

# **Отчёт по лабораторной работе №7**

**Дисциплина: Сетевые технологии**

**Ибрахим Мухсейн Алькамаль**

# **Содержание**

<b>1 Цель работы</b>	<b>5</b>
<b>2 Настройка DHCP в случае IPv4</b>	<b>6</b>
<b>3 Настройка DHCP в случае IPv6</b>	<b>15</b>
<b>4 Выводы</b>	<b>25</b>

# Список иллюстраций

2.1	Топология сети в GNS3 с переименованными устройствами и включённым захватом трафика . . . . .	6
2.2	Настройка системных параметров VyOS: имя хоста, домен и создание пользователя . . . . .	7
2.3	Повторный вход под новым пользователем и удаление учётной записи vyos . . . . .	7
2.4	Назначение статического IPv4-адреса 10.0.0.1/24 интерфейсу eth0 . . . . .	8
2.5	Конфигурация DHCP-сервера на маршрутизаторе VyOS для сети 10.0.0.0/24 . . . . .	8
2.6	Статистика DHCP-сервера и отсутствие активных аренд IP-адресов . . . . .	9
2.7	Процесс обмена DHCP-сообщениями на узле PC1 (DHCP Discover и Offer) . . . . .	10
2.8	Завершение процесса DHCP: DHCP Request и DHCP ACK на узле PC1 . . . . .	10
2.9	Результаты команды show ip и проверка связности с маршрутизатором с помощью ping . . . . .	11
2.10	Статистика DHCP-сервера и информация о выданной аренде на маршрутизаторе . . . . .	12
2.11	Фрагмент журнала DHCP-сервера VyOS с записями DHCPDISCOVER, DHCPOFFER, DHCPREQUEST и DHCPACK . . . . .	13
2.12	Захваченный трафик в Wireshark: DHCP Discover, Offer, Request и ACK . . . . .	14
2.13	Детализация DHCP- и ARP-пакетов в анализаторе трафика Wireshark . . . . .	14
3.1	Топология сети IPv6 в GNS3 с использованием Alpine Linux и включённым захватом трафика . . . . .	15
3.2	Настройка имени хоста, доменного имени и создание пользователя в VyOS . . . . .	16
3.3	Назначение IPv6-адресов интерфейсам eth1 и eth2 и вывод команды show interfaces . . . . .	17
3.4	Настройка Router Advertisement и Stateless DHCPv6 на интерфейсе eth1 . . . . .	18
3.5	Просмотр итоговой конфигурации DHCPv6 и RA в VyOS . . . . .	18
3.6	Проверка IPv6-адресации и маршрутизации на узле PC2 . . . . .	19
3.7	Результаты попытки получения параметров по DHCPv6 на узле PC2 . . . . .	20
3.8	Повторная проверка связности IPv6 после DHCPv6-запросов . . . . .	20
3.9	Захваченный трафик ICMPv6 и DHCPv6 Stateless в Wireshark . . . . .	21
3.10	Конфигурация Stateful DHCPv6 на маршрутизаторе VyOS для подсети 2001::/64 . . . . .	22

3.11	Проверка состояния DHCPv6-сервера и отсутствие аренд до запроса клиента . . . . .	22
3.12	Получение IPv6-адреса по Stateful DHCPv6 на узле PC3 . . . . .	22
3.13	Проверка IPv6-адресации и маршрутизации на узле PC3 . . . . .	23
3.14	Информация о выданной IPv6-аренде на маршрутизаторе VyOS . . . . .	23
3.15	Захваченный трафик DHCPv6 Stateful и ICMPv6 в анализаторе Wireshark . . . . .	24

# **Список таблиц**

# **1 Цель работы**

Получить навыки настройки службы DHCP на сетевом оборудовании для распределения адресов IPv4 и IPv6.

## 2 Настройка DHCP в случае IPv4

1. В ходе выполнения работы были изменены отображаемые имена устройств в соответствии с заданным шаблоном: узел VPCS получил имя PC1-alkamal, коммутатор — alkamal-sw-01, маршрутизатор — alkamal-gw-01. Захват трафика был включён на соединении между коммутатором alkamal-sw-01 и маршрутизатором alkamal-gw-01, что позволило зафиксировать и проанализировать сетевые пакеты, связанные с работой протокола DHCP (рис. 2.1).

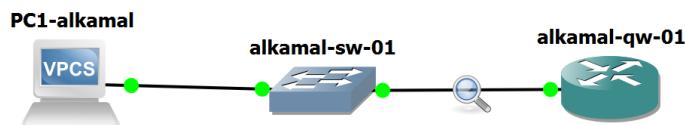


Рисунок 2.1: Топология сети в GNS3 с переименованными устройствами и включённым захватом трафика

2. В режиме конфигурирования на маршрутизаторе было изменено имя устройства на alkamal-gw-01 и задано доменное имя alkamal.net. Далее был создан новый системный пользователь alkamal с паролем для доступа к устройству, после чего конфигурация была применена и сохранена.

Затем выполнен выход из системы и повторный вход под новым пользователем, что подтвердило корректность настроек. В завершение системный пользователь vyos, заданный по умолчанию, был удалён, а изменения сохранены, что обеспечило доступ к маршрутизатору только под учётной записью пользователя (рис. 2.2, рис. 2.3).

```
vyos@vyos:~$ configure
[edit]
vyos@vyos# set system host-name alkamal-gw-01
[edit]
vyos@vyos# set system domain-name alkamal.net
[edit]
mal$@vyos# set system login user alkamal authentication plaintext-password alka
```

Рисунок 2.2: Настройка системных параметров VyOS: имя хоста, домен и создание пользователя

```
[edit]
mal12345s# set system login user alkamal authentication plaintext-password alka
[edit]
vyos@vyos# commit
[edit]
vyos@vyos# save
Saving configuration to '/config/config.boot'...
Done
[edit]
vyos@vyos# exit
exit
vyos@vyos:~$ exit
logout

Welcome to VyOS - alkamal-gw-01 ttys0
alkamal-gw-01 login: alkamal
Password:
Welcome to VyOS!

Check out project news at https://blog.vyos.io
and feel free to report bugs at https://vyos.dev

You can change this banner using "set system login banner post-login" command.

VyOS is a free software distribution that includes multiple components,
you can check individual component licenses under /usr/share/doc/*copyright
alkamal@alkamal-gw-01:~$ configure
[edit]
alkamal@alkamal-gw-01# delete system login user vyos
[edit]
alkamal@alkamal-gw-01# commit
[edit]
alkamal@alkamal-gw-01# save
Saving configuration to '/config/config.boot'...
Done
[edit]
alkamal@alkamal-gw-01#
```

Рисунок 2.3: Повторный вход под новым пользователем и удаление учётной записи vyos

3. На маршрутизаторе alkamal-gw-01 в режиме конфигурирования для интерфейса eth0 был задан статический IPv4-адрес 10.0.0.1/24. Данная настройка определяет маршрутизатор как узел сети 10.0.0.0/24 и позволяет использовать его в качестве шлюза по умолчанию для устройств этой сети (рис. 2.4).

```
[root@... alkamal@gw-01# set interfaces ethernet eth0 address 10.0.0.1/24
[edit]
alkamal@gw-01#
```

Рисунок 2.4: Назначение статического IPv4-адреса 10.0.0.1/24 интерфейсу eth0

- На маршрутизаторе alkamal-gw-01 была выполнена настройка DHCP-сервера. Создана разделяемая сеть (shared-network-name) с именем alkamal, для которой задано доменное имя alkamal.net и DNS-сервер 10.0.0.1. Для подсети 10.0.0.0/24 указан шлюз по умолчанию 10.0.0.1 и настроен диапазон выдаваемых IPv4-адресов 10.0.0.2–10.0.0.253. После применения (commit) и сохранения (save) конфигурации DHCP-сервер готов к автоматической выдаче сетевых параметров клиентам (рис. 2.5).

```
n-name alkamal.net-01# set service dhcp-server shared-network-name alkamal domai
[edit]
server 10.0.0.1-gw-01# set service dhcp-server shared-network-name alkamal name-
[edit]
t 10.0.0.0/24 default-router 10.0.0.1cp-server shared-network-name alkamal subne
[edit]
t 10.0.0.0/24 range hosts start 10.0.0.2server shared-network-name alkamal subne
[edit]
t 10.0.0.0/24 range hosts stop 10.0.0.253server shared-network-name alkamal subne
[edit]
alkamal@gw-01# commit
[edit]
alkamal@gw-01# save
Saving configuration to '/config/config.boot'...
Done
```

Рисунок 2.5: Конфигурация DHCP-сервера на маршрутизаторе VyOS для сети 10.0.0.0/24

- Вывод команды show dhcp server statistics показывает, что для пула alkamal настроен диапазон из 252 IPv4-адресов, при этом активных аренд (Leases) на данный момент нет. Все адреса пула доступны для выдачи, что подтверждается значением Available = 252 и нулевым процентом использования (Usage = 0%). Команда show dhcp server leases не отображает записей об арендах, что означает отсутствие клиентов, получивших IP-адреса по DHCP на момент проверки. Это подтверждает корректную работу DHCP-сервера и его готовность к выдаче адресов при обращении DHCP-клиентов (рис. 2.7).

```

alikamal@alkamal-gw-01:~$ show dhcp server statistics
Pool          Size    Leases   Available Usage
-----
alikamal      252        0       252  0%
alikamal@alkamal-gw-01:~$ show dhcp server leases
IP address   Hardware address   State     Lease start     Lease expiration   Remaining   Pool   Hostname

```

Рисунок 2.6: Статистика DHCP-сервера и отсутствие активных аренд IP-адресов

#### 6. Пояснение полученной информации на экране PC1

При выполнении команды `ip dhcp -d` на узле PC1 была использована опция `-d`, которая позволяет просматривать декодированные сообщения протокола DHCP, передаваемые между DHCP-клиентом и DHCP-сервером. В результате на экране был зафиксирован полный цикл работы протокола DHCP.

Сначала клиент, не имея IP-адреса (Client IP Address = 0.0.0.0), отправляет широковещательное сообщение DHCP DISCOVER с целью поиска доступного DHCP-сервера. В сообщении указывается MAC-адрес клиента и его имя хоста.

Далее DHCP-сервер отвечает сообщением DHCP OFFER, в котором предлагает клиенту свободный IP-адрес 10.0.0.2 и передаёт основные параметры сети: маску подсети, адрес шлюза по умолчанию, адрес DNS-сервера, доменное имя и время аренды адреса (lease time).

После получения предложения клиент отправляет сообщение DHCP REQUEST, подтверждая согласие на использование предложенного IP-адреса и запрашивая его у указанного DHCP-сервера.

В завершение сервер отправляет сообщение DHCP ACK, которым подтверждает успешную регистрацию адреса, резервирует его за клиентом на заданное время и завершает процесс настройки. В результате клиенту был успешно назначен IP-адрес 10.0.0.2/24 с шлюзом по умолчанию 10.0.0.1.

Таким образом, вывод команды `ip dhcp -d` на PC1 наглядно демонстрирует корректную работу DHCP-сервера и полный процесс автоматического получения сетевых параметров клиентом (рис. 2.7, рис. 2.8).

```

PC1-alkamal> ip dhcp -d
Opcode: 1 (REQUEST)
Client IP Address: 0.0.0.0
Your IP Address: 0.0.0.0
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 = Discover
Option 12: Host Name = PC1-alkamal
Option 61: Client Identifier = Hardware Type=Ethernet MAC Address = 00:50:79:66:68:00

Opcode: 1 (REQUEST)
Client IP Address: 0.0.0.0
Your IP Address: 0.0.0.0
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 = Discover
Option 12: Host Name = PC1-alkamal
Option 61: Client Identifier = Hardware Type=Ethernet MAC Address = 00:50:79:66:68:00

Opcode: 2 (REPLY)
Client IP Address: 0.0.0.0
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 = Offer
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 = alkamal.net

```

Рисунок 2.7: Процесс обмена DHCP-сообщениями на узле PC1 (DHCP Discover и Offer)

```

Opcode: 1 (REQUEST)
Client IP Address: 10.0.0.2
Your IP Address: 0.0.0.0
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 = 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-alkamal

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 = alkamal.net

IP 10.0.0.2/24 GW 10.0.0.1

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

PC1-alkamal>

```

Рисунок 2.8: Завершение процесса DHCP: DHCP Request и DHCP ACK на узле PC1

## 7. Проверка сетевых параметров и связности на узле PC1

Команда show ip показала, что узлу PC1-alkamal по протоколу DHCP корректно назначен IPv4-адрес 10.0.0.2/24, шлюз по умолчанию 10.0.0.1, DNS-сервер 10.0.0.1 и доменное имя alkamal.net. Команда ping 10.0.0.1 -c 2 подтвердила успешную сетевую связность с маршрутизатором, так как оба ICMP-запроса получили ответы без потерь (рис. 2.9).

```
PC1-alkamal> show ip

NAME      : PC1-alkamal[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  : 85902, 86014/43007/75262
DOMAIN NAME : alkamal.net
MAC        : 00:50:79:66:68:00
LPORT      : 20004
RHOST:PORT : 127.0.0.1:20005
MTU       : 1500

PC1-alkamal> ping 10.0.0.1 -c 2

84 bytes from 10.0.0.1 icmp_seq=1 ttl=64 time=1.503 ms
84 bytes from 10.0.0.1 icmp_seq=2 ttl=64 time=2.383 ms
```

Рисунок 2.9: Результаты команды show ip и проверка связности с маршрутизатором с помощью ping

## 8. Пояснение информации, полученной на маршрутизаторе

После выполнения настройки DHCP-сервера на маршрутизаторе была проанализирована его работа с помощью команд show dhcp server statistics и show dhcp server leases.

Согласно выводу команды show dhcp server statistics, для пула адресов alkamal был настроен диапазон, содержащий 252 IPv4-адреса. Первоначально количество активных аренд (Leases) было равно 0, что означало отсутствие DHCP-клиентов, получивших адреса. Все адреса пула находились в состоянии Available, а процент использования составлял 0%.

После выполнения команды ip dhcp -d на узле PC1 и успешного получения сетевых параметров по DHCP, статистика DHCP-сервера изменилась. Количество

активных аренд увеличилось до 1, а число доступных адресов уменьшилось до 251, что подтверждает корректную выдачу одного IP-адреса клиенту.

Команда `show dhcp server leases` отобразила подробную информацию о выданной аренде. DHCP-клиенту с MAC-адресом 00:50:79:66:68:00 был назначен IP-адрес 10.0.0.2, который находится в состоянии `active`. В таблице также указаны время начала аренды, время её окончания и оставшееся время действия аренды. В поле `Hostname` отображается имя клиента `PC1-alkamal`, что подтверждает идентификацию узла, получившего адрес (рис. 2.10).

```
alkamal@alkamal-gw-01:~$ show dhcp server statistics
Pool      Size   Leases   Available   Usage
-----
alkamal    252       0        252  0%
alkamal@alkamal-gw-01:~$ show dhcp server leases
IP address   Hardware address   State   Lease start   Lease expiration   Remaining   Pool   Hostname
-----
alkamal@alkamal-gw-01:~$ show dhcp server statistics
Pool      Size   Leases   Available   Usage
-----
alkamal    252       1        251  0%
alkamal@alkamal-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   2026/01/23 04:25:35   2026/01/24 04:25:35   23:51:03   alkamal  PC1-alkamal
alkamal@alkamal-gw-01:~$
```

Рисунок 2.10: Статистика DHCP-сервера и информация о выданной аренде на маршрутизаторе

## 9. Анализ журнала DHCP-сервера

Анализ журнала DHCP-сервера показал корректную работу службы DHCP на маршрутизаторе. В журнале зафиксирован полный процесс обслуживания клиента `PC1`: получение сообщения `DHCPDISCOVER`, отправка предложения `DHCPOFFER` с адресом `10.0.0.2`, приём запроса `DHCPREQUEST` и подтверждение выдачи адреса сообщением `DHCPACK`. Все сообщения были обработаны через интерфейс `eth0`, что соответствует настроенной подсети `10.0.0.0/24`. Повторные записи `DHCPREQUEST` и `DHCPACK` свидетельствуют о продлении существующей аренды адреса. Таким образом, журнал подтверждает успешную выдачу и обслуживание IPv4-адреса DHCP-клиенту (рис. 2.11).

```

alkamal@alkamal-pw-01:~$ show log | grep dhcp
Jan 23 04:13:45 vyos-hostsd[688]: Deleting search domains with tag "dhcp-eth0" via vyos-hostsd-client
Jan 23 04:13:47 vyos-hostsd[688]: Request data: {"type": "search_domains", "op": "delete", "data": ["dhcp-eth0"]}
Jan 23 04:13:47 dhclient-script-vyos[1661]: Deleting nameservers with tag "dhcp-eth0" via vyos-hostsd-client
Jan 23 04:13:48 vyos-hostsd[688]: Request data: {"type": "name_servers", "op": "delete", "data": ["dhcp-eth0"]}
Jan 23 04:13:57 dhclient-script-vyos[1829]: Deleting search domains with tag "dhcp-eth0" via vyos-hostsd-client
Jan 23 04:13:58 dhclient-script-vyos[1829]: Deleting nameservers with tag "dhcp-eth0" via vyos-hostsd-client
Jan 23 04:13:59 vyos-hostsd[688]: Request data: {"type": "search_domains", "op": "delete", "data": ["dhcp-eth0"]}
Jan 23 04:13:59 dhclient-script-vyos[1829]: Deleting search domains with tag "dhcp-eth0" via vyos-hostsd-client
Jan 23 04:14:00 vyos-hostsd[688]: Request data: {"type": "name_servers", "op": "delete", "data": ["dhcp-eth0"]}
Jan 23 04:14:11 dhclient-script-vyos[2028]: Deleting search domains with tag "dhcp-eth0" via vyos-hostsd-client
Jan 23 04:14:11 vyos-hostsd[688]: Request data: {"type": "search_domains", "op": "delete", "data": ["dhcp-eth0"]}
Jan 23 04:14:13 dhclient-script-vyos[2028]: Deleting nameservers with tag "dhcp-eth0" via vyos-hostsd-client
Jan 23 04:14:14 vyos-hostsd[688]: Request data: {"type": "name_servers", "op": "delete", "data": ["dhcp-eth0"]}
Jan 23 04:14:24 dhclient-script-vyos[2288]: Deleting search domains with tag "dhcp-eth0" via vyos-hostsd-client
Jan 23 04:14:24 vyos-hostsd[688]: Request data: {"type": "search_domains", "op": "delete", "data": ["dhcp-eth0"]}
Jan 23 04:14:24 dhclient-script-vyos[2288]: Deleting nameservers with tag "dhcp-eth0" via vyos-hostsd-client
Jan 23 04:14:25 vyos-hostsd[688]: Request data: {"type": "name_servers", "op": "delete", "data": ["dhcp-eth0"]}
Jan 23 04:14:25 dhclient-script-vyos[2381]: Deleting search domains with tag "dhcp-eth0" via vyos-hostsd-client
Jan 23 04:14:25 vyos-hostsd[688]: Request data: {"type": "search_domains", "op": "delete", "data": ["dhcp-eth0"]}
Jan 23 04:14:29 vyos-hostsd[688]: Request data: {"type": "name_servers", "op": "delete", "data": ["dhcp-eth0"]}
Jan 23 04:14:29 dhclient-script-vyos[2381]: Deleting nameservers with tag "dhcp-eth0" via vyos-hostsd-client
Jan 23 04:14:30 vyos-hostsd[688]: Request data: {"type": "search_domains", "op": "delete", "data": ["dhcp-eth0"]}
Jan 23 04:14:34 dhclient-script-vyos[2394]: Deleting search domains with tag "dhcp-eth0" via vyos-hostsd-client
Jan 23 04:14:34 vyos-hostsd[688]: Request data: {"type": "search_domains", "op": "delete", "data": ["dhcp-eth0"]}
Jan 23 04:14:34 dhclient-script-vyos[2394]: Deleting nameservers with tag "dhcp-eth0" via vyos-hostsd-client
Jan 23 04:14:35 vyos-hostsd[688]: Request data: {"type": "name_servers", "op": "delete", "data": ["dhcp-eth0"]}
Jan 23 04:14:39 dhclient-script-vyos[2487]: Deleting search domains with tag "dhcp-eth0" via vyos-hostsd-client
Jan 23 04:14:39 vyos-hostsd[688]: Request data: {"type": "search_domains", "op": "delete", "data": ["dhcp-eth0"]}
Jan 23 04:14:39 dhclient-script-vyos[2487]: Deleting nameservers with tag "dhcp-eth0" via vyos-hostsd-client
Jan 23 04:14:40 vyos-hostsd[688]: Request data: {"type": "name_servers", "op": "delete", "data": ["dhcp-eth0"]}
Jan 23 04:14:44 dhclient-script-vyos[2580]: Deleting search domains with tag "dhcp-eth0" via vyos-hostsd-client
Jan 23 04:14:44 vyos-hostsd[688]: Request data: {"type": "search_domains", "op": "delete", "data": ["dhcp-eth0"]}
Jan 23 04:14:44 dhclient-script-vyos[2580]: Deleting nameservers with tag "dhcp-eth0" via vyos-hostsd-client
Jan 23 04:14:45 vyos-hostsd[688]: Request data: {"type": "name_servers", "op": "delete", "data": ["dhcp-eth0"]}
Jan 23 04:14:49 dhclient-script-vyos[2673]: Deleting search domains with tag "dhcp-eth0" via vyos-hostsd-client
Jan 23 04:14:49 vyos-hostsd[688]: Request data: {"type": "search_domains", "op": "delete", "data": ["dhcp-eth0"]}
Jan 23 04:14:50 vyos-hostsd[688]: Request data: {"type": "name_servers", "op": "delete", "data": ["dhcp-eth0"]}
Jan 23 04:14:57 dhclient-script-vyos[2841]: Deleting search domains with tag "dhcp-eth0" via vyos-hostsd-client

```

Рисунок 2.11: Фрагмент журнала DHCP-сервера VyOS с записями DHCPDISCOVER, DHCPOFFER, DHCPREQUEST и DHCPACK

## 10. Краткий анализ захваченных пакетов

В захваченном трафике зафиксирован полный процесс назначения IPv4-адреса по протоколу DHCP. Сначала узел отправляет широковещательное сообщение DHCP Discover ( $0.0.0.0 \rightarrow 255.255.255.255$ ), после чего DHCP-сервер отвечает сообщением DHCP Offer с предложением адреса 10.0.0.2. Далее клиент подтверждает выбор адреса сообщением DHCP Request, и сервер завершает процесс сообщением DHCP ACK, резервируя адрес за клиентом.

После получения адреса наблюдаются ARP-пакеты (в том числе gratuitous ARP), которые используются для проверки уникальности IP-адреса и обновления ARP-таблиц. Также в трафике присутствуют ICMP Echo request / Echo reply, подтверждающие успешную сетевую связность между узлом и маршрутизатором.

Таким образом, анализ трафика подтверждает корректную работу DHCP-сервера и успешное назначение IP-адреса клиентскому устройству (рис. 2.12, рис. 2.13).

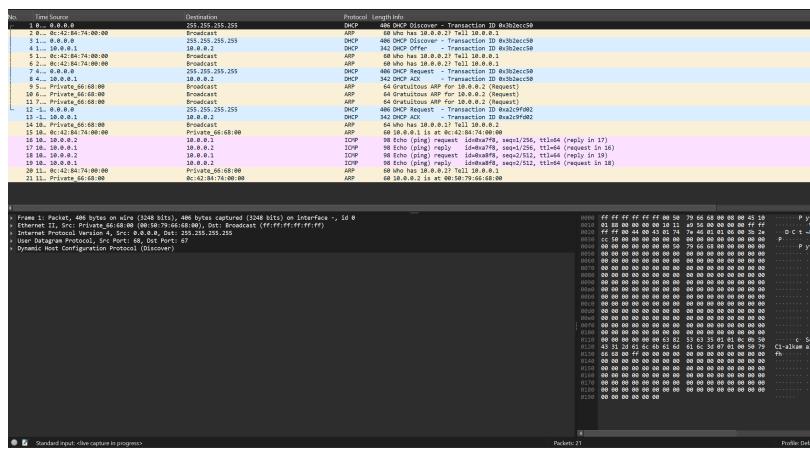


Рисунок 2.12: Захваченный трафик в Wireshark: DHCP Discover, Offer, Request и ACK

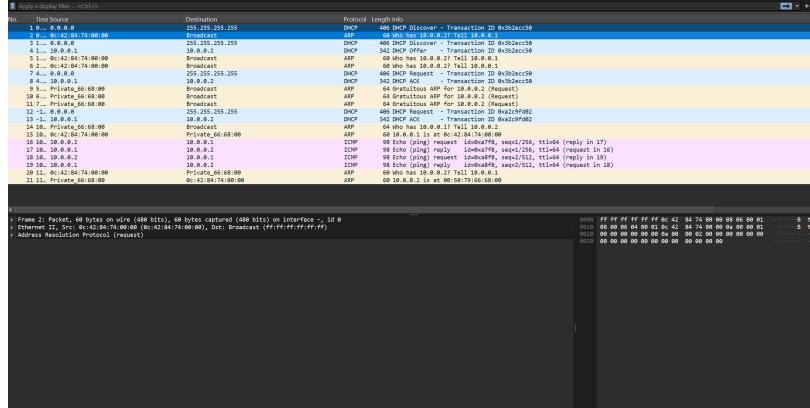


Рисунок 2.13: Детализация DHCP- и ARP-пакетов в анализаторе трафика Wireshark

### 3 Настройка DHCP в случае IPv6

#### 11. Использование Alpine Linux и топологии сети

Использован Alpine Linux, так как VPCS не поддерживает работу по протоколу DHCPv6.

Имена устройств были изменены по заданному шаблону (alkamal-gw-0x, alkamal-sw-0x, PC1-alkamal), что упростило идентификацию элементов сети.

На соединениях между маршрутизатором gw-01 и коммутаторами sw-02 и sw-03 был включён захват трафика для анализа обмена ICMPv6 и DHCPv6 (рис. 3.1).

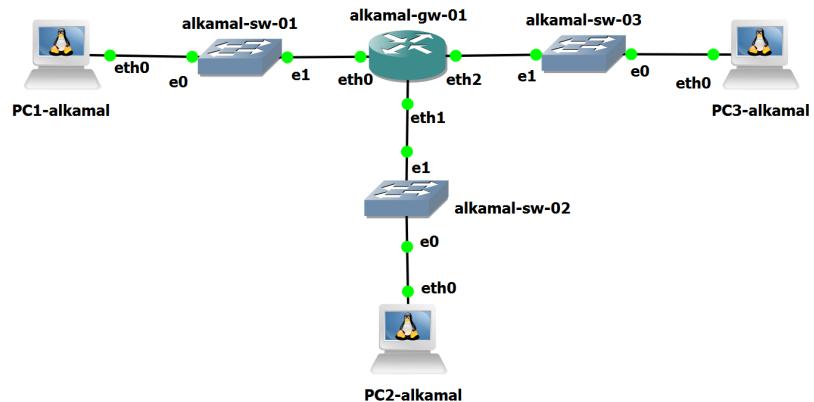


Рисунок 3.1: Топология сети IPv6 в GNS3 с использованием Alpine Linux и включённым захватом трафика

#### 12. Настройка системных параметров VyOS

На маршрутизаторе выполнен переход в режим конфигурирования VyOS. Было изменено имя устройства на alkamal-gw-01 и задано доменное имя alkamal.net.

Создан новый системный пользователь alkamal с заданным паролем для доступа к устройству. После применения конфигурации (commit) и сохранения настроек (save) была выполнена повторная авторизация под новым пользователем, что подтверждает корректность изменений.

Таким образом, стандартный пользователь был заменён пользовательской учётной записью, а параметры системы успешно применены (рис. 3.2).

```
vyos@vyos:~$ configure
[edit]
vyos@vyos# set system host-name alkamal-gw-01
[edit]
vyos@vyos# set system domain-name alkamal.net
[edit]
vyos@vyos# set system login user alkamal
[edit]
mal12345s# set system login user alkamal authentication plaintext-password alka
[edit]
vyos@vyos# commit
[edit]
vyos@vyos# save
Saving configuration to '/config/config.boot'...
Done
[edit]
vyos@vyos# exit
exit
vyos@vyos:~$ exit
logout

Welcome to VyOS - alkamal-gw-01 ttys0
alkamal-gw-01 login: alkamal
Password:
Welcome to VyOS!

Check out project news at https://blog.vyos.io
and feel free to report bugs at https://vyos.dev

You can change this banner using "set system login banner post-login" command.

VyOS is a free software distribution that includes multiple components,
you can check individual component licenses under /usr/share/doc/*copyright
alkamal@alkamal-gw-01:~$
```

Рисунок 3.2: Настройка имени хоста, доменного имени и создание пользователя в VyOS

### 13. Назначение IPv6-адресов интерфейсам маршрутизатора

Интерфейсу eth1 назначен IPv6-адрес 2000::1/64, а интерфейсу eth2 – IPv6-адрес 2001::1/64, что соответствует заданным подсетям.

Команда show interfaces подтверждает корректное назначение адресов и аппаратных идентификаторов интерфейсов. После выполнения команд commit и save конфигурация успешно применена и сохранена (рис. 3.3).

```

alkamal@alkamal-gw-01:~$ configure
[edit]
alkamal@alkamal-gw-01# set interfaces ethernet eth1 address 2000::1/64
[edit]
alkamal@alkamal-gw-01# set interfaces ethernet eth2 address 2001::1/64
[edit]
alkamal@alkamal-gw-01# show interfaces
  ethernet eth0 {
    address dhcp
    hw-id 0c:df:93:f5:00:00
  }
  ethernet eth1 {
+    address 2000::1/64
+    hw-id 0c:df:93:f5:00:01
  }
  ethernet eth2 {
+    address 2001::1/64
+    hw-id 0c:df:93:f5:00:02
  }
  loopback lo {
  }
[edit]
alkamal@alkamal-gw-01# commit
save[edit]
alkamal@alkamal-gw-01# save

```

Рисунок 3.3: Назначение IPv6-адресов интерфейсам eth1 и eth2 и вывод команды show interfaces

#### 14. Настройка Stateless DHCPv6 и Router Advertisement

На маршрутизаторе настроена DHCPv6-конфигурация без отслеживания состояния (Stateless DHCPv6) для интерфейса eth1.

С помощью механизма Router Advertisements (RA) на интерфейсе eth1 объявлен префикс 2000::/64, что позволяет узлам автоматически формировать IPv6-адреса с использованием SLAAC. Установка флага other-config-flag указывает хостам, что дополнительные параметры сети (DNS, домен) необходимо получать через DHCPv6, без выдачи IPv6-адресов сервером DHCPv6.

Также создана разделяемая сеть alkamal-stateless, в которой заданы общие параметры (common-options): DNS-сервер 2000::1 и доменное имя alkamal.net. Конфигурация успешно применена и сохранена (рис. 3.4, рис. 3.5).

```

64kamal@alkamal-gw-01# set service router-advert interface eth1 prefix 2000::/
[edit]
64kamal@alkamal-gw-01# set service router-advert interface eth1 other-config-fl
[edit]
64kamal@alkamal-gw-01# set service dhcpcv6-server shared-network-name alkamal-st
[edit]
64kamal@alkamal-gw-01# set service dhcpcv6-server shared-network-name alkamal-st
    Configuration path: [service dhcpcv6-server shared-network-name alkamal-stateless] already exists
[edit]
64kamal@alkamal-gw-01# stateless subnet 2000::0/64 service dhcpcv6-server shared-network-name alkamal-st
[edit]
64kamal@alkamal-gw-01# stateless common-options name-server 2000::1 rver shared-network-name alkamal-st
[edit]
64kamal@alkamal-gw-01# stateless common-options domain-search alkamal.net shared-network-name alkamal-st
[edit]
64kamal@alkamal-gw-01# commit
[edit]
64kamal@alkamal-gw-01# save
Saving configuration to '/config/config.boot'...
Done
[edit]
64kamal@alkamal-gw-01#

```

Рисунок 3.4: Настройка Router Advertisement и Stateless DHCPv6 на интерфейсе eth1

```

alkamal@alkamal-gw-01# run show configuration
interfaces {
    ethernet eth0 {
        address dhcp
        hw-id 0c:df:93:f5:00:00
    }
    ethernet eth1 {
        address 2000::1/64
        hw-id 0c:df:93:f5:00:01
    }
    ethernet eth2 {
        address 2001::1/64
        hw-id 0c:df:93:f5:00:02
    }
    loopback lo {
    }
}
service {
    dhcpcv6-server {
        shared-network-name alkamal-stateless {
            common-options {
                domain-search alkamal.net
                name-server 2000::1
            }
            subnet 2000::0/64 {
            }
        }
        router-advert {
            interface eth1 {
                other-config-flag
                prefix 2000::/64 {
                }
            }
        }
        ssh {
        }
    }
}

```

Рисунок 3.5: Просмотр итоговой конфигурации DHCPv6 и RA в VyOS

## 15. Проверка IPv6-адресации и связности на узле PC2

Узел PC2 получил глобальный IPv6-адрес 2000::42:9bff:febb:db00/64, сформированный автоматически с использованием SLAAC, а также link-local адрес fe80::/64.

Таблица маршрутизации подтверждает наличие маршрута к сети 2000::/64 и шлюза по умолчанию через link-local адрес маршрутизатора. Проверка связности командой ping 2000::1 показала успешный обмен ICMPv6-пакетами.

Попытка получения адреса по DHCPv6 завершилась сообщением об отсутствии опции IAADDR, что соответствует режиму Stateless DHCPv6. Связность при этом сохраняется (рис. 3.6, рис. 3.7, рис. 3.8).

```
/ # ip address
1: lo: <LOOPBACK,UP,LOWER_UP> mtu 65536 qdisc noqueue state UNKNOWN qlen 1000
    link/loopback 00:00:00:00:00:00 brd 00:00:00:00:00:00
        inet 127.0.0.1/8 scope host lo
            valid_lft forever preferred_lft forever
        inet6 ::1/128 scope host
            valid_lft forever preferred_lft forever
9: eth0: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc fq_codel state UNKNOWN qlen 1000
    link/ether 02:42:9b:bb:db:00 brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
        inet6 2000::42:9bff:febb:db00/64 scope global dynamic flags 100
            valid_lft 2591841sec preferred_lft 14241sec
        inet6 fe80::42:9bff:febb:db00/64 scope link
            valid_lft forever preferred_lft forever
/ # ip -6 route show
2000::/64 dev eth0 metric 256 expires 0sec
fe80::/64 dev eth0 metric 256
default via fe80::edf:93ff:fef5:1 dev eth0 metric 1024 expires 0sec
/ # ping 2000::1 -c 2
PING 2000::1 (2000::1): 56 data bytes
64 bytes from 2000::1: seq=0 ttl=64 time=12.583 ms
64 bytes from 2000::1: seq=1 ttl=64 time=4.518 ms
...
--- 2000::1 ping statistics ---
2 packets transmitted, 2 packets received, 0% packet loss
round-trip min/avg/max = 4.518/8.550/12.583 ms
/ # cat /etc/resolv.conf
/ # udhcpc6 -i eth0
udhcpc6: started. v1.37.0
udhcpc6: sending discover
udhcpc6: sending select
udhcpc6: no IAADDR option, ignoring packet
udhcpc6: sending select
udhcpc6: sending select
udhcpc6: sending select
udhcpc6: sending select
udhcpc failed to get a DHCP lease
```

Рисунок 3.6: Проверка IPv6-адресации и маршрутизации на узле PC2

```

udhcpc failed to get a DHCP lease
udhcpc6: sending discover
udhcpc6: sending select
udhcpc6: no IAADDR option, ignoring packet
udhcpc6: sending select
udhcpc6: sending select
udhcpc6: sending select
udhcpc6: sending select
udhcpc failed to get a DHCP lease
udhcpc6: sending discover
udhcpc6: sending select
udhcpc6: no IAADDR option, ignoring packet
udhcpc6: sending select
udhcpc6: sending select
udhcpc6: sending select
udhcpc6: sending select
^C
/ # ping 2000::1 -c2
PING 2000::1 (2000::1): 56 data bytes
64 bytes from 2000::1: seq=0 ttl=64 time=6.979 ms
64 bytes from 2000::1: seq=1 ttl=64 time=1.809 ms

--- 2000::1 ping statistics ---
2 packets transmitted, 2 packets received, 0% packet loss
round-trip min/avg/max = 1.809/4.394/6.979 ms
/ # cat /etc/resolv.conf
/ # 

```

Рисунок 3.7: Результаты попытки получения параметров по DHCPv6 на узле PC2

```

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

```

Рисунок 3.8: Повторная проверка связности IPv6 после DHCPv6-запросов

## 16. Анализ захваченного IPv6-трафика

В захваченном трафике наблюдается корректная работа механизмов IPv6 SLAAC и Stateless DHCPv6. Узел PC2 отправляет ICMPv6 Router Solicitation, после чего маршрутизатор отвечает сообщениями Router Advertisement с объявлением префикса и параметров сети.

Также зафиксированы сообщения DHCPv6 Solicit, Advertise и Reply, содержащие дополнительные параметры конфигурации без опции IAADDR. Сообщения ICMPv6 Destination Unreachable (Port unreachable) являются допустимыми служебными сообщениями и не указывают на ошибку конфигурации (рис. 3.9).

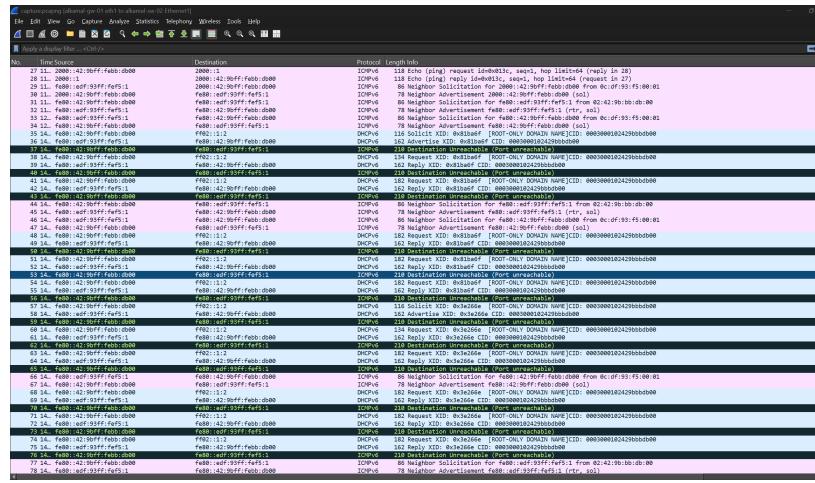


Рисунок 3.9: Захваченный трафик ICMPv6 и DHCPv6 Stateless в Wireshark

## 17. Настройка Stateful DHCPv6 на маршрутизаторе

На маршрутизаторе настроена DHCPv6-конфигурация с отслеживанием состояния (Stateful DHCPv6) для интерфейса eth2.

С помощью параметра `managed-flag` в сообщениях Router Advertisement (RA) узлам сети указывается, что IPv6-адреса и параметры конфигурации должны получаться через DHCPv6-сервер, а не формироваться только с помощью SLAAC.

На маршрутизаторе создана разделяемая сеть `alkamal-stateful` с подсетью 2001::/64. DHCPv6-серверу задан диапазон адресов 2001::100 – 2001::199, из которого осуществляется выдача IPv6-адресов клиентам. Также настроены дополнительные параметры конфигурации: DNS-сервер 2001::1 и доменное имя alkamal.net.

После выполнения команд `commit` и `save` конфигурация была успешно применена и сохранена. В отличие от Stateless-режима, в данном случае DHCPv6-сервер отслеживает выданные адреса и отображает их в таблице аренд (рис. 3.10).

```
[edit]
[edit] atefull@alkamal-gw-01# set service dhcipv6-server shared-network-name alkamal-st
[edit] atefull subnet 2001::0/64t service dhcipv6-server shared-network-name alkamal-st
[edit] atefull subnet 2001::0/64 name-server 2001::1ver shared-network-name alkamal-st
[edit] atefull subnet 2001::0/64 domain-search alkamal.nethared-network-name alkamal-st
[edit] atefull subnet 2001::0/64 address-range start 2001::100 stop 2001::1991kamal-st
[edit]
alkamal@alkamal-gw-01# commit
[edit]
alkamal@alkamal-gw-01# save
Saving configuration to '/config/config.boot' ...
Done
[edit]
```

Рисунок 3.10: Конфигурация Stateful DHCPv6 на маршрутизаторе VyOS для подсети 2001::/64

## 18. Статистика DHCPv6 и получение адреса на узле PC3

Команда run show dhcipv6 server leases первоначально не показывает выданных адресов, так как клиент PC3 ещё не запросил адрес по DHCPv6. После выполнения запроса адрес появляется в таблице аренд.

До получения адреса по DHCPv6 на узле PC3 присутствует только link-local IPv6-адрес, маршрут по умолчанию отсутствует, а файл /etc/resolv.conf не содержит DNS-параметров. После выполнения команды udhcpc6 -i eth0 клиент успешно получает IPv6-адрес и параметры сети, что подтверждается сообщением о получении аренды (рис. 3.11, рис. 3.12).

```
alkamal@alkamal-gw-01# run show dhcipv6 server leases
IPv6 address      State    Last communication   Lease expiration   Remaining   Type   Pool   IAID_DUID
-----  -----
[edit]
alkamal@alkamal-gw-01#
```

Рисунок 3.11: Проверка состояния DHCPv6-сервера и отсутствие аренд до запроса клиента

```
PC3-alkamal console is now available... Press RETURN to get started.
/ # ip address
1: lo: <LOOPBACK,UP,LOWER_UP> mtu 65536 qdisc noqueue state UNKNOWN qlen 1000
    link/loopback 00:00:00:00:00:00 brd 00:00:00:00:00:00
    inet 127.0.0.1/8 scope host lo
        valid_lft forever preferred_lft forever
        inet6 ::1/128 scope host
            valid_lft forever preferred_lft forever
10: eth0: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc fq_codel state UNKNOWN qlen 1000
    link/ether 02:42:88:32:29:00 brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
    inet6 fe80::42:88ff:fe32:2900/64 scope link
        valid_lft forever preferred_lft forever
/ # ip -6 route show
fe80::/64 dev eth0 metric 256
/ # cat /etc/resolv.conf
/ # udhcpc6 -i eth0
udhcpc6: started, v1.37.0
udhcpc6: sending discover
udhcpc6: sending select
udhcpc6: IPv6 obtained, lease time 43200
```

Рисунок 3.12: Получение IPv6-адреса по Stateful DHCPv6 на узле PC3

## 19. Проверка параметров IPv6 на узле PC3 после DHCPv6

На узле PC3 после получения адреса по DHCPv6 (stateful) был назначен глобальный IPv6-адрес из диапазона 2001::100–2001::199, а также link-local адрес.

В таблице маршрутизации присутствует маршрут по умолчанию, полученный через Router Advertisement с флагом managed-flag, что подтверждает корректную работу DHCPv6 с отслеживанием состояния.

Проверка связности с маршрутизатором командой ping 2001::1 завершилась успешно. Файл /etc/resolv.conf содержит DNS-сервер 2001::1 и домен alkamal.net, полученные от DHCPv6-сервера. На маршрутизаторе команда show dhcpcv6 server leases подтверждает наличие активной аренды IPv6-адреса (рис. 3.13, рис. 3.14).

```
/ # ip address
1: lo: <LOOPBACK,UP,LOWER_UP> mtu 65536 qdisc noqueue state UNKNOWN qlen 1000
    link/loopback 00:00:00:00:00:00 brd 00:00:00:00:00:00
    inet 127.0.0.1/8 scope host lo
        valid_lft forever preferred_lft forever
    inet6 ::1/128 scope host
        valid_lft forever preferred_lft forever
10: eth0: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc fq_codel state UNKNOWN qlen 1000
    link/ether 02:42:88:32:29:00 brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
    inet6 fe80::42:88ff:fe32:2900/64 scope link
        valid_lft forever preferred_lft forever
/ # ip -6 route show
fe80::/64 dev eth0 metric 256
/ # ping 2001::1 -c 2
PING 2001::1 (2001::1): 56 data bytes
ping: sendto: Network unreachable
/ # cat /etc/resolv.conf
search alkamal.net
nameserver 2001:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0001
/ #
```

Рисунок 3.13: Проверка IPv6-адресации и маршрутизации на узле PC3

```
alkamal@alkamal-gw-01:~$ show dhcp server leases
IP address      Hardware address   State    Lease start          Lease expiration      Remaining     Pool      Hostname
-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
19.0.0.2       00:50:79:66:68:00   active   2026/01/23 04:25:35  2026/01/24 04:25:35  23:51:03   alkamal  PCI-alkamal
alkamal@alkamal-gw-01:~$
```

Рисунок 3.14: Информация о выданной IPv6-аренде на маршрутизаторе VyOS

## 20. Анализ результатов DHCPv6 (Stateful)

На узле PC3 после выполнения команды udhcpc6 -i eth0 был успешно получен глобальный IPv6-адрес из диапазона 2001::100–2001::199, а также автоматически назначены параметры DNS (2001::1) и domain-search (alkamal.net). В таблице маршрутизации появился маршрут по умолчанию через маршрутизатор. Успешный ping 2001::1 подтверждает корректную настройку IPv6-адресации и маршрутизации.

На маршрутизаторе команда run show dhcpcv6 server leases показывает активную аренду IPv6-адреса, что подтверждает работу DHCPv6 с отслеживанием состояния (Stateful).

В захваченном трафике анализатором наблюдается стандартная последовательность работы DHCPv6: Router Solicitation, Router Advertisement с флагом managed, далее сообщения Solicit → Advertise → Request → Reply, после чего узлу назначается IPv6-адрес и сетевые параметры (рис. 3.15).

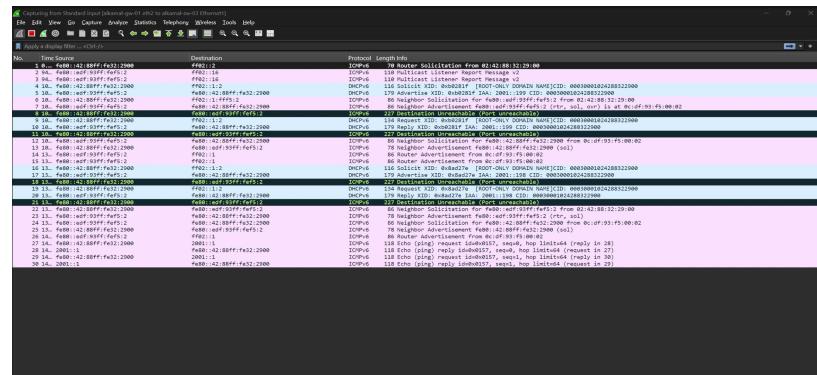


Рисунок 3.15: Захваченный трафик DHCPv6 Stateful и ICMPv6 в анализаторе Wireshark

## **4 Выводы**

В ходе выполнения лабораторной работы была успешно реализована и исследована настройка автоматической адресации IPv6 с использованием протокола DHCPv6 в двух режимах: без отслеживания состояния (stateless) и с отслеживанием состояния (stateful).

На интерфейсе eth1 маршрутизатора был настроен режим DHCPv6 Stateless, при котором узел PC2 получил IPv6-адрес с помощью механизма SLAAC, а дополнительные параметры сети (DNS-сервер и доменное имя) были получены по протоколу DHCPv6. Это подтверждается отсутствием записей о выданных адресах в таблице аренды DHCPv6 на маршрутизаторе и корректной работой DNS.

На интерфейсе eth2 маршрутизатора был настроен режим DHCPv6 Stateful, при котором узел PC3 получил IPv6-адрес из заданного диапазона 2001::100 – 2001::199, а также параметры DNS от DHCPv6-сервера. Назначение адреса подтверждается записями в таблице аренды DHCPv6 и успешной проверкой сетевой связности с маршрутизатором.

Анализ захваченного сетевого трафика показал корректную работу протоколов ICMPv6, Router Advertisement, Neighbor Discovery и DHCPv6, а также последовательность обмена сообщениями Solicit, Advertise, Request и Reply при получении адреса по DHCPv6.

Таким образом, все поставленные в задании цели были достигнуты: выполнена настройка IPv6-адресации, реализованы оба режима DHCPv6, подтверждена их корректная работа и проанализировано взаимодействие сетевых устройств на уровне протоколов.