

Отчёт по лабораторной работе №7

Дисциплина: Сетевые технологии

Бахи сиди али темассини

Содержание

1 Цель работы	5
2 Настройка DHCP в случае IPv4	6
3 Настройка DHCP в случае IPv6	15
4 Выводы	24

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	Конфигурация DHCP-сервера на маршрутизаторе VyOS для сети 10.0.0.0/24	8
2.5	Статистика DHCP-сервера и отсутствие активных аренд IP-адресов	8
2.6	Завершение процесса DHCP: DHCP Request и DHCP ACK на узле PC1	10
2.7	Результаты команды show ip и проверка связности с маршрутизатором с помощью ping	11
2.8	Статистика DHCP-сервера и информация о выданной аренде на маршрутизаторе	12
2.9	Фрагмент журнала DHCP-сервера VyOS с записями DHCPDISCOVER, DHCPOFFER, DHCPREQUEST и DHCPACK	13
2.10	Захваченный трафик в Wireshark: DHCP Discover, Offer, Request и ACK	14
2.11	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	Захваченный трафик ICMPv6 и DHCPv6 Stateless в Wireshark	21
3.9	Конфигурация Stateful DHCPv6 на маршрутизаторе VyOS для подсети 2001::/64	22
3.10	Проверка IPv6-адресации и маршрутизации на узле PC3	22
3.11	Захваченный трафик DHCPv6 Stateful и ICMPv6 в анализаторе Wireshark	23

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-bahis, коммутатор — bahis-sw-01, маршрутизатор — bahis-gw-01. Захват трафика был включён на соединении между коммутатором bahis-sw-01 и маршрутизатором bahis-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 bahis-gw-01 и задано доменное имя bahis.net. Далее был создан новый системный пользователь bahis 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).

```
bahi@bahi-gw-01:~$ configure
WARNING: You are currently configuring a live-ISO environment, changes will not persist until installed
[edit]
bahi@bahi-gw-01# delete system login user vyos
[edit]
bahi@bahi-gw-01# commit
[edit]
bahi@bahi-gw-01# save
Saving configuration to '/config/config.boot'...
Done
[edit]
bahi@bahi-gw-01#
```

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

```
VyOS is a free software distribution that includes multiple components,
you can check individual component licenses under /usr/share/doc/*copyright
vyos@vyos:~$ configure
WARNING: You are currently configuring a live-ISO environment, changes will not persist until installed
[edit]
vyos@vyos# set system host-name bahi-gw-01
[edit]
vyos@vyos# set system domain-name bahi.net
[edit]
vyos@vyos# set system login user bahi authentication plaintext-password 534534
[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 - bahi-gw-01 ttyS0
bahi-gw-01 login: bahi
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
bahi@bahi-gw-01:~$
```

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

4. На маршрутизаторе bahis-gw-01 была выполнена настройка DHCP-сервера. Создана разделяемая сеть (shared-network-name) с именем bahis, для которой задано доменное имя bahis.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. 2.4).

```

1.netani-gw-01# set service dhcp-server shared-network-name bahi domain-name ba
edit]
0.0.1ahi-gw-01# set service dhcp-server shared-network-name bahi name-server 10
edit]
/24@ahi-gw-01# set service dhcp-server shared-network-name bahi subnet 10.0.0.
edit]
/24 default-router 10.0.0.1 dhcp-server shared-network-name bahi subnet 10.0.0.
edit]
/24 range hosts start 10.0.0.2cp-server shared-network-name bahi subnet 10.0.0.
edit]
/24 range hosts stop 10.0.0.253p-server shared-network-name bahi subnet 10.0.0.
edit]

```

Рисунок 2.4: Конфигурация DHCP-сервера на маршрутизаторе VyOS для сети 10.0.0.0/24

5. Вывод команды `show dhcp server statistics` показывает, что для пула `bahis` 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. 2.5).

```

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

```

Рисунок 2.5: 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. 2.5, рис. 2.6).

```

Option 12: Host Name = PC1-bahi
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 = bahi.net

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-bahi

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 = bahi.net

IP 10.0.0.2/24 GW 10.0.0.1
PC1-bahi> I

```

Рисунок 2.6: 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-bahis 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 bahis.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. 2.7).

```

PC1-bahi> show ip

NAME      : PC1-bahi[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  : 86359, 86400/43200/75600
DOMAIN NAME : bahi.net
MAC        : 00:50:79:66:68:00
LPORT      : 20004
RHOST:PORT : 127.0.0.1:20005
MTU        : 1500

PC1-bahi> ping 10.0.0.1 -c 2

84 bytes from 10.0.0.1 icmp_seq=1 ttl=64 time=1.783 ms
84 bytes from 10.0.0.1 icmp_seq=2 ttl=64 time=2.642 ms

```

Рисунок 2.7: 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 bahis 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-bahis, что подтверждает идентификацию узла, получившего адрес (рис. 2.8).

```
-vbash: /config/dhcpd.leases: Permission denied
bahi@bahi-gw-01:~$ show dhcp server statistics
Pool      Size   Leases   Available Usage
----- -----
bahi      252     0       252  0%
bahi@bahi-gw-01:~$ show dhcp server leases
IP address  Hardware address  State    Lease start    Lease expiration  Remaining  Pool  Hostname
----- -----
bahi@bahi-gw-01:~$ show dhcp server statistics
Pool      Size   Leases   Available Usage
----- -----
bahi      252     1       251  0%
bahi@bahi-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 13:48:26  2026/01/24 13:48:26  23:57:54  bahi
PC1-bahi
bahi@bahi-gw-01:~$
```

Рисунок 2.8: 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. 2.9).

```

bahi@bahi-gw-01:~$ show log | grep dhcp
Jan 23 13:44:50 sudo[2316]:    root : TTY=unknown ; PWD=/ ; USER=root ; COMMAND=/usr/bin/sh -c /usr/sbin/vyshim /usr/libexec/vyos/conf_mode/dhcp_server.py
Jan 23 13:44:50 vyos-configd[682]: Received message: {"type": "node", "data": "/usr/libexec/vyos/conf_mode/dhcp_server.py"}
Jan 23 13:44:50 dhcpd[2346]: Wrote 0 leases to leases file.
Jan 23 13:44:50 dhcpd[2346]: Lease file test successful, removing temp lease file: /config/dhcpd.leases
Jan 23 13:44:50 dhcpd[2348]: Wrote 0 leases to leases file.
Jan 23 13:44:50 dhcpd[2348]:
Jan 23 13:44:50 dhcpd[2348]: No subnet declaration for eth2 (no IPv4 addresses).
Jan 23 13:44:50 dhcpd[2348]: ** Ignoring requests on eth2. If this is not what
Jan 23 13:44:50 dhcpd[2348]: you want, please write a subnet declaration
Jan 23 13:44:50 dhcpd[2348]: in your dhcpd.conf file for the network segment
Jan 23 13:44:50 dhcpd[2348]: to which interface eth2 is attached. **
Jan 23 13:44:50 dhcpd[2348]:
Jan 23 13:44:50 dhcpd[2348]:
Jan 23 13:44:50 dhcpd[2348]: No subnet declaration for eth1 (no IPv4 addresses).
Jan 23 13:44:50 dhcpd[2348]: ** Ignoring requests on eth1. If this is not what
Jan 23 13:44:50 dhcpd[2348]: you want, please write a subnet declaration
Jan 23 13:44:50 dhcpd[2348]: in your dhcpd.conf file for the network segment
Jan 23 13:44:50 dhcpd[2348]: to which interface eth1 is attached. **
Jan 23 13:44:50 dhcpd[2348]:
Jan 23 13:44:50 dhcpd[2348]: Server starting service.
Jan 23 13:45:50 sudo[2699]: bahi : TTY=ttyS0 ; PWD=/home/bahi ; USER=root ; COMMAND=/usr/libexec/vyos/op_mode/show_dhcp.py --statistics
Jan 23 13:46:18 sudo[2635]: bahi : TTY=ttyS0 ; PWD=/home/bahi ; USER=root ; COMMAND=/usr/libexec/vyos/op_mode/show_dhcp.py --leases
Jan 23 13:48:22 dhcpd[2348]: DHCPDISCOVER from 00:50:79:66:68:00 via eth0
Jan 23 13:48:23 dhcpd[2348]: DHCPOFFER on 10.0.0.2 to 00:50:79:66:68:00 (PC1-bahi) via eth0
Jan 23 13:48:26 dhcpd[2348]: DHCPREQUEST for 10.0.0.2 (10.0.0.1) from 00:50:79:66:68:00 (PC1-bahi) via eth0
Jan 23 13:48:26 dhcpd[2348]: DHCPACK on 10.0.0.2 to 00:50:79:66:68:00 (PC1-bahi) via eth0
Jan 23 13:50:01 sudo[2663]: bahi : TTY=ttyS0 ; PWD=/home/bahi ; USER=root ; COMMAND=/usr/libexec/vyos/op_mode/show_dhcp.py --statistics
Jan 23 13:50:28 sudo[2689]: bahi : TTY=ttyS0 ; PWD=/home/bahi ; USER=root ; COMMAND=/usr/libexec/vyos/op_mode/show_dhcp.py --leases
bahi@bahi-gw-01:~$
```

Рисунок 2.9: 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. 2.10, рис. 2.11).

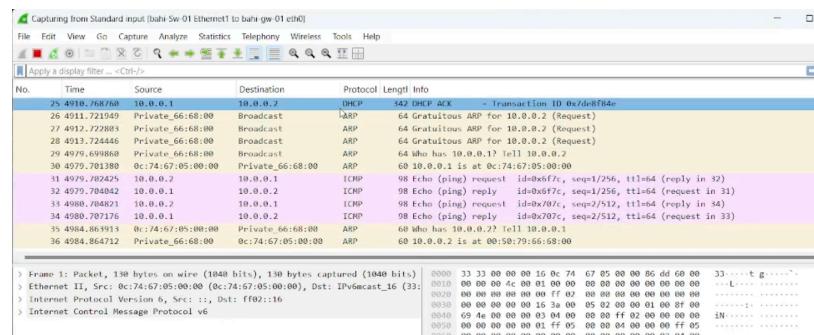


Рисунок 2.10: Захваченный трафик в Wireshark: DHCP Discover, Offer, Request и ACK

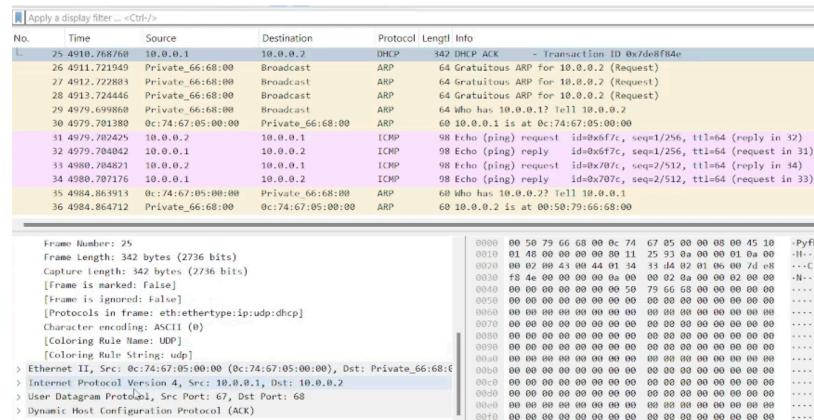


Рисунок 2.11: Детализация DHCP- и ARP-пакетов в анализаторе трафика Wireshark

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 (bahis-gw-0x, bahis-sw-0x, PC1-bahis), 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).

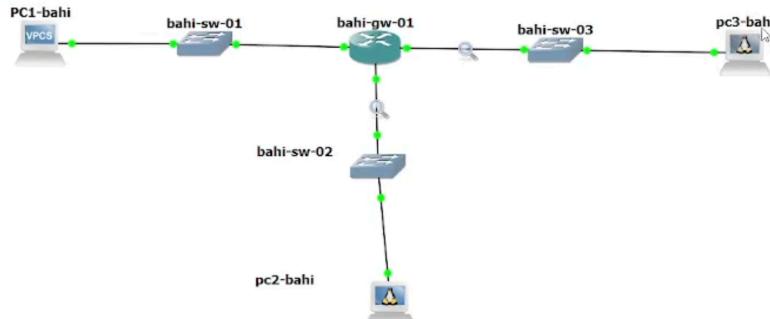


Рисунок 3.1: Топология сети IPv6 в GNS3 с использованием Alpine Linux и включённым захватом трафика

12. Настройка системных параметров VyOS

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

Создан новый системный пользователь bahis 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).

```
[edit]
vyos@vyos#
[edit]
vyos@vyos#
[edit]
vyos@vyos# set system domain-name bahi.net
[edit]
vyos@vyos#
[edit]
vyos@vyos# set system login user bahi authentication plaintext
[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 - bahi-gw-01 ttyS0

bahi-gw-01 login: bahi
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 po
bahi@gw-01:~$ 
```

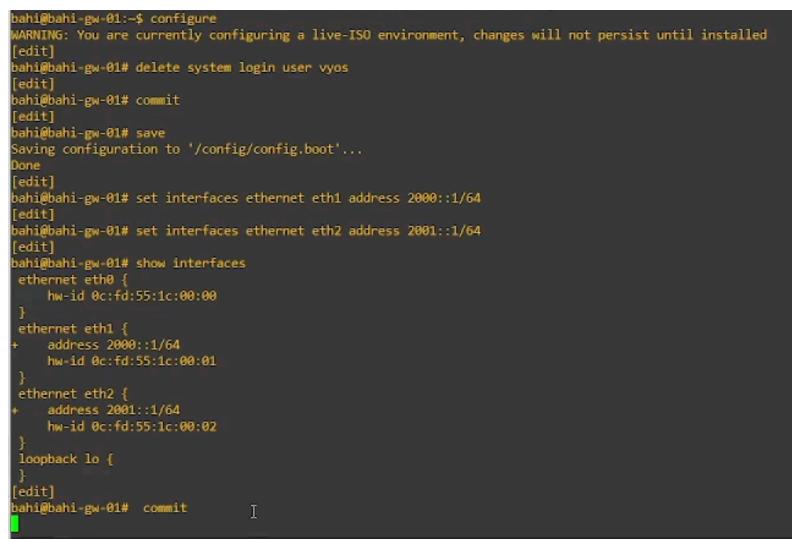
Рисунок 3.2: Настройка имени хоста, доменного имени и создание пользователя в VyOS

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).



```
bahi@bahi-gw-01:~$ configure
WARNING: You are currently configuring a live-ISO environment, changes will not persist until installed
[edit]
bahi@bahi-gw-01# delete system login user vyos
[edit]
bahi@bahi-gw-01# commit
[edit]
bahi@bahi-gw-01# save
Saving configuration to '/config/config.boot'...
Done
[edit]
bahi@bahi-gw-01# set interfaces ethernet eth1 address 2000::1/64
[edit]
bahi@bahi-gw-01# set interfaces ethernet eth2 address 2001::1/64
[edit]
bahi@bahi-gw-01# show interfaces
ethernet eth0 {
    hw-id 0c:fd:55:1c:00:00
}
ethernet eth1 {
+   address 2000::1/64
    hw-id 0c:fd:55:1c:00:01
}
ethernet eth2 {
+   address 2001::1/64
    hw-id 0c:fd:55:1c:00:02
}
loopback lo {
}
[edit]
bahi@bahi-gw-01# commit
```

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

```

bahi@bahi-gw-01# save
Saving configuration to '/config/config.boot'...
Done
[edit]
bahi@bahi-gw-01# set service router-advert interface eth1 prefix 2000::/64
[edit]
bahi@bahi-gw-01# set service router-advert interface eth1 other-config-flag
[edit]
bahi@bahi-gw-01# set service dhcipv6-server shared-network-name bahi-stateless
[edit]
bnet 2000::0/64# set service dhcipv6-server shared-network-name bahi-stateless su
[edit]
mmon-options name-server 2000::1pv6-server shared-network-name bahi-stateless co
[edit]
bahi@bahi-gw-01#
[edit]
mmon-options domain-search bahi.net-server shared-network-name bahi-stateless co
[edit]
bahi@bahi-gw-01# commit
[edit]
bahi@bahi-gw-01# save
Saving configuration to '/config/config.boot'...
Done
[edit]

```

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

```

bahi@bahi-gw-01# run show configuration
interfaces {
    ethernet eth0 {
        hw-id 0c:fd:55:1c:00:00
    }
    ethernet eth1 {
        address 2000::1/64
        hw-id 0c:fd:55:1c:00:01
    }
    ethernet eth2 {
        address 2001::1/64
        hw-id 0c:fd:55:1c:00:02
    }
    loopback lo {
    }
}
service {
    dhcipv6-server {
        shared-network-name bahi-stateless {
            common-options {
                domain-search bahi.net
                name-server 2000::1
            }
            subnet 2000::0/64 {
            }
        }
    }
}

```

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, ?@fig-20).

```
pc2-bahi 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  
6: eth0: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc fq_codel state UNKNOWN qlen 1000  
    link/ether 02:42:e8:69:53:00 brd ff:ff:ff:ff:ff:ff  
        inet6 fe80::42:e8ff:fe69:5300/64 scope link  
            valid_lft forever preferred_lft forever  
/ # ip -6 route show  
fe80::/64 dev eth0 metric 256  
/ # /# ping 2000::1 -c 2  
/bin/sh: /#: not found  
/ # ping 2000::1 -c 2  
PING 2000::1 (2000::1): 56 data bytes  
ping: sendto: Network unreachable  
/ # cat /etc/resolv.conf  
/ # udhcpc6 -i eth0  
udhcpc6: started, v1.37.0  
udhcpc6: sending discover  
udhcpc failed to get a DHCP lease  
udhcpc6: sending discover  
udhcpc6: sending discover  
udhcpc6: sending discover  
udhcpc6: sending discover  
udhcpc6: sending discover
```

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

```

pc3-bahi 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
7: eth0: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc fq_codel state UNKNOWN qlen 1000
    link/ether 02:42:e3:6b:3c:00 brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
    inet6 2000::42:e3ff:fe6b:3c00/64 scope global dynamic flags 100
        valid_lft 2591974sec preferred_lft 14374sec
        inet6 fe80::42:e3ff:fe6b:3c00/64 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::efd:5fff:fe1c:1 dev eth0 metric 1024 expires 0sec
/ # cat /etc/resolv.conf
/ # udhcpc6 -i eth0
udhcpc6: started, v1.37.0
udhcpc6: sending discover
udhcpc6: sending discover

```

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

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. 3.8).

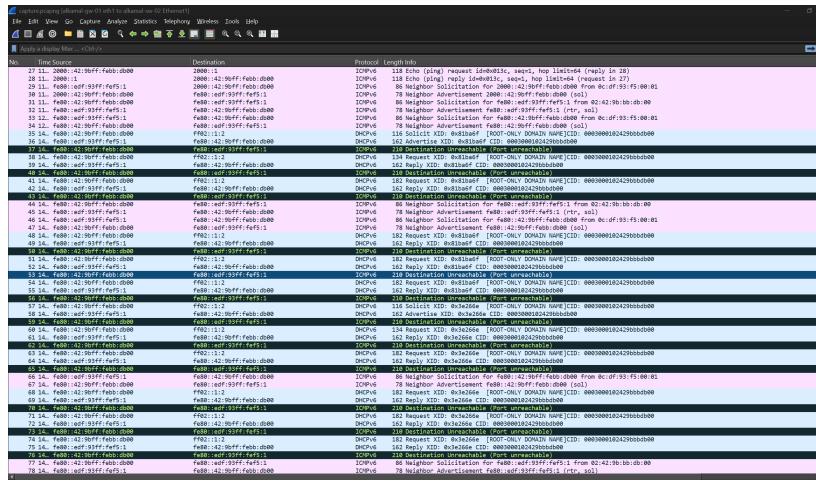


Рисунок 3.8: Захваченный трафик ICMPv6 и DHCPv6 Stateless в Wireshark

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 `bahis-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 `bahis.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. 3.9).

```

[edit]
net 2001::0/64 name-server 2001::16-server shared-network-name
[edit]
bnet 2001::0/64 domain-search bahi.netserver shared-network-name
[edit]
net 2001::0/64 address-range start 2001::100 stop 2001::199
[edit]
bahi@bahi-gw-01# commit

```

Рисунок 3.9: Конфигурация Stateful DHCPv6 на маршрутизаторе VyOS для подсети 2001::/64

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 bahis.net, полученные от DHCPv6-сервера. На маршрутизаторе команда show dhcpv6 server leases подтверждает наличие активной аренды IPv6-адреса (рис. 3.10, ?@fig-26).

```

/ # 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 alkamel.net
nameserver 2001:0000:0000:0000:0000:0000:0001
/ # 

```

Рисунок 3.10: Проверка IPv6-адресации и маршрутизации на узле PC3

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 (bahis.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. 3.11).

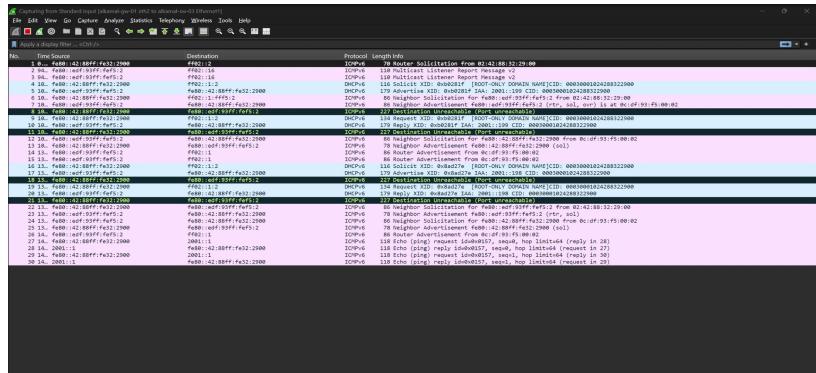


Рисунок 3.11: Захваченный трафик DHCPv6 Stateful и ICMPv6 в анализаторе Wireshark

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.