

Отчёт по лабораторной работе 6

Адресация IPv4 и IPv6. Двойной стек

Элсаиед Адел

Содержание

1	Цель работы	5
2	Выполнение работы	6
2.1	Разбиение IPv4-сети на подсети	6
2.1.1	Разбиение сети 172.16.20.0/24 на подсети	6
2.1.2	Выделение подсети на 30 узлов в сети 10.10.1.64/26	7
2.1.3	Выделение подсети на 14 узлов в сети 10.10.1.0/26	7
2.2	Разбиение IPv6-сети на подсети	8
2.2.1	Разбиение сети 2001:db8:c0de::/48	8
2.2.2	Разбиение сети 2a02:6b8::/64	10
2.3	Настройка двойного стека адресации IPv4 и IPv6 в локальной сети	12
2.4	Анализ захваченного трафика ARP, ICMP и ICMPv6	25
2.5	Самостоятельное задание	28
3	Заключение	36

Список иллюстраций

2.1	Топология сети в среде GNS3	12
2.2	Настройка IPv4-адресации на узле PC1	13
2.3	Настройка IPv4-адресации на узле PC2	14
2.4	Настройка IPv4-адресации на сервере	15
2.5	Настройка IPv4-интерфейсов маршрутизатора FRR	16
2.6	Просмотр текущей конфигурации маршрутизатора FRR	17
2.7	Состояние интерфейсов маршрутизатора FRR	18
2.8	Проверка связности между PC1 и PC2	18
2.9	Проверка доступности сервера с узла PC2	19
2.10	Настройка IPv6-адресации на узле PC3	20
2.11	Настройка IPv6-адресации на узле PC4	21
2.12	Настройка IPv6-адресации на сервере	22
2.13	Настройка IPv6-адресов и Router Advertisement на VyOS	23
2.14	Просмотр конфигурации интерфейсов маршрутизатора VyOS	23
2.15	Проверка IPv6-связности с узла PC3	24
2.16	Проверка IPv6-связности с узла PC4	24
2.17	Проверка доступа сервера двойного стека к IPv4 и IPv6 подсетям	25
2.18	Анализ ICMP-трафика IPv4	26
2.19	Анализ ICMPv6-трафика	27
2.20	Анализ ARP-трафика	28
2.21	Топология сети с двумя локальными подсетями	29
2.22	Проверка конфигурации IPv4 и IPv6 на узле PC1	32
2.23	Проверка конфигурации IPv4 и IPv6 на узле PC2	33
2.24	Настройка IPv4/IPv6-адресов и Router Advertisement на маршрутизаторе VyOS	34
2.25	Проверка IPv4-связности между PC1 и PC2	35
2.26	Проверка IPv6-связности между PC2 и PC1	35

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 Разбиение сети 172.16.20.0/24 на подсети

Задана IPv4-сеть 172.16.20.0/24. Для данной сети определены основные характеристики.

- Префикс сети: /24
- Маска подсети: 255.255.255.0
- Адрес сети: 172.16.20.0
- Широковещательный адрес: 172.16.20.255
- Диапазон адресов узлов: 172.16.20.1 – 172.16.20.254
- Общее число адресов: 256
- Число доступных адресов узлов: 254

Требуется разбить исходную сеть на три подсети с максимально возможным числом адресов узлов **126, 62 и 62**. Разбиение выполнено с использованием метода VLSM, начиная с подсети наибольшего размера.

Подсеть 1 (126 узлов): - Адрес сети: 172.16.20.0/25 - Маска подсети: 255.255.255.128 - Диапазон адресов узлов: 172.16.20.1 – 172.16.20.126 - Широковещательный адрес: 172.16.20.127 - Число доступных узлов: 126

Подсеть 2 (62 узла): - Адрес сети: 172.16.20.128/26 - Маска подсети: 255.255.255.192 - Диапазон адресов узлов: 172.16.20.129 – 172.16.20.190 - Широковещательный адрес: 172.16.20.191 - Число доступных узлов: 62

Подсеть 3 (62 узла): - Адрес сети: 172.16.20.192/26 - Маска подсети: 255.255.255.192 - Диапазон адресов узлов: 172.16.20.193 – 172.16.20.254 - Широковещательный адрес: 172.16.20.255 - Число доступных узлов: 62

2.1.2 Выделение подсети на 30 узлов в сети 10.10.1.64/26

Задана сеть 10.10.1.64/26. Для данной сети определены следующие характеристики:

- Префикс сети: /26
- Маска подсети: 255.255.255.192
- Адрес сети: 10.10.1.64
- Широковещательный адрес: 10.10.1.127
- Диапазон адресов узлов: 10.10.1.65 – 10.10.1.126
- Число доступных адресов узлов: 62

Для размещения 30 узлов выбран префикс /27, обеспечивающий 32 адреса, из которых 30 доступны для хостов.

Выделенная подсеть: - Адрес сети: 10.10.1.64/27 - Маска подсети: 255.255.255.224 - Диапазон адресов узлов: 10.10.1.65 – 10.10.1.94 - Широковещательный адрес: 10.10.1.95 - Число доступных узлов: 30

2.1.3 Выделение подсети на 14 узлов в сети 10.10.1.0/26

Задана сеть 10.10.1.0/26. Основные характеристики сети:

- Префикс сети: /26
- Маска подсети: 255.255.255.192
- Адрес сети: 10.10.1.0
- Широковещательный адрес: 10.10.1.63
- Диапазон адресов узлов: 10.10.1.1 – 10.10.1.62
- Число доступных адресов узлов: 62

Для размещения 14 узлов выбран префикс /28, обеспечивающий 16 адресов, из которых 14 доступны для использования.

Выделенная подсеть: - Адрес сети: 10.10.1.0/28 - Маска подсети: 255.255.255.240
- Диапазон адресов узлов: 10.10.1.1 – 10.10.1.14 - Широковещательный адрес: 10.10.1.15 - Число доступных узлов: 14

2.2 Разбиение IPv6-сети на подсети

2.2.1 Разбиение сети 2001:db8:c0de::/48

Задана IPv6-сеть 2001:db8:c0de::/48. Данный адрес относится к глобальной (global unicast) IPv6-адресации, при этом префикс 2001:db8::/32 зарезервирован для документации и учебных примеров, что делает его пригодным для лабораторных работ.

Характеристики сети: - Префикс сети: /48 - Маска (в двоичном виде): 48 старших бит фиксированы, оставшиеся 80 бит — изменяемая часть - Адрес сети (network prefix): 2001:db8:c0de:: - Длина адреса IPv6: 128 бит

Диапазон адресов в пределах префикса /48 (краевые значения): - Минимальный адрес в сети: 2001:db8:c0de:0000:0000:0000:0000:0000 - Максимальный адрес в сети: 2001:db8:c0de:ffff:ffff:ffff:ffff:ffff

В IPv6 отсутствует широковещательная (broadcast) адресация; для рассылки используется мультикаст. Также в IPv6 не выделяются отдельные “адрес сети” и “broadcast” так, как это принято в IPv4: весь диапазон префикса потенциально адресуем, однако в практической адресации используются соглашения (например, ::1 для маршрутизатора, SLAAC и т.д.).

2.2.1.1 Разбиение на 2 подсети с использованием идентификатора подсети

Наиболее типовой подход: из префикса /48 формируют “обычные” пользовательские подсети /64, выделяя 16 бит под **идентификатор подсети** (Subnet ID).

То есть структура выглядит так:

- /48 — глобальный префикс организации
- следующие 16 бит — Subnet ID
- последние 64 бита — Interface ID

Для получения 2 подсетей достаточно изменить **старший бит** в поле Subnet ID. Это эквивалентно переходу от /48 к /49, где 1 дополнительный бит определяет одну из двух половин пространства.

Вариант разбиения на две подсети /49: - Подсеть 1: 2001:db8:c0de:0000::/49
- Подсеть 2: 2001:db8:c0de:8000::/49

Пояснение: - В /49 добавляется 1 бит к префиксу /48. - Значение этого бита 0 даёт первую половину адресного пространства, значение 1 — вторую половину. - Такой способ удобен для грубого деления адресного пространства организации на два крупных блока (например, для двух филиалов или двух крупных доменов маршрутизации).

При необходимости можно делить именно на “классические” /64 подсети, выбрав, например, Subnet ID 0000 и 0001:

- Подсеть 1: 2001:db8:c0de:0000::/64
- Подсеть 2: 2001:db8:c0de:0001::/64

Этот вариант ближе к реальной практике адресации LAN-сегментов.

2.2.1.2 Разбиение на 2 подсети с использованием идентификатора интерфейса

Альтернативный подход — разделить сеть, изменяя границу префикса в области **Interface ID** (то есть “урезать” часть 64-битного идентификатора интерфейса и использовать её как дополнительный признак подсети).

Если исходно предполагается, что внутри подсети используется /64, то разбиение на две части может быть выполнено, например, переходом к /65:

- первые 64 бита по-прежнему включают глобальный префикс и Subnet ID;

- **65-й бит** (первый бит в Interface ID) используется как признак “подсети 0/1”.

Для этого сначала выбирается конкретная /64 подсеть внутри /48, например 2001:db8:c0de:0000::/64, после чего она делится на две “половины”:

- Подсеть 1: 2001:db8:c0de:0000::/65
- Подсеть 2: 2001:db8:c0de:0000:8000::/65

Пояснение: - /65 означает, что 65 бит фиксированы, а изменяемых остаётся 63 бита. - Первая подсеть соответствует значениям 65-го бита 0, вторая — 1. - Подход теоретически возможен, но на практике используется редко, так как стандартные механизмы автоконфигурации (SLAAC) ориентированы на /64, а изменение длины префикса может приводить к нестандартному поведению или ограничениям оборудования.

2.2.2 Разбиение сети 2a02:6b8::/64

Задана IPv6-сеть 2a02:6b8::/64. Данный адрес относится к глобальной IPv6-адресации. Префикс /64 является типовым размером подсети для локальных сегментов IPv6 и рекомендован для SLAAC.

Характеристики сети: - Префикс сети: /64 - Маска: 64 старших бита фиксированы, 64 бита — идентификатор интерфейса - Адрес сети (network prefix): 2a02:6b8:0000:0000::

Диапазон адресов в пределах префикса /64 (краевые значения): - Минимальный адрес в сети: 2a02:6b8:0000:0000:0000:0000:0000:0000 - Максимальный адрес в сети: 2a02:6b8:0000:0000:ffff:ffff:ffff:ffff

2.2.2.1 Разбиение на 2 подсети с использованием идентификатора подсети

Так как сеть уже имеет длину /64, “классический” Subnet ID (как в случае /48 → /64) отсутствует: весь Subnet ID уже зафиксирован в первых 64 битах.

Тем не менее, разделить адресное пространство на два блока можно, увеличив

длину префикса до /65 (то есть фактически использовать один бит из Interface ID как “идентификатор подсети”).

В результате получаются две подсети:

- Подсеть 1: 2a02:6b8::/65
- Подсеть 2: 2a02:6b8:0:0:8000::/65

Пояснение: - В пределах /64 добавляется один бит, разделяющий пространство Interface ID на две половины. - Адреса в первой подсети имеют старший бит Interface ID равный 0, во второй — 1.

2.2.2.2 Разбиение на 2 подсети с использованием идентификатора интерфейса

Разбиение “по идентификатору интерфейса” по сути совпадает с предыдущим случаем, так как при исходном /64 единственное место, откуда можно взять бит для деления, — это поле Interface ID. Поэтому второй способ можно представить как явное выделение диапазонов Interface ID.

Пусть: - Подсеть 1 соответствует диапазону Interface ID: 0000:0000:0000:0000 – 7fff:ffff:ffff:ffff - Подсеть 2 соответствует диапазону Interface ID: 8000:0000:0000:0000 – ffff:ffff:ffff:ffff

Тогда разбиение будет:

- Подсеть 1: 2a02:6b8:0:0:0000::/65
- Подсеть 2: 2a02:6b8:0:0:8000::/65

Пояснение: - Деление выполнено по старшему биту 64-битного идентификатора интерфейса. - Способ является формально корректным, но практически нежелательным для типовых LAN-сегментов, поскольку нарушает стандартное ожидание /64 для SLAAC и может привести к проблемам совместимости.

2.3 Настройка двойного стека адресации IPv4 и IPv6 в локальной сети

1. Выполнен запуск виртуальной машины **GNS3 VM**, после чего произведён запуск программного комплекса **GNS3**. В рабочей среде создан новый проект для выполнения лабораторной работы, посвящённой настройке адресации IPv4 и IPv6 в сети с двойным стеком.
2. В рабочем пространстве GNS3 размещены сетевые устройства и выполнено их соединение в соответствии с заданной топологией. Для сегмента сети с IPv4 использован маршрутизатор **FRR**, для сегмента IPv6 — маршрутизатор **VyOS**. Топология включает рабочие станции, коммутаторы, маршрутизаторы и сервер с поддержкой двойного стека адресации.

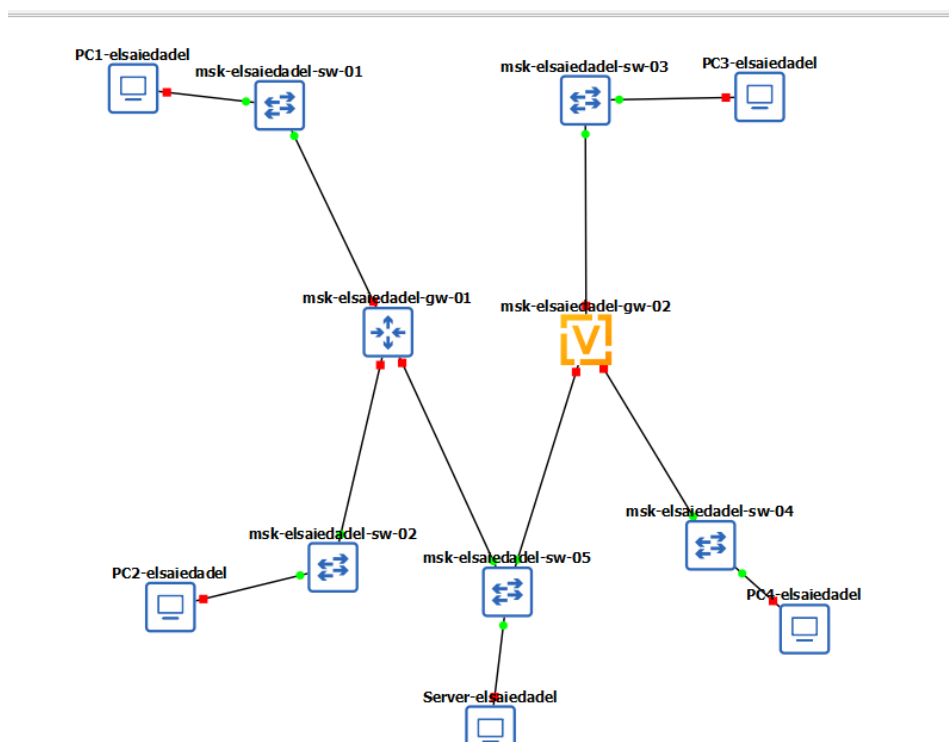
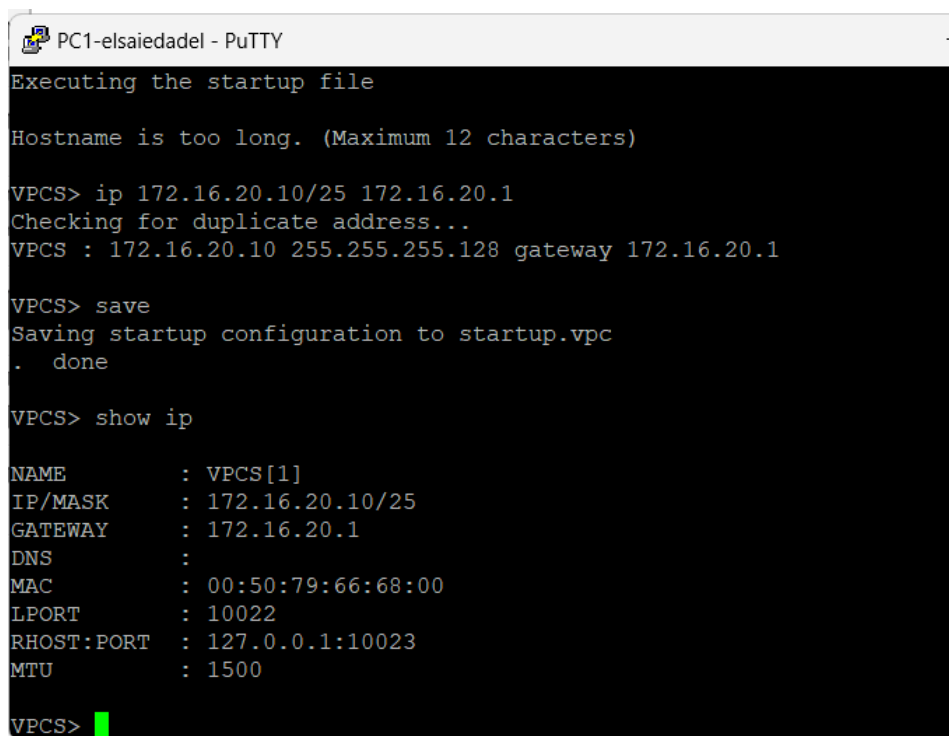


Рис. 2.1: Топология сети в среде GNS3

3. Произведено изменение отображаемых имён сетевых устройств. Комму-

таторы переименованы по шаблону `msk-elsaiedadel-sw-0x`, маршрутизаторы — `msk-elsaiedadel-gw-0x`, рабочие станции VPCS — `PCx-elsaiedadel`, что обеспечивает однозначную идентификацию узлов в рамках лабораторной работы.

4. В соответствии с таблицей адресации выполнена настройка IPv4-параметров на рабочей станции **PC1**. Узлу назначен IP-адрес `172.16.20.10/25` с указанием шлюза по умолчанию `172.16.20.1`. После настройки конфигурация сохранена, а параметры проверены с использованием команды просмотра сетевых настроек.



```
PC1-elsaiedadel - 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

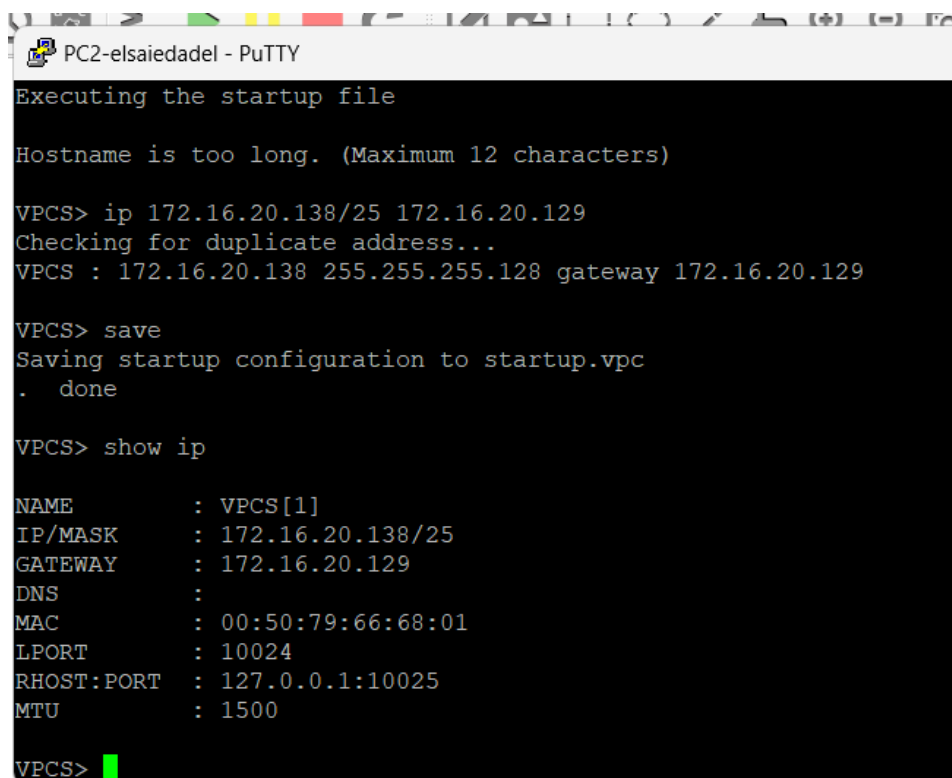
VPCS> show ip

NAME       : VPCS[1]
IP/MASK    : 172.16.20.10/25
GATEWAY    : 172.16.20.1
DNS        :
MAC        : 00:50:79:66:68:00
LPORT     : 10022
RHOST:PORT : 127.0.0.1:10023
MTU        : 1500

VPCS>
```

Рис. 2.2: Настройка IPv4-адресации на узле PC1

5. Аналогичным образом выполнена настройка IPv4-адресации на рабочей станции **PC2**. Узлу назначен IP-адрес `172.16.20.138/25` и шлюз `172.16.20.129`. Конфигурация сохранена и подтверждена командой отображения текущих сетевых параметров.



```
PC2-elsaiedadel - 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

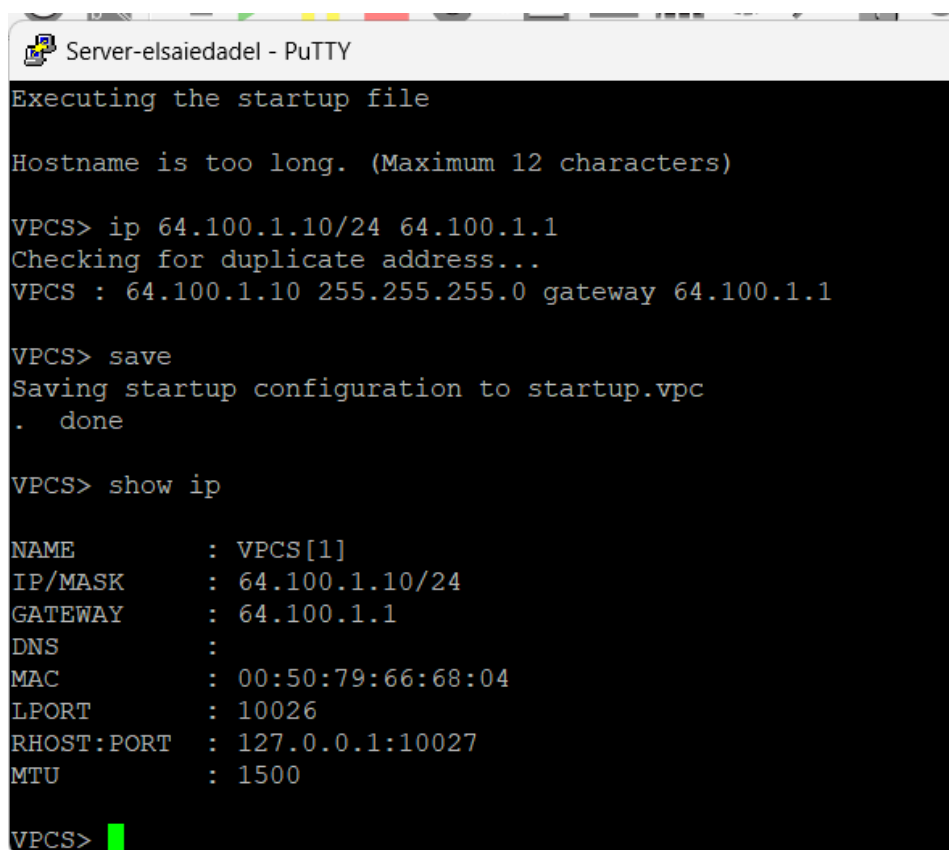
VPCS> show ip

NAME       : VPCS[1]
IP/MASK    : 172.16.20.138/25
GATEWAY    : 172.16.20.129
DNS        :
MAC        : 00:50:79:66:68:01
LPORT      : 10024
RHOST:PORT : 127.0.0.1:10025
MTU        : 1500

VPCS> 
```

Рис. 2.3: Настройка IPv4-адресации на узле PC2

6. На сервере с двойным стеком адресации выполнена настройка IPv4-параметров. Серверу присвоен IP-адрес 64.100.1.10/24 с указанием шлюза по умолчанию 64.100.1.1. После завершения настройки конфигурация сохранена и успешно проверена.



```
Server-elsaiedadel - 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

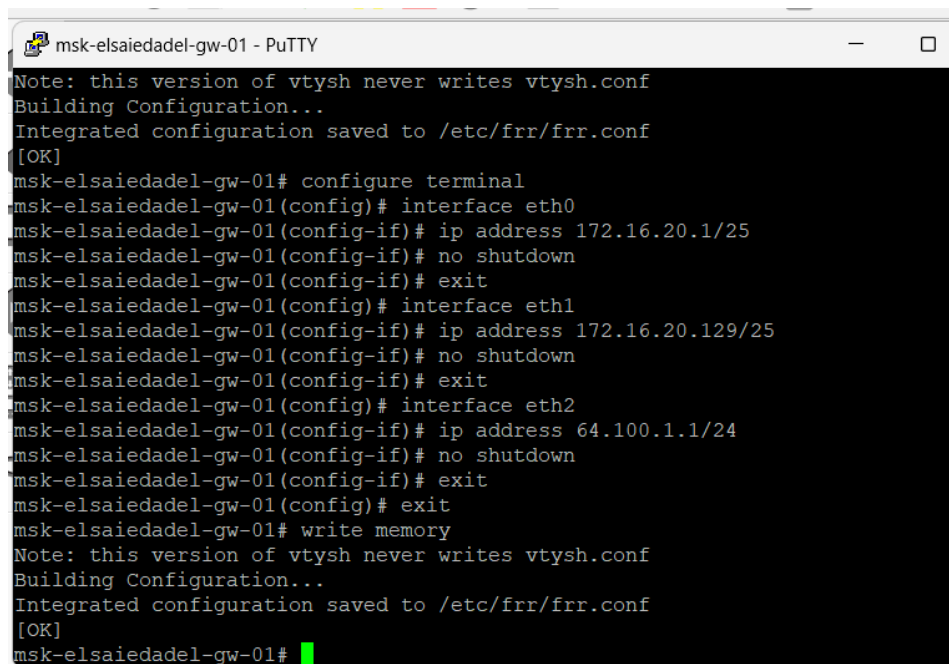
VPCS> show ip

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

VPCS>
```

Рис. 2.4: Настройка IPv4-адресации на сервере

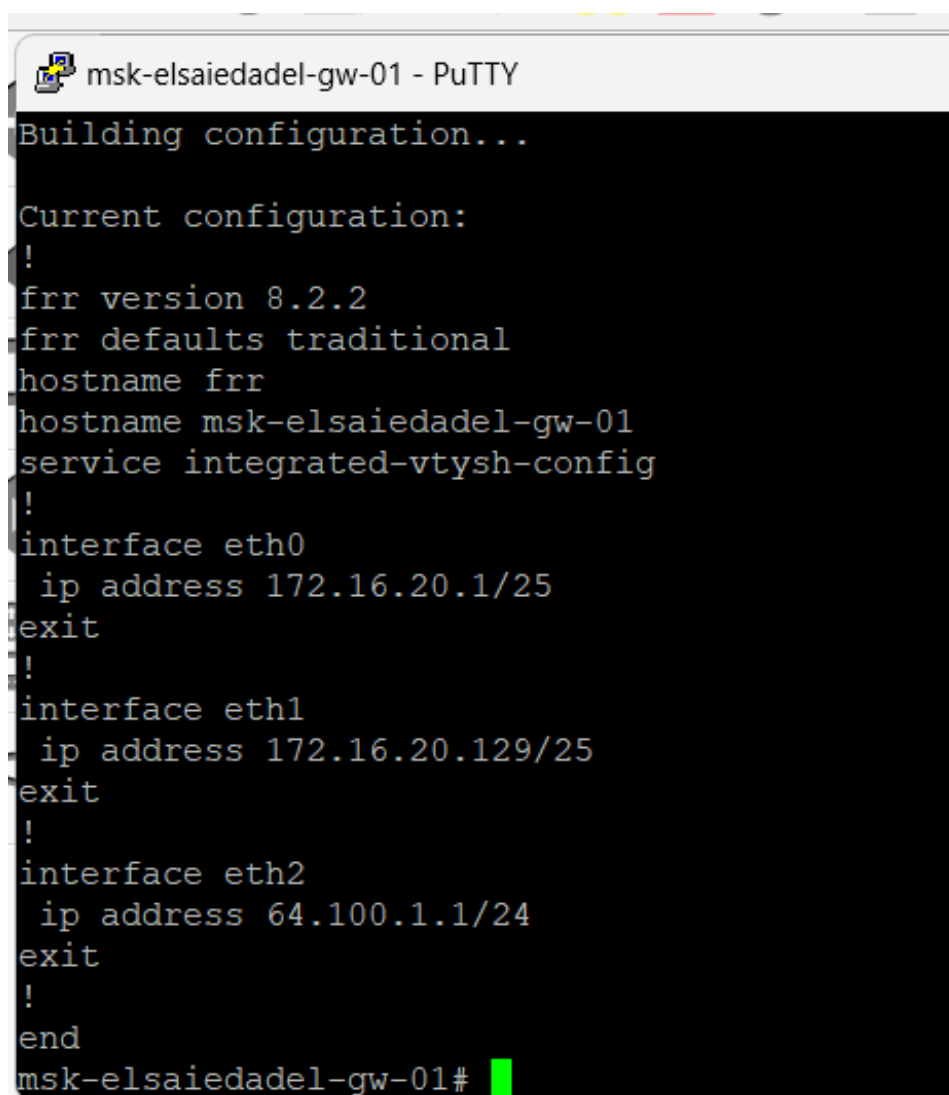
7. На маршрутизаторе **FRR** выполнена настройка IPv4-адресации интерфейсов локальной сети. Устройству задано имя `msk-elsaiedadel-gw-01`. Интерфейсу `eth0` назначен адрес `172.16.20.1/25`, интерфейсу `eth1` — `172.16.20.129/25`, интерфейсу `eth2` — `64.100.1.1/24`. Все интерфейсы переведены в активное состояние, а конфигурация сохранена во внутренней памяти маршрутизатора.



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

Рис. 2.5: Настройка IPv4-интерфейсов маршрутизатора FRR

8. Выполнена проверка текущей конфигурации маршрутизатора **msk-elsaiedadel-gw-01**. Подтверждено наличие заданных IP-адресов и корректное состояние сетевых интерфейсов.



The image shows a PuTTY terminal window titled "msk-elsaiedadel-gw-01 - PuTTY". The terminal output displays the current configuration of an FRR (FRRouting) router. The configuration starts with "Building configuration..." followed by "Current configuration:". The configuration includes the FRR version (8.2.2), default settings (traditional), the hostname (msk-elsaiedadel-gw-01), and the service (integrated-vtysh-config). It then defines three interfaces: eth0 with IP 172.16.20.1/25, eth1 with IP 172.16.20.129/25, and eth2 with IP 64.100.1.1/24. The configuration ends with "end" and the prompt "msk-elsaiedadel-gw-01#" followed by a green cursor.

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

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

Рис. 2.6: Просмотр текущей конфигурации маршрутизатора FRR

```
msk-elsaiedadel-gw-01#  
msk-elsaiedadel-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-elsaiedadel-gw-01#
```

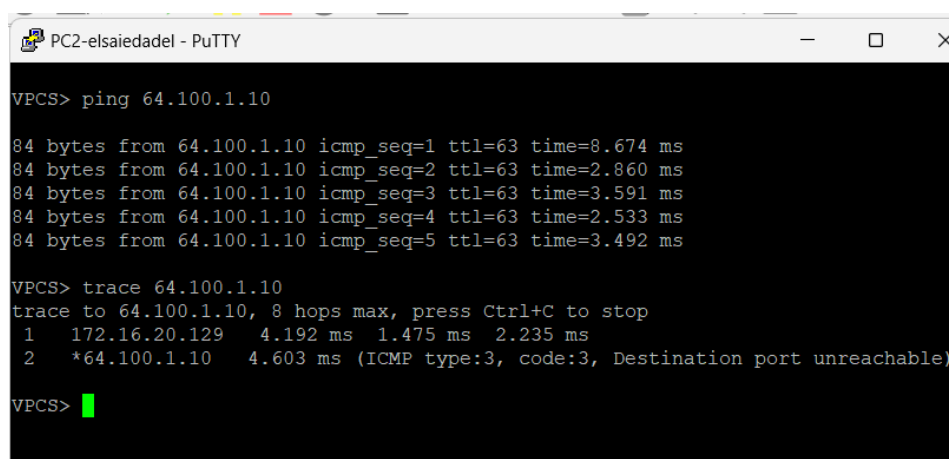
Рис. 2.7: Состояние интерфейсов маршрутизатора FRR

9. Для проверки связности сети выполнено тестирование с использованием ICMP-эхо-запросов и трассировки маршрута. С рабочей станции **PC1** успешно выполнена проверка доступности узла **PC2**, а также подтверждён корректный маршрут прохождения пакетов через маршрутизатор.

```
PC1-elsaiedadel - PuTTY  
VPCS> ping 172.16.20.138/25  
  
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=1 ttl=63 time=1.650 ms  
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=2 ttl=63 time=3.099 ms  
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=3 ttl=63 time=1.070 ms  
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=4 ttl=63 time=2.972 ms  
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=5 ttl=63 time=3.868 ms  
  
VPCS> trace 172.16.20.138/25  
Trace to 172.16.20.138, 25 hops max, press Ctrl+C to stop  
 1  172.16.20.1    3.422 ms  1.852 ms  3.534 ms  
 2  *172.16.20.138 4.687 ms (ICMP type:3, code:3, Destination port unreachable)  
VPCS>
```

Рис. 2.8: Проверка связности между PC1 и PC2

10. Дополнительно выполнена проверка доступности сервера с двойным стеком адресации с рабочей станции **PC2**. Узел успешно отвечает на ICMP-запросы, что подтверждает корректность настройки IPv4-адресации и маршрутизации в сети.



```
PC2-elsaiedadel - PuTTY

VPCS> ping 64.100.1.10

84 bytes from 64.100.1.10 icmp_seq=1 ttl=63 time=8.674 ms
84 bytes from 64.100.1.10 icmp_seq=2 ttl=63 time=2.860 ms
84 bytes from 64.100.1.10 icmp_seq=3 ttl=63 time=3.591 ms
84 bytes from 64.100.1.10 icmp_seq=4 ttl=63 time=2.533 ms
84 bytes from 64.100.1.10 icmp_seq=5 ttl=63 time=3.492 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    4.192 ms  1.475 ms  2.235 ms
 2  *64.100.1.10    4.603 ms (ICMP type:3, code:3, Destination port unreachable)

VPCS> █
```

Рис. 2.9: Проверка доступности сервера с узла PC2

11. В соответствии с таблицей адресации выполнена настройка IPv6-адресов на узлах **PC3**, **PC4** и сервере с двойным стеком адресации.
На узле **PC3** назначен IPv6-адрес 2001:db8:c0de:12::a/64.
На узле **PC4** настроен IPv6-адрес 2001:db8:c0de:13::a/64.
Серверу двойного стека присвоен IPv6-адрес 2001:db8:c0de:11::a/64.
После ввода параметров конфигурация на каждом узле сохранена.

```
PC3-elsaiedadel - PuTTY
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

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> █
```

Рис. 2.10: Настройка IPv6-адресации на узле PC3

```
PC4-elsaiedadel - PuTTY
Executing the startup file

Hostname is too long. (Maximum 12 characters)

VPCS> ip 2001:db8:c0de:13::a/64
PC1 : 2001:db8:c0de:13::a/64

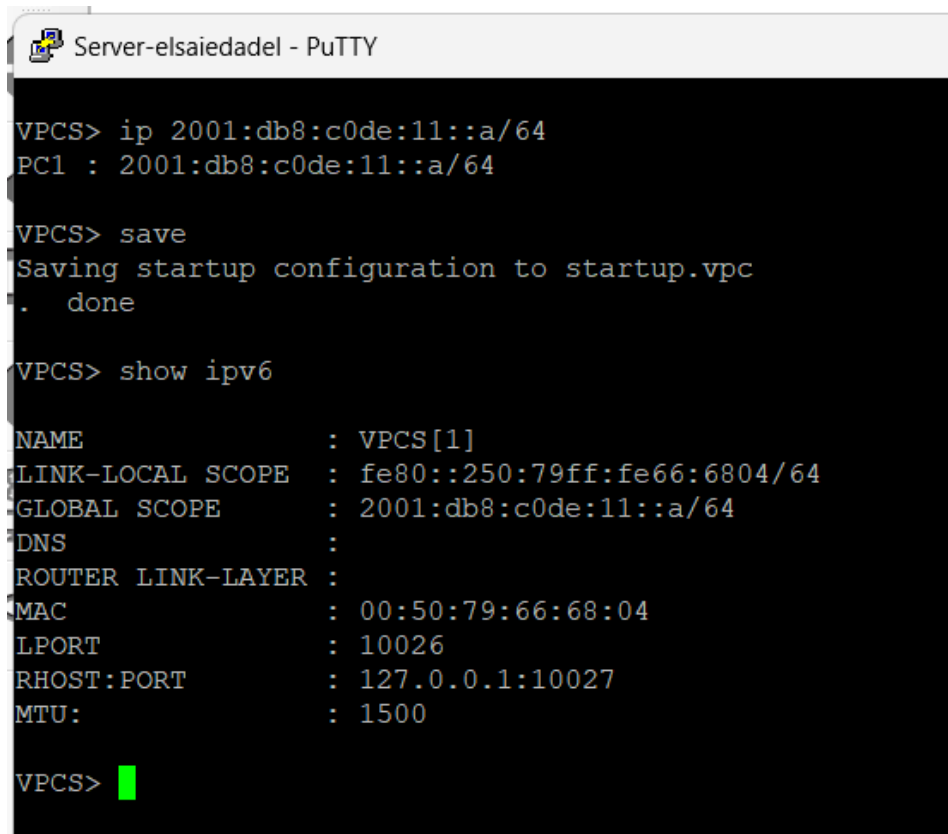
VPCS> save
Saving startup configuration to startup.vpc
. done

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> 
```

Рис. 2.11: Настройка IPv6-адресации на узле PC4



```
Server-elsaiedadel - PuTTY

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

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

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. 2.12: Настройка IPv6-адресации на сервере

12. На рабочих станциях **PC3** и **PC4** выполнена проверка параметров сетевой конфигурации. Подтверждено наличие как link-local, так и global IPv6-адресов, а также корректное отсутствие IPv4-связности для данных узлов.
13. На маршрутизаторе **VyOS** выполнена установка системы с последующей перезагрузкой устройства. После запуска маршрутизатора произведён переход в режим конфигурирования и изменено имя устройства на **msk-elsaiedadel-gw-02**. Конфигурация зафиксирована и сохранена.
14. Выполнена настройка IPv6-адресации интерфейсов локальной сети маршрутизатора **msk-elsaiedadel-gw-02**.
Интерфейсу eth0 назначен адрес 2001:db8:c0de:12::1/64, интерфейсу eth1 — 2001:db8:c0de:13::1/64, интерфейсу eth2 — 2001:db8:c0de:11::1/64.
Для каждого интерфейса настроена рассылка Router Advertisement с соот-

ветствующим IPv6-префиксом. Конфигурация применена и сохранена.

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

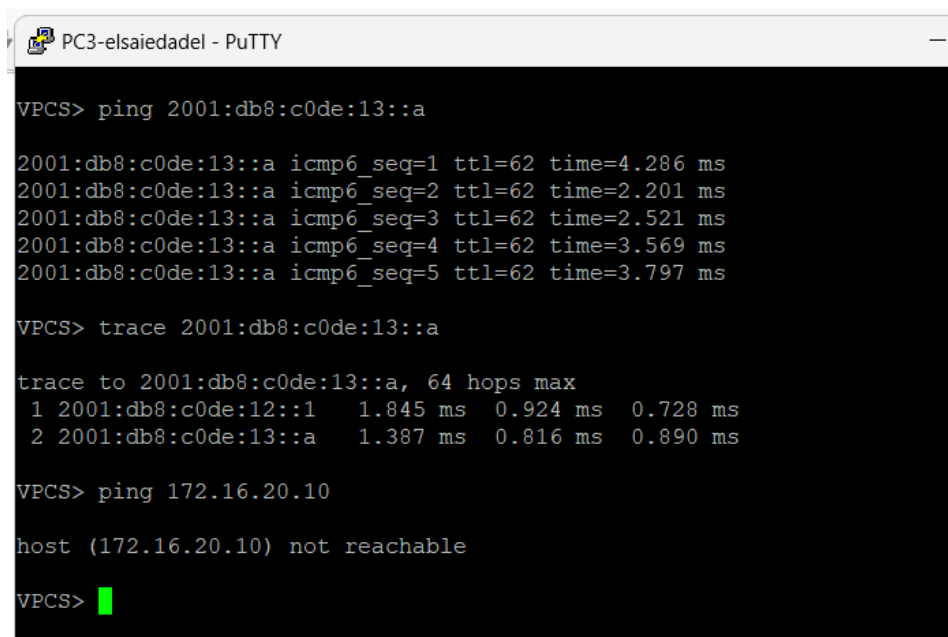
Рис. 2.13: Настройка IPv6-адресов и Router Advertisement на VyOS

```
vyos@msk-elsaiedadel-gw-02# show interfaces
ethernet eth0 {
    address 2001:db8:c0de:12::1/64
    hw-id 0c:2a:b2:41:00:00
}
ethernet eth1 {
    address 2001:db8:c0de:13::1/64
    hw-id 0c:2a:b2:41:00:01
}
ethernet eth2 {
    address 2001:db8:c0de:11::1/64
    hw-id 0c:2a:b2:41:00:02
}
loopback lo {
}
[edit]
vyos@msk-elsaiedadel-gw-02#
```

Рис. 2.14: Просмотр конфигурации интерфейсов маршрутизатора VyOS

15. Выполнена проверка связности IPv6-сети с использованием команд проверки доступности и трассировки маршрута. Узлы **PC3** и **PC4** успешно обмениваются ICMPv6-эхо-запросами между собой и с сервером двойного стека,

что подтверждает корректную настройку IPv6-адресации и маршрутизации.



```
PC3-elsaiedadel - PuTTY

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

2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=1 ttl=62 time=4.286 ms
2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=2 ttl=62 time=2.201 ms
2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=3 ttl=62 time=2.521 ms
2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=4 ttl=62 time=3.569 ms
2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=5 ttl=62 time=3.797 ms

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

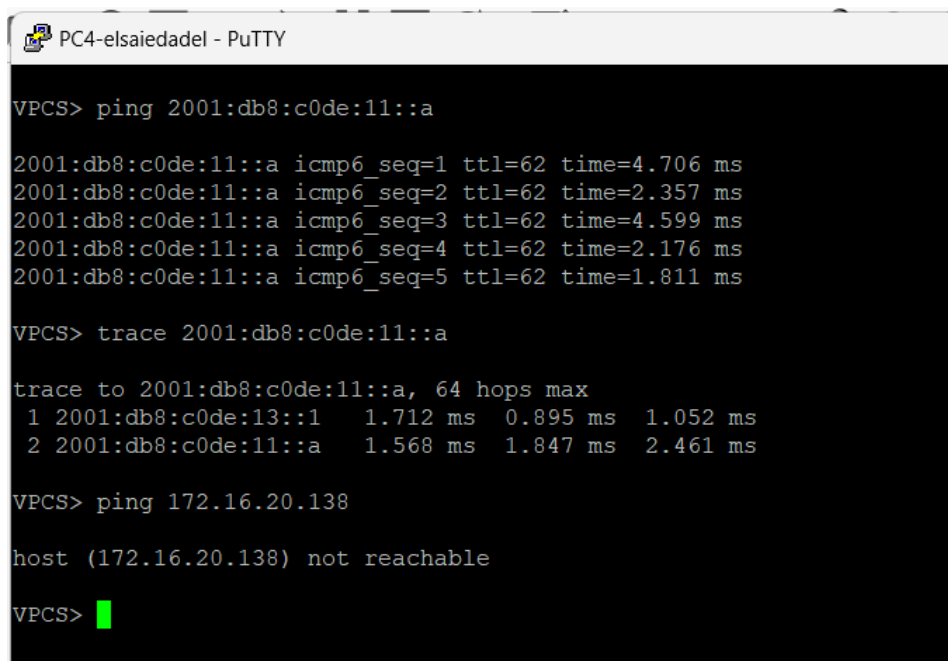
trace to 2001:db8:c0de:13::a, 64 hops max
 1 2001:db8:c0de:12::1 1.845 ms 0.924 ms 0.728 ms
 2 2001:db8:c0de:13::a 1.387 ms 0.816 ms 0.890 ms

VPCS> ping 172.16.20.10

host (172.16.20.10) not reachable

VPCS> █
```

Рис. 2.15: Проверка IPv6-связности с узла PC3



```
PC4-elsaiedadel - PuTTY

VPCS> ping 2001:db8:c0de:11::a

2001:db8:c0de:11::a icmp6_seq=1 ttl=62 time=4.706 ms
2001:db8:c0de:11::a icmp6_seq=2 ttl=62 time=2.357 ms
2001:db8:c0de:11::a icmp6_seq=3 ttl=62 time=4.599 ms
2001:db8:c0de:11::a icmp6_seq=4 ttl=62 time=2.176 ms
2001:db8:c0de:11::a icmp6_seq=5 ttl=62 time=1.811 ms

VPCS> trace 2001:db8:c0de:11::a

trace to 2001:db8:c0de:11::a, 64 hops max
 1 2001:db8:c0de:13::1 1.712 ms 0.895 ms 1.052 ms
 2 2001:db8:c0de:11::a 1.568 ms 1.847 ms 2.461 ms

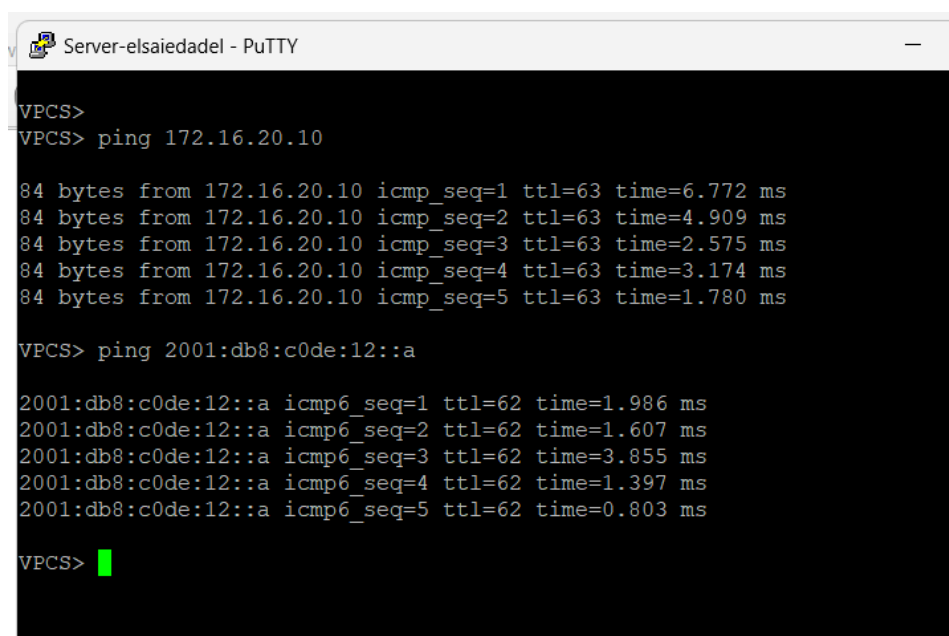
VPCS> ping 172.16.20.138

host (172.16.20.138) not reachable

VPCS> █
```

Рис. 2.16: Проверка IPv6-связности с узла PC4

16. Дополнительно выполнена проверка изоляции подсетей IPv4 и IPv6. Подтверждено, что устройства из IPv4-подсети не имеют доступа к узлам IPv6-подсети и наоборот. Связность между обеими подсетями обеспечивается исключительно сервером с двойным стеком адресации.



```
VPCS>
VPCS> ping 172.16.20.10

84 bytes from 172.16.20.10 icmp_seq=1 ttl=63 time=6.772 ms
84 bytes from 172.16.20.10 icmp_seq=2 ttl=63 time=4.909 ms
84 bytes from 172.16.20.10 icmp_seq=3 ttl=63 time=2.575 ms
84 bytes from 172.16.20.10 icmp_seq=4 ttl=63 time=3.174 ms
84 bytes from 172.16.20.10 icmp_seq=5 ttl=63 time=1.780 ms

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

2001:db8:c0de:12::a icmp6_seq=1 ttl=62 time=1.986 ms
2001:db8:c0de:12::a icmp6_seq=2 ttl=62 time=1.607 ms
2001:db8:c0de:12::a icmp6_seq=3 ttl=62 time=3.855 ms
2001:db8:c0de:12::a icmp6_seq=4 ttl=62 time=1.397 ms
2001:db8:c0de:12::a icmp6_seq=5 ttl=62 time=0.803 ms

VPCS> █
```

Рис. 2.17: Проверка доступа сервера двойного стека к IPv4 и IPv6 подсетям

2.4 Анализ захваченного трафика ARP, ICMP и ICMPv6

14. На соединении между сервером с двойным стеком адресации и ближайшим к нему коммутатором выполнен захват сетевого трафика с использованием встроенных средств анализа пакетов. В процессе захвата зафиксированы пакеты протоколов **ARP**, **ICMP** и **ICMPv6**, что позволило проанализировать особенности функционирования IPv4- и IPv6-сетей, а также взаимодействие узлов в среде с двойным стеком.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
4	0.011499	172.16.20.10	64.100.1.10	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x7688, se
5	1.013761	64.100.1.10	172.16.20.10	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x7788, se
6	1.017793	172.16.20.10	64.100.1.10	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x7788, se
7	2.019326	64.100.1.10	172.16.20.10	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x7888, se
8	2.021302	172.16.20.10	64.100.1.10	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x7888, se
9	3.023316	64.100.1.10	172.16.20.10	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x7988, se
10	3.026170	172.16.20.10	64.100.1.10	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x7988, se
11	4.027180	64.100.1.10	172.16.20.10	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x7a88, se
12	4.028653	172.16.20.10	64.100.1.10	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x7a88, se


```

Source: Private_66:68:04 (00:50:79:66:68:04)
Type: IPv4 (0x0800)
[Stream index: 1]
Internet Protocol Version 4, Src: 64.100.1.10, Dst: 172.16.20.10
0100 .... = Version: 4
.... 0101 = Header Length: 20 bytes (5)
Differentiated Services Field: 0x00 (DSCP: CS0, ECN: Not-ECT)
Total Length: 84
Identification: 0x8878 (34936)
000. .... = Flags: 0x0
...0 0000 0000 0000 = Fragment Offset: 0
Time to Live: 64
Protocol: ICMP (1)
Header Checksum: 0xf0a8 [validation disabled]
[Header checksum status: Unverified]
Source Address: 64.100.1.10
Destination Address: 172.16.20.10
[Stream index: 0]
Internet Control Message Protocol
Type: Echo (ping) request (8)
Code: 0
Checksum: 0xa780 [correct]
[Checksum Status: Good]
Identifier (BE): 30856 (0x7888)
Identifier (LE): 34936 (0x8878)
Sequence Number (BE): 3 (0x0003)
Sequence Number (LE): 768 (0x0300)
[Response frame: 8]
Data (56 bytes)

```

Рис. 2.18: Анализ ICMP-трафика IPv4

При анализе ICMP-пакетов IPv4 установлено, что сервер с адресом 64.100.1.10 и узел 172.16.20.10 успешно обмениваются эхо-запросами и эхо-ответами. Из заголовков IPv4 можно извлечь следующую информацию: - IP-адрес источника и назначения, что позволяет определить направление передачи пакета; - значение поля **TTL**, уменьшающееся при прохождении через маршрутизаторы и отражающее количество оставшихся переходов; - идентификаторы и порядковые номера ICMP-пакетов, используемые для сопоставления запросов и ответов; - корректность контрольных сумм, подтверждающая целостность переданных данных. Данный трафик подтверждает корректную работу IPv4-маршрутизации между подсетями.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
16	17.545598	2001:db8:c0de:12::a	2001:db8:c0de:11::a	ICMPv6	118	Echo (ping) reply id=0x8888, seq=1
17	18.546608	2001:db8:c0de:11::a	2001:db8:c0de:12::a	ICMPv6	118	Echo (ping) request id=0x8888, seq=1
18	18.547802	2001:db8:c0de:12::a	2001:db8:c0de:11::a	ICMPv6	118	Echo (ping) reply id=0x8888, seq=2
19	19.549476	2001:db8:c0de:11::a	2001:db8:c0de:12::a	ICMPv6	118	Echo (ping) request id=0x8888, seq=2
20	19.552889	2001:db8:c0de:12::a	2001:db8:c0de:11::a	ICMPv6	118	Echo (ping) reply id=0x8888, seq=3
21	20.554698	2001:db8:c0de:11::a	2001:db8:c0de:12::a	ICMPv6	118	Echo (ping) request id=0x8888, seq=3
22	20.555897	2001:db8:c0de:12::a	2001:db8:c0de:11::a	ICMPv6	118	Echo (ping) reply id=0x8888, seq=4
23	21.557382	2001:db8:c0de:11::a	2001:db8:c0de:12::a	ICMPv6	118	Echo (ping) request id=0x8888, seq=4
24	21.558058	2001:db8:c0de:12::a	2001:db8:c0de:11::a	ICMPv6	118	Echo (ping) reply id=0x8888, seq=5

Frame 17: Packet, 118 bytes on wire (944 bits), 118 bytes captured (944 bits) on interface -, id 0	0000
Ethernet II, Src: Private_66:68:04 (00:50:79:66:68:04), Dst: 0c:2a:b2:41:00:02 (0c:2a:b2:41:00:02)	0010
Destination: 0c:2a:b2:41:00:02 (0c:2a:b2:41:00:02)	0020
Source: Private_66:68:04 (00:50:79:66:68:04)	0030
Type: IPv6 (0x86dd)	0040
[Stream index: 2]	0050
Internet Protocol Version 6, Src: 2001:db8:c0de:11::a, Dst: 2001:db8:c0de:12::a	0060
0110 = Version: 6	0070
.... 0000 0000 = Traffic Class: 0x00 (OSCP: CS0, ECN: Not-ECT)	
.... 0000 0000 0000 0000 = Flow Label: 0x00000	
Payload Length: 64	
Next Header: ICMPv6 (58)	
Hop Limit: 64	
Source Address: 2001:db8:c0de:11::a	
Destination Address: 2001:db8:c0de:12::a	
[Stream index: 0]	
Internet Control Message Protocol v6	
Type: Echo (ping) request (128)	
Code: 0	
Checksum: 0x2281 [correct]	
[Checksum Status: Good]	
Identifier: 0x8888	
Sequence: 2	
[Response In: 18]	
Data (56 bytes)	

Рис. 2.19: Анализ ICMPv6-трафика

Анализ ICMPv6-пакетов показал успешный обмен эхо-запросами и ответами между IPv6-узлами с адресами 2001:db8:c0de:12::a и 2001:db8:c0de:11::a. Из перехваченных ICMPv6-пакетов можно получить следующую информацию: - глобальные IPv6-адреса источника и назначения; - тип сообщения ICMPv6 (Echo Request и Echo Reply); - значение поля **Hop Limit**, аналогичное TTL в IPv4; - идентификаторы и номера последовательности, позволяющие отслеживать порядок доставки пакетов. Данный трафик подтверждает корректную работу IPv6-адресации и маршрутизации в соответствующей подсети.

1	0.000000	Private_66:68:04	Broadcast	ARP	64 Who has 64.100.1.1? Tell 64.100.1.1
2	0.002101	0c:97:c4:5c:00:02	Private_66:68:04	ARP	60 64.100.1.1 is at 0c:97:c4:5c:00:02
3	0.003609	64.100.1.10	172.16.20.10	ICMP	98 Echo (ping) request id=0x3089,
4	0.006412	172.16.20.10	64.100.1.10	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0x3089,
5	1.008194	64.100.1.10	172.16.20.10	ICMP	98 Echo (ping) request id=0x3189,
6	1.009684	172.16.20.10	64.100.1.10	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0x3189,
7	2.010914	64.100.1.10	172.16.20.10	ICMP	98 Echo (ping) request id=0x3289,
8	2.013013	172.16.20.10	64.100.1.10	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0x3289,
9	3.015364	64.100.1.10	172.16.20.10	ICMP	98 Echo (ping) request id=0x3389,


```

Frame 1: Packet, 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)
    Destination: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)
    Source: Private_66:68:04 (00:50:79:66:68:04)
    Type: ARP (0x0806)
    [Stream index: 0]
    Padding: 00000000000000000000000000000000
    Frame check sequence: 0x00000000 [unverified]
    [FCS Status: Unverified]
  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

```

Рис. 2.20: Анализ ARP-трафика

В ходе анализа ARP-трафика установлено, что сервер с IPv4-адресом 64.100.1.10 выполняет широковещательный ARP-запрос с целью определения MAC-адреса шлюза 64.100.1.1. В ARP-пакетах содержится следующая информация: - аппаратный тип и тип протокола, указывающие на использование Ethernet и IPv4; - MAC-адрес отправителя и его IPv4-адрес; - целевой IPv4-адрес, для которого требуется определить MAC-адрес; - широковещательный MAC-адрес назначения, используемый для рассылки запроса всем устройствам в сегменте сети. Данный процесс подтверждает стандартный механизм разрешения IPv4-адресов в MAC-адреса перед началом передачи ICMP-трафика.

2.5 Самостоятельное задание

1. В среде GNS3 подготовлена топология сети с двумя локальными подсетями, разделёнными маршрутизатором **VyOS**. В состав схемы включены два конечных узла (**PC1**, **PC2**), два коммутатора уровня доступа и один маршрутизатор, обеспечивающий маршрутизацию между подсетями и работу протоколов IPv4/IPv6 в режиме двойного стека.

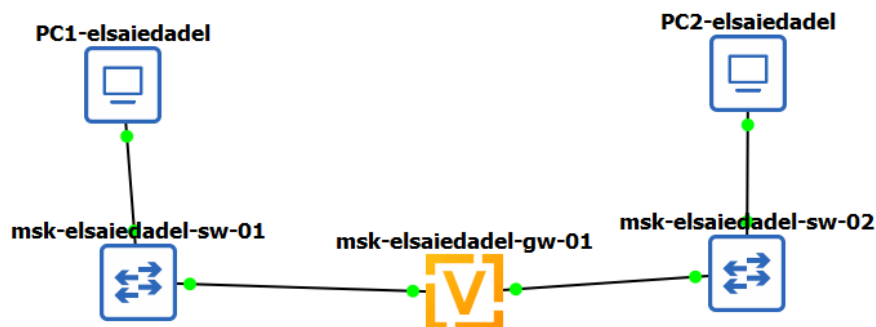


Рис. 2.21: Топология сети с двумя локальными подсетями

2. Выполнена характеристика заданных подсетей IPv4 и IPv6, определены диапазоны адресов, входящих в каждую подсеть, а также выделены служебные (сетевой и широковещательный) адреса для IPv4.

Подсеть 1 (IPv4): 10.10.1.96/27

Маска подсети: /27 (255.255.255.224), размер подсети — 32 адреса, число пригодных адресов для узлов — 30.

- Сетевой адрес: 10.10.1.96
- Диапазон адресов узлов: 10.10.1.97 – 10.10.1.126
- Широковещательный адрес: 10.10.1.127

Таким образом, в данную подсеть входят все адреса от 10.10.1.96 до 10.10.1.127, при этом 10.10.1.96 является адресом сети, а 10.10.1.127 — broadcast-адресом.

Подсеть 2 (IPv4): 10.10.1.16/28

Маска подсети: /28 (255.255.255.240), размер подсети — 16 адресов, число пригодных адресов для узлов — 14.

- Сетевой адрес: 10.10.1.16

- Диапазон адресов узлов: 10.10.1.17 – 10.10.1.30
- Широковещательный адрес: 10.10.1.31

В данную подсеть входят все адреса от 10.10.1.16 до 10.10.1.31, при этом 10.10.1.16 является адресом сети, а 10.10.1.31 — broadcast-адресом.

Подсеть 1 (IPv6): 2001:DB8:1:1::/64

Префикс /64 содержит пространство адресов, в котором первые 64 бита фиксированы префиксом, а оставшиеся 64 бита используются как идентификатор интерфейса.

- Адресное пространство: 2001:db8:1:1:: – 2001:db8:1:1:ffff:ffff:ffff:ffff
- В IPv6 отсутствуют понятия broadcast-адреса; рассылки выполняются с использованием multicast.

Подсеть 2 (IPv6): 2001:DB8:1:4::/64

- Адресное пространство: 2001:db8:1:4:: – 2001:db8:1:4:ffff:ffff:ffff:ffff
- Аналогично первой подсети, адреса формируются в пределах префикса /64, при этом адреса рассылки выполняются через multicast.

3. Предложен вариант таблицы адресации для заданной топологии и адресного пространства. Для интерфейсов маршрутизатора выбран **наименьший доступный адрес** в каждой подсети, что соответствует требованиям задания.

Таблица адресации (вариант):

- Маршрутизатор msk-elsaiedadel-gw-01, интерфейс к подсети 1 (eth0):
 - IPv4: 10.10.1.97/27 (наименьший адрес узла в подсети 10.10.1.96/27)
 - IPv6: 2001:db8:1:1::1/64 (минимальный адрес для интерфейса маршрутизатора в префиксе)

- Маршрутизатор `msk-elsaiedadel-gw-01`, интерфейс к подсети 2 (`eth1`):
 - IPv4: `10.10.1.17/28` (наименьший адрес узла в подсети `10.10.1.16/28`)
 - IPv6: `2001:db8:1:4::1/64`
- Узел `PC1-elsaiedadel` (подсеть 1):
 - IPv4: `10.10.1.100/27`, шлюз: `10.10.1.97`
 - IPv6: `2001:db8:1:1::a/64`, шлюз по умолчанию формируется через Router Advertisement
- Узел `PC2-elsaiedadel` (подсеть 2):
 - IPv4: `10.10.1.20/28`, шлюз: `10.10.1.17`
 - IPv6: `2001:db8:1:4::a/64`, шлюз по умолчанию формируется через Router Advertisement

4. На конечных устройствах выполнена проверка текущей конфигурации IPv4 и IPv6. Подтверждено, что:

- **PC1** использует IPv4-адрес `10.10.1.100/27` и шлюз `10.10.1.97`, а также имеет IPv6-адрес `2001:db8:1:1::a/64` и link-local адрес.
- **PC2** использует IPv4-адрес `10.10.1.20/28` и шлюз `10.10.1.17`, а также имеет IPv6-адрес `2001:db8:1:4::a/64` и link-local адрес.

```
PC1-elsaiedadel - 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> 
```

Рис. 2.22: Проверка конфигурации IPv4 и IPv6 на узле PC1


```
PC2-elsaiedadel - 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

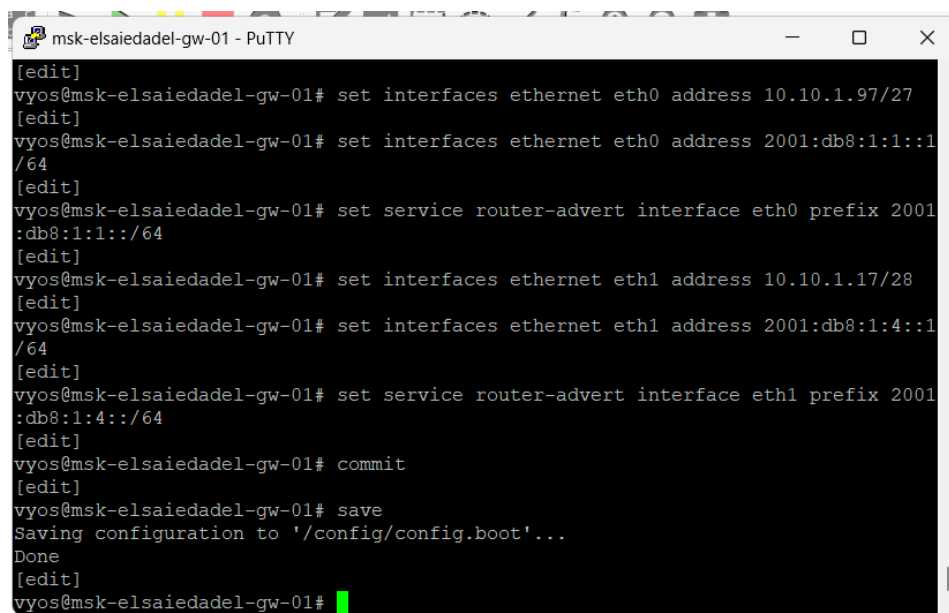
VPCS> █
```

Рис. 2.23: Проверка конфигурации IPv4 и IPv6 на узле PC2

5. На маршрутизаторе **VyOS** выполнена настройка IP-адресации интерфейсов для обеих подсетей. На каждом интерфейсе задан минимальный адрес узла в соответствующей IPv4-подсети и минимальный IPv6-адрес для маршрутизатора в соответствующем префиксе. Дополнительно настроена рассылка Router Advertisement для IPv6, что обеспечивает автоматическое получение маршрута по умолчанию на конечных узлах.

В рамках настройки:

- для интерфейса eth0 назначены адреса 10.10.1.97/27 и 2001:db8:1:1::1/64, а также включена рассылка префикса 2001:db8:1:1::/64;
- для интерфейса eth1 назначены адреса 10.10.1.17/28 и 2001:db8:1:4::1/64, а также включена рассылка префикса 2001:db8:1:4::/64. Конфигурация применена и сохранена.

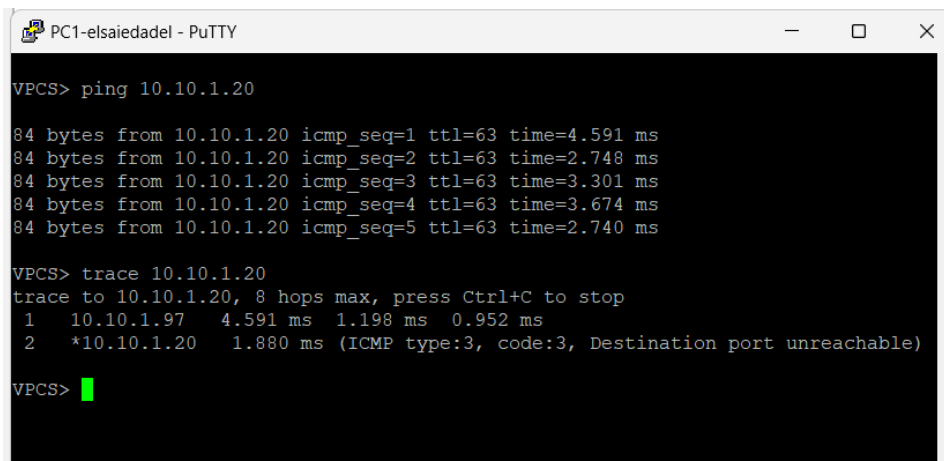


```
[edit]
vyos@msk-elsaiedadel-gw-01# set interfaces ethernet eth0 address 10.10.1.97/27
[edit]
vyos@msk-elsaiedadel-gw-01# set interfaces ethernet eth0 address 2001:db8:1:1::1/64
[edit]
vyos@msk-elsaiedadel-gw-01# set service router-advert interface eth0 prefix 2001:db8:1:1::/64
[edit]
vyos@msk-elsaiedadel-gw-01# set interfaces ethernet eth1 address 10.10.1.17/28
[edit]
vyos@msk-elsaiedadel-gw-01# set interfaces ethernet eth1 address 2001:db8:1:4::1/64
[edit]
vyos@msk-elsaiedadel-gw-01# set service router-advert interface eth1 prefix 2001:db8:1:4::/64
[edit]
vyos@msk-elsaiedadel-gw-01# commit
[edit]
vyos@msk-elsaiedadel-gw-01# save
Saving configuration to '/config/config.boot'...
Done
[edit]
vyos@msk-elsaiedadel-gw-01#
```

Рис. 2.24: Настройка IPv4/IPv6-адресов и Router Advertisement на маршрутизаторе VyOS

6. Выполнена проверка связности между устройствами подсети с помощью команд `ping` и `trace`.

При проверке IPv4-связности установлено, что узел **PC1** успешно отправляет ICMP-эхо-запросы на **PC2**. Результаты трассировки подтверждают прохождение трафика через шлюз подсети 10.10.1.97, после чего достигается целевой узел 10.10.1.20. Наличие промежуточного перехода указывает на корректную работу маршрутизатора как устройства, разделяющего подсети.



```
PC1-elsaiedadel - PuTTY

VPCS> ping 10.10.1.20

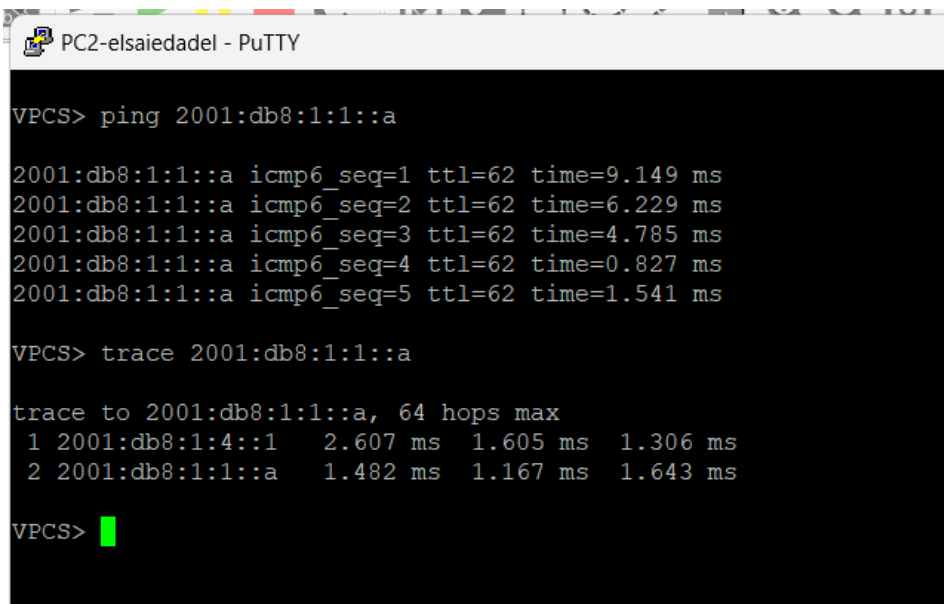
84 bytes from 10.10.1.20 icmp_seq=1 ttl=63 time=4.591 ms
84 bytes from 10.10.1.20 icmp_seq=2 ttl=63 time=2.748 ms
84 bytes from 10.10.1.20 icmp_seq=3 ttl=63 time=3.301 ms
84 bytes from 10.10.1.20 icmp_seq=4 ttl=63 time=3.674 ms
84 bytes from 10.10.1.20 icmp_seq=5 ttl=63 time=2.740 ms

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    4.591 ms  1.198 ms  0.952 ms
 2  *10.10.1.20   1.880 ms  (ICMP type:3, code:3, Destination port unreachable)

VPCS> █
```

Рис. 2.25: Проверка IPv4-связности между PC1 и PC2

При проверке IPv6-связности установлено, что узел **PC2** успешно отправляет ICMPv6-эхо-запросы на узел **PC1** (адрес 2001:db8:1:1::a). Трассировка маршрута показывает прохождение пакетов через IPv6-адрес маршрутизатора в подсети 2 (2001:db8:1:4::1) с последующей доставкой до узла назначения в подсети 1, что подтверждает корректную маршрутизацию IPv6 между сегментами.



```
PC2-elsaiedadel - PuTTY

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

2001:db8:1:1::a icmp6_seq=1 ttl=62 time=9.149 ms
2001:db8:1:1::a icmp6_seq=2 ttl=62 time=6.229 ms
2001:db8:1:1::a icmp6_seq=3 ttl=62 time=4.785 ms
2001:db8:1:1::a icmp6_seq=4 ttl=62 time=0.827 ms
2001:db8:1:1::a icmp6_seq=5 ttl=62 time=1.541 ms

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

trace to 2001:db8:1:1::a, 64 hops max
 1  2001:db8:1:4::1  2.607 ms  1.605 ms  1.306 ms
 2  2001:db8:1:1::a  1.482 ms  1.167 ms  1.643 ms

VPCS> █
```

Рис. 2.26: Проверка IPv6-связности между PC2 и PC1

3 Заключение

В ходе выполнения лабораторной работы были изучены принципы адресного планирования и разбиения сетей IPv4 и IPv6 на подсети. Для IPv4-сетей отработаны методы классического разбиения с использованием переменной длины префикса (VLSM), что позволило получить подсети с заданным числом узлов и рационально использовать адресное пространство. Определены основные характеристики подсетей, включая адрес сети, маску, диапазон адресов узлов и широковещательный адрес.

При работе с IPv6-адресацией рассмотрены особенности структуры IPv6-адреса, роль префикса, идентификатора подсети и идентификатора интерфейса. Выполнено разбиение IPv6-сетей различной длины префикса, проанализированы как рекомендуемые на практике способы адресации, так и формально допустимые, но ограниченно применяемые варианты.

Полученные результаты позволили закрепить навыки анализа адресного пространства, обоснованного выбора длины префикса и понимания различий между подходами к адресации в IPv4 и IPv6. Работа способствует формированию практических умений проектирования сетей с эффективным использованием адресных ресурсов.