

МИНИСТЕРСТВО ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ, СВЯЗИ И МАССОВЫХ
КОММУНИКАЦИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ И ИНФОРМАТИКИ»

КАФЕДРА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3

по дисциплине «Сети ЭВМ и телекоммуникации»

Тема: «Адресация узлов в сетях. Сетевые адреса IPv6. Протокол NDP.
SLAAC и DHCPv6»

Выполнил: студент группы ИС-142

Наумов А.А.

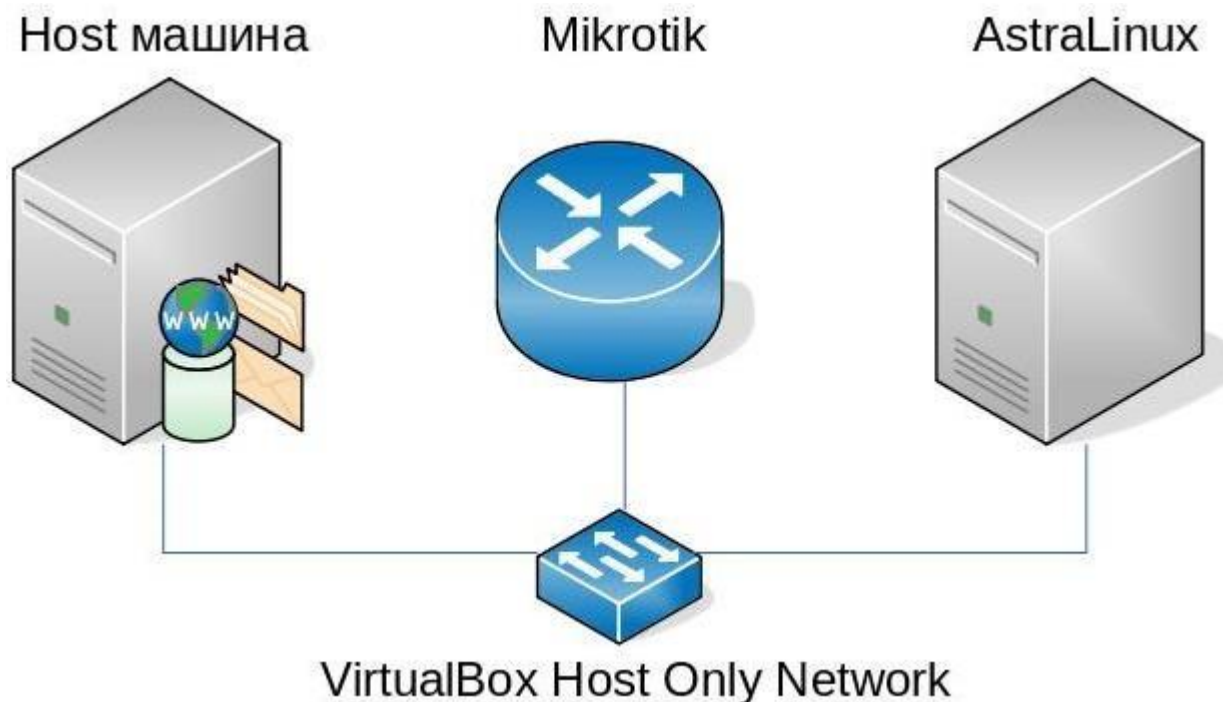
Проверил: доцент

кафедры ВС Перышкова Е.Н.

Новосибирск 2023

Задание

- 1.Собрать конфигурацию сети, представленной на рисунке.



2. Определить все link-local адреса, назначенные для узлов в сети. Определить MAC-адреса всех сетевых интерфейсов.
3. Запустить на host-машине Wireshark. Запустить ping на машине Astra Linux до host-машины. В захваченном потоке пакетов показать этапы работы протокола NDP: поиск MAC адреса соседа, echo-запрос, echo-ответ.
4. Показать информацию о соседях, собранную по протоколу NDP на узле Astra Linux.
5. Запустить ping с маршрутизатора Mikrotik до узла Astra Linux, затем до host-машины. Показать информацию об известных соседях NDP.
6. Выделен префикс IPv6 fd00:{YEAR}:{MONTH}:{DAY}::/64, где Y/M/D - дата рождения. Запустить на host-машине Wireshark. На маршрутизаторе Mikrotik добавить адрес IPv6 из назначенного диапазона (адрес указывается статически, значение адреса выбирается произвольно) и включить режим распространения информации о префиксе созданного адреса. Дождаться, пока пройдет установленное время распространения префикса, и host-машина установит на свой интерфейс адрес из указанного диапазона (допускается изменять время анонса). В захваченном потоке показать пакеты, относящиеся к протоколу NDP и содержащие информацию о распространяемом префиксе: распространение информации о префиксе, проверка уникальности назначаемого адреса, получение информации о соседях.

7. Перезапустить Astra Linux в режиме записи потока пакетов с сетевого интерфейса. На узле Astra Linux сконфигурировать интерфейс так, чтобы он использовал механизм SLAAC для настройки адреса IPv6. Запустить ping до хост машины (5-7 запросов) и затем остановить VM Astra Linux. В захваченном потоке пакетов показать все этапы назначения адреса по SLAAC, ICMPv6 пакеты с запросом и ответом.
8. На узле Astra Linux включить режим установления на интерфейс временных IPv6 адресов с приоритетом временного адреса. Какой адрес был назначен на интерфейс? Запустить на host-машине Wireshark. Попробовать с Astra Linux пропинговать host-машину. Какой IPv6 адрес был использован в качестве адреса источника? Изменить режим назначения временного IPv6 адреса на другой режим приоритета. Пропинговать host-машину снова. Какой теперь адрес был использован в качестве адреса источника?
9. Удалить назначенные IPv6 адреса на маршрутизаторе Mikrotik. На узле Astra Linux установить статический адрес из выделенного диапазона. Установить пакет для DHCPv6 и сконфигурировать его так, чтобы выдавались сетевые адреса из выделенного диапазона. Перезапустить виртуальную машину Astra Linux в режиме захвата пакетов. Настроить узел Mikrotik, чтобы адрес IPv6 получался по протоколу DHCPv6. На маршрутизаторе Mikrotik запустить пинг до Astra Linux. Освободить полученный адрес и запросить адрес снова. Остановить узел Astra Linux. В захваченном потоке пакетов показать этапы работы протокола DHCPv6. Используется ли протокол NDP?

Выполнение работы

1. Конфигурация сети

Чтобы построить требуемую конфигурацию, я создал новые машины Astra-L3 и RouterOS-L3.

```
[admin@MikroTik] > system identity set name=mt-L3  
[admin@mt-L3] >
```

```
lo: 127.0.0.1astra-L3  
eth0: astra-L3  
eth1: astra-L3  
eth2: astra-L3  
eth3: astra-L3  
eth4: astra-L3
```

Также создал новый виртуальный адаптер хоста vboxnet3. У него оставил IPv4 адрес по умолчанию (не будет использоваться) и выключил DHCP сервер. Дополнительной конфигурации для выдачи адаптеру IPv6 адреса не требуется.

☐ Настроить адаптер автоматически
☒ Настроить адаптер вручную

IPv4 адрес: 192.168.59.1

IPv4 маска сети: 255.255.255.0

IPv6 адрес:

IPv6 длина маски сети: 0

Адаптер DHCP сервер

☐ Включить сервер

Адрес сервера: 0.0.0.0

Маска сети сервера: 0.0.0.0

Нижняя граница адресов: 0.0.0.0

Верхняя граница адресов: 0.0.0.0

2. Link-local и MAC адреса

На хост-машине:

```

alexeynaumov@Lenovo-Legion-5-15ARH05H-267a6435:~$ ip a show dev vboxnet3
7: vboxnet3: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc fq_codel state UP group default qlen 1000
    link/ether 0a:00:27:00:00:03 brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
    inet 192.168.59.1/24 brd 192.168.59.255 scope global vboxnet3
        valid_lft forever preferred_lft forever
    inet6 fe80::800:27ff:fe00:3/64 scope link
        valid_lft forever preferred_lft forever
  
```

```

0a:00:27:00:00:03
fe80::800:27ff:fe00:3
  
```

На Astra Linux для адаптера eth0 убрал IPv4 и IPv6 конфигурации:

```

sudo vi /etc/network/interfaces.d/eth0:

auto eth0

sudo ifup eth0
  
```

```
[20:32:43 #10] owner@astra-L3:~$ ip -c a show dev eth0
2: eth0: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc pfifo_fast state UP
    link/ether 08:00:27:39:3c:b3 brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
    inet6 fe80::a00:27ff:fe39:3cb3/64 scope link
        valid_lft forever preferred_lft forever
```

```
08:00:27:39:3c:b3
fe80::a00:27ff:fe39:3cb3
```

Ha Mikrotik:

```
[admin@mt-L3] > interface print
Flags: R - RUNNING
Columns: NAME, TYPE, ACTUAL-MTU, MAC-ADDRESS
# NAME TYPE ACTUAL-MTU MAC-ADDRESS
0 R ether1 ether 1500 08:00:27:3B:5C:CA
[admin@mt-L3] > ipv6 address print
Flags: D - DYNAMIC; L - LINK-LOCAL
Columns: ADDRESS, INTERFACE, ADVERTISE
# ADDRESS INTERFACE ADVERTISE
0 DL fe80::a00:27ff:fe3b:5cca/64 ether1 no
```

```
08:00:27:3b:5c:ca
fe80::a00:27ff:fe3b:5cca
```

3. NDP

Запущу Wireshark для прослушивания интерфейса vboxnet3 на хост-машине. Пропингую хост с VM Astra Linux. Для пинга link-local адресов нужно обязательно указывать имя сетевого интерфейса или его номер после %.

Source	Destination	Protocol	Info
fe80::a00:27ff:fe39:3cb3	ff02::1:ff00:3	ICMPv6	Neighbor Solicitation for fe80::800:27ff:fe00:3 from 08:00:27:39:3c:b3
fe80::800:27ff:fe00:3	fe80::a00:27ff:fe39:3cb3	ICMPv6	Neighbor Advertisement fe80::800:27ff:fe00:3 (sol, ovr) is at 0a:00:27:00:00:03
fe80::a00:27ff:fe39:3cb3	fe80::800:27ff:fe00:3	ICMPv6	Echo (ping) request id=0x02a6, seq=1, hop limit=64 (reply in 5)
fe80::800:27ff:fe00:3	fe80::a00:27ff:fe39:3cb3	ICMPv6	Echo (ping) reply id=0x02a6, seq=1, hop limit=64 (request in 4)
fe80::a00:27ff:fe39:3cb3	fe80::800:27ff:fe00:3	ICMPv6	Echo (ping) request id=0x02a6, seq=2, hop limit=64 (reply in 7)
fe80::800:27ff:fe00:3	fe80::a00:27ff:fe39:3cb3	ICMPv6	Echo (ping) reply id=0x02a6, seq=2, hop limit=64 (request in 6)
fe80::a00:27ff:fe39:3cb3	fe80::800:27ff:fe00:3	ICMPv6	Echo (ping) request id=0x02a6, seq=3, hop limit=64 (reply in 9)
fe80::800:27ff:fe00:3	fe80::a00:27ff:fe39:3cb3	ICMPv6	Echo (ping) reply id=0x02a6, seq=3, hop limit=64 (request in 8)
fe80::a00:27ff:fe39:3cb3	fe80::800:27ff:fe00:3	ICMPv6	Echo (ping) request id=0x02a6, seq=4, hop limit=64 (reply in 11)
fe80::800:27ff:fe00:3	fe80::a00:27ff:fe39:3cb3	ICMPv6	Echo (ping) reply id=0x02a6, seq=4, hop limit=64 (request in 10)
fe80::a00:27ff:fe39:3cb3	fe80::800:27ff:fe00:3	ICMPv6	Echo (ping) request id=0x02a6, seq=5, hop limit=64 (reply in 12)
fe80::800:27ff:fe00:3	fe80::a00:27ff:fe39:3cb3	ICMPv6	Echo (ping) reply id=0x02a6, seq=5, hop limit=64 (request in 12)
fe80::a00:27ff:fe39:3cb3	fe80::800:27ff:fe00:3	ICMPv6	Neighbor Solicitation for fe80::a00:27ff:fe39:3cb3 from 0a:00:27:00:00:03
fe80::800:27ff:fe00:3	fe80::a00:27ff:fe39:3cb3	ICMPv6	Neighbor Advertisement fe80::a00:27ff:fe39:3cb3 (sol)
fe80::a00:27ff:fe39:3cb3	fe80::800:27ff:fe00:3	ICMPv6	Echo (ping) request id=0x02a6, seq=6, hop limit=64 (reply in 17)
fe80::800:27ff:fe00:3	fe80::a00:27ff:fe39:3cb3	ICMPv6	Echo (ping) reply id=0x02a6, seq=6, hop limit=64 (request in 16)

```
[20:41:08 #21] owner@astra-L3:~$ ping -6 fe80::800:27ff:fe00:3x2
PING fe80::800:27ff:fe00:3x2 (fe80::800:27ff:fe00:3x2) 56 data bytes
64 bytes from fe80::800:27ff:fe00:3x2: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.473 ms
64 bytes from fe80::800:27ff:fe00:3x2: icmp_seq=2 ttl=64 time=0.234 ms
64 bytes from fe80::800:27ff:fe00:3x2: icmp_seq=3 ttl=64 time=0.292 ms
64 bytes from fe80::800:27ff:fe00:3x2: icmp_seq=4 ttl=64 time=0.373 ms
64 bytes from fe80::800:27ff:fe00:3x2: icmp_seq=5 ttl=64 time=0.329 ms
64 bytes from fe80::800:27ff:fe00:3x2: icmp_seq=6 ttl=64 time=0.389 ms
^C
--- fe80::800:27ff:fe00:3x2 ping statistics ---
6 packets transmitted, 6 received, 0% packet loss, time 5109ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.234/0.348/0.473/0.077 ms
[20:41:24 #22] owner@astra-L3:~$
```

Для поиска MAC адреса пингуемой машины Astra отправляет пакет Neighbor Solicitation всем узлам сети с помощью служебного адреса ff02::1. Хост видит этот пакет и отвечает на этот же служебный адрес пакетом Neighbor Advertisement, в котором сообщает свой MAC адрес. Далее по стандартной схеме ping-pong идут пакеты echo request и echo reply.

4. Соседи Astra Linux

Чтобы посмотреть информацию о соседях, которую Astra Linux собрал по протоколу NDP, выполню следующую команду:

```
[20:50:56 #25] owner@astra-L3:~$ ip -6 n
fe80::800:27ff:fe00:3 dev eth0 lladdr 0a:00:27:00:00:03 STALE
[20:51:06 #26] owner@astra-L3:~$ _
```

Как видно, в списке соседей находится только хост, т.к. в прошлом пункте я его пинговал.

В [Arch Wiki IPv6](#) указано, что пинг по служебному адресу ff02::1 заставит все хосты в локальной сети ответить, то есть они будут занесены в список соседей. Пропингую этот адрес и выведу список соседей ещё раз:

```
[20:54:59 #29] owner@astra-L3:~$ ip -6 n
fe80::a00:27ff:fe3b:5cca dev eth0 lladdr 08:00:27:3b:5c:ca router REACHABLE
fe80::800:27ff:fe00:3 dev eth0 lladdr 0a:00:27:00:00:03 REACHABLE
```

В список попала машина Mikrotik.

5. Соседи Mikrotik

Перезапущу VM Mikrotik и выведу список соседей.

```
[admin@mt-L3] > ipv6 neighbor print
Flags: R - router
[admin@mt-L3] > _
```

Узел не знает о своих соседях (ожидается). С VM Mikrotik пропингую сначала Astra Linux, затем хост. Посмотрю список соседей ещё раз.

```
[admin@mt-L3] > ping fe80::a00:27ff:fe39:3cb3%ether1
SEQ HOST                                SIZE TTL TIME
0 fe80::a00:27ff:fe39:3cb3             56 64 551us
1 fe80::a00:27ff:fe39:3cb3             56 64 504us
2 fe80::a00:27ff:fe39:3cb3             56 64 562us
sent=3 received=3 packet-loss=0% min-rtt=504us avg-rtt=539us
max-rtt=562us

[admin@mt-L3] > ping fe80::800:27ff:fe00:3%ether1
SEQ HOST                                SIZE TTL TIME
0 fe80::800:27ff:fe00:3                 56 64 625us
1 fe80::800:27ff:fe00:3                 56 64 428us
2 fe80::800:27ff:fe00:3                 56 64 271us
sent=3 received=3 packet-loss=0% min-rtt=271us avg-rtt=441us
max-rtt=625us

[admin@mt-L3] > ipv6 neighbor print
Flags: R - router
0 address=fe80::800:27ff:fe00:3 interface=ether1
  mac-address=0A:00:27:00:00:03 status="reachable"

1 address=fe80::a00:27ff:fe39:3cb3 interface=ether1
  mac-address=08:00:27:39:3C:B3 status="reachable"
[admin@mt-L3] > _
```

В списке соседей хост и Astra Linux.

6. Адресное пространство

Выделяю префикс fd00:2003:6:26::/64. Затем на VM Mikrotik добавляю этот адрес и включаю режим распространения информации о префиксе.

```
[admin@mt-L3] > ipv6 address add address=fd00:2003:6:26::/64 advertise=yes interface=ether1 cui=64=yes
[admin@mt-L3] > ipv6 address print
Flags: D - DYNAMIC; G, L - LINK-LOCAL
Columns: ADDRESS, INTERFACE, ADVERTISE
#   ADDRESS                                INTERFACE  ADVERTISE
0   DL fe80::a00:27ff:fe3b:5cca/64          ether1     no
1   G fd00:2003:6:26:a00:27ff:fe3b:5cca/64  ether1     yes
```

В захваченном потоке от виден пакет Router Advertisement, который Mikrotik отправляет всем узлам сети.

23	21:31:00,...	fe80::a00:27ff:fe3b:5cca	ff02::1	ICMPv6	Router Advertisement from 08:00:27:3b:5c:ca
24	21:31:00,...	fe80::a00:27ff:fe3b:5cca	ff02::1	ICMPv6	Router Advertisement from 08:00:27:3b:5c:ca
25	21:31:00,...	::	ff02::16	ICMPv6	Multicast Listener Report Message v2
26	21:31:01,...	::	ff02::16	ICMPv6	Multicast Listener Report Message v2
27	21:31:01,...	::	ff02::1:ff00:3	ICMPv6	Neighbor Solicitation for fd00:2003:3:20:800:27ff:fe00:3
28	21:31:01,...	::	ff02::1:ffac:1c3f	ICMPv6	Neighbor Solicitation for fd00:2003:3:20:9fa8:3eb4:e8ac:1c3f

```
▼ ICMPv6 Option (Prefix information : fd00:2003:6:26::/64)
  Type: Prefix information (3)
  Length: 4 (32 bytes)
  Prefix Length: 64
  ► Flag: 0xc0, On-link flag(L), Autonomous address-configuration
  Valid Lifetime: 2592000
  Preferred Lifetime: 604800
  Reserved
  Prefix: fd00:2003:6:26::
```

Он содержит информацию о префиксе и время его жизни.

На этот пакет реагирует хост и пытается с помощью пакетов Neighbor Solicitation получить 2 адреса:

- ♦ **fd00:2003:6:26:800:27ff:fe00:3** global mngtmpaddr
- ♦ **fd00:2003:6:26:9fa8:3eb4:e8ac:1c3f** global temporary

Такое поведение обусловлено тем, что на хост машине у меня уже установлена генерация случайного адреса (net.ipv6.conf.default.use_tempaddr=2) и его приоритетное использование.

7. SLAAC Astra Linux

Чтобы использовать механизм SLAAC (Stateless Address Autoconfiguration) для получения IPv6 адреса, на Astra Linux для адаптера eth0 устанавливаю auto IPv6 подключение:


```
sudo vi /etc/network/interfaces.d/eth0:
```

```
auto eth0
```

```
iface eth0 inet6 auto
```

Выключу VM Astra Linux, включу запись потока в файл и снова включу машину:

```
VBoxManage modifyvm "Astra-L3" --nictracel on --nictracefile1  
~/Desktop/astra-L3.pcap
```

Подожду 15 секунд и приостановлю VM, открою файл потока в Wireshark.

Astra Linux отправляет всем узлам один пакет Neighbor Solicitation, где указывает, что хочет получить следующий Target Address:

```
▶ Frame 17: 86 bytes on wire (688 bits), 86 bytes captured (688 bits)  
▼ Ethernet II, Src: PcsCompu_39:3c:b3 (08:00:27:39:3c:b3), Dst: IPv6mcast_ff:39:3c:b3 (33:33:ff:39:3c:b3)  
  ▶ Destination: IPv6mcast_ff:39:3c:b3 (33:33:ff:39:3c:b3)  
  ▶ Source: PcsCompu_39:3c:b3 (08:00:27:39:3c:b3)  
    Type: IPv6 (0x86dd)  
▼ Internet Protocol Version 6, Src: ::, Dst: ff02::1:ff39:3cb3  
  0110 .... = Version: 6  
  ▶ .... 0000 0000 .... = Traffic Class: 0x00 (DSCP: CS0, ECN: Not-ECT)  
  .... 0000 0000 0000 0000 = Flow Label: 0x000000  
  Payload Length: 32  
  Next Header: ICMPv6 (58)  
  Hop Limit: 255  
  Source Address: ::  
  Destination Address: ff02::1:ff39:3cb3  
▼ Internet Control Message Protocol v6  
  Type: Neighbor Solicitation (135)  
  Code: 0  
  Checksum: 0x5271 [correct]  
  [Checksum Status: Good]  
  Reserved: 00000000  
  Target Address: fd00:2003:6:26:a00:27ff:fe39:3cb3  
▶ ICMPv6 Option (Nonce)
```

С VM пропингую хост:

```
[18:21:45 #2] owner@astra-L3:~$ ping -6 fd00:2003:6:26:690e:3b44:c9d0:7b9c  
PING fd00:2003:6:26:690e:3b44:c9d0:7b9c(fd00:2003:6:26:690e:3b44:c9d0:7b9c) 56 data  
64 bytes from fd00:2003:6:26:690e:3b44:c9d0:7b9c: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.560 ms  
64 bytes from fd00:2003:6:26:690e:3b44:c9d0:7b9c: icmp_seq=2 ttl=64 time=0.437 ms  
64 bytes from fd00:2003:6:26:690e:3b44:c9d0:7b9c: icmp_seq=3 ttl=64 time=0.289 ms  
64 bytes from fd00:2003:6:26:690e:3b44:c9d0:7b9c: icmp_seq=4 ttl=64 time=0.241 ms  
64 bytes from fd00:2003:6:26:690e:3b44:c9d0:7b9c: icmp_seq=5 ttl=64 time=0.275 ms  
64 bytes from fd00:2003:6:26:690e:3b44:c9d0:7b9c: icmp_seq=6 ttl=64 time=0.342 ms  
64 bytes from fd00:2003:6:26:690e:3b44:c9d0:7b9c: icmp_seq=7 ttl=64 time=0.310 ms  
^C  
--- fd00:2003:6:26:690e:3b44:c9d0:7b9c ping statistics ---  
7 packets transmitted, 7 received, 0% packet loss, time 6130ms
```


Пакеты отправляются и принимаются. В потоке:

```
fd00:2003:6:26:a00:27ff::ff02::1:ff00:7b9c ICMPv6 Neighbor Solicitation for fd00:2003:6:26:690e:3b44:c9d0:7b9c from 08:00:27:39:3c:b3
fd00:2003:6:26:690e:3b44 fd00:2003:6:26:a00:27ff:: ICMPv6 Neighbor Advertisement fd00:2003:6:26:690e:3b44:c9d0:7b9c (sol, ovr) is at 0a:00:27:00:00:03
fd00:2003:6:26:a00:27ff:: fd00:2003:6:26:690e:3b44 ICMPv6 Echo (ping) request id=0x024d, seq=1, hop limit=64 (reply in 88)
fd00:2003:6:26:690e:3b44 fd00:2003:6:26:a00:27ff:: ICMPv6 Echo (ping) reply id=0x024d, seq=1, hop limit=64 (request in 87)
fd00:2003:6:26:a00:27ff:: fd00:2003:6:26:690e:3b44 ICMPv6 Echo (ping) request id=0x024d, seq=2, hop limit=64 (reply in 91)
fd00:2003:6:26:690e:3b44 fd00:2003:6:26:a00:27ff:: ICMPv6 Echo (ping) reply id=0x024d, seq=2, hop limit=64 (request in 90)
fd00:2003:6:26:a00:27ff:: fd00:2003:6:26:690e:3b44 ICMPv6 Echo (ping) request id=0x024d, seq=3, hop limit=64 (reply in 94)
fd00:2003:6:26:690e:3b44 fd00:2003:6:26:a00:27ff:: ICMPv6 Echo (ping) reply id=0x024d, seq=3, hop limit=64 (request in 93)
fd00:2003:6:26:a00:27ff:: fd00:2003:6:26:690e:3b44 ICMPv6 Echo (ping) request id=0x024d, seq=4, hop limit=64 (reply in 96)
fd00:2003:6:26:690e:3b44 fd00:2003:6:26:a00:27ff:: ICMPv6 Echo (ping) reply id=0x024d, seq=4, hop limit=64 (request in 95)
fd00:2003:6:26:a00:27ff:: fd00:2003:6:26:690e:3b44 ICMPv6 Echo (ping) request id=0x024d, seq=5, hop limit=64 (reply in 100)
fd00:2003:6:26:690e:3b44 fd00:2003:6:26:a00:27ff:: ICMPv6 Echo (ping) reply id=0x024d, seq=5, hop limit=64 (request in 99)
```

Astra опрашивает сеть для получения MAC адреса пингуемого узла. Хост отвечает пакетом Advertisement и затем начинается отправка echo request и принятие echo reply пакетов.

8. Временный адрес Astra Linux

На Astra Linux включю режим получения временного IPv6 адреса с приоритетом временного (2 = prefer the generated address):

```
sudo ifdown eth0

sudo sysctl net.ipv6.conf.eth0.use tempaddr=2

sudo ifup eth0
```

Включю VM Mikrotik для получения Site-local адреса и посмотрю, какой адрес назначился на интерфейс дополнительно к основному:

```
2: eth0: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc pfifo_fast state UP g
link/ether 08:00:27:39:3c:b3 brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
inet6 fd00:2003:6:26:4ef9:2ef7:50cc:9260/64 scope global temporary dynamic
    valid_lft 604709sec preferred_lft 85991sec
inet6 fd00:2003:6:26:a00:27ff:fe39:3cb3/64 scope global mngtmpaddr dynamic
    valid_lft 2591909sec preferred_lft 604709sec
inet6 fe80:a00:27ff:fe39:3cb3/64 scope link
    valid_lft forever preferred_lft forever
```

Основной (EUI-64): **fd00:2003:6:26:a00:27ff:fe39:3cb3**

Временный: **fd00:2003:6:26:4ef9:2ef7:50cc:9260**

На хосте запущу Wireshark и с Astra Linux пропирую хост. В исходящих от Astra Linux пакетах указан источник **fd00:2003:6:26:4ef9:2ef7:50cc:9260**, то есть

временный адрес: fd00:2003:6:26:4ef9:2ef7:50cc:9260

Изменяю режим назначения временного IPv6 адреса на 1 (do not prefer the generated address):

```
sudo ifdown eth0

sudo sysctl net.ipv6.conf.eth0.use_tempaddr=2

sudo ifup eth0
```

Пропингую host-машину снова. В исходящих от Astra Linux пакетах указан источник **fd00:2003:6:26:a00:27ff:fe39:3cb3**, то есть основной EUI-64 адрес

После перезагрузки машины параметр сбросится до значения по умолчанию (0).

9. DHCPv6 Server Astra Linux

На Mikrotik удалю назначенный Site-local адрес fd00:2003:3:20::/64. Останется только Link-local адрес.

Создам выключенный DHCPv6 клиент, который через интерфейс ether1 будет запрашивать у сервера адрес.

```
[admin@mt-L3] > ipv6 dhcp-client add interface=ether1 request=address pool-name=
ipv6-client-ether1 add-default-route=yes disabled=yes
[admin@mt-L3] > ipv6 dhcp-client print
Flags: X, I - INVALID
Columns: INTERFACE, STATUS, REQUEST
#  INTERFACE  STATUS  REQUEST
0 X ether1    stopped address
```

Выключу Astra Linux и поменяю адаптер на NAT, а конфигурацию eth0 на **inet dhcp**. Скачаю и установлю пакет isc-dhcp-server:

```
sudo apt update

sudo apt install isc-dhcp-server
```

Затем на Astra Linux установлю статическое подключение с адресом fd00::2003:3:20::1/64. Этот адрес будет считаться адресом DHCPv6 сервера.

```
sudo vi /etc/network/interfaces.d/eth0:

auto eth0
```

```
iface eth0 inet6 static
    address fd00:2003:3:20::1/64
```

Выключу VM и поменяю адаптер обратно на vboxnet3, затем снова включу.

```
[22:34:11 #2] owner@astra-L3:~$ ip -c a show dev eth0
2: eth0: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc
    link/ether 08:00:27:39:3c:b3 brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
    inet6 fd00:2003:3:20::1/64 scope global
        valid_lft forever preferred_lft forever
    inet6 fe80::a00:27ff:fe39:3cb3/64 scope link
        valid_lft forever preferred_lft forever
```

Сервер будет использовать Stateful Configuration. В этом режиме он предоставляет доступные адреса клиентам самостоятельно.

Конфиг файл **server.conf** и файл аренд **leases** будут расположены в директории **~/dhcpv6-server**.

```
mkdir ~/dhcpv6-server && cd ~/dhcpv6-server

touch leases

vi server.conf:

    default-lease-time 28800;
    option dhcp-renewal-time 14400;
    option dhcp-rebinding-time 14400;
    option dhcp6.info-refresh-time 14400;

    # Subnet
    subnet6 fd00:2003:6:26::/64 {
        range6 fd00:2003:6:26::/64;
        range6 fd00:2003:6:26::/64 temporary;
    }
```

Время аренды будет 8 часов, время обновления аренды и время обновления информации - 4 часа. Указан пул адресов на выдачу и отдельно пул адресов для случая, когда клиент генерирует временные адреса.

Виртуальная машина Astra Linux уже находится в режиме захвата пакетов, удалю старый файл захвата и перезапущу машину.

Запуск сервера:

```
sudo dhcpcd -6 -d -cf ~/dhcpv6-server/server.conf -ls ~/dhcpv6-server/leases
eth0
```

Теперь включу DHCP клиент на Mikrotik.

```
▼ ICMPv6 Option (Prefix information : fd00:2003:6:26::/64)
Type: Prefix information (3)

[17:39:20 #3] owner@astra-L3:~/dhcpv6-server$
[17:39:20 #3] owner@astra-L3:~/dhcpv6-server$
[17:39:20 #3] owner@astra-L3:~/dhcpv6-server$
[17:39:20 #3] owner@astra-L3:~/dhcpv6-server$ sudo dhcpcd -6 -d -cf ~/dhcpv6-server/server.conf -lf ~/dhcpv6-server/leases eth0
(Sudo) napoleone zma owner@
Internet Systems Consortium DHCP Server 4.3.5
Copyright 2004-2016 Internet Systems Consortium.
All rights reserved.
For info, please visit https://www.isc.org/software/dhcp/
Config file: /home/owner/dhcpv6-server/server.conf
Database file: /home/owner/dhcpv6-server/leases
PID file: /var/run/dhcpcd.pid
Wrote 0 NA, 0 TA, 0 PD leases to lease file.
Bound to *:547
Listening on Socket/5/eth0/fd00:2003:3:20::/64
Sending on Socket/5/eth0/fd00:2003:3:20::/64
Server starting service.
Solicit message from fe80::a00:27ff:fe5:c5da port 546, transaction ID 0xE8A21300
Picking pool address fd00:2003:3:20:cda:ee85:2118:2b1c
Advertise NA: address fd00:2003:3:20:cda:ee85:2118:2b1c to client with duid 00:03:00:01:08:00:27:f5:c5da laid = 1 valid for 28800 seconds
Sending Advertise to fe80::a00:27ff:fe5:c5da port 546
Request message from fe80::a00:27ff:fe5:c5da port 546, transaction ID 0x49440900
Reply NA: address fd00:2003:3:20:cda:ee85:2118:2b1c to client with duid 00:03:00:01:08:00:27:f5:c5da laid = 1 valid for 28800 seconds
Sending Reply to fe80::a00:27ff:fe5:c5da port 546

RouterOS-L3 [Pa60raer] - Oracle VM VirtualBox
Файл Машина Вид Ввод Устройства Справка

[admin@mt-L3] > ipv6 dhcp-client enable 0
[admin@mt-L3] > ipv6 dhcp-client print
Columns: INTERFACE, STATUS, REQUEST, ADDRESS
# INTERFACE STATUS REQUEST ADDRESS
0 ether1 bound address fd00:2003:3:20:cda:ee85:2118:2b1c, 7h59m46s
[admin@mt-L3] > ipv6 address print
Columns: ADDRESS, INTERFACE, ADVERTISE
# ADDRESS INTERFACE ADVERTISE
0 dl fe80::a00:27ff:fe5:c5da/64 ether1 no
1 dg fd00:2003:3:20:cda:ee85:2118:2b1c/128 ether1 no
[admin@mt-L3] >
```

выбранный сервером адрес из пула.

Посмотрю поток из Astra Linux:

fe80::a00:27ff:fe5:c5da	ff02::1:2	DHCPv6	Solicit XID: 0x13a2ed CID: 00030001080027f5c5da
fe80::a00:27ff:fe39:3cb3	ff02::1:fff5:c5da	ICMPv6	Neighbor Solicitation for fe80::a00:27ff:fe5:c5da from 08:00:27:39:3c:b3
fe80::a00:27ff:fe5:c5da	fe80::a00:27ff:fe39:3cb3	ICMPv6	Neighbor Advertisement fe80::a00:27ff:fe5:c5da (rtr, sol, ovr) is at 08:00:27:f5:c5:da
fe80::a00:27ff:fe39:3cb3	fe80::a00:27ff:fe5:c5da	DHCPv6	Advertise XID: 0x13a2ed IAA: fd00:2003:3:20:cda:ee85:2118:2b1c CID: 00030001080027f5c5da
fe80::a00:27ff:fe5:c5da	ff02::1:2	DHCPv6	Request XID: 0x094449 CID: 00030001080027f5c5da IAA: fd00:2003:3:20:cda:ee85:2118:2b1c
fe80::a00:27ff:fe39:3cb3	fe80::a00:27ff:fe5:c5da	DHCPv6	Reply XID: 0x094449 IAA: fd00:2003:3:20:cda:ee85:2118:2b1c CID: 00030001080027f5c5da
fe80::a00:27ff:fe5:c5da	ff02::1:6	ICMPv6	Multicast Listener Report Message v2

Клиент отправляет пакет DHCPv6 Solicit всем участникам сети, на него напрямую по Link-local адресу (который Astra узнаёт с помощью NDP) отвечает сервер пакетом DHCPv6 Advertise.

Затем клиент так же широковещательно запрашивает адрес у сервера (DHCPv6 Request), а сервер отвечает ему напрямую пакетом DHCPv6 Reply, в котором содержится выделенный узлу IPv6 адрес.

```
▼ DHCPv6
Message type: Reply (7)
Transaction ID: 0x094449
▼ Identity Association for Non-temporary Address
Option: Identity Association for Non-temporary Address (3)
Length: 40
IAID: 00000001
T1: 14400
T2: 14400
▼ IA Address
Option: IA Address (5)
Length: 24
```


На маршрутизаторе Mikrotik запусчу пинг до Astra Linux:

```
[admin@mt-L3] > ping fd00:2003:3:20::1
```

SEQ	HOST	SIZE	TTL	TIME	STATUS
0	fd00:2003:3:20::1	56	64	660us	echo reply
1	fd00:2003:3:20::1	56	64	609us	echo reply
2	fd00:2003:3:20::1	56	64	634us	echo reply
3	fd00:2003:3:20::1	56	64	617us	echo reply
4	fd00:2003:3:20::1	56	64	586us	echo reply
5	fd00:2003:3:20::1	56	64	695us	echo reply
6	fd00:2003:3:20::1	56	64	687us	echo reply

```
sent=7 received=7 packet-loss=0% min-rtt=586us avg-rtt=641us
```

Видно, что отправляются echo request пакеты и приходят echo reply. В захваченном потоке:

Time	Source	Destination	Protocol	Info
07:10:04,...	fd00:2003:3:20:cda:ee85...	fd00:2003:3:20::1	ICMPv6	Echo (ping) request id=0xa700, seq=0, hop limit=64 (reply in 558)
07:10:04,...	fd00:2003:3:20::1	ff02::1:ff18:2b1c	ICMPv6	Neighbor Solicitation for fd00:2003:3:20:cda:ee85:2118:2b1c from 08:00:27:39:3c:b3
07:10:04,...	fd00:2003:3:20:cda:ee85...	fd00:2003:3:20::1	ICMPv6	Neighbor Advertisement fd00:2003:3:20:cda:ee85:2118:2b1c (rtr, sol, ovr) is at 08:00:27:f5:c5:da
07:10:04,...	fd00:2003:3:20::1	fd00:2003:3:20:cda:ee85...	ICMPv6	Echo (ping) reply id=0xa700, seq=0, hop limit=64 (request in 555)
07:10:05,...	fd00:2003:3:20:cda:ee85...	fd00:2003:3:20::1	ICMPv6	Echo (ping) request id=0xa700, seq=256, hop limit=64 (reply in 560)
07:10:05,...	fd00:2003:3:20::1	fd00:2003:3:20:cda:ee85...	ICMPv6	Echo (ping) reply id=0xa700, seq=256, hop limit=64 (request in 559)
07:10:06,...	fd00:2003:3:20:cda:ee85...	fd00:2003:3:20::1	ICMPv6	Echo (ping) request id=0xa700, seq=512, hop limit=64 (reply in 563)
07:10:06,...	fd00:2003:3:20::1	fd00:2003:3:20:cda:ee85...	ICMPv6	Echo (ping) reply id=0xa700, seq=512, hop limit=64 (request in 562)
07:10:07,...	fd00:2003:3:20:cda:ee85...	fd00:2003:3:20::1	ICMPv6	Echo (ping) request id=0xa700, seq=768, hop limit=64 (reply in 565)
07:10:07,...	fd00:2003:3:20::1	fd00:2003:3:20:cda:ee85...	ICMPv6	Echo (ping) reply id=0xa700, seq=768, hop limit=64 (request in 564)
07:10:08,...	fd00:2003:3:20:cda:ee85...	fd00:2003:3:20::1	ICMPv6	Echo (ping) request id=0xa700, seq=1024, hop limit=64 (reply in 568)
07:10:08,...	fd00:2003:3:20::1	fd00:2003:3:20:cda:ee85...	ICMPv6	Echo (ping) reply id=0xa700, seq=1024, hop limit=64 (request in 567)
07:10:09,...	fd00:2003:3:20:cda:ee85...	fd00:2003:3:20::1	ICMPv6	Echo (ping) request id=0xa700, seq=1280, hop limit=64 (reply in 570)
07:10:09,...	fd00:2003:3:20::1	fd00:2003:3:20:cda:ee85...	ICMPv6	Echo (ping) reply id=0xa700, seq=1280, hop limit=64 (request in 569)
07:10:09,...	fe80::a00:27ff:fe5:c5da	fd00:2003:3:20::1	ICMPv6	Neighbor Solicitation for fd00:2003:3:20::1 from 08:00:27:f5:c5:da
07:10:09,...	fe80::a00:27ff:fe5:c5da	fe80::a00:27ff:fe39:3cb3	ICMPv6	Neighbor Solicitation for fe80::a00:27ff:fe39:3cb3 from 08:00:27:f5:c5:da

Т.к. Mikrotik уже знал MAC адрес пингуемого соседа, он не стал спрашивать его заново и сразу отправил echo request. Узел Astra Linux уже забыл MAC соседа и поэтому опросил сеть заново через NDP. Далее идут обычные request-reply пакеты.

Освобожу адрес (release) и дождусь, пока машина запросит его снова:

```
Solicit message from fe80::a00:27ff:fe5:c5da port 546, transaction ID 0x7c753500
Advertise NA: address fd00:2003:3:20:cda:ee85:2118:2b1c to client with duid 00:03:00:01:08:00:27:f5:c5:da laid = 1 valid for 28800 seconds
Sending Advertise to fe80::a00:27ff:fe5:c5da port 546
Request message from fe80::a00:27ff:fe5:c5da port 546, transaction ID 0x5738c800
Reply NA: address fd00:2003:3:20:cda:ee85:2118:2b1c to client with duid 00:03:00:01:08:00:27:f5:c5:da laid = 1 valid for 28800 seconds
Sending Reply to fe80::a00:27ff:fe5:c5da port 546
```

```
[admin@mt-L3] > ipw6 dhcp-client release ether1
[admin@mt-L3] > ipw6 address print
Flags: D - DYNAMIC; G, L - LINK-LOCAL
Columns: ADDRESS, INTERFACE, ADVERTISE
# ADDRESS INTERFACE
0 DL fe80::a00:27ff:fe5:c5da/64 ether1
1 DG fd00:2003:3:20:cda:ee85:2118:2b1c/128 ether1
[admin@mt-L3] >
```

Сервер выдал тот же адрес, который выдал ранее. В потоке:

Source	Destination	Protocol	Info
fe80::a00:27ff:fe5:c5da	ff02::1:2	DHCPv6	Release XID: 0xf449ca CID: 00030001080027f5c5da IAA: fd00:2003:3:20:cda:ee85:2118:2b1c
fe80::a00:27ff:fe5:c5da	ff02::1:2	DHCPv6	Solicit XID: 0x35757c CID: 00030001080027f5c5da
fe80::a00:27ff:fe5:c5da	ff02::1:2	DHCPv6	Solicit XID: 0x35757c CID: 00030001080027f5c5da
fe80::a00:27ff:fe5:c5da	ff02::1:2	DHCPv6	Solicit XID: 0x35757c CID: 00030001080027f5c5da
fe80::a00:27ff:fe5:c5da	ff02::1:2	DHCPv6	Solicit XID: 0x35757c CID: 00030001080027f5c5da
fe80::a00:27ff:fe5:c5da	ff02::1:2	DHCPv6	Solicit XID: 0x35757c CID: 00030001080027f5c5da
fe80::a00:27ff:fe39:3cb3	fe80::a00:27ff:fe5:c5da	DHCPv6	Advertise XID: 0x35757c IAA: fd00:2003:3:20:cda:ee85:2118:2b1c CID: 00030001080027f5c5da
fe80::a00:27ff:fe5:c5da	ff02::1:2	DHCPv6	Request XID: 0xc83857 CID: 00030001080027f5c5da IAA: fd00:2003:3:20:cda:ee85:2118:2b1c
fe80::a00:27ff:fe39:3cb3	fe80::a00:27ff:fe5:c5da	DHCPv6	Reply XID: 0xc83857 IAA: fd00:2003:3:20:cda:ee85:2118:2b1c CID: 00030001080027f5c5da

Дальнейшие пакеты по стандартной схеме: Solicit * Advertise * Request * Reply.

Для VM Astra Linux выключаю запись потока в файл:

```
VBoxManage modifyvm "Astra-L3" --nictracel off
```

Все задания выполнены успешно.

Вывод

Я познакомился с протоколом IPv6, Link-local/Site-local пространствами адресов, принципом работы и устройством ICMPv6 пакетов, технологией SLAAC и DHCPv6 сервером. С их помощью сконфигурировал работоспособную сеть из машин Mikrotik и Astra Linux с динамическими конфигурациями IP адресов.