

Отчёт по лабораторной работе 7

Адресация IPv4 и IPv6. Настройка DHCP

Гафоров Нурмухаммад

Содержание

1 Введение	5
1.1 Цель работы	5
2 Ход выполнения	6
2.1 Создание проекта и развертывание топологии в GNS3	6
2.2 Установка и настройка VyOS	7
2.3 Настройка интерфейса и DHCP-сервера	7
2.4 Получение IPv4-адреса по DHCP на клиенте PC1	8
2.5 Проверка конфигурации и связности	9
2.6 Статистика DHCP-сервера	10
2.7 Журнал работы DHCP	11
2.8 Анализ DHCP-трафика в Wireshark	11
2.9 Дополнение топологии и подготовка рабочей среды	12
2.10 Настройка IPv6-адресации на маршрутизаторе	13
2.11 Настройка Router Advertisements и DHCPv6 Stateless	14
2.12 Проверка IPv6-параметров на узле PC2	16
2.13 Проверка настроек DNS	17
2.14 Запрос параметров через DHCPv6	18
2.15 Проверка статистики DHCPv6-сервера на маршрутизаторе	20
2.16 Анализ DHCPv6-трафика в Wireshark	21
2.17 Настройка DHCPv6 Stateful на маршрутизаторе	22
2.18 Проверка начальных параметров на узле PC3	22
2.19 Получение IPv6-адреса по DHCPv6 Stateful	23
2.20 Повторная проверка состояния интерфейса и маршрутизации	24
2.21 Просмотр таблицы аренд DHCPv6 на маршрутизаторе	25
2.22 Анализ DHCPv6-трафика в Wireshark	26
3 Вывод	28

Список иллюстраций

2.1 Топология сети в GNS3	6
2.2 Настройка имени устройства и домена	7
2.3 Настройка DHCP сервера	8
2.4 Получение IP по DHCP на PC1	9
2.5 Просмотр IP-конфигурации на PC1	10
2.6 Статистика DHCP-сервера	10
2.7 Журнал DHCP	11
2.8 DHCP-пакеты в Wireshark	12
2.9 Топология сети	13
2.10 Настройка IPv6 интерфейсов	14
2.11 Настройка DHCPv6 Stateless	15
2.12 Конфигурация DHCPv6 Stateless	16
2.13 Начальные IPv6 параметры на PC2	17
2.14 Первичное содержимое resolv.conf	18
2.15 Работа DHCPv6 клиента	19
2.16 Обновлённый resolv.conf	20
2.17 Статистика DHCPv6	20
2.18 DHCPv6 трафик в Wireshark	21
2.19 Настройка DHCPv6 Stateful	22
2.20 Начальные параметры PC3	23
2.21 Процесс DHCPv6 на PC3	24
2.22 Интерфейс и маршрутизация после получения адреса	25
2.23 Аренды DHCPv6	26
2.24 Трафик DHCPv6 Stateful	27

Список таблиц

1 Введение

1.1 Цель работы

Получение навыков настройки службы DHCP на сетевом оборудовании для распределения адресов IPv4 и IPv6.

2 Ход выполнения

2.1 Создание проекта и развертывание топологии в GNS3

В **GNS3** был создан новый проект. На рабочее поле добавлены устройства: маршрутизатор **ngaforov-gw-01**, коммутатор **ngaforov-sw-01** и хост **PC1-ngaforov**. Устройства соединены в соответствии с заданной топологией.

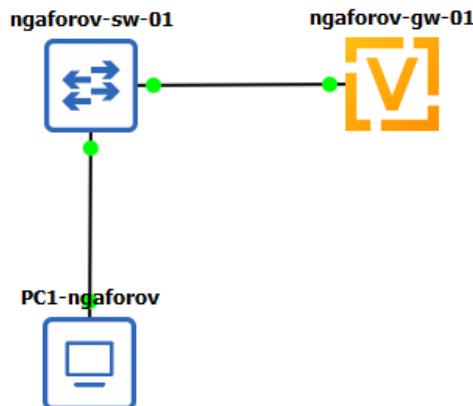


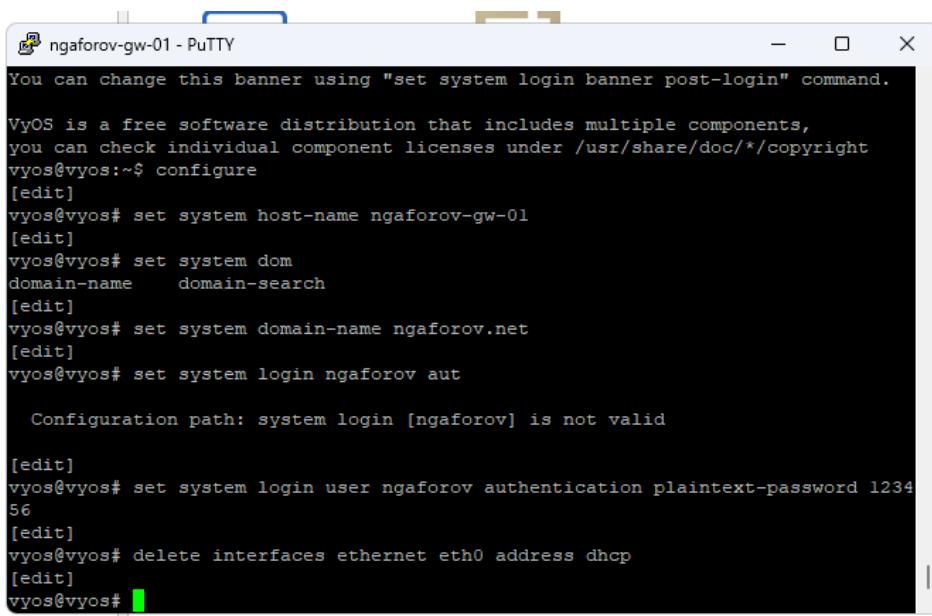
Рис. 2.1: Топология сети в GNS3

Названия устройств приведены к требуемому формату:
маршрутизатор – **ngaforov-gw-01**,
коммутатор – **ngaforov-sw-01**,
клиент – **PC1-ngaforov**.

На линке между коммутатором и маршрутизатором активирован захват пакетов.

2.2 Установка и настройка VyOS

На маршрутизаторе выполнена установка системы VyOS через мастер install image. После завершения установки устройство перезагружено. Затем маршрутизатор переведён в режим конфигурирования, задано имя хоста, доменное имя, создан пользователь **ngaforov** и удалён стандартный пользователь **vyos**.



```
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:~$ configure
[edit]
vyos@vyos# set system host-name ngaforov-gw-01
[edit]
vyos@vyos# set system dom
domain-name      domain-search
[edit]
vyos@vyos# set system domain-name ngaforov.net
[edit]
vyos@vyos# set system login ngaforov aut

    Configuration path: system login [ngaforov] is not valid

[edit]
vyos@vyos# set system login user ngaforov authentication plaintext-password 1234
56
[edit]
vyos@vyos# delete interfaces ethernet eth0 address dhcp
[edit]
vyos@vyos#
```

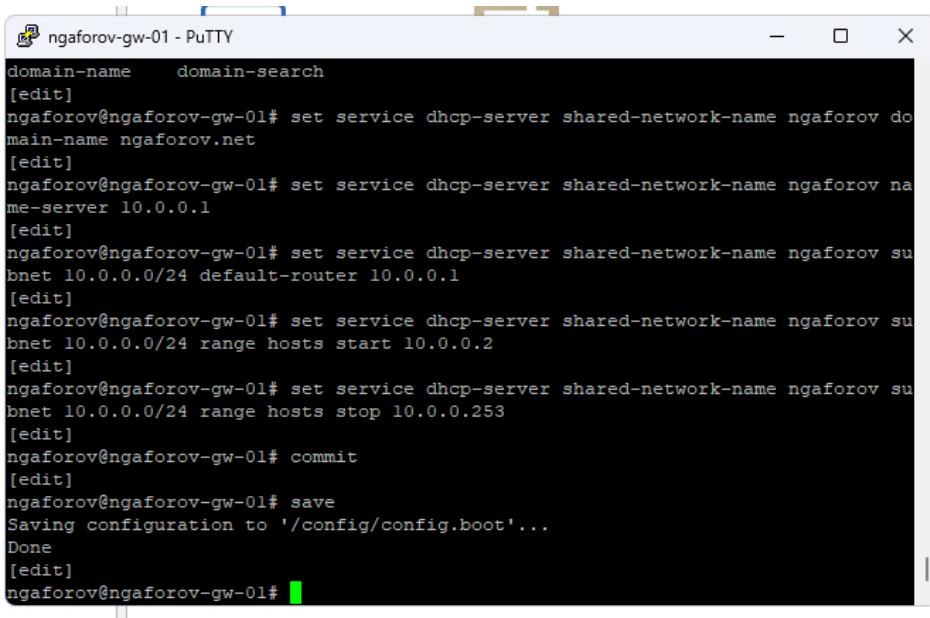
Рис. 2.2: Настройка имени устройства и домена

Настройки сохранены через commit и save.

2.3 Настройка интерфейса и DHCP-сервера

Интерфейсу eth0 маршрутизатора присвоен адрес **10.0.0.1/24**. После этого выполнена настройка DHCP-сервера: создана shared-network с именем **ngaforov**,

указано доменное имя, DNS-сервер, адрес маршрутизатора, а также диапазон адресов для выдачи клиентам — от **10.0.0.2** до **10.0.0.253**.



```
domain-name      domain-search
[edit]
ngaforov@ngaforov-gw-01# set service dhcp-server shared-network-name ngaforov do
main-name ngaforov.net
[edit]
ngaforov@ngaforov-gw-01# set service dhcp-server shared-network-name ngaforov na
me-server 10.0.0.1
[edit]
ngaforov@ngaforov-gw-01# set service dhcp-server shared-network-name ngaforov su
bnet 10.0.0.0/24 default-router 10.0.0.1
[edit]
ngaforov@ngaforov-gw-01# set service dhcp-server shared-network-name ngaforov su
bnet 10.0.0.0/24 range hosts start 10.0.0.2
[edit]
ngaforov@ngaforov-gw-01# set service dhcp-server shared-network-name ngaforov su
bnet 10.0.0.0/24 range hosts stop 10.0.0.253
[edit]
ngaforov@ngaforov-gw-01# commit
[edit]
ngaforov@ngaforov-gw-01# save
Saving configuration to '/config/config.boot'...
Done
[edit]
ngaforov@ngaforov-gw-01#
```

Рис. 2.3: Настройка DHCP сервера

Конфигурация сохранена.

2.4 Получение IPv4-адреса по DHCP на клиенте PC1

На хосте **PC1-ngaforov** выполнен запрос параметров через DHCP. На экране отображён полный DORA-цикл: Discover, Offer, Request, Ack. Клиент получил адрес **10.0.0.2/24**, шлюз **10.0.0.1**, DNS **10.0.0.1**, домен **ngaforov.net**.

```
5 PC1-ngaforov - PuTTY
Option 53: Message Type = Request
Option 54: DHCP Server = 10.0.0.1
Option 50: Requested IP Address = 10.0.0.2
Option 61: Client Identifier = Hardware Type=Ethernet MAC Address = 00:50:79:66:
68:00
Option 12: Host Name = PC1-ngaforov

Opcode: 2 (REPLY)
Client IP Address: 10.0.0.2
Your IP Address: 10.0.0.2
Server IP Address: 0.0.0.0
Gateway IP Address: 0.0.0.0
Client MAC Address: 00:50:79:66:68:00
Option 53: Message Type = Ack
Option 54: DHCP Server = 10.0.0.1
Option 51: Lease Time = 86400
Option 1: Subnet Mask = 255.255.255.0
Option 3: Router = 10.0.0.1
Option 6: DNS Server = 10.0.0.1
Option 15: Domain = ngaforov.net

IP 10.0.0.2/24 GW 10.0.0.1
PC1-ngaforov>
```

Рис. 2.4: Получение IP по DHCP на PC1

2.5 Проверка конфигурации и связности

Команда `show ip` вывела полную конфигурацию интерфейса, включая адрес, шлюз, аренду DHCP и MAC-адрес. Затем выполнена проверка доступности маршрутизатора командой `ping`, результат — два успешных ответа.

```

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

PC1-ngaforov> show ip

NAME      : PC1-ngaforov[1]
IP/MASK   : 10.0.0.2/24
GATEWAY   : 10.0.0.1
DNS       : 10.0.0.1
DHCP SERVER : 10.0.0.1
DHCP LEASE  : 86384, 86400/43200/75600
DOMAIN NAME : ngaforov.net
MAC        : 00:50:79:66:68:00
LPORT      : 10004
RHOST:PORT : 127.0.0.1:10005
MTU        : 1500

PC1-ngaforov> ping 10.0.0.1 -c 2
84 bytes from 10.0.0.1 icmp_seq=1 ttl=64 time=2.151 ms
84 bytes from 10.0.0.1 icmp_seq=2 ttl=64 time=1.472 ms

PC1-ngaforov>

```

Рис. 2.5: Просмотр IP-конфигурации на PC1

2.6 Статистика DHCP-сервера

На маршрутизаторе просмотрены текущие показатели DHCP-сервера и активные аренды. Пул содержит 252 возможных адреса, выдан один адрес – **10.0.0.2** хосту **PC1-ngaforov**.

```

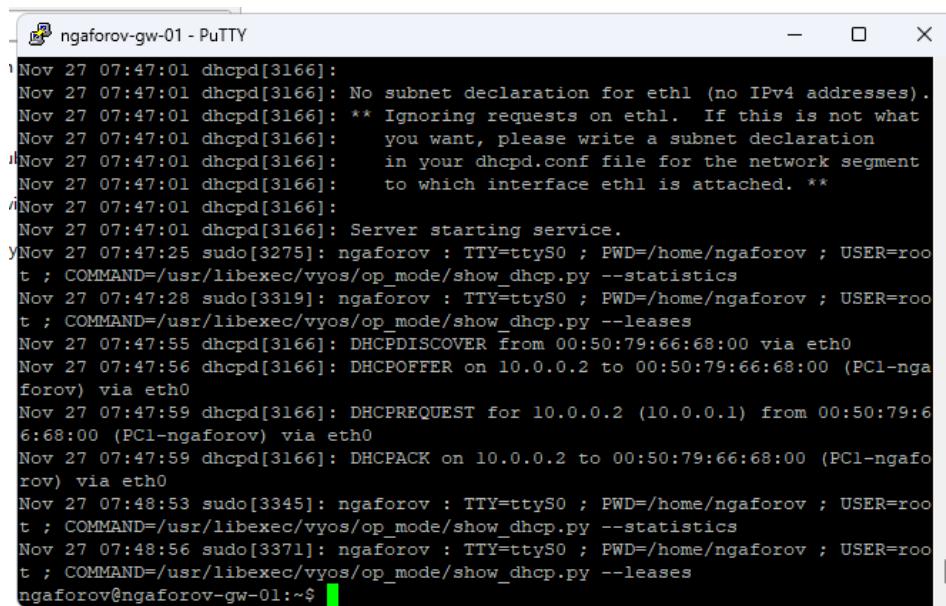
ngaforov@ngaforov-gw-01:~$ show dhcp server statistics
Pool      Size     Leases    Available   Usage
-----  -----
ngaforov  252       1        251  0%
ngaforov@ngaforov-gw-01:~$ show dhcp server leases
IP address  Hardware address  State      Lease start      Lease expiration
      Remaining      Pool      Hostname
-----  -----
10.0.0.2    00:50:79:66:68:00  active    2025/11/27 07:47:59  2025/11/28 07:47
:59  23:59:02      ngaforov  PC1-ngaforov
ngaforov@ngaforov-gw-01:~$ 

```

Рис. 2.6: Статистика DHCP-сервера

2.7 Журнал работы DHCP

Просмотр журнала работы DHCP показал корректную обработку клиентского запроса: DISCOVER → OFFER → REQUEST → ACK. Все записи соответствуют последовательности выдачи адреса.



```
Nov 27 07:47:01 dhcpcd[3166]: 
Nov 27 07:47:01 dhcpcd[3166]: No subnet declaration for eth1 (no IPv4 addresses).
Nov 27 07:47:01 dhcpcd[3166]: ** Ignoring requests on eth1. If this is not what
Nov 27 07:47:01 dhcpcd[3166]:      you want, please write a subnet declaration
Nov 27 07:47:01 dhcpcd[3166]:      in your dhcpcd.conf file for the network segment
Nov 27 07:47:01 dhcpcd[3166]:      to which interface eth1 is attached. **
Nov 27 07:47:01 dhcpcd[3166]: 
Nov 27 07:47:01 dhcpcd[3166]: Server starting service.
Nov 27 07:47:25 sudo[3275]: ngaforov : TTY=ttyS0 ; PWD=/home/ngaforov ; USER=root ; COMMAND=/usr/libexec/vyos/op_mode/show_dhcp.py --statistics
Nov 27 07:47:28 sudo[3319]: ngaforov : TTY=ttyS0 ; PWD=/home/ngaforov ; USER=root ; COMMAND=/usr/libexec/vyos/op_mode/show_dhcp.py --leases
Nov 27 07:47:55 dhcpcd[3166]: DHCPDISCOVER from 00:50:79:66:68:00 via eth0
Nov 27 07:47:56 dhcpcd[3166]: DHCPOFFER on 10.0.0.2 to 00:50:79:66:68:00 (PC1-ngaforov) via eth0
Nov 27 07:47:59 dhcpcd[3166]: DHCPREQUEST for 10.0.0.2 (10.0.0.1) from 00:50:79:66:68:00 (PC1-ngaforov) via eth0
Nov 27 07:47:59 dhcpcd[3166]: DHCPACK on 10.0.0.2 to 00:50:79:66:68:00 (PC1-ngaforov) via eth0
Nov 27 07:48:53 sudo[3345]: ngaforov : TTY=ttyS0 ; PWD=/home/ngaforov ; USER=root ; COMMAND=/usr/libexec/vyos/op_mode/show_dhcp.py --statistics
Nov 27 07:48:56 sudo[3371]: ngaforov : TTY=ttyS0 ; PWD=/home/ngaforov ; USER=root ; COMMAND=/usr/libexec/vyos/op_mode/show_dhcp.py --leases
ngaforov@ngaforov-gw-01:~$
```

Рис. 2.7: Журнал DHCP

2.8 Анализ DHCP-трафика в Wireshark

В Wireshark зафиксированы основные пакеты DHCP, включая Offer и Ack, а также ARP-запросы клиента, подтверждающие отсутствие конфликта IP-адресов. Пакеты отображают полный процесс назначения IP-адреса клиенту.

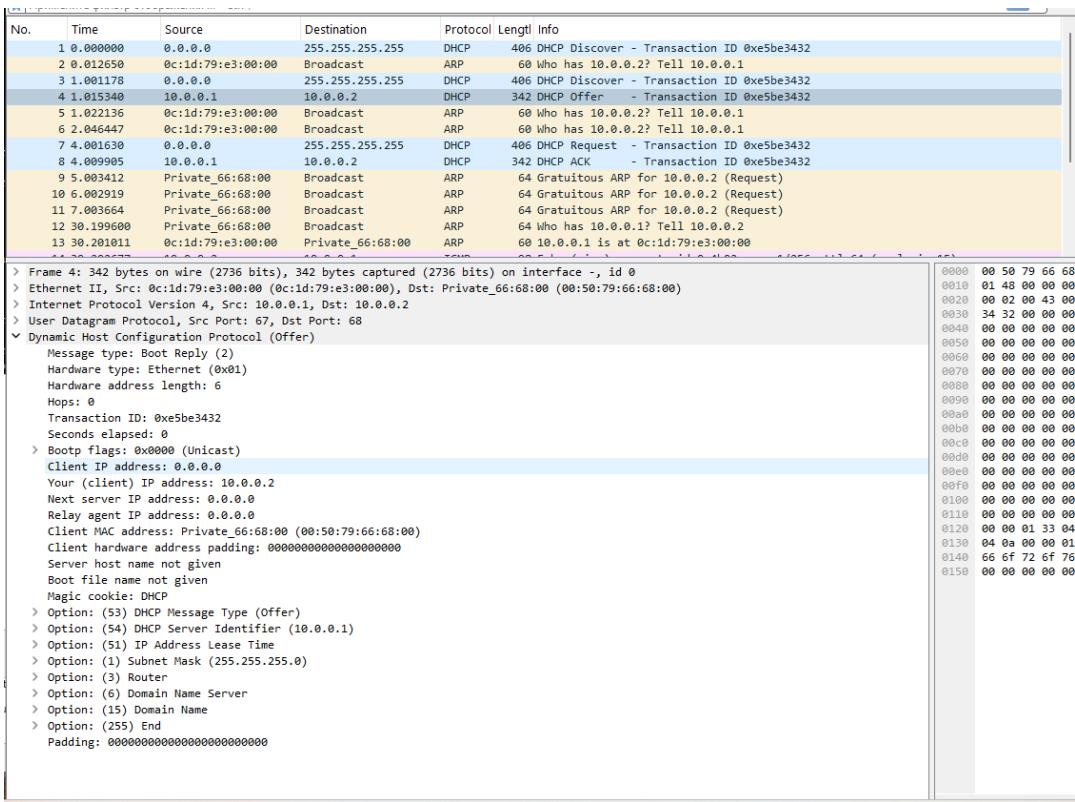


Рис. 2.8: DHCP-пакеты в Wireshark

2.9 Дополнение топологии и подготовка рабочей среды

В существующий проект GNS3 была добавлена расширенная топология, включающая дополнительные коммутаторы **ngaforov-sw-02**, **ngaforov-sw-03**, а также клиентский хост **PC2-ngaforov** на базе Kali Linux CLI, поскольку VPCS не поддерживает протокол DHCPv6. Все устройства были соединены в соответствии с требуемой схемой.

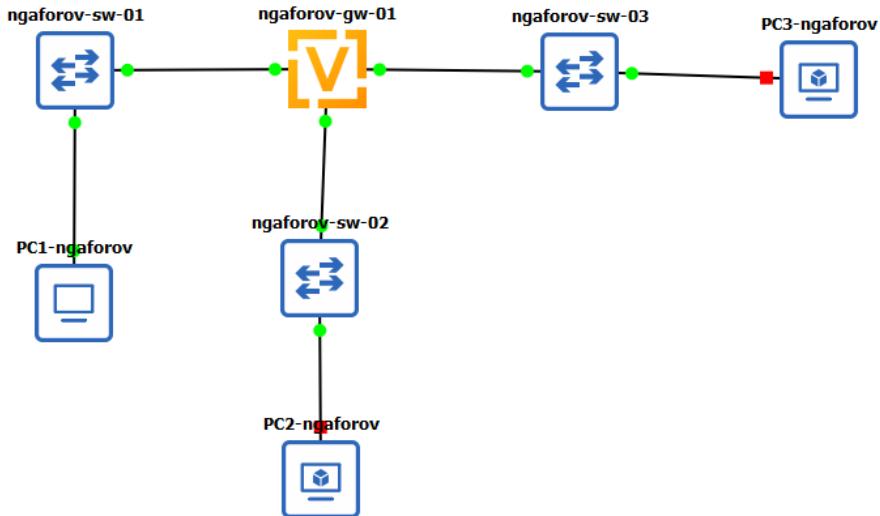


Рис. 2.9: Топология сети

Все устройства были переименованы в соответствии с правилами: - маршрутизатор: **ngaforov-gw-01**

- коммутаторы: **ngaforov-sw-01, ngaforov-sw-02, ngaforov-sw-03**
- клиенты: **PC1-ngaforov, PC2-ngaforov, PC3-ngaforov**

На соединениях между маршрутизатором и коммутаторами **sw-02** и **sw-03** был включён захват трафика.

2.10 Настройка IPv6-адресации на маршрутизаторе

Маршрутизатор **ngaforov-gw-01** переведён в режим конфигурирования, после чего интерфейсам были назначены IPv6-адреса:

- Интерфейс **eth1** — сеть **2000::/64**, адрес **2000::1/64**
- Интерфейс **eth2** — сеть **2001::/64**, адрес **2001::1/64**

```
ngaforov@ngaforov-gw-01:~$ configure
[edit]
ngaforov@ngaforov-gw-01# set interfaces ethernet eth1 address 2000::1/64
[edit]
ngaforov@ngaforov-gw-01# set interfaces ethernet eth2 address 2001::1/64
[edit]
ngaforov@ngaforov-gw-01# show interfaces
ethernet eth0 {
    address 10.0.0.1/24
    hw-id 0c:1d:79:e3:00:00
}
ethernet eth1 {
+   address 2000::1/64
+   hw-id 0c:1d:79:e3:00:01
}
ethernet eth2 {
+   address 2001::1/64
+   hw-id 0c:1d:79:e3:00:02
}
loopback lo {
}
[edit]
ngaforov@ngaforov-gw-01#
```

Рис. 2.10: Настройка IPv6 интерфейсов

После проверки конфигурации с помощью `show interfaces` настройки были зафиксированы командами `commit` и `save`.

2.11 Настройка Router Advertisements и DHCPv6

Stateless

Для автоматического предоставления хостам IPv6-адресов по SLAAC, а также передачи вспомогательных параметров через DHCPv6 Stateless, выполнена настройка RA на интерфейсе **eth1**:

- Указан префикс **2000::/64**
- Включен флаг **other-config-flag**, указывающий, что неадресная информация будет передаваться через DHCPv6

Далее настроен DHCPv6-сервер в режиме Stateless:

- создана shared-network **ngaforov-stateless**

- задан домен **ngaforov.net**
- указан DNS-сервер **2000::1**

```
ngaforov@ngaforov-gw-01# set service router-advert interface eth1 other-config-flag
[edit]
ngaforov@ngaforov-gw-01# set service dhcpcv6-server shared-network-name ngaforov-stateless
[edit]
ngaforov@ngaforov-gw-01# set service dhcpcv6-server shared-network-name ngaforov-stateless
[edit]
Possible completions:
> <text>      DHCPv6 shared network name [REQUIRED]
>

[edit]
ngaforov@ngaforov-gw-01# set service dhcpcv6-server shared-network-name ngaforov-stateless subnet 2000::0/64
[edit]
ngaforov@ngaforov-gw-01# set service dhcpcv6-server shared-network-name ngaforov-stateless common-options name-server 2000::1
[edit]
ngaforov@ngaforov-gw-01# set service dhcpcv6-server shared-network-name ngaforov-stateless common-options domain-search ngaforov.net
[edit]
ngaforov@ngaforov-gw-01#
```

Рис. 2.11: Настройка DHCPv6 Stateless

Конфигурация сервиса отображена командой `run show configuration`:

```
    }
}
}

dhcpv6-server {
    shared-network-name ngaforov-stateless {
        common-options {
            domain-search ngaforov.net
            name-server 2000::1
        }
        subnet 2000::0/64 {
        }
    }
}

router-advert {
    interface eth1 {
        other-config-flag
        prefix 2000::/64 {
        }
    }
}

ssh {
}

:
```

Рис. 2.12: Конфигурация DHCPv6 Stateless

2.12 Проверка IPv6-параметров на узле PC2

На хосте **PC2-ngaforov** после получения Router Advertisements команда **ifconfig** показала, что интерфейс **eth0** автоматически получил IPv6-адрес, сформированный по SLAAC.

Маршрутизация IPv6 также отображена корректно — присутствует маршрут по префиксу **2000::/64** и маршрут по умолчанию через **fe80::/e1d:79ff:fee3:1**.

```

└──(kali㉿kali)-[~]
└─$ ifconfig eth0
    eth0: flags=4163<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST>  mtu 1500
        inet6 2000::536c:94f6:e071:143e  prefixlen 64  scopeid 0x0<global>
        inet6 fe80::8e8a:2fc9:de3:987  prefixlen 64  scopeid 0x20<link>
        ether 0c:0e:6b:d3:00:00  txqueuelen 1000  (Ethernet)
          RX packets 5  bytes 544 (544.0 B)
          RX errors 0  dropped 0  overruns 0  frame 0
          TX packets 24  bytes 3696 (3.6 KiB)
          TX errors 0  dropped 0  overruns 0  carrier 0  collisions 0

└──(kali㉿kali)-[~]
└─$ route -n -A inet6
Kernel IPv6 routing table
Destination           Next Hop            Flag Met Ref Use If
::1/128              ::                  U   256 2   0 lo
2000::/64             ::                  U   100 1   0 eth0
fe80::/64             ::                  U   100 1   0 eth0
::/0                  fe80::e1d:79ff:fee3:1  UG  100 1   0 eth0
::1/128              ::                  Un  0   4   0 lo
2000::536c:94f6:e071:143e/128  ::                  Un  0   2   0 eth0
fe80::8e8a:2fc9:de3:987/128   ::                  Un  0   3   0 eth0
ff00::/8              ::                  U   256 3   0 eth0
::/0                  ::                  !n  -1  1   0 lo

└──(kali㉿kali)-[~]
└─$ ping 2000::1 -c 2
PING 2000::1(2000::1) 56 data bytes
64 bytes from 2000::1: icmp_seq=1 ttl=64 time=2.55 ms
64 bytes from 2000::1: icmp_seq=2 ttl=64 time=2.15 ms

--- 2000::1 ping statistics ---
2 packets transmitted, 2 received, 0% packet loss, time 1002ms
rtt min/avg/max/mdev = 2.145/2.345/2.545/0.200 ms

└──(kali㉿kali)-[~]
└─$ cat /etc/resolv.conf
# Generated by NetworkManager
search ngaforov.net
nameserver 2000::1

```

Рис. 2.13: Начальные IPv6 параметры на PC2

Проверка связи с маршрутизатором успешна

2.13 Проверка настроек DNS

Файл `/etc/resolv.conf` содержит параметры, переданные по DHCPv6-Stateless:

- домен: **ngaforov.net**
- DNS: **2000::1**

```

└──(kali㉿kali)-[~]
└─$ ifconfig eth0
eth0: flags=4163<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST> mtu 1500
      inet6 2000::536c:94f6:e071:143e prefixlen 64 scopeid 0x0<global>
        inet6 fe80::8e8a:2fc9:de3:987 prefixlen 64 scopeid 0x20<link>
          ether 0c:0e:6b:d3:00:00 txqueuelen 1000 (Ethernet)
            RX packets 5 bytes 544 (544.0 B)
            RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
            TX packets 24 bytes 3696 (3.6 KiB)
            TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0

└──(kali㉿kali)-[~]
└─$ route -n -A inet6
Kernel IPv6 routing table
Destination           Next Hop             Flag Met Ref Use If
::1/128              ::                  U    256 2   0 lo
2000::/64             ::                  U    100 1   0 eth0
fe80::/64             ::                  U    100 1   0 eth0
::/0                  fe80::e1d:79ff:fee3:1 UG   100 1   0 eth0
::1/128              ::                  Un   0   4   0 lo
2000::536c:94f6:e071:143e/128 ::                  Un   0   2   0 eth0
fe80::8e8a:2fc9:de3:987/128 ::                  Un   0   3   0 eth0
ff00::/8              ::                  U    256 3   0 eth0
::/0                  ::                  !n   -1  1   0 lo

└──(kali㉿kali)-[~]
└─$ ping 2000::1 -c 2
PING 2000::1(2000::1) 56 data bytes
64 bytes from 2000::1: icmp_seq=1 ttl=64 time=2.55 ms
64 bytes from 2000::1: icmp_seq=2 ttl=64 time=2.15 ms

--- 2000::1 ping statistics ---
2 packets transmitted, 2 received, 0% packet loss, time 1002ms
rtt min/avg/max/mdev = 2.145/2.345/2.545/0.200 ms

└──(kali㉿kali)-[~]
└─$ cat /etc/resolv.conf
# Generated by NetworkManager
search nagaforov.net
nameserver 2000::1

```

Рис. 2.14: Первичное содержимое resolv.conf

2.14 Запрос параметров через DHCPv6

Для получения параметров DHCPv6 выполнена команда: dhclient -6 -S -v eth0

Опции: **- -6** — использование DHCPv6

- -S — запрос только информации, без выдачи адреса

- -v — детализированный вывод

Хост получил DHCPv6-параметры — доменное имя и DNS-сервер.

```
(kali㉿kali)-[~]
└─$ sudo dhclient -6 -S -v eth0
Internet Systems Consortium DHCP Client 4.4.1
Copyright 2004-2018 Internet Systems Consortium.
All rights reserved.
For info, please visit https://www.isc.org/software/dhcp/

Listening on Socket/eth0
Sending on  Socket/eth0
Created duid "\000\003\000\001\014\016k\323\000\000".
PRC: Requesting information (INIT).
XMT: Forming Info-Request, 0 ms elapsed.
XMT: Info-Request on eth0, interval 910ms.
RCV: Reply message on eth0 from fe80::e1d:79ff:fee3:1.
PRC: Done.

(kali㉿kali)-[~]
└─$ ping 2000::1 -c 2
PING 2000::1(2000::1) 56 data bytes
64 bytes from 2000::1: icmp_seq=1 ttl=64 time=1.45 ms
64 bytes from 2000::1: icmp_seq=2 ttl=64 time=2.52 ms

--- 2000::1 ping statistics ---
2 packets transmitted, 2 received, 0% packet loss, time 1002ms
rtt min/avg/max/mdev = 1.446/1.980/2.515/0.534 ms

(kali㉿kali)-[~]
└─$ cat /etc/resolv.conf
search ngaforov.net.
nameserver 2000::1
```

Рис. 2.15: Работа DHCPv6 клиента

После этого параметры DNS повторно подтверждены:

```

└─(kali㉿kali)-[~]
└$ sudo dhclient -6 -S -v eth0
Internet Systems Consortium DHCP Client 4.4.1
Copyright 2004-2018 Internet Systems Consortium.
All rights reserved.
For info, please visit https://www.isc.org/software/dhcp/

Listening on Socket/eth0
Sending on  Socket/eth0
Created duid "\000\003\000\001\014\016k\323\000\000".
PRC: Requesting information (INIT).
XMT: Forming Info-Request, 0 ms elapsed.
XMT: Info-Request on eth0, interval 910ms.
RCV: Reply message on eth0 from fe80::e1d:79ff:fee3:1.
PRC: Done.

└─(kali㉿kali)-[~]
└$ ping 2000::1 -c 2
PING 2000::1(2000::1) 56 data bytes
64 bytes from 2000::1: icmp_seq=1 ttl=64 time=1.45 ms
64 bytes from 2000::1: icmp_seq=2 ttl=64 time=2.52 ms

--- 2000::1 ping statistics ---
2 packets transmitted, 2 received, 0% packet loss, time 1002ms
rtt min/avg/max/mdev = 1.446/1.980/2.515/0.534 ms

└─(kali㉿kali)-[~]
└$ cat /etc/resolv.conf
search ngaforov.net.
nameserver 2000::1

```

Рис. 2.16: Обновлённый resolv.conf

2.15 Проверка статистики DHCPv6-сервера на маршрутизаторе

Команда `run show dhcpv6 server leases` вывела пустой список, что является нормальным для DHCPv6-Stateless – сервер не выдаёт адресов, а только параметры, поэтому таблица аренд остаётся пустой.

```

[edit]
ngaforov@ngaforov-gw-01# run show dhcpv6 server leases
IPv6 address      State    Last communication      Lease expiration      Remaining
Type     Pool     IAID_DUID
-----  -----
[edit]
ngaforov@ngaforov-gw-01# █

```

Рис. 2.17: Статистика DHCPv6

2.16 Анализ DHCPv6-трафика в Wireshark

В захваченном трафике присутствуют пакеты:

- **Router Advertisement** — объявление префикса 2000::/64

- **Neighbor Solicitation / Neighbor Advertisement** — часть работы IPv6 ND
- **DHCPv6 Information-request** — запрос с опциями:
- DNS Recursive Name Server
- Domain Search List
- Client FQDN
- Simple NTP Server
- **DHCPv6 Reply** — ответ DHCPv6-сервера с требуемыми параметрами

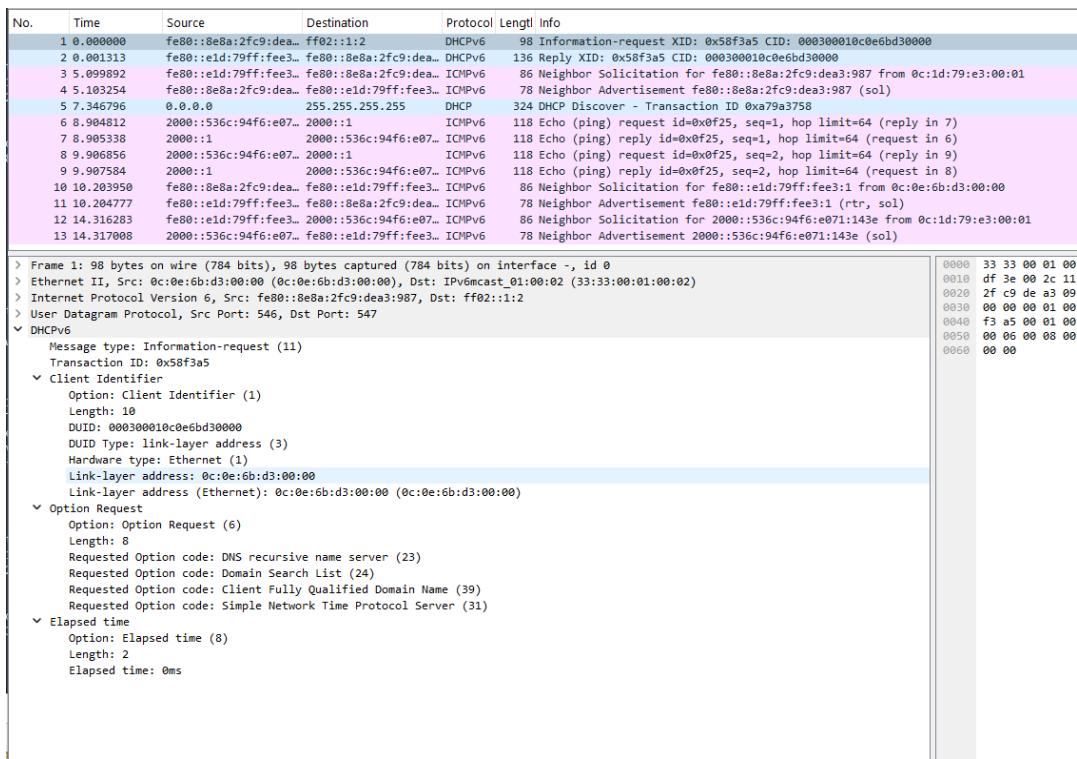


Рис. 2.18: DHCPv6 трафик в Wireshark

Пакеты соответствуют сценарию Stateless, при котором адрес формируется по SLAAC, а дополнительные настройки передаются через DHCPv6-сервер.

2.17 Настройка DHCPv6 Stateful на маршрутизаторе

Для реализации режима DHCPv6 Stateful на интерфейсе **eth2** маршрутизатора **ngaforov-gw-01** был активирован флаг **managed-flag**, информирующий клиентов о необходимости получения IPv6-адресов по DHCPv6.

Далее была создана разделяемая сеть **ngaforov-stateful**, настроен DNS-сервер, доменное имя и указан диапазон адресов **2001::100 – 2001::199**, который будет использоваться для выдачи адресов клиентам.

```
ngaforov@ngaforov-gw-01# set service router-advert interface eth2 managed-flag
[edit]
ngaforov@ngaforov-gw-01# set service dhcpcv6
dhcpcv6-relay dhcpcv6-server
[edit]
ngaforov@ngaforov-gw-01# set service dhcpcv6-server shared-network-name username-
stateful subnet 2001::0/64
[edit]
ngaforov@ngaforov-gw-01# set service dhcpcv6-server shared-network-name username-
stateful subnet 2001::0/64 name-server 2001::1
[edit]
ngaforov@ngaforov-gw-01# set service dhcpcv6-server shared-network-name username-
stateful subnet 2001::0/64 domain-search ngaforov.net
[edit]
ngaforov@ngaforov-gw-01# set service dhcpcv6-server shared-network-name username-
stateful subnet 2001::0/64 address-range start 2001::100 stop 2001::199
[edit]
ngaforov@ngaforov-gw-01# commit
[edit]
ngaforov@ngaforov-gw-01# save
Saving configuration to '/config/config.boot'...
Done
[edit]
ngaforov@ngaforov-gw-01#
```

Рис. 2.19: Настройка DHCPv6 Stateful

Конфигурация сохранена командами **commit** и **save**.

2.18 Проверка начальных параметров на узле РСЗ

Перед запросом адреса по DHCPv6 были просмотрены текущие параметры интерфейса, таблица маршрутизации и содержимое файла **resolv.conf**.

На интерфейсе присутствовал SLAAC-адрес из сети **2001::/64**, полученный через RA, но отсутствовал адрес, выдаваемый DHCPv6.

```

└──(kali㉿kali)-[~]
└─$ ifconfig eth0
eth0: flags=4163<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST> mtu 1500
      inet6 2001::199  prefixlen 128  scopeid 0x0<global>
      inet6 fe80::ffd2:fe52:907a:4316  prefixlen 64  scopeid 0x20<link>
        ether 0c:e8:b7:78:00:00  txqueuelen 1000  (Ethernet)
          RX packets 5  bytes 626 (626.0 B)
          RX errors 0  dropped 0  overruns 0  frame 0
          TX packets 23  bytes 3410 (3.3 KiB)
          TX errors 0  dropped 0  overruns 0  carrier 0  collisions 0

└──(kali㉿kali)-[~]
└─$ route -n -A inet6
Kernel IPv6 routing table
Destination           Next Hop            Flag Met Ref Use If
::/128                ::                 U    256 2   0 lo
2001::199/128         ::                 U    100 1   0 eth0
fe80::/64              ::                 U    100 1   0 eth0
::/0                   fe80::e1d:79ff:fee3:2  UG   100 1   0 eth0
::/128                ::                 Un   0   4   0 lo
2001::199/128         ::                 Un   0   2   0 eth0
fe80::ffd2:fe52:907a:4316/128 ::                 Un   0   3   0 eth0
ff00::/8               ::                 U    256 3   0 eth0
::/0                   ::                 !n   -1  1   0 lo

└──(kali㉿kali)-[~]
└─$ cat /etc/resolv.conf
# Generated by NetworkManager
search ngaforov.net
nameserver 2001::1

└──(kali㉿kali)-[~]
└─$ █

```

Рис. 2.20: Начальные параметры PC3

2.19 Получение IPv6-адреса по DHCPv6 Stateful

На клиенте **PC3-ngaforov** была выполнена команда: dhclient -6 -v eth0

Запрос прошёл полный процесс DORA-подобного обмена, адаптированного под DHCPv6:

- Forming Solicit
- Advertise message from сервер
- Request
- Reply с выдачей адреса из диапазона

```
$ sudo dhclient -6 -v eth0
Internet Systems Consortium DHCP Client 4.4.1
Copyright 2004-2018 Internet Systems Consortium.
All rights reserved.
For info, please visit https://www.isc.org/software/dhcp/

Listening on Socket/eth0
Sending on Socket/eth0
Created duid "\000\001\000\0010\272\304\267\014\350\267x\000\000".
PRC: Soliciting for leases (INIT).
XMT: Forming Solicit, 0 ms elapsed.
XMT: X-- IA_NA b7:78:00:00
XMT: | X-- Request renew in +3600
XMT: | X-- Request rebind in +5400
XMT: Solicit on eth0, interval 1080ms.
RCV: Advertise message on eth0 from fe80::e1d:79ff:fee3:2.
RCV: X-- IA_NA b7:78:00:00
RCV: | X-- starts 1764231224
RCV: | X-- t1 - renew +0
RCV: | X-- t2 - rebind +0
RCV: | X-- [Options]
RCV: | | X-- IAADDR 2001::198
RCV: | | X-- Preferred lifetime 27000.
RCV: | | X-- Max lifetime 43200.
RCV: | X-- Server ID: 00:01:00:01:30:ba:c0:db:0c:id:79:e3:00:01
RCV: Advertisement recorded.
PRC: Selecting best advertised lease.
PRC: Considering best lease.
PRC: X-- Initial candidate 00:01:00:01:30:ba:c0:db:0c:id:79:e3:00:01 (s: 10105, p: 0).
XMT: Forming Request, 0 ms elapsed.
XMT: X-- IA_NA b7:78:00:00
XMT: | X-- Requested renew +3600
XMT: | X-- Requested rebind +5400
XMT: | | X-- IAADDR 2001::198
XMT: | | X-- Preferred lifetime +7200
XMT: | | X-- Max lifetime +7500
XMT: V IA_NA appended.
XMT: Request on eth0, interval 1000ms.
RCV: Reply message on eth0 from fe80::e1d:79ff:fee3:2.
RCV: X-- IA_NA b7:78:00:00
RCV: | X-- starts 1764231224
RCV: | X-- t1 - renew +0
RCV: | X-- t2 - rebind +0
```

Рис. 2.21: Процесс DHCPv6 на PC3

Клиент получил адрес из диапазона DHCPv6 Stateful – **2001::198/128**.

2.20 Повторная проверка состояния интерфейса и маршрутизации

После получения адреса интерфейс получил новый non-temporary адрес, выданный DHCPv6. Таблица маршрутизации также обновилась.

```

eth0: flags=4163<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST> mtu 1500
      inet6 2001::198  prefixlen 128 scopeid 0x0<global>
      inet6 2001::199  prefixlen 128 scopeid 0x0<global>
      inet6 fe80::ffd2:fe52:907a:4316  prefixlen 64 scopeid 0x20<link>
        ether 0c:e8:b7:78:00:00  txqueuelen 1000 (Ethernet)
          RX packets 9 bytes 1158 (1.1 KiB)
          RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
          TX packets 33 bytes 5174 (5.0 KiB)
            TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0
      Flap TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0

[~]-(kali㉿kali)-[~]
└─$ route -n -A inet6
Kernel IPv6 routing table
Destination           Next Hop          I  Flag Met Ref Use If
::1/128              ::                  U   256 2    0 lo
2001::198/128         ::                  U   256 1    0 eth0
2001::199/128         ::                  U   100 2    0 eth0
fe80::/64             ::                  U   100 1    0 eth0
::/0                  fe80::e1d:79ff:fee3:2  UG  100 1    0 eth0
::1/128              ::                  Un  0   4    0 lo
2001::198/128         ::                  Un  0   2    0 eth0
2001::199/128         ::                  Un  0   3    0 eth0
fe80::ffd2:fe52:907a:4316/128  ::                  Un  0   3    0 eth0
ff00::/8              ::                  U   256 3    0 eth0
::/0                  ::                  !n  -1  1    0 lo

[~]-(kali㉿kali)-[~]
└─$ ping 2001::1 -c 2
PING 2001::1(2001::1) 56 data bytes
64 bytes from 2001::1: icmp_seq=1 ttl=64 time=2.06 ms
64 bytes from 2001::1: icmp_seq=2 ttl=64 time=3.26 ms

--- 2001::1 ping statistics ---
2 packets transmitted, 2 received, 0% packet loss, time 1002ms
rtt min/avg/max/mdev = 2.056/2.656/3.256/0.600 ms

[~]-(kali㉿kali)-[~]
└─$ cat /etc/resolv.conf
search ngaforov.net.
nameserver 2001::1

```

Рис. 2.22: Интерфейс и маршрутизация после получения адреса

Проверка доступности маршрутизатора:

Оба пакета успешно доставлены.

2.21 Просмотр таблицы аренд DHCIPv6 на маршрутизаторе

Команда: run show dhcpcv6 server leases

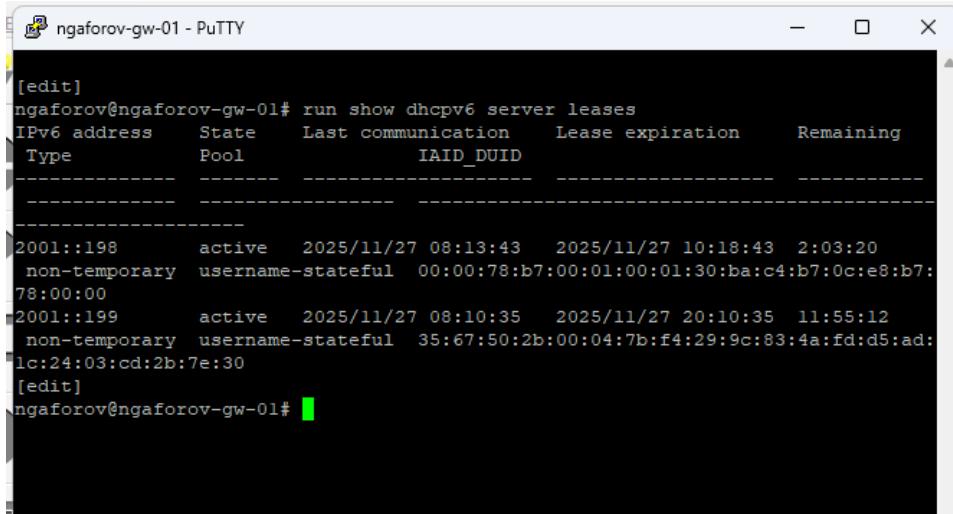
вывела два активных адреса:

- **2001::198**

- **2001::199**

Каждая аренда содержит: - состояние — active

- срок аренды
- IAID/DUID клиента



```
[edit]
ngaforov@ngaforov-gw-01# run show dhcpcv6 server leases
IPv6 address      State    Last communication     Lease expiration      Remaining
Type             Pool          IAID_DUID
-----
-----
2001::198        active    2025/11/27 08:13:43    2025/11/27 10:18:43  2:03:20
non-temporary   username-stateful  00:00:78:b7:00:01:00:01:30:ba:c4:b7:0c:e8:b7:
78:00:00
2001::199        active    2025/11/27 08:10:35    2025/11/27 20:10:35  11:55:12
non-temporary   username-stateful  35:67:50:2b:00:04:7b:f4:29:9c:83:4a:fd:d5:ad:
lc:24:03:cd:2b:7e:30
[edit]
ngaforov@ngaforov-gw-01#
```

Рис. 2.23: Аренды DHCPv6

Это подтверждает корректную работу DHCPv6 Stateful.

2.22 Анализ DHCPv6-трафика в Wireshark

В Wireshark были зафиксированы ключевые DHCPv6-пакеты:

- **Solicit** — клиент запрашивает сервер
- **Advertise** — сервер предлагает конфигурацию
- **Request** — клиент запрашивает конкретный адрес
- **Reply** — сервер подтверждает назначение

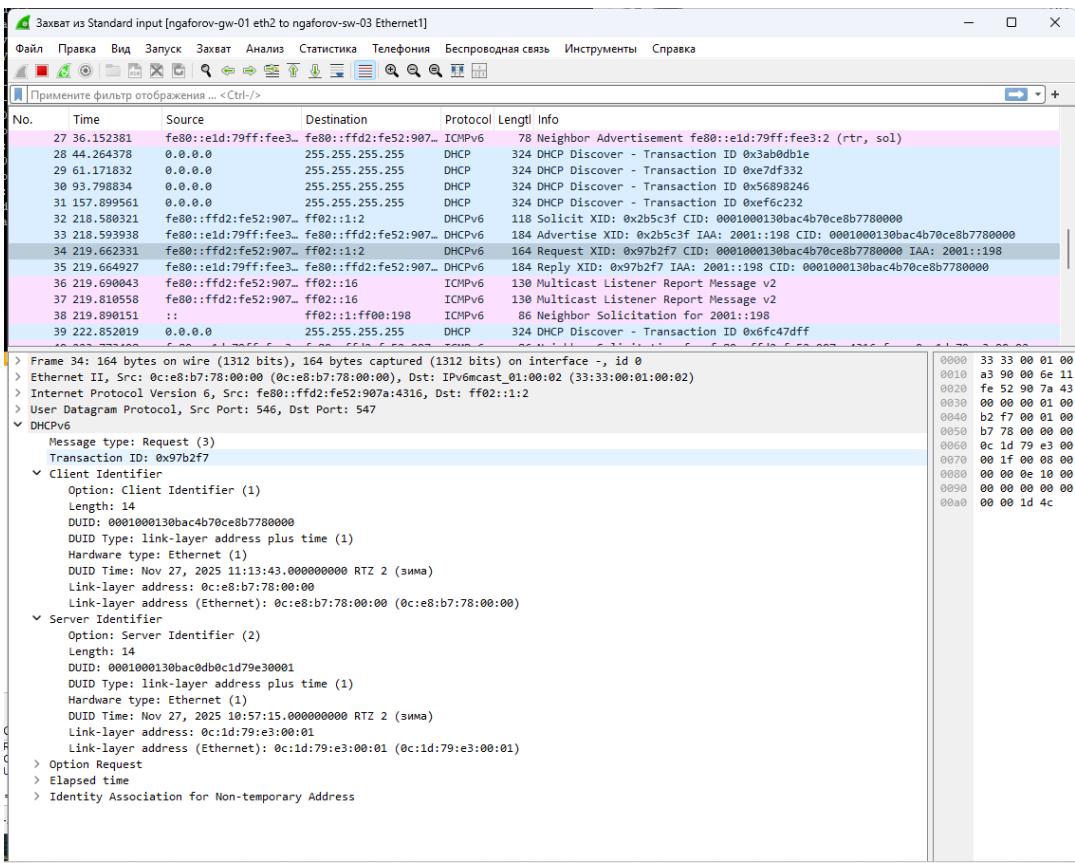


Рис. 2.24: Трафик DHCPv6 Stateful

Внутри пакетов видны обязательные поля:

- Client Identifier (DUID)
- Server Identifier (DUID)
- Requested non-temporary address (IA_NA)
- Предпочтительное и максимальное время жизни адреса

3 Вывод

В ходе выполнения лабораторной работы была исследована работа протоколов автоматической настройки IPv6-адресов в среде **GNS3** на основе маршрутизатора **VyOS** и клиентских узлов на базе **Kali Linux**. В проекте были реализованы два механизма конфигурации – **Stateless DHCPv6** и **Stateful DHCPv6**, что позволило на практике изучить различия между ними и особенности применения каждого варианта.

В режиме **Stateless** клиент формировал IPv6-адрес самостоятельно с использованием **SLAAC**, а DHCPv6-сервер передавал только дополнительные параметры: доменное имя и адрес DNS-сервера. Анализ захваченного трафика подтвердил корректность работы RA-сообщений и обмена DHCPv6 Information-Request / Reply.

При настройке **Stateful DHCPv6** маршрутизатор полностью управлял назначением адресов клиентам. Клиентский узел получил IPv6-адрес из заранее определённого диапазона, что было подтверждено как выводом утилиты `dhclient`, так и отображением аренды в таблице DHCPv6-сервера. В трафике были зафиксированы сообщения `Solicit`, `Advertise`, `Request` и `Reply`, соответствующие стандартному циклу выделения IPv6-адреса по DHCPv6.

Полученные результаты подтверждают корректность функционирования механизмов SLAAC, RA и DHCPv6 в различных режимах, а также демонстрируют понимание процессов автоматизации сетевой конфигурации и взаимодействия сетевых протоколов в IPv6-среде.