

1. Encaminamiento Multicast PIM-SM

Versión 1.0, abril 2022

Alumno (apellidos, nombre (DNI) : Juan José López Gómez

Alumno (apellidos, nombre (DNI) : Sergio Sánchez García

Fecha: 10/05/2022

Duración estimada de la práctica: 2 sesiones de 2h.

1.1. Entorno de trabajo

- Software de emulación de redes: GNS3 (Analizador de red: wireshark)
- Cisco IOS
- Linux virtualizado (DebianAlumno)

1.2. Objetivos

- Entender el funcionamiento del encaminamiento multicast mediante el protocolo PIM modo disperso.

1.3. Escenario de trabajo

Para la realización de los siguientes ejercicios se trabajará sobre un escenario prediseñado en GNS3. Descomprimir el escenario en el directorio GNS3/projects de la unidad Z. Se generará un directorio con los archivos del escenario. Abrirlo con GNS3 y se mostrará lo siguiente.

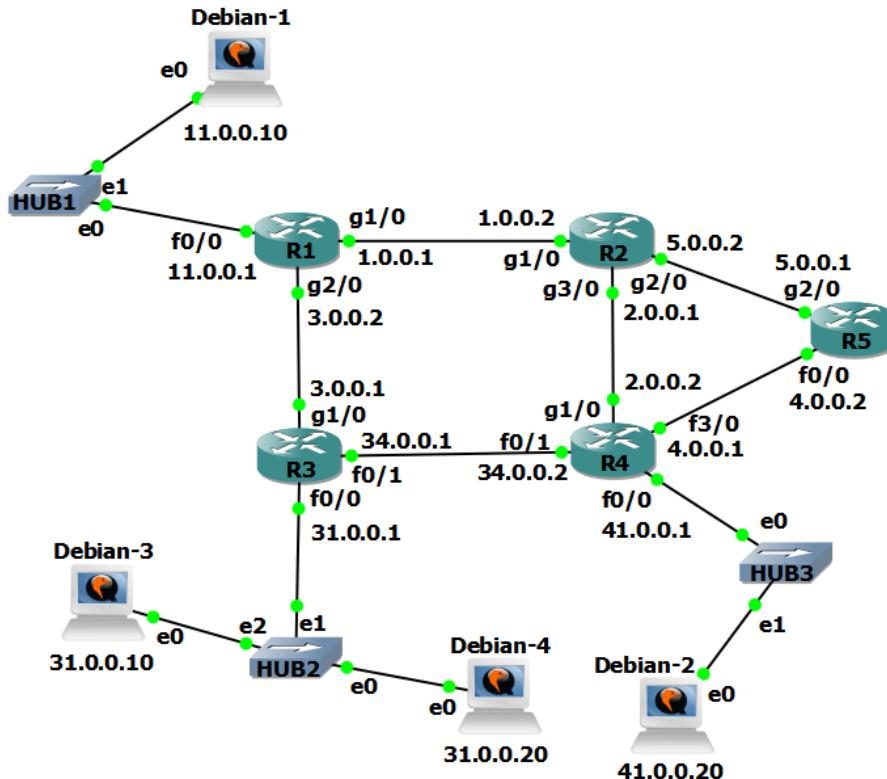


Figura 1: Escenario *multicast*

Todos los equipos están ya configurados incluidos los routers que tienen habilitado OSPF. Inicia todos los equipos. Sus tablas de rutas son las consultadas en la práctica de PIM-DM.

1.4. Iniciando PIM-SM

Para habilitar el encaminamiento multicast PIM-SM es necesario realizar los siguientes pasos:

1. Habilitar el encaminamiento multicast
2. Habilitar el modo disperso de PIM en cada interfaz
3. Definir al menos un router como router punto de encuentro (RP). Se puede indicar manualmente en cada router la IP del RP o bien hacer que automáticamente el RP se anuncie. Ya hemos visto en la práctica PIM-SM que todos los routers se suscriben automáticamente a la IP 224.0.1.40 para recibir estos anuncios.

Encaminamiento multicast	
ip multicast-routing	Habilita el encaminamiento multicast
ip pim sparse-mode	Activa PIM-SM en la interfaz seleccionada

ip pim rp-address <address> [group-list acl]	Definir la IP del router punto de encuentro (RP)
---	--

Para comenzar habilitaremos el encaminamiento PIM-SM en el router R1 y estableceremos manualmente la IP de RP a 5.0.0.1 (R5 por su interfaz g2/0). Arranca wireshark en todas las interfaces de R1 y habilita el encaminamiento multicast. Incluye las órdenes utilizadas.

Configuración de R1:

```
enable
config t
ip multicast-routing
interface fastethernet0/0
ip pim sparse-mode
exit
interface gigabitethernet1/0
ip pim sparse-mode
exit
interface gigabitethernet2/0
ip pim sparse-mode
exit
ip pim rp-address 5.0.0.1
exit
wr
```

Pasados unos minutos interrumpe y analiza las capturas realizadas. ¿Qué mensajes PIM se han generado? ¿A qué dirección IP se dirigen? ¿Cuál es su propósito? ¿Qué mensajes IGMP se han generado? ¿A qué dirección IP se dirigen? ¿Cuál es su propósito?

Los mensajes PIM (Protocol Independent Multicast) son utilizados en el protocolo PIM-DM, que es el que estamos utilizando en esta parte de la práctica. El modo denso se produce mediante inundación por todas las interfaces por donde halla vecinos descubiertos.

Para descubrir a los vecinos el protocolo PIM-DM manda un tipo específico de mensajes PIM con el tipo 0, es decir, mensajes Hello, mediante el cual se si se recibe un mensaje de este tipo mientras está el modo denso activado se añade automáticamente a la lista de interfaces de salida.

Estos mensajes se transmiten por un grupo multicast determinado 224.0.0.13 (que se dirige a todos los routers con PIM activado), con una TTL de 1, y que se reenvían cada 30 segundos.

37	83.260930	1.0.0.1	224.0.0.13	PIMv2	68 Hello
52	113.071587	1.0.0.1	224.0.0.13	PIMv2	68 Hello
> Frame 37: 68 bytes on wire (544 bits), 68 bytes captured (544 bits) on interface -, id 0					
> Ethernet II, Src: ca:02:32:80:00:1c (ca:02:32:80:00:1c), Dst: IPv4mcast_0d (01:00:5e:00:00:0d)					
> Internet Protocol Version 4, Src: 1.0.0.1, Dst: 224.0.0.13					
`- Protocol Independent Multicast					
0010 = Version: 2					
.... 0000 = Type: Hello (0)					
Reserved byte(s): 00					
Checksum: 0x5c62 [correct]					
[Checksum Status: Good]					
`- PIM Options: 4					
> Option 1: Hold Time: 105					
> Option 20: Generation ID: 1951862161					
> Option 19: DR Priority: 1					
> Option 21: State-Refresh: Version = 1, Interval = 0s					

En cuanto a los mensajes IGMP (Internet Group Management Protocol), que es el protocolo que se utiliza para la comunicación y asignación de grupos multicast. Se generan dos tipos de mensajes IGMP dependiendo de la interfaz ya que en las interfaces g1/0 y g2/0 no hay ningún vecino conocido, debido a que los demás routers no están configurados todavía.

En todas las interfaces se generan los mensajes IGMP Membership Query, general enviado a la dirección multicast 224.0.0.1 que se identifica con todos los sistemas de la subred independientemente de si son hosts o routers. Se utilizan para preguntar a los hosts si están suscritos a algún grupo multicast.

34	117.702621	11.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general
52	177.717062	11.0.0.1	224.0.0.1	IGMPv2	60 Membership Query, general
22	70.695270	11.0.0.1	224.0.1.40	IGMPv2	60 Membership Report group 224.0.1.40
36	122.701710	11.0.0.1	224.0.1.40	IGMPv2	60 Membership Report group 224.0.1.40
> Frame 22: 60 bytes on wire (480 bits), 60 bytes captured (480 bits) on interface -, id 0					
> Ethernet II, Src: ca:02:32:80:00:08 (ca:02:32:80:00:08), Dst: IPv4mcast_01:28 (01:00:5e:00:01:28)					
> Internet Protocol Version 4, Src: 11.0.0.1, Dst: 224.0.1.40					
`- Internet Group Management Protocol					
[IGMP Version: 2]					
Type: Membership Report (0x16)					
Max Resp Time: 0,0 sec (0x00)					
Checksum: 0x08d7 [correct]					
[Checksum Status: Good]					
Multicast Address: 224.0.1.40					

El otro mensaje IGMP que se genera se encuentra en la interfaz f0/0 ya que está debian-1 suscrito. Este mensaje es un Membership Report group, que se utiliza para informar a los routers que el host está suscrito a un determinado grupo multicast, hacia la dirección 224.0.1.40 que se relaciona con el RP Discovery de los PIM.

Consulta los vecinos PIM, las interfaces en las que está activo PIM, los suscriptores que existen en cada interfaz, la tabla de encaminamiento multicast y el router punto de encuentro. Incluye y comenta la información obtenida.

Con la orden `show ip pim neighbor` se muestran los vecinos que R1 ha aprendido a través del protocolo PIM-DM, en este caso no sale ninguno debido a que R1 es el único router que tiene activo el protocolo.

Con la orden `show ip pim interface` se muestran las interfaces de R1, en este caso, que tienen PIM activado. Se muestran siete columnas, de izquierda a derecha, la dirección IPv4 de la interfaz, seguido de la interfaz ya sea Gigabit o Fast, después la versión que está utilizando la interfaz (en este caso D de Denso), después un contador de vecinos en esa interfaz (todos a 0 por lo expuesto anteriormente), después el intervalo de query que son cada 30s se envía el Hello, y ya queda la prioridad y la dirección IP por la que se va a enviar

```
R1#show ip pim neighbor
PIM Neighbor Table
Mode: B - Bidir Capable, DR - Designated Router, N - Default DR Priority,
      S - State Refresh Capable
Neighbor          Interface            Uptime/Expires   Ver   DR
Address
R1#show ip pim interface
Address          Interface           Ver/     Nbr    Query   DR      DR
                  Mode      Count  Intvl  Prior
11.0.0.1         FastEthernet0/0    v2/S     0       30      1       11.0.0.1
1.0.0.1          GigabitEthernet1/0  v2/S     0       30      1       1.0.0.1
3.0.0.2          GigabitEthernet2/0  v2/S     0       30      1       3.0.0.2
```

Por último con `show ip igmp groups` se muestran los grupos a los que está suscrito R1, en este caso es solo 224.0.1.40 que es el que está asociado al protocolo PIM

Con la orden `show ip mroute` muestra la tabla de rutas multicast, en este caso como solo está activo R1 con el multicast simplemente la entrada (*, multicast de routers PIM) en la que todo el tráfico hacia ese grupo multicast entrante por la interfaz G1/0 va a ser enviado por la interfaz F0/0.

Por último, usamos la orden `show ip pim rp` que muestra el punto de encuentro designado al configurar el multicast en el router, que en este caso para el grupo 224.0.1.40 el punto de encuentro es la interfaz G2/0 de R5

```
R1#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface      Uptime   Expires   Last Reporter   Group Accounted
224.0.1.40        FastEthernet0/0 00:05:09 00:02:45  11.0.0.1
R1#show ip mroute
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
      L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
      T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,
      X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
      U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
      Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
      Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode
(*, 224.0.1.40), 00:05:17/00:02:37, RP 5.0.0.1, flags: SJCL
  Incoming Interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 1.0.0.2
  Outgoing Interface list:
    FastEthernet0/0, Forward/Sparse, 00:05:17/00:02:37

R1#show ip
*May  6 12:18:24.803: %MROUTE-3-NO_PIM_NBR: There is no PIM neighbor on this IDB: GigabitEthernet1/0 -Process= "PIM Process", ipl= 0, pid= 194
R1#show ip pim rp
Group: 224.0.1.40, RP: 5.0.0.1, uptime 00:04:11, expires never
R1#
```

1.5. Habilitar PIM-SM en todos los routers

A continuación, habilitaremos PIM-SM en el resto de routers, capturaremos el tráfico generado y analizaremos lo sucedido. Pasos:

1. Lanzar wireshark en todos los interfaces
2. Habilitar PIM-SM en el resto de routers (R2, R3, R4 y R5)
3. Pasado al menos un minuto parar las capturas de tráfico y guardarlas (filtradas por el tráfico que nos interesa)
4. Consultar y analizar la información relevante en cada router
5. Analizar las capturas de tráfico para explicar lo sucedido

Incluye las órdenes utilizadas para habilitar PIM-SM en todos los routers. Recuerda que el RP es R5 (5.0.0.1).

R2:

```
enable
config t
ip multicast-routing
interface GigabitEthernet1/0
ip pim sparse-mode
exit
interface GigabitEthernet2/0
ip pim sparse-mode
exit
interface GigabitEthernet3/0
ip pim sparse-mode
exit
ip pim rp-address 5.0.0.1
exit
wr
```

R3:

```
enable
config t
ip multicast-routing
interface GigabitEthernet1/0
ip pim sparse-mode
exit
interface fastethernet0/1
ip pim sparse-mode
```

```
exit  
interface fastethernet0/0  
ip pim sparse-mode  
exit  
ip pim rp-address 5.0.0.1  
exit  
wr
```

R4:

```
enable  
config t  
ip multicast-routing  
interface GigabitEthernet1/0  
ip pim sparse-mode  
exit  
interface fastethernet0/0  
ip pim sparse-mode  
exit  
interface FastEthernet0/1  
ip pim sparse-mode  
exit  
interface FastEthernet3/0  
ip pim sparse-mode  
exit  
ip pim rp-address 5.0.0.1  
exit  
wr
```

R5:

```

enable
config t
ip multicast-routing
interface GigabitEthernet2/0
ip pim sparse-mode
exit
interface FastEthernet0/0
ip pim sparse-mode
exit
ip pim rp-address 5.0.0.1
exit
wr

```

Comprueba que has realizado la configuración correctamente consultando en cada router los vecinos PIM, las interfaces en las que está activo PIM, los suscriptores por cada interfaz, la tabla de encaminamiento multicast y el router punto de encuentro.

Incluye y comenta la información obtenida.

R1:

Al mostrar los vecinos vemos como efectivamente están recogidos R2 y R3 como vecinos por las interfaces correspondientes, seguidamente al mostrar las interfaces activas con PIM se muestran las tres conectadas con sus IPs correspondientes y el modo en que están "S" a diferencia del otro informe que era "D" del modo denso.

```

R1#show ip pim neighbor
PIM Neighbor Table
Mode: B - Bidir Capable, DR - Designated Router, N - Default DR Priority,
      S - State Refresh Capable
Neighbor          Interface      |     Uptime/Expires   Ver   DR
Address                               Prio/Mode
1.0.0.2        GigabitEthernet1/0    00:07:22/00:01:16 v2    1 / DR S
3.0.0.1        GigabitEthernet2/0    00:06:00/00:01:39 v2    1 / S
R1#show ip pim interface
Address          Interface      Ver/  Nbr  Query  DR      DR
                  Mode   Count  Intvl Prior
11.0.0.1        FastEthernet0/0  v2/S  0      30    1      11.0.0.1
1.0.0.1         GigabitEthernet1/0 v2/S  1      30    1      1.0.0.2
3.0.0.2         GigabitEthernet2/0 v2/S  1      30    1      3.0.0.2

```

Después mostramos los grupos por cada interfaz y el único que sale es el de PIM (224.0.1.40). Al consultar las rutas obtenemos la misma entrada pero han cambiado las interfaces de salida. Al mostrar el RP se ve la misma información que sin haber activado cualquier otro router.

```
R1#show ip igmp groups
[IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface          Uptime   Expires   Last Reporter   Group Accounted
224.0.1.40        GigabitEthernet2/0    00:06:12  00:02:43  3.0.0.1
224.0.1.40        GigabitEthernet1/0    00:07:35  00:02:41  1.0.0.2
224.0.1.40        FastEthernet0/0     00:24:13  00:02:37  11.0.0.1
R1#show ip mroute
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,
X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode
(*, 224.0.1.40), 00:24:17/00:02:39, RP 5.0.0.1, flags: SJCL
  Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 1.0.0.2
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet2/0, Forward/Sparse, 00:06:16/00:02:39
    FastEthernet0/0, Forward/Sparse, 00:24:17/00:02:33
R1#show ip pim rp
Group: 224.0.1.40, RP: 5.0.0.1, uptime 00:23:13, expires never
```

R2:

```
R2#show ip pim neighbor
PIM Neighbor Table
Mode: B - Bidir Capable, DR - Designated Router, N - Default DR Priority,
      S - State Refresh Capable
Neighbor          Interface          Uptime/Expires   Ver   DR
Address
1.0.0.1           GigabitEthernet1/0    00:08:36/00:01:30 v2   1 / S
5.0.0.1           GigabitEthernet2/0    00:04:54/00:01:44 v2   1 / S
2.0.0.2           GigabitEthernet3/0    00:06:25/00:01:43 v2   1 / DR S
R2#show ip pim interface
Address          Interface          Ver/   Nbr   Query   DR     DR
                  Mode    Count  Intvl  Prior
1.0.0.2           GigabitEthernet1/0  v2/S   1      30     1      1.0.0.2
5.0.0.2           GigabitEthernet2/0  v2/S   1      30     1      5.0.0.2
2.0.0.1           GigabitEthernet3/0  v2/S   1      30     1      2.0.0.2
```

```
R2#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface          Uptime    Expires   Last Reporter  Group Accounted
224.0.1.40        GigabitEthernet2/0  00:05:13  00:02:48  5.0.0.1
224.0.1.40        GigabitEthernet3/0  00:06:44  00:02:53  2.0.0.2
224.0.1.40        GigabitEthernet1/0  00:09:24  00:02:46  1.0.0.2
R2#show ip mroute
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
       L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
       T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,
       X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
       U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
       Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
       Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode
(*, 224.0.1.40), 00:09:32/00:03:25, RP 5.0.0.1, flags: SJCL
  Incoming interface: GigabitEthernet2/0, RPF nbr 5.0.0.1
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet3/0, Forward/Sparse, 00:05:58/00:03:25
    GigabitEthernet1/0, Forward/Sparse, 00:09:32/00:03:05

R2#show ip pim rp
Group: 224.0.1.40, RP: 5.0.0.1, uptime 00:09:26, expires never
R2#
```

R3:

```
R3#show ip pim neighbor
PIM Neighbor Table
Mode: B - Bidir Capable, DR - Designated Router, N - Default DR Priority,
      S - State Refresh Capable
Neighbor          Interface          Uptime/Expires   Ver  DR
Address
3.0.0.2           GigabitEthernet1/0  00:09:24/00:01:41 v2   1 / DR S
34.0.0.2          FastEthernet0/1    00:07:37/00:01:29 v2   1 / DR S
R3#show ip pim interface
Address          Interface          Ver/     Nbr     Query   DR      DR
                  Mode      Count   Intvl   Prior
3.0.0.1           GigabitEthernet1/0  v2/S     1       30      1       3.0.0.2
34.0.0.1          FastEthernet0/1   v2/S     1       30      1       34.0.0.2
31.0.0.1          FastEthernet0/0   v2/S     0       30      1       31.0.0.1

R3#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface          Uptime    Expires   Last Reporter  Group Accounted
224.0.1.40        GigabitEthernet1/0  00:09:50  00:01:56  3.0.0.1
R3#show ip mroute
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
       L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
       T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,
       X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
       U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
       Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
       Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode
(*, 224.0.1.40), 00:09:54/00:02:57, RP 5.0.0.1, flags: SJPL
  Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 3.0.0.2
  Outgoing interface list: Null

R3#show ip pim rp
Group: 224.0.1.40, RP: 5.0.0.1, uptime 00:09:23, expires never
R3#
```

R4:

```
R4#show ip pim neighbor
PIM Neighbor Table
Mode: B - Bidir Capable, DR - Designated Router, N - Default DR Priority,
      S - State Refresh Capable
Neighbor          Interface          Uptime/Expires   Ver  DR
Address
2.0.0.1          GigabitEthernet1/0  00:09:26/00:01:42 v2   1 / S
34.0.0.1          FastEthernet0/1    00:08:57/00:01:38 v2   1 / S
4.0.0.2          FastEthernet3/0    00:07:42/00:01:25 v2   1 / DR S
R4#show ip pim interface
Address          Interface          Ver/     Nbr   Query   DR     DR
                  Mode     Count  Intvl  Prior
2.0.0.2          GigabitEthernet1/0  v2/S    1       30     1     2.0.0.2
41.0.0.1         FastEthernet0/0   v2/S    0       30     1     41.0.0.1
34.0.0.2         FastEthernet0/1   v2/S    1       30     1     34.0.0.2
4.0.0.1          FastEthernet3/0   v2/S    1       30     1     4.0.0.2
R4#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address    Interface          Uptime   Expires   Last Reporter   Group Accounted
224.0.1.40       GigabitEthernet1/0  00:09:39  00:02:51  2.0.0.2
R4#show ip mroute
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
      L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
      T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,
      X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
      U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
      Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
      Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode

(*, 224.0.1.40), 00:09:44/00:02:46, RP 5.0.0.1, flags: SJPC
  Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 2.0.0.1
  Outgoing interface list: Null

R4#show ip pim rp
Group: 224.0.1.40, RP: 5.0.0.1, uptime 00:08:59, expires never
R4#
```

R5:

```
R5#show ip pim neighbor
PIM Neighbor Table
Mode: B - Bidir Capable, DR - Designated Router, N - Default DR Priority,
      S - State Refresh Capable
Neighbor          Interface          Uptime/Expires   Ver  DR
Address
5.0.0.2          GigabitEthernet2/0    00:08:26/00:01:40 v2   1 / DR S
4.0.0.1          FastEthernet0/0     00:08:42/00:01:24 v2   1 / S
R5#show ip pim interface
Address          Interface          Ver/      Nbr      Query   DR      DR
                  Mode      Count    Intvl   Prior
5.0.0.1          GigabitEthernet2/0    v2/S     1        30      1      5.0.0.2
4.0.0.2          FastEthernet0/0     v2/S     1        30      1      4.0.0.2
R5#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address    Interface          Uptime   Expires   Last Reporter   Group Accounted
224.0.1.40       GigabitEthernet2/0    00:09:07  00:01:57  5.0.0.1
R5#show ip mroute
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
      L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
      T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,
      X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
      U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
      Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
      Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode
(*, 224.0.1.40), 00:09:12/00:02:55, RP 5.0.0.1, flags: SJCL
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet2/0, Forward/Sparse, 00:09:12/00:02:34
R5#show ip pim rp
Group: 224.0.1.40, RP: 5.0.0.1, next RP-reachable in 00:00:04
R5#
```

La información que muestran los comandos en los demás routers es la misma que la de R1 pero con los datos de cada uno de los routers por lo que no se va a entrar más en detalle sobre ellos.

A excepción de al mostrar el RP en R5 (el router designado), muestra el siguiente mensaje “next RP-reachable” in ... Esto es porque R5 tiene que mandar periódicamente estos mensajes para que los demás routers con el modo disperso activo sepan que todavía está activo el punto de encuentro.

8 11.517651	5.0.0.1	224.0.0.2	PIMv1	60 RP-Reachable
>	Frame 8: 60 bytes on wire (480 bits), 60 bytes captured (480 bits) on interface -, id 0			
>	Ethernet II, Src: ca:03:31:48:00:1c (ca:03:31:48:00:1c), Dst: IPv4mcast_02 (01:00:5e:00:00:02)			
>	Internet Protocol Version 4, Src: 5.0.0.1, Dst: 224.0.0.2			
▼	Protocol Independent Multicast			
	Type: PIM (0x14)			
	Code: RP-Reachable (4)			
	Checksum: 0xf4c3 [correct]			
	[Checksum Status: Good]			
	0001 = Version: 1			
	Reserved byte(s): 000000			
>	PIM Options			
	Reserved byte(s): 0000			

Con la ayuda de las capturas de tráfico comenta lo más relevante de lo sucedido durante la activación.

En primer lugar, observamos mensajes de tipo JOIN uniéndose al grupo 224.0.1.40.

Como estamos en modo disperso, se supone que inicialmente nadie está interesado en recibir mensajes de ningún grupo, por lo que son necesarios estos mensajes para indicar que un router quiere recibir mensajes dirigidos a ese grupo en concreto. Recordemos que PIM-SM se apoya en el modo denso para el descubrimiento automático del RP. Como vemos en la siguiente captura, aparece este mensaje de JOIN que este caso envía R2 hacia la dirección del router de punto de encuentro:

168.345.458988	5.0.0.2	224.0.0.13	PIMv2	68 Join/Prune
182.370.799510	5.0.0.2	224.0.0.13	PIMv2	68 Join/Prune

```
> Frame 168: 68 bytes on wire (544 bits), 68 bytes captured (544 bits) on interface -, id 0
> Ethernet II, Src: ca:03:31:48:00:38 (ca:03:31:48:00:38), Dst: IPv4mcast_0d (01:00:5e:00:00:0d)
> Internet Protocol Version 4, Src: 5.0.0.2, Dst: 224.0.0.13
▼ Protocol Independent Multicast
  0010 .... = Version: 2
  .... 0011 = Type: Join/Prune (3)
  Reserved byte(s): 00
  Checksum: 0xe6c0 [correct]
  [Checksum Status: Good]
  ▼ PIM Options
    > Upstream-neighbor: 5.0.0.1
    Reserved byte(s): 00
    Num Groups: 1
    Holdtime: 210
    ▼ Group 0
      > Group 0: 224.0.1.40/32
      > Num Joins: 1
      Num Prunes: 0
```

Se van generando los distintos JOINs para ir creando el árbol de expansión.

1.6. Envío sin suscriptores

En este apartado se trata de observar el comportamiento del protocolo cuando sólo existe un emisor y no hay suscriptores. Para ello, generaremos tráfico multicast desde el equipo Debian-1 con la ayuda de la orden *mcsender* de la siguiente forma:

```
sender1 -t15 -i eth0 239.192.0.1:5004
```

Con esta orden se genera tráfico multicast cada 5 segundos dirigido al grupo multicast 239.192.0.1 con un ttl de 15 y el puerto 5004 (en UDP puesto que las aplicaciones multicast solo funcionan en este protocolo de transporte).

Trata de razonar entre qué equipos se producirá tráfico relevante para analizar lo sucedido y arranca wireshark en ellos. Si no estás seguro, arranca wireshark en todos.

Habrá tráfico multicast UDP entre Debian-1 y R1 y tráfico PIM correspondiente a los Register y Register-Stop siguiendo la ruta que marque R1 para alcanzar a su router punto de encuentro (R5). Observando las tablas de rutas unicast, vemos que este tráfico se producirá en los enlaces R1-R2 y R2-R5, por lo que capturaremos por estos enlaces junto con HUB1-R1.

¹ sender es una implementación propia puesto que las nuevas versiones de paquete smcrouter no implementan el comando mcsender.

Explica lo que sucede analizando el tráfico y comprobando las tablas de rutas multicast en todos los routers. Puedes ayudarte activando los mensajes de depuración de igmp y pim en el router R1 (el router al que está conectado la fuente). ¿Hasta dónde llegan los datagramas emitidos? ¿Quién los recibe?

Como hemos dicho anteriormente entre Debian-1 y R1 se genera un tráfico de mensajes UDP que podemos ver en la captura siguiente:

16	50.652783	11.0.0.10	239.192.0.1	UDP	60	35250 → 5004	Len=12
19	55.669060	11.0.0.10	239.192.0.1	UDP	60	35250 → 5004	Len=12
21	60.673137	11.0.0.10	239.192.0.1	UDP	60	35250 → 5004	Len=12
23	65.675094	11.0.0.10	239.192.0.1	UDP	60	35250 → 5004	Len=12
25	70.678617	11.0.0.10	239.192.0.1	UDP	60	35250 → 5004	Len=12

> Frame 16: 60 bytes on wire (480 bits), 60 bytes captured (480 bits) on interface -, id 0
 > Ethernet II, Src: 0c:9a:61:1e:0a:00 (0c:9a:61:1e:0a:00), Dst: IPv4mcast_40:00:01 (01:00:5e:40:00:01)
 > Internet Protocol Version 4, Src: 11.0.0.10, Dst: 239.192.0.1
 ✓ User Datagram Protocol, Src Port: 35250, Dst Port: 5004
 Source Port: 35250
 Destination Port: 5004
 Length: 20
 Checksum: 0x988f [unverified]
 [Checksum Status: Unverified]
 [Stream index: 0]
 > [Timestamps]
 UDP payload (12 bytes)
 ✓ Data (12 bytes)
 Data: 486f6c61204d756e646f2031
 [Length: 12]

R1 recibe este tráfico por lo que apunta este tráfico en la tabla de rutas multicast, asignando como entrada la interfaz f0/0 y envía el mensaje del protocolo PIM Register por la interfaz por la que alcanza el router de encuentro que en este caso es G1/0. Cuando R2 lo reciba, lo anotará en sus tablas y envía la contestación al register que es Register-Stop hacia R1.

Todo esto lo podemos observar en la siguiente captura:

30	45.687374	11.0.0.10	239.192.0.1	PIMv2	82	Register
31	45.718998	1.0.0.2	224.0.0.13	PIMv2	68	Hello
32	45.729080	5.0.0.1	1.0.0.1	PIMv2	52	Register-stop

> Frame 30: 82 bytes on wire (656 bits), 82 bytes captured (656 bits) on interface -, id 0
 > Ethernet II, Src: ca:02:32:80:00:1c (ca:02:32:80:00:1c), Dst: ca:03:31:48:00:1c (ca:03:31:48:00:1c)
 > Internet Protocol Version 4, Src: 1.0.0.1, Dst: 5.0.0.1
 ✓ Protocol Independent Multicast
 0010 = Version: 2
 0001 = Type: Register (1)
 Reserved byte(s): 00
 ✓ Checksum: 0xd9f0 incorrect, should be 0xdeff
 > [Expert Info (Error/Checksum): Bad checksum [should be 0xdeff]]
 [Checksum Status: Bad]
 > PIM Options
 > Internet Protocol Version 4, Src: 11.0.0.10, Dst: 239.192.0.1
 > User Datagram Protocol, Src Port: 35250, Dst Port: 5004
 > Data (12 bytes)

En envío de este mensaje Register va dirigido a 5.0.0.1 (la interfaz designada como RP de R5) y se envía desde Debian-1 (1.0.0.1) pero esto se debe a que el mensaje Register tiene encapsulado el mensaje del protocolo UDP multicast como podemos observar en la captura, pero solo el primero que se envía.

Los demás mensajes de Register no encapsulan ningún otro tipo de mensaje por ello, si los observamos mediante Wireshark nos podemos dar cuenta que están detectados y marcados como paquetes malformados como podemos observar en la siguiente imagen:

67 107.496825	1.0.0.1	5.0.0.1	PIMv2	60	Register
68 107.526821	5.0.0.1	1.0.0.1	PIMv2	52	Register-stop
> Frame 67: 60 bytes on wire (480 bits), 60 bytes captured (480 bits) on interface -, id 0					
> Ethernet II, Src: ca:02:32:80:00:1c (ca:02:32:80:00:1c), Dst: ca:03:31:48:00:1c (ca:03:31:					
` Internet Protocol Version 4, Src: 1.0.0.1, Dst: 5.0.0.1					
0100 = Version: 4					
.... 0101 = Header Length: 20 bytes (5)					
> Differentiated Services Field: 0xc0 (DSCP: CS6, ECN: Not-ECT)					
Total Length: 28					
Identification: 0x04cd (1229)					
> Flags: 0x00					
Fragment Offset: 0					
Time to Live: 255					
Protocol: PIM (103)					
Header Checksum: 0xafec [validation disabled]					
[Header checksum status: Unverified]					
Source Address: 1.0.0.1					
Destination Address: 5.0.0.1					
> Protocol Independent Multicast					
> [Malformed Packet: PIM]					

A continuación vamos a observar las tablas de rutas multicast de cada uno de los routers:

R1:

```
R1#show ip mroute
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
       L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
       T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,
       X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
       U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
       Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
       Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode

(*, 239.192.0.1), 00:02:17/stopped, RP 5.0.0.1, flags: SPF
  Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 1.0.0.2
  Outgoing interface list: Null

(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:02:17/00:02:53, flags: PFT
  Incoming interface: FastEthernet0/0, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list: Null

(*, 224.0.1.40), 00:40:37/00:02:18, RP 5.0.0.1, flags: SJCL
  Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 1.0.0.2
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet2/0, Forward/Sparse, 00:22:37/00:02:10
    FastEthernet0/0, Forward/Sparse, 00:40:37/00:02:14
```

R1#

R2:

```
R2#show ip mroute
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
       L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
       T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,
       X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
       U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
       Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
       Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner
[] Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode

(*, 224.0.1.40), 00:24:28/00:02:49, RP 5.0.0.1, flags: SJCL
  Incoming interface: GigabitEthernet2/0, RPF nbr 5.0.0.1
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet3/0, Forward/Sparse, 00:20:55/00:03:13
    GigabitEthernet1/0, Forward/Sparse, 00:24:28/00:02:55

R2#
```

R3:

```
R3#show ip mroute
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
       L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
       T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,
       X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
       U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
       Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
       Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner
[] Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode

(*, 224.0.1.40), 00:23:43/00:02:11, RP 5.0.0.1, flags: SJPL
  Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 3.0.0.2
  Outgoing interface list: Null

R3#
```

R4:

```
R4#show ip mroute
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
       L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
       T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,
       X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
       U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
       Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
       Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode

(*, 224.0.1.40), 00:22:12/00:02:25, RP 5.0.0.1, flags: SJPC
  Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 2.0.0.1
  Outgoing interface list: Null

R4#
```

R5:

```
R5#show ip mroute
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
       L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
       T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,
       X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
       U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
       Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
       Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode

(*, 239.192.0.1), 00:02:58/stopped, RP 5.0.0.1, flags: SP
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list: Null

(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:02:58/00:02:01, flags: P
  Incoming interface: GigabitEthernet2/0, RPF nbr 5.0.0.2
  Outgoing interface list: Null

(*, 224.0.1.40), 00:20:29/00:03:05, RP 5.0.0.1, flags: SJCL
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet2/0, Forward/Sparse, 00:20:29/00:03:05

R5#
```

Al analizar las tablas nos damos cuenta que las únicas que han adquirido alguna entrada son las de R1 y R5, esto se debe a que R1 es el receptor primero de los mensajes de la fuente y R5 es el punto de encuentro designado para todos los demás routers.

Se han añadido dos entradas ambas para el grupo multicast 239.192.0.1, la primera tiene como origen cualquier subred por eso está el *, en ella se observa que está parada porque ya habíamos detenido la emisión al momento de sacar la captura.

En R1 observamos que para esta entrada la interfaz de llegada es la G1/0, que es por la que se alcanza al RP lo que podemos determinar que esta entrada es la utilizada para recibir los mensajes de vuelta de este grupo multicast desde el RP.

En R5, la misma entrada con los mismos datos a excepción de la interfaz de llegada es nula.

Para la siguiente entrada de (11.0.0.10, 239.192.0.1) en R1 tiene como interfaz de entrada f0/0 que es por la que se llega a la fuente del envío de los mensajes multicast, y en R5 la interfaz G2/0 con el mismo razonamiento. Esto se asigna mediante el registro del mensaje Register.

Sin interrumpir las capturas de tráfico, finaliza la emisión y analiza lo que sucede. ¿Cuánto tiempo permanece la entrada en la tabla de rutas? ¿Dónde lo podemos consultar?

Cuando Debian-1 finaliza la emisión, deja de producirse tráfico multicast hacia R1 y tras esperar un tiempo (timeout), que se va mostrando en la entrada de las rutas multicast, la entrada se eliminará porque no hay suscriptores.

```
(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:02:58/00:02:01, flags: P
  Incoming interface: GigabitEthernet2/0, RPF nbr 5.0.0.2
  Outgoing interface list: Null
```

El tiempo que dura la entrada después de cortar la emisión es el valor que está después de la tupla (11.0.0.10, 239.192.0.1) y después del tiempo que lleva activa la fuente en total 2:58 en este caso, por lo que el tiempo que queda para que se genere un timeout y se borre la entrada es 2:01, al pasar ese tiempo se borra la entrada si no se ha recibido un mensaje de Register para refrescar el contador.

1.7. Suscripción sin fuente

Una vez parada la emisión y caducadas las entradas en la tabla de rutas observaremos el proceso de suscripción con la ausencia de fuente. Para ello, con la ayuda de la orden mfirst, ejecutaremos una aplicación multicast que se suscribirá a un determinado grupo multicast. Ejecutaremos en Debian-2 la orden:

```
mfirst -4 -I eth0 -t600 239.192.0.1 5004
```

Esta orden lanza una aplicación UDP en el puerto 5004 que se suscribe a la IP multicast 239.192.0.1 por su interfaz eth0 en IPv4 durante 600 s.

Igual que en el punto anterior analiza lo que sucede capturando tráfico en los enlaces implicados o en todos, comprobando las tablas de rutas multicast y los subscriptores en todos los routers. También se puede activar el modo depuración de los protocolos PIM e IGMP. Activaremos el modo depuración en R4 que es el router al que está conectado el suscriptor.

Trata de razonar entre qué equipos se producirá tráfico relevante para analizar lo sucedido y arranca wireshark en ellos. Si no estás seguro arranca wireshark en todos.

Capturas de la tabla de rutas de los routers antes de la ejecución de mfirst:

The screenshot shows a terminal window titled 'R1' with several tabs at the top: 'Archivo', 'Editar', 'Ver', 'Terminal', 'Pestañas', 'Ayuda', 'Debian-2', 'R1', 'R2', 'R3', 'R4'. The 'R1' tab is active. The terminal window displays the following output:

```
R1#show ip mroute
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
       L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
       T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,
       X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
       U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
       Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
       Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode

(*, 224.0.1.40), 00:01:25/00:02:39, RP 5.0.0.1, flags: SJCL
  Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 1.0.0.2
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet2/0, Forward/Sparse, 00:00:30/00:03:03
    FastEthernet0/0, Forward/Sparse, 00:01:25/00:02:36
```

R2

Archivo Editar Ver Terminal Pestañas Ayuda

Debian-2 R1 R2 R3 R4

```
R2#show ip mroute
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
       L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
       T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,
       X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
       U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
       Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
       Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode

(*, 224.0.1.40), 00:01:32/00:02:33, RP 5.0.0.1, flags: SJCL
  Incoming interface: GigabitEthernet2/0, RPF nbr 5.0.0.1
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet3/0, Forward/Sparse, 00:00:45/00:02:57
    GigabitEthernet1/0, Forward/Sparse, 00:01:32/00:02:58
```

R3

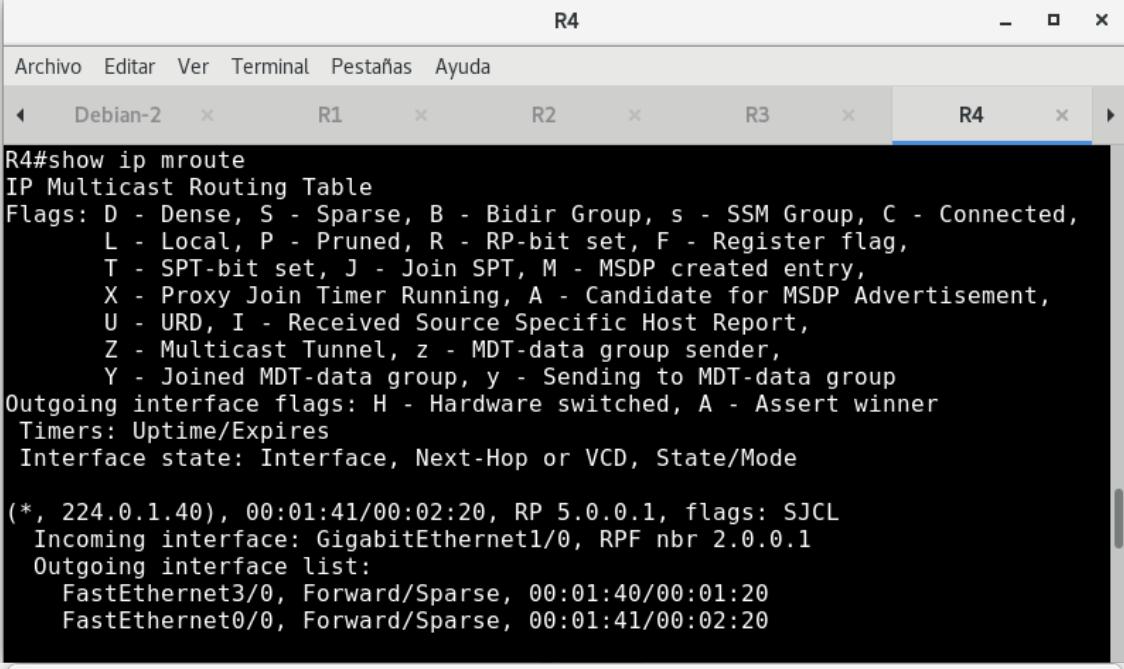
Archivo Editar Ver Terminal Pestañas Ayuda

Debian-2 R1 R2 R3 R4

```
R3#show ip mroute
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
       L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
       T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,
       X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
       U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
       Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
       Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode

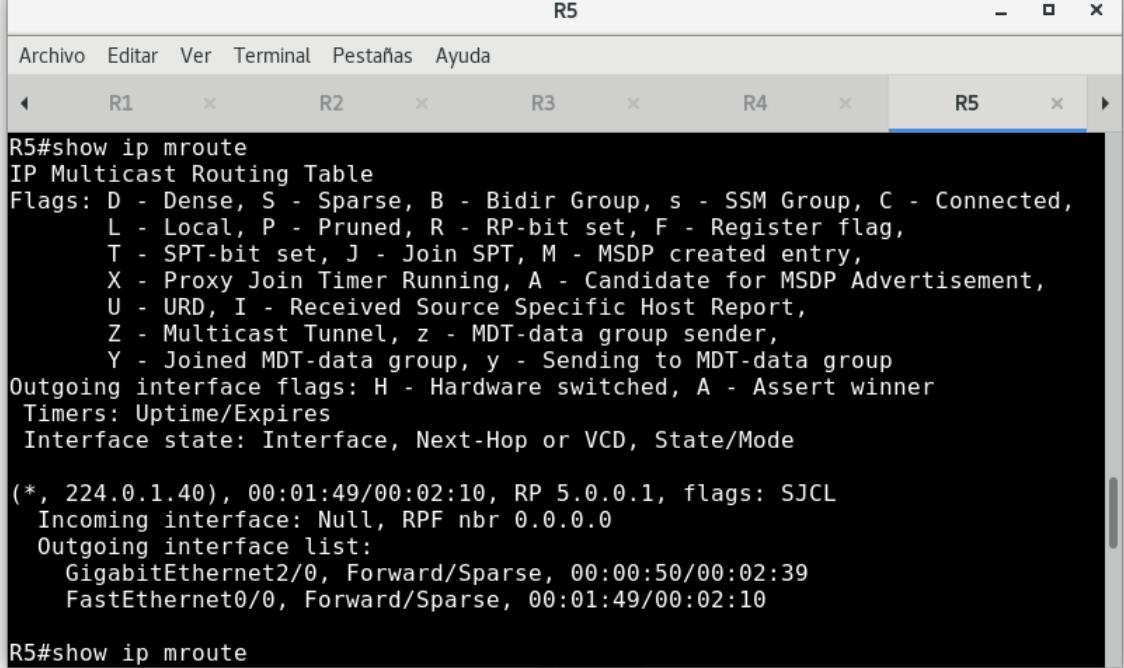
(*, 224.0.1.40), 00:01:37/00:02:26, RP 5.0.0.1, flags: SJCL
  Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 3.0.0.2
  Outgoing interface list:
    FastEthernet0/0, Forward/Sparse, 00:01:37/00:02:26

R3#show ip mroute
```



```
R4#show ip mroute
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
       L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
       T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,
       X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
       U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
       Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
       Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode

(*, 224.0.1.40), 00:01:41/00:02:20, RP 5.0.0.1, flags: SJCL
  Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 2.0.0.1
  Outgoing interface list:
    FastEthernet3/0, Forward/Sparse, 00:01:40/00:01:20
    FastEthernet0/0, Forward/Sparse, 00:01:41/00:02:20
```

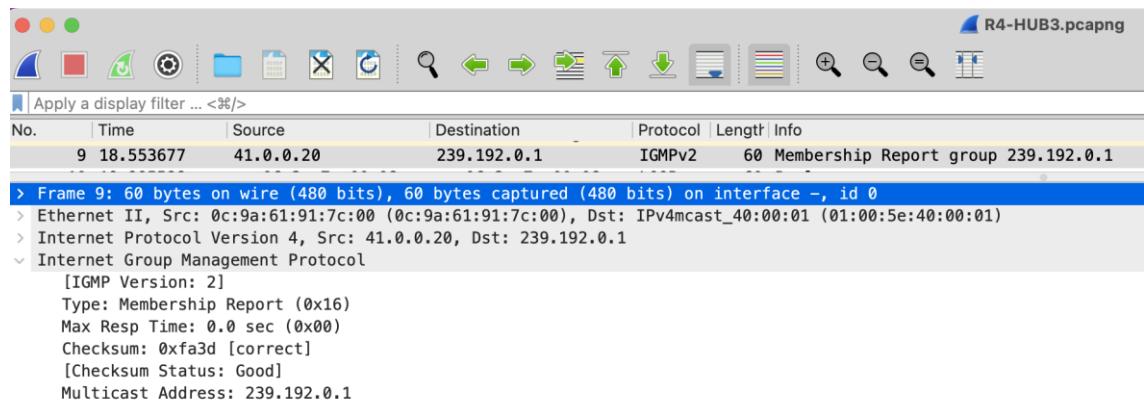



```
R5#show ip mroute
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
       L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
       T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,
       X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
       U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
       Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
       Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode

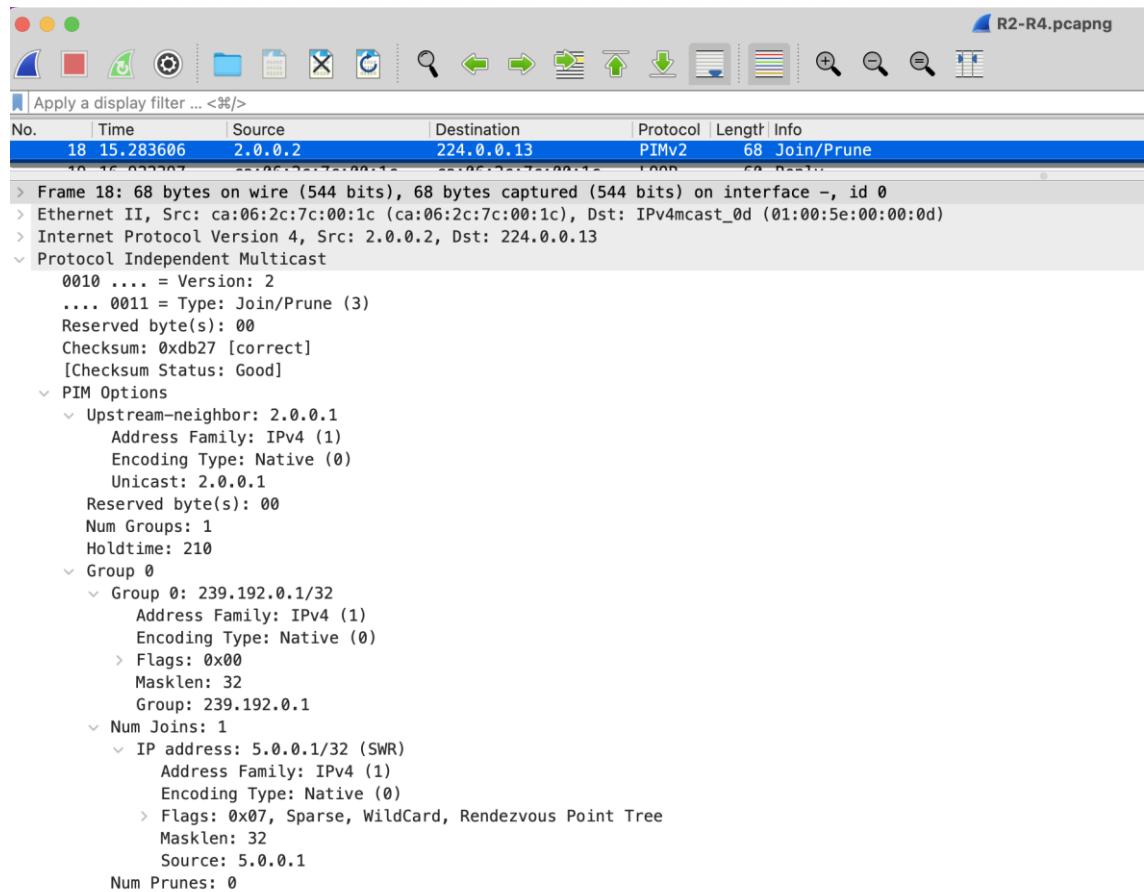
(*, 224.0.1.40), 00:01:49/00:02:10, RP 5.0.0.1, flags: SJCL
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet2/0, Forward/Sparse, 00:00:50/00:02:39
    FastEthernet0/0, Forward/Sparse, 00:01:49/00:02:10
```

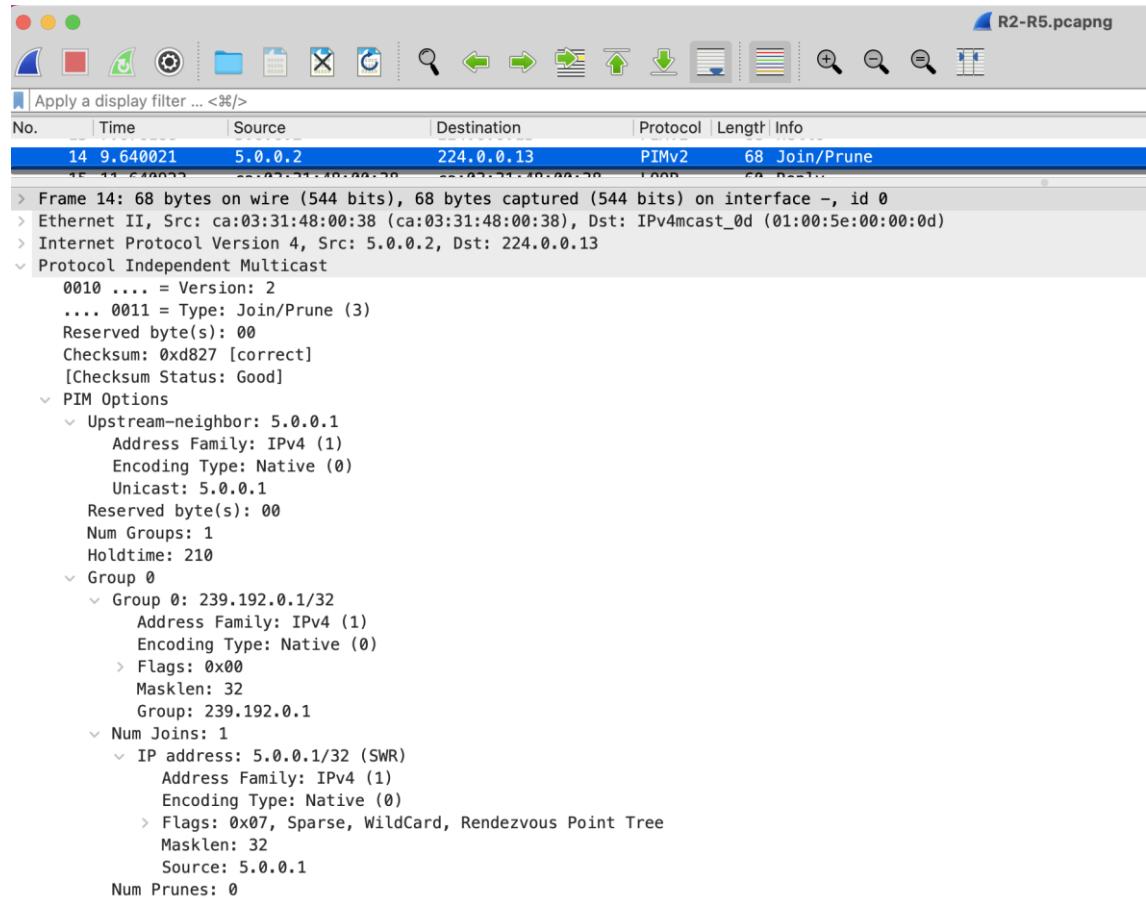
El proceso seguido cuando ejecutamos la aplicación multicast en Debian-2 es el siguiente:

1. Debian-2 se subscribe al grupo multicast 239.192.0.1 enviando a R4 mediante HUB-3 un mensaje Membership Report del grupo a la dirección multicast de este.



- Una vez R4 recibe el mensaje, introduce una nueva fila en su tabla que indica que para el grupo multicast 239.192.0.1 la entrada es g1/0 y la salida f0/0. Después, envía un mensaje de tipo JOIN hasta el router punto de encuentro pasando por R2 por lo que este también agregara una nueva entrada a su tabla de rutas multicast.





3. Por último, cuando el router punto de encuentro (R5) recibe el mensaje de tipo JOIN, añade una nueva entrada en su tabla para el grupo 239.192.0.1, para la que de momento no hay entrada y como salida tiene la interfaz g2/0.

¿Se modificarán las tablas de rutas? ¿Dónde aparecerán nuevos suscriptores?

Si, se modificarán las tablas de rutas de R4, R2 y R5, en todas ellas se registrará el nuevo grupo 239.192.0.1.

R2#show ip mroute

IP Multicast Routing Table

Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
 L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
 T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,
 X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
 U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
 Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
 Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group

Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner

Timers: Uptime/Expires

Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode

```
(*, 239.192.0.1), 00:06:37/00:03:20, RP 5.0.0.1, flags: S
    Incoming interface: GigabitEthernet2/0, RPF nbr 5.0.0.1
    Outgoing interface list:
        GigabitEthernet3/0, Forward/Sparse, 00:00:09/00:03:20

(*, 224.0.1.40), 00:20:41/00:02:20, RP 5.0.0.1, flags: SJCL
    Incoming interface: GigabitEthernet2/0, RPF nbr 5.0.0.1
    Outgoing interface list:
        GigabitEthernet3/0, Forward/Sparse, 00:19:55/00:02:31
        GigabitEthernet1/0, Forward/Sparse, 00:20:41/00:02:31
```

R2#

R4#show ip mroute

IP Multicast Routing Table

Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
 L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
 T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,
 X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
 U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
 Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
 Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group

Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner

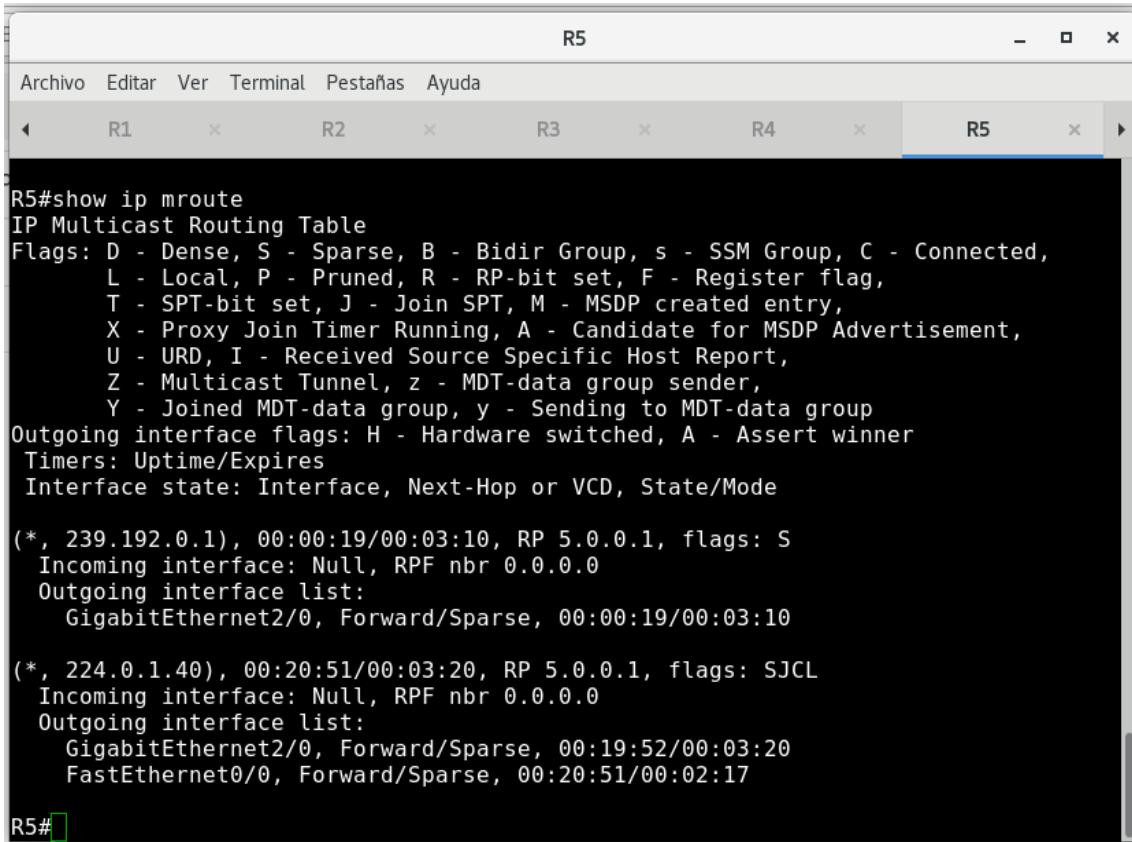
Timers: Uptime/Expires

Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode

```
(*, 239.192.0.1), 00:06:43/00:02:45, RP 5.0.0.1, flags: SJC
    Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 2.0.0.1
    Outgoing interface list:
        FastEthernet0/0, Forward/Sparse, 00:00:15/00:02:45

(*, 224.0.1.40), 00:20:47/00:02:21, RP 5.0.0.1, flags: SJCL
    Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 2.0.0.1
    Outgoing interface list:
        FastEthernet0/0, Forward/Sparse, 00:20:47/00:02:12
```

R4#



```
R5#show ip mroute
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
       L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
       T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,
       X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
       U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
       Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
       Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode

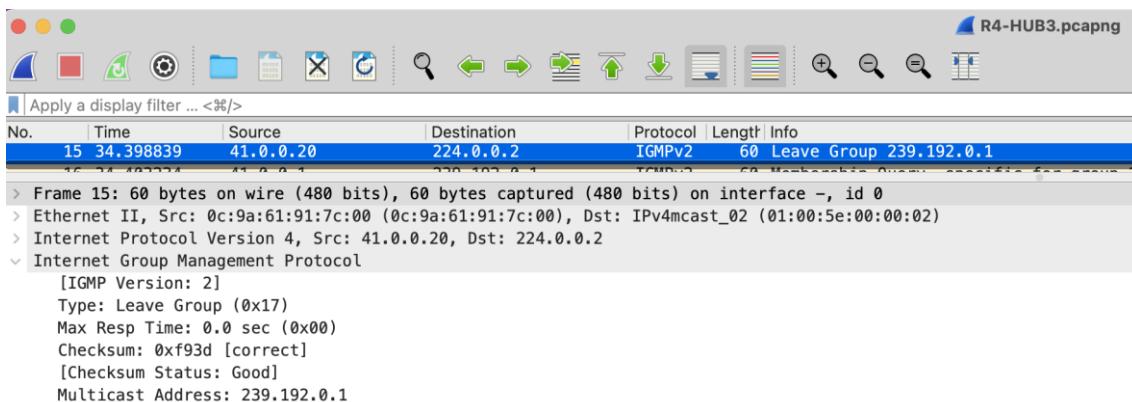
(*, 239.192.0.1), 00:00:19/00:03:10, RP 5.0.0.1, flags: S
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet2/0, Forward/Sparse, 00:00:19/00:03:10

(*, 224.0.1.40), 00:20:51/00:03:20, RP 5.0.0.1, flags: SJCL
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet2/0, Forward/Sparse, 00:19:52/00:03:20
    FastEthernet0/0, Forward/Sparse, 00:20:51/00:02:17

R5#
```

Sin parar las capturas de tráfico interrumpir la aplicación suscriptora. Bien con CTRL-C o no hacer nada si se ha vencido el tiempo (600s). Parar ahora las capturas de tráfico. Analizar lo que sucede durante el proceso de abandonar un grupo multicast.

Al ejecutar CTRL-C o pasar 600seg, el equipo Debian-2 envía un mensaje de tipo Leave Group del grupo 239.192.0.1 a la dirección 224.0.0.2.



Cuando R5 recibe dicho mensaje envía un Membership Query para ver si hay algún otro suscriptor, como no lo hay, pasado un tiempo no recibe respuesta y borra la entrada del grupo multicast.

1.8. Una fuente y un suscriptor

En este apartado analizaremos la construcción del árbol de expansión. En el modo disperso inicialmente el árbol pasa por el RP pero a la llegada del primer datagrama se busca el árbol más corto. Para analizarlo mejor solo tendremos un suscriptor y una fuente. (Ver Figura 2).

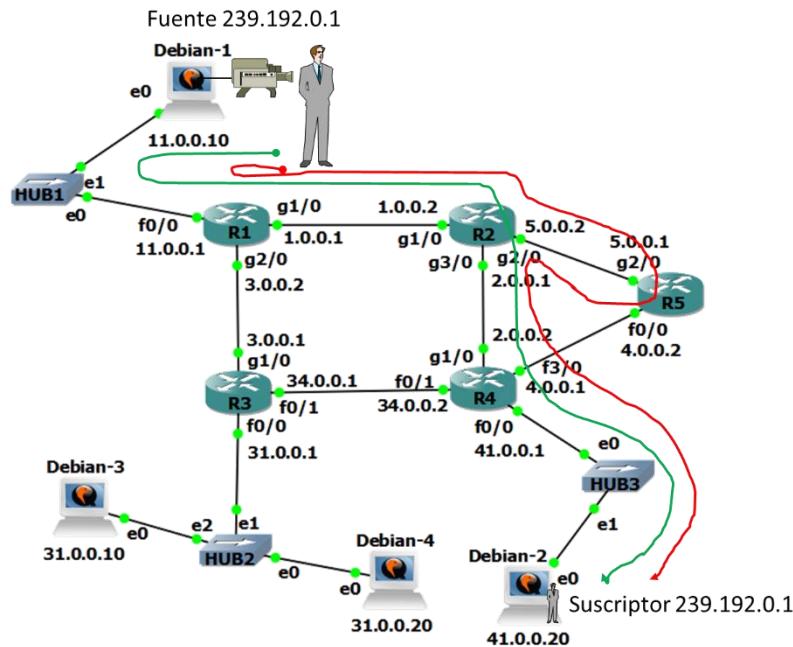


Figura 2: Una fuente y un suscriptor.

Lanzar el analizador de tráfico donde sea necesario (en caso de duda en todos los interfaces) para observar lo que sucede cuando suscribimos a Debian-2 al grupo multicast 239.192.0.1 tal como hicimos en el apartado anterior. Esperamos unos segundos y enviamos desde Debian-1 como hicimos en el apartado 1.6. Incluye las órdenes.

Ejecución de la orden ‘mcfirst -4 -I eth0 -t600 239.192.0.1 5004’ en Debian-2:

```
Debian-2
Archivo Editar Ver Terminal Pestañas Ayuda
Debian-2 x R1 x R2 x R3 x R4 x
root@Debian-2:~# mcfirst -4 -I eth0 -t600 239.192.0.1 5004
mcfirst joined (*,G) = (*,239.192.0.1)
Received 12 bytes from 11.0.0.10 after 7589.025 ms (ttl/hops 12)
Received 12 bytes from 11.0.0.10 after 12586.579 ms (ttl/hops 12)
Received 12 bytes from 11.0.0.10 after 17574.112 ms (ttl/hops 12)
Received 12 bytes from 11.0.0.10 after 22572.928 ms (ttl/hops 12)
Received 12 bytes from 11.0.0.10 after 27580.893 ms (ttl/hops 12)
Received 12 bytes from 11.0.0.10 after 32586.539 ms (ttl/hops 12)
```

Ejecución de la orden ‘sender -t15 eth0 239.192.0.1:5004’ en Debian-1:

Debian-1

Archivo Editar Ver Terminal Pestañas Ayuda

R3 R4 R5 Debian-1

```
root@Debian-1:~# sender -t15 -i eth0 239.192.0.1:5004
Difundiendo el mensaje Hola Mundo al grupo multicast 239.192.0.1
    nUmero de puerto 5004
        y saltos 15 cada 5 segundos
Para finalizar la difusiOn pulsar CTRL-C
Enviando Hola Mundo 1
Enviando Hola Mundo 2
Enviando Hola Mundo 3
Enviando Hola Mundo 4
Enviando Hola Mundo 5
Enviando Hola Mundo 6
Enviando Hola Mundo 7
Enviando Hola Mundo 8
```

Sin parar las capturas de tráfico consultar las tablas de rutas multicast y los suscriptores en todos los routers. Incluyelas en el informe. Analiza lo sucedido y muestra claramente cómo se construye el árbol de distribución.

Tablas de rutas y grupos de cada uno de los routers antes de iniciar el apartado:

R1

Archivo Editar Ver Terminal Pestañas Ayuda

i0961594@s... Debian-1 Debian-2 R1 R2 R3

```
R1#show ip mroute
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
       L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
       T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,
       X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
       U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
       Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
       Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode
(*, 224.0.1.40), 00:01:51/00:02:13, RP 5.0.0.1, flags: SJCL
  Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 1.0.0.2
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet2/0, Forward/Sparse, 00:00:55/00:02:38
    FastEthernet0/0, Forward/Sparse, 00:01:51/00:02:11

R1#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface          Uptime   Expires   Last Reporter   Group Accounted
224.0.1.40        GigabitEthernet1/0    00:02:01  00:02:57  1.0.0.2
224.0.1.40        FastEthernet0/0      00:02:02  00:02:59  11.0.0.1
R1#
```

R2

Archivo Editar Ver Terminal Pestañas Ayuda

Debian-1 Debian-2 R1 R2 R3

```
R2#show ip mroute
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
       L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
       T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,
       X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
       U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
       Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
       Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode
(*, 224.0.1.40), 00:02:11/00:03:18, RP 5.0.0.1, flags: SJCL
  Incoming interface: GigabitEthernet2/0, RPF nbr 5.0.0.1
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet3/0, Forward/Sparse, 00:01:25/00:03:18
    GigabitEthernet1/0, Forward/Sparse, 00:02:11/00:03:15

R2#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface          Uptime   Expires  Last Reporter  Group Accounted
224.0.1.40        GigabitEthernet1/0  00:02:28  00:02:31  1.0.0.2
R2#
```

R3

Archivo Editar Ver Terminal Pestañas Ayuda

Debian-1 Debian-2 R1 R2 R3

```
R3#show ip mroute
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
       L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
       T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,
       X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
       U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
       Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
       Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode
(*, 224.0.1.40), 00:02:39/00:02:24, RP 5.0.0.1, flags: SJCL
  Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 3.0.0.2
  Outgoing interface list:
    FastEthernet0/0, Forward/Sparse, 00:02:39/00:02:24

R3#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface          Uptime   Expires  Last Reporter  Group Accounted
224.0.1.40        FastEthernet0/0   00:02:47  00:02:16  31.0.0.1
R3#
```

R4#show ip mroute

IP Multicast Routing Table

Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
 L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
 T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,
 X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
 U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
 Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
 Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group

Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner

Timers: Uptime/Expires

Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode

(*, 224.0.1.40), 00:02:53/00:02:10, RP 5.0.0.1, flags: SJCL
 Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 2.0.0.1
 Outgoing interface list:
 FastEthernet3/0, Forward/Sparse, 00:02:50/00:00:09
 FastEthernet0/0, Forward/Sparse, 00:02:53/00:02:09

R4#show ip igmp groups

Group Address	Interface	Uptime	Expires	Last Reporter	Group Accounted
224.0.1.40	FastEthernet3/0	00:02:56	00:02:04	4.0.0.2	
224.0.1.40	FastEthernet0/0	00:02:58	00:02:58	41.0.0.1	

R4#

R5#show ip mroute

IP Multicast Routing Table

Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
 L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
 T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,
 X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
 U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
 Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
 Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group

Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner

Timers: Uptime/Expires

Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode

(*, 224.0.1.40), 00:03:04/00:02:58, RP 5.0.0.1, flags: SJCL
 Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
 Outgoing interface list:
 GigabitEthernet2/0, Forward/Sparse, 00:02:33/00:03:23
 FastEthernet0/0, Forward/Sparse, 00:03:04/00:02:58

R5#show ip igmp groups

Group Address	Interface	Uptime	Expires	Last Reporter	Group Accounted
224.0.1.40	FastEthernet0/0	00:03:10	00:02:51	4.0.0.2	

R5#

Tablas de rutas y grupos de cada uno de los routers tras la ejecución de ambas órdenes:

R1#show ip mroute

IP Multicast Routing Table

Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
 L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
 T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,
 X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
 U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
 Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
 Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group

Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner

Timers: Uptime/Expires

Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode

```
(*, 239.192.0.1), 00:00:16/stopped, RP 5.0.0.1, flags: SPF
  Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 1.0.0.2
  Outgoing interface list: Null

(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:00:16/00:03:22, flags: FT
  Incoming interface: FastEthernet0/0, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet1/0, Forward/Sparse, 00:00:16/00:03:13

(*, 224.0.1.40), 00:07:38/00:02:24, RP 5.0.0.1, flags: SJCL
  Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 1.0.0.2
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet2/0, Forward/Sparse, 00:06:41/00:02:44
    FastEthernet0/0, Forward/Sparse, 00:07:38/00:02:24
```

R1#show ip igmp groups

IGMP Connected Group Membership						
Group Address	Interface	Uptime	Expires	Last Reporter	Group Accounted	
224.0.1.40	GigabitEthernet1/0	00:07:39	00:02:21	1.0.0.2		
224.0.1.40	FastEthernet0/0	00:07:40	00:02:22	11.0.0.1		

R1#

R2#show ip mroute

IP Multicast Routing Table

Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
 L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
 T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,
 X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
 U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
 Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
 Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group

Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner

Timers: Uptime/Expires

Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode

```
(*, 239.192.0.1), 00:00:54/stopped, RP 5.0.0.1, flags: S
  Incoming interface: GigabitEthernet2/0, RPF nbr 5.0.0.1
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet3/0, Forward/Sparse, 00:00:54/00:02:35

(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:00:20/00:03:19, flags: T
  Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 1.0.0.1
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet3/0, Forward/Sparse, 00:00:20/00:03:09

(*, 224.0.1.40), 00:07:42/00:02:18, RP 5.0.0.1, flags: SJCL
  Incoming interface: GigabitEthernet2/0, RPF nbr 5.0.0.1
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet3/0, Forward/Sparse, 00:06:55/00:02:45
    GigabitEthernet1/0, Forward/Sparse, 00:07:42/00:02:39
```

R2#show ip igmp groups

IGMP Connected Group Membership						
Group Address	Interface	Uptime	Expires	Last Reporter	Group Accounted	
224.0.1.40	GigabitEthernet1/0	00:07:43	00:02:17	1.0.0.2		

R2#

R3

```

Archivo Editar Ver Terminal Pestañas Ayuda
◀ Debian-1 × Debian-2 × R1 × R2 × R3 × R4 × ▶
R3#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address Interface Uptime Expires Last Reporter Group Accounted
224.0.1.40 FastEthernet0/0 00:02:47 00:02:16 31.0.0.1
R3#show ip mroute
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
       L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
       T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,
       X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
       U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
       Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
       Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode
(*, 224.0.1.40), 00:07:46/00:02:13, RP 5.0.0.1, flags: SJCL
  Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 3.0.0.2
  Outgoing interface list:
    FastEthernet0/0, Forward/Sparse, 00:07:46/00:02:13

R3#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address Interface Uptime Expires Last Reporter Group Accounted
224.0.1.40 FastEthernet0/0 00:07:47 00:02:12 31.0.0.1
R3#

```

R4

```

Archivo Editar Ver Terminal Pestañas Ayuda
◀ Debian-1 × Debian-2 × R1 × R2 × R3 × R4 × ▶
R4#show ip mroute
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
       L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
       T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,
       X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
       U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
       Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
       Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode
(*, 239.192.0.1), 00:01:02/stopped, RP 5.0.0.1, flags: SJC
  Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 2.0.0.1
  Outgoing interface list:
    FastEthernet0/0, Forward/Sparse, 00:01:02/00:02:07

(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:00:28/00:02:51, flags: JT
  Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 2.0.0.1
  Outgoing interface list:
    FastEthernet0/0, Forward/Sparse, 00:00:28/00:02:31

(*, 224.0.1.40), 00:07:49/00:02:16, RP 5.0.0.1, flags: SJCL
  Incoming interface: GigabitEthernet1/0, RPF nbr 2.0.0.1
  Outgoing interface list:
    FastEthernet0/0, Forward/Sparse, 00:07:49/00:02:16

R4#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address Interface Uptime Expires Last Reporter Group Accounted
239.192.0.1 FastEthernet0/0 00:01:03 00:02:06 41.0.0.20
224.0.1.40 FastEthernet3/0 00:07:48 00:02:15 4.0.0.2
224.0.1.40 FastEthernet0/0 00:07:50 00:02:15 41.0.0.1
R4#

```

```

R5#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface          Uptime    Expires   Last Reporter   Group Accounted
224.0.1.40        FastEthernet0/0    00:03:10  00:02:51  4.0.0.2

R5#show ip mroute
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
       L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
       T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,
       X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
       U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
       Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
       Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode
(*, 239.192.0.1), 00:01:06/00:03:22, RP 5.0.0.1, flags: S
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet2/0, Forward/Sparse, 00:01:06/00:03:22

(11.0.0.10, 239.192.0.1), 00:00:32/00:02:32, flags: PT
  Incoming interface: GigabitEthernet2/0, RPF nbr 5.0.0.2
  Outgoing interface list: Null

(*, 224.0.1.40), 00:07:53/00:02:12, RP 5.0.0.1, flags: SJCL
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    GigabitEthernet2/0, Forward/Sparse, 00:07:23/00:02:32
    FastEthernet0/0, Forward/Sparse, 00:07:53/00:02:12

R5#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface          Uptime    Expires   Last Reporter   Group Accounted
224.0.1.40        FastEthernet0/0    00:07:55  00:02:11  4.0.0.2
R5#

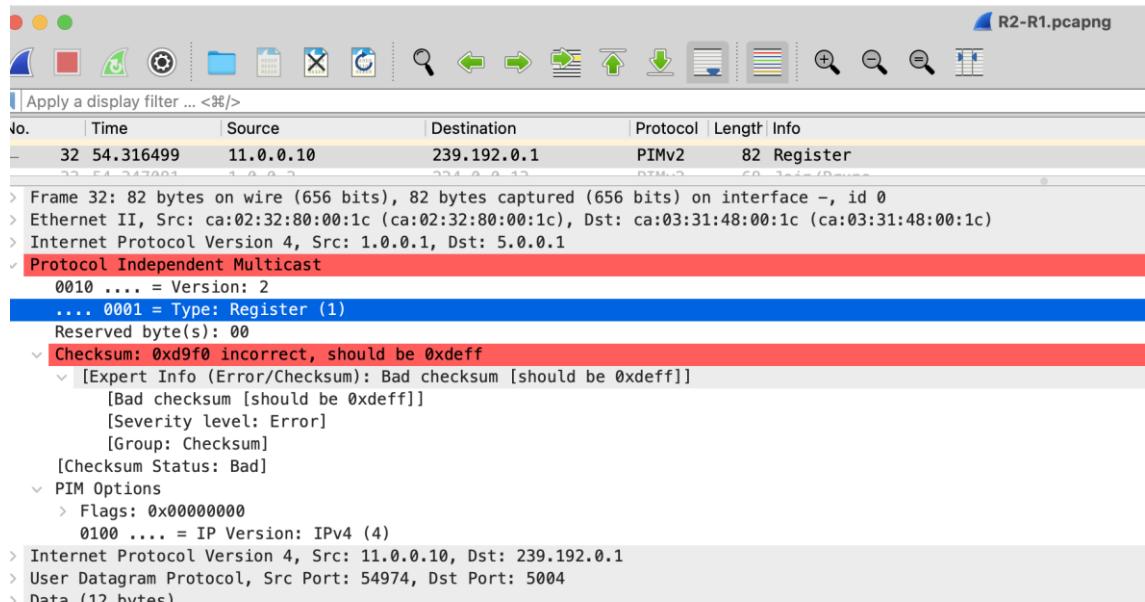
```

Como podemos observar, en R4 aparece una nueva entrada en la tabla de grupos, es la correspondiente al grupo multicast 239.192.0.1.

Por otro lado, tanto en R1, R2, R4 y R5 se añaden dos rutas, la del grupo multicast y la que lleva al suscriptor Debian-2.

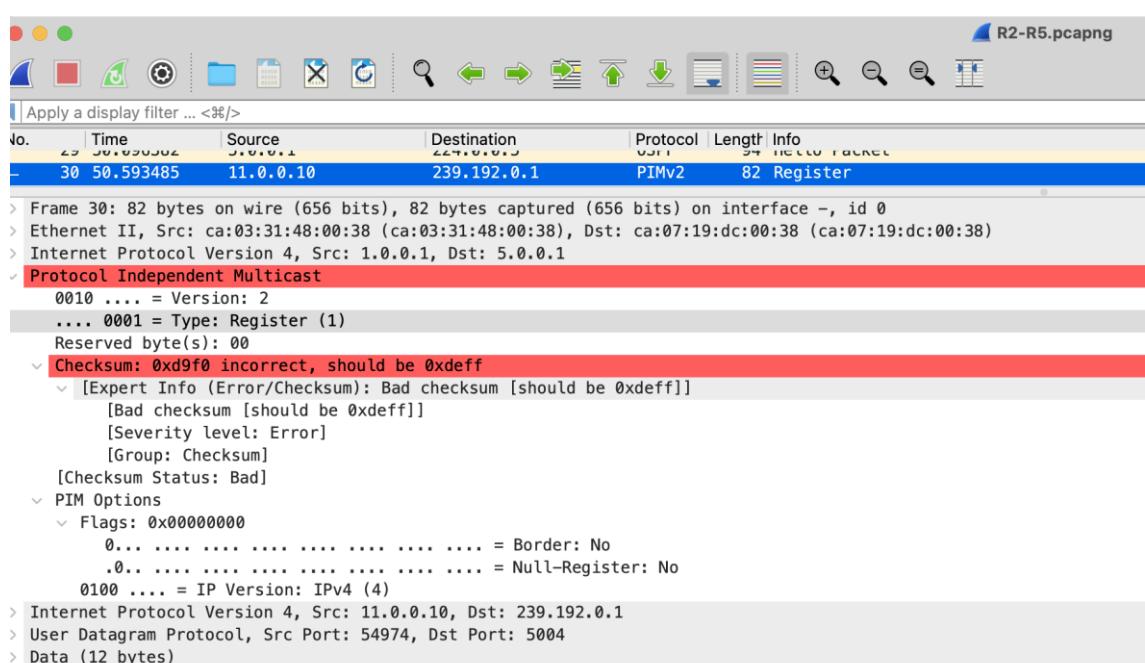
El proceso seguido es el siguiente:

1. Debian-2 se subscribe al grupo multicast 239.192.0.1 como en el apartado 1.7.
2. Debian-1 al ejecutar la orden para convertirse en una fuente del grupo multicast 239.192.0.1 envía un multicast que pasa por HUB-1 y llega a R1.
3. Cuando R1 recibe el mensaje, lo encapsula en un mensaje de tipo REGISTER cuyo destinatario es el router punto de encuentro, este mensaje indica que R1 es fuente.



The screenshot shows a single PIMv2 Register packet captured from interface R2 to R1. The packet details are as follows:

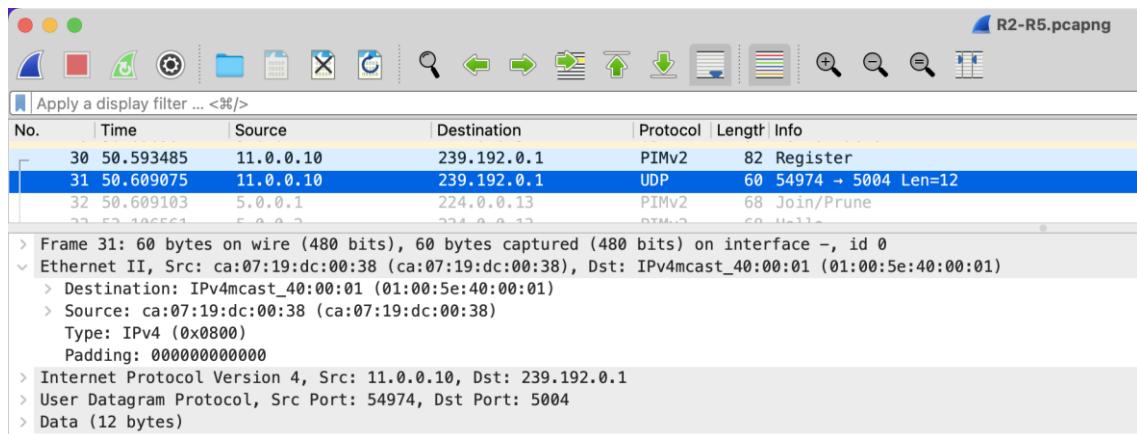
- No. 32 Time 54.316499 Source 11.0.0.10 Destination 239.192.0.1 Protocol PIMv2 Length 82 Info Register
- > Frame 32: 82 bytes on wire (656 bits), 82 bytes captured (656 bits) on interface -, id 0
- > Ethernet II, Src: ca:02:32:80:00:1c (ca:02:32:80:00:1c), Dst: ca:03:31:48:00:1c (ca:03:31:48:00:1c)
- > Internet Protocol Version 4, Src: 1.0.0.1, Dst: 5.0.0.1
- > Protocol Independent Multicast
 - 0010 = Version: 2
 - 0001 = Type: Register (1)
 - Reserved byte(s): 00
 - Checksum: 0xd9f0 incorrect, should be 0xdeff
 - [Expert Info (Error/Checksum): Bad checksum [should be 0xdeff]]
 - [Bad checksum [should be 0xdeff]]
 - [Severity level: Error]
 - [Group: Checksum]
 - [Checksum Status: Bad]
 - PIM Options
 - Flags: 0x00000000
 - 0100 = IP Version: IPv4 (4)
- > Internet Protocol Version 4, Src: 11.0.0.10, Dst: 239.192.0.1
- > User Datagram Protocol, Src Port: 54974, Dst Port: 5004
- > Data (12 bytes)



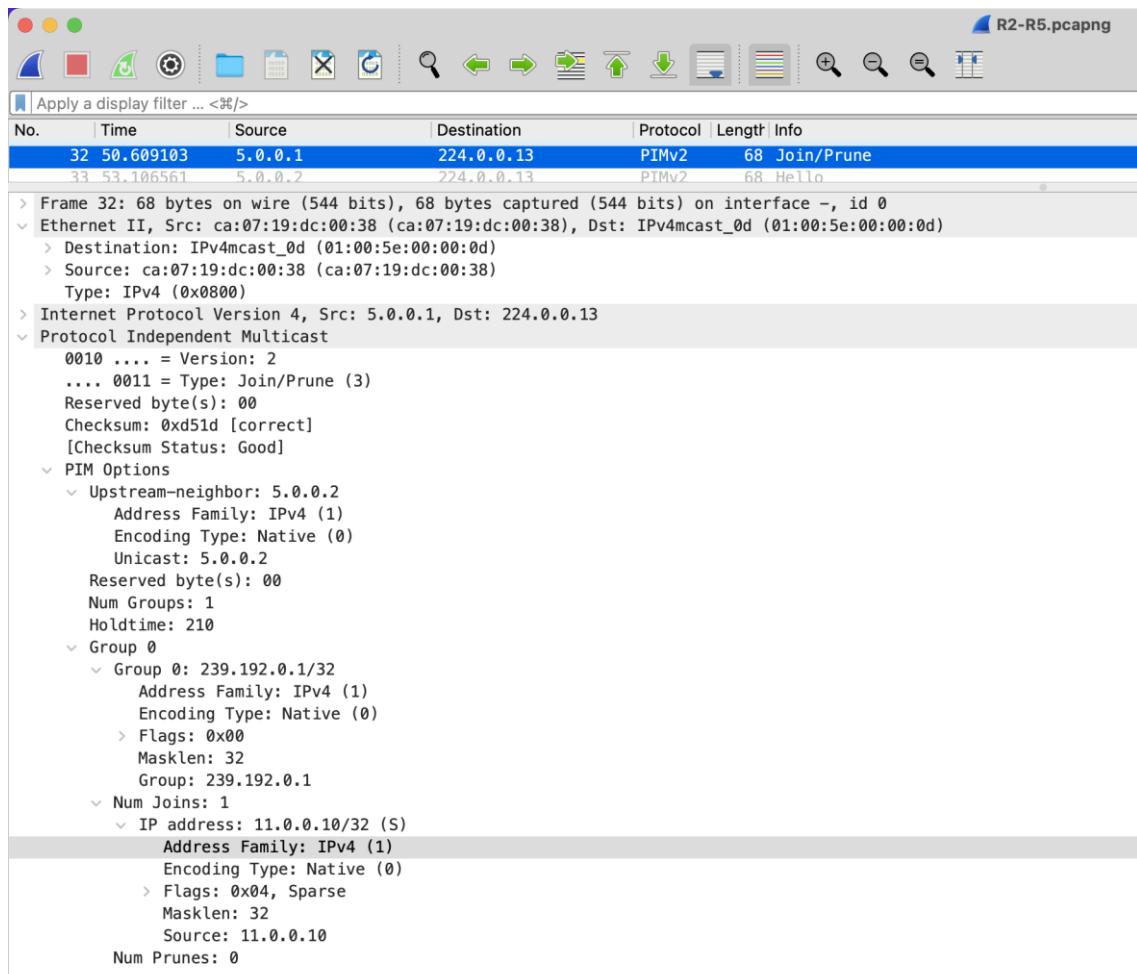
The screenshot shows a single PIMv2 Register packet captured from interface R2 to R5. The packet details are as follows:

- No. 30 Time 50.593485 Source 11.0.0.10 Destination 239.192.0.1 Protocol PIMv2 Length 82 Info Register
- > Frame 30: 82 bytes on wire (656 bits), 82 bytes captured (656 bits) on interface -, id 0
- > Ethernet II, Src: ca:03:31:48:00:38 (ca:03:31:48:00:38), Dst: ca:07:19:dc:00:38 (ca:07:19:dc:00:38)
- > Internet Protocol Version 4, Src: 1.0.0.1, Dst: 5.0.0.1
- > Protocol Independent Multicast
 - 0010 = Version: 2
 - 0001 = Type: Register (1)
 - Reserved byte(s): 00
 - Checksum: 0xd9f0 incorrect, should be 0xdeff
 - [Expert Info (Error/Checksum): Bad checksum [should be 0xdeff]]
 - [Bad checksum [should be 0xdeff]]
 - [Severity level: Error]
 - [Group: Checksum]
 - [Checksum Status: Bad]
 - PIM Options
 - Flags: 0x00000000
 - 0... = Border: No
 - .0. = Null-Register: No
 - 0100 = IP Version: IPv4 (4)
- > Internet Protocol Version 4, Src: 11.0.0.10, Dst: 239.192.0.1
- > User Datagram Protocol, Src Port: 54974, Dst Port: 5004
- > Data (12 bytes)

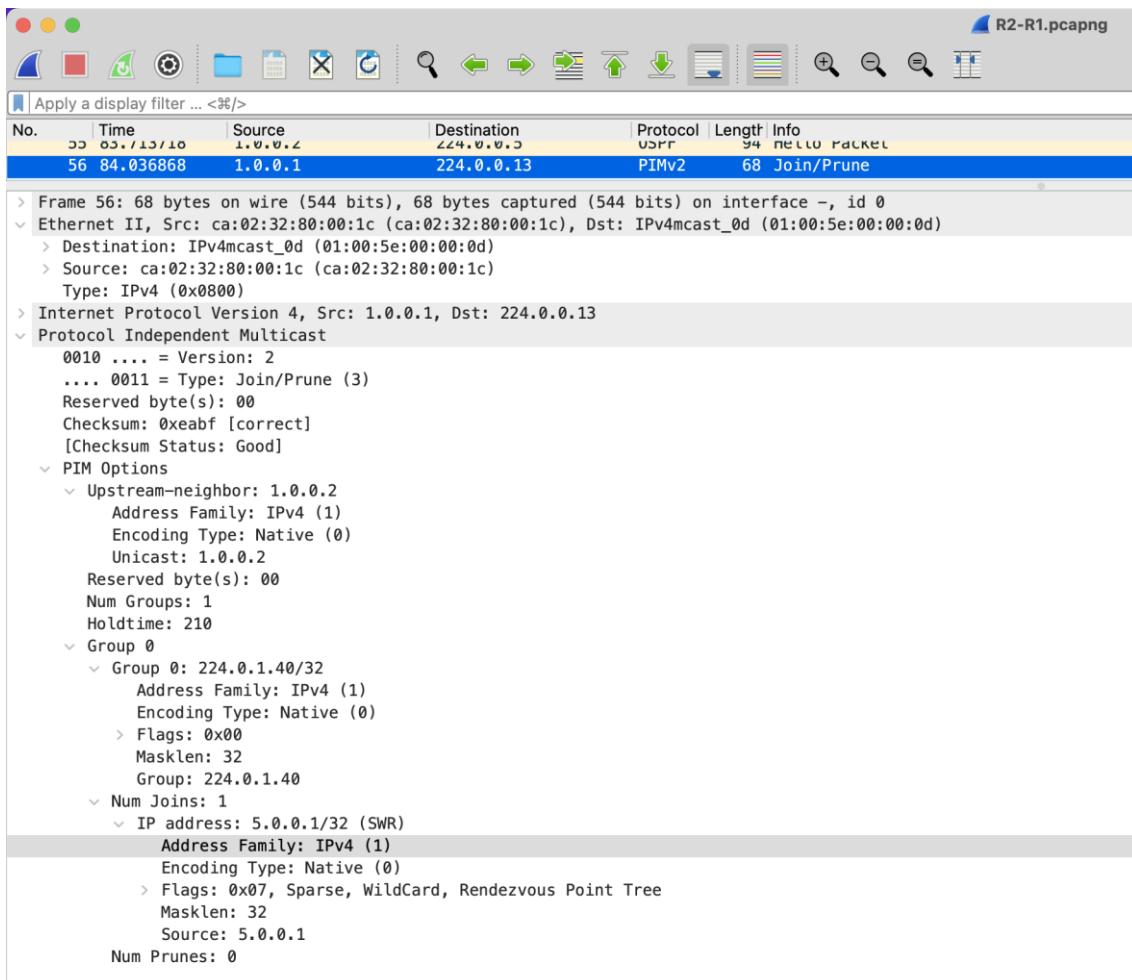
4. El mensaje REGISTER pasa por R2 y finalmente llega a R5 modifica la entrada en el registro de emisiones para la fuente del grupo multicast y la interfaz g2/0, como tras anotar esta fuente ve que ya hay suscriptores ya que la entrada ya existía manda el datagrama encapsulado en el mensaje REGISTER por la interfaz de salida (g2/0).



5. R2 recibe el datagrama y lo envía hacia R4 por g3/0 tal y como tiene registrado en su tabla.
6. R4 finalmente envía el mensaje a Debian-2. Cabe destacar que este mensaje viene marcado indicando que ha viajado encapsulado en un mensaje de tipo REGISTER.
7. Mientras tanto, R5 añade g2/0 como entrada en su tabla para el grupo multicast 239.102.0.1 y envía un mensaje Join hacia R1 pasando por R2, ambos routers almacenan su correspondiente entrada y salida para dicho grupo.

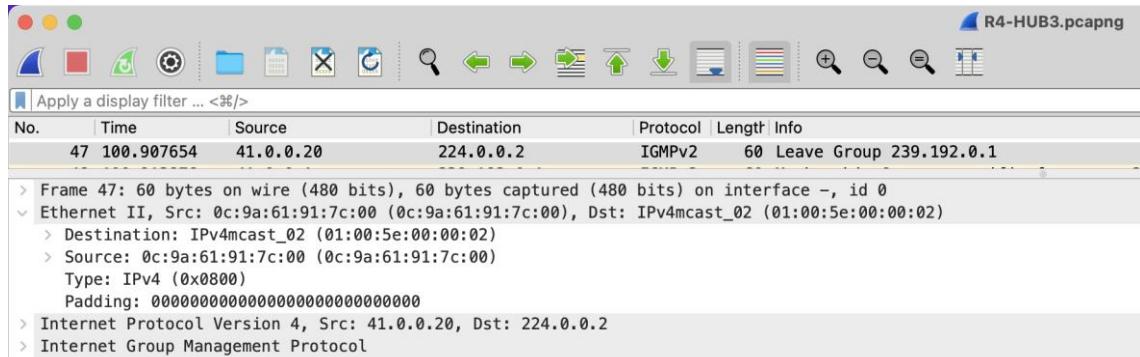


8. Finalmente, R2 se da cuenta de que los datagramas le llegan por g2/0, que no es el mejor camino para llegar a la fuente por lo que solicita a R1 una unión e incluye a g3/0 como salida eliminando g2/0. A partir de ese momento, los mensajes seguirán la ruta R1→R2→R4.



Parar primero el receptor y luego el emisor, esperar unos segundos, parar todas las capturas de tráfico y muestra de nuevo las tablas de rutas y lista de suscriptores. Analiza lo sucedido.

1. Debian-2 manda LEAVE-GROUP.



2. Cuando R4 lo recibe envía MEMBERSHIP QUERY para ver si quedan mas suscriptores, como no recibe contestación significa que no quedan por lo que elimina la salida g2/0, al quedarse vacío envía poda hacia R2.

R4-HUB3.pcapng

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
47	100.907654	41.0.0.20	224.0.0.2	IGMPv2	60	Leave Group 239.192.0.1
48	100.913876	41.0.0.1	239.192.0.1	IGMPv2	60	Membership Query, specific for group 2

> Frame 48: 60 bytes on wire (480 bits), 60 bytes captured (480 bits) on interface -, id 0
 > Ethernet II, Src: ca:06:2c:7c:00:08 (ca:06:2c:7c:00:08), Dst: IPv4mcast_40:00:01 (01:00:5e:40:00:01)
 > Destination: IPv4mcast_40:00:01 (01:00:5e:40:00:01)
 > Source: ca:06:2c:7c:00:08 (ca:06:2c:7c:00:08)
 Type: IPv4 (0x0800)
 Padding: 00
 > Internet Protocol Version 4, Src: 41.0.0.1, Dst: 239.192.0.1
 > Internet Group Management Protocol

R2-R4.pcap

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
74	102.622420	2.0.0.2	224.0.0.13	PIMv2	68	Join/Prune

> Frame 74: 68 bytes on wire (544 bits), 68 bytes captured (544 bits)
 > Ethernet II, Src: ca:06:2c:7c:00:1c (ca:06:2c:7c:00:1c), Dst: IPv4mcast_0d (01:00:5e:00:00:0d)
 > Internet Protocol Version 4, Src: 2.0.0.2, Dst: 224.0.0.13
 > Protocol Independent Multicast

Este mensaje se irá esparciendo por los routers R2→R1 haciendo que se queden sin interfaces en la salida del grupo. Posteriormente, también se para la emisión de Debian-1.

Tras esto, las tablas de los routers quedarán de nuevo como al inicio del mismo apartado.

2. Órdenes IOS

Encaminamiento multicast	
ip multicast-routing	Habilita el encaminamiento multicast
ip pim dense-mode	Activa PIM-DM en la interfaz seleccionada
show ip pim neighbor	Muestra los vecinos que tienen activo PIM
show ip pim interface	Muestra las interfaces que tienen activo PIM
show ip igmp groups	Muestra los suscriptores en cada interfaz
show ip mroute	Consulta la tabla de encaminamiento multicast
debug ip igmp	Activa el modo depuración para el protocolo IGMP
debug ip pim	Activa el modo depuración para el protocolo ICMP
ip pim sparse-mode	Activa PIM-SM en la interfaz seleccionada
ip pim rp-address <address> [group-list acl]	Definir la IP del router punto de encuentro (RP)
show ip pim rp	Muestra información de RP