Facultade de Informática
UNIVERSIDADE DA CORUÑA

TRABALLO FIN DE GRAO
GRAO EN ENXEÑARÍA INFORMÁTICA
MENCIÓN EN TECNOLOXÍAS DA INFORMACIÓN

Práctica 2: IPv6 en INET

Estudante 1: Óscar Olveira Miniño

Estudante 2: Alejandro Javier Herrero Arango

A Coruña, noviembre de 2024.

Índice general

Índice de figuras

Capítulo 1

IPv4

1.1 Ejercicio 1.1

1.1.1 Muestra una captura del tráfico de paquetes DHCP intercambiados entre el nodo host[0] y los servidores DHCP durante el proceso de obtención de su IP, obtenida en Wireshark (Nota: para que los tiempos mostrados en Wireshark coincidan con los tiempos de simulación, activa Visualización → Formato de visualización de fecha → Segundos desde 1970-01-01). Explica lo que ocurre y para qué sirve cada paquete. Para facilitar la captura, configura el startTime del cliente DHCP para que se inicie antes en host[0] que el resto de equipos

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1	0.000002	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	305	DHCP Discover - Transaction ID 0xc7f0aac
2	0.000010	192.168.0.10	255.255.255.255	DHCP	332	DHCP Offer - Transaction ID 0xc7f0aac
3	0.000013	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	317	DHCP Request - Transaction ID 0x17c4aa2f
4	0.000013	192.168.0.1	255.255.255.255	DHCP	332	DHCP Offer - Transaction ID 0xc7f0aac
5	0.000021	192.168.0.10	255.255.255.255	DHCP	332	DHCP ACK - Transaction ID 0x17c4aa2f
6	4.000005	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	305	DHCP Discover - Transaction ID 0x3716a675
7	4.000007	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	305	DHCP Discover - Transaction ID 0x5821ccc0
8	4.000010	192.168.0.10	255.255.255.255	DHCP	332	DHCP Offer - Transaction ID 0x3716a675
9	4.000013	192.168.0.1	255.255.255.255	DHCP	332	DHCP Offer - Transaction ID 0x3716a675
10	4.000016	192.168.0.10	255.255.255.255	DHCP	332	DHCP Offer - Transaction ID 0x5821ccc0
11	4.000019	192.168.0.1	255.255.255.255	DHCP	332	DHCP Offer - Transaction ID 0x5821ccc0
12	4.000021	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	317	DHCP Request - Transaction ID 0x1a4eb343
13	4.000024	192.168.0.10	255.255.255.255	DHCP	332	DHCP ACK - Transaction ID 0x1a4eb343
14	4.000027	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	317	DHCP Request - Transaction ID 0x5ba252fb
15	4.000030	192.168.0.10	255.255.255.255	DHCP	332	DHCP ACK - Transaction ID 0x5ba252fb
16	6.000000	0a:aa:00:00:00:02	Broadcast	ARP	64	Who has 192.168.0.10? Tell 192.168.0.11
17	6.000002	0a:aa:00:00:00:05	0a:aa:00:00:00:02	ARP	64	192.168.0.10 is at 0a:aa:00:00:00:05
18	6.000003	192.168.0.11	192.168.0.10	TCP	64	1025 → 80 [SYN] Seq=0 Win=7504 Len=0 MSS=536
19	6.000005	192.168.0.10	192.168.0.11	TCP	64	80 → 1025 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1 Win=7504 Len=0 MSS=536
20	6.000005	192.168.0.11	192.168.0.10	TCP	64	1025 → 80 [ACK] Seq=1 Ack=1 Win=7504 Len=0
21	6.000007	192.168.0.11	192.168.0.10	TCP	258	1025 → 80 [ACK] Seq=1 Ack=1 Win=7504 Len=200
22	6.000011	192.168.0.10	192.168.0.11	TCP	64	80 → 1025 [ACK] Seq=1 Ack=201 Win=7504 Len=0
23	6.000020	192.168.0.10	192.168.0.11	TCP	594	80 → 1025 [ACK] Seq=1 Ack=201 Win=7504 Len=536
24	6.000021	192.168.0.11	192.168.0.10	TCP	64	1025 → 80 [ACK] Seq=201 Ack=537 Win=7504 Len=0
25	6.000021	192.168.0.11	192.168.0.10	TCP	64	1025 → 80 [FIN, ACK] Seq=201 Ack=537 Win=7504 Len=0
26	6.000030	192.168.0.10	192.168.0.11	TCP	522	80 → 1025 [ACK] Seq=537 Ack=201 Win=7504 Len=464
27	6.000030	192.168.0.11	192.168.0.10	TCP	64	1025 → 80 [ACK] Seq=202 Ack=1001 Win=7504 Len=0
28	6.000030	192.168.0.10	192.168.0.11	TCP	64	80 → 1025 [ACK] Seq=1001 Ack=202 Win=7504 Len=0
29	6.000031	192.168.0.10	192.168.0.11	TCP	64	80 → 1025 [FIN, ACK] Seq=1001 Ack=202 Win=7504 Len=0
30	6.000032	192.168.0.11	192.168.0.10	TCP	64	1025 → 80 [ACK] Seq=202 Ack=1002 Win=7504 Len=0
31	10.000032	192.168.0.11	192.168.0.10	TCP	64	1026 → 80 [SYN] Seq=0 Win=7504 Len=0 MSS=536
32	10.000034	192.168.0.10	192.168.0.11	TCP	64	80 → 1026 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1 Win=7504 Len=0 MSS=536
33	10.000034	192.168.0.11	192.168.0.10	TCP	64	1026 → 80 [ACK] Seq=1 Ack=1 Win=7504 Len=0
34	10.000036	192.168.0.11	192.168.0.10	TCP	258	1026 → 80 [ACK] Seq=1 Ack=1 Win=7504 Len=200
35	10.000040	192.168.0.10	192.168.0.11	TCP	64	80 → 1026 [ACK] Seq=1 Ack=201 Win=7504 Len=0
36	10.000049	192.168.0.10	192.168.0.11	TCP	594	80 → 1026 [ACK] Seq=1 Ack=201 Win=7504 Len=536

Figura 1.1: Tráfico DHCP entre host[0] y los servidores

Como podemos observar, el host[0] empieza haciendo un DHCP Discover para descubrir un servidor DHCP disponible. A continuación, el servidor local es el primero en responder la solicitud con un paquete DHCP Offer con una dirección IP disponible. El cliente (host[0]), responde a su solicitud para confirmar la asignación ofrecida por el servidor local. El router también envía el paquete DHCP Offer, pero al enviarlo más tarde, el cliente lo ignora. Finalmente, el servidor local contesta con un ACK (estos procesos se repiten para todos los cliente, host[1] y host[2]).

Posteriormente, el cliente host[0] intenta hacer la conexión con el servidor local, para lo cual manda primero un broadcast ARP, para asi saber cual es la MAC de la máquina, con la IP que establece en la cabecera ARP. Después, el servidor contesta al broadcast ARP que mandó el cliente identificandose su mac, ya que la cabecera ARP incluye su IP.

Finalmente, la conexión sigue adelante con los mensajes de la capa Trasporte correspondientes para la comunicación, restableciendose cada 4 segundos esa conexion (esto ocurre ya que establecemos un idleInterval de 4 segundos).

Tipos de paquetes:

1. DHCP DISCOVER: Para ubicar servidores DHCP disponibles. El cliente (en este caso Host[0]) manda un paquete con IP destino la de broadcast global.

2. DHCP OFFER: Respuesta del servidor a un paquete DHCPDISCOVER. El servidor enviará un paquete donde la ip de origen será la del propio servidor (192.168.0.10) aldestino 255.255.255.255

3. DHCP REQUEST: Solicitud del cliente. Este paquete será la respuesta del cliente al anterior paquete. Esta comunicación sigue siendo broadcast ya que no tiene una dirección IP privada válida

1.2 Ejercicio 1.2

1.2.1 ¿Cuál de los servidores proporciona la IP a host[0]? ¿Sabe el otro servidor que host[0] no cogió la IP ofrecida por él? ¿Cómo? (Muestra el contenido de los paquetes relevantes en Wireshark.)

1.3 Ejercicio 1.3

1.3.1 ¿De qué tipo son los primeros paquetes que se intercambian a partir de t = 6 segundos? ¿Cuál es su objetivo?

Los primero paquetes que se intercambian en a partir de 6s son paquetes ARP. Este paquete lo empieza mandando el cliente en modo broadcast para saber a que MAC le corresponde la IP

que establece en la cabecera del paquete ARP. Posteriormente, el servidor local (el que tiene la IP de la cabecera ARP), responde enviando un paquete ARP de respuesta unicast al host con su dirección MAC. Sin este paso, no se podería establecer la conexión.

1.4 Ejercicio 1.4

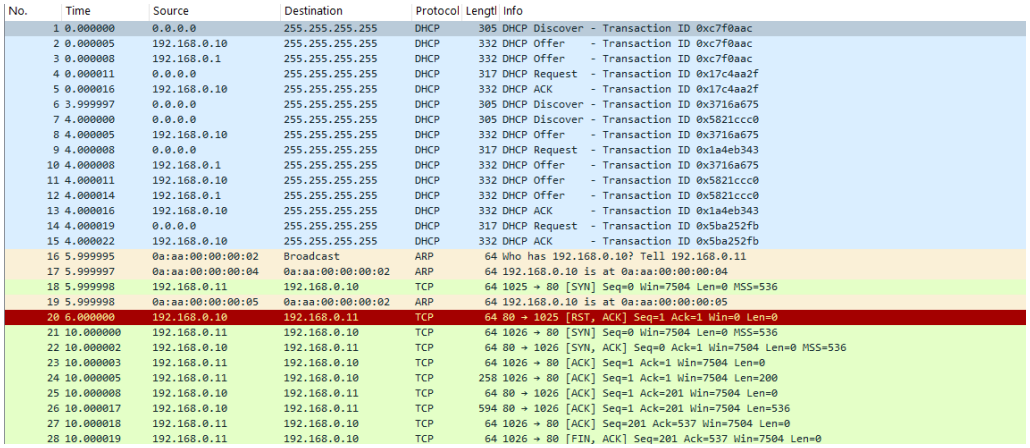
1.4.1 ¿Cuáles son las direcciones origen y destino de estos paquetes (solicitud y respuesta)? ¿Tienen IP origen o destino? ¿Por qué?

1.5 Ejercicio 1.5

1.5.1 Configura el servidor DHCP en serverlocal con numReservedAddresses = 10 y el cliente DHCP en host[2] para que arranque antes que los otros clientes DHCP. Esto hará que host[2] reciba la IP fija asignada a serverlocal (192.168.0.10). ¿Ocurre algún error cuando el host[2] recibe la IP de serverlocal? Configura el cliente TCP en host[0] para que se conecte a serverlocal y describe paso a paso qué ocurre durante el establecimiento de conexión TCP a partir de t = 6 segundos debido a esta duplicidad.

Configurando la red para que el host[2] reciba de primero la IP con un numReservedAddresses = 10, efectivamente recibe la IP estática del servidor local tal y como lo menciona en el enunciado y no ocurre ningún error aunque tengamos dos dispositivos con la misma IP. No obstante, aunque no ocurra ningún error, esto puede desencadenar problemas en la red ya que habería un confrito de IPs como por ejemplo problemas de rendimiento en la red (retrasos en el procesamiento de paquetería o aumento de tráfico ARP al no poder resolver la MAC del disposivo), pérdida de conexión, inconsistencias en las tablas ARP, etc.

Configurando el cliente TCP en el host[0], como se puede ver en la imagen 1.2, el host[0] manda un paquete ARP modo broadcast para averiguar la MAC del dispositivo con la ip 192.168.0.10. Le contesta primero el servidor local por lo que empieza la conexión en capa 4 pero poco después el host[2] contesta también al broadcast mandado por el host[0] ya que el tiene la misma IP asignada que el servidor local por lo que se interrumpe la conexión del host[0] con el servidor local mandando un RST,ACK. Pasados 4 segundos (ya que establecemos un idleInterval de 4 segundos), se vuelve establecer la conexión entre host[0] y el server local haciendose esta de manera exitosa ya que en la tabla ARP del host[0] se almacenó como dispositivo correspondiente a la IP 192.168.0.10, la MAC de servidor local ya que fue el primer dispositivo en responde al mandar paquetes ARP en modo broadcast



No.	Time	Source	Destination	Protocol	Lengtl	Info
1	0.000000	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	305	DHCP Discover - Transaction ID 0xc7f0aac
2	0.000005	192.168.0.10	255.255.255.255	DHCP	332	DHCP Offer - Transaction ID 0xc7f0aac
3	0.000008	192.168.0.1	255.255.255.255	DHCP	332	DHCP Offer - Transaction ID 0xc7f0aac
4	0.000011	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	317	DHCP Request - Transaction ID 0x17c4aa2f
5	0.000016	192.168.0.10	255.255.255.255	DHCP	332	DHCP ACK - Transaction ID 0x17c4aa2f
6	3.999997	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	305	DHCP Discover - Transaction ID 0x3716a675
7	4.000000	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	305	DHCP Discover - Transaction ID 0x5821ccc0
8	4.000005	192.168.0.10	255.255.255.255	DHCP	332	DHCP Offer - Transaction ID 0x3716a675
9	4.000008	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	317	DHCP Request - Transaction ID 0x1a4eb343
10	4.000008	192.168.0.1	255.255.255.255	DHCP	332	DHCP Offer - Transaction ID 0x3716a675
11	4.000011	192.168.0.10	255.255.255.255	DHCP	332	DHCP Offer - Transaction ID 0x5821ccc0
12	4.000014	192.168.0.1	255.255.255.255	DHCP	332	DHCP Offer - Transaction ID 0x5821ccc0
13	4.000016	192.168.0.10	255.255.255.255	DHCP	332	DHCP ACK - Transaction ID 0x1a4eb343
14	4.000019	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	317	DHCP Request - Transaction ID 0x5ba252fb
15	4.000022	192.168.0.10	255.255.255.255	DHCP	332	DHCP ACK - Transaction ID 0x5ba252fb
16	5.999995	0a:aa:00:00:00:02	Broadcast	ARP	64	Who has 192.168.0.10? Tell 192.168.0.11
17	5.999997	0a:aa:00:00:00:04	0a:aa:00:00:00:02	ARP	64	192.168.0.10 is at 0a:aa:00:00:00:04
18	5.999998	192.168.0.11	192.168.0.10	TCP	64	1025 → 80 [SYN] Seq=0 Win=7504 Len=0 MSS=536
19	5.999998	0a:aa:00:00:00:05	0a:aa:00:00:00:02	ARP	64	192.168.0.10 is at 0a:aa:00:00:00:05
20	6.000000	192.168.0.10	192.168.0.11	TCP	64	80 → 1025 [RST, ACK] Seq=1 Ack=1 Win=0 Len=0
21	10.000000	192.168.0.11	192.168.0.10	TCP	64	1026 → 80 [SYN] Seq=0 Win=7504 Len=0 MSS=536
22	10.000002	192.168.0.10	192.168.0.11	TCP	64	80 → 1026 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1 Win=7504 Len=0 MSS=536
23	10.000003	192.168.0.11	192.168.0.10	TCP	64	1026 → 80 [ACK] Seq=1 Ack=1 Win=7504 Len=0
24	10.000005	192.168.0.11	192.168.0.10	TCP	258	1026 → 80 [ACK] Seq=1 Ack=1 Win=7504 Len=200
25	10.000008	192.168.0.10	192.168.0.11	TCP	64	80 → 1026 [ACK] Seq=1 Ack=201 Win=7504 Len=0
26	10.000017	192.168.0.10	192.168.0.11	TCP	594	80 → 1026 [ACK] Seq=1 Ack=201 Win=7504 Len=536
27	10.000018	192.168.0.11	192.168.0.10	TCP	64	1026 → 80 [ACK] Seq=201 Ack=537 Win=7504 Len=0
28	10.000019	192.168.0.11	192.168.0.10	TCP	64	1026 → 80 [FIN, ACK] Seq=201 Ack=537 Win=7504 Len=0

Figura 1.2: Tráfico DHCP entre host[0] y los servidores cuando host[2] recibe la ip servidor local

Capítulo 2

IPv6

2.1 Ejercicio 2.1

2.1.1 Muestra una captura del escenario en el momento inicial de la simulación en la que se vean todas las direcciones MAC e IP. Utilizando la dirección IP de host[0] como ejemplo, explica cómo se construye, destacando los campos y bits relevantes. Utiliza para explicarlo la notación IPv6 no abreviada (16 bytes: xxxx:xxxx:xxxx:xxxx:xxxx:xxxx:xxxx:xxxx)

En el principio de la simulación, la direcciones que se muestran son direcciones unicast local de enlace. Estas son direcciones se generan automáticamente una vez que un dispositivo se conecta a una red. La estructura de este tipo de direccione empiezan por FE80:: y este tipo de direcciones no se enrutan.

La segunda parte de la dirección se forma a partir de la dirección MAC del dispositivo. Para esto, fijamos el séptimo bit a 1 e insertamos 0XFFFE entre las dos mitades de la dirección MAC del dispositivo.

Como ejemplo, vamos a ver la dirección unicast local de enlace que genera el dispositivo host[0]. Como vemos en la imagen 2.2, su dirección está formada como primera parte FE80:: y la segunda parte como 2E8A:21FF:FE7A:8B9C. Esa segunda parte, como se explicó antes, se forma a partir de su dirección MAC (2C-8A-21-7A-8B-9C). Como vemos, en los primeros 2 bytes de la dirección unicast local de enlace (2E8A), si lo comparamos con su dirección MAC, pasa a ser la segunda una E ya que tenemos que añadir un uno en el séptimo bit (la letra C hexadecimal, en binario es 1100, como su tercer bit corresponde al séptimo bit de la dirección unicast, pasa a ser 1 por lo que se convirte en E -> 1110). Llegados a este punto y al haber hecho el primer cambio, tenemos la siguinte estructura -> FE80::2E80:21

Como se explicó anteriormente, una vez hecho el primer cambio, ahora añadimos 0XFFFE y posteriormente los últimos 3 bytes de la dirección MAC, por lo que queda como dirección

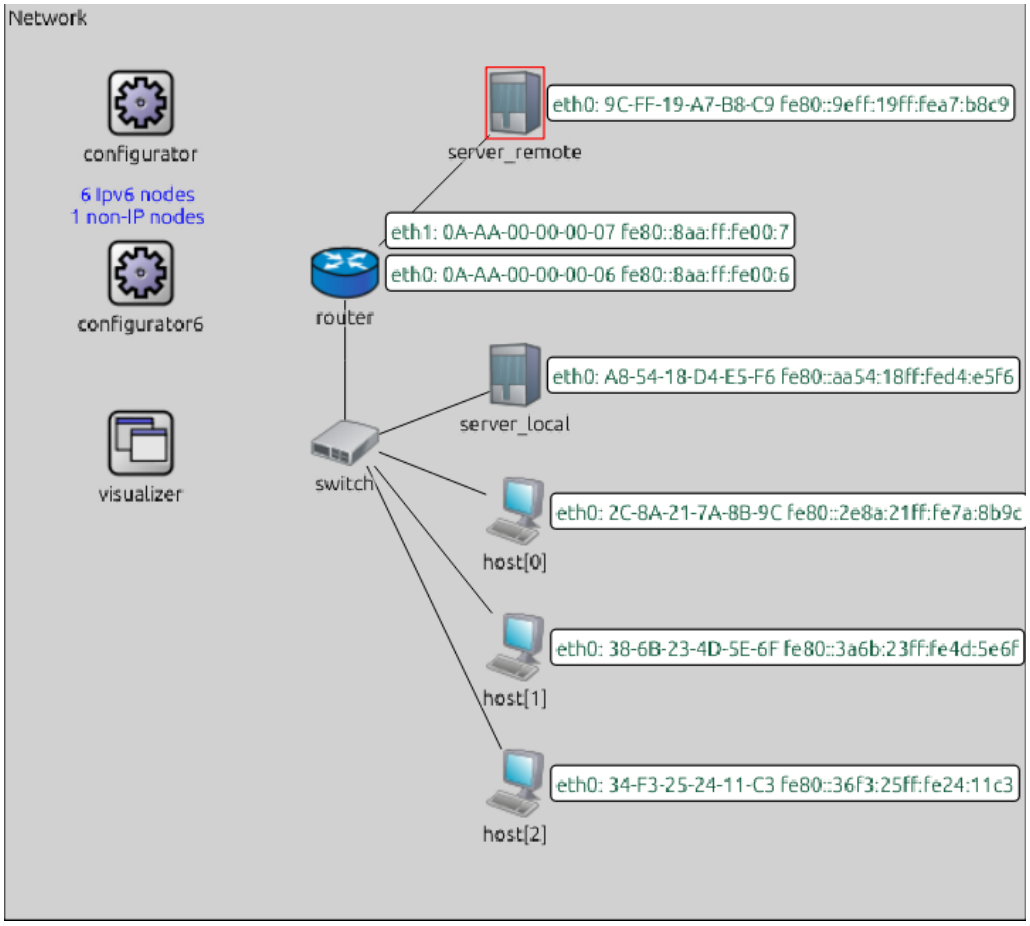


Figura 2.1: Escenario inicial dispositivos con IPv6

final unicast local de enlace FE80::2E8A:21FF:FE7A:8B9C

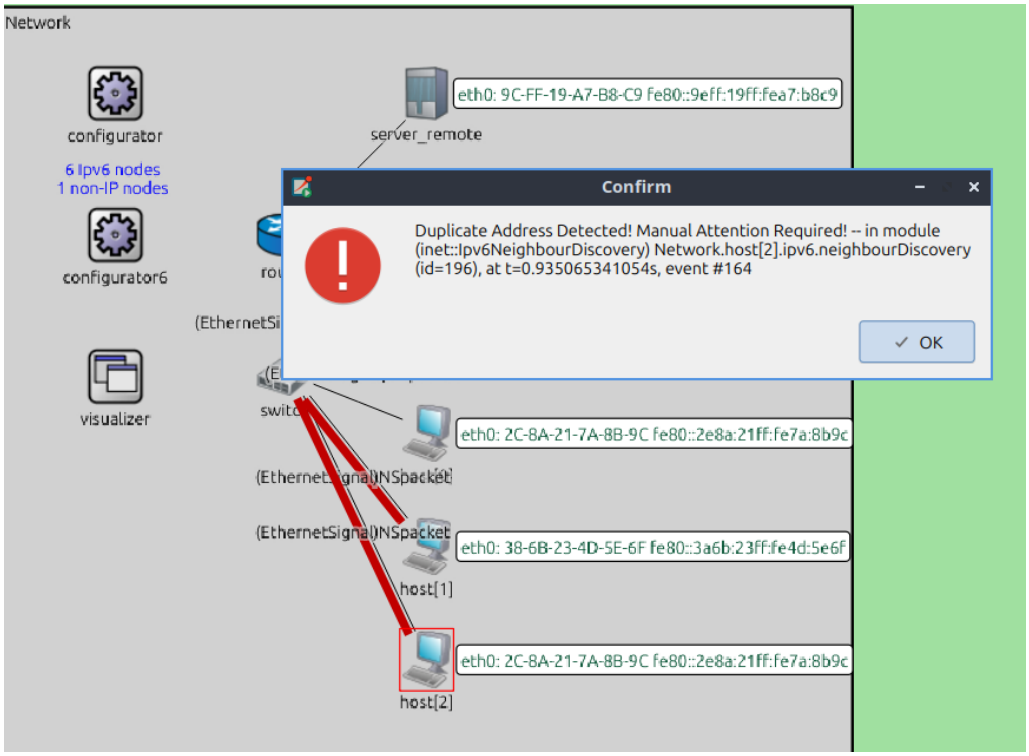


Figura 2.2: Fallo en la red con MAC host[2] igual a la de host[0]

2.2 Ejercicio 2.2

2.2.1 Asigna al host[2] la misma dirección MAC que al host[0] y arranca la simulación. ¿Qué error ocurre antes de que haya transcurrido el primer segundo de simulación? Muestra una captura del error que aparece. ¿Qué paquete (tipo, origen y destino) provoca el error? ¿Por qué?

2.3 Ejercicio 2.3

2.3.1 Cambia la MAC del host[2] de manera que coincida con la de host[0] en los últimos 3 bytes y difiera en los 3 primeros bytes (mantén esta MAC para el resto de las cuestiones). Asigna a serverremote la misma MAC que a host[0]. ¿Vuelve a ocurrir el error de dirección duplicada con serverremote y host[0]? ¿Por qué?

2.4 Ejercicio 2.4

2.4.1 ¿Cuánto tiempo transcurre desde el principio de la simulación hasta que el host[0] su IP link-local definitiva (i.e., fin de DAD)? Muestra la tabla de interfaces del nodo host[0] en la que se vea su estado antes y después del DAD timeout y explica qué cambia. (Nota: Qtenv muestra toda la información de cada interfaz en una línea; para verla correctamente copia el contenido con botón derecho → Copy Value y pégalo en la memoria como texto, en lugar de usar capturas de pantalla.)

2.5 Ejercicio 2.5

2.5.1 ¿En qué instante de la simulación obtienen los equipos sus direcciones IP globales? ¿Cómo obtienen esta última? Muestra la tabla de interfaces de nodo host[0] en la que se vea su estado antes y después de obtener la dirección global y explica qué cambia.

2.6 Ejercicio 2.6

2.6.1 Explica cómo se construye la IP global usando el nodo host[0] como ejemplo, de nuevo usando la notación IPv6 no abreviada

2.7 Ejercicio 2.7

2.7.1 Configura host[0] para que se conecte al servidor server remote usando su dirección fe80::x:x:x:x: (asegúrate de que la dirección MAC de server remote es única). ¿Qué ocurre? Repite lo mismo para server local. ¿Qué ocurre?