

Отчёт по лабораторной работе 6

Адресация IPv4 и IPv6. Двойной стек

Заур Мустафеев

Содержание

1	Цель работы	5
2	Выполнение работы	6
2.1	Разбиение IPv4-сети на подсети	6
2.1.1	Сеть 172.16.20.0/24	6
2.1.2	Сеть 10.10.1.64/26	7
2.1.3	Сеть 10.10.1.0/26	7
2.1.4	Разбиение IPv6-сети на подсети	8
2.1.5	Сеть 2001:db8:c0de::/48	8
2.1.6	Сеть 2a02:6b8::/64	9
2.2	Настройка двойного стека адресации IPv4 и IPv6 в локальной сети	10
2.2.1	Настройка IPv4 на узлах PC1, PC2 и сервере	11
2.2.2	Настройка маршрутизатора FRR (msk-zmustafaev-gw-01) . .	13
2.2.3	Проверка сохранённой конфигурации	14
2.2.4	Проверка сетевой связности	15
2.2.5	Настройка IPv6 на узлах PC3, PC4 и сервере	16
2.2.6	Настройка маршрутизатора VyOS (msk-zmustafaev-gw-02) . .	18
2.2.7	Проверка сетевой связности IPv6	20
2.2.8	Анализ перехваченного трафика	22
2.3	Самостоятельное задание	25
2.3.1	Характеристика подсетей	25
2.3.2	Таблица адресации	26
2.3.3	Настройка адресации	27
2.3.4	4. Проверка связности	30
3	Вывод	32

Список иллюстраций

2.1	Созданная топология сети	10
2.2	PC1 — вывод конфигурации IP	11
2.3	PC2 — вывод конфигурации IP	12
2.4	Server — вывод конфигурации IP	13
2.5	Настройка интерфейсов на FRR	14
2.6	Ping и trace до PC2	15
2.7	Ping и trace до сервера	16
2.8	VyOS настройка	19
2.9	Server — проверки ping	22
2.10	ARP	23
2.11	ICMP	24
2.12	ICMPv6	25
2.13	Топология	27

Список таблиц

1 Цель работы

Изучение принципов распределения и настройки адресного пространства на устройствах сети.

2 Выполнение работы

2.1 Разбиение IPv4-сети на подсети

2.1.1 Сеть 172.16.20.0/24

Характеристики исходной сети - Префикс: /24 - Маска: 255.255.255.0 - Broadcast: 172.16.20.255 - Диапазон узлов: 172.16.20.1 – 172.16.20.254 - Число адресов / узлов: 256 адресов, 254 узла

Сколько подсетей можно получить из /24 (если дробить на равные части):
- /25 → 2 подсети - /26 → 4 подсети - /27 → 8 подсетей - /28 → 16 подсетей - /29 → 32 подсети - /30 → 64 подсети

Требуемое VLSM-разбиение: 126, 62, 62 узла - Для 126 узлов нужен блок /25 (128 адресов) - Для 62 узлов нужен блок /26 (64 адреса)

Разбиваем по убыванию:

Подсеть	Префикс	Сетевой		Диапазон		Узлов
		адрес	узлов	Broadcast		
№1 (126)	/25	172.16.20.0	172.16.20.1	172.16.20.127		126
			—			
			172.16.20.126			
№2 (62)	/26	172.16.20.128	172.16.20.129	172.16.20.191		62
			—			
			172.16.20.190			

Подсеть	Префикс	Сетевой	Диапазон		Узлов
		адрес	узлов	Broadcast	
№3 (62)	/26	172.16.20.192	172.16.20.193	172.16.20.255	62
			–		
			172.16.20.254		

2.1.2 Сеть 10.10.1.64/26

Характеристики исходной сети - Префикс: /26 - Маска: 255.255.255.192 - Сетевой адрес: 10.10.1.64 - Broadcast: 10.10.1.127 - Диапазон узлов: 10.10.1.65 – 10.10.1.126 - Адресов всего / узлов: 64 адреса, 62 узла - В рамках /24 (10.10.1.0/24) разбиение на /26 даёт 4 подсети: .0/26, .64/26, .128/26, .192/26

Выделить подсеть на 30 узлов - Требуется /27 (32 адреса, 30 узлов) - Внутри 10.10.1.64/26 доступно два блока /27: 10.10.1.64/27 и 10.10.1.96/27

Характеристики выбранной подсети (пример: **10.10.1.64/27**): - Маска: 255.255.255.224 - Сетевой адрес: 10.10.1.64 - Broadcast: 10.10.1.95 - Диапазон узлов: 10.10.1.65 – 10.10.1.94 - Узлов: 30

(Альтернативный блок: 10.10.1.96/27 с узлами 10.10.1.97 – 10.10.1.126 и broadcast 10.10.1.127.)

2.1.3 Сеть 10.10.1.0/26

Характеристики исходной сети - Префикс: /26 - Маска: 255.255.255.192 - Сетевой адрес: 10.10.1.0 - Broadcast: 10.10.1.63 - Диапазон узлов: 10.10.1.1 – 10.10.1.62 - Адресов всего / узлов: 64 адреса, 62 узла - В рамках /24 разбиение на /26 даёт 4 подсети: .0/26, .64/26, .128/26, .192/26

Выделить подсеть на 14 узлов - Требуется /28 (16 адресов, 14 узлов) - Внутри 10.10.1.0/26 доступны четыре блока /28: 10.10.1.0/28, 10.10.1.16/28, 10.10.1.32/28, 10.10.1.48/28

Характеристики выбранной подсети (пример: **10.10.1.16/28**): - Маска: 255.255.255.240 - Сетевой адрес: 10.10.1.16 - Broadcast: 10.10.1.31 - Диапазон узлов: 10.10.1.17 – 10.10.1.30 - Узлов: 14

(Альтернативные /28 в этом /26: .0/28, .32/28, .48/28.)

2.1.4 Разбиение IPv6-сети на подсети

2.1.5 Сеть 2001:db8:c0de::/48

Характеристика - Префикс: /48

- Маска (в двоичном виде): 48 единиц + 80 нулей
- Фиксированы первые три хекстета: 2001:db8:c0de
- Диапазон адресов (краевые значения): - минимальный: 2001:db8:c0de::
- максимальный: 2001:db8:c0de:ffff:ffff:ffff:ffff:ffff - Особенности: broadcast в IPv6 отсутствует; адрес с IID=0 — это *subnet-router anycast* для данного /64.

Разбиение на 2 подсети — способ А (используем **идентификатор подсети**, Subnet ID) Берём 1 бит из поля Subnet ID (которое в /48 занимает 16 бит — четвёртый хекстет) → получаем две подсети **/49**:

Подсеть	Префикс	Диапазон (краевые значения)
A	2001:db8:c0de:0::/49	2001:db8:c0de:0:: – 2001:db8:c0de:7fff:ffff:ffff:ffff:ffff
B	2001:db8:c0de:8000::/49	2001:db8:c0de:8000:: – 2001:db8:c0de:ffff:ffff:ffff:ffff:ffff

Разбиение на 2 подсети — способ В (используем **идентификатор интерфейса**, Interface ID) Выделим один бит уже из IID (после /64). Это даёт две подсети **/65** внутри любого выбранного /64.

Например, возьмём первый /64: 2001:db8:c0de:0::/64 и разобьём его:

Подсеть	Префикс	Диапазон (краевые значения)
A	2001:db8:c0de:0::/65	2001:db8:c0de:0:0000:: – 2001:db8:c0de:0:7fff:ffff:ffff:ffff
B	2001:db8:c0de:0:8000::/65	2001:db8:c0de:0:8000:: – 2001:db8:c0de:0:ffff:ffff:ffff:ffff

2.1.6 Сеть 2a02:6b8::/64

Характеристика - Префикс: /64 (рекомендованный размер подсети в IPv6)

- Фиксированы первые четыре хекстета: 2a02:6b8:0:0
- Диапазон адресов (краевые значения): - минимальный: 2a02:6b8::
- максимальный: 2a02:6b8::ffff:ffff:ffff:ffff - Особенности: broadcast нет; адрес с IID=0 — *subnet-router anycast* для этого /64.

Разбиение на 2 подсети — способ А (через **идентификатор подсети**) В сети с префиксом **/64 поле Subnet ID отсутствует** (всё, что правее, — это IID).

Поэтому «разбить по Subnet ID» **невозможно без изменения исходного префикса**. Формально можно было бы рассматривать агрегат /63 и получить два /64, но это будет уже другая исходная сеть.

Разбиение на 2 подсети — способ В (через **идентификатор интерфейса, IID**) Берём 1 бит из IID → получаем две подсети **/65**:

Подсеть	Префикс	Диапазон (краевые значения)
A	2a02:6b8::/65	2a02:6b8:0:0:0000:: – 2a02:6b8:0:0:7fff:ffff:ffff:ffff
B	2a02:6b8:0:0:8000::/65	2a02:6b8:0:0:8000:: – 2a02:6b8:0:0:ffff:ffff:ffff:ffff

2.2 Настройка двойного стека адресации IPv4 и IPv6 в локальной сети

1. Запущены GNS3 VM и приложение **GNS3**, создан новый проект.

На рабочем поле размещены и соединены устройства согласно заданной топологии.

Используемые устройства:

- VPCS — конечные узлы (PC1, PC2, PC3, PC4, server)
- Коммутаторы Ethernet
- Маршрутизатор **FRR** — для подсети IPv4
- Маршрутизатор **VyOS** — для будущей подсети IPv6

Устройствам назначены имена:

- ПК: PCx-zmustafaev
- Коммутаторы: msk-zmustafaev-sw-0x
- Маршрутизатор: msk-zmustafaev-gw-01

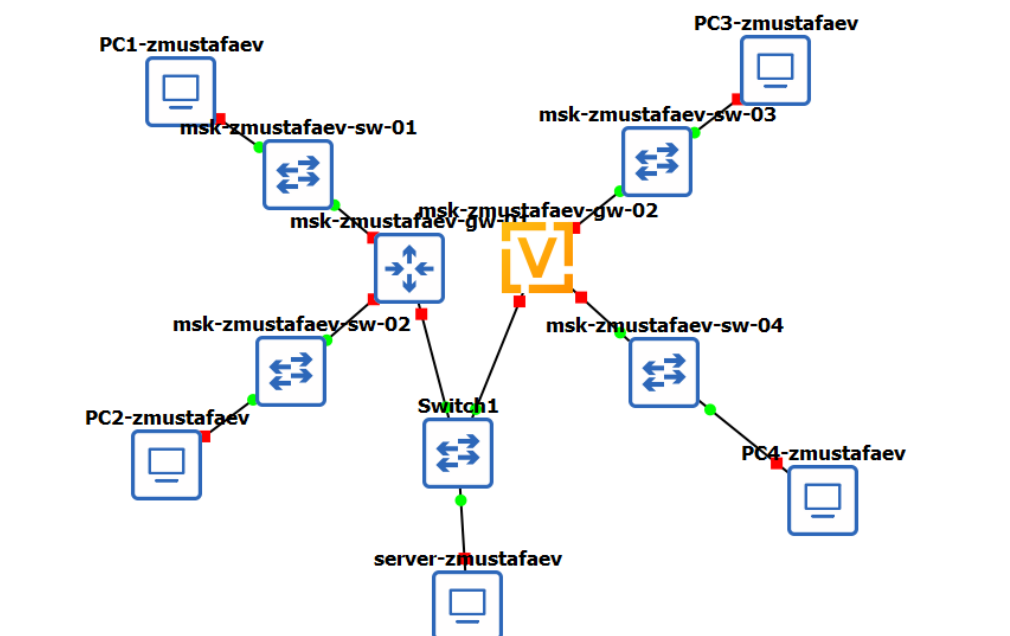


Рис. 2.1: Созданная топология сети

2.2.1 Настройка IPv4 на узлах PC1, PC2 и сервере

2. В консоли VPCS выполнена настройка адреса и шлюза по умолчанию.

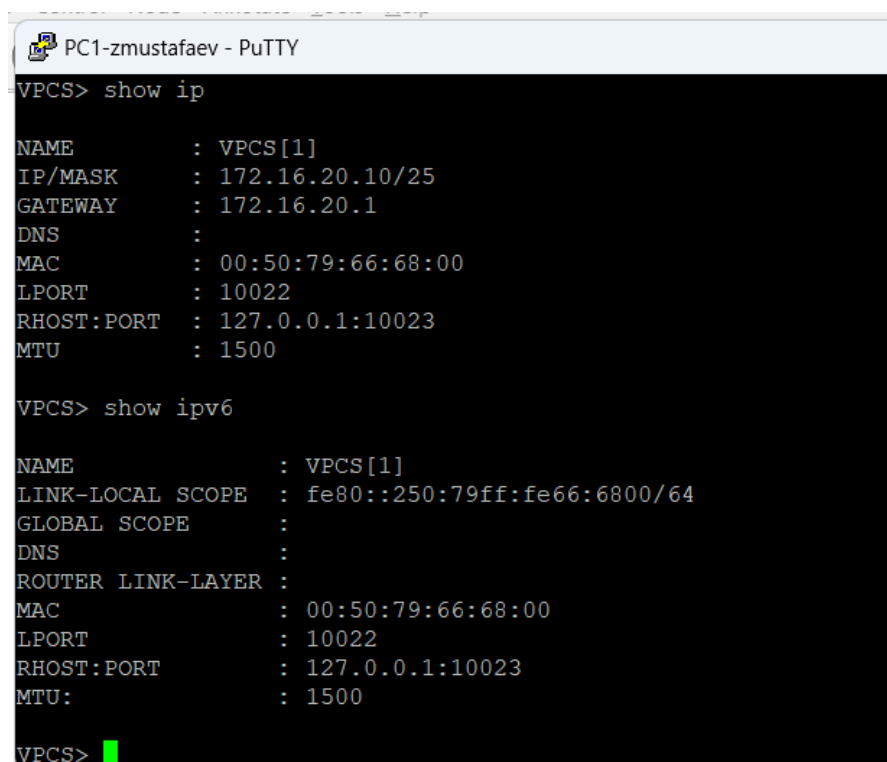
PC1-zmustafaev

Назначение адреса:

ip 172.16.20.10/25 172.16.20.1

save

Просмотр конфигурации IP и IPv6: show ip, show ipv6



```
PC1-zmustafaev - PuTTY
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      : 10022
RHOST:PORT : 127.0.0.1:10023
MTU        : 1500

VPCS> show ipv6
NAME           : VPCS[1]
LINK-LOCAL SCOPE : fe80::250:79ff:fe66:6800/64
GLOBAL SCOPE    :
DNS             :
ROUTER LINK-LAYER :
MAC            : 00:50:79:66:68:00
LPORT          : 10022
RHOST:PORT     : 127.0.0.1:10023
MTU            : 1500

VPCS>
```

Рис. 2.2: PC1 — вывод конфигурации IP

PC2-zmustafaev

Назначение адреса:

ip 172.16.20.138/25 172.16.20.129

save

Просмотр конфигурации IP и IPv6: show ip, show ipv6

```
PC2-zmustafaev - PuTTY
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          : 10024
RHOST:PORT     : 127.0.0.1:10025
MTU            : 1500

VPCS> show ipv6
NAME           : VPCS[1]
LINK-LOCAL SCOPE : fe80::250:79ff:fe66:6801/64
GLOBAL SCOPE    :
DNS             :
ROUTER LINK-LAYER :
MAC            : 00:50:79:66:68:01
LPORT          : 10024
RHOST:PORT     : 127.0.0.1:10025
MTU            : 1500

VPCS> █
```

Рис. 2.3: PC2 — вывод конфигурации IP

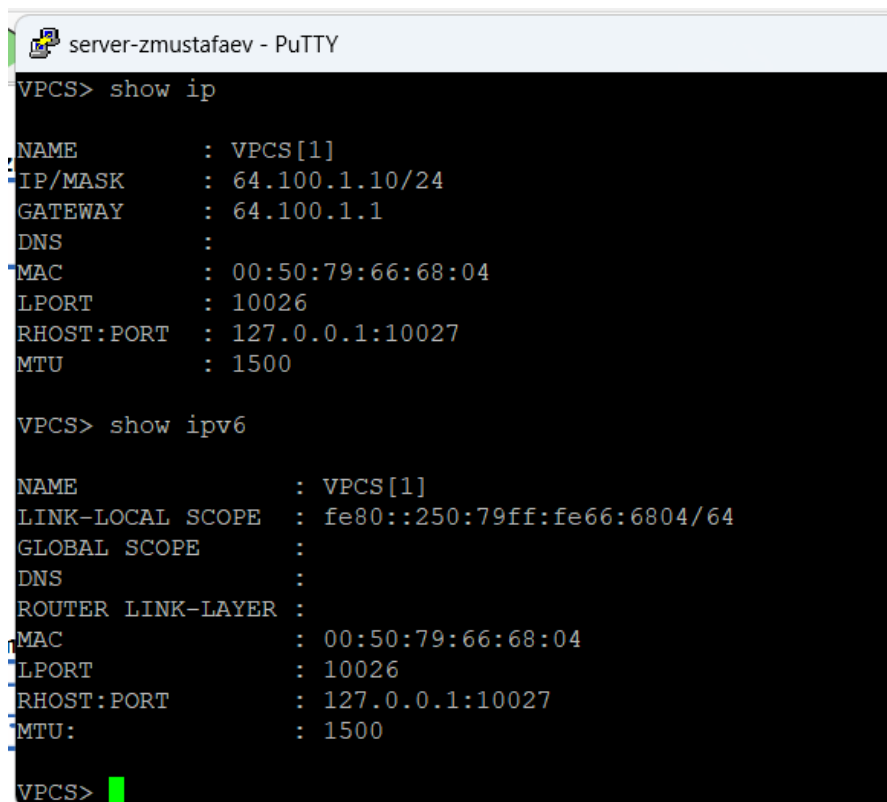
server-zmustafaev (Dual Stack Server)

Назначение адреса:

```
ip 64.100.1.10/24 64.100.1.1
```

save

Просмотр конфигурации IP и IPv6: show ip, show ipv6



```
server-zmustafaev - 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    :
DNS             :
ROUTER LINK-LAYER :
MAC            : 00:50:79:66:68:04
LPORT         : 10026
RHOST:PORT     : 127.0.0.1:10027
MTU            : 1500

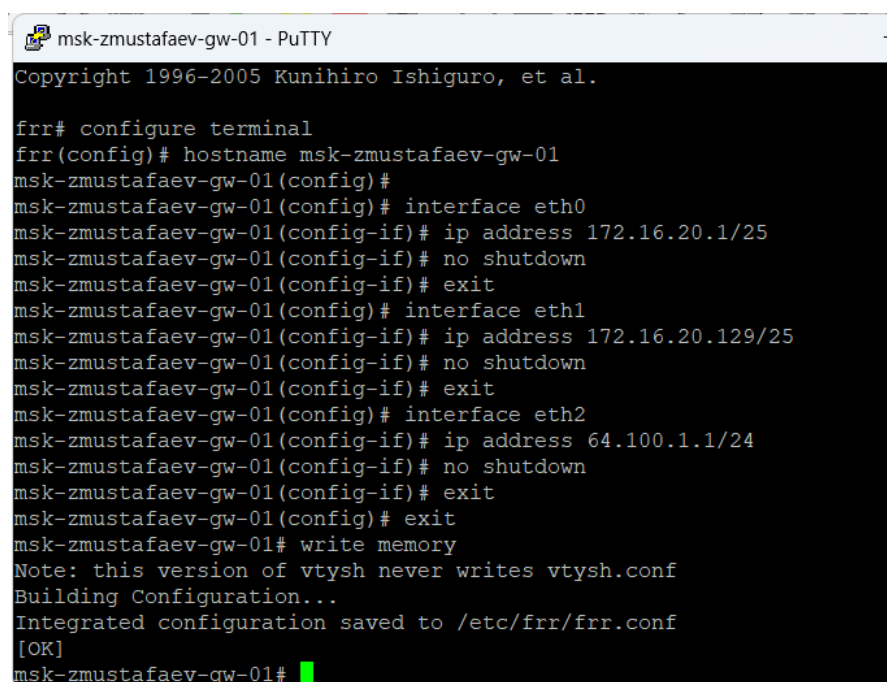
VPCS>
```

Рис. 2.4: Server — вывод конфигурации IP

2.2.2 Настройка маршрутизатора FRR (msk-zmustafaev-gw-01)

3. Выполнена конфигурация адресов интерфейсов:

- eth0 → 172.16.20.1/25
- eth1 → 172.16.20.129/25
- eth2 → 64.100.1.1/24



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

frr# configure terminal
frr(config)# hostname msk-zmustafaev-gw-01
msk-zmustafaev-gw-01(config)#
msk-zmustafaev-gw-01(config)# interface eth0
msk-zmustafaev-gw-01(config-if)# ip address 172.16.20.1/25
msk-zmustafaev-gw-01(config-if)# no shutdown
msk-zmustafaev-gw-01(config-if)# exit
msk-zmustafaev-gw-01(config)# interface eth1
msk-zmustafaev-gw-01(config-if)# ip address 172.16.20.129/25
msk-zmustafaev-gw-01(config-if)# no shutdown
msk-zmustafaev-gw-01(config-if)# exit
msk-zmustafaev-gw-01(config)# interface eth2
msk-zmustafaev-gw-01(config-if)# ip address 64.100.1.1/24
msk-zmustafaev-gw-01(config-if)# no shutdown
msk-zmustafaev-gw-01(config-if)# exit
msk-zmustafaev-gw-01(config)# exit
msk-zmustafaev-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-zmustafaev-gw-01#
```

Рис. 2.5: Настройка интерфейсов на FRR

2.2.3 Проверка сохранённой конфигурации

Команды:

- просмотр конфигурации — `show running-config`
- просмотр интерфейсов — `show interface brief`

```
msk-zmustafaev-gw-01 - PuTTY
Building configuration...

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

```
msk-zmustafaev-gw-01#
msk-zmustafaev-gw-01# show interface brief
Interface      Status    VRF      Addresses
-----
eth0            up        default  172.16.20.1
eth1            up        default  172.16.20.129
eth2            up        default  64.100.1.1
eth3            down      default
eth4            down      default
eth5            down      default
eth6            down      default
eth7            down      default
lo              up        default
pimreg          up        default
msk-zmustafaev-gw-01#
```

2.2.4 Проверка сетевой связности

4. С ПК PC1 выполнена проверка доступности других узлов.

Ping и trace до PC2 (172.16.20.138)

```
PC1-zmustafaev - PuTTY
VPCS> ping 172.16.20.138

84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=1 ttl=63 time=3.978 ms
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=2 ttl=63 time=2.291 ms
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=3 ttl=63 time=2.113 ms
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=4 ttl=63 time=5.075 ms
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=5 ttl=63 time=1.850 ms

VPCS> trace 172.16.20.138
trace to 172.16.20.138, 8 hops max, press Ctrl+C to stop
 1  172.16.20.1    3.262 ms  1.416 ms  1.649 ms
 2  *172.16.20.138 1.834 ms (ICMP type:3, code:3, Destination port unreachable)

VPCS>
```

Рис. 2.6: Ping и trace до PC2

Ping и trace до сервера (64.100.1.10)

```
VPCS> ping 64.100.1.10
84 bytes from 64.100.1.10 icmp_seq=1 ttl=63 time=7.677 ms
84 bytes from 64.100.1.10 icmp_seq=2 ttl=63 time=1.893 ms
84 bytes from 64.100.1.10 icmp_seq=3 ttl=63 time=2.908 ms
84 bytes from 64.100.1.10 icmp_seq=4 ttl=63 time=3.490 ms
84 bytes from 64.100.1.10 icmp_seq=5 ttl=63 time=1.896 ms

VPCS> trace 64.100.1.10
trace to 64.100.1.10, 8 hops max, press Ctrl+C to stop
 1  172.16.20.129    2.242 ms  2.588 ms  1.949 ms
 2  *64.100.1.10    2.029 ms (ICMP type:3, code:3, Destination port unreachable)

VPCS> █
```

Рис. 2.7: Ping и trace до сервера

2.2.5 Настройка IPv6 на узлах PC3, PC4 и сервере

9. На узлах PC3, PC4 и сервере выполнена настройка IPv6-адресов.

Для PC3 было назначено: ip 2001:db8:c0de:12::a/64 save

Для PC4 было назначено: ip 2001:db8:c0de:13::a/64 save

Для сервера (Dual Stack Server): ip 2001:db8:c0de:11::a/64 save

На каждом узле просмотрены настройки IPv4 и IPv6: show ip и show ipv6.

PC3 — конфигурация IPv6

```
PC3-zmustafaev - PuTTY
VPCS> show ip
NAME          : VPCS[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

VPCS> show ipv6
NAME          : VPCS[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

VPCS>
```

PC4 — конфигурация IPv6

```
PC4-zmustafaev - PuTTY
VPCS> show ip
NAME          : VPCS[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

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        : 10046
RHOST:PORT    : 127.0.0.1:10047
MTU           : 1500

VPCS>
```

```
server-zmustafaev - 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>
```

Server — конфигурация IPv6

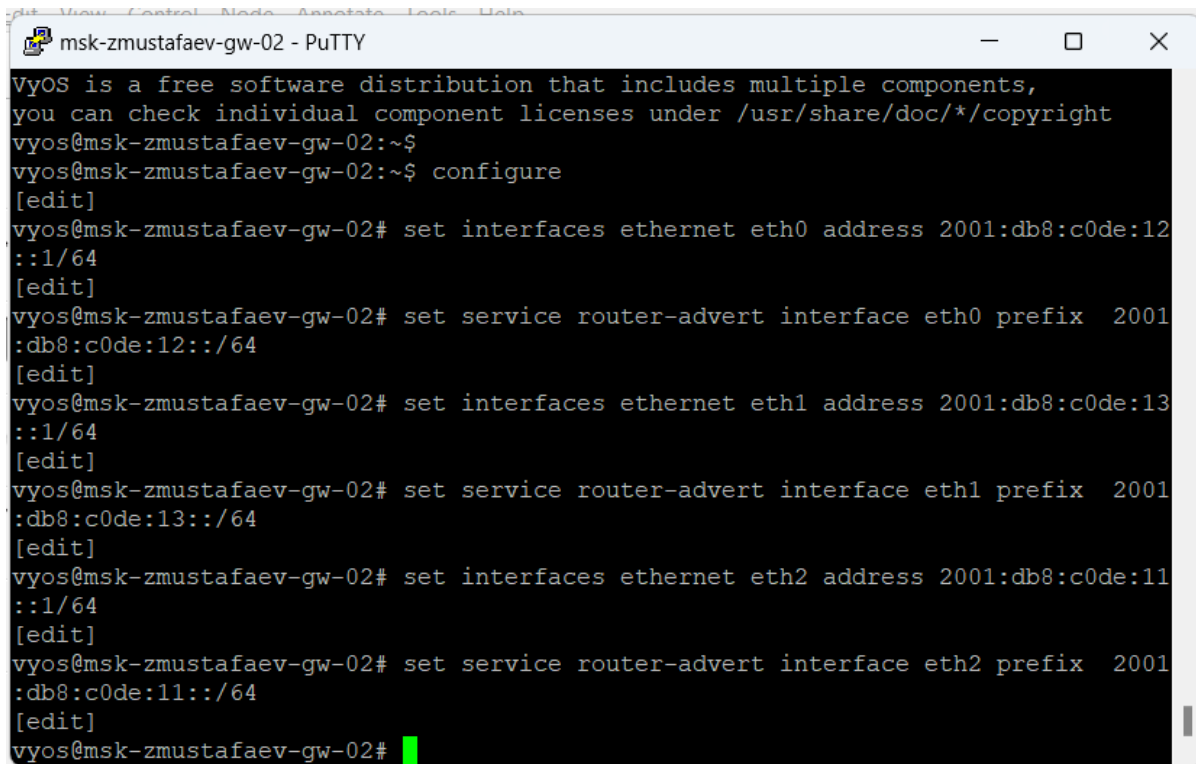
2.2.6 Настройка маршрутизатора VyOS (msk-zmustafaev-gw-02)

10. На маршрутизатор установлен VyOS, задано имя устройства msk-zmustafaev-gw-02 и выполнена настройка IPv6 интерфейсов.

Назначены адреса:

- eth0 → 2001:db8:c0de:12::1/64
- eth1 → 2001:db8:c0de:13::1/64
- eth2 → 2001:db8:c0de:11::1/64

Также включена рассылка Router Advertisements для автоконфигурации IPv6 клиентов.



```
msk-zmustafaev-gw-02 - PuTTY
VyOS is a free software distribution that includes multiple components,
you can check individual component licenses under /usr/share/doc/*/copyright
vyos@msk-zmustafaev-gw-02:~$
vyos@msk-zmustafaev-gw-02:~$ configure
[edit]
vyos@msk-zmustafaev-gw-02# set interfaces ethernet eth0 address 2001:db8:c0de:12::1/64
[edit]
vyos@msk-zmustafaev-gw-02# set service router-advert interface eth0 prefix 2001:db8:c0de:12::/64
[edit]
vyos@msk-zmustafaev-gw-02# set interfaces ethernet eth1 address 2001:db8:c0de:13::1/64
[edit]
vyos@msk-zmustafaev-gw-02# set service router-advert interface eth1 prefix 2001:db8:c0de:13::/64
[edit]
vyos@msk-zmustafaev-gw-02# set interfaces ethernet eth2 address 2001:db8:c0de:11::1/64
[edit]
vyos@msk-zmustafaev-gw-02# set service router-advert interface eth2 prefix 2001:db8:c0de:11::/64
[edit]
vyos@msk-zmustafaev-gw-02#
```

Рис. 2.8: VyOS настройка

После внесения конфигурации выполнены команды commit и save.

```
msk-zmustafaev-gw-02 - PuTTY
[edit]
vyos@msk-zmustafaev-gw-02# commit
[edit]
vyos@msk-zmustafaev-gw-02# save
Saving configuration to '/config/config.boot'...
Done
[edit]
vyos@msk-zmustafaev-gw-02# show interfaces
  ethernet eth0 {
    address 2001:db8:c0de:12::1/64
    hw-id 0c:69:e8:95:00:00
  }
  ethernet eth1 {
    address 2001:db8:c0de:13::1/64
    hw-id 0c:69:e8:95:00:01
  }
  ethernet eth2 {
    address 2001:db8:c0de:11::1/64
    hw-id 0c:69:e8:95:00:02
  }
  loopback lo {
  }
[edit]
vyos@msk-zmustafaev-gw-02#
```

Проверка интерфейсов:

2.2.7 Проверка сетевой связности IPv6

11. С PC3 выполнена проверка связи с PC4 и сервером.

```
PC3-zmustafaev - PuTTY

VPCS> ping 2001:db8:c0de:13::a

2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=1 ttl=62 time=5.989 ms
2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=2 ttl=62 time=2.050 ms
2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=3 ttl=62 time=3.124 ms
2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=4 ttl=62 time=2.630 ms
2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=5 ttl=62 time=2.119 ms

VPCS> trace 2001:db8:c0de:13::a

trace to 2001:db8:c0de:13::a, 64 hops max
 1 2001:db8:c0de:12::1    2.046 ms  1.198 ms  2.945 ms
 2 2001:db8:c0de:13::a    2.551 ms  3.530 ms  4.364 ms

VPCS> ping 172.16.20.10

host (172.16.20.10) not reachable

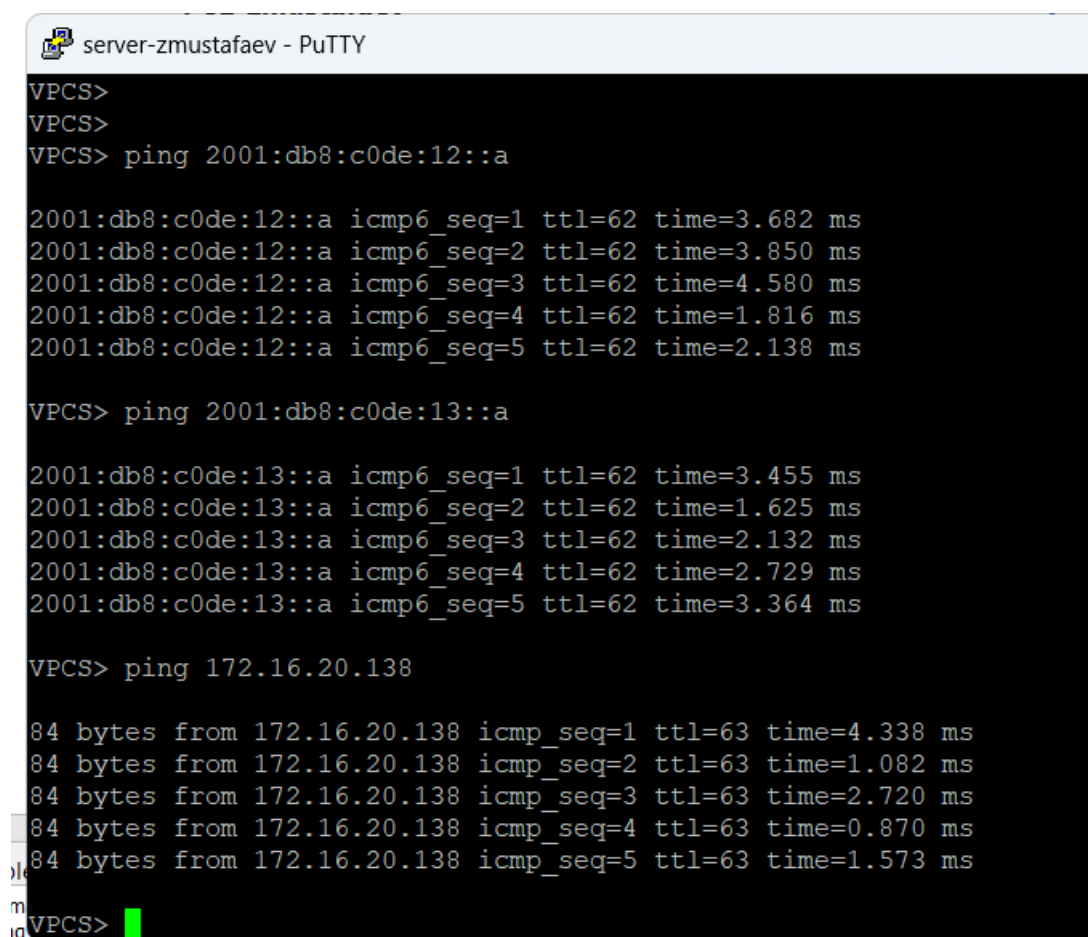
VPCS> █
```

Проверка ping и trace:

С PC3 невозможно обратиться к подсети IPv4, что подтверждает корректность разделения стека.

12. С сервера (Dual Stack Server) выполнены проверки ping по IPv6 и IPv4:

- Успешный обмен ICMPv6 сообщениями с PC3 и PC4
- Успешный обмен ICMPv4 с PC2 (проверка двойного стека)



```
server-zmustafaev - PuTTY
VPCS>
VPCS>
VPCS> ping 2001:db8:c0de:12::a

2001:db8:c0de:12::a icmp6_seq=1 ttl=62 time=3.682 ms
2001:db8:c0de:12::a icmp6_seq=2 ttl=62 time=3.850 ms
2001:db8:c0de:12::a icmp6_seq=3 ttl=62 time=4.580 ms
2001:db8:c0de:12::a icmp6_seq=4 ttl=62 time=1.816 ms
2001:db8:c0de:12::a icmp6_seq=5 ttl=62 time=2.138 ms

VPCS> ping 2001:db8:c0de:13::a

2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=1 ttl=62 time=3.455 ms
2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=2 ttl=62 time=1.625 ms
2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=3 ttl=62 time=2.132 ms
2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=4 ttl=62 time=2.729 ms
2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=5 ttl=62 time=3.364 ms

VPCS> ping 172.16.20.138

84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=1 ttl=63 time=4.338 ms
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=2 ttl=63 time=1.082 ms
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=3 ttl=63 time=2.720 ms
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=4 ttl=63 time=0.870 ms
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=5 ttl=63 time=1.573 ms

VPCS> 
```

Рис. 2.9: Server — проверки ping

2.2.8 Анализ перехваченного трафика

13. Включён захват пакетов на соединении сервера с коммутатором.

В анализе отображаются ARP, ICMP и ICMPv6 кадры.

ARP-запрос отображает: - MAC-адрес источника - IP-адрес источника - IP-адрес устройства, MAC которого требуется определить

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
48	36.426411	64.100.1.10	172.16.20.138	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x7ed2, seq=1/256,
49	36.430617	172.16.20.138	64.100.1.10	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x7ed2, seq=1/256,
50	37.431794	64.100.1.10	172.16.20.138	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x7fd2, seq=2/512,
51	37.432684	172.16.20.138	64.100.1.10	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x7fd2, seq=2/512,
52	38.433368	64.100.1.10	172.16.20.138	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x80d2, seq=3/768,
53	38.435808	172.16.20.138	64.100.1.10	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x80d2, seq=3/768,
54	39.437726	64.100.1.10	172.16.20.138	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x81d2, seq=4/1024,
55	39.438436	172.16.20.138	64.100.1.10	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x81d2, seq=4/1024,
56	40.439865	64.100.1.10	172.16.20.138	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x82d2, seq=5/1280,
57	40.441115	172.16.20.138	64.100.1.10	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x82d2, seq=5/1280,
58	41.454072	0c:14:98:a2:00:02	Private_66:68:04	ARP	60	Who has 64.100.1.10? Tell 64.100.1.1
59	41.454214	Private_66:68:04	0c:14:98:a2:00:02	ARP	60	64.100.1.10 is at 00:50:79:66:68:04

> Frame 58: 60 bytes on wire (480 bits), 60 bytes captured (480 bits) on interface -, id 0

> Ethernet II, Src: 0c:14:98:a2:00:02 (0c:14:98:a2:00:02), Dst: Private_66:68:04 (00:50:79:66:68:04)

▼ Address Resolution Protocol (request)

Hardware type: Ethernet (1)

Protocol type: IPv4 (0x0800)

Hardware size: 6

Protocol size: 4

Opcode: request (1)

Sender MAC address: 0c:14:98:a2:00:02 (0c:14:98:a2:00:02)

Sender IP address: 64.100.1.1

Target MAC address: 00:00:00_00:00:00 (00:00:00:00:00:00)

Target IP address: 64.100.1.10

0000 00 50 79 66 68 04

0010 08 00 06 00 00 00

0020 00 00 00 00 00 00

0030 00 00 00 00 00 00

Рис. 2.10: ARP

Пакет ICMP содержит: - тип сообщения (Echo Request или Echo Reply) - время ответа - адрес отправителя и получателя

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
48	36.426411	64.100.1.10	172.16.20.138	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x7ed2, seq=1/256,
49	36.430617	172.16.20.138	64.100.1.10	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x7ed2, seq=1/256,
50	37.431794	64.100.1.10	172.16.20.138	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x7fd2, seq=2/512,
51	37.432684	172.16.20.138	64.100.1.10	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x7fd2, seq=2/512,
→ 52	38.433368	64.100.1.10	172.16.20.138	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x80d2, seq=3/768,
← 53	38.435808	172.16.20.138	64.100.1.10	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x80d2, seq=3/768,
54	39.437726	64.100.1.10	172.16.20.138	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x81d2, seq=4/1024,
55	39.438436	172.16.20.138	64.100.1.10	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x81d2, seq=4/1024,
56	40.439865	64.100.1.10	172.16.20.138	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x82d2, seq=5/1280,
57	40.441115	172.16.20.138	64.100.1.10	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x82d2, seq=5/1280,
58	41.454072	0c:14:98:a2:00:02	Private_66:68:04	ARP	60	Who has 64.100.1.10? Tell 64.100.1.1
59	41.454214	Private_66:68:04	0c:14:98:a2:00:02	ARP	60	64.100.1.10 is at 00:50:79:66:68:04

> Frame 53: 98 bytes on wire (784 bits), 98 bytes captured (784 bits) on interface -, id 0
> Ethernet II, Src: 0c:14:98:a2:00:02 (0c:14:98:a2:00:02), Dst: Private_66:68:04 (00:50:79:66:68:04)
> Internet Protocol Version 4, Src: 172.16.20.138, Dst: 64.100.1.10
✓ Internet Control Message Protocol

Type: 0 (Echo (ping) reply)
Code: 0
Checksum: 0xa736 [correct]
[Checksum Status: Good]
Identifier (BE): 32978 (0x80d2)
Identifier (LE): 53888 (0xd280)
Sequence Number (BE): 3 (0x0003)
Sequence Number (LE): 768 (0x0300)
[\[Request frame: 52\]](#)
[Response time: 2,440 ms]
> Data (56 bytes)

0000 00 50 79 68
0010 00 54 d2 80
0020 01 0a 00 00
0030 0e 0f 10 10
0040 1e 1f 20 20
0050 2e 2f 30 30
0060 3e 3f

Рис. 2.11: ICMP

Пример ICMPv6

Здесь видно: - ICMPv6 Echo Request / Reply - используемые IPv6 адреса - поле Sequence Number

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
39	25.009590	2001:db8:c0de:11::a	2001:db8:c0de:13::a	ICMPv6	118	Echo (ping) request id=0x70d2, seq=4, hop]
40	25.011915	2001:db8:c0de:13::a	2001:db8:c0de:11::a	ICMPv6	118	Echo (ping) reply id=0x70d2, seq=4, hop lin
41	26.014741	2001:db8:c0de:11::a	2001:db8:c0de:13::a	ICMPv6	118	Echo (ping) request id=0x70d2, seq=5, hop]
42	26.017685	2001:db8:c0de:13::a	2001:db8:c0de:11::a	ICMPv6	118	Echo (ping) reply id=0x70d2, seq=5, hop lin
43	29.311587	fe80::e69:e8ff:fe95...	2001:db8:c0de:11::a	ICMPv6	86	Neighbor Solicitation for 2001:db8:c0de:11:
44	30.335727	fe80::e69:e8ff:fe95...	2001:db8:c0de:11::a	ICMPv6	86	Neighbor Solicitation for 2001:db8:c0de:11:
45	31.359491	fe80::e69:e8ff:fe95...	2001:db8:c0de:11::a	ICMPv6	86	Neighbor Solicitation for 2001:db8:c0de:11:
46	36.424135	Private_66:68:04	Broadcast	ARP	64	Who has 64.100.1.1? Tell 64.100.1.10
47	36.425833	0c:14:98:a2:00:02	Private_66:68:04	ARP	60	64.100.1.1 is at 0c:14:98:a2:00:02
48	36.426411	64.100.1.10	172.16.20.138	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x7ed2, seq=1/256,
49	36.430617	172.16.20.138	64.100.1.10	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x7ed2, seq=1/256,
50	37.431794	64.100.1.10	172.16.20.138	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x7fd2, seq=2/512,
51	37.432684	172.16.20.138	64.100.1.10	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x7fd2, seq=2/512,

> Frame 42: 118 bytes on wire (944 bits), 118 bytes captured (944 bits) on interface -, id 0
 > Ethernet II, Src: 0c:69:e8:95:00:02 (0c:69:e8:95:00:02), Dst: Private_66:68:04 (00:50:79:66:68:04)
 > Internet Protocol Version 6, Src: 2001:db8:c0de:13::a, Dst: 2001:db8:c0de:11::a
 > Internet Control Message Protocol v6
 Type: Echo (ping) reply (129)
 Code: 0
 Checksum: 0x3933 [correct]
 [Checksum Status: Good]
 Identifier: 0x70d2
 Sequence: 5
 [Response To: 41]
 [Response Time: 2,944 ms]
 > Data (56 bytes)

0000 00 50 79 66
 0010 00 00 00 40
 0020 00 00 00 00
 0030 00 00 00 00
 0040 02 03 04 05
 0050 12 13 14 15
 0060 22 23 24 25
 0070 32 33 34 35

Рис. 2.12: ICMPv6

2.3 Самостоятельное задание

2.3.1 Характеристика подсетей

Подсеть 1 — IPv4: 10.10.1.96/27 - Маска: 255.255.255.224 - Размер: 32 адреса (30 хостов) - Сетевой адрес: 10.10.1.96 - Диапазон хостов: 10.10.1.97 – 10.10.1.126 - Широковещательный: 10.10.1.127

Подсеть 2 — IPv4: 10.10.1.16/28 - Маска: 255.255.255.240 - Размер: 16 адресов (14 хостов) - Сетевой адрес: 10.10.1.16 - Диапазон хостов: 10.10.1.17 – 10.10.1.30 - Широковещательный: 10.10.1.31

Подсеть 1 — IPv6: 2001:db8:1:1::/64 - Размер / особенности: /64, адреса для SLAAC, широковещание отсутствует (используется многовещание) - Пример хоста: 2001:db8:1:1::a - Адрес интерфейса маршрутизатора (минимальный):

2001:db8:1:1::1

Подсеть 2 — IPv6: 2001:db8:1:4::/64 - Размер / особенности: /64, адреса для SLAAC, широковещание отсутствует - Пример хоста: 2001:db8:1:4::a - Адрес интерфейса маршрутизатора (минимальный): 2001:db8:1:4::1

2.3.2 Таблица адресации

Устройство / Интерфейс	IPv4 адрес / маска	Шлюз (IPv4)	IPv6 адрес / префикс	Примечание
msh-sw- zmustafaev- gw-01 eth0	10.10.1.97/27	—	2001:db8:1:1::1/64	ин. адрес подсети 1
msh-sw- zmustafaev- gw-01 eth1	10.10.1.17/28	—	2001:db8:1:4::1/64	ин. адрес подсети 2
PC1- zmustafaev (подсеть 1)	10.10.1.100/27	10.10.1.97	2001:db8:1:1::a/64	хост подсети 1
PC2- zmustafaev (подсеть 2)	10.10.1.20/28	10.10.1.17	2001:db8:1:4::a/64	хост подсети 2

Топология:

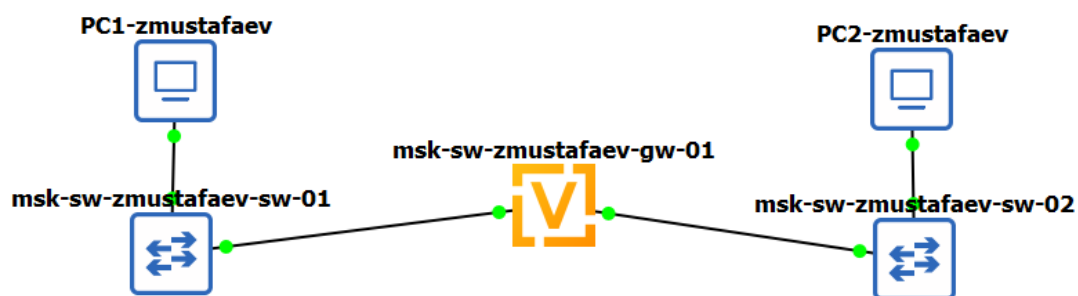


Рис. 2.13: Топология

2.3.3 Настройка адресации

Маршрутизатор VyOS (msk-sw-zmustafaev-gw-01) - eth0: 10.10.1.97/27, 2001:db8:1:1::1/64; включён Router Advertisement для 2001:db8:1:1::/64 - eth1: 10.10.1.17/28, 2001:db8:1:4::1/64; включён Router Advertisement для 2001:db8:1:4::/64

```
msk-sw-zmustafaev-gw-01 - PuTTY
You can change this banner using "set system login banner post-login"

VyOS is a free software distribution that includes multiple components
you can check individual component licenses under /usr/share/doc/*/cop
vyos@msk-zmustafaev-gw-01:~$
vyos@msk-zmustafaev-gw-01:~$ configure
[edit]
vyos@msk-zmustafaev-gw-01# set interfaces ethernet eth0 address 10.10.
[edit]
vyos@msk-zmustafaev-gw-01# set interfaces ethernet eth0 address 2001:d
64
[edit]
vyos@msk-zmustafaev-gw-01# set service router-advert interface eth0 pr
:db8:1:1::/64
[edit]
vyos@msk-zmustafaev-gw-01# set interfaces ethernet eth1 address 10.10.
[edit]
vyos@msk-zmustafaev-gw-01# set interfaces ethernet eth1 address 2001:d
64
[edit]
vyos@msk-zmustafaev-gw-01# set service router-advert interface eth1 pr
:db8:1:4::/64
[edit]
vyos@msk-zmustafaev-gw-01#
```

Снимок конфигурации:

Конечные устройства

PC1-zmustafaev - IPv4: 10.10.1.100/27, GW 10.10.1.97 - IPv6: 2001:db8:1:1::a/64

```
PC1-zmustafaev - PuTTY
VPCS> show ip
NAME      : VPCS[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

VPCS> show ipv6
NAME      : VPCS[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

VPCS> █
```

PC2-zmustafaev - IPv4: 10.10.1.20/28, GW 10.10.1.17 - IPv6: 2001:db8:1:4::a/64

```
PC2-zmustafaev - PuTTY
VPCS> show ip
NAME       : VPCS[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

VPCS> show ipv6
NAME       : VPCS[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

VPCS> █
```

2.3.4 4. Проверка связности

```
PC1-zmustafaev - PuTTY
VPCS> ping 10.10.1.20

84 bytes from 10.10.1.20 icmp: 10.10.1.20
84 bytes from 10.10.1.20 icmp: 10.10.1.20
84 bytes from 10.10.1.20 icmp: 10.10.1.20
84 bytes from 10.10.1.20 icmp: 10.10.1.20
84 bytes from 10.10.1.20 icmp: 10.10.1.20

VPCS> trace 10.10.1.20
trace to 10.10.1.20, 8 hops
 1  10.10.1.97    2.270 ms
 2  *10.10.1.20  2.597 ms

VPCS> █
```

IPv4 - PC1 → PC2: успешные ping, маршрут через шлюз 10.10.1.97

IPv6 - PC1 → PC2 по адресам 2001:db8:1:4::a: успешные ping и trace через

```

PC1-zmustafaev - PuTTY
84 bytes from 10.10.1.20 icmp_seq=4 ttl=63 time=1.901 ms
84 bytes from 10.10.1.20 icmp_seq=5 ttl=63 time=2.955 ms

VPCS> trace 10.10.1.20
trace to 10.10.1.20, 8 hops max, press Ctrl+C to stop
 1  10.10.1.97    2.270 ms  1.488 ms  1.213 ms
 2  *10.10.1.20  2.597 ms  (ICMP type:3, code:3, Destination port unreachable)

VPCS>
VPCS> ping 2001:db8:1:4::a

2001:db8:1:4::a icmp6_seq=1 ttl=62 time=5.895 ms
2001:db8:1:4::a icmp6_seq=2 ttl=62 time=2.411 ms
2001:db8:1:4::a icmp6_seq=3 ttl=62 time=1.688 ms
2001:db8:1:4::a icmp6_seq=4 ttl=62 time=4.192 ms
2001:db8:1:4::a icmp6_seq=5 ttl=62 time=2.343 ms

VPCS> trace 2001:db8:1:4::a

trace to 2001:db8:1:4::a, 64 hops max
 1 2001:db8:1:1::1  1.328 ms  0.586 ms  0.560 ms
 2 2001:db8:1:4::a  0.721 ms  1.159 ms  0.962 ms

VPCS>

```

2001:db8:1:1::1

3 Вывод

В ходе лабораторной работы были смоделированы сети на маршрутизаторах **FRR** и **VyOS**, выполнена IP-настройка и проверена связность. Анализ ICMP- и ARP-трафика подтвердил корректную работу сети и маршрутизаторов.