

РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ

Факультет физико-математических и естественных наук

Кафедра прикладной информатики и теории вероятностей

ОТЧЕТ

ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №6

дисциплина: Сетевые технологии

Студент: Сахно Никита

Группа: НФИбд-02-23

МОСКВА

2025 г.

Цель:

Изучить принципы распределения и настройки адресного пространства на устройствах сети.

Задания:

1. Разбиение сети на подсети
2. Настройка двойного стека адресации IPv4 и IPv6 в локальной сети
3. Задание для самостоятельного выполнения

Выполнение лабораторной работа:

№1

Разбиение IPv4-сети на подсети

1. Задана IPv4-сеть 172.16.20.0/24. Для заданной сети определим префикс, маску, broadcast-адрес, число возможных подсетей, диапазон адресов узлов.

Характеристика	Значение
Адрес сети	172.16.20.0/24
Префикс маски	/24
Маска	255.255.255.0
Broadcast-адрес	172.16.20.255/24
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

Разобьем сеть на 3 подсети с максимально возможным числом адресов узлов 126, 62, 62 соответственно:

Для первой подсети требуется 128 адресов (1 для адреса сети и 1 для широковещательного адреса). Для такого количества адресов маска подсети будет: 255.255.255.128 (префикс маски /25). Диапазон адресов будет: 172.16.20.1–172.16.20.126. Широковещательный адрес: 172.16.20.127.

Для следующих двух подсетей нам нужно $62 + 2 = 64$ адресов. Для такого количества адресов маска подсети будет: 255.255.255.192 (префикс маски /26).

Для первой из этих подсетей диапазон адресов будет: 172.16.20.129–172.16.20.190. Широковещательный адрес: 172.16.20.191.

Для второй подсети диапазон будет: 172.16.20.193–172.16.20.254.
Широковещательный адрес будет: 172.16.20.255.

2. Задана сеть 10.10.1.64/26. Для заданной сети определим префикс, маску, broadcast-адрес, число возможных подсетей, диапазон адресов узлов.

Характеристика	Значение
Адрес сети	10.10.1.64/26
Префикс маски	/26
Маска	255.255.255.192
Broadcast-адрес	10.10.1.127/26
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

Выделим в этой сети подсеть на 30 узлов. Запишем характеристики для выделенной подсети:

Для подсети на 30 узлов потребуется $30 + 2 = 32$ адреса, следовательно маска подсети будет: 255.255.255.224 (префикс маски /27). Диапазон адресов: 10.10.1.65 - 10.10.1.94. IP-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.

Характеристика	Значение
Адрес сети	10.10.1.0/26
Префикс маски	/26
Маска	255.255.255.192
Broadcast-адрес	10.10.1.63/26
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

Выделите в этой сети подсеть на 14 узлов. Запишите характеристики для выделенной подсети.

Для подсети на 14 узлов потребуется $14 + 2 = 16$ адресов, следовательно маска подсети будет: 255.255.255.240 (префикс маски /28). Диапазон адресов: 10.10.1.1-10.10.1.14. IP-адрес подсети: 10.10.1.0. Широковещательный адрес: 10.10.1.15.

Разбиение IPv6-сети на подсети

1. Задана сеть 2001:db8:c0de::/48. Охарактеризуем адрес, определим маску, префикс, диапазон адресов для узлов сети (краевые значения).

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:0000:0000:0000:0000:0000
Диапазон адресов узлов	0021:0db8:0cde:0000:0000:0000:0000:0000- 0021:0db8:0cde:ffff:ffff:ffff:ffff:ffff

Разобьем сеть на 2 подсети двумя способами — с использованием идентификатора подсети и с использованием идентификатора интерфейса.

С использованием идентификатора подсети:

Идентификатора подсети – это то, что следует за префиксом глобальной маршрутизации (48 бит). Рассчитаем его и получим, что для сети 2001:db8:c0de::/48 можно выделить следующие подсети:

2001:db8:c0de:0002::/64

2001:db8:c0de:0003::/64

С использованием идентификатора интерфейса:

Создадим 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: 0db8: c0de:0000:1000/68

2001: 0db8: c0de:0000:2000/68

2. Задана сеть 2a02:6b8::/64. Охарактеризуем адрес, определим маску, префикс, диапазон адресов для узлов сети (краевые значения).

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

Характеристика	Значение
Адрес сети	2a02:6b8::/64
Длина префикса	/64
Префикс	2a02:6b8:0:0
Маска	ffff:ffff:ffff:ffff:0000:0000:0000:0000
Диапазон адресов узлов	02a2:06b8:0000:0000:0000:0000:0000:0000- 02a2:06b8:0000:0000:ffff:ffff:ffff:ffff

Разобьем сеть на 2 подсети.

С использованием идентификатора интерфейса:

Создадим 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:

2a02:6b8::/68

2a02:6b8:0:0:1000::/68

№2

Для начала реализуем в GNS3 топологию сети данную в примере.

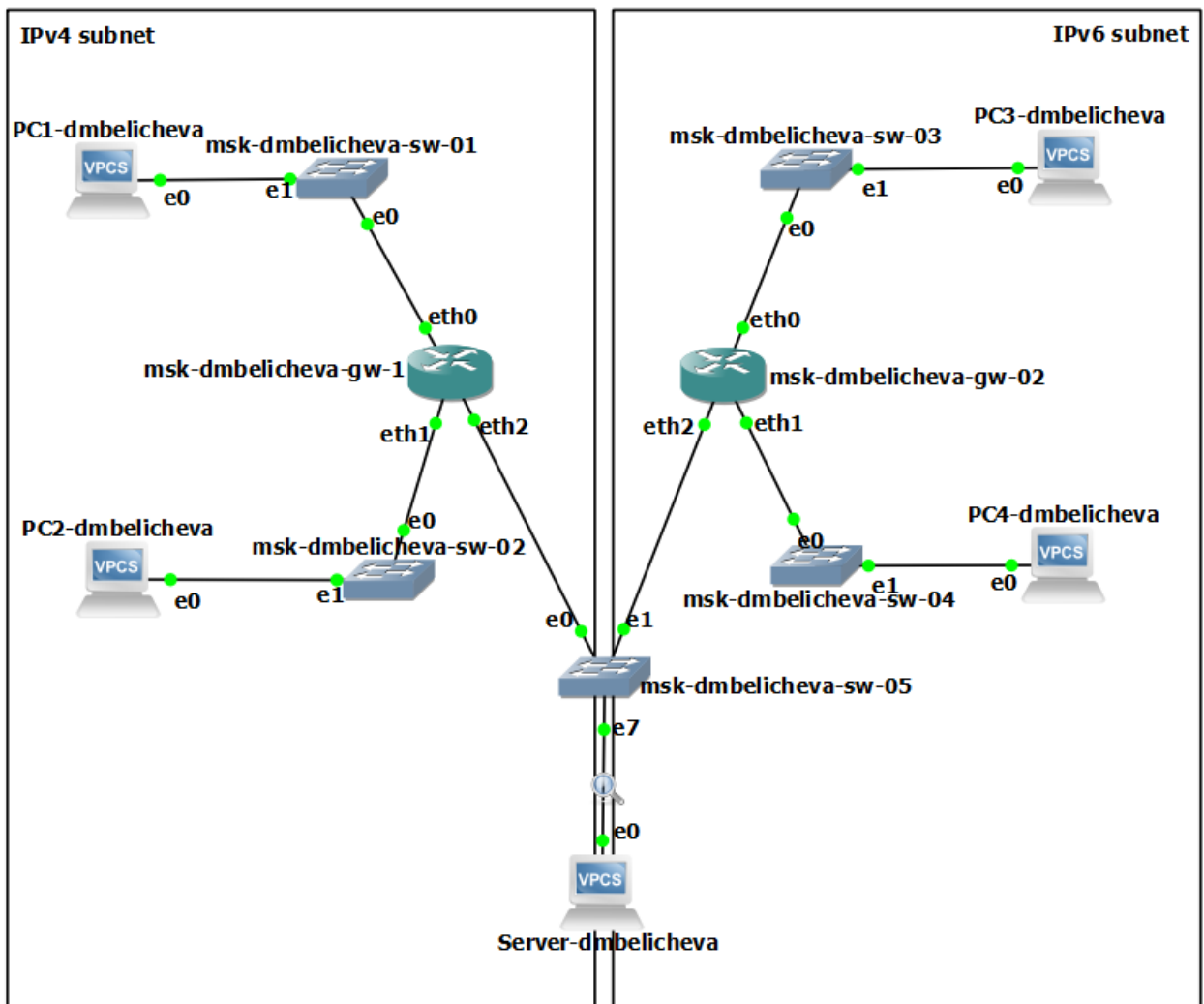


Рисунок 1. Топология сети с двумя локальными подсетями

Далее настроим IPv4-адресацию на устройствах первой подсети и проверим подключение между устройствами этой подсети.

Заходим в терминал PC1 и присвоим ему адрес 172.16.20.10/25 со шлюзом 172.16.20.1:


```
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            : 00:50:79:66:68:01
LPORT          : 20022
RHOST:PORT     : 127.0.0.1:20023
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          : 20022
RHOST:PORT     : 127.0.0.1:20023
MTU            : 1500
```

Рисунок 2. Настройка IPv4-адресации для PC1

Заходим в терминал PC2 и присвоим ему адрес 172.16.20.138/25 со шлюзом 172.16.20.129:

```

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            : 00:50:79:66:68:02
LPORT          : 20024
RHOST:PORT     : 127.0.0.1:20025
MTU            : 1500

VPCS> show ipv6

NAME           : VPCS[1]
LINK-LOCAL SCOPE : fe80::250:79ff:fe66:6802/64
GLOBAL SCOPE    :
DNS            :
ROUTER LINK-LAYER :
MAC            : 00:50:79:66:68:02
LPORT          : 20024
RHOST:PORT     : 127.0.0.1:20025
MTU            : 1500

```

Рисунок 3. Настройка IPv4-адресации для PC2

Заходим в терминал Server и присвоим ему адрес 64.100.1.10/24 со шлюзом 64.100.1.1:

```

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

```

Рисунок 4. Настройка IPv4-адресации для Server

Далее настроим IPv4-адресацию для интерфейсов локальной сети маршрутизатора VyOS msk-dmbelicheva-gw-01:

```
vyos@vyos:~$ configure
[edit]
vyos@vyos# exit
exit
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-dmbelicheva-gw-01
[edit]
vyos@vyos# compare
[edit system]
>host-name msk-dmbelicheva-gw-01
[edit]
vyos@vyos# commit
[edit]
vyos@vyos# save
Saving configuration to '/config/config.boot'...
Done
[edit]
vyos@vyos# exit
exit
vyos@vyos:~$ reboot
```

Рисунок 5. Присвоение хостнейма для маршрутизатора VyOS msk-dmbelicheva-gw-01

```
vyos@msk-dmbelicheva-gw-01:~$ configure
[edit]
vyos@msk-dmbelicheva-gw-01# show interfaces
  ethernet eth0 {
    hw-id 0c:54:c2:48:00:00
  }
  ethernet eth1 {
    hw-id 0c:54:c2:48:00:01
  }
  ethernet eth2 {
    hw-id 0c:54:c2:48:00:02
  }
  loopback lo {
  }
[edit]
vyos@msk-dmbelicheva-gw-01# set interfaces ethernet eth0 address 172.16.20.1/25
[edit]
vyos@msk-dmbelicheva-gw-01# set interfaces ethernet eth1 address 172.16.20.129/2
[edit]
vyos@msk-dmbelicheva-gw-01# set interfaces ethernet eth2 address 64.100.1.1/24
[edit]
```

Рисунок 6. Настройка IPv4-адресации для маршрутизатора VyOS msk-dmbelicheva-gw-01

Сохраним изменения и покажем, что IPv4-адреса присвоились:

```
vyos@msk-dmbelicheva-gw-01# compare
[edit interfaces ethernet eth0]
+address 172.16.20.1/25
[edit interfaces ethernet eth1]
+address 172.16.20.129/25
[edit interfaces ethernet eth2]
+address 64.100.1.1/24
[edit]
vyos@msk-dmbelicheva-gw-01# commit
[edit]
vyos@msk-dmbelicheva-gw-01# save
Saving configuration to '/config/config.boot'...
Done
[edit]
vyos@msk-dmbelicheva-gw-01# show interfaces
  ethernet eth0 {
    address 172.16.20.1/25
    hw-id 0c:54:c2:48:00:00
  }
  ethernet eth1 {
    address 172.16.20.129/25
    hw-id 0c:54:c2:48:00:01
  }
  ethernet eth2 {
    address 64.100.1.1/24
    hw-id 0c:54:c2:48:00:02
  }
  loopback lo {
  }
[edit]
```

Рисунок 7. Результат настройки IPv4-адресации

Проверим подключение с помощью команд `ping` и `trac`. Узлы PC1 и PC2 должны успешно отправлять эхо-запросы друг другу и на сервер с двойным стеком (Dual Stack Server).

Сначала отправим эхо-запросы с PC1 на PC2 и на Server. Пакеты получены назад. Значит все успешно подключилось.

```

VPCS> ping 172.16.20.138/25

84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=1 ttl=63 time=1.857 ms
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=2 ttl=63 time=2.696 ms
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=3 ttl=63 time=2.240 ms
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=4 ttl=63 time=3.007 ms
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=5 ttl=63 time=2.159 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    3.863 ms  1.909 ms  1.010 ms
 2  *172.16.20.138  7.044 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=2.115 ms
84 bytes from 64.100.1.10 icmp_seq=2 ttl=63 time=2.083 ms
84 bytes from 64.100.1.10 icmp_seq=3 ttl=63 time=2.262 ms
84 bytes from 64.100.1.10 icmp_seq=4 ttl=63 time=2.708 ms
84 bytes from 64.100.1.10 icmp_seq=5 ttl=63 time=1.931 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    1.452 ms  0.786 ms  0.853 ms
 2  *64.100.1.10   2.256 ms (ICMP type:3, code:3, Destination port unreachable)

```

Рисунок 8. Проверка подключения

Дальше отправим эхо-запросы с PC2 на PC1 и на Server. Пакеты получены назад. Значит все успешно подключилось.

```

VPCS> ping 172.16.20.10/25

84 bytes from 172.16.20.10 icmp_seq=1 ttl=63 time=1.852 ms
84 bytes from 172.16.20.10 icmp_seq=2 ttl=63 time=2.397 ms
84 bytes from 172.16.20.10 icmp_seq=3 ttl=63 time=2.469 ms
84 bytes from 172.16.20.10 icmp_seq=4 ttl=63 time=1.886 ms
84 bytes from 172.16.20.10 icmp_seq=5 ttl=63 time=2.240 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   1.411 ms  1.197 ms  0.977 ms
 2  *172.16.20.10   6.070 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=2.755 ms
84 bytes from 64.100.1.10 icmp_seq=2 ttl=63 time=1.697 ms
84 bytes from 64.100.1.10 icmp_seq=3 ttl=63 time=2.471 ms
84 bytes from 64.100.1.10 icmp_seq=4 ttl=63 time=1.827 ms
84 bytes from 64.100.1.10 icmp_seq=5 ttl=63 time=7.117 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   1.259 ms  0.485 ms  0.765 ms
 2  *64.100.1.10    1.526 ms (ICMP type:3, code:3, Destination port unreachable)

```

Рисунок 9. Проверка подключения

Аналогично настройке IPv4-адресации настроим IPv6-адресацию сначала для интерфейсов узлов PC3, PC4, Server:

```
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:fe66:6800/64
GLOBAL SCOPE        : 2001:db8:c0de:12::a/64
DNS                  :
ROUTER LINK-LAYER   : 0c:19:22:13:00:00
MAC                  : 00:50:79:66:68:00
LPORT                : 20034
RHOST:PORT           : 127.0.0.1:20035
MTU:                 : 1500
```

Рисунок 10. Настройка IPv6-адресации для PC1

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

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                : 20036
RHOST:PORT           : 127.0.0.1:20037
MTU:                 : 1500
```

Рисунок 11. Настройка IPv6-адресации для PC2

```

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

```

Рисунок 12. Настройка IPv6-адресации для Server

Потом настроим IPv6-адресацию для интерфейсов локальной сети маршрутизатора VyOS msk-dmbelicheva-gw-02:

```

vyos@msk-dmbelicheva-gw-02:~$ configure
[edit]
2::1/64k-dmbelicheva-gw-02# set interfaces ethernet eth0 address 2001:db8:c0de:1
[edit]
:db8:c0de:12::/64eva-gw-02# set service router-advert interface eth0 prefix 2001
[edit]
3::1/64k-dmbelicheva-gw-02# set interfaces ethernet eth1 address 2001:db8:c0de:1
[edit]
:db8:c0de:13::/64eva-gw-02# set service router-advert interface eth1 prefix 2001
[edit]
1::1/64k-dmbelicheva-gw-02# set interfaces ethernet eth2 address 2001:db8:c0de:1
[edit]
:db8:c0de:11::/64eva-gw-02# set service router-advert interface eth2 prefix 2001
[edit]

```

Рисунок 13. Настройка IPv6-адресации для маршрутизатора VyOS msk-dmbelicheva-gw-02

Сохраним изменения и покажем, что IPv6-адреса присвоились:

```
vyos@msk-dmbelicheva-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]
+router-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-dmbelicheva-gw-02# commit
[edit]
vyos@msk-dmbelicheva-gw-02# save
Saving configuration to '/config/config.boot'...
Done
[edit]
```

Рисунок 14. Настройка IPv6-адресации для маршрутизатора VyOS msk-dmbelicheva-gw-02

```
vyos@msk-dmbelicheva-gw-02# show interfaces
ethernet eth0 {
    address dhcp
    address 2001:db8:c0de:12::1/64
    hw-id 0c:19:22:13:00:00
}
ethernet eth1 {
    address 2001:db8:c0de:13::1/64
    hw-id 0c:19:22:13:00:01
}
ethernet eth2 {
    address 2001:db8:c0de:11::1/64
    hw-id 0c:19:22:13:00:02
}
loopback lo {
}
[edit]
```

Рисунок 15. Результат настройки IPv6-адресации

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

Сначала отправим эхо-запросы с PC3 на PC4 и на Server. Пакеты получены назад. Значит все успешно подключилось.

```
VPCS> ping 2001:db8:c0de:13::a/64

2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=1 ttl=62 time=2.680 ms
2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=2 ttl=62 time=1.038 ms
2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=3 ttl=62 time=0.911 ms
2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=4 ttl=62 time=1.016 ms
2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=5 ttl=62 time=0.904 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    0.576 ms   0.307 ms   0.301 ms
 2 2001:db8:c0de:13::a    0.718 ms   0.683 ms   0.708 ms

VPCS> ping 2001:db8:c0de:11::a/64

2001:db8:c0de:11::a icmp6_seq=1 ttl=62 time=3.328 ms
2001:db8:c0de:11::a icmp6_seq=2 ttl=62 time=0.858 ms
2001:db8:c0de:11::a icmp6_seq=3 ttl=62 time=0.960 ms
2001:db8:c0de:11::a icmp6_seq=4 ttl=62 time=0.902 ms
2001:db8:c0de:11::a icmp6_seq=5 ttl=62 time=1.142 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    1.233 ms   1.648 ms   1.384 ms
 2 2001:db8:c0de:11::a    3.507 ms   4.043 ms   2.331 ms
```

Рисунок 16. Проверка подключения

Дальше отправим эхо-запросы с PC4 на PC3 и на Server. Пакеты получены назад. Значит все успешно подключилось.

```

VPCS> ping 2001:db8:c0de:12::a/64

2001:db8:c0de:12::a icmp6_seq=1 ttl=62 time=3.337 ms
2001:db8:c0de:12::a icmp6_seq=2 ttl=62 time=1.045 ms
2001:db8:c0de:12::a icmp6_seq=3 ttl=62 time=0.922 ms
2001:db8:c0de:12::a icmp6_seq=4 ttl=62 time=1.026 ms
2001:db8:c0de:12::a icmp6_seq=5 ttl=62 time=1.050 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    1.139 ms  0.698 ms  0.529 ms
 2 2001:db8:c0de:12::a    2.237 ms  1.253 ms  1.124 ms

VPCS> ping 2001:db8:c0de:11::a/64

2001:db8:c0de:11::a icmp6_seq=1 ttl=62 time=6.115 ms
2001:db8:c0de:11::a icmp6_seq=2 ttl=62 time=2.060 ms
2001:db8:c0de:11::a icmp6_seq=3 ttl=62 time=2.842 ms
2001:db8:c0de:11::a icmp6_seq=4 ttl=62 time=1.703 ms
2001:db8:c0de:11::a icmp6_seq=5 ttl=62 time=1.682 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    2.368 ms  0.816 ms  1.162 ms
 2 2001:db8:c0de:11::a    5.696 ms  2.329 ms  2.096 ms

```

Рисунок 17. Проверка подключения

Убедимся, что устройства из подсети IPv4 не доступны для устройств из подсети IPv6 и наоборот. Только сервер двойного стека может обращаться к устройствам обеих подсетей.

Из терминала PC4 проверяем что PC1 недоступен:

```

VPCS> ping 172.16.20.10/25

host (172.16.20.10) not reachable

```

Рисунок 18. Пингование PC1

Из терминала PC1 проверяем что PC3 недоступен:

```

VPCS> ping 2001:db8:c0de:12::a/64

host (2001:db8:c0de:12::a) not reachable

```

Рисунок 19. Пингование PC3

Посмотрим захваченный на соединении сервера двойного стека адресации с коммутатором трафик ARP, ICMP, ICMPv6.

1	0.000000	::	ff02::2	ICMPv6	62 Router Solicitation
2	22.896347	Private_66:68:04	Broadcast	ARP	64 Gratuitous ARP for 64.100.1.10 (Request)
3	23.897559	Private_66:68:04	Broadcast	ARP	64 Gratuitous ARP for 64.100.1.10 (Request)
4	24.898029	Private_66:68:04	Broadcast	ARP	64 Gratuitous ARP for 64.100.1.10 (Request)
5	213.137930	::	ff02::16	ICMPv6	130 Multicast Listener Report Message v2
6	213.561219	::	ff02::1:ff48:2	ICMPv6	86 Neighbor Solicitation for fe80::e54:c2ff:fe48:2
7	214.127888	::	ff02::16	ICMPv6	130 Multicast Listener Report Message v2
8	214.581386	fe80::e54:c2ff:fe48...	ff02::16	ICMPv6	150 Multicast Listener Report Message v2
9	214.583903	fe80::e54:c2ff:fe48...	ff02::16	ICMPv6	90 Multicast Listener Report Message v2
10	215.410147	fe80::e54:c2ff:fe48...	ff02::16	ICMPv6	90 Multicast Listener Report Message v2
11	215.411477	fe80::e54:c2ff:fe48...	ff02::16	ICMPv6	150 Multicast Listener Report Message v2
12	1368.782898	::	ff02::16	ICMPv6	130 Multicast Listener Report Message v2
13	1369.203577	::	ff02::16	ICMPv6	130 Multicast Listener Report Message v2
14	1369.596014	::	ff02::1:ff48:2	ICMPv6	86 Neighbor Solicitation for fe80::e54:c2ff:fe48:2
15	1370.641904	fe80::e54:c2ff:fe48...	ff02::16	ICMPv6	150 Multicast Listener Report Message v2
16	1370.644427	fe80::e54:c2ff:fe48...	ff02::16	ICMPv6	90 Multicast Listener Report Message v2


```

> Frame 2: 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)
    Address: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)
    .... 1. .... = LG bit: Locally administered address (this is NOT the factory default)
    .... 1. .... = IG bit: Group address (multicast/broadcast)
  ▼ Source: Private_66:68:04 (00:50:79:66:68:04)
    Address: Private_66:68:04 (00:50:79:66:68:04)
    .... 0. .... = LG bit: Globally unique address (factory default)
    .... 0. .... = IG bit: Individual address (unicast)
    Type: ARP (0x0806)
    Padding: 00000000000000000000000000000000
    Frame check sequence: 0x00000000 [unverified]
    [FCS Status: Unverified]
  ▼ Address Resolution Protocol (request/gratuitous ARP)
    Hardware type: Ethernet (1)
    Protocol type: IPv4 (0x0800)
    Hardware size: 6
    Protocol size: 4
    Opcode: request (1)
    [Is gratuitous: True]
    Sender MAC address: Private_66:68:04 (00:50:79:66:68:04)
    Sender IP address: 64.100.1.10

```

Рисунок 20. Захваченный трафик по протоколу ARP

На физическом уровне может узнать, например, длину кадра. На канальной уровне можем узнать mac-адреса источника и получателя (в этом случае mac-адрес получателя локально администрируемый и широковещательный, а у источника — глобально уникальный и индивидуальный). 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.

28	3925.303773	172.16.20.138	64.100.1.10	ICMP	98 Echo (ping) request	id=0xd2ad, seq=1/256, ttl=63 (reply in 29)
29	3925.303855	64.100.1.10	172.16.20.138	ICMP	98 Echo (ping) reply	id=0xd2ad, seq=1/256, ttl=64 (request in 28)
30	3926.306561	172.16.20.138	64.100.1.10	ICMP	98 Echo (ping) request	id=0xd3ad, seq=2/512, ttl=63 (reply in 31)
31	3926.306725	64.100.1.10	172.16.20.138	ICMP	98 Echo (ping) reply	id=0xd3ad, seq=2/512, ttl=64 (request in 30)
32	3927.309953	172.16.20.138	64.100.1.10	ICMP	98 Echo (ping) request	id=0xd4ad, seq=3/768, ttl=63 (reply in 33)
33	3927.310144	64.100.1.10	172.16.20.138	ICMP	98 Echo (ping) reply	id=0xd4ad, seq=3/768, ttl=64 (request in 32)
34	3928.312543	172.16.20.138	64.100.1.10	ICMP	98 Echo (ping) request	id=0xd5ad, seq=4/1024, ttl=63 (reply in 35)
35	3928.312856	64.100.1.10	172.16.20.138	ICMP	98 Echo (ping) reply	id=0xd5ad, seq=4/1024, ttl=64 (request in 34)
36	3929.316247	172.16.20.138	64.100.1.10	ICMP	98 Echo (ping) request	id=0xd6ad, seq=5/1280, ttl=63 (reply in 37)
37	3929.316619	64.100.1.10	172.16.20.138	ICMP	98 Echo (ping) reply	id=0xd6ad, seq=5/1280, ttl=64 (request in 36)
38	3946.774683	172.16.20.138	64.100.1.10	UDP	106 20145 → 20146 Len=64	
39	3946.774921	64.100.1.10	172.16.20.138	ICMP	86 Destination unreachable (Port unreachable)	
40	3946.778794	172.16.20.138	64.100.1.10	UDP	106 20145 → 20146 Len=64	

```

> Frame 28: 98 bytes on wire (784 bits), 98 bytes captured (784 bits) on interface -, id 0
> Ethernet II, Src: 0c:54:c2:48:00:02 (0c:54:c2:48:00:02), Dst: Private_66:68:04 (00:50:79:66:68:04)
  Internet Protocol Version 4, Src: 172.16.20.138, Dst: 64.100.1.10
    0100 .... = Version: 4
    .... 0101 = Header Length: 20 bytes (5)
    Differentiated Services Field: 0x00 (DSCP: CS0, ECN: Not-ECT)
      0000 00.. = Differentiated Services Codepoint: Default (0)
      .... ..00 = Explicit Congestion Notification: Not ECN-Capable Transport (0)
    Total Length: 84
    Identification: 0xadd2 (44498)
    000. .... = Flags: 0x0
    ...0 0000 0000 0000 = Fragment Offset: 0
    Time to Live: 63
    Protocol: ICMP (1)
    Header Checksum: 0xcbce [validation disabled]
    [Header checksum status: Unverified]
    Source Address: 172.16.20.138
    Destination Address: 64.100.1.10
  Internet Control Message Protocol
    Type: 8 (Echo (ping) request)
    Code: 0
    Checksum: 0xd5d [correct]
    [Checksum Status: Good]

```

Рисунок 21. Захваченный трафик по протоколу ICMP

Информация по физическому и канальному уровням здесь аналогична в случае протокола ARP. Здесь у нас добавляется сетевой уровень с протоколом IPv4, откуда мы можем узнать IP-адреса источника (172.16.20.138 – PC2) и получателя (64.100.1.10 - Server). И дальше собственно идет протокол ICMP.

5	213.137930	::	ff02::16	ICMPv6	130 Multicast Listener Report Message v2
6	213.561219	::	ff02::1:ff48:2	ICMPv6	86 Neighbor Solicitation for fe80::e54:c2ff:fe48:2
7	214.127888	::	ff02::16	ICMPv6	130 Multicast Listener Report Message v2
8	214.581386	fe80::e54:c2ff:fe48...	ff02::16	ICMPv6	150 Multicast Listener Report Message v2
9	214.583903	fe80::e54:c2ff:fe48...	ff02::16	ICMPv6	90 Multicast Listener Report Message v2
10	215.410147	fe80::e54:c2ff:fe48...	ff02::16	ICMPv6	90 Multicast Listener Report Message v2
11	215.411477	fe80::e54:c2ff:fe48...	ff02::16	ICMPv6	150 Multicast Listener Report Message v2
12	1368.782898	::	ff02::16	ICMPv6	130 Multicast Listener Report Message v2
13	1369.203577	::	ff02::16	ICMPv6	130 Multicast Listener Report Message v2
14	1369.596014	::	ff02::1:ff48:2	ICMPv6	86 Neighbor Solicitation for fe80::e54:c2ff:fe48:2
15	1370.641904	fe80::e54:c2ff:fe48...	ff02::16	ICMPv6	150 Multicast Listener Report Message v2
16	1370.644427	fe80::e54:c2ff:fe48...	ff02::16	ICMPv6	90 Multicast Listener Report Message v2

Internet Protocol Version 6, Src: ::, Dst: ff02::16

0110 = Version: 6

> 0000 0000 = Traffic Class: 0x00 (DSCP: CS0, ECN: Not-ECT)

.... 0000 0000 0000 0000 = Flow Label: 0x000000

Payload Length: 76

Next Header: IPv6 Hop-by-Hop Option (0)

Hop Limit: 1

Source Address: ::

Destination Address: ff02::16

IPv6 Hop-by-Hop Option

Next Header: ICMPv6 (58)

Length: 0

[Length: 8 bytes]

> Router Alert

> PadN

Internet Control Message Protocol v6

Type: Multicast Listener Report Message v2 (143)

Code: 0

Checksum: 0x6909 [correct]

[Checksum Status: Good]

Reserved: 0000

Number of Multicast Address Records: 3

Рисунок 22. Захваченный трафик по протоколу ICMPv6

Здесь все аналогично случаю с протоколом ICMP только теперь на сетевом уровне идет протокол IPv6, а после протокол ICMPv6.

№3

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

– подсеть 1: 10.10.1.96/27 (длина префикса 27 => маска подсети будет: 255.255.255.224, широковещательный адрес: 10.10.1.127, диапазон: 10.10.1.97-10.10.1.126); 2001:DB8:1:1::/64(диапазон: 2001: db8:1:1:0:0:0:0-2001: db8:1:1:ffff:ffff: ffff:fffff);

– подсеть 2: 10.10.1.16/28 (длина префикса 28 => маска подсети будет: 255.255.255.240, широковещательный адрес: 10.10.1.31, диапазон адресов: 10.10.1.17- 10.10.1.30); 2001:DB8:1:4::/64(диапазон: 2001: db8:1:4:0:0:0:0-2001: db8:1:4:ffff:ffff: ffff:fffff).

Нужно предложить вариант таблицы адресации для заданной топологии и адресного пространства, причём для интерфейсов маршрутизатора выбрать наименьший адрес в подсети:

Таблица 1. Таблица адресации

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	eth 0	10.10.1.97/27	2001:db8:1:1::1/64	
gw-01	eth 1	10.10.1.17/28	2001:db8:1:4::1/64	

Реализация топологии сети в GNS3:

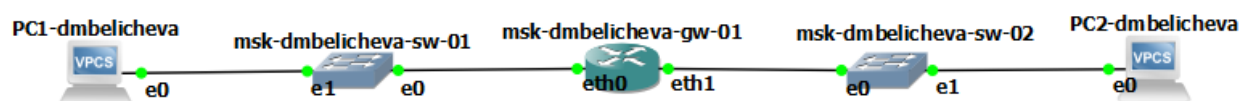


Рисунок 23. Топология сети с двумя локальными подсетями

Настроим IP-адресацию на маршрутизаторе VyOS и конечных устройствах, причём на интерфейсах маршрутизатора установить наименьший адрес в подсети

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

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

VPCS> show ip

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

Рисунок 24. Настройка IPv4-адресации PC1

```
VPCS> ip 2001:DB8:1:1::a/64
PC1 : 2001:db8:1:1::a/64

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

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
```

Рисунок 25. Настройка IPv6-адресации PC1

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

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

VPCS> show ip

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

Рисунок 26. Настройка IPv4-адресации PC2

```
VPCS> ip 2001:DB8:1:4::a/64
PC1 : 2001:db8:1:4::a/64

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

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
```

Рисунок 27. Настройка IPv6-адресации PC2

```
vyos@vyos:~$ configure
[edit]
vyos@vyos# set interfaces ethernet eth0 address 10.10.1.97/27
[edit]
vyos@vyos# set interfaces ethernet eth1 address 10.10.1.17/28
[edit]
vyos@vyos# compare
[edit interfaces ethernet eth0]
+address 10.10.1.97/27
[edit interfaces ethernet eth1]
+address 10.10.1.17/28
[edit]
vyos@vyos# commit
```

Рисунок 28. Настройка IPv4-адресации маршрутизатора


```

vyos@vyos# set service router-advert interface eth0 prefix 2001:DB8:1:1::/64
[edit]
vyos@vyos# set interfaces ethernet eth1 address 2001:DB8:1:4::1/64
[edit]
vyos@vyos# set service router-advert interface eth1 prefix 2001:DB8:1:4::/64
[edit]
vyos@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 {
+    }
+  }
+  interface eth1 {
+    prefix 2001:DB8:1:4::/64 {
+    }
+  }
+}
[edit]

```

Рисунок 29. Настройка IPv6-адресации маршрутизатора

```

vyos@vyos# show interfaces
  ethernet eth0 {
    address 10.10.1.97/27
    address 2001:DB8:1:1::1/64
    hw-id 0c:cc:c8:78:00:00
  }
  ethernet eth1 {
    address 10.10.1.17/28
    address 2001:DB8:1:4::1/64
    hw-id 0c:cc:c8:78:00:01
  }
  ethernet eth2 {
    hw-id 0c:cc:c8:78:00:02
  }
  loopback lo {
  }
[edit]

```

Рисунок 30. Результат настройки адресации маршрутизатора

Проверим подключение между устройствами подсети с помощью команд ping и trace. Увидим, что пакеты получены назад, значит подключение успешно.

```
VPCS> ping 10.10.1.18/28

84 bytes from 10.10.1.18 icmp_seq=1 ttl=63 time=6.171 ms
84 bytes from 10.10.1.18 icmp_seq=2 ttl=63 time=2.151 ms
84 bytes from 10.10.1.18 icmp_seq=3 ttl=63 time=3.729 ms
84 bytes from 10.10.1.18 icmp_seq=4 ttl=63 time=2.384 ms
84 bytes from 10.10.1.18 icmp_seq=5 ttl=63 time=2.099 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   3.011 ms  1.307 ms  1.184 ms
 2  *10.10.1.18  3.684 ms (ICMP type:3, code:3, Destination port unreachable)

VPCS> ping 2001:db8:1:4::a/64

2001:db8:1:4::a icmp6_seq=1 ttl=62 time=4.198 ms
2001:db8:1:4::a icmp6_seq=2 ttl=62 time=2.493 ms
2001:db8:1:4::a icmp6_seq=3 ttl=62 time=2.131 ms
2001:db8:1:4::a icmp6_seq=4 ttl=62 time=2.380 ms
2001:db8:1:4::a icmp6_seq=5 ttl=62 time=2.756 ms

VPCS> trace 2001:db8:1:4::a/64
trace to 2001:db8:1:4::a, 64 hops max
 1 2001:db8:1:1::1 2.600 ms 2.605 ms 0.849 ms
 2 2001:db8:1:4::a 3.427 ms 2.330 ms 1.792 ms
```

Рисунок 31. Проверка подключения

```
VPCS> ping 10.10.1.99/27

84 bytes from 10.10.1.99 icmp_seq=1 ttl=63 time=2.616 ms
84 bytes from 10.10.1.99 icmp_seq=2 ttl=63 time=2.605 ms
84 bytes from 10.10.1.99 icmp_seq=3 ttl=63 time=2.676 ms
84 bytes from 10.10.1.99 icmp_seq=4 ttl=63 time=2.080 ms
84 bytes from 10.10.1.99 icmp_seq=5 ttl=63 time=1.982 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   1.378 ms  0.961 ms  1.872 ms
 2  *10.10.1.99  2.338 ms (ICMP type:3, code:3, Destination port unreachable)

VPCS> ping 2001:db8:1:1::a/64

2001:db8:1:1::a icmp6_seq=1 ttl=62 time=9.335 ms
2001:db8:1:1::a icmp6_seq=2 ttl=62 time=2.286 ms
2001:db8:1:1::a icmp6_seq=3 ttl=62 time=2.140 ms
2001:db8:1:1::a icmp6_seq=4 ttl=62 time=2.351 ms
2001:db8:1:1::a icmp6_seq=5 ttl=62 time=2.587 ms

VPCS> trace 2001:db8:1:1::a/64
trace to 2001:db8:1:1::a, 64 hops max
 1 2001:db8:1:4::1 1.540 ms 0.898 ms 2.282 ms
 2 2001:db8:1:1::a 3.782 ms 3.344 ms 2.025 ms
```

Рисунок 32. Проверка подключения

Выводы:

В процессе выполнения данной лабораторной работы я изучил принципы распределения и настройки адресного пространства на устройствах сети.