатора интерфейса. Показано, что сеть с префиксом /48 позволяет формировать классическую иерархию подсетей, изменяя Subnet ID, тогда как сеть /64 может быть разделена только за счёт структуры Interface ID. Оба подхода позволяют гибко организовывать адресное пространство и адаптировать его к различным требованиям — как для изоляции подсетей, так и для логического разделения устройств в пределах одного сетевого сегмента.