

Лабораторная работа №6

Адресация IPv4 и IPv6. Двойной стек

Андреева Софья Владимировна

Содержание

1 Цель работы	4
2 Задание	5
3 Выполнение лабораторной работы	6
3.1 Разбиение сети на подсети	6
3.1.1 Разбиение IPv4-сети на подсети	6
3.2 3) Сеть 10.10.1.0/26	8
3.2.1 А) Характеристики:	8
3.2.2 Б) Выделение подсети на 14 узлов	8
3.2.3 Разбиение IPv6-сети на подсети	8
3.3 Настройка двойного стека адресации IPv4 и IPv6 в локальной сети	11
3.4 Задание для самостоятельного выполнения	23
4 Выводы	29

Список иллюстраций

3.1 Создание нового проекта в GNS3	11
3.2 Топология сети с двумя локальными подсетями	11
3.3 Захват трафика на соединении между сервером двойного стека ад-ресации и ближайшим к нему коммутатором	12
3.4 Настройка IP-адреса на PC1	12
3.5 Настройка IP-адреса на PC2	13
3.6 Настройка IP-адреса на Server	13
3.7 Конфигурация IPv4 и IPv6	14
3.8 Настройка IP-адреса на маршрутизаторе FRR	14
3.9 Проверка конфигурации маршрутизатора FRR, настройки IPv4-адресации на маршрутизаторе FRR	15
3.10 Отправка эхо-запросов между PC1 и PC2 и Server с помощью ping и trace	15
3.11 Настройка IP-адреса на PC3	16
3.12 Настройка IP-адреса на PC4	16
3.13 Настройка IP-адреса на Server	17
3.14 Конфигурация IPv4 и IPv6 на PC3	17
3.15 Настройка имени устройства	18
3.16 Настройка на маршрутизаторе VyOS	19
3.17 Сохранение и Проверка настроек IPv6-адресации на маршрутиза-торе VyOS	20
3.18 Отправка эхо-запросов PC3, PC4 и Server с помощью ping и trace	20
3.19 Попытка подключения PC3, PC4 к PC1, PC2	21
3.20 Попытка подключения PC1 к PC3	21
3.21 Перехваченные пакеты ICMPv6	22
3.22 Перехваченные пакеты ICMP	22
3.23 Перехваченные пакеты ARP	22
3.24 Топология сети с двумя локальными подсетями	23
3.25 Таблица	24
3.26 Настройка IP-адреса на PC1-svandreeva	24
3.27 Настройка IP-адреса на PC2-svandreeva	25
3.28 Настройка на маршрутизаторе VyOS	26
3.29 ПНастройка на маршрутизаторе VyOS	26
3.30 Настройка на маршрутизаторе VyOS	27
3.31 Настройка на маршрутизаторе VyOS	27
3.32 Отправка эхо-запроса PC1 и PC2	28

1 Цель работы

Целью данной работы является изучение принципов распределения и настройки адресного пространства на устройствах сети.

2 Задание

1. Выполнить задания по разбиению сети на подсети
2. Реализовать в GNS3 топологию сети, настроить IPv4-адресацию на устройствах первой подсети и проверить подключение между устройствами этой подсети, настроить IPv6-адресацию на устройствах второй подсети и проверить подключение между устройствами этой подсети, проанализировать захваченный на соединении сервера двойного стека адресации с коммутатором трафик ARP, ICMP, ICMPv6
3. Охарактеризовать подсети, указать, какие адреса в них входят, предложить вариант таблицы адресации для заданной топологии и адресного пространства, причём для интерфейсов маршрутизатора выбрать наименьший адрес в подсети, настроить IP-адресацию на маршрутизаторе VyOS и оконечных устройствах, причём на интерфейсах маршрутизатора установить наименьший адрес в подсети, проверить подключение между устройствами подсети с помощью команд ping и trace

3 Выполнение лабораторной работы

3.1 Разбиение сети на подсети

3.1.1 Разбиение IPv4-сети на подсети

3.1.1.1 1) Сеть 172.16.20.0/24

3.1.1.1.1 А) Характеристики исходной сети:

1. Префикс: /24
2. Маска:
 - Двоичный вид: 11111111.11111111.11111111.00000000
 - Десятичный вид: 255.255.255.0
3. Адрес сети: 172.16.20.0
4. Broadcast-адрес: 172.16.20.255
5. Общее число адресов: 256
6. Число доступных адресов для хостов: 254
7. Диапазон адресов узлов: 172.16.20.1 – 172.16.20.254

3.1.1.1.2 Б) Разбиение на 3 подсети (требования: 126, 62, 62 узлов) Используем VLSM, начиная с наибольшего требования:

- Для 126 узлов: требуется 7 хостовых бит ($2^7 - 2 = 126$) , значит префикс /25
- Для 62 узлов: требуется 6 хостовых бит ($2^6 - 2 = 62$) , значит префикс /26

Разделение: 1. **Первый блок (/25):** - Сеть: 172.16.20.0/25 - Маска: 255.255.255.128 - Broadcast: 172.16.20.127 - Диапазон адресов узлов : 172.16.20.1 – 172.16.20.126

2. Второй блок (/26):

- Сеть: 172.16.20.128/26
- Маска: 255.255.255.192
- Broadcast: 172.16.20.191
- Диапазон адресов узлов: 172.16.20.129 – 172.16.20.190

3. Третий блок (/26):

- Сеть: 172.16.20.192/26
- Маска: 255.255.255.192
- Broadcast: 172.16.20.255
- Диапазон адресов узлов: 172.16.20.193 – 172.16.20.254

3.1.1.2 2) Сеть 10.10.1.64/26

3.1.1.2.1 А) Характеристики:

1. **Префикс:** /26
2. **Маска:** 255.255.255.192
3. **Адрес сети:** 10.10.1.64
4. **Broadcast:** 10.10.1.127
5. **Общее число адресов:** 64
6. **Доступных для хостов:** 62
7. **Диапазон узлов:** 10.10.1.65 – 10.10.1.126

3.1.1.2.2 Б) Выделение подсети на 30 узлов

- Требуется 5 хостовых бит ($2^5 - 2 = 30$) , значит префикс /27
- Выделенная подсеть: 10.10.1.64/27

- Маска: 255.255.255.224
- Broadcast: 10.10.1.95
- Диапазон адресов узлов: 10.10.1.65 – 10.10.1.94

3.2 3) Сеть 10.10.1.0/26

3.2.1 А) Характеристики:

1. **Префикс:** /26
2. **Маска:** 255.255.255.192
3. **Адрес сети:** 10.10.1.0
4. **Broadcast:** 10.10.1.63
5. **Общее число адресов:** 64
6. **Доступных для хостов:** 62
7. **Диапазон узлов:** 10.10.1.1 – 10.10.1.62

3.2.2 Б) Выделение подсети на 14 узлов

- Требуется 4 хостовых бит ($2^4 - 2 = 14$) , значит префикс /28
- Выделенная подсеть: 10.10.1.0/28
- Маска: 255.255.255.240
- Broadcast: 10.10.1.15
- Диапазон адресов узлов: 10.10.1.1 – 10.10.1.14

3.2.3 Разбиение IPv6-сети на подсети

3.2.3.1 1) Сеть 2001:db8:c0de::/48

3.2.3.1.1 А) Характеристики:

1. **Префикс:** /48
2. **Маска:** ffff:ffff:ffff:0000:0000:0000:0000:0000

3. Структура:

- Биты 0-47: глобальный префикс `2001:0db8:c0de`
- Биты 48-63: идентификатор подсети
- Биты 64-127: идентификатор интерфейса

4. Диапазон адресов:

- Минимальный: `2001:db8:c0de:0000:0000:0000:0000:0000`
- Максимальный: `2001:db8:c0de:ffff:ffff:ffff:ffff:ffff`

5. Число адресов: 2^{80}

3.2.3.1.2 Б) Разбиение на 2 подсети С использованием идентификатора подсети

Берём 1 бит из 16-битного Subnet ID, увеличиваем префикс с /48 до /49. Это даёт 2 подсети, каждая размером /49.

- **Подсеть 0:** `2001:db8:c0de:0000::/49`
 - Диапазон: `2001:db8:c0de:0000:0000:0000:0000:0000 – 2001:db8:c0de:7fff:ffff:ffff:ffff:ffff`
- **Подсеть 1:** `2001:db8:c0de:8000::/49`
 - Диапазон: `2001:db8:c0de:8000:0000:0000:0000:0000 – 2001:db8:c0de:ffff:ffff:ffff:ffff:ffff`

Использование идентификатора интерфейса

При данном подходе мы берём 1 бит не из Subnet ID, а из Interface ID (последних 64 бит).

Механизм разделения: - Оставляем SubnetID на фиксированном значении (например 0) - Делим пространство адресов по старшему биту интерфейсного поля - Увеличиваем префикс от /48 до /65 - *Расчёт:* $48 + 17 = 65$ (16 бит из Subnet ID + 1 бит из IID)

Созданные подсети:

Подсеть А: 2001:db8:c0de:0::/65 - **Диапазон:** от 2001:db8:c0de:0000:0000:0000:0000:0000 до 2001:db8:c0de:0000:7fff:ffff:ffff:ffff - **Условие:** IID старший бит = 0

Подсеть В: 2001:db8:c0de:0:8000::/65 - **Диапазон:** от 2001:db8:c0de:0000:8000:0000:0000:0000 до 2001:db8:c0de:0000:ffff:ffff:ffff:ffff - **Условие:** IID старший бит = 1

Такой подход является **нестандартным!** Обычно интерфейсный идентификатор — это область размером 64 бита, которую не рекомендуется изменять. Использование префиксов длиннее /64 для реальных LAN приводит к проблемам с:
- SLAAC - Некорректной работой сетевых реализаций - Нарушением стандартов RFC

3.2.3.2 2) Сеть 2a02:6b8::/64

3.2.3.2.1 А) Характеристики:

1. **Префикс:** /64
2. **Маска:** ffff:ffff:ffff:ffff:0000:0000:0000:0000
3. **Диапазон адресов:**

- Минимальный: 2a02:06b8:0000:0000:0000:0000:0000:0000
- Максимальный: 2a02:06b8:0000:0000:ffff:ffff:ffff:ffff

4. **Число адресов:** 2^{64}

3.2.3.2.2 Б) Разбиение на 2 подсети Разбиение на 2 подсети с использованием идентификатора подсети:

При префиксе /64 под подсети уже не отведено битов, так как первые 64 бита — это префикс сети. Поэтому для деления нам придется нарушить стандарт и заимствовать биты из идентификатора интерфейса.

С использованием идентификатора интерфейса (префикс /65): - **Подсеть 1:** 2a02:6b8::/65 - Диапазон: 2a02:6b8:: – 2a02:6b8::7fff:ffff:ffff:ffff - **Подсеть 2:** 2a02:6b8::8000:0:0:0/65 - Диапазон: 2a02:6b8::8000:0:0:0 – 2a02:6b8::ffff:ffff:ffff:ffff

3.3 Настройка двойного стека адресации IPv4 и IPv6 в локальной сети

Запустили GNS3 VM и GNS3. Создали новый проект.

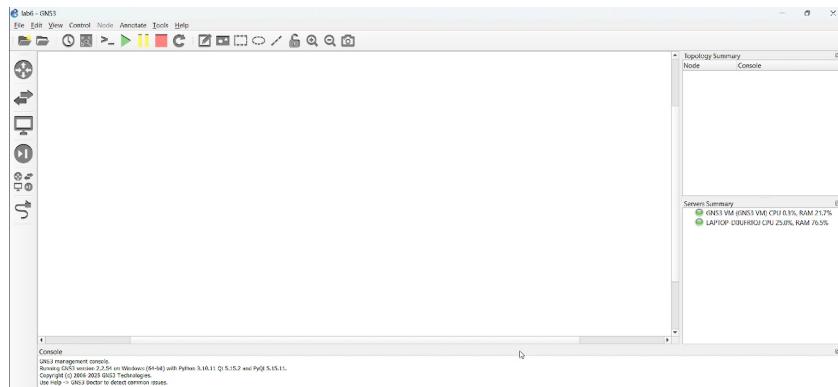


Рис. 3.1: Создание нового проекта в GNS3

В рабочем пространстве разместили и соединили устройства в соответствии с топологией, приведённой в лабораторной работе. Для подсети IPv4 использовали маршрутизатор FRR, а для подсети с IPv6 — маршрутизатор VyOS. Коммутаторам присвойте названия по принципу msk-svandreeva -sw-0x, маршрутизаторам — по принципу msk-svandreeva -gw-0x, VPCS — по принципу PCx-svandreeva , где x — порядковый номер устройства

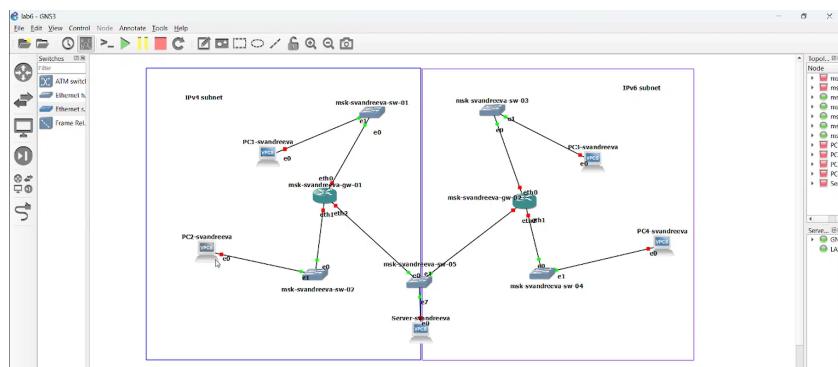


Рис. 3.2: Топология сети с двумя локальными подсетями

Включили захват трафика на соединении между сервером двойного стека адресации и ближайшим к нему коммутатором

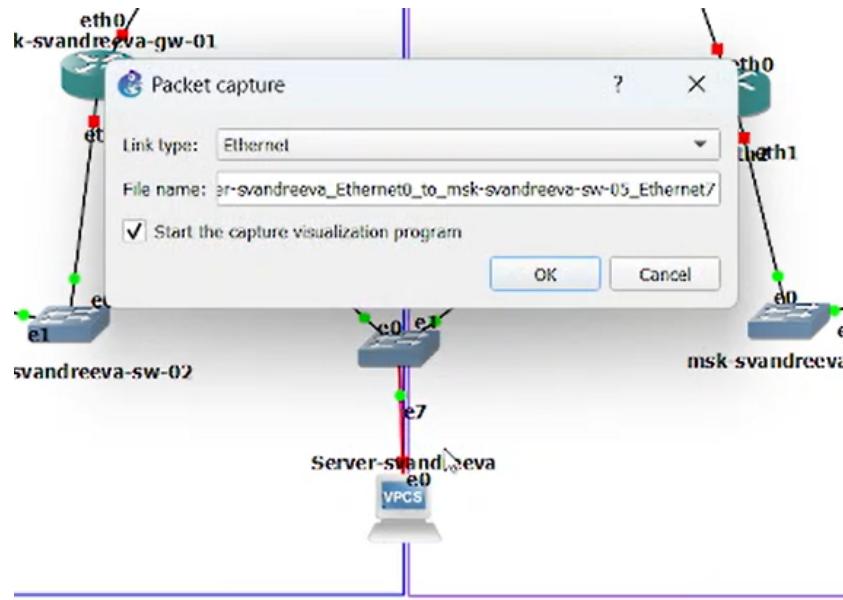


Рис. 3.3: Захват трафика на соединении между сервером двойного стека адресации и ближайшим к нему коммутатором

Руководствуясь (табл. 3.6), настроили IPv4-адресацию для интерфейсов узлов PC1, PC2, Server:

- PC1 :

```
ip 172.16.20.10/25 172.16.20.1
```

```

PC1-svandreeva - PUTTY
Executing the startup file
Hostname is too long. (Maximum 12 characters)

VPCS> ip 172.16.20.10/25 172.16.20.1
Checking for duplicate address...
VPCS : 172.16.20.10 255.255.255.128 gateway 172.16.20.1

VPCS> save
Saving startup configuration to startup.vpc
. done

VPCS> show ip

NAME      : VPCS[1]
IP/MASK   : 172.16.20.10/25
GATEWAY   : 172.16.20.1
DNS       :
MAC       : 00:50:79:66:68:00
LPORT     : 20022
RHOST:PORT: 127.0.0.1:20023
MTU       : 1500

VPCS>

```

Рис. 3.4: Настройка IP-адреса на PC1

- PC2:

```
ip 172.16.20.138/25 172.16.20.129
```

```

PC2-svandreeva - PuTTY
Executing the startup file
Hostname is too long. (Maximum 12 characters)

VPCS> ip 172.16.20.138/25 172.16.20.129
Checking for duplicate address...
VPCS : 172.16.20.138 255.255.255.128 gateway 172.16.20.129

VPCS> save
Saving startup configuration to startup.vpc
. done

VPCS> show ip

NAME      : VPCS[1]
IP/MASK   : 172.16.20.138/25
GATEWAY   : 172.16.20.129
DNS       :
MAC       : 00:50:79:66:68:01
LPORT     : 20024
RHOST:PORT: 127.0.0.1:20025
MTU       : 1500

VPCS>

```

Рис. 3.5: Настройка IP-адреса на PC2

- Server:

```
ip 64.100.1.10/24 64.100.1.1
```

```
save
```

```

Server-svandreeva - PuTTY
Executing the startup file
Hostname is too long. (Maximum 12 characters)

VPCS> ip 64.100.1.10/24 64.100.1.1
Checking for duplicate address...
VPCS : 64.100.1.10 255.255.255.0 gateway 64.100.1.1

VPCS> save
Saving startup configuration to startup.vpc
. done

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     : 20026
RHOST:PORT: 127.0.0.1:20027
MTU       : 1500

VPCS>

```

Рис. 3.6: Настройка IP-адреса на Server

Посмотрели на PC1 и PC2 конфигурацию IPv4 и IPv6:

```
show ip  
show ipv6
```

The screenshot shows two PuTTY sessions side-by-side. The left window is titled 'PC1-svandreeva - PuTTY' and the right is 'PC2 svandreeva - PuTTY'. Both show the output of the 'show ip' command. The configuration details for both PCs are identical:

Parameter	Value
NAME	VPCS[1]
IP/MASK	172.16.20.10/25
GATEWAY	172.16.20.1
DNS	:
MAC	00:50:79:66:68:00
LPORT	20022
RHOST:PORT	127.0.0.1:20023
MTU	1500

Below this, the 'show ipv6' command is also run, showing identical results for both PCs.

Рис. 3.7: Конфигурация IPv4 и IPv6

Руководствуясь (табл. 3.6), настроили IPv4-адресацию для интерфейсов локальной сети маршрутизатора FRR msk-svandreeva -gw-01 :

The screenshot shows a single PuTTY session titled 'msk-svandreeva-gw-01 - PuTTY'. It displays the configuration commands entered on the router's terminal. The user is using vtysh to build a configuration, saving it to /etc/frr/frr.conf, and then configuring three interfaces (eth0, eth1, eth2) with specific IPv4 addresses and subnet masks. Finally, the configuration is saved to memory.

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

Рис. 3.8: Настройка IP-адреса на маршрутизаторе FRR

Проверили конфигурацию маршрутизатора и настройки IPv4-адресации:

```
msk-svandreeva -gw-01# show running-config  
msk-svandreeva -gw-01# show interface brief
```

```

msk-svandreeva-gw-01# show running-config
Building configuration...

Current configuration:
!
frr version 8.2.2
frr defaults traditional
hostname frr
hostname msk-svandreeva-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-svandreeva-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-svandreeva-gw-01#

```

Рис. 3.9: Проверка конфигурации маршрутизатора FRR, настройки IPv4-адресации на маршрутизаторе FRR

Далее проверили подключение с помощью команд ping и trace. Узлы PC1 и PC2 успешно отправляют эхо-запросы друг другу и на сервер с двойным стеком (Dual Stack Server)

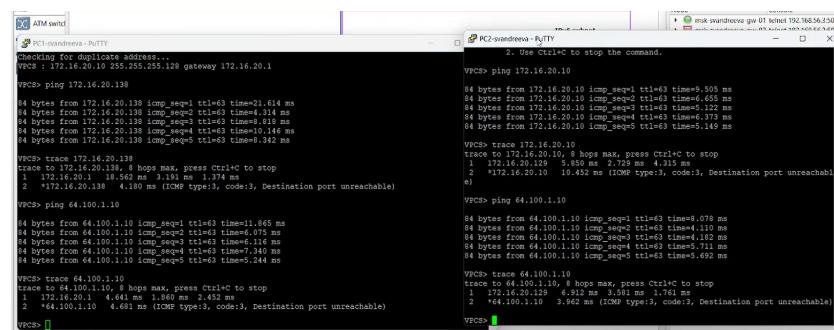


Рис. 3.10: Отправка эхо-запросов между PC1 и PC2 и Server с помощью ping и trace

Руководствуясь (табл. 3.6), настроили IPv6-адресацию для интерфейсов узлов

PC3, PC4, Server:

- PC3:

```
ip 2001:db8:c0de:12::a/64
```

```
save
```

The screenshot shows a terminal window titled "PC3-svandreeva - PUTTY". The session is executing a startup file. It displays the following text:
Executing the startup file
Hostname is too long. (Maximum 12 characters)
VPCS> ip 2001:db8:c0de:12::a/64
PC1 : 2001:db8:c0de:12::a/64
VPCS> save
Saving startup configuration to startup.vpc
. done

Рис. 3.11: Настройка IP-адреса на PC3

- PC4 :

```
ip 2001:db8:c0de:13::a/64
```

```
save
```

The screenshot shows a terminal window titled "PC4-svandreeva - PUTTY". The session is executing a startup file. It displays the following text:
Hostname is too long. (Maximum 12 characters)
VPCS> ip 2001:db8:c0de:13::a/64
PC1 : 2001:db8:c0de:13::a/64
VPCS> save
Saving startup configuration to startup.vpc
. done

Рис. 3.12: Настройка IP-адреса на PC4

- Server:

```
ip 2001:db8:c0de:11::a/64
```

```
save
```

```

Server svandreeva - PuTTY
Build time: Sep 9 2023 11:15:00
Copyright (c) 2007-2015, Paul Meng (mirnshi@gmail.com)
All rights reserved.

VPCS is free software, distributed under the terms of the "BSD" licence.
Source code and license can be found at vpcs.sf.net.
For more information, please visit wiki.freecode.com.cn.

Press '?' to get help.

Executing the startup file

Checking for duplicate address...
VPCS : 64.100.1.10 255.255.255.0 gateway 64.100.1.1

VPCS> ip 2001:db8:c0de:11::a/64
PC1 : 2001:db8:c0de:11::a/64
I

VPCS> save
Saving startup configuration to startup.vpc
. done

VPCS>

```

Рис. 3.13: Настройка IP-адреса на Server

Посмотрели на PC3 и PC4 конфигурацию IPv4 и IPv6 :

```
show ip
show ipv6
```

```

PC3-svandreeva - PuTTY
VPCS> show ip
NAME : VPCS[1]
IP/MASK : 0.0.0.0/0
GATEWAY : 0.0.0.0
DNS :
MAC :
LPORT : 00:50:79:66:68:02
RHOST:PORT : 127.0.0.1:20045
MTU : 1500

VPCS> show ipv6
NAME : VPCS[1]
LINK-LOCAL SCOPE : fe80::250:79ff:fe66:6802/64
GLOBAL SCOPE : 2001:db8:c0de:11::a/64
DNS :
ROUTER LINK-LAYER :
MAC : 00:50:79:66:68:02
LPORT : 20044
RHOST:PORT : 127.0.0.1:20045
MTU : 1500

VPCS> show ip
NAME : VPCS[1]
IP/MASK : 0.0.0.0/0
GATEWAY : 0.0.0.0
DNS :
MAC :
LPORT : 20046
RHOST:PORT : 127.0.0.1:20047
MTU : 1500

VPCS> show ipv6
NAME : VPCS[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 : 20046
RHOST:PORT : 127.0.0.1:20047
MTU : 1500

VPCS>

```

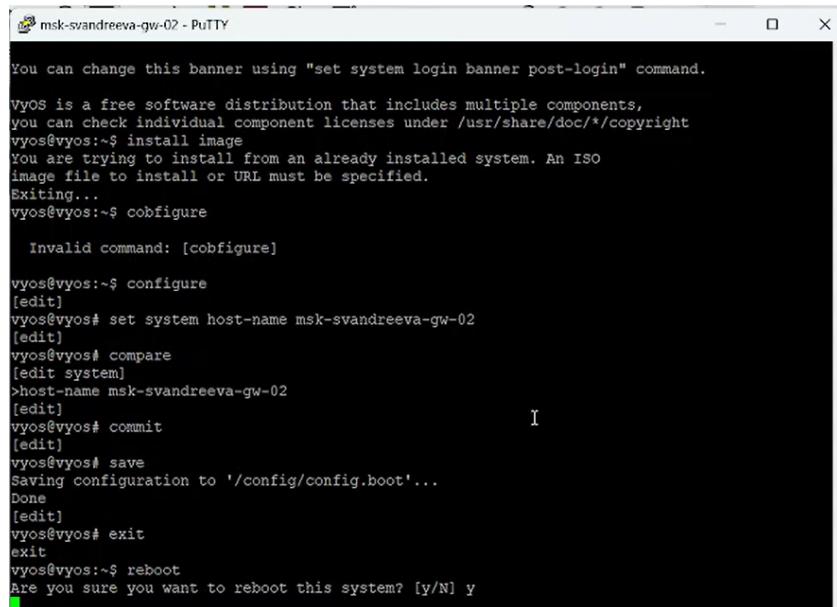
Рис. 3.14: Конфигурация IPv4 и IPv6 на PC3

Руководствуясь (табл. 3.6), настроили IPv6-адресацию для интерфейсов локальной сети маршрутизатора VyOS msk-svandreeva -gw-02:

- Перешли в режим конфигурирования, изменили имя устройства:

```
vyos@vyos$ configure
```

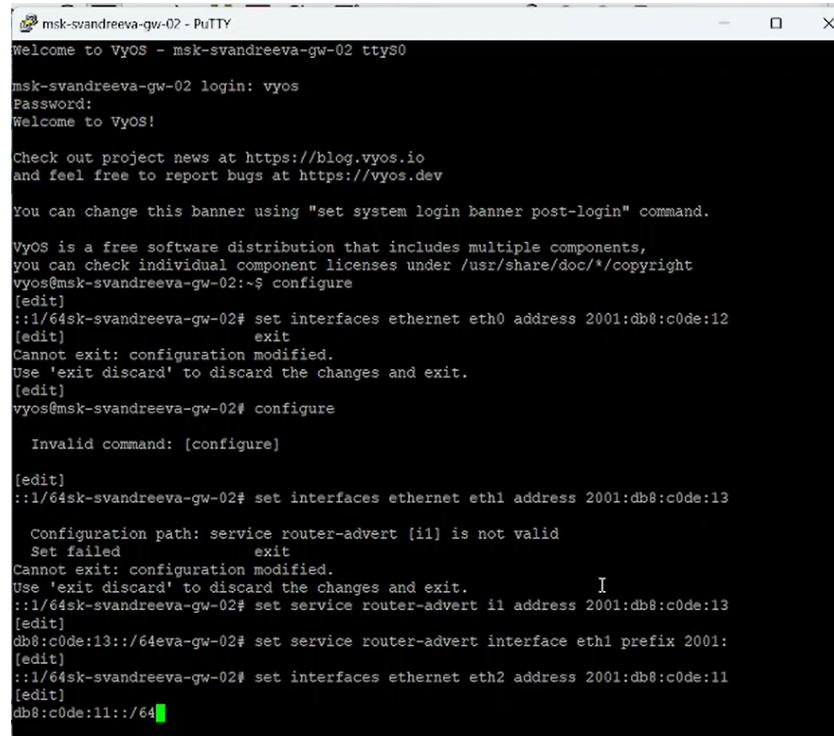
```
vyos@vyos# set system host-name msk-svandreeva -gw-02
vyos@vyos# compare
vyos@vyos# commit
vyos@vyos# save
vyos@vyos# exit
vyos@vyos$ reboot
```



```
You can change this banner using "set system login banner post-login" command.
VyOS is a free software distribution that includes multiple components,
you can check individual component licenses under /usr/share/doc/*copyright
vyos@vyos:~$ install image
You are trying to install from an already installed system. An ISO
image file to install or URL must be specified.
Exiting...
vyos@vyos:~$ cobfigure
      Invalid command: [cobfigure]
vyos@vyos:~$ configure
[edit]
vyos@vyos# set system host-name msk-svandreeva-gw-02
[edit]
vyos@vyos# compare
[edit system]
>host-name msk-svandreeva-gw-02
[edit]
vyos@vyos# commit
[edit]
vyos@vyos# save
Saving configuration to '/config/config.boot'...
Done
[edit]
vyos@vyos# exit
exit
vyos@vyos:~$ reboot
Are you sure you want to reboot this system? [y/N] y
```

Рис. 3.15: Настройка имени устройства

- Назначили IPv6-адреса маршрутизатору msk-svandreeva -gw-02 :



```
msk-svandreeva-gw-02 - PuTTY
Welcome to VyOS - msk-svandreeva-gw-02 ttys0
msk-svandreeva-gw-02 login: vyos
Password:
Welcome to VyOS!

Check out project news at https://blog.vyos.io
and free to report bugs at https://vyos.dev

You can change this banner using "set system login banner post-login" command.

VyOS is a free software distribution that includes multiple components,
you can check individual component licenses under /usr/share/doc/*copyright
vyos@msk-svandreeva-gw-02:~$ configure
[edit]
::1/64sk-svandreeva-gw-02# set interfaces ethernet eth0 address 2001:db8:c0de:12
[edit]          exit
Cannot exit: configuration modified.
Use 'exit discard' to discard the changes and exit.
[edit]
vyos@msk-svandreeva-gw-02# configure

    Invalid command: [configure]

[edit]
::1/64sk-svandreeva-gw-02# set interfaces ethernet eth1 address 2001:db8:c0de:13

    Configuration path: service router-advert [i1] is not valid
    Set failed          exit
Cannot exit: configuration modified.
Use 'exit discard' to discard the changes and exit.           I
::1/64sk-svandreeva-gw-02# set service router-advert i1 address 2001:db8:c0de:13
[edit]
db8:c0de:13::/64eva-gw-02# set service router-advert interface eth1 prefix 2001:
[edit]
::1/64sk-svandreeva-gw-02# set interfaces ethernet eth2 address 2001:db8:c0de:11
[edit]
db8:c0de:11::/64
```

Рис. 3.16: Настройка на маршрутизаторе VyOS

```

+         }
+     }
+     interface eth2 {
+         prefix 2001:db8:c0de:11::/64 {
+             }
+         }
+
[edit]
vyos@msk-svandreeva-gw-02# commit
[edit]
vyos@msk-svandreeva-gw-02# save
Saving configuration to '/config/config.boot'...
Done
[edit]
vyos@msk-svandreeva-gw-02# show interfaces
ethernet eth0 {
    address dhcp
    address 2001:db8:c0de:12::1/64
    hw-id 0c:42:56:22:00:00
}
ethernet eth1 {
    address 2001:db8:c0de:13::1/64
    hw-id 0c:42:56:22:00:01
}
ethernet eth2 {
    address 2001:db8:c0de:11::1/64
    hw-id 0c:42:56:22:00:02
}
ethernet eth3 {
    hw-id 0c:42:56:22:00:03
}
ethernet eth4 {
    hw-id 0c:42:56:22:00:04
}
ethernet eth5 {
    hw-id 0c:42:56:22:00:05
}
ethernet eth6 {
}

```

Рис. 3.17: Сохранение и Проверка настроек IPv6-адресации на маршрутизаторе VyOS

Проверили подключение с помощью команд ping и trace. Узлы PC3 и PC4 успешно отправляют эхо-запросы друг другу и на сервер с двойным стеком (Dual Stack Server)

```

PC3-svandreeva - PuTTY
MTU:      : 1500
VPC3> ping 2001:db8:c0de:13::a
2001:db8:c0de:13::: icmp6_seq=1 ttl=62 time=19.954 ms
2001:db8:c0de:13::: icmp6_seq=2 ttl=62 time=2.788 ms
2001:db8:c0de:13::: icmp6_seq=3 ttl=62 time=4.069 ms
2001:db8:c0de:13::: icmp6_seq=4 ttl=62 time=4.511 ms
2001:db8:c0de:13::: icmp6_seq=5 ttl=62 time=4.209 ms
VPC3> trace 2001:db8:c0de:13::a
trace to 2001:db8:c0de:13::: 64 hops max
1 2001:db8:c0de:12::1  2.016 ms  1.531 ms  4.771 ms
2 2001:db8:c0de:13::a  3.624 ms  1.245 ms  2.234 ms
VPC3> ping 2001:db8:c0de:11::a
2001:db8:c0de:11::: icmp6_seq=1 ttl=62 time=23.989 ms
2001:db8:c0de:11::: icmp6_seq=2 ttl=62 time=8.849 ms
2001:db8:c0de:11::: icmp6_seq=3 ttl=62 time=3.886 ms
2001:db8:c0de:11::: icmp6_seq=4 ttl=62 time=3.601 ms
2001:db8:c0de:11::: icmp6_seq=5 ttl=62 time=4.547 ms
VPC3> trace 2001:db8:c0de:11::a
trace to 2001:db8:c0de:11::: 64 hops max
1 2001:db8:c0de:12::1  4.382 ms  1.187 ms  2.505 ms
2 2001:db8:c0de:11::a  3.787 ms  7.959 ms  4.071 ms
VPC3> [REDACTED]

PC4-svandreeva - PuTTY
HOST:PORT      : 127.0.0.1:20047
MTU:      : 1500
VPC4> ping 2001:db8:c0de:12::a
2001:db8:c0de:12::: icmp6_seq=1 ttl=62 time=16.701 ms
2001:db8:c0de:12::: icmp6_seq=2 ttl=62 time=5.13 ms
2001:db8:c0de:12::: icmp6_seq=3 ttl=62 time=1.57 ms
2001:db8:c0de:12::: icmp6_seq=4 ttl=62 time=1.109 ms
2001:db8:c0de:12::: icmp6_seq=5 ttl=62 time=7.126 ms
VPC4> trace 2001:db8:c0de:12::a
trace to 2001:db8:c0de:12::: 64 hops max
1 2001:db8:c0de:13::1  5.506 ms  2.169 ms  1.462 ms
2 2001:db8:c0de:12::a  0.421 ms  3.816 ms  2.785 ms
VPC4> ping 2001:db8:c0de:11::a
2001:db8:c0de:11::: icmp6_seq=1 ttl=62 time=3.307 ms
2001:db8:c0de:11::: icmp6_seq=2 ttl=62 time=1.559 ms
2001:db8:c0de:11::: icmp6_seq=3 ttl=62 time=5.237 ms
2001:db8:c0de:11::: icmp6_seq=4 ttl=62 time=1.381 ms
2001:db8:c0de:11::: icmp6_seq=5 ttl=62 time=5.381 ms
VPC4> trace 2001:db8:c0de:11::a
trace to 2001:db8:c0de:11::: 64 hops max
1 2001:db8:c0de:13::1  1.752 ms  4.868 ms  1.625 ms
2 2001:db8:c0de:11::a  7.907 ms  8.992 ms  8.415 ms
VPC4> [REDACTED]

```

Рис. 3.18: Отправка эхо-запросов PC3, PC4 и Server с помощью ping и trace

Убедились, что устройства из подсети IPv4 не доступны для устройств из под-

сети IPv6 и наоборот. Только сервер двойного стека может обращаться к устройствам обеих подсетей

```

PC3 svandreeva - PutTY
2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=1 ttl=62 time=19.354 ms
2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=2 ttl=62 time=2.788 ms
2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=3 ttl=62 time=4.069 ms
2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=4 ttl=62 time=4.511 ms
2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=5 ttl=62 time=4.209 ms
VPC$ trace 2001:db8:c0de:13::a
trace to 2001:db8:c0de:13::a, 64 hops max
1 2001:db8:c0de:12::1 2.016 ms 1.531 ms 4.771 ms
2 2001:db8:c0de:13::a 3.624 ms 1.245 ms 2.234 ms
VPC$ ping 2001:db8:c0de:13::a
2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=1 ttl=62 time=3.909 ms
2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=2 ttl=62 time=0.849 ms
2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=3 ttl=62 time=3.886 ms
2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=4 ttl=62 time=3.601 ms
2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=5 ttl=62 time=4.547 ms
VPC$ trace 2001:db8:c0de:13::a
trace to 2001:db8:c0de:13::a, 64 hops max
1 2001:db8:c0de:12::1 2.016 ms 1.187 ms 2.505 ms
2 2001:db8:c0de:13::a 3.787 ms 7.959 ms 4.071 ms
VPC$ ping 172.16.20.138
host (172.16.20.138) not reachable
VPC$ 
VPC$ trace 2001:db8:c0de:12::a
trace to 2001:db8:c0de:12::a, 64 hops max
1 2001:db8:c0de:13::1 5.506 ms 2.169 ms 1.462 ms
2 2001:db8:c0de:12::a 8.421 ms 3.816 ms 2.785 ms
VPC$ ping 2001:db8:c0de:12::a
2001:db8:c0de:11::a icmp6_seq=1 ttl=62 time=3.807 ms
2001:db8:c0de:11::a icmp6_seq=2 ttl=62 time=3.499 ms
2001:db8:c0de:11::a icmp6_seq=3 ttl=62 time=5.237 ms
2001:db8:c0de:11::a icmp6_seq=4 ttl=62 time=3.381 ms
2001:db8:c0de:11::a icmp6_seq=5 ttl=62 time=5.381 ms
VPC$ trace 2001:db8:c0de:11::a
trace to 2001:db8:c0de:11::a, 64 hops max
1 2001:db8:c0de:13::1 1.752 ms 4.868 ms 1.625 ms
2 2001:db8:c0de:11::a 7.907 ms 0.962 ms 0.415 ms
VPC$ ping 172.16.20.10
host (172.16.20.10) not reachable
VPC$ 

```

Рис. 3.19: Попытка подключения PC3, PC4 к PC1, PC2

```

PC1-svandreeva - PutTY
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=1 ttl=63 time=21.614 ms
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=2 ttl=63 time=4.314 ms
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=3 ttl=63 time=8.818 ms
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=4 ttl=63 time=10.146 ms
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=5 ttl=63 time=8.342 ms
VPC$ trace 172.16.20.138
trace to 172.16.20.138, 8 hops max, press Ctrl+C to stop
1 172.16.20.1 18.562 ms 3.191 ms 1.374 ms
2 *172.16.20.138 4.180 ms (ICMP type:3, code:3, Destination port unreachable)
VPC$ ping 64.100.1.10
84 bytes from 64.100.1.10 icmp_seq=1 ttl=63 time=11.865 ms
84 bytes from 64.100.1.10 icmp_seq=2 ttl=63 time=6.075 ms
84 bytes from 64.100.1.10 icmp_seq=3 ttl=63 time=6.116 ms
84 bytes from 64.100.1.10 icmp_seq=4 ttl=63 time=7.340 ms
84 bytes from 64.100.1.10 icmp_seq=5 ttl=63 time=5.244 ms
VPC$ trace 64.100.1.10
trace to 64.100.1.10, 8 hops max, press Ctrl+C to stop
1 172.16.20.1 4.641 ms 1.860 ms 2.452 ms
2 *64.100.1.10 4.681 ms (ICMP type:3, code:3, Destination port unreachable)
VPC$ ping 2001:db8:c0de:12::a
host (2001:db8:c0de:12::a) not reachable
VPC$ 

```

Рис. 3.20: Попытка подключения PC1 к PC3

Далее посмотрели захваченный на соединении сервера двойного стека адресации с коммутатором трафик ARP, ICMP, ICMPv6. Сеть работоспособна - есть двусторонняя связь, оба стека (IPv4/IPv6) активны, базовые протоколы работают корректно

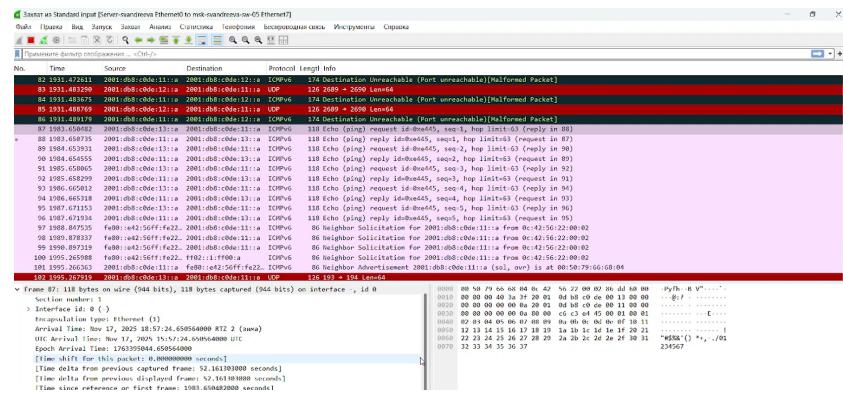


Рис. 3.21: Перехваченные пакеты ICMPv6

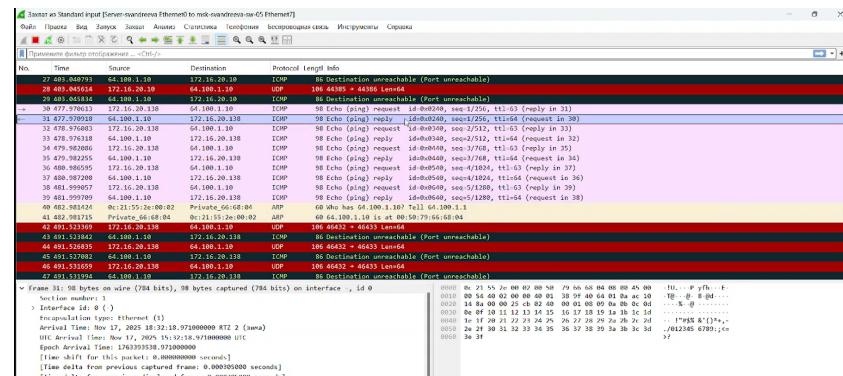


Рис. 3.22: Перехваченные пакеты ICMP

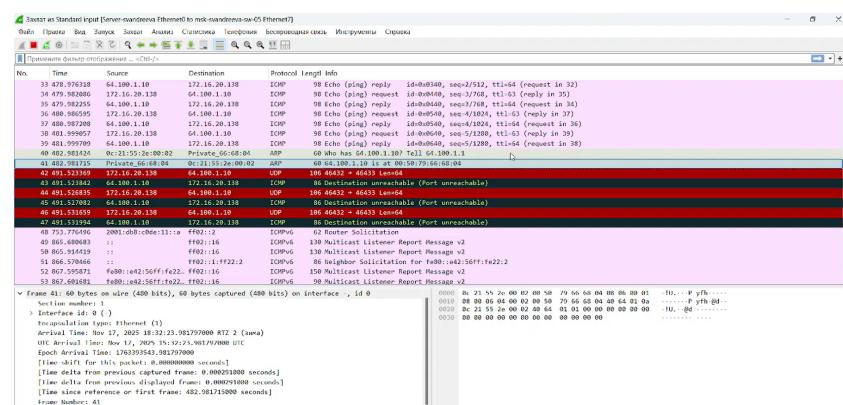


Рис. 3.23: Перехваченные пакеты ARP

3.4 Задание для самостоятельного выполнения

Создали новый проект. Задали топологию сети

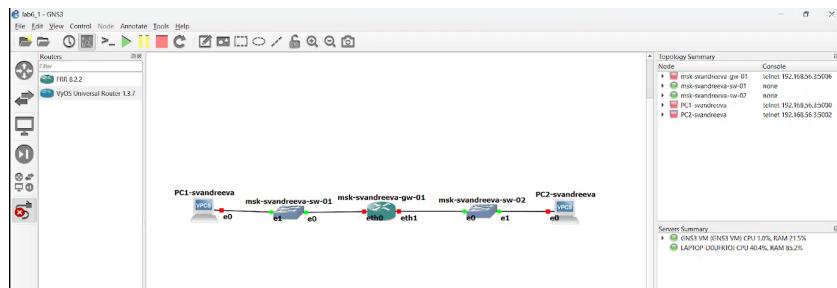


Рис. 3.24: Топология сети с двумя локальными подсетями

Предполагается, что маршрутизатор разбивает сеть на две подсети с адресами IPv4 и IPv6:

- подсеть 1: 10.10.1.96/27; 2001:DB8:1:1::/64;
- подсеть 2: 10.10.1.16/28; 2001:DB8:1:4::/64.

Охарактеризовали подсети, укажем, какие адреса в них входят. Вычисления broadcast-адреса для 1 подсети:

- Маска: 11111111.11111111.11111111.11100000 (255.255.255.224)
- Инвертированная маска: 00000000.00000000.00000000.00011111 (0.0.0.31)
- Применим инвертированную маску к сети: 10.10.1.96 (сетевая часть) OR 0.0.0.31 (инвертированная маска) = **10.10.1.127**

Вычисления broadcast-адреса для 2 подсети:

- Маска: 11111111.11111111.11111111.11110000 (255.255.255.240)
- Инвертированная маска: 00000000.00000000.00000000.00001111 (0.0.0.15)
- Применим инвертированную маску к сети: 10.10.1.16 (сетевая часть) OR 0.0.0.15 (инвертированная маска) = **10.10.1.31**

Предложили вариант таблицы адресации для заданной топологии и адресного пространства

Параметр	1 подсеть	2 подсеть
адрес сети	10.10.1.96/27	10.10.1.16/28
предфикс	/27	/28
маска	255.255.255.224	255.255.255.240
broadcast-адрес	10.10.1.127	10.10.1.31
число возможных подсетей	32	16
диапазон адресов узлов	10.10.1.97 – 10.10.1.126	10.10.1.17 – 10.10.1.30

Параметр	1 подсеть	2 подсеть
адрес сети	2001:DB8:1:1::/64	2001:DB8:1:4::/64
маска	ffff:ffff:ffff:ffff:0000:0000:0000:0000	ffff:ffff:ffff:ffff:0000:0000:0000:0000
предфикс	2001:DB8:1:1	2001:DB8:1:4
диапазон адресов	2001:db8:1:1:0:0:0:0 –	2001:db8:1:4:0:0:0:0 –
для узлов сети	2001:db8:1:1:ffff:ffff:ffff:ffff	2001:db8:1:4:ffff:ffff:ffff:ffff

устройство	интерфейс	IPv4-адрес	IPv6-адрес	шлюз по умолчанию
PC1	NIC	10.10.1.99/27	2001:db8:1:1::a/64	10.10.1.97/gw-01
PC2	NIC	10.10.1.18/28	2001:db8:1:4::a/64	10.10.1.17/gw-01
gw-01	eth0	10.10.1.97/27	2001:db8:1:1::1/64	—
gw-01	eth1	10.10.1.17/28	2001:db8:1:4::1/64	—

Рис. 3.25: Таблица

Задали IP-адреса для PC1

```

PC1-svandreeva - PuTTY

VPCS> ip 10.10.1.99/27 10.10.1.97
Checking for duplicate address...
VPCS : 10.10.1.99 255.255.255.224 gateway 10.10.1.97

VPCS> save
Saving startup configuration to startup.vpc
. done

VPCS> show ip

NAME      : VPCS[1]
IP/MASK   : 10.10.1.99/27
GATEWAY   : 10.10.1.97
DNS       :
MAC       : 00:50:79:66:68:00
LPORT     : 20008
RHOST:PORT: 127.0.0.1:20009
MTU      : 1500

VPCS> ip 2001:db8:1:1::a/64
PC1 : 2001:db8:1:1::a/64

VPCS> save

```

Рис. 3.26: Настройка IP-адреса на PC1-svandreeva

Задали IP-адреса для PC2

```
PC2-svandreeva - PuTTY
Executing the startup file
Hostname is too long. (Maximum 12 characters)

VPCS> ip 10.10.1.18/28 10.10.1.17
Checking for duplicate address...
VPCS : 10.10.1.18 255.255.255.240 gateway 10.10.1.17

VPCS> save
Saving startup configuration to startup.vpc
. done

VPCS> show ip

NAME      : VPCS[1]
IP/MASK   : 10.10.1.18/28
GATEWAY   : 10.10.1.17
DNS       :
MAC       : 00:50:79:66:68:01
LPORT     : 20010
RHOST:PORT: 127.0.0.1:20011
MTU       : 1500

VPCS> ip 2001:db8:1:4::a/64
PC1 : 2001:db8:1:4::a/64

VPCS> save
```

Рис. 3.27: Настройка IP-адреса на PC2-svandreeva

Назначили IPv6 и IPv4-адреса интерфейсам маршрутизатора msk-svandreeva -gw-01 :

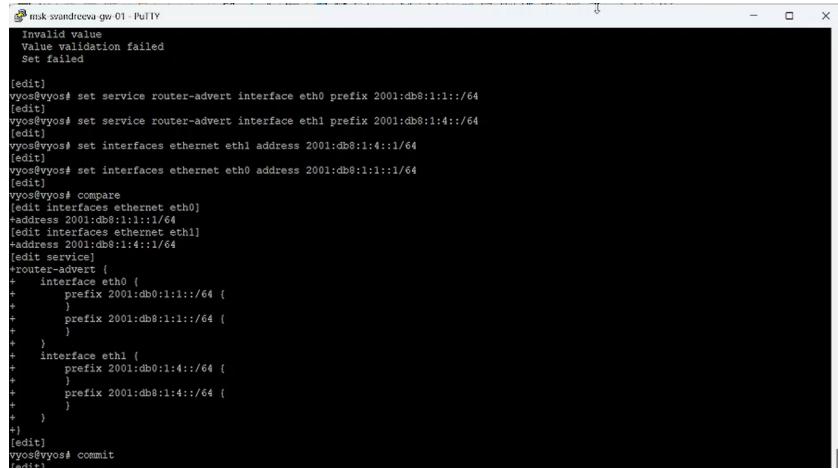
```
vyos@msk-svandreeva -gw-01:~$ configure
vyos@msk-svandreeva -gw-01:~$ delete interfaces ethernet eth0 address dhcp
vyos@msk-svandreeva -gw-01:~$ delete interfaces ethernet eth0 address 10.10.1.97/27
vyos@msk-svandreeva -gw-01:~$ delete interfaces ethernet eth1 address 10.10.1.17/28
vyos@msk-svandreeva -gw-01# set interfaces ethernet eth0 address 2001:db8:1:1::1/64
vyos@msk-svandreeva -gw-01# set service router-advert interface eth0 prefix 2001:db8:1:1::1/64
vyos@msk-svandreeva -gw-01# set interfaces ethernet eth1 address 2001:db8:1:4::1/64
vyos@msk-svandreeva -gw-01# set service router-advert interface eth1 prefix 2001:db8:1:4::1/64
```

```
mst-svandreeva-gw-01 - PuTTY
VyOS is a free software distribution that includes multiple components,
you can check individual component licenses under /usr/share/doc/*copyright
vyos@vyos:~$ configure
[edit]
vyos@vyos# set interfaces ethernet eth0 address 10.10.1.97/27
[edit]
vyos@vyos# set interfaces ethernet eth1 address 10.10.1.17/28
[edit]
vyos@vyos# compare
[edit interfaces ethernet eth0]
+address 10.10.1.97/27
[edit interfaces ethernet eth1]
+address 10.10.1.17/28
[edit]
vyos@vyos# commit
[ interfaces ethernet eth0 ]
Can't configure both static IPv4 and DHCP address on the same interface
[[interfaces ethernet eth0]] failed
Commit failed
[edit]
vyos@vyos# delete interfaces ethernet eth0 address dhcp
[edit]
vyos@vyos# delete interfaces ethernet eth1 address dhcp
```

Рис. 3.28: Настройка на маршрутизаторе VyOS

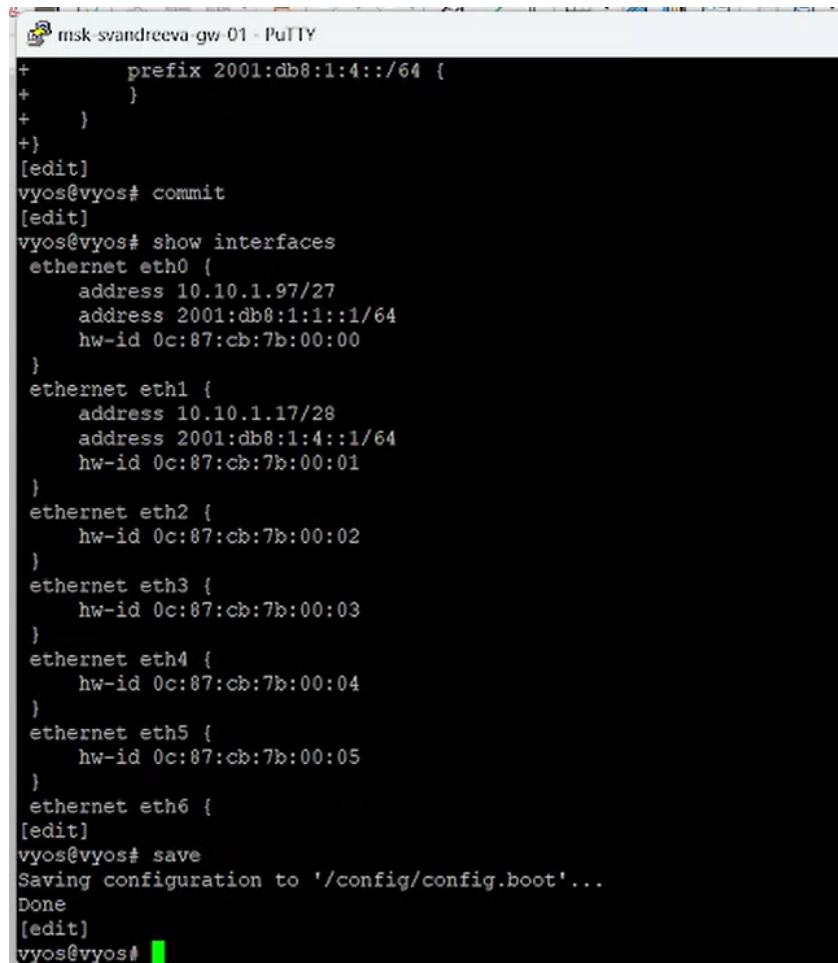
```
[edit]
vyos@vyos# commit
[edit]
vyos@vyos# show interfaces
  ethernet eth0 {
    address 10.10.1.97/27
    hw-id 0c:87:cb:7b:00:00
  }
  ethernet eth1 {
    address 10.10.1.17/28
    hw-id 0c:87:cb:7b:00:01
  }
  ethernet eth2 {
    hw-id 0c:87:cb:7b:00:02
  }
  ethernet eth3 {
    hw-id 0c:87:cb:7b:00:03
  }
  ethernet eth4 {
    hw-id 0c:87:cb:7b:00:04
  }
  ethernet eth5 {
    hw-id 0c:87:cb:7b:00:05
  }
  ethernet eth6 {
    hw-id 0c:87:cb:7b:00:06
  }
[edit]
vyos@vyos# save
Saving configuration to '/config/config.boot'...
Done
[edit]
vyos@vyos#
```

Рис. 3.29: ПНастройка на маршрутизаторе VyOS



```
msk svandreeva gw-01 - PuTTY
[edit]
vyos@vyos# set service router-advert interface eth0 prefix 2001:db8:1:1::/64
[edit]
vyos@vyos# set service router-advert interface eth1 prefix 2001:db8:1:4::/64
[edit]
vyos@vyos# set interfaces ethernet eth1 address 2001:db8:1:4::1/64
[edit]
vyos@vyos# set interfaces ethernet eth0 address 2001:db8:1:1::1/64
[edit]
vyos@vyos# compare
(edits interfaces ethernet eth0)
+address 2001:db8:1:1::1/64
(edits interfaces ethernet eth1)
+address 2001:db8:1:4::1/64
(edits service)
+router-advert {
+  interface eth0 {
+    prefix 2001:db8:1:1::/64 {
+      }
+    prefix 2001:db8:1:1::/64 {
+      }
+  }
+  interface eth1 {
+    prefix 2001:db8:1:4::/64 {
+      }
+    prefix 2001:db8:1:4::/64 {
+      }
+  }
+}
[edit]
vyos@vyos# commit
[edit]
```

Рис. 3.30: Настройка на маршрутизаторе VyOS



```
+      prefix 2001:db8:1:4::/64 {
+    }
+}
[edit]
vyos@vyos# commit
[edit]
vyos@vyos# show interfaces
ethernet eth0 {
    address 10.10.1.97/27
    address 2001:db8:1:1::1/64
    hw-id 0c:87:cb:7b:00:00
}
ethernet eth1 {
    address 10.10.1.17/28
    address 2001:db8:1:4::1/64
    hw-id 0c:87:cb:7b:00:01
}
ethernet eth2 {
    hw-id 0c:87:cb:7b:00:02
}
ethernet eth3 {
    hw-id 0c:87:cb:7b:00:03
}
ethernet eth4 {
    hw-id 0c:87:cb:7b:00:04
}
ethernet eth5 {
    hw-id 0c:87:cb:7b:00:05
}
ethernet eth6 {
[edit]
vyos@vyos# save
Saving configuration to '/config/config.boot'...
Done
[edit]
vyos@vyos#
```

Рис. 3.31: Настройка на маршрутизаторе VyOS

Проверили подключение между устройствами подсети с помощью команд ping и trace

The screenshot shows two terminal windows side-by-side. The left window is titled 'PC1-avandreeva - PuTTY' and the right window is titled 'PC2-avandreeva - PuTTY'. Both windows display network traces (traces) and ping results.

PC1-avandreeva - PuTTY:

```

Checking for duplicate address...
VPCS : 10.10.1.99 255.255.255.224 gateway 10.10.1.97
PC1 : 2001:db8:1:1::a/64
VPCS> ping 10.10.1.18
84 bytes from 10.10.1.18 icmp_seq=1 ttl=63 time=16.423 ms
84 bytes from 10.10.1.18 icmp_seq=2 ttl=63 time=4.599 ms
84 bytes from 10.10.1.18 icmp_seq=3 ttl=63 time=4.564 ms
84 bytes from 10.10.1.18 icmp_seq=4 ttl=63 time=6.435 ms
84 bytes from 10.10.1.18 icmp_seq=5 ttl=63 time=2.594 ms
VPCS> trace 10.10.1.18
trace to 10.10.1.18, 8 hops max, press Ctrl+C to stop
1 *10.10.1.99 12.624 ms 15.141 ms 1.371 ms
2 *10.10.1.18 4.773 ms (ICMP type:3, code:3, Destination port unreachable)
VPCS> ping 2001:db8:1:1::a/64
host (2001:db8:0:1::1) not reachable
VPCS> ping 2001:db8:1:1::4/a/64
2001:db8:1:4::1 icmp6_seq1 ttl=62 time=22.460 ms
2001:db8:1:4::1 icmp6_seq2 ttl=62 time=2.202 ms
2001:db8:1:4::1 icmp6_seq3 ttl=62 time=1.701 ms
2001:db8:1:4::1 icmp6_seq4 ttl=62 time=0.504 ms
2001:db8:1:4::1 icmp6_seq5 ttl=62 time=2.879 ms
VPCS> trace 2001:db8:1:4::a/64
trace to 2001:db8:1:4::a, 64 hops max
1 2001:db8:1:1::1 19.729 ms 1.323 ms 1.286 ms
2 2001:db8:1:4::a 3.281 ms 2.853 ms 1.849 ms

```

PC2-avandreeva - PuTTY:

```

Checking for duplicate address...
VPCS : 10.10.1.18 255.255.255.240 gateway 10.10.1.17
PC1 : 2001:db8:1:4::a/64
VPCS> ping 10.10.1.99
84 bytes from 10.10.1.99 icmp_seq=1 ttl=63 time=2.725 ms
84 bytes from 10.10.1.99 icmp_seq=2 ttl=63 time=2.873 ms
84 bytes from 10.10.1.99 icmp_seq=3 ttl=63 time=7.232 ms
84 bytes from 10.10.1.99 icmp_seq=4 ttl=63 time=3.062 ms
84 bytes from 10.10.1.99 icmp_seq=5 ttl=63 time=2.399 ms
VPCS> trace 10.10.1.99
trace to 10.10.1.99, 8 hops max, press Ctrl+C to stop
1 *10.10.1.99 3.915 ms 0.761 ms 2.151 ms
2 *10.10.1.99 7.902 ms (ICMP type:3, code:3, Destination port unreachable)
VPCS> ping 2001:db8:1:1::a/64
2001:db8:1:1::1::1 icmp6_seq1 ttl=62 time=7.197 ms
2001:db8:1:1::1::1 icmp6_seq2 ttl=62 time=8.711 ms
2001:db8:1:1::1::1 icmp6_seq3 ttl=62 time=6.887 ms
2001:db8:1:1::1::1 icmp6_seq4 ttl=62 time=2.677 ms
2001:db8:1:1::1::1 icmp6_seq5 ttl=62 time=2.675 ms
VPCS> trace 2001:db8:1:1::a/64
trace to 2001:db8:1:1::a, 64 hops max
1 2001:db8:1:4::1 10.243 ms 7.827 ms 6.523 ms
2 2001:db8:1:1::a 16.027 ms 4.151 ms 7.764 ms

```

Рис. 3.32: Отправка эхо-запроса PC1 и PC2

4 Выводы

В ходе выполнения лабораторной работы №6 мы изучили принципы распределения и настройки адресного пространства на устройствах сети.