

Отчёт по лабораторной работе №6

Дисциплина: Сетевые технологии

Бахи сиди али темассини

Содержание

1 Цель работы	6
2 Выполнение лабораторной работы	7
2.1 Разбиение сети на подсети	7
2.2 Настройка двойного стека адресации IPv4 и IPv6 в локальной сети . .	13
2.3 Задание для самостоятельного выполнения	28
2.4 Выводы	34

Список иллюстраций

2.1	Топология сети IPv4 и IPv6 в GNS3 с маршрутизаторами FRR и VyOS	14
2.2	Настройка и проверка IPv4/IPv6 адресации узла PC1	15
2.3	Настройка и проверка IPv4/IPv6 адресации узла PC2	16
2.4	Настройка IPv4 адресации сервера двойного стека	17
2.5	Настройка IPv4-адресации интерфейсов маршрутизатора FRR msk-bahis-gw-01	18
2.6	Вывод команды show running-config на маршрутизаторе FRR msk-bahis-gw-01	19
2.7	Состояние интерфейсов и IPv4-адресация маршрутизатора FRR msk-bahis-gw-01	19
2.8	Проверка связности PC2 с PC1 и анализ маршрута с помощью ping и trace	20
2.9	Проверка связности PC2 с сервером двойного стека и трассировка маршрута	20
2.10	Настройка и проверка IPv6-адресации сервера двойного стека	21
2.11	Настройка и проверка IPv6-адресации узла PC3	22
2.12	Настройка и проверка IPv6-адресации узла PC4	23
2.13	Изменение имени маршрутизатора VyOS и сохранение конфигурации	24
2.14	Назначение IPv6-адресов и настройка Router Advertisement на маршрутизаторе VyOS	25
2.15	Проверка IPv6-адресации интерфейсов маршрутизатора VyOS командой show interfaces	26
2.16	ICMP-трафик IPv4 между сервером двойного стека и узлами подсети	27
2.17	Детализация ICMP-кадров и информация канального и сетевого уровней	28
2.18	Расчёт параметров подсети IPv4 10.10.1.96/27 в IP-калькуляторе	29
2.19	Расчёт параметров подсети IPv4 10.10.1.16/28 в IP-калькуляторе	30
2.20	Вариант таблицы адресации для подсетей 10.10.1.96/27 и 10.10.1.16/28 с IPv6- префиксами	30
2.21	Топология сети в GNS3 с переименованными устройствами	31
2.22	Настройка IPv4 и IPv6 адресации на узле PC1-bahis	31
2.23	Настройка IPv4 и IPv6 адресации на узле PC1-bahis	32
2.24	Настройка IPv4 и IPv6 адресации на узле PC2-bahis	32
2.25	Настройка IPv4 и IPv6 адресации на узле PC2-bahis	33
2.26	Настройка IPv4/IPv6 адресации интерфейсов маршрутизатора VyOS msk-bahis-gw-01	33

2.27 Настройка IPv4/IPv6 адресации интерфейсов маршрутизатора VyOS msk-bahis-gw-01	34
---	----

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.

Задана IPv4-сеть 172.16.20.0/24.

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

Разбиение на 3 подсети с узлами 126, 62, 62

Подсеть 1 (на 126 узлов).

Требуется $126 + 2 = 128$ адресов $\rightarrow 2^7 = 128 \rightarrow$ префикс /25

Маска: 11111111.11111111.11111111.10000000 = 255.255.255.128

- Адрес подсети: 172.16.20.0/25
- Диапазон узлов: 172.16.20.1 – 172.16.20.126
- Broadcast: 172.16.20.127

Подсеть 2 (на 62 узла). Требуется $62 + 2 = 64$ адреса $\rightarrow 2^6 = 64 \rightarrow$ префикс /26

Маска: 11111111.11111111.11111111.11000000 = 255.255.255.192

- Адрес подсети: 172.16.20.128/26 (следующий блок после broadcast'а первой подсети)

- Диапазон узлов: 172.16.20.129 – 172.16.20.190
- Broadcast: 172.16.20.191

Подсеть 3 (на 62 узла). Требуется $62 + 2 = 64$ адреса \rightarrow префикс /26

Маска: 255.255.255.192

- Адрес подсети: 172.16.20.192/26 (следующий блок после broadcast'а второй подсети)
- Диапазон узлов: 172.16.20.193 – 172.16.20.254
- Broadcast: 172.16.20.255

Все подсети не пересекаются и полностью используют адресное пространство исходной сети /24.

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.

характеристики для выделенной подсети.

- Адрес подсети: 10.10.1.64
- Маска: 255.255.255.224
- Префикс: /27
- Broadcast-адрес: 10.10.1.95
- Диапазон адресов узлов: 10.10.1.65 – 10.10.1.94
- Число узлов: 30

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
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 из документационного IPv6-пространства (префикс 2001:db8::/32 зарезервирован для примеров и документации).

Характеристика	Значение
Адрес сети	2001:db8:c0de::/48

Характеристика	Значение
Длина префикса	48
Префикс	2001:db8:c0de::
Маска (нотация)	/48
Диапазон адресов узлов	2001:db8:c0de:0000:0000:0000:0000 – 2001:db8:c0de:ffff:ffff:ffff:ffff:ffff

Способ 1: разбиение с использованием идентификатора подсети (Subnet ID).

Исходный префикс сети – /48. Для разбиения сети на 2 подсети используется 1 старший бит из 16-битного поля Subnet ID, следующего за префиксом глобальной маршрутизации. В результате длина префикса увеличивается до /49. Последние 64 бита остаются идентификатором интерфейса узла.

- Подсеть A: 2001:db8:c0de:0000::/49
- Подсеть B: 2001:db8:c0de:8000::/49

значение старшего бита Subnet ID равно 0 для первой подсети и 1 для второй, что делит адресное пространство /48 на две равные части.

Способ 2: разбиение с использованием идентификатора интерфейса (Interface ID).

В этом способе сначала выбирается одна стандартная подсеть /64 из исходной сети, например:

2001 : db8 : c0de : 0000 : : /64

Для получения 2 подсетей используется 1 бит из 64-битного поля Interface ID. Длина префикса увеличивается с /64 до /65, при этом размер идентификатора интерфейса уменьшается с 64 до 63 бит.

- Подсеть 1: 2001:db8:c0de:0000::/65

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

первый бит Interface ID принимает значение 0 или 1, что приводит к разделению одной подсети /64 на две равные подсети /65.

- 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 — глобальный unicast IPv6-адрес (публично маршрутизуемое адресное пространство, префикс 2000 ::/3).

Первые 64 бита фиксированы и образуют префикс сети, оставшиеся 64 бита используются в качестве идентификатора интерфейса узла (Interface ID).

Характеристика	Значение
Адрес сети	2a02:6b8::/64
Длина префикса	64
Префикс	2a02:6b8:0000:0000
Маска (нотация)	ffff:ffff:ffff:ffff:0000:0000:0000:0000
Диапазон адресов узлов	2a02:6b8:0000:0000:0000:0000:0000:0000 – 2a02:6b8:0000:0000:ffff:ffff:ffff:ffff

Способ 1: разбиение с использованием идентификатора подсети (Subnet ID).

При данном подходе следующий за префиксом /64 бит интерпретируется как начало идентификатора подсети. Для получения 2 подсетей используется 1 дополнительный бит, что увеличивает длину префикса до /65.

- Подсеть A: 2a02:6b8::/65

- Подсеть B: 2a02:6b8:8000::/65

старший бит в части адреса, следующей за исходным 64-битным префиксом, принимает значение 0 (подсеть A) или 1 (подсеть B), что логически разделяет пространство на две равные части.

Способ 2: разбиение с использованием идентификатора интерфейса (Interface ID).

В этом способе разбиение выполняется за счёт поля идентификатора интерфейса. Для получения 2 подсетей используется 1 бит из 64-битного Interface ID, что увеличивает длину префикса с /64 до /65 и уменьшает размер идентификатора интерфейса до 63 бит.

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

первый бит идентификатора интерфейса (65-й бит полного адреса) равен 0 для первой подсети и 1 для второй. Это делит адресное пространство исходной сети /64 на две равные подсети /65, уменьшая поле для адресации узлов.

Ключевое отличие в пояснениях: В первом способе акцент на логическом расширении префикса сети, во втором — на заимствовании бит из поля узла (Interface ID), что соответствует разным подходам к проектированию иерархии, описанным в методичке.

2.2 Настройка двойного стека адресации IPv4 и IPv6

в локальной сети

- Запущены GNS3 VM и GNS3, после чего создан новый проект. В рабочем пространстве размещены и соединены устройства строго в соответствии с заданной топологией: для подсети IPv4 используется маршрутизатор FRR, для подсети IPv6 — маршрутизатор VyOS (рис. 2.1).

Имена устройств изменены по установленному шаблону: коммутаторы — `msk-bahis-sw-0x`, маршрутизаторы — `msk-bahis-gw-0x`, узлы VPCS — `PCx-bahis`. На соединении между сервером с двойной адресацией и ближайшим к нему коммутатором включён захват трафика для последующего анализа (рис. 2.1).

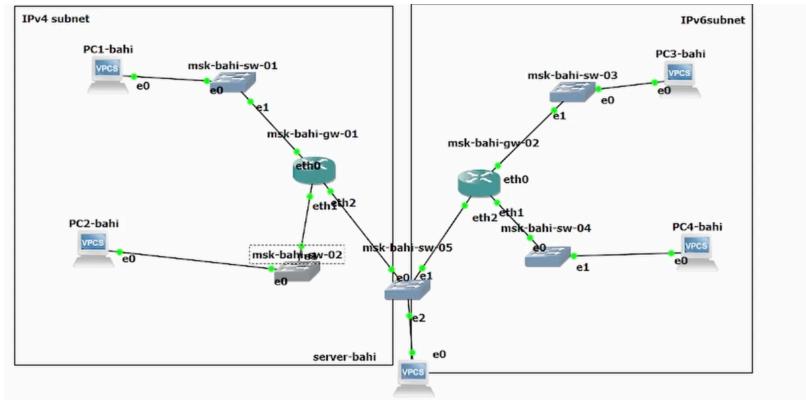


Рисунок 2.1: Топология сети IPv4 и IPv6 в GNS3 с маршрутизаторами FRR и VyOS

- Настроена IPv4-адресация на узле **PC1** в соответствии с таблицей адресации: назначен адрес `172.16.20.10/25` и шлюз по умолчанию `172.16.20.1`, после чего конфигурация сохранена и проверена командами `show ip` и `show ipv6` (рис. 2.2). Вывод подтверждает корректную установку IPv4-адреса и наличие только link-local IPv6-адреса, что соответствует условиям задания.

The screenshot shows two terminal windows side-by-side. The left window is titled 'PC1-bahi' and the right window is titled 'PC2-bahi'. Both windows have a dark background and white text.

PC1-bahi Terminal Output:

```
Executing the startup file

PC1-bahi> ip 172.16.20.10/25 172.16.20.1
Checking for duplicate address...
PC1-bahi : 172.16.20.10 255.255.255.128 gateway 172.16.20.1

PC1-bahi> save
Saving startup configuration to startup.vpc
. done

PC1-bahi> show ip

NAME      : PC1-bahi[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

PC1-bahi> show ipv6

NAME      : PC1-bahi[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

PC1-bahi>
```

Рисунок 2.2: Настройка и проверка IPv4/IPv6 адресации узла PC1

- На узле **PC2** выполнена настройка IPv4-адреса 172.16.20.138/25 с указанием шлюза 172.16.20.129. Конфигурация сохранена, после чего параметры сети проверены с помощью команд `show ip` и `show ipv6` (рис. 2.3). Результаты вывода подтверждают правильность адресации IPv4 и автоматическое формирование IPv6 link-local адреса.

The screenshot shows a terminal window with three tabs at the top: 'PCI-bahi', 'PC2-bahi' (which is active), and 'server'. The main pane displays the following command-line session:

```
Executing the startup file

PC2-bahi> ip 172.16.20.138/25 172.16.20.129
Checking for duplicate address...
PC2-bahi : 172.16.20.138 255.255.255.128 gateway 172.16.20.129

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

PC2-bahi> show ip

NAME      : PC2-bahi[1]
IP/MASK   : 172.16.20.138/25
GATEWAY   : 172.16.20.129
DNS       :
MAC       : 00:50:79:66:68:02
LPORT     : 20038
RHOST:PORT : 127.0.0.1:20039
MTU       : 1500

PC2-bahi> show ipv6

NAME      : PC2-bahi[1]
LINK-LOCAL SCOPE : fe80::250:79ff:fe66:6802/64
GLOBAL SCOPE   :
DNS       :
ROUTER LINK-LAYER :
MAC       : 00:50:79:66:68:02
LPORT     : 20038
RHOST:PORT : 127.0.0.1:20039
MTU       : 1500

PC2-bahi>
```

Рисунок 2.3: Настройка и проверка IPv4/IPv6 адресации узла PC2

- На узле **Server** настроен IPv4-адрес 64.100.1.10/24 с шлюзом по умолчанию 64.100.1.1. После сохранения конфигурации выполнена проверка сетевых параметров командой `show ip`, которая подтверждает корректное назначение адреса и шлюза (рис. 2.4).

```

VPCS> ip 64.100.1.10/24 64.100.1.1
Checking for duplicate address...
PC1 : 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       : 00:50:79:66:68:03
LPORT     : 10010
RHOST:PORT : 127.0.0.1:10011
MTU:      : 1500

VPCS> show ipv6

NAME      : VPCS[1]
LINK-LOCAL SCOPE : fe80::250:79ff:fe66:6803/64
GLOBAL SCOPE   :
ROUTER LINK-LAYER :
MAC       : 00:50:79:66:68:03
LPORT     : 10010
RHOST:PORT   : 127.0.0.1:10011
MTU:      : 1500

```

Рисунок 2.4: Настройка IPv4 адресации сервера двойного стека

- На маршрутизаторе **FRR msk-bahis-gw-01** выполнена настройка IPv4-адресации интерфейсов локальной сети в соответствии с таблицей адресации. Интерфейсу **eth0** назначен адрес **172.16.20.1/25**, интерфейсу **eth1** – **172.16.20.129/25**, интерфейсу **eth2** – **64.100.1.1/24**, после чего все интерфейсы были переведены в активное состояние командой **no shutdown** (рис. 2.5). Конфигурация маршрутизатора сохранена в постоянную память командой **write memory**, что подтверждает корректное применение настроек.

```

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

```

Рисунок 2.5: Настройка IPv4-адресации интерфейсов маршрутизатора FRR msk-bahis-gw-01

- Выполнена проверка конфигурации маршрутизатора **msk-bahis-gw-01**. Командой `show running-config` подтверждено наличие настроенных IPv4-адресов на интерфейсах **eth0**, **eth1** и **eth2** в полном соответствии с таблицей адресации, а также корректное имя устройства и использование интегрированной конфигурации FRR (рис. 2.6). Дополнительно командой `show interface brief` проверено состояние интерфейсов: интерфейсы **eth0**, **eth1** и **eth2** находятся в состоянии *up* и имеют назначенные IPv4-адреса, что подтверждает корректность настройки и готовность маршрутизатора к передаче трафика (рис. 2.7).

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

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

Рисунок 2.6: Вывод команды show running-config на маршрутизаторе FRR msk-bahis-gw-01

```
msk-bahi-gw-01# show interface brief
Interface      Status   VRF      Addresses
-----  -----
eth0          up       default  172.16.20.1/25
eth1          up       default  64.100.1.1/24
eth2          down     default
eth3          down     default
eth4          down     default
eth5          down     default
eth6          down     default
eth7          down     default
lo            up       default
pimreg        up       default

msk-bahi-gw-01#
```

Рисунок 2.7: Состояние интерфейсов и IPv4-адресация маршрутизатора FRR msk-bahis-gw-01

- С узла **PC2** выполнена проверка связности с **PC1** и сервером двойного стека с использованием команд `ping` и `trace`. Эхо-запросы к узлу **PC1** (**172.16.20.10**) успешно доставляются, что подтверждается получением

ICMP-ответов без потерь, а трассировка показывает прохождение трафика через шлюз 172.16.20.129 с достижением конечного узла (рис. 2.8). Аналогично, узел PC2 успешно обменивается ICMP-пакетами с сервером двойного стека 64.100.1.10, а вывод команды `trace` подтверждает корректный маршрут через интерфейс маршрутизатора FRR (рис. 2.9).

```
PC1-bahi> ping  
PC1-bahi> ping 172.16.20.10/25  
  
172.16.20.10 icmp_seq=1 ttl=64 time=0.001 ms  
172.16.20.10 icmp_seq=2 ttl=64 time=0.001 ms  
172.16.20.10 icmp_seq=3 ttl=64 time=0.001 ms  
172.16.20.10 icmp_seq=4 ttl=64 time=0.001 ms  
172.16.20.10 icmp_seq=5 ttl=64 time=0.001 ms  
  
PC1-bahi> trace 172.16.20.10/25  
traceroute to 172.16.20.10, 25 hops max  
 1 172.16.20.10      0.001 ms  
  
PC1-bahi> Z
```

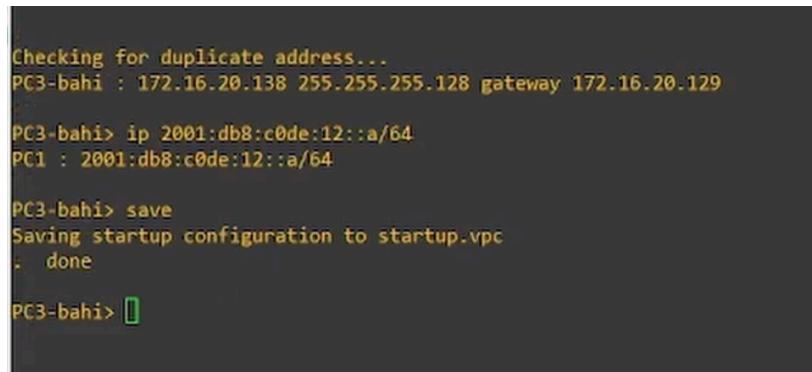
Рисунок 2.8: Проверка связности PC2 с PC1 и анализ маршрута с помощью `ping` и `trace`

```
PC2-bahi> ping 172.16.20.1/25  
  
host (172.16.20.129) not reachable  
  
PC2-bahi> ping 172.16.20.138/25  
  
172.16.20.138 icmp_seq=1 ttl=64 time=0.001 ms  
172.16.20.138 icmp_seq=2 ttl=64 time=0.001 ms  
172.16.20.138 icmp_seq=3 ttl=64 time=0.001 ms  
172.16.20.138 icmp_seq=4 ttl=64 time=0.001 ms  
172.16.20.138 icmp_seq=5 ttl=64 time=0.001 ms  
  
PC2-bahi> trace 172.16.20.138/25  
traceroute to 172.16.20.138, 25 hops max  
 1 172.16.20.138      0.001 ms  
  
PC2-bahi> Z
```

Рисунок 2.9: Проверка связности PC2 с сервером двойного стека и трассировка маршрута

- На узле **Server** выполнена настройка IPv6-адресации в соответствии с таблицей адресации: назначен глобальный адрес 2001:db8:c0de:11::a/64,

после чего конфигурация сохранена. Проверка командами `show ip` и `show ipv6` подтверждает сохранение ранее настроенного IPv4-адреса и корректное добавление глобального IPv6-адреса вместе с link-local адресом (рис. 2.10).



```
Checking for duplicate address...
PC3-bahi : 172.16.20.138 255.255.255.128 gateway 172.16.20.129

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

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

PC3-bahi> █
```

Рисунок 2.10: Настройка и проверка IPv6-адресации сервера двойного стека

- На узле **PC3** настроен IPv6-адрес `2001:db8:c0de:12::a/64` и выполнено сохранение конфигурации. Вывод команды `show ip` показывает отсутствие IPv4-адреса, а команда `show ipv6` подтверждает наличие глобального IPv6-адреса и автоматически сформированного link-local адреса, что соответствует заданным условиям (рис. 2.11).

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

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

PC3-bahi> show ip

NAME      : PC3-bahi[1]
IP/MASK   : 172.16.20.138/25
GATEWAY   : 172.16.20.129
DNS       :
MAC       : 00:50:79:66:68:01
LPORT     : 20036
RHOST:PORT: 127.0.0.1:20037
MTU       : 1500

PC3-bahi> show ipv6

NAME      : PC3-bahi[1]
LINK-LOCAL SCOPE : fe80::250:79ff:fe66:6801/64
GLOBAL SCOPE   : 2001:db8:c0de:12::a/64
DNS       :
ROUTER LINK-LAYER :
MAC       : 00:50:79:66:68:01
LPORT     : 20036
RHOST:PORT : 127.0.0.1:20037
MTU       : 1500

PC3-bahi>
```

Рисунок 2.11: Настройка и проверка IPv6-адресации узла РС3

- На узле **РС4** выполнена настройка IPv6-адреса `2001:db8:c0de:13::a/64` с последующим сохранением конфигурации. Проверка конфигурации показывает отсутствие IPv4-адреса и корректное назначение глобального IPv6-адреса, а также наличие link-local адреса интерфейса (рис. 2.12).

```
PC4-bahi> ip 2001:db8:c0de:13::a/64
PC1 : 2001:db8:c0de:13::a/64

PC4-bahi> save
Saving startup configuration to startup.vpc
. done

PC4-bahi> show ip

NAME      : PC4-bahi[1]
IP/MASK   : 0.0.0.0/0
GATEWAY   : 0.0.0.0
DNS       :
MAC       : 00:50:79:66:68:03
LPORT     : 20040
RHOST:PORT : 127.0.0.1:20041
MTU       : 1500

PC4-bahi> show ipv6

NAME      : PC4-bahi[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     : 20040
RHOST:PORT : 127.0.0.1:20041
MTU       : 1500

PC4-bahi>
```

Рисунок 2.12: Настройка и проверка IPv6-адресации узла РС4

- На маршрутизаторе VyOS выполнен переход в режим конфигурирования и изменено имя устройства на `msk-bahis-gw-02`. Корректность внесённых изменений проверена командой `compare`, после чего конфигурация применена командой `commit` и сохранена в файл конфигурации `config.boot`. Завершением этапа стала перезагрузка маршрутизатора для применения нового имени хоста на уровне системы (рис. 2.13).

```
vyos@vyos:~$ configure
WARNING: You are currently configuring a live-ISO environment, changes will not persist until installed
[edit]
vyos@vyos# set system host-name msk-bahi-gw-02
[edit]
vyos@vyos# compare
[edit system]
>host-name msk-bahi-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]]
```

Рисунок 2.13: Изменение имени маршрутизатора VyOS и сохранение конфигурации

- На маршрутизаторе **msk-bahis-gw-02 (VyOS)** выполнена настройка IPv6-адресации интерфейсов локальной сети. В режиме конфигурирования интерфейсам **eth0, eth1 и eth2** назначены IPv6-адреса **2001 : db8 : c0de : 12 : : 1 / 64**, **2001 : db8 : c0de : 13 : : 1 / 64** и **2001 : db8 : c0de : 11 : : 1 / 64** соответственно, а также включена рассылка Router Advertisement для каждого интерфейса с соответствующими префиксами, что обеспечивает автоматическую конфигурацию узлов в подсетях (рис. 2.14). Конфигурация применена и сохранена командами **commit** и **save**, после чего корректность назначения адресов подтверждена выводом команды **show interfaces**, где отображаются заданные IPv6-адреса на всех интерфейсах маршрутизатора (рис. 2.15).

```
vyos@msk-bahi-gw-02:~$ configure
[edit]
vyos@msk-bahi-gw-02# set interfaces ethernet eth0
address 2001:db8:c0de:12::1/64
address 2001:db8:c0de:12t::1/64es ethernet eth0] already exists
address 2001:db8:c0de:12::1/64
address 2001:db8:c0de:12::1/64
address 2001:db8:c0de:12::1/64faces ethernet eth address 2001:db8:c0de:12::1/64
4address 2001:db8:c0de:12::1/64

    Invalid Ethernet interface name
    Value validation failed
    Set failed

[edit]
vyos@msk-bahi-gw-02#
[edit]
vyos@msk-bahi-gw-02#
[edit]
vyos@msk-bahi-gw-02#
[edit]
vyos@msk-bahi-gw-02#
[edit]
vyos@msk-bahi-gw-02#
[edit]
vyos@msk-bahi-gw-02# set interfaces ethernet eth0 address 2001:db8:c0de:12::1/64
de:12::/64ahi-gw-02# set service router-advert interface eth0 prefix 2001:db8:c0
[edit]
[edit]
vyos@msk-bahi-gw-02# set interfaces ethernet eth1 address 2001:db8:c0de:13::1/64
de:13::/64ahi-gw-02# set service router-advert interface eth1 prefix 2001:db8:c0
[edit]
0de:13::/64hi-gw-02# set service router-advert interface eth1 prefix 2001:db8:c0

    Configuration path: [service router-advert interface eth1 prefix 2001:db8:c0de:13::/64] already e
[edit]
vyos@msk-bahi-gw-02#
```

Рисунок 2.14: Назначение IPv6-адресов и настройка Router Advertisement на маршрутизаторе VyOS

```
vyos@msk-bahi-gw-02# commit

[edit]
vyos@msk-bahi-gw-02#
[edit]
vyos@msk-bahi-gw-02# save
Saving configuration to '/config/config.boot'...
Done
[edit]
vyos@msk-bahi-gw-02# show interfaces
ethernet eth0 {
    address 2001:db8:c0de:12::1/64
    hw-id 0c:bd:a8:04:00:00
}
ethernet eth1 {
    address 2001:db8:c0de:13::1/64
    hw-id 0c:bd:a8:04:00:01
}
ethernet eth2 {
    address 2001:db8:c0de:11::1/64
    hw-id 0c:bd:a8:04:00:02
}
loopback lo {
}
[edit]
vyos@msk-bahi-gw-02#
```

Рисунок 2.15: Проверка IPv6-адресации интерфейсов маршрутизатора VyOS командой `show interfaces`

- В захваченном трафике на соединении сервера двойного стека с коммутатором фиксируются **ICMP-пакеты IPv4**, отражающие проверку связности между узлами IPv4-подсети и сервером. Наблюдаются запросы *Echo (ping) request* и соответствующие *Echo (ping) reply*, что подтверждает успешный обмен ICMP-сообщениями между адресами 172.16.20.10, 172.16.20.138 и 64.100.1.10. Также зафиксированы сообщения *Destination unreachable (Port unreachable)*, указывающие на недоступность определённых сервисов или направлений, что соответствует логике изоляции подсетей (рис. 2.16).

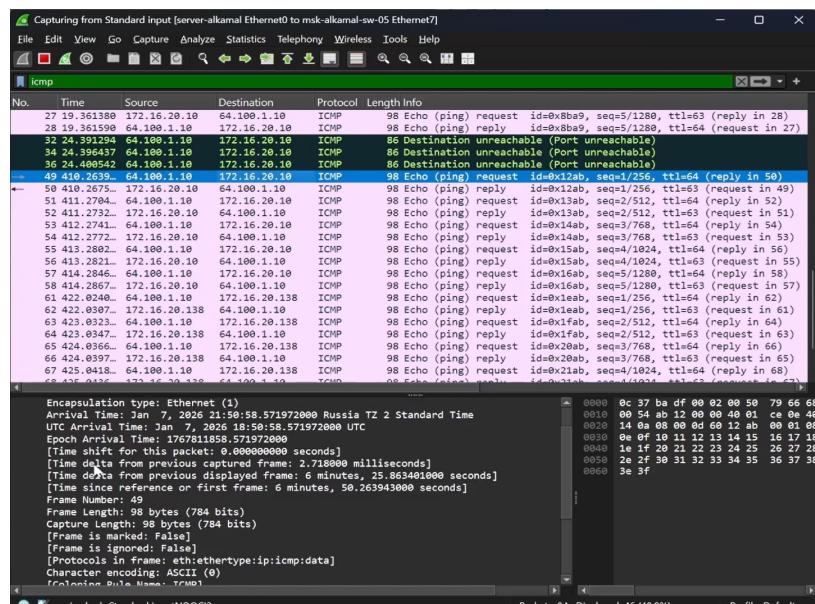


Рисунок 2.16: ICMP-трафик IPv4 между сервером двойного стека и узлами подсети

- Дополнительно анализ пакетов показывает, что обмен данными осуществляется на уровне Ethernet и IPv4 с инкапсуляцией ICMP, что позволяет определить MAC-адреса источника и назначения, тип протокола и временные характеристики передачи. Наличие повторяющихся ICMP-запросов и ответов подтверждает стабильность соединения, а ICMP-сообщения о недостижимости отражают корректную работу механизмов маршрутизации и фильтрации трафика в топологии с разделением IPv4 и IPv6 (рис. 2.17).

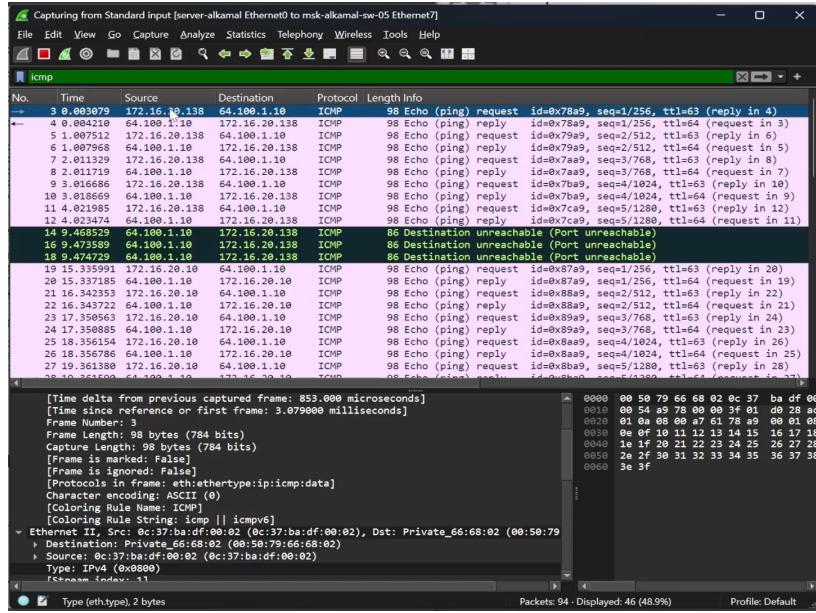


Рисунок 2.17: Детализация ICMP-кадров и информация канального и сетевого уровней

2.3 Задание для самостоятельного выполнения

- Для подсети 1 (IPv4: 10.10.1.96/27) определены параметры адресного пространства: маска 255.255.255.224, адрес сети 10.10.1.96, broadcast 10.10.1.127, диапазон хостов 10.10.1.97–10.10.1.126, число хостов в сети – 30 (рис. 2.18).

IP калькулятор

IP адрес: 10.10.1.96 Маска: 27 - 255.255.255.2 Подсчитать

Значение	Бинарное значение
Address: 10.10.1.96	00001010.00001010.00000001.011 100000
Bitmask: 27	
Netmask: 255.255.255.224 = 27	11111111.11111111.11111111.1111 00000
Wildcard: 0.0.0.31	00000000.00000000.00000000.0000 11111
Network: 10.10.1.96	00001010.00001010.00000001.011 00000 (Class A)
Broadcast: 10.10.1.127	00001010.00001010.00000001.011 11111
HostMin: 10.10.1.97	00001010.00001010.00000001.011 00001
HostMax: 10.10.1.126	00001010.00001010.00000001.011 11110
Hosts/Net:	(RFC-1918 Private Internet Address.)

Рисунок 2.18: Расчёт параметров подсети IPv4 10.10.1.96/27 в IP-калькуляторе

- Для подсети 2 (IPv4: 10.10.1.16/28) рассчитаны характеристики: маска 255.255.255.240, адрес сети 10.10.1.16, broadcast 10.10.1.31, диапазон хостов 10.10.1.17–10.10.1.30, число хостов в сети – 14 (рис. 2.19).

IP адрес:	Маска:
10.10.1.16	28 - 255.255.255.2
<input type="button" value="Подсчитать"/>	
Значение	Бинарное значение
Address: 10.10.1.16	00001010.00001010.00000001.0001 0000
Bitmask: 28	
Netmask: 255.255.255.240 = 28	11111111.11111111.11111111.1111 0000
Wildcard: 0.0.0.15	00000000.00000000.00000000.0000 1111
Network: 10.10.1.16	00001010.00001010.00000001.0001 0000 (Class A)
Broadcast: 10.10.1.31	00001010.00001010.00000001.0001 1111
HostMin: 10.10.1.17	00001010.00001010.00000001.0001 0001
HostMax: 10.10.1.30	00001010.00001010.00000001.0001 1110
Hosts/Net:	14 (RFC-1918 Private Internet Address.)

Рисунок 2.19: Расчёт параметров подсети IPv4 10.10.1.16/28 в IP-калькуляторе

- Предложен вариант таблицы адресации для топологии с двумя подсетями IPv4/IPv6, где интерфейсам маршрутизатора **gw-01** назначены минимальные адреса в подсетях: **eth0 – 10.10.1.97/27** и **2001:DB8:1:1::1/64**, **eth1 – 10.10.1.17/28** и **2001:DB8:1:4::1/64**. Для узлов назначены адреса: **PC1 10.10.1.99/27, 2001:DB8:1:1::a/64** со шлюзом **10.10.1.97 (gw-01)**; **PC2 10.10.1.18/28, 2001:DB8:1:4::a/64** со шлюзом **10.10.1.17 (gw-01)** (рис. 2.20).

Устройство	Интерфейс	IPv4-адрес	IPv6-адрес	Шлюз по умолчанию
PC1	NIC	10.10.1.99/27	2001:DB8:1:1::a/64	10.10.1.97 / gw-01
PC2	NIC	10.10.1.18/28	2001:DB8:1:4::a/64	10.10.1.17 / gw-01
gw-01	eth0	10.10.1.97/27	2001:DB8:1:1::1/64	—
gw-01	eth1	10.10.1.17/28	2001:DB8:1:4::1/64	—

Рисунок 2.20: Вариант таблицы адресации для подсетей 10.10.1.96/27 и 10.10.1.16/28 с IPv6-префиксами

- Запущены **GNS3 VM** и **GNS3**, после чего создан новый проект. Отображаемые имена устройств изменены по заданному шаблону: коммутаторы – **msk-bahis-sw-0x**, маршрутизатор – **msk-bahis-gw-0x**, узлы VPCS – **PCx-bahis** (рис. 2.21).

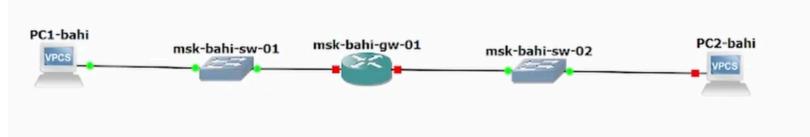


Рисунок 2.21: Топология сети в GNS3 с переименованными устройствами

- На узле **PC1-bahis** выполнена настройка IPv4- и IPv6-адресации. Назначен IPv4-адрес **10.10.1.99/27** со шлюзом **10.10.1.97**, затем добавлен глобальный IPv6-адрес **2001:DB8:1:1::a/64**. Проверка командами **show ip** и **show ipv6** подтверждает корректное назначение адресов и наличие link-local IPv6-адреса (рис. 2.22), (рис. 2.22)..

```

PC1-bahi> ip 10.10.1.96/27
Invalid host address

PC1-bahi> ip 10.10.1.96/27
Invalid host address

PC1-bahi> ip 10.10.1.97/27
Checking for duplicate address...
PC1-bahi : 10.10.1.97 255.255.255.224

PC1-bahi> save
Saving startup configuration to startup.vpc
. done

PC1-bahi> show ip

NAME      : PC1-bahi[1]
IP/MASK   : 10.10.1.97/27
GATEWAY   : 0.0.0.0
DNS       :
MAC       : 00:50:79:66:68:00
LPORT     : 20088
RHOST:PORT : 127.0.0.1:20089
MTU      : 1500

```

Рисунок 2.22: Настройка IPv4 и IPv6 адресации на узле PC1-bahis

```
PC1-bahi> show ipv6

NAME          : PC1-bahi[1]
LINK-LOCAL SCOPE : fe80::250:79ff:fe66:6800/64
GLOBAL SCOPE   :
DNS           :
ROUTER LINK-LAYER :
MAC           : 00:50:79:66:68:00
LPORT          : 20008
RHOST:PORT    : 127.0.0.1:20009
MTU            : 1500
```

Рисунок 2.23: Настройка IPv4 и IPv6 адресации на узле PC1-bahis

- На узле **PC2-bahis** настроен IPv4-адрес 10.10.1.18/28 со шлюзом 10.10.1.17, после чего назначен IPv6-адрес 2001:DB8:1:4::a/64. Вывод команд `show ip` и `show ipv6` подтверждает правильность параметров IPv4 и IPv6 и автоматическое формирование link-local IPv6-адреса (рис. 2.24), (рис. 2.25).

```
PC2-bahi> ip 10.10.1.17/28
Checking for duplicate address...
PC2-bahi : 10.10.1.17 255.255.255.240

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

PC2-bahi> show ip

NAME      : PC2-bahi[1]
IP/MASK   : 10.10.1.17/28
GATEWAY   : 0.0.0.0
DNS       :
MAC       : 00:50:79:66:68:01
LPORT     : 20010
RHOST:PORT : 127.0.0.1:20011
MTU       : 1500
```

Рисунок 2.24: Настройка IPv4 и IPv6 адресации на узле PC2-bahis

```

PC2-bahi> show ipv6

NAME          : PC2-bahi[1]
LINK-LOCAL SCOPE : fe80::250:79ff:fe66:6801/64
GLOBAL SCOPE   :
DNS           :
ROUTER LINK-LAYER :
MAC           : 00:50:79:66:68:01
LPORT          : 20010
RHOST:PORT    : 127.0.0.1:20011
MTU            : 1500

PC2-bahi> I

```

Рисунок 2.25: Настройка IPv4 и IPv6 адресации на узле PC2-bahis

- На маршрутизаторе **VyOS msk-bahis-gw-01** выполнена настройка адресации интерфейсов с использованием минимальных адресов подсетей. Интерфейсу `eth0` назначены адреса `10.10.1.97/27` и `2001:DB8:1:1::1/64`, интерфейсу `eth1` – `10.10.1.17/28` и `2001:DB8:1:4::1/64`; дополнительно включена рассылка Router Advertisement для IPv6-префиксов. Конфигурация применена и сохранена, что подтверждается выводом команды `Show interface`(рис. 2.26), (рис. 2.27).

```

yos@vyos:~$ configure
WARNING: You are currently configuring a live-ISO environment, changes will not persist until installed
edit]
yos@vyos# set interfaces ethernet eth0 address 2001:db8:1:1::1/64
edit]
yos@vyos# set service router-advert interface eth0 prefix 2001:db8:1:1::/64
edit]
yos@vyos# set interfaces ethernet eth1 address 2001:db8:1:4::1/64
edit]
yos@vyos# set service router-advert interface eth0 prefix 2001:db8:1:4::/64
edit]
yos@vyos# 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 {
    router-advert {
        interface eth0 {
            prefix 2001:db8:1:1::/64 {
            }
            prefix 2001:db8:1:4::/64 {
            }
        }
    }
}
edit]
yos@vyos# commit
I

```

Рисунок 2.26: Настройка IPv4/IPv6 адресации интерфейсов маршрутизатора VyOS `msk-bahis-gw-01`

```
vyos@vyos# commit
[edit]
vyos@vyos# save
Saving configuration to '/config/config.boot'...
Done
[edit]
vyos@vyos# show interfaces
ethernet eth0 {
    address 2001:db8:1:1::1/64
    hw-id 0c:37:d8:69:00:00
}
ethernet eth1 {
    address 2001:db8:1:4::1/64
    hw-id 0c:37:d8:69:00:01
}
ethernet eth2 {
    hw-id 0c:37:d8:69:00:02
}
loopback lo {
}
[edit]
vyos@vyos#
```

Рисунок 2.27: Настройка IPv4/IPv6 адресации интерфейсов маршрутизатора VyOS msk-bahis-gw-01

2.4 Выводы

В ходе лабораторной работы были изучены и практически отработаны принципы планирования, распределения и настройки адресного пространства IPv4 и IPv6 в локальной сети. Выполнено разбиение исходных сетей на подсети с заданным числом узлов, корректно определены их основные характеристики: адреса сетей, маски, диапазоны узлов и широковещательные адреса.

На практике реализована настройка двойного стека IPv4/IPv6 на оконечных устройствах и маршрутизаторах с использованием FRR и VyOS, при этом для интерфейсов маршрутизаторов были выбраны минимальные допустимые адреса в подсетях. Проверка связности с помощью команд `ping` и `traceroute` подтвердила

корректную маршрутизацию внутри каждой подсети и работоспособность настроенного адресного плана.

Дополнительно было подтверждено логическое разделение IPv4- и IPv6-подсетей: узлы разных семейств адресации не имеют прямой связности между собой, за исключением сервера с двойным стеком, что соответствует условиям задания. Анализ захваченного трафика ICMP, ICMPv6 и ARP позволил наглядно проследить процессы обмена данными, разрешения адресов и диагностики недоступности, что подтверждает корректность конфигурации сети и механизмов маршрутизации.