Práctica 1.4. Protocolo IPv6

Objetivos

En esta práctica se estudian los aspectos básicos del protocolo IPv6, el manejo de los diferentes tipos de direcciones y mecanismos de configuración. Además se analizarán las características más importantes del protocolo ICMP versión 6.

Activar el **portapapeles bidireccional** (menú Dispositivos) en las máquinas virtuales.

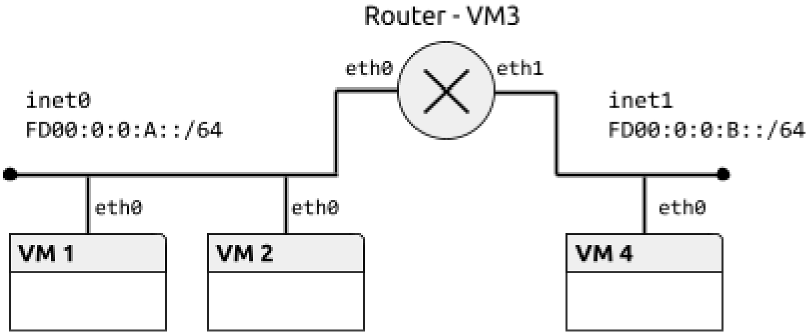
Usar la opción de Virtualbox (menú Ver) para realizar **capturas de pantalla**.

La **contraseña** del usuario `cursoredes` es `cursoredes`.

Contenidos

Preparación del entorno para la práctica

Configuraremos la topología de red que se muestra en la siguiente figura:



El fichero de configuración de la topología tendría el siguiente contenido:

```
netprefix inet
machine 1 0 0
machine 2 0 0
machine 3 0 0 1 1
machine 4 0 1
```

Direcciones de enlace local

Una dirección de enlace local es únicamente válida en la subred que está definida. Ningún encaminador dará salida a un datagrama con una dirección de enlace local como destino. El prefijo de formato para estas direcciones es `fe80::/10`.

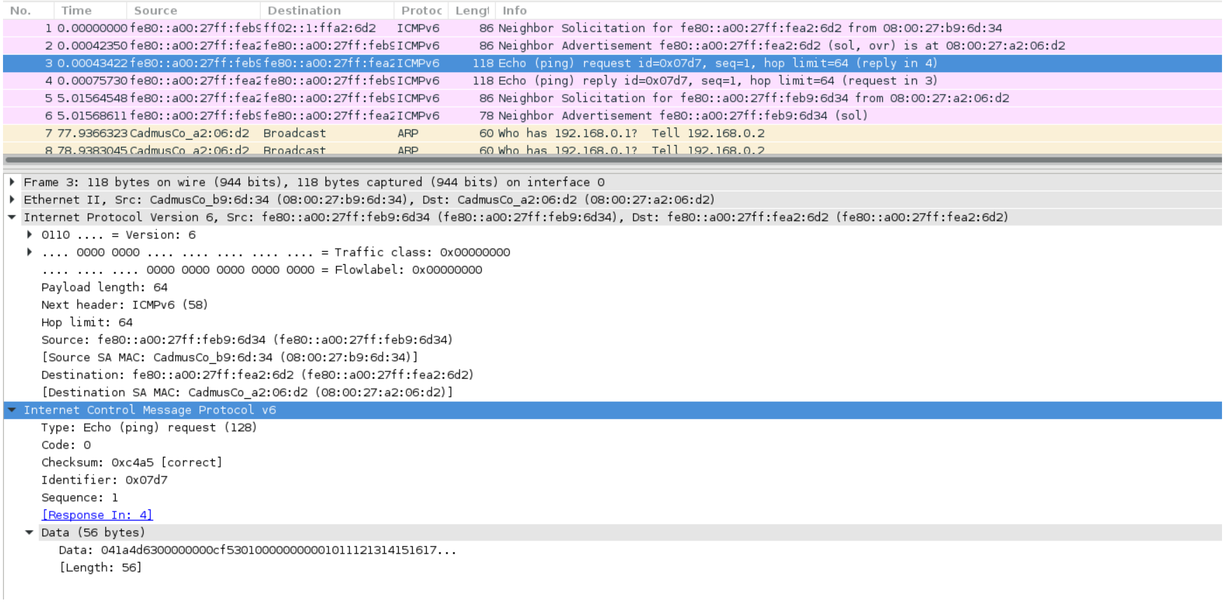
Ejercicio 1 [VM1, VM2]. Activar el interfaz `eth0` en VM1 y VM2. Comprobar las direcciones de enlace local que tienen asignadas con el comando `ip`.

```
VM1:
ip link set eth0 up
ip address
Le asigna fe80::a00:27ff:feb9:6d34/64

VM2:
ip link set eth0 up
ip address
Le asigna fe80::a00:27ff:fea2:6d2/64
```

Ejercicio 2 [VM1, VM2]. Comprobar la conectividad entre VM1 y VM2 con la orden `ping6` (o `ping -6`). Cuando se usan direcciones de enlace local, y **sólo en ese caso**, es necesario especificar el interfaz origen, añadiendo `%<nombre_interfaz>` a la dirección. Consultar las opciones del comando `ping6` en la página de manual. Observar el tráfico generado con Wireshark, especialmente los protocolos encapsulados en cada datagrama y los parámetros del protocolo IPv6.

VM1:

```
ping6 -c 1 fe80::a00:27ff:fea2:6d2%eth0
PING fe80::a00:27ff:fea2:6d2%eth0(fe80::a00:27ff:fea2:6d2%eth0) 56 data bytes
64 bytes from fe80::a00:27ff:fea2:6d2%eth0: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.776 ms

--- fe80::a00:27ff:fea2:6d2%eth0 ping statistics ---
1 packets transmitted, 1 received, 0% packet loss, time 0ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.776/0.776/0.776/0.000 ms
```



```
No.  Time        Source              Destination         Protoc  Lengt Info
   1 0.00000000  fe80::a00:27ff:feb9 ff02::1:ffa2:6d2    ICMPv6     86 Neighbor Solicitation for fe80::a00:27ff:fea2:6d2 from 08:00:27:b9:6d:34
   2 0.00042350  fe80::a00:27ff:fea2 fe80::a00:27ff:feb9 ICMPv6     86 Neighbor Advertisement fe80::a00:27ff:fea2:6d2 (sol, ovr) is at 08:00:27:a2:06:d2
   3 0.00043422  fe80::a00:27ff:feb9 fe80::a00:27ff:fea2 ICMPv6    118 Echo (ping) request id=0x07d7, seq=1, hop limit=64 (reply in 4)
   4 0.00075730  fe80::a00:27ff:fea2 fe80::a00:27ff:feb9 ICMPv6    118 Echo (ping) reply id=0x07d7, seq=1, hop limit=64 (request in 3)
   5 5.01564548  fe80::a00:27ff:fea2 fe80::a00:27ff:feb9 ICMPv6     86 Neighbor Solicitation for fe80::a00:27ff:feb9:6d34 from 08:00:27:a2:06:d2
   6 5.01568611  fe80::a00:27ff:feb9 fe80::a00:27ff:fea2 ICMPv6     78 Neighbor Advertisement fe80::a00:27ff:feb9:6d34 (sol)
   7 77.9366323  CadmusCo_a2:06:d2   Broadcast           ARP        60 Who has 192.168.0.1?  Tell 192.168.0.2
   8 78.9383045  CadmusCo_a2:06:d2   Broadcast           ARP        60 Who has 192.168.0.1?  Tell 192.168.0.2

▸ Frame 3: 118 bytes on wire (944 bits), 118 bytes captured (944 bits) on interface 0
▸ Ethernet II, Src: CadmusCo_b9:6d:34 (08:00:27:b9:6d:34), Dst: CadmusCo_a2:06:d2 (08:00:27:a2:06:d2)
▾ Internet Protocol Version 6, Src: fe80::a00:27ff:feb9:6d34 (fe80::a00:27ff:feb9:6d34), Dst: fe80::a00:27ff:fea2:6d2 (fe80::a00:27ff:fea2:6d2)
  ▸ 0110 .... = Version: 6
  ▸ .... 0000 0000 .... .... .... .... .... = Traffic class: 0x00000000
    .... .... .... 0000 0000 0000 0000 0000 = Flowlabel: 0x00000000
    Payload length: 64
    Next header: ICMPv6 (58)
    Hop limit: 64
    Source: fe80::a00:27ff:feb9:6d34 (fe80::a00:27ff:feb9:6d34)
    [Source SA MAC: CadmusCo_b9:6d:34 (08:00:27:b9:6d:34)]
    Destination: fe80::a00:27ff:fea2:6d2 (fe80::a00:27ff:fea2:6d2)
    [Destination SA MAC: CadmusCo_a2:06:d2 (08:00:27:a2:06:d2)]
▾ Internet Control Message Protocol v6
    Type: Echo (ping) request (128)
    Code: 0
    Checksum: 0xc4a5 [correct]
    Identifier: 0x07d7
    Sequence: 1
    [Response In: 4]
  ▾ Data (56 bytes)
      Data: 041a4d6300000000cf530100000000001011121314151617...
      [Length: 56]
```

Ejercicio 3 [Router, VM4]. Activar el interfaz de VM4 y los dos interfaces de Router. Comprobar la conectividad entre Router y VM1, y entre Router y VM4 usando la dirección de enlace local.

VM4:

```
Ip link set eth0 up

VM3:
Ip link set eth0 up
Ip link set eth1 up

ping6 -c 1 fe80::a00:27ff:fe5f:b1c7%eth1
PING fe80::a00:27ff:fe5f:b1c7%eth1(fe80::a00:27ff:fe5f:b1c7%eth1) 56 data bytes
64 bytes from fe80::a00:27ff:fe5f:b1c7%eth1: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.724 ms

--- fe80::a00:27ff:fe5f:b1c7%eth1 ping statistics ---
1 packets transmitted, 1 received, 0% packet loss, time 0ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.724/0.724/0.724/0.000 ms
```

Para saber más… En el protocolo IPv4 también se reserva el bloque `169.254.0.0/16` para direcciones de enlace local, cuando no es posible la configuración de los interfaces por otras vías. Los detalles se describen en el RFC 3927.

Direcciones ULA

Una dirección ULA (*Unique Local Address*) puede usarse dentro de una organización, de forma que los encaminadores internos del sitio deben encaminar los datagramas con una dirección ULA como destino. El prefijo de formato para estas direcciones es `fc00::/7`.

Ejercicio 4 [VM1, VM2]. Configurar VM1 y VM2 para que tengan una dirección ULA en la red `fd00:0:0:a::/64` con el comando `ip`. La parte de identificador de interfaz puede elegirse libremente, siempre que no coincida para ambas máquinas. Incluir la longitud del prefijo al fijar las direcciones.

```
VM1:
ip address add fd00:0:0:a::1/64 dev eth0

VM2:
ip address add fd00:0:0:a::2/64 dev eth0
```

Ejercicio 5 [VM1, VM2]. Comprobar la conectividad entre VM1 y VM2 con la orden `ping6` usando la nueva dirección. Observar los mensajes intercambiados con Wireshark.

Ejercicio 6 [Router, VM4]. Configurar direcciones ULA en los dos interfaces de Router (redes `fd00:0:0:a::/64` y `fd00:0:0:b::/64`) y en el de VM4 (red `fd00:0:0:b::/64`). Elegir el identificador de interfaz de forma que no coincida dentro de la misma red.

```
VM3:
sudo ip address add fd00:0:0:a::3/64 dev eth0
sudo ip address add fd00:0:0:b::3/64 dev eth1

VM4:
sudo ip address add fd00:0:0:b::4/64 dev eth0
```

Ejercicio 7 [Router]. Comprobar la conectividad entre Router y VM1, y entre Router y VM4 usando direcciones ULA. Comprobar además que VM1 no puede alcanzar a VM4.

```
VM3:
ping6 -c 1 fd00:0:0:a::1
PING fd00:0:0:a::1(fd00:0:0:a::1) 56 data bytes
```

```
64 bytes from fd00:0:0:a::1: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.855 ms

--- fd00:0:0:a::1 ping statistics ---
1 packets transmitted, 1 received, 0% packet loss, time 0ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.855/0.855/0.855/0.000 ms


ping6 -c 1 fd00:0:0:b::4
PING fd00:0:0:b::4(fd00:0:0:b::4) 56 data bytes
64 bytes from fd00:0:0:b::4: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.741 ms

--- fd00:0:0:b::4 ping statistics ---
1 packets transmitted, 1 received, 0% packet loss, time 0ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.741/0.741/0.741/0.000 ms

VM1:
[cursoredes@localhost ~]$ ping6 -c 1 fd00:0:0:b::4
connect: Network is unreachable
```

Encaminamiento estático

Según la topología que hemos configurado en esta práctica, Router debe encaminar el tráfico entre las redes `fd00:0:0:a::/64` y `fd00:0:0:b::/64`. En esta sección vamos a configurar un encaminamiento estático basado en las rutas que fijaremos manualmente en todas las máquinas.

Ejercicio 8 [VM1, Router]. Consultar las tablas de rutas en VM1 y Router con el comando `ip route`. Consultar la página de manual del comando para seleccionar las rutas IPv6.

```
VM1:
ip -6 route
unreachable ::/96 dev lo metric 1024 error -113 pref medium
unreachable ::ffff:0.0.0.0/96 dev lo metric 1024 error -113 pref medium
unreachable 2002:a00::/24 dev lo metric 1024 error -113 pref medium
unreachable 2002:7f00::/24 dev lo metric 1024 error -113 pref medium
unreachable 2002:a9fe::/32 dev lo metric 1024 error -113 pref medium
unreachable 2002:ac10::/28 dev lo metric 1024 error -113 pref medium
unreachable 2002:c0a8::/32 dev lo metric 1024 error -113 pref medium
unreachable 2002:e000::/19 dev lo metric 1024 error -113 pref medium
unreachable 3ffe:ffff::/32 dev lo metric 1024 error -113 pref medium
fd00:0:0:a::/64 dev eth0 proto kernel metric 256 pref medium
fe80::/64 dev eth0 proto kernel metric 256 pref medium

VM3:
$ ip -6 route
unreachable ::/96 dev lo metric 1024 error -113 pref medium
unreachable ::ffff:0.0.0.0/96 dev lo metric 1024 error -113 pref medium
unreachable 2002:a00::/24 dev lo metric 1024 error -113 pref medium
unreachable 2002:7f00::/24 dev lo metric 1024 error -113 pref medium
unreachable 2002:a9fe::/32 dev lo metric 1024 error -113 pref medium
unreachable 2002:ac10::/28 dev lo metric 1024 error -113 pref medium
unreachable 2002:c0a8::/32 dev lo metric 1024 error -113 pref medium
unreachable 2002:e000::/19 dev lo metric 1024 error -113 pref medium
unreachable 3ffe:ffff::/32 dev lo metric 1024 error -113 pref medium
fd00:0:0:a::/64 dev eth0 proto kernel metric 256 pref medium
fd00:0:0:b::/64 dev eth1 proto kernel metric 256 pref medium
fe80::/64 dev eth0 proto kernel metric 256 pref medium
```

```
fe80::/64 dev eth1 proto kernel metric 256 pref medium
```

Ejercicio 9 [Router]. Para que Router actúe efectivamente como encaminador, hay que activar el reenvío de paquetes (*packet forwarding*). De forma temporal, se puede activar con el comando `sysctl net.ipv6.conf.all.forwarding=1`.

Ejercicio 10 [VM1, VM2, VM4]. Finalmente, hay que configurar la tabla de rutas en las máquinas virtuales. Establecer Router como encaminador por defecto con el comando `ip route`. Comprobar la conectividad entre VM1 y VM4 usando el comando `ping6`.

```
VM1 y VM2:
sudo ip route add default via fd00:0:0:a::3

VM4:
sudo ip route add default via fd00:0:0:b::3

VM1:
ping6 -c 1 fd00:0:0:b::4
PING fd00:0:0:b::4(fd00:0:0:b::4) 56 data bytes
64 bytes from fd00:0:0:b::4: icmp_seq=1 ttl=63 time=0.737 ms

--- fd00:0:0:b::4 ping statistics ---
1 packets transmitted, 1 received, 0% packet loss, time 0ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.737/0.737/0.737/0.000 ms
```

Ejercicio 11 [VM1, Router, VM4]. Abrir Wireshark en Router e iniciar dos capturas, una en cada interfaz de red. Borrar la tabla de vecinos en VM1 y Router (con `ip neigh flush dev <interfaz>`). Usar la orden `ping6` entre VM1 y VM4. Completar la siguiente tabla con todos los mensajes hasta el primer ICMP Echo Reply:

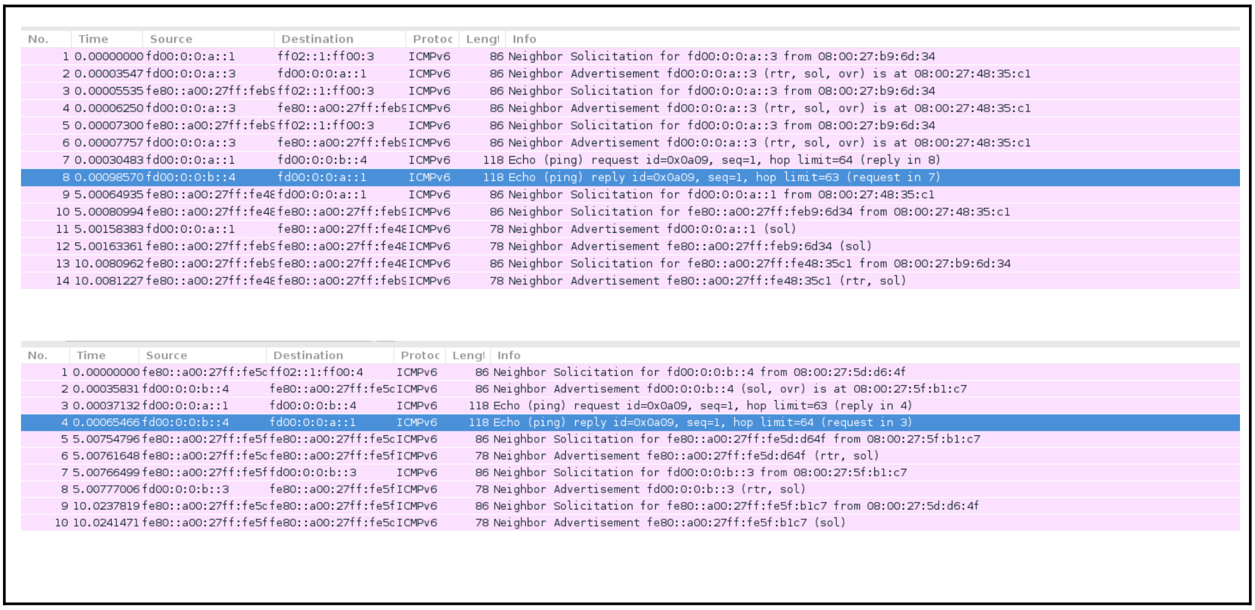
Red `fd00:0:0:a::/64` - Router (eth0)

MAC Origen	MAC Destino	IPv6 Origen	IPv6 Destino	ICMPv6 Tipo
08:00:27:b9:6d:34	33:33:ff:00:00:03	fe80::a00:27ff:feb9:6d34	ff02::1:ff00:3	Neighbor Solicitation for fd00:0:0:a::3 from 08:00:27:b9:6d:34
08:00:27:48:35:c1	08:00:27:b9:6d:34	fd00:0:0:a::3	fe80::a00:27ff:feb9:6d34	Neighbor Advertisement fd00:0:0:a::3 (rtr, sol, ovr) is at 08:00:27:48:35:c1
08:00:27:b9:6d:34	08:00:27:48:35:c1	fd00:0:0:a::1	fd00:0:0:b::4	Echo (ping) request id=0x0a09,

				seq=1, hop limit=64 (reply in 8)
08:00:27:48:35:c1	08:00:27:b9:6d:34	fd00:0:0:b::4	fd00:0:0:a::1	Echo (ping) reply id=0x0a09, seq=1, hop limit=63 (request in 7)

Red `fd00:0:0:b::/64` - Router (eth1)

MAC Origen	MAC Destino	IPv6 Origen	IPv6 Destino	ICMPv6 Tipo
08:00:27:5d:d6:4f	33:33:ff:00:00:04	fe80::a00:27ff:fe5d:d64f	ff02::1:ff00:4	Neighbor Solicitation for fd00:0:0:b::4 from 08:00:27:5d:d6:4f
08:00:27:5f:b1:c7	08:00:27:5d:d6:4f	fd00:0:0:b::4	fe80::a00:27ff:fe5d:d64f	Neighbor Advertisement fd00:0:0:b::4 (sol, ovr) is at 08:00:27:5f:b1:c7
08:00:27:5d:d6:4f	08:00:27:5f:b1:c7	fd00:0:0:a::1	fd00:0:0:b::4	Echo (ping) request
08:00:27:5f:b1:c7	08:00:27:5d:d6:4f	fd00:0:0:b::4	fd00:0:0:a::1	Echo (ping) reply



No.	Time	Source	Destination	Protoc	Lengt	Info
1	0.00000000	fd00:0:0:a::1	ff02::1:ff00:3	ICMPv6	86	Neighbor Solicitation for fd00:0:0:a::3 from 08:00:27:b9:6d:34
2	0.00003547	fd00:0:0:a::3	fd00:0:0:a::1	ICMPv6	86	Neighbor Advertisement fd00:0:0:a::3 (rtr, sol, ovr) is at 08:00:27:48:35:c1
3	0.00005535	fe80::a00:27ff:feb9	ff02::1:ff00:3	ICMPv6	86	Neighbor Solicitation for fd00:0:0:a::3 from 08:00:27:b9:6d:34
4	0.00006250	fd00:0:0:a::3	fe80::a00:27ff:feb9	ICMPv6	86	Neighbor Advertisement fd00:0:0:a::3 (rtr, sol, ovr) is at 08:00:27:48:35:c1
5	0.00007300	fe80::a00:27ff:feb9	ff02::1:ff00:3	ICMPv6	86	Neighbor Solicitation for fd00:0:0:a::3 from 08:00:27:b9:6d:34
6	0.00007757	fd00:0:0:a::3	fe80::a00:27ff:feb9	ICMPv6	86	Neighbor Advertisement fd00:0:0:a::3 (rtr, sol, ovr) is at 08:00:27:48:35:c1
7	0.00030483	fd00:0:0:a::1	fd00:0:0:b::4	ICMPv6	118	Echo (ping) request id=0x0a09, seq=1, hop limit=64 (reply in 8)
8	0.00098570	fd00:0:0:b::4	fd00:0:0:a::1	ICMPv6	118	Echo (ping) reply id=0x0a09, seq=1, hop limit=63 (request in 7)
9	5.00064935	fe80::a00:27ff:fe48	fd00:0:0:a::1	ICMPv6	86	Neighbor Solicitation for fd00:0:0:a::1 from 08:00:27:48:35:c1
10	5.00080994	fe80::a00:27ff:fe48	fe80::a00:27ff:feb9	ICMPv6	86	Neighbor Solicitation for fe80::a00:27ff:feb9:6d34 from 08:00:27:48:35:c1
11	5.00158383	fd00:0:0:a::1	fe80::a00:27ff:fe48	ICMPv6	78	Neighbor Advertisement fd00:0:0:a::1 (sol)
12	5.00163361	fe80::a00:27ff:feb9	fe80::a00:27ff:fe48	ICMPv6	78	Neighbor Advertisement fe80::a00:27ff:feb9:6d34 (sol)
13	10.0080962	fe80::a00:27ff:feb9	fe80::a00:27ff:fe48	ICMPv6	86	Neighbor Solicitation for fe80::a00:27ff:fe48:35c1 from 08:00:27:b9:6d:34
14	10.0081227	fe80::a00:27ff:fe48	fe80::a00:27ff:feb9	ICMPv6	78	Neighbor Advertisement fe80::a00:27ff:fe48:35c1 (rtr, sol)

No.	Time	Source	Destination	Protoc	Lengt	Info
1	0.00000000	fe80::a00:27ff:fe5c	ff02::1:ff00:4	ICMPv6	86	Neighbor Solicitation for fd00:0:0:b::4 from 08:00:27:5d:d6:4f
2	0.00035831	fd00:0:0:b::4	fe80::a00:27ff:fe5c	ICMPv6	86	Neighbor Advertisement fd00:0:0:b::4 (sol, ovr) is at 08:00:27:5f:b1:c7
3	0.00037132	fd00:0:0:a::1	fd00:0:0:b::4	ICMPv6	118	Echo (ping) request id=0x0a09, seq=1, hop limit=63 (reply in 4)
4	0.00065466	fd00:0:0:b::4	fd00:0:0:a::1	ICMPv6	118	Echo (ping) reply id=0x0a09, seq=1, hop limit=64 (request in 3)
5	5.00754796	fe80::a00:27ff:fe5f	fe80::a00:27ff:fe5c	ICMPv6	86	Neighbor Solicitation for fe80::a00:27ff:fe5d:d64f from 08:00:27:5f:b1:c7
6	5.00761648	fe80::a00:27ff:fe5c	fe80::a00:27ff:fe5f	ICMPv6	78	Neighbor Advertisement fe80::a00:27ff:fe5d:d64f (rtr, sol)
7	5.00766499	fe80::a00:27ff:fe5f	fd00:0:0:b::3	ICMPv6	86	Neighbor Solicitation for fd00:0:0:b::3 from 08:00:27:5f:b1:c7
8	5.00777006	fd00:0:0:b::3	fe80::a00:27ff:fe5f	ICMPv6	78	Neighbor Advertisement fd00:0:0:b::3 (rtr, sol)
9	10.0237819	fe80::a00:27ff:fe5c	fe80::a00:27ff:fe5f	ICMPv6	86	Neighbor Solicitation for fe80::a00:27ff:fe5f:b1c7 from 08:00:27:5d:d6:4f
10	10.0241471	fe80::a00:27ff:fe5f	fe80::a00:27ff:fe5c	ICMPv6	78	Neighbor Advertisement fe80::a00:27ff:fe5f:b1c7 (sol)

Configuración persistente

Las configuraciones realizadas en los apartados anteriores son volátiles y desaparecen cuando se reinician las máquinas. Durante el arranque del sistema se pueden configurar automáticamente los interfaces según la información almacenada en el disco.

Ejercicio 12 [Router]. Crear los ficheros `ifcfg-eth0` e `ifcfg-eth1` en el directorio `/etc/sysconfig/network-scripts/` con la configuración de cada interfaz. Usar las siguientes opciones (descritas en `/usr/share/doc/initscripts-*/sysconfig.txt`):

```
TYPE=Ethernet
BOOTPROTO=none
IPV6ADDR=<dirección IP en formato CIDR>
IPV6_DEFAULTGW=<dirección IP del encaminador por defecto (si tiene)>
DEVICE=<nombre del interfaz>
```

```
TYPE=Ethernet
BOOTPROTO=none
IPV6ADDR=fd00:0:0:a::3/64
IPV6_DEFAULTGW=
DEVICE=eth0

TYPE=Ethernet
BOOTPROTO=none
IPV6ADDR=fd00:0:0:b::3/64
IPV6_DEFAULTGW=
DEVICE=eth1
```

Ejercicio 13 [Router]. Comprobar la configuración persistente con las órdenes `ifup` e `ifdown`.

```
sudo ifdown eth1
[cursoredes@localhost ~]$ sudo ifup eth1
ERROR    : [/etc/sysconfig/network-scripts/ifup-ipv6] Global IPv6 forwarding is disabled in configuration, but not currently disabled in kernel
ERROR    : [/etc/sysconfig/network-scripts/ifup-ipv6] Please restart network with '/sbin/service network restart'
INFO     : [ipv6_wait_tentative] Waiting for interface eth1 IPv6 address(es) to leave the 'tentative' state
INFO     : [ipv6_wait_tentative] Waiting for interface eth1 IPv6 address(es) to leave the 'tentative' state


sudo ifup eth0
RTNETLINK answers: File exists
ERROR    : [/etc/sysconfig/network-scripts/ifup-ipv6] Global IPv6 forwarding is disabled in configuration, but not currently disabled in kernel
ERROR    : [/etc/sysconfig/network-scripts/ifup-ipv6] Please restart network with '/sbin/service network restart'
```

Autoconfiguración. Anuncio de prefijos

El protocolo de descubrimiento de vecinos se usa también para la autoconfiguración de los interfaces de red. Cuando se activa un interfaz, se envía un mensaje de descubrimiento de encaminadores. Los encaminadores presentes responden con un anuncio que contiene, entre otros, el prefijo de la red.

Ejercicio 14 [VM1, VM2, VM4]. Eliminar las direcciones ULA de los interfaces desactivándolos con `ip link`.

Ejercicio 15 [Router]. Configurar el servicio `zebra` para que el encaminador anuncie prefijos. Para ello, crear el archivo `/etc/quagga/zebra.conf` e incluir la información de los prefijos para las dos redes. Cada entrada será de la forma:

```
interface eth0
  no ipv6 nd suppress-ra
  ipv6 nd prefix fd00:0:0:a::/64
```

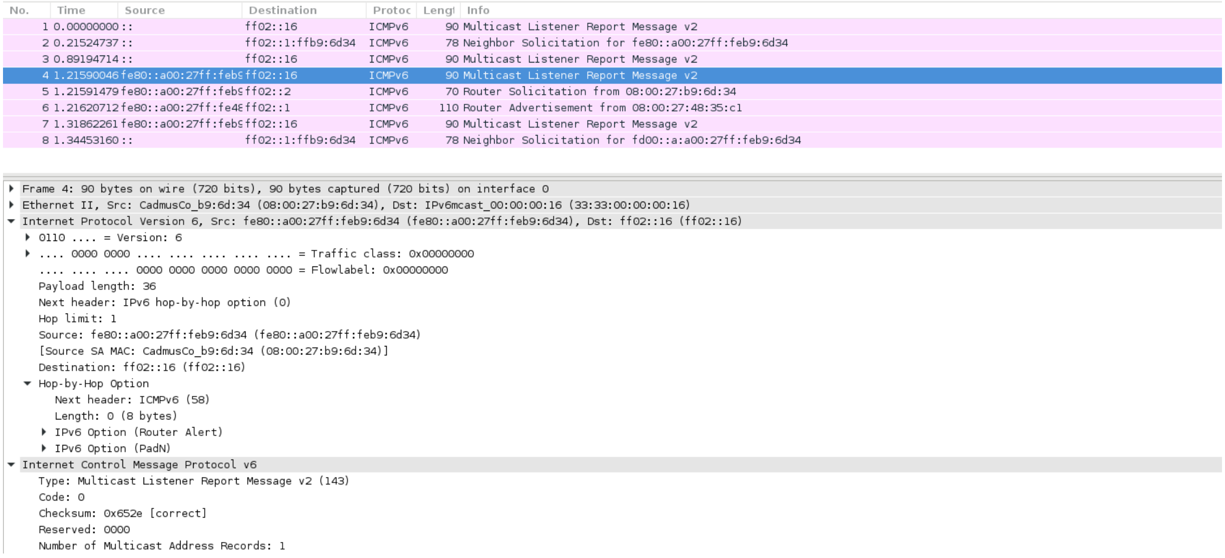
Finalmente, arrancar el servicio con el comando `service zebra start`.

Ejercicio 16 [VM4]. Comprobar la autoconfiguración del interfaz de red en VM4, volviendo a activar el interfaz y consultando la dirección asignada.

fd00::b:a00:27ff:fe5f:b1c7/64

Ejercicio 17 [VM1, VM2]. Estudiar los mensajes del protocolo de descubrimiento de vecinos:

- Activar el interfaz en VM2, comprobar que está configurado correctamente e iniciar una captura de paquetes con Wireshark.
- Activar el interfaz en VM1 y estudiar los mensajes ICMP de tipo Router Solicitation y Router Advertisement.
- Comprobar las direcciones destino y origen de los datagramas, así como las direcciones destino y origen de la trama Ethernet. Especialmente la relación entre las direcciones IP y MAC. Estudiar la salida del comando `ip maddr`.



No.	Time	Source	Destination	Protoc	Lengt	Info
1	0.00000000	::	ff02::16	ICMPv6	90	Multicast Listener Report Message v2
2	0.21524737	::	ff02::1:ffb9:6d34	ICMPv6	78	Neighbor Solicitation for fe80::a00:27ff:feb9:6d34
3	0.89194714	::	ff02::16	ICMPv6	90	Multicast Listener Report Message v2
4	1.21590046	fe80::a00:27ff:feb9	ff02::16	ICMPv6	90	Multicast Listener Report Message v2
5	1.21591479	fe80::a00:27ff:feb9	ff02::2	ICMPv6	70	Router Solicitation from 08:00:27:b9:6d:34
6	1.21620712	fe80::a00:27ff:fe48	ff02::1	ICMPv6	110	Router Advertisement from 08:00:27:48:35:c1
7	1.31862261	fe80::a00:27ff:feb9	ff02::16	ICMPv6	90	Multicast Listener Report Message v2
8	1.34453160	::	ff02::1:ffb9:6d34	ICMPv6	78	Neighbor Solicitation for fd00::a:a00:27ff:feb9:6d34

```
▸ Frame 4: 90 bytes on wire (720 bits), 90 bytes captured (720 bits) on interface 0
▸ Ethernet II, Src: CadmusCo_b9:6d:34 (08:00:27:b9:6d:34), Dst: IPv6mcast_00:00:00:16 (33:33:00:00:00:16)
▾ Internet Protocol Version 6, Src: fe80::a00:27ff:feb9:6d34 (fe80::a00:27ff:feb9:6d34), Dst: ff02::16 (ff02::16)
  ▸ 0110 .... = Version: 6
  ▸ .... 0000 0000 .... .... .... .... .... = Traffic class: 0x00000000
    .... .... .... 0000 0000 0000 0000 0000 = Flowlabel: 0x00000000
    Payload length: 36
    Next header: IPv6 hop-by-hop option (0)
    Hop limit: 1
    Source: fe80::a00:27ff:feb9:6d34 (fe80::a00:27ff:feb9:6d34)
    [Source SA MAC: CadmusCo_b9:6d:34 (08:00:27:b9:6d:34)]
    Destination: ff02::16 (ff02::16)
  ▾ Hop-by-Hop Option
      Next header: ICMPv6 (58)
      Length: 0 (8 bytes)
    ▸ IPv6 Option (Router Alert)
    ▸ IPv6 Option (PadN)
▾ Internet Control Message Protocol v6
    Type: Multicast Listener Report Message v2 (143)
    Code: 0
    Checksum: 0x652e [correct]
    Reserved: 0000
    Number of Multicast Address Records: 1
```

```
ip maddr
1:      lo
        inet  224.0.0.1
        inet6 ff02::1
        inet6 ff01::1
2:      eth0
        link  01:00:5e:00:00:01
```

link 33:33:00:00:00:01
link 33:33:ff:a2:06:d2
inet 224.0.0.1
inet6 ff02::1:ffa2:6d2 users 2
inet6 ff02::1
inet6 ff01::1

Para saber más… En el proceso de autoconfiguración se genera también el identificador de interfaz según el *Extended Unique Identifier* (EUI-64) modificado. La configuración del protocolo de anuncio de encaminadores tiene múltiples opciones que se pueden consultar en la documentación de `zebra` (ej. intervalo entre anuncios no solicitados). Cuando sólo se necesita un servicio que implemente el anuncio de prefijos, y no algoritmos de encaminamiento para el router, se puede usar el proyecto de código libre *Router Advertisement Daemon*, `radvd`.

Ejercicio 18 [VM1]. La generación del identificador de interfaz mediante EUI-64 supone un problema de privacidad para las máquinas clientes, que pueden ser rastreadas por su dirección MAC. En estos casos, es conveniente activar las extensiones de privacidad para generar un identificador de interfaz pseudoaleatorio temporal para las direcciones globales. Activar las extensiones de privacidad en VM1 con `sysctl net.ipv6.conf.eth0.use_tempaddr=2` y repetir el proceso de autoconfiguración.

Copiar la salida del comando ip addr con la dirección temporal.
fd00::a:a00:27ff:feb9:6d34/64

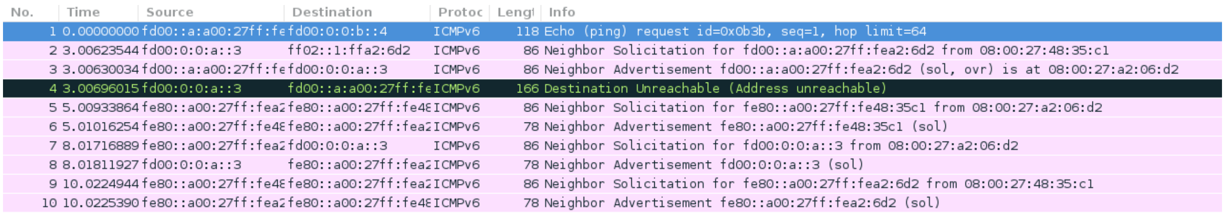
ICMPv6

El protocolo ICMPv6 permite el intercambio de mensajes para el control de la red, tanto para la detección de errores como para la consulta de la configuración de ésta. Durante el desarrollo de la práctica hemos visto los más importantes.

Ejercicio 19. Generar mensajes de los siguientes tipos en la red y estudiarlos con ayuda de Wireshark:

- Solicitud y respuesta de eco.
- Solicitud y anuncio de encaminador.
- Solicitud y anuncio de vecino.
- Destino inalcanzable - Sin ruta al destino (Code: 0).
- Destino inalcanzable - Dirección inalcanzable (Code: 3)
- Destino inalcanzable - Puerto inalcanzable (Code: 4)

Copiar capturas de pantalla de Wireshark con los tres últimos mensajes.



No.	Time	Source	Destination	Protoc	Lengt	Info
1	0.00000000	fd00::a:a00:27ff:fe	fd00:0:0:b::4	ICMPv6	118	Echo (ping) request id=0x0b3b, seq=1, hop limit=64
2	3.00623544	fd00:0:0:a::3	ff02::1:ffa2:6d2	ICMPv6	86	Neighbor Solicitation for fd00::a:a00:27ff:fea2:6d2 from 08:00:27:48:35:c1
3	3.00630034	fd00::a:a00:27ff:fe	fd00:0:0:a::3	ICMPv6	86	Neighbor Advertisement fd00::a:a00:27ff:fea2:6d2 (sol, ovr) is at 08:00:27:a2:06:d2
4	3.00696015	fd00:0:0:a::3	fd00::a:a00:27ff:fe	ICMPv6	166	Destination Unreachable (Address unreachable)
5	5.00933864	fe80::a00:27ff:fea2	fe80::a00:27ff:fe48	ICMPv6	86	Neighbor Solicitation for fe80::a00:27ff:fe48:35c1 from 08:00:27:a2:06:d2
6	5.01016254	fe80::a00:27ff:fe48	fe80::a00:27ff:fea2	ICMPv6	78	Neighbor Advertisement fe80::a00:27ff:fe48:35c1 (sol)
7	8.01716889	fe80::a00:27ff:fea2	fd00:0:0:a::3	ICMPv6	86	Neighbor Solicitation for fd00:0:0:a::3 from 08:00:27:a2:06:d2
8	8.01811927	fd00:0:0:a::3	fe80::a00:27ff:fea2	ICMPv6	78	Neighbor Advertisement fd00:0:0:a::3 (sol)
9	10.0224944	fe80::a00:27ff:fe48	fe80::a00:27ff:fea2	ICMPv6	86	Neighbor Solicitation for fe80::a00:27ff:fea2:6d2 from 08:00:27:48:35:c1
10	10.0225390	fe80::a00:27ff:fea2	fe80::a00:27ff:fe48	ICMPv6	78	Neighbor Advertisement fe80::a00:27ff:fea2:6d2 (sol)