

Лабораторная работа № 7. Адресация IPv4 и IPv6. Настройка DHCP

7.1. Цель работы

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

7.2. Предварительные сведения

7.2.1. Dynamic Host Configuration Protocol

Протокол динамической конфигурации узла (*Dynamic Host Configuration Protocol, DHCP*) – сетевой протокол, позволяющий устройствам автоматически получать IP-адрес и другие параметры, необходимые для работы в сети TCP/IP.

DHCP:

- работает по модели «клиент–сервер»;
- позволяет избежать ручной настройки компьютеров сети;
- выделяет каждому компьютеру произвольный свободный IP-адрес из определённого администратором диапазона;
- передача данных осуществляется через протокол UDP, при этом сервер принимает сообщения от клиентов на порт 67 и отправляет сообщения клиентам на порт 68.

Процесс получения устройством адреса по протоколу DHCP:

- сообщение «DHCP DISCOVER»: устройство отправляет широковещательный запрос, в котором во фрейме (PDU канального уровня) в поле адреса отправителя указывается MAC-адрес устройства, а в поле адреса получателя – широковещательный адрес ffff.ffff.ffff; в пакете (PDU сетевого уровня) в поле адреса отправителя указан адрес 0.0.0.0, а в поле адреса получателя – адрес 255.255.255.255;
- сообщение «DHCP OFFER»: DHCP-сервер после получения широковещательного сообщения выделяет (но не резервирует) в своём пуле адресов некоторый адрес DHCP-клиенту на заданное время (lease time), назначает другие настройки (опции) и пересыпает всю информацию DHCP-клиенту; при этом в соответствующих полях получателя в сообщении указываются выделенный клиенту IP-адрес и его MAC-адрес;
- сообщение «DHCP REQUEST»: клиент отправляет DHCP-серверу согласие с полученными параметрами;
- сообщение «DHCP ACKNOWLEDGE»: DHCP-сервер резервирует за DHCP-клиентом выделенный адрес на какое-то время (lease time), вносит информацию в свою ARP-таблицу и высыпает DHCP-клиенту сообщение об успешной регистрации адреса.

Некоторые из наиболее часто используемых опций DHCP:

- IP-адрес маршрутизатора по умолчанию;

- маска подсети;
- адреса серверов DNS;
- имя домена DNS.

Процесс предоставления DHCP-сервером сетевых настроек DHCP-клиенту называется *ареной* (lease time). Сетевые адреса выдаются на определённое время, по истечении которого процесс распределения адресов по DHCP повторяется.

7.2.2. Dynamic Host Configuration Protocol vers. 6

DHCPv6 – сетевой протокол для конфигурации узлов IPv6-адресами и другими параметрами для работы в сети на базе IPv6.

Инфраструктура DHCPv6 состоит из DHCPv6-клиентов, запрашивающих настройки, DHCPv6-серверов, предоставляющих настройки, и DHCPv6-агентов ретрансляции, которые выступают посредниками при обмене сообщениями между серверами и клиентами, когда последние располагаются в подсетях без сервера DHCPv6.

В сети IPv6 настройку адресов можно проводить и без DHCP. Такой подход называется SLAAC – автоматическая настройка адреса без отслеживания состояния.

В основе SLAAC лежит протокол ICMPv6, а именно ICMPv6-сообщения запроса маршрутизатора (Router Solicitation, RS) и объявления маршрутизатора (Router Advertisement, RA) для предоставления информации об адресации и другой конфигурации, обычно предоставляемой DHCP-сервером.

Сообщение запроса маршрутизатора (RS) направляется клиентом на IPv6-адрес многоадресной рассылки FF02::2 маршрутизатора. Сообщение объявления маршрутизатора (RA) отправляется маршрутизатором клиенту и содержит префикс и длину префикса локального сегмента, используемые затем клиентом для создания собственного глобального индивидуального IPv6-адреса. Сообщения RA всегда отправляются на общий для всех узлов IPv6-адрес многоадресной рассылки FF02::1 и содержат адрес канала маршрутизатора типа link-local в качестве IPv6-адреса источника.

В отличие от сервера DHCP, сервер SLAAC не знает, какие IPv6-адреса используются, а какие доступны для распределения. Для проверки уникальности адреса используются ICMPv6-сообщения запроса поиска соседа (Neighbor Solicitation, NS) и объявление соседа (Neighbor Advertisement, NA). Запрос соседа (NS) работает аналогично запросу ARP, а объявление соседа (NA) похоже на ответ ARP, поскольку используется для отправки MAC-адреса.

Если другие устройства не отвечают на запрос поиска соседа (NS), значит адрес является уникальным и может быть использован устройством. Если получено сообщение объявления соседа (NA), то адрес не уникален и требуется установить новый идентификатор интерфейса для использования. Этот процесс является частью процесса обнаружения соседних устройств ICMPv6 и известен как обнаружение адресов-дубликатов (Duplicate Address Detection, DAD).

DHCPv6 используют, когда требуется наличие дополнительной информации о сетевых настройках, например об адресе DNS-сервера, или когда требуется регулировать распределение адресов в сети.

DHCPv6 может работать без сохранения или с сохранением состояния. DHCPv6 использует информацию флагов из сообщения объявления маршрутизатора (RA) для определения режима работы:

- M – флаг управляемой настройки адресов указывает, должно ли устройство получить адрес с сохранением состояния посредством протокола настройки или нет;
- O – флаг других параметров настройки с сохранением состояния указывает, должно ли устройство обратиться к услугам протокола настройки для получения других параметров.

В случае DHCPv6 без сохранения состояния настройка IPv6-адресов выполняется автоматически, а дополнительную информацию (например адрес DNS-сервера) устройство получает в процессе поисков и запросов к DHCPv6-серверу (по сути SLAAC+DHCPv6).

В случае DHCPv6 с сохранением состояния устройство не должно использовать информацию из сообщения объявления маршрутизатора (RA) для настройки адресации, а должно получить сетевые настройки непосредственно от DHCPv6-сервера. Такая информация включает в себя индивидуальный IPv6-адрес, длину префикса, адрес шлюза по умолчанию и адреса DNS-серверов. В этом случае DHCPv6-сервер выделяет и отслеживает IPv6-адреса, чтобы не назначать один и тот же IPv6-адрес на нескольких устройствах.

Передача данных в DHCPv6 осуществляется через протокол UDP, при этом сервер принимает сообщения от клиентов на порт 547 и отправляет сообщения клиентам на порт 546.

Процесс получения устройством адреса по протоколу DHCPv6:

- сообщение SOLICIT: устройство направляет на зарезервированный IPv6-адрес многоадресной рассылки FF02::1:2 широковещательный запрос;
- сообщение ADVERTISE: DHCPv6-сервер сообщает DHCPv6-клиенту, что сервер доступен для предоставления службы DHCPv6;
- сообщение INFORMATION-REQUEST: используется клиентом для запроса только параметров конфигурации (например адреса DNS-сервера) в случае, когда DHCPv6-сервер работает без отслеживания состояния;
- сообщение REQUEST: используется клиентом для запроса IPv6-адреса и всех остальных параметров конфигурации от сервера в случае, когда DHCPv6-сервер работает с сохранением состояния;
- сообщение REPLY: используется DHCPv6-сервером для отправки клиенту сетевых настроек и завершения обработки запроса.

7.3. Задания для выполнения

7.3.1. Настройка DHCP в случае IPv4

7.3.1.1. Постановка задачи

Задана топология сети (рис. 7.1) и сведения по адресному пространству сети (табл. 7.1).

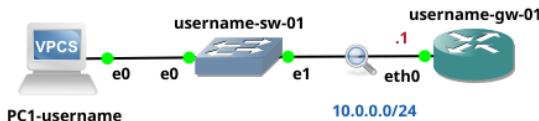


Рис. 7.1. Топология моделируемой сети

Таблица 7.1

Таблица адресации

Устройство	Интерфейс	IPv4-адрес	Длина префикса	Шлюз по умолчанию	DNS
gw-01	eth0	10.0.0.1	24	—	—
PC1	NIC	Назначен протоколом DHCP	24 (DHCP)	10.0.0.1 (DHCP)	10.0.0.1 (DHCP)

Требуется настроить на маршрутизаторе, имеющим адрес 10.0.0.1, DHCP-сервис по распределению IPv4-адресов из диапазона 10.0.0.2 – 10.0.0.253, настроить получение адреса по DHCP на узле (PC), а также исследовать пакеты DHCP.

7.3.1.2. Порядок выполнения работы

1. Запустите GNS3 VM и GNS3. Создайте новый проект.
2. В рабочем пространстве разместите и соедините устройства в соответствии с топологией, приведённой на рис. 7.1. Используйте маршрутизатор VyOS и хост (клиент) VPCS.
3. Измените отображаемые названия устройств. Коммутаторам присвойте названия по принципу **username-sw-0x**, маршрутизаторам – по принципу **username-gw-0x**, VPCS – по принципу **PCx-username**, где вместо **username** укажите имя вашей учётной записи, вместо **x** – порядковый номер устройства.
4. Включите захват трафика на соединении между коммутатором **sw-01** и маршрутизатором **gw-01**.
5. Настройте образ VyOS (для входа в систему используйте логин **vyos** и пароль **vyos**):
 - Установите систему на маршрутизаторы VyOS:
`vyos@vyos:~$ install image`
 Далее ответьте на вопросы диалога установки. По завершении диалога перезапустите маршрутизатор, введя команду `reboot`.

- На маршрутизаторах перейдите в режим конфигурирования, измените имя устройства и доменное имя, замените системного пользователя, заданного по умолчанию, на вашего пользователя (вместо `username` укажите имя вашей учётной записи, вместо `<mysecretpassword>` — пароль для доступа к устройству, например 123456 или любой другой):

```
vyos@vyos$ configure
vyos@vyos# set system host-name username-gw-01
vyos@vyos# set system domain-name username.net
vyos@vyos# set system login user <username>
    ↳ authentication plaintext-password <mysecretpassword>
vyos@vyos# commit
vyos@vyos# save
vyos@vyos# exit
vyos@vyos$ exit
username-gw-01 login: username
Password:
username@username-gw-01:~$ configure
username@username-gw-01# delete system login user vyos
username@username-gw-01# commit
username@username-gw-01# save
```

6. На маршрутизаторе под созданным пользователем перейдите в режим конфигурирования и настройте адресацию IPv4:

```
username@username-gw-01# set interfaces ethernet eth0
    ↳ address 10.0.0.1/24
```

7. Добавьте конфигурацию DHCP-сервера на маршрутизаторе (вместо `username` укажите имя вашей учётной записи):

```
username@username-gw-01# set service dhcp-server
    ↳ shared-network-name username domain-name username.net
username@username-gw-01# set service dhcp-server
    ↳ shared-network-name username name-server 10.0.0.1
username@username-gw-01# set service dhcp-server
    ↳ shared-network-name username subnet 10.0.0.0/24
    ↳ default-router 10.0.0.1
username@username-gw-01# set service dhcp-server
    ↳ shared-network-name username subnet 10.0.0.0/24 range
    ↳ hosts start 10.0.0.2
username@username-gw-01# set service dhcp-server
    ↳ shared-network-name username subnet 10.0.0.0/24 range
    ↳ hosts stop 10.0.0.253
username@username-gw-01# commit
username@username-gw-01# save
username@username-gw-01# exit
```

Здесь при помощи указанных выше команд была создана разделяемая сеть (`shared-network-name`) с названием `username`, подсеть (`subnet`) с адресом `10.0.0.0/24`, задан диапазон адресов (`range`) с именем `hosts`, содержащий адреса `10.0.0.2–10.0.0.253`.

8. Для просмотра статистики DHCP-сервера и выданных адресов используйте команды:

```
username@username-gw-01$ show dhcp server statistics
username@username-gw-01$ show dhcp server leases
```

9. Настройте оконечное устройство PC1:

```
PC1-username> ip dhcp -d
PC1-username> save
```

Здесь использована опция `-d` для обеспечения возможности просмотра декодированных запросов DHCP. В отчёте поясните полученную на экране PC1 информацию.

10. Проверьте конфигурацию IPv4 на узле, пропингуйте маршрутизатор:

```
PC1-username> show ip
PC1-username> ping 10.0.0.1 -c 2
```

11. На маршрутизаторе вновь посмотрите статистику DHCP-сервера и выданные адреса, в отчёте поясните полученную информацию:

```
username@username-gw-01$ show dhcp server statistics
username@username-gw-01$ show dhcp server leases
```

12. На маршрутизаторе посмотрите журнал работы DHCP-сервера:

```
username@username-gw-01$ show log | grep dhcp
```

13. В отчёте проанализируйте захваченные анализатором трафика пакеты, относящиеся к работе DHCP и назначению адреса устройству.

7.3.2. Настройка DHCP в случае IPv6

7.3.2.1. Постановка задачи

Задана топология сети (рис. 7.2) и сведения по адресному пространству (табл. 7.2).

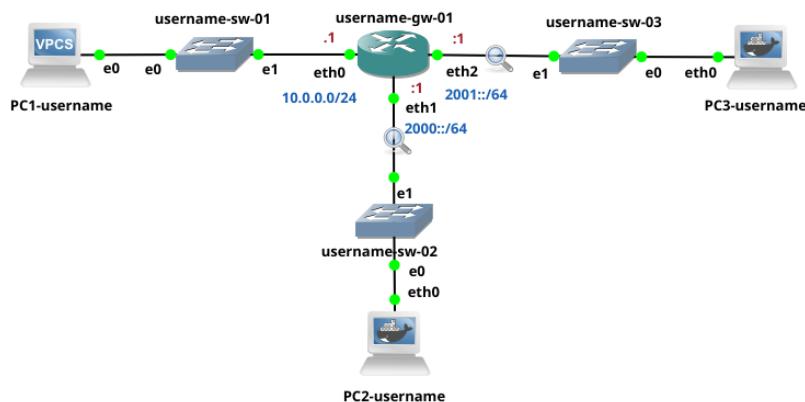


Рис. 7.2. Топология моделируемой сети

Таблица 7.2
Таблица адресации

Устройство	Интерфейс	IPv6-адрес	Длина префикса	Шлюз по умолчанию	DNS
gw-01	eth1	2000::1	64	—	—
gw-01	eth2	2001::1	64	—	—
PC2	NIC	Назначен протоколом SLAAC	64 (SLAAC)	Назначен протоколом SLAAC	
PC2	NIC	Назначен протоколами SLAAC и DHCPv6	64	Назначен маршрутизатором	2000::1 (DHCPv6)
PC3	NIC	Назначен протоколом DHCPv6	64	Назначен маршрутизатором	2001::1 (DHCPv6)

Требуется:

- на интерфейсе маршрутизатора eth1 настроить DHCPv6 без отслеживания состояния;
- на интерфейсе маршрутизатора eth2 настроить DHCPv6 с учётом отслеживания состояния.

7.3.2.2. Порядок выполнения работы

1. В предыдущем проекте в рабочем пространстве дополните сеть, разместив и соединив устройства в соответствии с топологией, приведённой на рис. 7.2. Используйте хост (клиент) *Alpine Linux* (добавьте образ Alpine Linux в перечень устройств в GNS3), поскольку клиент VPCS не поддерживает DHCPv6.
2. Измените отображаемые названия устройств. Коммутаторам присвойте названия по принципу *username-sw-0x*, маршрутизаторам — по принципу *username-gw-0x*, VPCS — по принципу *PCx-username*, где вместо *username* укажите имя вашей учётной записи, вместо *x* — порядковый номер устройства.
3. Включите захват трафика на соединениях между маршрутизатором gw-01 и коммутаторами sw-02 и sw-03.
4. Настройте адресацию IPv6 на маршрутизаторе:

```

username@username-gw-01:~$ configure
username@username-gw-01# set interfaces ethernet eth1
    ↵ address 2000::1/64
username@username-gw-01# set interfaces ethernet eth2
    ↵ address 2001::1/64
username@username-gw-01# show interfaces
username@username-gw-01# commit

```

```
username@username-gw-01# save
```

5. На маршрутизаторе настройте DHCPv6 без отслеживания состояния (DHCPv6 Stateless configuration):

- Настройка объявления о маршрутизаторах (Router Advertisements, RA) на интерфейсе eth1:

```
username@username-gw-01# set service router-advert
    ↳ interface eth1 prefix 2000::/64
username@username-gw-01# set service router-advert
    ↳ interface eth1 other-config-flag
```

Опция `other-config-flag` означает, что для конфигурации не адресных параметров использует протокол с сохранением состояния.

- Добавление конфигурации DHCP-сервера (вместо `username` укажите имя вашей учётной записи):

```
username@username-gw-01# set service dhcpcv6-server
    ↳ shared-network-name username-stateless
username@username-gw-01# set service dhcpcv6-server
    ↳ shared-network-name username-stateless subnet
    ↳ 2000::/64
username@username-gw-01# set service dhcpcv6-server
    ↳ shared-network-name username-stateless common-options
    ↳ name-server 2000::1
username@username-gw-01# set service dhcpcv6-server
    ↳ shared-network-name username-stateless common-options
    ↳ domain-search username.net
username@username-gw-01# commit
username@username-gw-01# save
username@username-gw-01# run show configuration
```

Здесь с помощью указанных выше команд создана разделяемая сеть (`shared-network-name`) с названием `username`, задана информация общих опций (`common-options`) для разделяемой сети. При этом подсеть (`subnet`) `2000::/64` не требуется настраивать, поскольку она не будет содержать полезной информации.

6. На узле PC2 проверьте настройки сети:

```
root@PC2-username:# ip address
root@PC2-username:# ip -6 route show
```

7. На узле PC2 пропингуйте маршрутизатор:

```
root@PC2-username:# ping 2000::1 -c 2
```

8. На узле PC2 проверьте настройки DNS:

```
root@PC2-username:# cat /etc/resolv.conf
```

9. На узле PC2 получите адрес по DHCPv6:

```
root@PC2-username:# udhcpc6 -i eth0
```

10. Вновь пропингуйте от узла PC2 маршрутизатор, проверьте настройки DNS:

```
root@PC2-username:# ping 2000::1 -c2
```

```
root@PC2-username:# cat /etc/resolv.conf
```

11. На маршрутизаторе посмотрите статистику DHCP-сервера и выданные адреса

```
username@username-gw-01# run show dhcpcv6 server leases
```

12. В отчёте поясните выведенную на маршрутизаторе и PC2 информацию, а также проанализируйте захваченные анализатором трафика пакеты, относящиеся к работе DHCPv6 и назначению адреса устройству.
13. На маршрутизаторе настройте DHCPv6 с отслеживанием состояния (DHCPv6 Stateful configuration):
 - На интерфейсе eth2 маршрутизатора настройте объявления о маршрутизаторах (Router Advertisements, RA):


```
username@username-gw-01# set service router-advert
          ↵ interface eth2 managed-flag
```

 Опция `managed-flag` означает, что хосты использует администрируемый (отслеживающий состояние) протокол для автоматической настройки адресов в дополнение к любым адресам, автоматически настраиваемым с помощью SLAAC.
 - Добавьте конфигурацию DHCP-сервера на маршрутизаторе (вместо `username` укажите имя вашей учётной записи):


```
username@username-gw-01# set service dhcpcv6-server
          ↵ shared-network-name username-stateful
username@username-gw-01# set service dhcpcv6-server
          ↵ shared-network-name username-stateful subnet
          ↵ 2001::0/64
username@username-gw-01# set service dhcpcv6-server
          ↵ shared-network-name username-stateful subnet
          ↵ 2001::0/64 name-server 2001::1
username@username-gw-01# set service dhcpcv6-server
          ↵ shared-network-name username-stateful subnet
          ↵ 2001::0/64 domain-search username.net
username@username-gw-01# set service dhcpcv6-server
          ↵ shared-network-name username-stateful subnet
          ↵ 2001::0/64 address-range start 2001::100 stop
          ↵ 2001::199
username@username-gw-01# commit
username@username-gw-01# save
```

 Здесь при помощи указанных выше команд создана разделяемая сеть (`shared-network-name`) с названием `username`, подсеть (`subnet`) с адресом `2001::/64`, задан диапазон адресов (`range`) с именем `hosts`, содержащий адреса `2001::100 – 2001::199`.
14. На маршрутизаторе посмотрите статистику DHCP-сервера и выданные адреса:


```
username@username-gw-01# run show dhcpcv6 server leases
```
15. Подключитесь к узлу PC3 и проверьте настройки сети:


```
root@PC3-username:# ip address
root@PC3-username:# ip -6 route show
```
16. На узле PC3 проверьте настройки DNS:


```
root@PC3-username:# cat /etc/resolv.conf
```
17. На узле PC3 получите адрес по DHCPv6:


```
root@PC3-username:# udhcpc6 -i eth0
```

18. Вновь на узле PC3 проверьте настройки сети, пропингуйте маршрутизатор, проверьте настройки DNS:

```
root@PC3-username:# ip address
root@PC3-username:# ip -6 route show
root@PC3-username:# ping 2001::1 -c 2
root@PC3-username:# cat /etc/resolv.conf
```

19. На маршрутизаторе посмотрите статистику DHCP-сервера и выданные адреса:

```
username@gw-01# run show dhcpv6 server leases
```

20. В отчёте поясните выведенную на маршрутизаторе и PC3 информацию, а также проанализируйте захваченные анализатором трафика пакеты, относящиеся к работе DHCPv6 и назначению адреса устройству.

7.4. Содержание отчёта

1. Титульный лист с указанием номера лабораторной работы и ФИО студента.
2. Формулировка задания работы.
3. Описание результатов выполнения задания:
 - скриншоты (снимки экрана), фиксирующие выполнение лабораторной работы;
 - пояснения по отображаемой информации согласно заданию
4. Выводы, согласованные с заданием работы.