

# **Отчёт по лабораторной работе №6**

**Дисциплина: Сетевые технологии**

**Мишина Анастасия Алексеевна**

# Содержание

<b>1 Цель работы</b>	<b>5</b>
<b>2 Выполнение лабораторной работы</b>	<b>6</b>
2.1 Разбиение сети на подсети . . . . .	6
2.1.1 Разбиение IPv4-сети на подсети . . . . .	6
2.1.2 Разбиение IPv6-сети на подсети . . . . .	9
2.2 Настройка двойного стека адресации IPv4 и IPv6 в локальной сети . . . . .	11
2.3 Задание для самостоятельного выполнения . . . . .	26
<b>3 Выводы</b>	<b>33</b>

# Список иллюстраций

2.1 Топология сети с двумя локальными подсетями в GNS3 . . . . .	12
2.2 Настройка IPv4-адресации на PC-1 . . . . .	13
2.3 Настройка IPv4-адресации на PC-2 . . . . .	14
2.4 Настройка IPv4-адресации на сервере . . . . .	14
2.5 Настройка IPv4-адресации для интерфейсов маршрутизатора FRR . . . . .	15
2.6 Проверка конфигурации маршрутизатора FRR . . . . .	16
2.7 Проверка подключения с PC-1 . . . . .	17
2.8 Проверка подключения с PC-2 . . . . .	17
2.9 Настройка IPv6-адресации на PC-3 . . . . .	18
2.10 Настройка IPv6-адресации на PC-4 . . . . .	19
2.11 Настройка IPv6-адресации на сервере . . . . .	20
2.12 Настройка hostname маршрутизатора VyOS . . . . .	21
2.13 Настройка IPv6-адресации для интерфейсов маршрутизатора VyOS . . . . .	22
2.14 Проверка подключения с PC-3 . . . . .	23
2.15 Проверка подключения с PC-4 . . . . .	23
2.16 Проверка доступности устройств из подсети IPv4 для устройств из подсети IPv6 . . . . .	24
2.17 Проверка доступности устройств из подсети IPv6 для устройств из подсети IPv4 . . . . .	24
2.18 Захваченный трафик ARP в Wireshark . . . . .	25
2.19 Захваченный трафик ICMP в Wireshark . . . . .	25
2.20 Захваченный трафик ICMPv6 в Wireshark . . . . .	26
2.21 Топология сети с двумя локальными подсетями . . . . .	27
2.22 Настройка IPv4- и IPv6-адресации на PC-1 . . . . .	28
2.23 Настройка IPv4- и IPv6-адресации на PC-2 . . . . .	29
2.24 Настройка IPv4-адресации на маршрутизаторе VyOS . . . . .	30
2.25 Настройка IPv6-адресации на маршрутизаторе VyOS . . . . .	31
2.26 Проверка подключения с PC-1 на PC-2 по IPv4 и IPv6 . . . . .	32
2.27 Проверка подключения с PC-2 на PC-1 по IPv4 и IPv6 . . . . .	32

# **Список таблиц**

# **1 Цель работы**

Изучение принципов распределения и настройки адресного пространства на устройствах сети.

## 2 Выполнение лабораторной работы

### 2.1 Разбиение сети на подсети

#### 2.1.1 Разбиение IPv4-сети на подсети

1. Задана IPv4-сеть 172.16.20.0/24. Для заданной сети определите префикс, маску, broadcast-адрес, число возможных подсетей, диапазон адресов узлов. Разбейте сеть на 3 подсети с максимально возможным числом адресов узлов 126, 62, 62 соответственно.

---

Характеристика	Значение
Адрес сети	172.16.20.0/24
Префикс маски	/24
Маска	255.255.255.0
Broadcast-адрес	172.16.20.255
Адрес сети в двоичной форме	10101100.00010000.00010100.00000000
Маска в двоичной форме	11111111.11111111.11111111.00000000
Число возможных подсетей	$2^8=256$
Диапазон адресов узлов	172.16.20.1 - 172.16.20.254

---

Маска: /24 означает, что первые 24 бита адреса являются сетевой частью маски (24 единицы в двоичном виде), а оставшиеся 8 бит (нули в двоичном

виде) - частью для устройств в сети. Broadcast-адрес: Этот адрес можно вычислить, инвертировав биты в сетевой части маски и применив их к заданной сети. Для вычисления broadcast-адреса инвертируем биты в сетевой части маски:

Маска: 11111111.11111111.11111111.00000000

Инвертированная маска: 00000000.00000000.00000000.11111111

Теперь применяем инвертированную маску к сети: 172.16.20.0 (сетевая часть) OR 0.0.0.255 (инвертированная маска) = 172.16.20.255.

Необходимо разбить сеть на 3 подсети с 126, 62, 62 узлами. Для первой подсети требуется  $126 + 2 = 128$  адресов (резервируется 1 для адреса сети и 1 для широковещательного адреса).  $128 = 2^7$ , значит в маске подсети требуется оставить 7 нулей. 11111111.11111111.11111111.10000000 = 255.255.255.128 Префикс маски - /25. Диапазон адресов для данной подсети: 172.16.20.1 - 172.16.20.126. Широковещательный адрес: 172.16.20.127.

Для двух других подсетей требуется  $62 + 2 = 64$  адреса.  $64 = 2^6$ , значит в маске подсети требуется оставить 6 нулей. 11111111.11111111.11111111.11000000 = 255.255.255.192. Префикс маски - /26. Диапазон адресов для второй подсети: 172.16.20.129 - 172.16.20.190. Широковещательный адрес: 172.16.20.191. Диапазон адресов для третьей подсети: 172.16.20.193 - 172.16.20.254. Широковещательный адрес: 172.16.20.255.

2. Задана сеть 10.10.1.64/26. Для заданной сети определите префикс, маску, broadcast-адрес, число возможных подсетей, диапазон адресов узлов. Выделите в этой сети подсеть на 30 узлов. Запишите характеристики для выделенной подсети.

Характеристика	Значение
Адрес сети	10.10.1.64/26
Префикс маски	/26
Маска	255.255.255.192
Broadcast-адрес	10.10.1.127
Адрес сети в двоичной форме	00001010.00001010.00000001.01000000
Маска в двоичной форме	11111111.11111111.11111111.11000000
Число возможных подсетей	$2^6=64$
Диапазон адресов узлов	10.10.1.65 - 10.10.1.126

Чтобы разбить подсеть на 30 узлов, нужно  $30 + 2 = 32$  адреса, следовательно маска подсети будет 11111111.11111111.11111111.11100000 = 255.255.255.224 = /27. Диапазон адресов: 10.10.1.65 - 10.10.1.94. Адрес подсети: 10.10.1.64. Широковещательный адрес: 10.10.1.95.

3. Задана сеть 10.10.1.0/26. Для этой сети определите префикс, маску, broadcast адрес, число возможных подсетей, диапазон адресов узлов. Выделите в этой сети подсеть на 14 узлов. Запишите характеристики для выделенной подсети.

Характеристика	Значение
Адрес сети	10.10.1.0/26
Префикс маски	/26
Маска	255.255.255.192
Broadcast-адрес	10.10.1.63
Адрес сети в двоичной форме	00001010.00001010.00000001.00000000
Маска в двоичной форме	11111111.11111111.11111111.11000000

Характеристика	Значение
Число возможных подсетей	$2^6=64$
Диапазон адресов узлов	10.10.1.1 - 10.10.1.62

Чтобы разбить подсеть на 14 узлов, нужно  $14 + 2 = 16$  адресов, следовательно маска подсети будет  $11111111.11111111.11111111.11110000 = 255.255.255.240 = /28$ . Диапазон адресов: 10.10.1.1 - 10.10.1.14. Адрес подсети: 10.10.1.0. Широковещательный адрес: 10.10.1.15.

## 2.1.2 Разбиение IPv6-сети на подсети

1. Задана сеть 2001:db8:c0de::/48. Охарактеризуйте адрес, определите маску, префикс, диапазон адресов для узлов сети (краевые значения). Разбейте сеть на 2 подсети двумя способами — с использованием идентификатора подсети и с использованием идентификатора интерфейса. Поясните предложенные вами варианты разбиения.

Адрес 2001:db8:c0de::/48 – адрес локальной подсети. Первые 48 бит фиксированы, далее 16 бит – подсеть, остальные 64 бита - идентификатор конкретного интерфейса узла подсети.

Характеристика	Значение
Адрес сети	2001:db8:c0de::/48
Длина префикса	48
Префикс	2001:db8:c0de::
Маска	ffff:ffff:ffff:0:0:0:0:0
Диапазон адресов узлов	2001:db8:c0de:0:0:0:0 - 2001:db8:c0de:ffff:ffff:ffff:ffff

Разбиение сети на 2 подсети с использованием идентификатора подсети. Для определения доступных подсетей достаточно рассчитать шестнадцатеричное число (идентификатор подсети), следующее за префиксом глобальной маршрутизации (48 бит). Последние 64 бита идентифицируют конкретный узел сети. Можно выделить следующие 2 подсети:

2001:db8:c0de:0003::/64

2001:db8:c0de:0002::/64

Разбиение сети на 2 подсети с использованием идентификатора интерфейса. Создается подсеть на границе полубайта (4 бита или одна шестнадцатеричная цифра). Например, префикс подсети /64 расширяется на четыре бита (или один полубайт) до подсети /68, что позволяет уменьшить размер идентификатора интерфейса на 4 бита (с 64 до 60).

Тогда можно выделить, например, такие подсети:

2001:db8:c0de:0000:1000/68

2001:db8:c0de:0000:2000/68

2. Задана сеть 2a02:6b8::/64. Охарактеризуйте адрес, определите маску, префикс, диапазон адресов для узлов сети (краевые значения). Разбейте сеть на 2 подсети двумя способами — с использованием идентификатора подсети и с использованием идентификатора интерфейса. Поясните предложенные вами варианты разбиения.

Адрес 2a02:6b8::/64 – адрес локальной связи. Первые 64 бита фиксированы, остальные 64 идентифицируют конкретный интерфейс узла.

---

Характеристика	Значение
----------------	----------

Адрес сети	2a02:6b8::/64
------------	---------------

Характеристика	Значение
Длина префикса	64
Префикс	2a02:6b8:0000:0000
Маска	ffff:ffff:ffff:ffff:0:0:0:0
Диапазон адресов узлов	2a02:6b8:: - 2a02:6b8:0:0:ffff:ffff:ffff:ffff

Разбиение сети на 2 подсети с использованием идентификатора интерфейса. Можно выделить, например, такие подсети:

2a02:6b8:0000:0000:1000::/68

2a02:6b8:0000:0000:2000::/68

## 2.2 Настройка двойного стека адресации IPv4 и IPv6 в локальной сети

Запускаем GNS3 VM и GNS3. Создаем новый проект. В рабочей области GNS3 размещаем коммутаторы Ethernet, маршрутизатор FFR и VyOS, 5 VPCS. Формируем топологию сети согласно инструкции и таблице адресации (рис. 2.1).

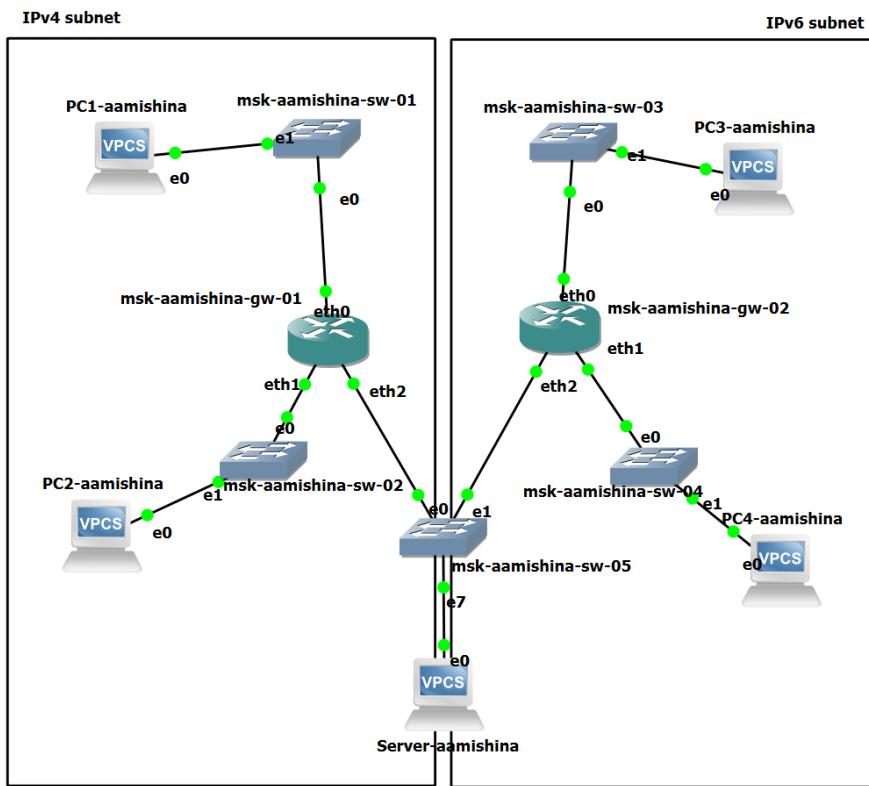


Рис. 2.1: Топология сети с двумя локальными подсетями в GNS3

Включаем захват трафика между сервером двойного стека и ближайшим к нему коммутатором. Включаем все устройства сети.

Задаем IP-адреса PC-1 (рис. 2.2) и PC-2 (рис. 2.3). Вызываем терминалы и настраиваем адресацию в соответствии с таблицей, проверяем конфигурации.

```
Welcome to Virtual PC Simulator, version 0.8.3
Dedicated to Daling.
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

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> shop ipv6
Bad command: "shop ipv6". Use ? for help.

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     : 20022
RHOST:PORT   : 127.0.0.1:20023
MTU       : 1500

VPCS> █
```

Рис. 2.2: Настройка IPv4-адресации на PC-1

```
Welcome to Virtual PC Simulator, version 0.8.3
Dedicated to Daling.
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

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> 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     : 20024
RHOST:PORT   : 127.0.0.1:20025
MTU:        : 1500

VPCS>
```

Рис. 2.3: Настройка IPv4-адресации на PC-2

Настраиваем адресацию на сервере (рис. 2.4).

```
Dedicated to Daling.
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

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>
```

Рис. 2.4: Настройка IPv4-адресации на сервере

По таблице адресации настраиваем IPv4-адресацию для интерфейсов локальной сети маршрутизатора FRR `msk-aamishina-gw-01` (рис. 2.5).

```
* Remounting root filesystem read/write ... [ ok ]
* Remounting filesystems ... [ ok ]
* Mounting local filesystems ... [ ok ]
* Configuring kernel parameters ... [ ok ]
* Creating user login records ... [ ok ]
* Setting hostname ... [ ok ]
* Setting keymap ... [ ok ]
* Starting networking ... * lo ... [ ok ]
* Starting busybox syslog ... [ ok ]
* Seeding 256 bits and crediting
* Saving 256 bits of creditable seed for next boot
* Starting busybox acpid ... [ ok ]
* Starting busybox crond ... [ ok ]
Started watchfrr
* Starting sshd ... [ ok ]

Hello, this is FRRouting (version 8.2.2).
Copyright 1996-2005 Kunihiro Ishiguro, et al.

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

Рис. 2.5: Настройка IPv4-адресации для интерфейсов маршрутизатора FRR

Проверяем конфигурацию маршрутизатора (рис. 2.6).

```
msk-aamishina-gw-01# show running-config
Building configuration...

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

Рис. 2.6: Проверка конфигурации маршрутизатора FRR

Проверяем подключение с помощью `ping` и `trace`. С PC-1 посылаю запросы на PC-2 и сервер (рис. 2.7), с PC-2 - на PC-1 и сервер (рис. 2.8).

```

MAC : 00:50:79:66:68:00
LPORT : 20022
RHOST:PORT : 127.0.0.1:20023
MTU: : 1500

VPCS> ping 172.16.20.138/25
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=1 ttl=63 time=11.541 ms
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=2 ttl=63 time=3.553 ms
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=3 ttl=63 time=2.656 ms
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=4 ttl=63 time=2.849 ms
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=5 ttl=63 time=2.734 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 11.448 ms 1.254 ms 1.812 ms
2 *172.16.20.138 3.239 ms (ICMP type:3, code:3, Destination port unreachable)

VPCS> ping 64.100.1.10/24
84 bytes from 64.100.1.10 icmp_seq=1 ttl=63 time=7.645 ms
84 bytes from 64.100.1.10 icmp_seq=2 ttl=63 time=2.929 ms
84 bytes from 64.100.1.10 icmp_seq=3 ttl=63 time=2.142 ms
84 bytes from 64.100.1.10 icmp_seq=4 ttl=63 time=1.902 ms
84 bytes from 64.100.1.10 icmp_seq=5 ttl=63 time=2.595 ms

VPCS> trace 64.100.1.10/24
trace to 64.100.1.10, 24 hops max, press Ctrl+C to stop
1 172.16.20.1 2.274 ms 1.073 ms 0.933 ms
2 *64.100.1.10 2.286 ms (ICMP type:3, code:3, Destination port unreachable)

VPCS>

```

Рис. 2.7: Проверка подключения с PC-1

```

VPCS>
VPCS>
VPCS>
VPCS> ping 172.16.20.10/25
84 bytes from 172.16.20.10 icmp_seq=1 ttl=63 time=1.773 ms
84 bytes from 172.16.20.10 icmp_seq=2 ttl=63 time=3.770 ms
84 bytes from 172.16.20.10 icmp_seq=3 ttl=63 time=3.535 ms
84 bytes from 172.16.20.10 icmp_seq=4 ttl=63 time=4.505 ms
84 bytes from 172.16.20.10 icmp_seq=5 ttl=63 time=2.651 ms

VPCS> trace 172.16.20.10/25
trace to 172.16.20.10, 25 hops max, press Ctrl+C to stop
1 172.16.20.129 3.621 ms 1.550 ms 0.773 ms
2 *172.16.20.10 3.001 ms (ICMP type:3, code:3, Destination port unreachable)

VPCS> ping 64.100.1.10/24
84 bytes from 64.100.1.10 icmp_seq=1 ttl=63 time=4.385 ms
84 bytes from 64.100.1.10 icmp_seq=2 ttl=63 time=3.725 ms
84 bytes from 64.100.1.10 icmp_seq=3 ttl=63 time=2.706 ms
84 bytes from 64.100.1.10 icmp_seq=4 ttl=63 time=8.903 ms
84 bytes from 64.100.1.10 icmp_seq=5 ttl=63 time=2.893 ms

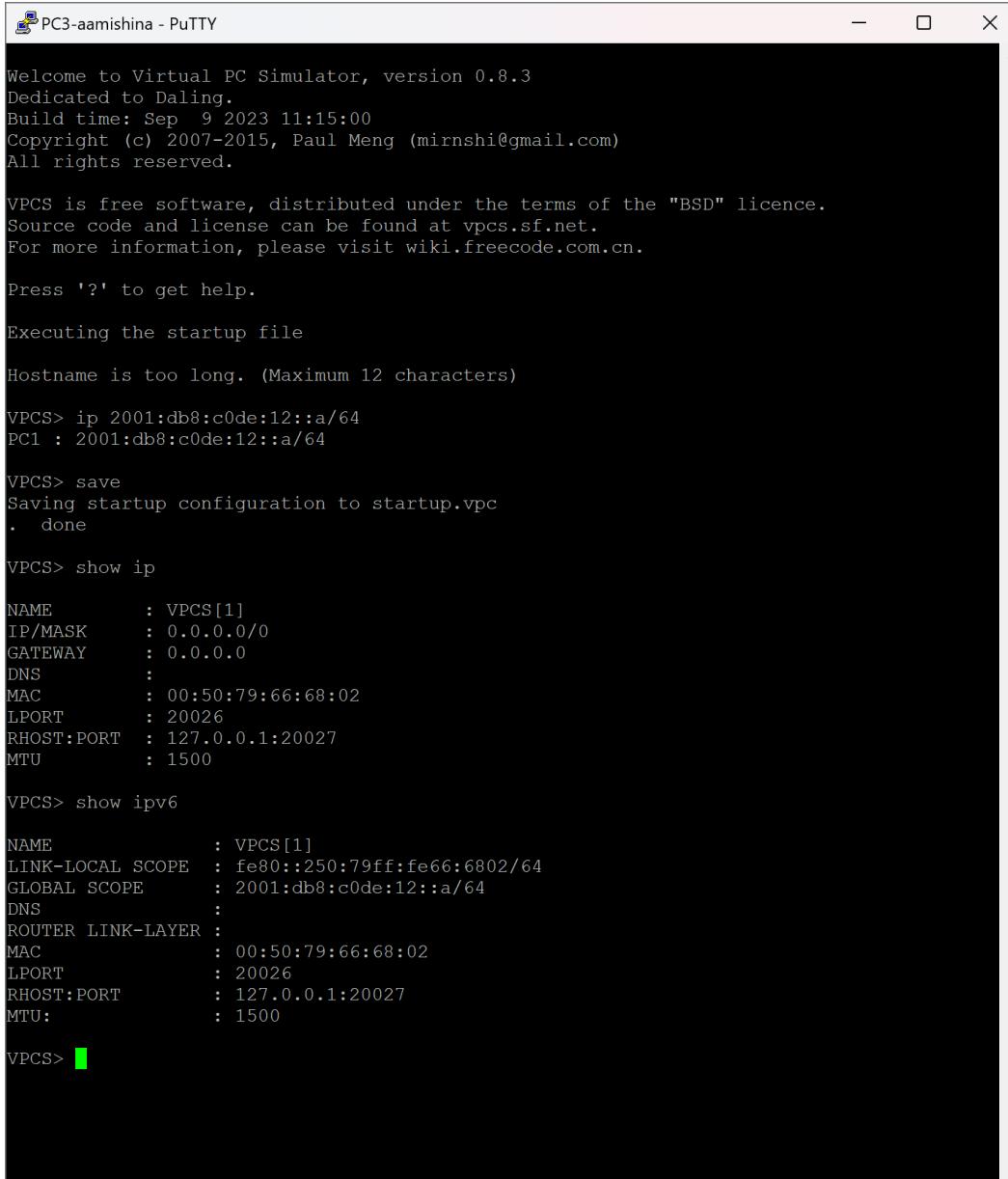
VPCS> trace 64.100.1.10/24
trace to 64.100.1.10, 24 hops max, press Ctrl+C to stop
1 172.16.20.129 1.688 ms 0.822 ms 0.940 ms
2 *64.100.1.10 1.360 ms (ICMP type:3, code:3, Destination port unreachable)

VPCS>

```

Рис. 2.8: Проверка подключения с PC-2

Задаем IP-адреса PC-3 (рис. 2.9) и PC-4 (рис. 2.10). Вызываем терминалы и настраиваем адресацию в соответствии с таблицей, проверяем конфигурации.



```
Welcome to Virtual PC Simulator, version 0.8.3
Dedicated to Daling.
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

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

VPCS> █
```

Рис. 2.9: Настройка IPv6-адресации на PC-3

```
Welcome to Virtual PC Simulator, version 0.8.3
Dedicated to Daling.
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

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 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     : 20028
RHOST:PORT: 127.0.0.1:20029
MTU       : 1500

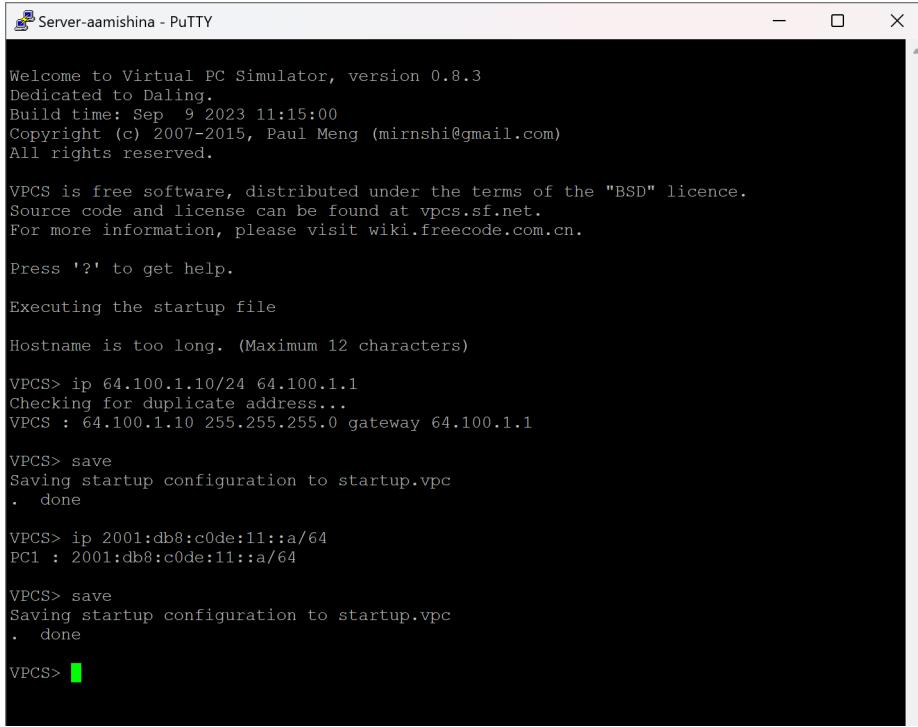
VPCS> show ipv6

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     : 20028
RHOST:PORT: 127.0.0.1:20029
MTU       : 1500

VPCS> █
```

Рис. 2.10: Настройка IPv6-адресации на PC-4

Настраиваю адресацию на сервере (рис. 2.11).



```
Welcome to Virtual PC Simulator, version 0.8.3
Dedicated to Daling.
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

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

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

VPCS>
```

Рис. 2.11: Настройка IPv6-адресации на сервере

Настраиваем hostname для маршрутизатора VyOS (рис. 2.12). В соответствии с таблицей адресации настраиваем IPv6-адресацию для интерфейсов локальной сети маршрутизатора VyOS (рис. 2.13). Сохраняем изменения и проверяем, просмотрев интерфейсы.

```
XZ +LZ4 +SECCOMP +BLKID +ELFUTILS +KMOD -IDN2 +IDN -PCRE2 default-hierarchy=hybr
id)
[ 16.979351] systemd[1]: Detected virtualization kvm.
[ 16.983738] systemd[1]: Detected architecture x86-64.
[ 17.003403] systemd[1]: Set hostname to <vyos>.
[ 17.512235] systemd[1]: Listening on Journal Audit Socket.
[ 17.519255] systemd[1]: Listening on udev Control Socket.
[ 17.527000] systemd[1]: Created slice system-serial\x2dgetty.slice.
[ 17.534217] systemd[1]: Started Forward Password Requests to Wall Directory W
atch.
[ 17.542340] systemd[1]: Reached target Swap.
[ 17.548293] systemd[1]: Listening on Syslog Socket.
[ 17.704190] bridge: filtering via arp/ip/ip6tables is no longer available by
default. Update your scripts to load br_netfilter if you need this.
[ 17.743285] Bridge firewalling registered
[ 17.761120] mpls_gso: MPLS GSO support

Welcome to VyOS - vyos ttyS0

vyos login: vyos
Password:
Welcome to VyOS!

Check out project news at https://blog.vyos.io
and feel 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@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:~$ configure
[edit]
vyos@vyos# set system host-name msk-aamishina-gw-02
[edit]
vyos@vyos# compare
[edit system]
>host-name msk-aamishina-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
vyos@vyos:~$
```

Рис. 2.12: Настройка hostname маршрутизатора VyOS



```
[edit]
b8:c0de:13::/64ina-gw-02# set service router-advert interface eth1 prefix 2001:d
[edit]
:1/64msk-aamishina-gw-02# set interfaces ethernet eth2 address 2001:db8:c0de:11:
[edit]
b8:c0de:11::/64ina-gw-02# set service router-advert interface eth2 prefix 2001:d
[edit]
vyos@msk-aamishina-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
[edit service]
+routing-advert {
+    interface eth0 {
+        prefix 2001:db8:c0de:12::/64 {
+            }
+    }
+    interface eth1 {
+        prefix 2001:db8:c0de:13::/64 {
+            }
+    }
+    interface eth2 {
+        prefix 2001:db8:c0de:11::/64 {
+            }
+    }
+}
[edit]
vyos@msk-aamishina-gw-02# commit
[edit]
vyos@msk-aamishina-gw-02# save
Saving configuration to '/config/config.boot'...
Done
[edit]
vyos@msk-aamishina-gw-02# show interfaces
 ethernet eth0 {
     address dhcp
     address 2001:db8:c0de:12::1/64
     hw-id 0c:c7:9c:68:00:00
 }
 ethernet eth1 {
     address 2001:db8:c0de:13::1/64
     hw-id 0c:c7:9c:68:00:01
 }
 ethernet eth2 {
     address 2001:db8:c0de:11::1/64
     hw-id 0c:c7:9c:68:00:02
 }
 loopback lo {
 }
[edit]
vyos@msk-aamishina-gw-02#
```

Рис. 2.13: Настройка IPv6-адресации для интерфейсов маршрутизатора VyOS

Проверяем подключение. Пингуем PC-4 и сервер с PC-3 (рис. 2.14), PC-3 и сервер с PC-4 (рис. 2.15), также проверяем с помощью `trace`.

```
VPCS>
VPCS>
VPCS> ping 2001:db8:c0de:13::a/64
2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=1 ttl=62 time=10.722 ms
2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=2 ttl=62 time=3.166 ms
2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=3 ttl=62 time=3.070 ms
2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=4 ttl=62 time=4.733 ms
2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=5 ttl=62 time=1.901 ms

VPCS> trace 2001:db8:c0de:13::a/64
trace to 2001:db8:c0de:13::a, 64 hops max
 1 2001:db8:c0de:12::1    3.036 ms  1.109 ms  1.176 ms
 2 2001:db8:c0de:13::a    2.016 ms  3.565 ms  2.248 ms

VPCS> ping 2001:db8:c0de:11::a/64
2001:db8:c0de:11::a icmp6_seq=1 ttl=62 time=6.392 ms
2001:db8:c0de:11::a icmp6_seq=2 ttl=62 time=4.368 ms
2001:db8:c0de:11::a icmp6_seq=3 ttl=62 time=2.764 ms
2001:db8:c0de:11::a icmp6_seq=4 ttl=62 time=6.624 ms
2001:db8:c0de:11::a icmp6_seq=5 ttl=62 time=3.363 ms

VPCS> trace 2001:db8:c0de:11::a/64
trace to 2001:db8:c0de:11::a, 64 hops max
 1 2001:db8:c0de:12::1    2.992 ms  1.126 ms  2.382 ms
 2 2001:db8:c0de:11::a    10.366 ms  2.460 ms  2.044 ms

VPCS>
```

Рис. 2.14: Проверка подключения с PC-3

```
VPCS>
VPCS>
VPCS> ping 2001:db8:c0de:12::a/64
2001:db8:c0de:12::a icmp6_seq=1 ttl=62 time=2.242 ms
2001:db8:c0de:12::a icmp6_seq=2 ttl=62 time=2.743 ms
2001:db8:c0de:12::a icmp6_seq=3 ttl=62 time=2.213 ms
2001:db8:c0de:12::a icmp6_seq=4 ttl=62 time=4.598 ms
2001:db8:c0de:12::a icmp6_seq=5 ttl=62 time=2.279 ms

VPCS> trace 2001:db8:c0de:12::a/64
trace to 2001:db8:c0de:12::a, 64 hops max
 1 2001:db8:c0de:13::1    2.841 ms  0.890 ms  1.156 ms
 2 2001:db8:c0de:12::a    4.186 ms  4.147 ms  2.609 ms

VPCS> ping 2001:db8:c0de:11::a/64
2001:db8:c0de:11::a icmp6_seq=1 ttl=62 time=2.779 ms
2001:db8:c0de:11::a icmp6_seq=2 ttl=62 time=3.379 ms
2001:db8:c0de:11::a icmp6_seq=3 ttl=62 time=3.333 ms
2001:db8:c0de:11::a icmp6_seq=4 ttl=62 time=3.208 ms
2001:db8:c0de:11::a icmp6_seq=5 ttl=62 time=1.986 ms

VPCS> trace 2001:db8:c0de:11::a/64
trace to 2001:db8:c0de:11::a, 64 hops max
 1 2001:db8:c0de:13::1    2.009 ms  2.293 ms  1.046 ms
 2 2001:db8:c0de:11::a    4.163 ms  2.509 ms  2.041 ms

VPCS>
```

Рис. 2.15: Проверка подключения с PC-4

Убеждаемся, что устройства из подсети IPv4 недоступны для устройств из подсети IPv6 и наоборот (рис. 2.16, рис. 2.17).

```
PC1-aamishina - PuTTY
trace to 64.100.1.10, 24 hops max, press Ctrl+C to stop
 1  172.16.20.1    2.274 ms  1.073 ms  0.933 ms
 2  *64.100.1.10    2.286 ms (ICMP type:3, code:3, Destination port unreach

VPCS>
VPCS>
VPCS>
VPCS> ping 2001:db8:c0de:12::a/64
host (2001:db8:c0de:12::a) not reachable
VPCS> ping 2001:db8:c0de:13::a/64
host (2001:db8:c0de:13::a) not reachable
VPCS>
```

Рис. 2.16: Проверка доступности устройств из подсети IPv4 для устройств из подсети IPv6

```
PC4-aamishina - PuTTY
VPCS>
VPCS>
VPCS>
VPCS>
VPCS> ping 172.16.20.10/25
host (172.16.20.10) not reachable
VPCS> ping 172.16.20.138/25
host (172.16.20.138) not reachable
VPCS>
```

Рис. 2.17: Проверка доступности устройств из подсети IPv6 для устройств из подсети IPv4

Посмотрим захваченный на соединении сервера двойного стека адресации с коммутатором трафик ARP (рис. 2.18), ICMP (рис. 2.19), ICMPv6 (рис. 2.20).

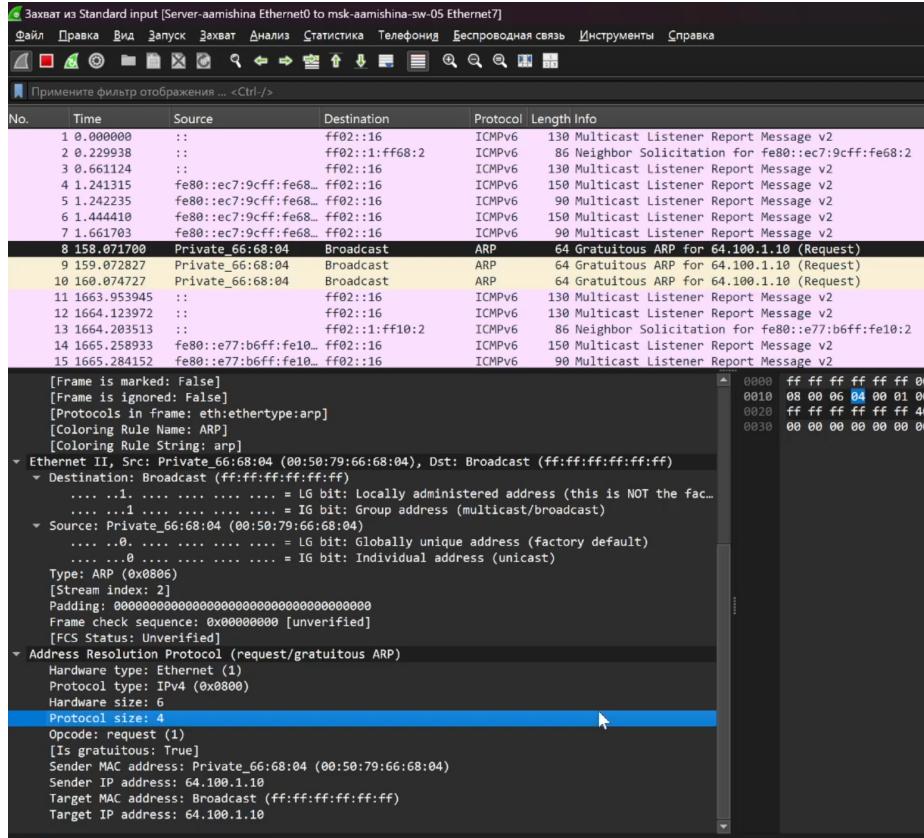


Рис. 2.18: Захваченный трафик ARP в Wireshark

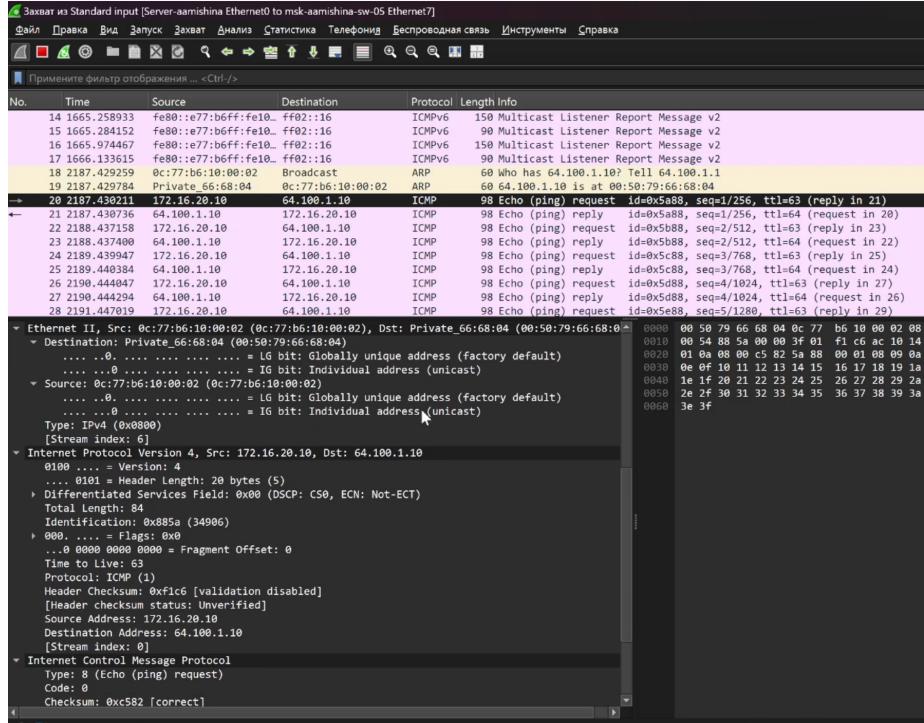


Рис. 2.19: Захваченный трафик ICMP в Wireshark

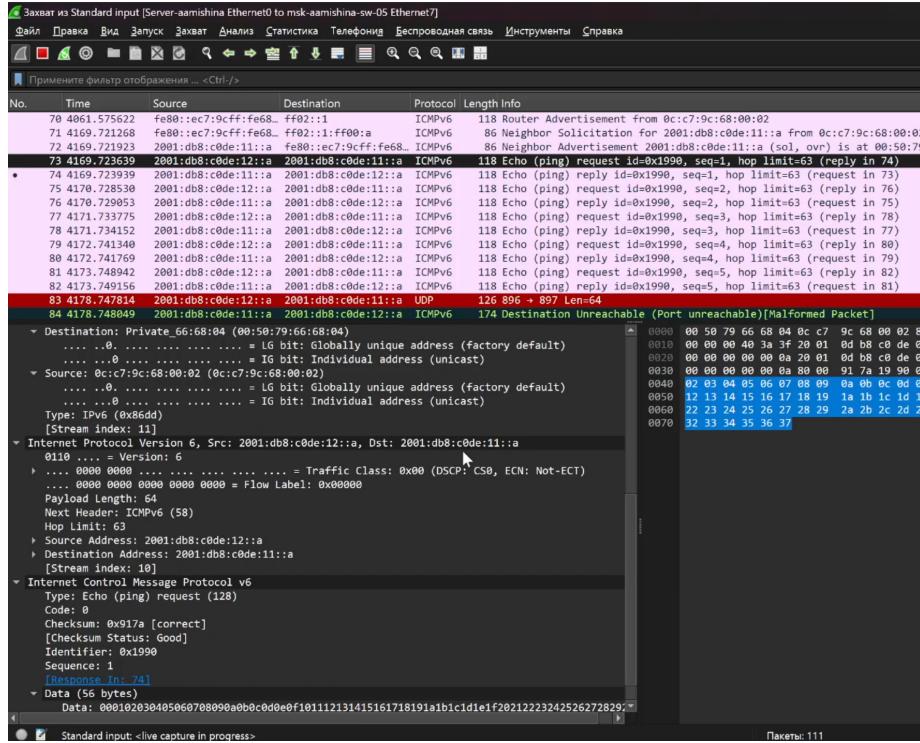


Рис. 2.20: Захваченный трафик ICMPv6 в Wireshark

На физическом уровне можно узнать, например, длину кадра. На канальной уровне можно узнать MAC-адреса источника и получателя. Далее идет протокол ARP, где мы видим, что подключение Ethernet, и используется IPv4-адрес. Для mac-адреса выделено 6 байт, для IPv4-адреса – 4 байта.

Для ICMP-пакетов доступна информация сетевого уровня, такая как IP-адреса источника (172.16.20.10 - PC1) и получателя (64.100.1.10 - Server). Для ICMPv6 информация аналогична, но IP-адреса записаны в формате IPv6.

## 2.3 Задание для самостоятельного выполнения

Характеристика подсетей:

- подсеть 1: **IPv4** 10.10.1.96/27; длина префикса - 27, маска подсети: 255.255.255.224, широковещательный адрес: 10.10.1.127, ди-

пазон: 10.10.1.97 - 10.10.1.126; **IPv6** 2001:DB8:1:1::/64;

длина префикса - 64, диапазон: 2001:db8:1:1:0:0:0:0 -

2001:db8:1:1:ffff:ffff:ffff:ffff;

- подсеть 2: **IPv4** 10.10.1.16/28; длина префикса - 28, маска подсети: 255.255.255.240, широковещательный адрес: 10.10.1.31, диапазон адресов: 10.10.1.17 - 10.10.1.30; **IPv6** 2001:DB8:1:4::/64; длина префикса - 64, диапазон: 2001:db8:1:4:0:0:0:0 - 2001:db8:1:4:ffff:ffff:ffff:ffff;

Формируем топологию сети в соответствии с инструкцией (рис. 2.21).

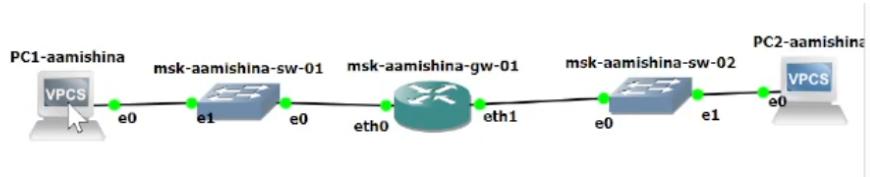


Рис. 2.21: Топология сети с двумя локальными подсетями

Таблица адресации для заданной топологии:

Устройство	Интерфейс	IPv4	IPv6	Шлюз
PC-1	NIC	10.10.1.99/27	2001:db8:1:1::a/64	10.10.1.97 / gw-01
PC-2	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	

Настраиваем IPv4- и IPv6-адресацию на PC-1, введя команды ip 10.10.1.99/27 10.10.1.97 и ip 2001:db8:1:1::a/64 и проверяем (рис. 2.22).

```
Welcome to Virtual PC Simulator, version 0.8.3
Dedicated to Daling.
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

Hostname is too long. (Maximum 12 characters)

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

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> 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     : 20008
RHOST:PORT : 127.0.0.1:20009
MTU       : 1500

VPCS> █
```

Рис. 2.22: Настройка IPv4- и IPv6-адресации на PC-1

Настраиваем IPv4- и IPv6-адресацию на PC-2 аналогичным образом и проверяем (рис. 2.23).

```
Welcome to Virtual PC Simulator, version 0.8.3
Dedicated to Daling.
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

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

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

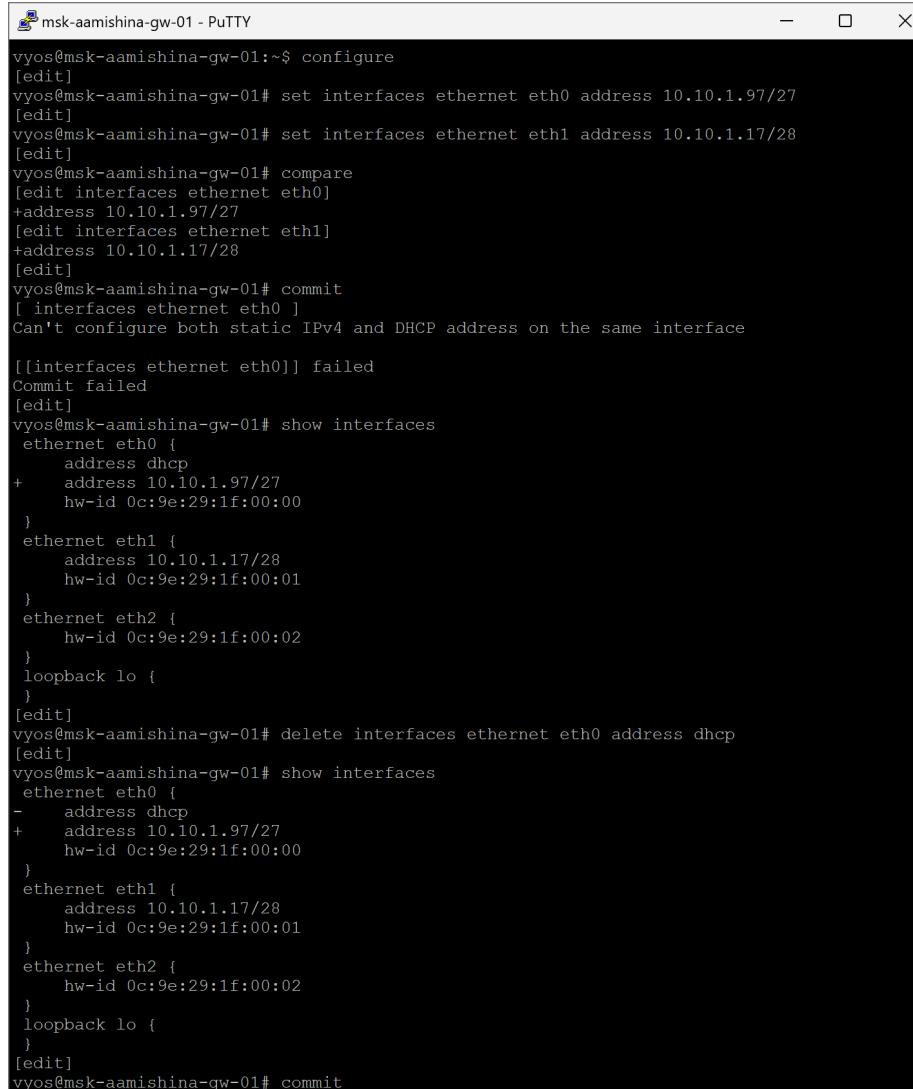
VPCS> show ipv6

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     : 20010
RHOST:PORT : 127.0.0.1:20011
MTU:      : 1500

VPCS>
```

Рис. 2.23: Настройка IPv4- и IPv6-адресации на PC-2

Настраиваем IPv4-адресацию на маршрутизаторе VyOS, установив на его интерфейсах наименьшие адреса в подсетях (рис. 2.24):



```
vyos@msk-aamishina-gw-01:~$ configure
[edit]
vyos@msk-aamishina-gw-01# set interfaces ethernet eth0 address 10.10.1.97/27
[edit]
vyos@msk-aamishina-gw-01# set interfaces ethernet eth1 address 10.10.1.17/28
[edit]
vyos@msk-aamishina-gw-01# compare
[edit interfaces ethernet eth0]
+address 10.10.1.97/27
[edit interfaces ethernet eth1]
+address 10.10.1.17/28
[edit]
vyos@msk-aamishina-gw-01# 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@msk-aamishina-gw-01# show interfaces
ethernet eth0 {
    address dhcp
+   address 10.10.1.97/27
    hw-id 0c:9e:29:1f:00:00
}
ethernet eth1 {
    address 10.10.1.17/28
    hw-id 0c:9e:29:1f:00:01
}
ethernet eth2 {
    hw-id 0c:9e:29:1f:00:02
}
loopback lo {
}
[edit]
vyos@msk-aamishina-gw-01# delete interfaces ethernet eth0 address dhcp
[edit]
vyos@msk-aamishina-gw-01# show interfaces
ethernet eth0 {
-   address dhcp
+   address 10.10.1.97/27
    hw-id 0c:9e:29:1f:00:00
}
ethernet eth1 {
    address 10.10.1.17/28
    hw-id 0c:9e:29:1f:00:01
}
ethernet eth2 {
    hw-id 0c:9e:29:1f:00:02
}
loopback lo {
}
[edit]
vyos@msk-aamishina-gw-01# commit
```

Рис. 2.24: Настройка IPv4-адресации на маршрутизаторе VyOS

Настраиваем IPv6-адресацию на маршрутизаторе VyOS. Просматриваем внесенные изменения (рис. 2.25).

```
msk-aamishina-gw-01 - PuTTY
vyos@msk-aamishina-gw-01#
[edit]
vyos@msk-aamishina-gw-01#
[edit]
64os@msk-aamishina-gw-01# set interfaces ethernet eth0 address 2001:db8:1:1::1/
[edit]
b8:1:1::/64mishina-gw-01# set service router-advert interface eth0 prefix 2001:d
[edit]
64os@msk-aamishina-gw-01# set interfaces ethernet eth1 address 2001:db8:1:4::1/
[edit]
[edit]
b8:1:4::/64mishina-gw-01# set service router-advert interface eth1 prefix 2001:d
[edit]
vyos@msk-aamishina-gw-01# compare
[edit interfaces ethernet eth0]
+address 2001:db8:1:1::1/64
[edit interfaces ethernet eth1]
+address 2001:db8:1:4::1/64
[edit service]
+routing-advert {
+    interface eth0 {
+        prefix 2001:db8:1:1::/64 {
+            }
+        }
+        interface eth1 {
+            prefix 2001:db8:1:4::/64 {
+                }
+            }
+        }
+    }
[edit]
vyos@msk-aamishina-gw-01# commit
[edit]
vyos@msk-aamishina-gw-01# save
Saving configuration to '/config/config.boot'...
Done
[edit]
vyos@msk-aamishina-gw-01# show interfaces
ethernet eth0 {
    address 10.10.1.97/27
    address 2001:db8:1:1::1/64
    hw-id 0c:9e:29:1f:00:00
}
ethernet eth1 {
    address 10.10.1.17/28
    address 2001:db8:1:4::1/64
    hw-id 0c:9e:29:1f:00:01
}
ethernet eth2 {
    hw-id 0c:9e:29:1f:00:02
}
loopback lo {
}
[edit]
vyos@msk-aamishina-gw-01#
```

Рис. 2.25: Настройка IPv6-адресации на маршрутизаторе VyOS

Проверяем подключение между устройствами подсети: с PC-1 пингую IPv4 и IPv6 адреса PC-2 (рис. 2.26) и наоборот (рис. 2.27).

```
PC1-aamishina - PuTTY
MTU:          : 1500
VPCS>
VPCS>
VPCS>
VPCS> ping 10.10.1.18/28
84 bytes from 10.10.1.18 icmp_seq=1 ttl=63 time=28.808 ms
84 bytes from 10.10.1.18 icmp_seq=2 ttl=63 time=11.484 ms
84 bytes from 10.10.1.18 icmp_seq=3 ttl=63 time=3.425 ms
84 bytes from 10.10.1.18 icmp_seq=4 ttl=63 time=2.925 ms
84 bytes from 10.10.1.18 icmp_seq=5 ttl=63 time=2.755 ms

VPCS> ping 2001:db8:1:4::a/64
2001:db8:1:4::a icmp6_seq=1 ttl=62 time=22.401 ms
2001:db8:1:4::a icmp6_seq=2 ttl=62 time=10.118 ms
2001:db8:1:4::a icmp6_seq=3 ttl=62 time=5.402 ms
2001:db8:1:4::a icmp6_seq=4 ttl=62 time=6.185 ms
2001:db8:1:4::a icmp6_seq=5 ttl=62 time=8.551 ms

VPCS> trace 10.10.1.18/28
trace to 10.10.1.18, 28 hops max, press Ctrl+C to stop
 1  10.10.1.97    3.414 ms  2.081 ms  2.986 ms
 2  *10.10.1.18   7.919 ms (ICMP type:3, code:3, Destination port unreachable)

VPCS> trace 2001:db8:1:4::a/64
trace to 2001:db8:1:4::a, 64 hops max
 1 2001:db8:1:4::1   13.914 ms  8.919 ms  8.461 ms
 2 2001:db8:1:4::a   5.737 ms  12.966 ms  9.756 ms

VPCS>
```

Рис. 2.26: Проверка подключения с PC-1 на PC-2 по IPv4 и IPv6

```
PC2-aamishina - PuTTY
VPCS>
VPCS>
VPCS>
VPCS> ping 10.10.1.99/28
84 bytes from 10.10.1.99 icmp_seq=1 ttl=63 time=7.432 ms
84 bytes from 10.10.1.99 icmp_seq=2 ttl=63 time=3.813 ms
84 bytes from 10.10.1.99 icmp_seq=3 ttl=63 time=12.013 ms
84 bytes from 10.10.1.99 icmp_seq=4 ttl=63 time=6.114 ms
84 bytes from 10.10.1.99 icmp_seq=5 ttl=63 time=3.922 ms

VPCS> ping 2001:db8:1:1::a/64
2001:db8:1:1::a icmp6_seq=1 ttl=62 time=11.675 ms
2001:db8:1:1::a icmp6_seq=2 ttl=62 time=4.724 ms
2001:db8:1:1::a icmp6_seq=3 ttl=62 time=10.254 ms
2001:db8:1:1::a icmp6_seq=4 ttl=62 time=5.205 ms
2001:db8:1:1::a icmp6_seq=5 ttl=62 time=7.204 ms

VPCS> trace 10.10.1.99/27
trace to 10.10.1.99, 27 hops max, press Ctrl+C to stop
 1  10.10.1.17   15.000 ms  11.545 ms  16.759 ms
 2  *10.10.1.99   18.078 ms (ICMP type:3, code:3, Destination port unreachable
)

VPCS> trace 2001:db8:1:1::a/64
trace to 2001:db8:1:1::a, 64 hops max
 1 2001:db8:1:4::1   24.485 ms  12.205 ms  23.606 ms
 2 2001:db8:1:1::a   15.472 ms  12.920 ms  13.610 ms

VPCS>
```

Рис. 2.27: Проверка подключения с PC-2 на PC-1 по IPv4 и IPv6

## **3 Выводы**

В результате выполнения работы были изучены принципы распределения и настройки адресного пространства на устройствах сети.