

Redes y Comunicaciones

Ulises Jeremias Cornejo Fandos,¹ Federico Ramón Gasquez,² and Lihuel Pablo Amoroso³

¹13566/7, *Licenciatura en Informatica, Facultad de Informatica, UNLP*

²13598/6, *Licenciatura en Informatica, Facultad de Informatica, UNLP*

³13497/2, *Analista Programador Universitario, Facultad de Informatica, UNLP*

compiled: November 28, 2018

1. Introducción

En la máquina virtual, instale el paquete radvd (sudo apt update; sudo apt install -y radvd).

Utilizando la topología enlace-Ipv6.imn:

- Analice las direcciones IPv6 de PC-A y PC-B:
 - ¿Cuántas direcciones IP tiene cada interfaz?
 - ¿Cuáles son?
 - ¿Qué alcance tiene cada una de ellas?

Analizando este aspecto de la topología observamos que ninguna de las interfaces dispone de una IP asignada a simple vista. Sin embargo, luego de iniciar la topología, se ejecuta el comando *ifconfig* sobre cada uno de los hosts viendo así las IPs asignadas a cada uno. En ambos casos se observan dos IPs asignadas, una de alcance local al enlace y otra de alcance global.

Es importante tener en cuenta que la IPv6 de alcance de Link Local no debe ser única a nivel Global, sino solo en la red donde está contenida, y la misma comenzará en general con **ff80**, estando en el rango *[fe80, febf]*.

Concretamente las IPs asignadas, con su correspondiente alcance, son:

- **PC-A**
 - inet6 addr: **fe80::200:ff:feaa:1/64** Scope: **Link**
 - inet6 addr: **2001::200:ff:feaa:1/64** Scope: **Global**
- **PC-B**
 - inet6 addr: **fe80::200:ff:feaa:0/64** Scope: **Link**
 - inet6 addr: **2001::200:ff:feaa:0/64** Scope: **Global**

2. Router advertisement - Análisis

En PC-A, desconecte y conecte la interfaz mientras captura tráfico.

Analice los mensajes “Router Solicitation” y “Router advertisement”.

En la figura (1) se observa la captura de paquetes durante la conexión de la interfaz eth0 en PC-A.

Los mensajes *Router Advertisement* y *Router Solicitations* permiten que un nodo en un enlace descubra los routers en el mismo enlace. Cada interfaz de enrutador configurada en un enlace envía un mensaje de Router Advertisement, que tiene un valor de 134 en el campo *Type* del encabezado del paquete ICMP, periódicamente a la dirección de multicast local de enlace de todos los nodos (*FF02::1*).

Una interfaz de enrutador configurada también puede enviar un mensaje de Router Advertisement en respuesta a un mensaje de Router Solicitation desde un nodo en el mismo enlace. Este mensaje se envía a la dirección IPv6 de unicast del nodo que envió el mensaje de Router Solicitation.

Al iniciar el sistema, un host en un enlace envía un mensaje de Router Solicitation a la dirección de multicast de todos los routers (*FF01*). El envío de un mensaje de Router Solicitation, que tiene un valor de 133 en el campo *Type* del encabezado del paquete ICMP, permite al host configurar automáticamente su dirección IPv6 inmediatamente en lugar de esperar el próximo mensaje periódico de anuncio del enrutador.

Debido a que un host en el inicio del sistema generalmente no tiene una dirección IPv6 de unicast, la dirección de origen en el mensaje de solicitud del enrutador suele ser la dirección IPv6 no especificada (0:0:0:0:0:0). Si el host tiene una dirección IPv6 de unicast, la dirección de origen es la dirección IPv6 de unicast de la interfaz del host que envía el mensaje de Router Solicitation.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1	0.000000000	::	ff02::16	ICMPv6	90	Multicast Listener Report Message v2
2	0.228204000	::	ff02::1:ffaa:1	ICMPv6	78	Neighbor Solicitation for fe80::200:ff:feaa:1
3	0.540044000	::	ff02::16	ICMPv6	90	Multicast Listener Report Message v2
4	1.227962000	fe80::200:ff:feaa:1	ff02::16	ICMPv6	90	Multicast Listener Report Message v2
5	1.228060000	fe80::200:ff:feaa:1	ff02::2	ICMPv6	70	Router Solicitation from 00:00:00:aa:00:01
6	1.734542000	fe80::200:ff:feaa:2	ff02::1	ICMPv6	110	Router Advertisement from 00:00:00:aa:00:02
7	2.215834000	fe80::200:ff:feaa:1	ff02::16	ICMPv6	90	Multicast Listener Report Message v2
8	2.728644000	::	ff02::1:ffaa:1	ICMPv6	78	Neighbor Solicitation for 2001::200:ff:feaa:1
9	10.196021000	fe80::200:ff:feaa:2	ff02::1	ICMPv6	110	Router Advertisement from 00:00:00:aa:00:02

Fig. 1. Captura de paquetes durante la conexión de la interfaz eth0 en PC-A.

2.A. Router solicitation

- ¿Cuál es el tipo y el código del mensaje?

El mensaje es de tipo Router Solicitation con código 133.

- ¿Cuál es la MAC origen y la MAC destino?

– ¿Qué tipo de MAC es la MAC destino?

Se puede observar en la figura (2) que la MAC origen es 00:00:00:aa:00:01 y el valor del header *Dst.* de Ethernet es **IPv6mcast.02 (33:33:00:00:00:02)**. A partir de la definición provista en (2.A) se determina que las MAC destino son todas las direcciones asociadas a los routers de la red que, al ser en este caso único, es 00:00:00:aa:00:02.

En la [RFC 2464](#) se puede notar como obtener la MAC de una interfaz específica a partir de un IPv6 multicast.

Ethernet has "multicast" MAC addresses as well – any MAC address with the "group" bit set is technically a multicast address; IPv6 uses the prefix 33:33:, while IPv4 uses 01:00:5e.*.*

- ¿Cuál es la IP origen y la IP destino?

– ¿Qué tipo de dirección es la IP origen y qué tipo de dirección es la IP destino?

La IP origen es *fe80::200:ff:feaa:1* de tipo *Link-local unicast* y la IP destino es *ff02::02* de tipo *Multicast*.

- ¿Qué datos puede destacar del mensaje ICMP?

Como se menciona en el ejercicio anterior, se puede destacar que, cuando la interfaz perteneciente a uno de los nodos de la red, es desactivada y reactivada, el mismo genera un Router Solicitation, pidiéndole a todos los routers que se anuncien, es decir, Router Advertisement.

```

▶ Frame 5: 70 bytes on wire (560 bits), 70 bytes captured (560 bits) on interface 0
▼ Ethernet II, Src: 00:00:00_aa:00:01 (00:00:00:aa:00:01), Dst: IPv6mcast_02 (33:33:00:00:00:02)
  ▶ Destination: IPv6mcast_02 (33:33:00:00:00:02)
  ▶ Source: 00:00:00_aa:00:01 (00:00:00:aa:00:01)
  Type: IPv6 (0x86dd)
▶ Internet Protocol Version 6, Src: fe80::200:ff:feaa:1 (fe80::200:ff:feaa:1), Dst: ff02::2 (ff02::2)
▼ Internet Control Message Protocol v6
  Type: Router Solicitation (133)
  Code: 0
  Checksum: 0x79d8 [correct]
  Reserved: 00000000
  ▶ ICMPv6 Option (Source link-layer address : 00:00:00:aa:00:01)

```

Fig. 2. Información detallada del paquete 5 de la captura mostrada en la figura 1.

2.B. Router advertisement

- ¿Cuál es el tipo y el código del mensaje?

El mensaje es de tipo Router Advertisement con código 134.

- ¿Cuál es la MAC origen y la MAC destino?

– ¿Qué tipo de MAC es la MAC destino?

Se puede observar en la figura (3) que la MAC origen es 00:00:00:aa:00:02 y el valor del header *Dst.* de Ethernet es **IPv6mcast_01 (33:33:00:00:00:01)**. A partir de la definición provista en (2.A) se determina que la MAC destino es 00:00:00:aa:00:01.

- ¿Cuál es la IP origen y la IP destino?

– ¿Qué tipo de dirección es la IP origen y qué tipo de dirección es la IP destino?

La IP origen es *ff02::02* de tipo *Multicast* y la IP destino es *fe80::200:ff:feaa:1* de tipo *Link-local unicast*.

- ¿Qué datos puede destacar del mensaje ICMP? ¿Cuál es prefijo que se anuncia?

Este mensaje surge como respuesta a un Router Solicitation o para mantener a los nodos informados. El prefijo que se sugiere es el *2001::* correspondiente a **Global unicast** de IPv6.

```

▶ Frame 6: 110 bytes on wire (880 bits), 110 bytes captured (880 bits) on interface 0
▼ Ethernet II, Src: 00:00:00_aa:00:02 (00:00:00:aa:00:02), Dst: IPv6mcast_01 (33:33:00:00:00:01)
  ▶ Destination: IPv6mcast_01 (33:33:00:00:00:01)
  ▶ Source: 00:00:00_aa:00:02 (00:00:00:aa:00:02)
  Type: IPv6 (0x86dd)
▶ Internet Protocol Version 6, Src: fe80::200:ff:feaa:2 (fe80::200:ff:feaa:2), Dst: ff02::1 (ff02::1)
▼ Internet Control Message Protocol v6
  Type: Router Advertisement (134)
  Code: 0
  Checksum: 0x4ad2 [correct]
  Cur hop limit: 64
  ▶ Flags: 0x18
  Router lifetime (s): 30
  Reachable time (ms): 0
  Retrans timer (ms): 0
  ▶ ICMPv6 Option (Prefix information : 2001::/64)
  ▶ ICMPv6 Option (Source link-layer address : 00:00:00:aa:00:02)

```

Fig. 3. Información detallada del paquete 6 de la captura mostrada en la figura 1.

3. Análisis de rutas

Visualice la tabla de rutas de IPv6:

- ¿Cuál es el default GW de PC-A? ¿Qué alcance tiene dicha dirección?

Verifique conectividad entre PC-A y “SERVER”.

Para visualizar la tabla de rutas de IPv6, se ejecuta el comando **ip -6 route**, ó **ip -6 route list** obteniendo una tabla como la que se observa en la figura (4).

En la misma se puede observar que el default gateway de PC-A es **fe80::200:ff:feaa:2**, una IPv6 de alcance de Link local.

```
root@PC-A:/tmp/pycore.39935/PC-A.conf# ip -6 route list
2001::/64 dev eth0 proto kernel metric 256 expires 86391sec
fe80::/64 dev eth0 proto kernel metric 256
default via fe80::200:ff:feaa:2 dev eth0 proto ra metric 1024 expires 21sec hoplimit 64
root@PC-A:/tmp/pycore.39935/PC-A.conf# █
```

Fig. 4. Tabla de rutas de IPv6.

Luego se hace un ping desde PC-A a la IPv6 Global de SERVER para verificar la conectividad, como se ve en la figura (5). En la figura (??) se observa la captura de tráfico en SERVER.

```
root@PC-A:/tmp/pycore.40283/PC-A.conf# ping6 2001:1::200:ff:feaa:3
PING 2001:1::200:ff:feaa:3(2001:1::200:ff:feaa:3) 56 data bytes
64 bytes from 2001:1::200:ff:feaa:3: icmp_seq=1 ttl=63 time=0.058 ms
64 bytes from 2001:1::200:ff:feaa:3: icmp_seq=2 ttl=63 time=0.071 ms
```

Fig. 5. Ping desde PC-A a SERVER.

```
root@SERVER:/tmp/pycore.40283/SERVER.conf# tcpdump
tcpdump: verbose output suppressed, use -v or -vv for full protocol decode
listening on eth0, link-type EN10MB (Ethernet), capture size 262144 bytes
03:51:57.508463 IP6 2001::200:ff:feaa:1 > 2001:1::200:ff:feaa:3: ICMP6, echo request, seq 1, length 64
03:51:57.508473 IP6 2001:1::200:ff:feaa:3 > 2001::200:ff:feaa:1: ICMP6, echo reply, seq 1, length 64
```

Fig. 6. Captura de tráfico en SERVER utilizando tcpdump.

4. Neighbor discovery - Análisis

Desde PC-A haga un ping a la IPv6 global de PC-B mientras captura tráfico ICMPv6 en PC-B. Analice los mensajes “Neighbor Solicitation” y “Neighbor Advertisement”.

Primero se obtiene la IPv6 global de PC-B utilizando el comando **ifconfig** obteniendo la siguiente IP, **2001::200:ff:feaa:0**.

Desde PC-A se ejecuta el comando **ping6** para hacer un ping a la IPv6 de PC-B mientras se capturan el tráfico ICMPv6 en PC-B.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1	0.000000000	2001::200:ff:feaa:1	ff02::1:ffaa:0	ICMPv6	86	Neighbor Solicitation for 2001::200:ff:feaa:0 from 00:00:00:aa:00:01
2	0.000024000	2001::200:ff:feaa:0	2001::200:ff:feaa:1	ICMPv6	86	Neighbor Advertisement 2001::200:ff:feaa:0 (sol, ovr) is at 00:00:00:aa:00:00
3	0.000032000	2001::200:ff:feaa:1	2001::200:ff:feaa:0	ICMPv6	118	Echo (ping) request id=0x001a, seq=1, hop limit=64 (reply in 4)
4	0.000038000	2001::200:ff:feaa:0	2001::200:ff:feaa:1	ICMPv6	118	Echo (ping) reply id=0x001a, seq=1, hop limit=64 (request in 3)
5	0.999115000	2001::200:ff:feaa:1	2001::200:ff:feaa:0	ICMPv6	118	Echo (ping) request id=0x001a, seq=2, hop limit=64 (reply in 6)
6	0.999126000	2001::200:ff:feaa:0	2001::200:ff:feaa:1	ICMPv6	118	Echo (ping) reply id=0x001a, seq=2, hop limit=64 (request in 5)
7	1.998320000	2001::200:ff:feaa:1	2001::200:ff:feaa:0	ICMPv6	118	Echo (ping) request id=0x001a, seq=3, hop limit=64 (no response found!)
8	1.998337000	2001::200:ff:feaa:0	2001::200:ff:feaa:1	ICMPv6	118	Echo (ping) reply id=0x001a, seq=3, hop limit=64 (request in 7)
9	2.997072000	2001::200:ff:feaa:1	2001::200:ff:feaa:0	ICMPv6	118	Echo (ping) request id=0x001a, seq=4, hop limit=64 (reply in 10)
10	2.997083000	2001::200:ff:feaa:0	2001::200:ff:feaa:1	ICMPv6	118	Echo (ping) reply id=0x001a, seq=4, hop limit=64 (request in 9)
11	3.996259000	2001::200:ff:feaa:1	2001::200:ff:feaa:0	ICMPv6	118	Echo (ping) request id=0x001a, seq=5, hop limit=64 (no response found!)
12	3.996271000	2001::200:ff:feaa:0	2001::200:ff:feaa:1	ICMPv6	118	Echo (ping) reply id=0x001a, seq=5, hop limit=64 (request in 11)

Fig. 7. Captura de paquetes del ping de PC-A a IPv6 global de PC-B.

4.A. Neighbor solicitation

- ¿Cuál es el tipo y el código del mensaje?

Es un código de tipo Neighbor Solicitation de código 135.

- ¿Cuál es la MAC origen y la MAC destino?

– ¿Qué tipo de MAC es la MAC destino?

Se puede observar en la figura (??) que la MAC origen es 00:00:00:aa:00:01 de tipo Unicast y el valor del header *Dst.* de Ethernet es **IPv6mcast_ff:aa:00:00 (33:33:ff:aa:00:00)** de tipo Multicast ya que tiene asociada la IPv6 ff02::1:ffaa:0. Se determina que la MAC destino efectiva es 00:00:00:aa:00:00 al ser un único router.

- ¿Cuál es la IP origen y la IP destino?

– ¿Qué tipo de IP es la IP destino?

La IP origen es 2001::200:ff:feaa:1 de tipo *Global* y la IP destino es 2001::200:ff:feaa:0 de tipo *Global*.

- ¿Qué datos puede destacar del mensaje ICMP?

El mensaje **Neighbor Solicitation** se utiliza determinar la dirección MAC de un nodo específico dentro de la red o para saber si éste sigue respondiendo a la dirección MAC que se encuentra almacenada en la caché.

▶ Frame 1: 86 bytes on wire (688 bits), 86 bytes captured (688 bits) on interface 0
▼ Ethernet II, Src: 00:00:00:aa:00:01 (00:00:00:aa:00:01), Dst: IPv6mcast ff:aa:00:00 (33:33:ff:aa:00:00)
▶ Destination: IPv6mcast_ff:aa:00:00 (33:33:ff:aa:00:00)
▶ Source: 00:00:00:aa:00:01 (00:00:00:aa:00:01)
Type: IPv6 (0x86dd)
▶ Internet Protocol Version 6, Src: 2001::200:ff:feaa:1 (2001::200:ff:feaa:1), Dst: ff02::1:ffaa:0 (ff02::1:ffaa:0)
▼ Internet Control Message Protocol v6
Type: Neighbor Solicitation (135)
Code: 0
Checksum: 0x34f3 [correct]
Reserved: 00000000
Target Address: 2001::200:ff:feaa:0 (2001::200:ff:feaa:0)
▶ ICMPv6 Option (Source link-layer address : 00:00:00:aa:00:01)

Fig. 8. Información detallada del paquete 1 de la captura mostrada en la figura 7.

4.B. Neighbor Advertisement

- ¿Cuál es el tipo y el código del mensaje?

Es un mensaje del tipo Neighbor Advertisement con código 136.

- ¿Cuál es la MAC origen y la MAC destino?

– ¿Qué tipo de MAC es la MAC destino?

La dirección MAC origen es 00:00:00:aa:00:00 y la destino es 00:00:00:aa:00:01. Al igual que en el caso del Neighbor Solicitation, la MAC es de tipo multicast.

- ¿Cuál es la IP origen y la IP destino?
 - ¿Qué tipo de IP es la IP destino?

La dirección IPv6 origen es 2001::200:ff:feaa:0 y la IPv6 destino es la IP 2001::200:ff:feaa:1, ambas de tipo *Global*.

- ¿Qué datos puede destacar del mensaje ICMP?

Este mensaje se dispara automáticamente al recibir el mensaje anterior (neighbor solicitation) o se genera cuando se va a realizar un cambio en su dirección.

```

▶ Frame 2: 86 bytes on wire (688 bits), 86 bytes captured (688 bits) on interface 0
▼ Ethernet II, Src: 00:00:00_aa:00:00 (00:00:00:aa:00:00), Dst: 00:00:00_aa:00:01 (00:00:00:aa:00:01)
  ▶ Destination: 00:00:00_aa:00:01 (00:00:00:aa:00:01)
  ▶ Source: 00:00:00_aa:00:00 (00:00:00:aa:00:00)
  Type: IPv6 (0x86dd)
▶ Internet Protocol Version 6, Src: 2001::200:ff:feaa:0 (2001::200:ff:feaa:0), Dst: 2001::200:ff:feaa:1 (2001::200:ff:feaa:1)
▼ Internet Control Message Protocol v6
  Type: Neighbor Advertisement (136)
  Code: 0
  Checksum: 0xaff7 [correct]
  ▶ Flags: 0x60000000
  Target Address: 2001::200:ff:feaa:0 (2001::200:ff:feaa:0)
  ▶ ICMPv6 Option (Target link-layer address : 00:00:00:aa:00:00)

```

Fig. 9. Información detallada del paquete 2 de la captura mostrada en la figura ??.

Visualice la tabla de caché de NDP de PC-A utilizando las herramientas provistas por iproute2.

Podemos observar la tabla de caché de NDP de PC-A ejecutando el comando *ip neighbor show* como se ve en la figura (10).

```

root@PC-A:/tmp/pycore.40283/PC-A.conf# ip neighbor show
fe80::200:ff:feaa:0 dev eth0 lladdr 00:00:00:aa:00:00 DELAY
fe80::200:ff:feaa:2 dev eth0 lladdr 00:00:00:aa:00:02 router STALE
2001::200:ff:feaa:0 dev eth0 lladdr 00:00:00:aa:00:00 REACHABLE
root@PC-A:/tmp/pycore.40283/PC-A.conf# █

```

Fig. 10. Tabla de caché de NDP de PC-A.