

PRACTICA 5: Multicast

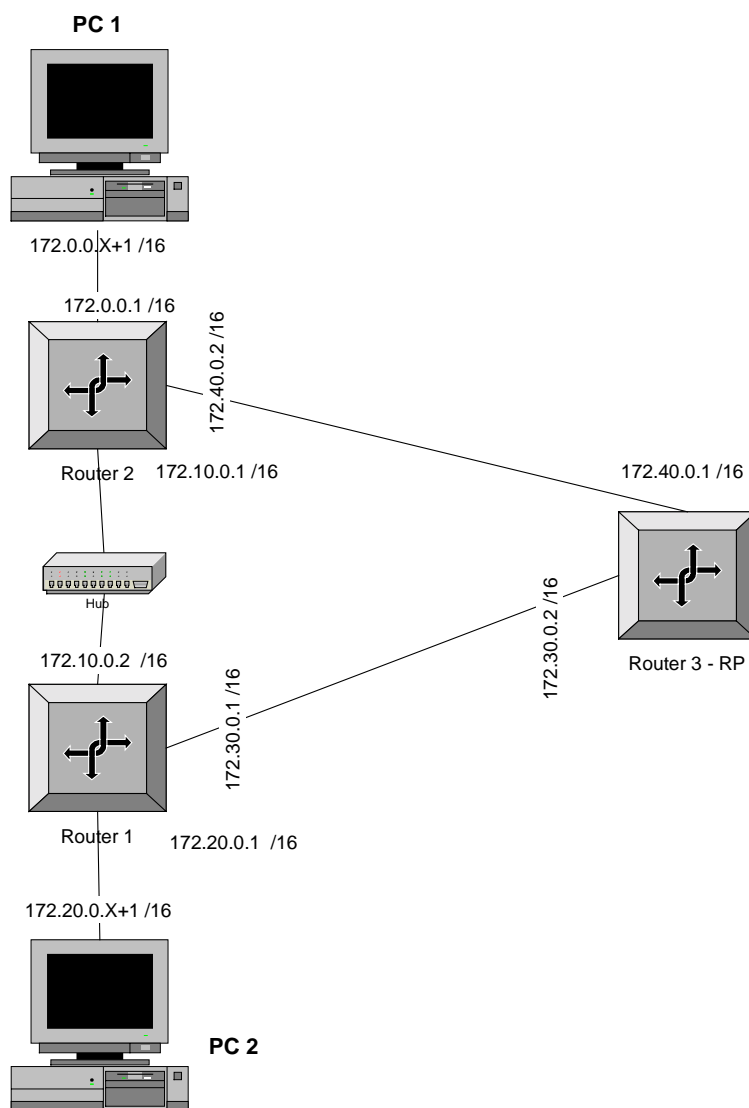
1. Objetivos de la práctica

Esta práctica tiene como objetivo primordial familiarizarse con el funcionamiento de multicast. Para ello se perseguirán tres objetivos concretos:

- Configurar las interfaces de los routers para soportar multicast.
- Comprender y probar los árboles compartidos (RPT) y los árboles de camino más corto (SPT).
- Estudiar la operación de los protocolos IGMP y PIM-SM.

2. Descripción del entorno

El entorno de red sobre el que se desarrollará la práctica aparece representado en la Figura 1 y está compuesto por:



Donde X es el número de grupo.

- Tres routers, conectados tal y como aparece en la Figura. Uno de ellos (Router 3) será el RP.
- Un hub que conectará dos de los routers.

Deberá comprobarse que la plataforma está perfectamente conectada.

3. GUIÓN DE LA PRACTICA

Se describen a continuación los pasos a seguir para realizar la práctica.

3.1 Configuración de los interfaces Ethernet

Arrancar el PC en la partición Windows NT WorkStation.

Configurar las interfaces de los routers para que se ajusten a la plataforma de trabajo. Activar RIP en todas sus interfaces.

Una vez terminada la configuración, puede comprobarse que la instalación realizada funciona haciendo ping a una dirección IP de cada una de las redes indicadas en la figura.

3.2 Configuración de PIM-SM en los routers

Activar PIM-SM en los routers es un proceso muy sencillo. Los comandos a incluir son los siguientes:

Para activar multicast se indica mediante el commando: `ip multicast-routing`

Para activar PIM –SM en cada interfaz de cada router habrá que poner el comando: `ip pim sparse-mode`

Además en todo router habrá que indicar la dirección IP del router que será el RP, para ello, se utiliza el comando: `ip pim rp-address [dir. IP de la interfaz de loopback del RP]`.

A continuación se muestra un ejemplo de una configuración de un router que no es RP:

```
ROUTER2#sh running-config
Building configuration...

Current configuration : 852 bytes
!
version 12.2
service timestamps debug uptime
service timestamps log uptime
no service password-encryption
!
hostname ROUTER2
!
enable secret 5 $1$EAd0$M8H9GxoKveA98cyKJnUee.
enable password cisco
!
ip subnet-zero
!
ip multicast-routing
!
!
!
interface Ethernet0
ip address 172.0.0.1 255.255.0.0
ip pim sparse-mode
```

```

!
interface Serial0
ip address 172.10.0.1 255.255.0.0
ip pim sparse-mode
clock rate 9600
!
interface Serial1
ip address 172.50.0.1 255.255.0.0
ip pim sparse-mode
clock rate 9600
!
router rip
network 172.0.0.0
network 172.10.0.0
network 172.50.0.0
!
ip classless
ip pim bidir-enable
ip pim rp-address 172.70.0.1
!
!
line con 0
line aux 0
line vty 0 4
login
!
end

```

Configuración del router RP

A este router se le aplican los mismos comandos y por ser RP deberá definir una nueva interfaz denominada Loopback0. Al igual que las interfaces Ethernet y Serie habrá que asignarle una dirección IP que le identificará como RP.

Los comandos son los siguientes:

```

interface Loopback0
    ip address 172.70.0.1 255.255.0.0
    ip pim sparse-mode

```

Donde 172.70.0.1 es la dirección IP usada para representar al RP. En nuestra práctica la dirección IP del RP también será 172.70.0.1/16.

IMPORTANTE: Para lograr su correcto funcionamiento en las redes a indicar en RIP deberá aparecer también la red de Loopback, en este caso, 172.70.0.0. Para comprobar que está bien configurado desde cualquier ordenador o router deberemos ejecutar el comando ping 172.70.0.1 y deberemos obtener respuesta.

3.3 Software multicast

Para probar el funcionamiento de multicast se va a utilizar una aplicación clásica de multicast llamada Pizarra Compartida o WBD (WhiteBoard).

El WBD está instalado en los dos ordenadores en el directorio d:\> Archivos de programa\mbone, ocupa 1.305 K, y se ejecuta por línea de comandos:

```
>wbd [options] <address/port>
```

La *dirección*, deberá ser una dirección IP de clase D
El *número de puerto*, deberá ser superior a 5002

Para poner en marcha el software multicast:

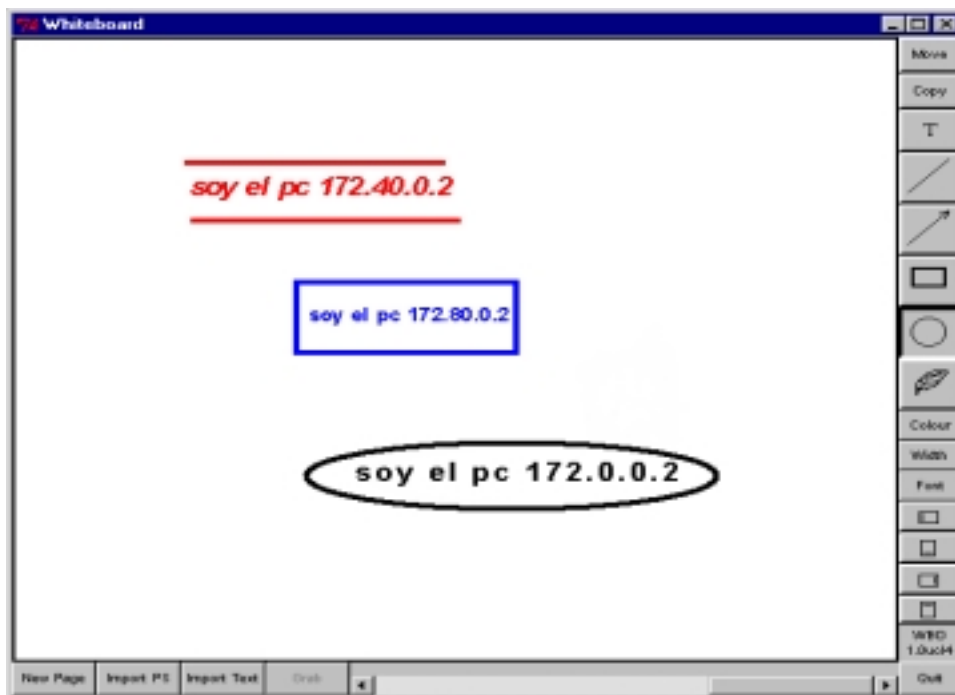
D:\>Archivos de programa\mbone>wbd -t 48 224.1.2.3/5004

Su funcionamiento es intuitivo y similar al *Paint*. Como se puede ver en la siguiente figura, hay una serie de botones en la parte derecha de la pantalla:

- Move
- Copy
- T → para escribir en la pantalla
- "Línea" → dibuja líneas rectas
- "Flecha"
- "Cuadrado"
- "Círculo"
- "Hoja" → dibuja las líneas que se trazan con el ratón
- Colour
- Width → anchura de los trazos
- Font → existen 6 fuentes para elegir
- 4 botones para seleccionar la orientación de las páginas
- Quit

Para comenzar con la emisión de la sesión multicast, basta con seleccionar alguno de los botones de la parte derecha y bien dibujar con el ratón en la pantalla, o en el caso del botón *T* escribir con el teclado.

En la siguiente figura, se muestra una sesión multicast entre 3 PCs que se encuentran en diferentes redes (ver estructura y direcciones IP). En cada PC, se ha escrito su dirección IP, un cuadrado o un círculo o líneas rectas.




Debéis poner en marcha la pizarra en ambos PCs y probar que se transmite la información en ambos sentidos. Una vez hecha esta comprobación, debéis parar la pizarra para poder contestar el resto de preguntas.

3.4 Funcionamiento del RPT (árbol compartido)

En este apartado se van a comprobar los conceptos teóricos explicados en clase sobre los pasos seguidos para la creación del árbol compartido, la unión de un miembro a un grupo y el envío de

información a un grupo.

En primer lugar, se deberá comprobar que la pizarra compartida en los dos PC no está en funcionamiento (NOTA: Si alguna de las dos estaba en funcionamiento, se deberá esperar unos tres minutos para poder comenzar a realizar las prácticas).

	<ul style="list-style-type: none"> Incluir el contenido de las tablas de encaminamiento multicast de cada router. (comando <i>show ip mroute</i>) Nota: El resto de comandos a utilizar están explicados en el apéndice. (El alumno debería ser capaz de explicar cada una de las entradas de la tabla.
---	--

3.4.1 Unión de un miembro (receptor) a un grupo multicast


Según la teoría el funcionamiento es el siguiente:

1. El receptor envía en mensaje IGMP-Join al grupo (G) al que quiere unirse.
2. El router designado (RD) del receptor crea una entrada en su tabla de encaminamiento (*, G).
3. El RD envía un mensaje PIM-Join al siguiente salto unicast en la ruta hacia el RP.
4. El siguiente router crea una entrada (*, G) en la tabla de encaminamiento y reenvía el mensaje PIM-Join y así hasta alcanzar el RP.
5. El RP recibe el mensaje PIM-Join si la entrada (*,G) en la tabla de encaminamiento multicast no estaba, la crea.

A continuación se va a comprobar este proceso:

1. Activar el router 2 el debug de los protocolos IGMP y PIM para poder visualizar los paquetes IGMP y PIM que envía y recibe este router (los comandos son *debug ip pim* y *debug ip igmp*, para parar el debug habrá que anteponer a estos comandos la palabra "no", por ejemplo, *no debug ip pim*, para más información consultar el apéndice)
2. Poner en marcha la pizarra compartida del PCA.

Nota: Todas las preguntas hacen referencia al router 2.

	<ul style="list-style-type: none"> Incluir en la memoria los mensajes de debug donde se muestra la recepción del mensaje Join de IGMP por parte del router 2 enviado por PCA. (corresponde al paso 1) Incluir el contenido de la tabla de encaminamiento multicast del router 2 y señalar las nuevas entradas. (comando <i>show ip mroute</i>) (Nota: El alumno debería ser capaz de explicar el significado de cada entrada). (paso 2) Incluir en la memoria los mensajes de debug donde se muestra que el router 2 envía al RP el mensaje PIM-Join. (paso 3) Incluir el contenido de la tabla de encaminamiento multicast del router RP y señalar las nuevas entradas. (paso 5)
---	---

3. Desactivar el debug en el router2.

3.4.2 Proceso de envío de información de un miembro al grupo

Según la teoría el funcionamiento es el siguiente:


1. El emisor envía datagramas al grupo.
2. El router designado del emisor recibe el primer datagrama y lo encapsula en un paquete PIM-SM-Register y lo envía en modo unicast al RP de dicho grupo como.
3. RP recibe el mensaje PIM-SM-Register informándole de la existencia de un nuevo emisor. Entonces el RP envía un mensaje PIM-Join al RD del emisor.

4. El RP desencapsula el datagrama y lo envía por el árbol.
5. Todos los routers que se encuentran entre el RD del emisor y el RP reciben los PIM-Join y añaden una nueva entrada en sus tablas de encaminamiento multicast (S,G) de este modo sabrán cómo enviar los siguientes datagramas multicast no encapsulados.
6. Los datagramas serán encapsulados hasta asegurarse de que todos los routers intermedios han añadido la nueva entrada. Cuando recibe el mensaje PIM-Join desde el RP, los datos son enviados en su formato multicast nativo al RP.
7. RP envía un mensaje de Register-Stop una vez que los datos llegan en modo nativo.

A continuación se va a comprobar este proceso:

1. Activar el debug del protocolo PIM del router 1.
2. Activar la pizarra compartida del PC-B.
3. Dibujar en la pizarra del PC-B para provocar el envío de datos al grupo. (En la pizarra de PC-A deberán aparecer los dibujos realizados en PC-B)
4. Esperar un par de minutos para poder obtener todos los mensajes de debug necesarios para contestar a las siguientes preguntas.

Nota: Todas las preguntas hacen referencia al router 1.

	<ul style="list-style-type: none"> • Incluir en la memoria los mensajes de debug donde se muestra el envío de un mensaje PIM-SM-Register al RP desde el router 1. (paso 3) • Incluir en la memoria los mensajes de debug donde se muestra la recepción de un mensaje PIM-Join desde el RP. (paso 5) • Incluir en la memoria los mensajes de debug donde se muestra la recepción del mensaje Register-Stop desde el RP. (paso 7) • Incluir el contenido de la tabla de encaminamiento multicast del router RP y señalar las nuevas entradas. • ¿Cuál será el camino de los datos multicast a través del árbol compartido?
---	---


3.5 Funcionamiento del árbol de camino más corto (SPT)

Cuando la cantidad de tráfico excede un límite se pasa automáticamente a crear un árbol SPT. En nuestra plataforma de trabajo, como se habrá visto mediante el análisis de las tablas de encaminamiento, rápidamente se forma el árbol SPT.

El proceso de creación del árbol SPT es el siguiente:

1. El router designado del receptor (en este caso Router 1) envía un mensaje de PIM-Join al router designado del emisor y crea la entrada (S,G) en la tabla de encaminamiento multicast.
2. Cuando el router designado del emisor (en este caso Router 2) recibe el mensaje creará la entrada (S,G)
3. El router designado del receptor envía un mensaje de PIM-Prune al RP para eliminar toda referencia a esa rama del árbol compartido.

Basándose en la captura de mensajes de debug del router 1 del apartado anterior, se pide comprobar el proceso descrito mediante las siguientes cuestiones.

	<ul style="list-style-type: none"> • Incluir en la memoria los mensajes de debug donde se muestra el envío de un mensaje PIM-Join al router 2 (paso 1) y el mensaje de envío del mensaje PIM-Prune al RP (paso 3). • ¿Cuál será el camino de los datos multicast a través del SPT?
---	---

APÉNDICE

Lista de comandos

Para monitorizar los routers multicast, paquetes y paths:

- **show ip mroute** [group-name | group-address] [source] [summary] [count] [active kbps]

```
ROUTER10#sh ip mroute
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, C - Connected, L - Local, P - Pruned
       R - RP-bit set, F - Register flag, T - SPT-bit set, J - Join SPT
       X - Proxy Join Timer Running
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode

(*, 224.0.1.40), 08:22:27/00:00:00, RP 172.70.0.1, flags: SJPCL
  Incoming interface: Serial0, RPF nbr 172.50.0.1
  Outgoing interface list: Null

(*, 230.1.2.3), 06:03:48/00:02:58, RP 172.70.0.1, flags: SJCF
  Incoming interface: Serial0, RPF nbr 172.50.0.1
  Outgoing interface list:
    Ethernet0, Forward/Sparse, 00:14:18/00:02:42

(172.0.0.2, 230.1.2.3), 05:39:22/00:02:56, flags: CJT
  Incoming interface: Serial0, RPF nbr 172.50.0.1
  Outgoing interface list:
    Ethernet0, Forward/Sparse, 00:14:18/00:02:42

(172.40.0.2, 230.1.2.3), 00:39:29/00:02:50, flags: CJT
  Incoming interface: Serial0, RPF nbr 172.50.0.1
  Outgoing interface list:
    Ethernet0, Forward/Sparse, 00:14:18/00:02:41

(172.80.0.2, 230.1.2.3), 06:03:49/00:03:23, flags: CFT
  Incoming interface: Ethernet0, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    Serial0, Forward/Sparse, 00:43:41/00:03:24
```

- **mrinfo** [hostname|address] [source-address]

```
ROUTER10#mrinfo ?
  Hostname or A.B.C.D Router to request info from
  <cr>

ROUTER10#mrinfo 172.10.0.1 ?
  BRI          ISDN Basic Rate Interface
  Ethernet      IEEE 802.3
  Hostname or A.B.C.D Source address or interface for request
  Null          Null interface
  Serial        Serial
  <cr>

ROUTER10#mrinfo 172.10.0.1 serial 0 ?
  <cr>
```

```

ROUTER10#mrinfo 172.10.0.1 serial 0
Translating "serial"...domain server (255.255.255.255)
172.10.0.1 [version 12.2] [flags: PMA]:
  172.0.0.1 -> 0.0.0.0 [1/0/pim/querier/leaf]
  172.10.0.1 -> 172.10.0.2 [1/0/pim]
  172.50.0.1 -> 172.50.0.2 [1/0/pim]

ROUTER10#mrinfo 172.10.0.1 serial 0
Translating "serial"...domain server (255.255.255.255)
172.10.0.1 [version 12.2] [flags: PMA]:
  172.0.0.1 -> 0.0.0.0 [1/0/pim/querier/leaf]
  172.10.0.1 -> 172.10.0.2 [1/0/pim]
  172.50.0.1 -> 172.50.0.2 [1/0/pim]

ROUTER10#mrinfo 172.50.0.2 serial 0
Translating "serial"...domain server (255.255.255.255)
172.50.0.2 [version 12.0] [flags: PMSA]:
  172.80.0.1 -> 0.0.0.0 [1/0/pim/querier/leaf]
  172.50.0.2 -> 172.50.0.1 [1/0/pim]
  172.60.0.1 -> 0.0.0.0 [1/0/pim/leaf]

```

- **mstat** source [destination] [group] → Muestra la cantidad de paquetes multicast y la información perdida

```

ROUTER10#mstat ?
  Hostname or A.B.C.D Source to trace route from
  <cr>

ROUTER10#mstat 172.80.0.1 ?
  Hostname or A.B.C.D Destination of route
  <cr>

ROUTER10#mstat 172.80.0.1 172.0.0.1 230.1.2.3
Type escape sequence to abort.
Mtrace from 172.80.0.1 to 172.0.0.1 via group 230.1.2.3
From source (?) to destination (?)
Waiting to accumulate statistics.....
Results after 10 seconds:

  Source      Response Dest  Packet Statistics For  Only For Traffic
172.80.0.1    172.80.0.1  All Multicast Traffic  From 172.80.0.1
  |  ___/  rtt 128 ms  Lost/Sent = Pct Rate  To 230.1.2.3
  v  /  hop 174 s  -----
172.80.0.1
172.50.0.2    ?
  |  ^  ttl 0
  v  |  hop 0 ms  -1/2 = --%  0 pps  0/0 = --%  0 pps
172.50.0.1    ?
  |  \_  ttl 1
  v  \  hop -173 s  6  0 pps  0  0 pps
172.0.0.1      172.80.0.1
Receiver      Query Source

ROUTER10#mstat 172.40.0.1 172.0.0.1 230.1.2.3
Type escape sequence to abort.
Mtrace from 172.40.0.1 to 172.0.0.1 via group 230.1.2.3
%Error opening tftp://255.255.255.255/router10-confg (Timed out)
From source (?) to destination (?)
Waiting to accumulate statistics.....
%Error opening tftp://255.255.255.255/router10.cfg (Timed out).
Results after 10 seconds:

```



```

Source      Response Dest  Packet Statistics For  Only For Traffic
0.0.0.0 172.50.0.2 All Multicast Traffic From 172.40.0.1
|  ___/ rtt 380 ms Lost/Sent = Pct Rate To 230.1.2.3
v  / hop 174 s -----
0.0.0.0
172.20.0.2 ? Reached RP/Core
| ^ ttl 0
v | hop 1427 ms -1/0 = --% 0 pps 0/1 = --% 0 pps
172.20.0.1
172.10.0.2 ?
| ^ ttl 1
v | hop -1 s 0/3 = --% 0 pps 1/1 = --% 0 pps
172.10.0.1
172.50.0.1 ?
| \_ ttl 2
v \ hop -173 s 5 0 pps 0 0 pps
172.0.0.1 172.50.0.2
Receiver Query Source

```

➤ **mtrace** source [destination] [group]

```

ROUTER10#mtrace 172.0.0.1 172.80.0.1 230.1.2.3
Type escape sequence to abort.
Mtrace from 172.0.0.1 to 172.80.0.1 via group 230.1.2.3
From source (?) to destination (?)
Querying full reverse path...
0 172.80.0.1
-1 172.80.0.1 PIM thresh^ 0 3 ms [172.0.0.0/16]
-2 172.50.0.1 PIM thresh^ 0 -173945 ms [172.0.0.0/16]
-3 172.10.0.2 PIM thresh^ 0 -175341 ms [172.0.0.0/16]
-4 172.20.0.2 PIM thresh^ 0 -176193 ms Reached RP/Core [172.0.0.0/16]

```

➤ **ping** [group-name | group-address]

```

ROUTER10#ping 172.70.0.1 //es la IP del RP
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 172.70.0.1, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 368/375/400 ms

```

➤ **show ip igmp groups** [group-name | group-address | type number]

```

ROUTER10#sh ip igmp groups 230.1.2.3
IGMP Connected Group Membership
Group Address  Interface      Uptime    Expires    Last Reporter
230.1.2.3      Ethernet0      00:11:01  00:02:54  172.80.0.2

```

➤ **show ip igmp interface** [type number]

```

ROUTER10#sh ip igmp interface
Ethernet0 is up, line protocol is up
Internet address is 172.80.0.1/16
IGMP is enabled on interface
Current IGMP version is 2
CGMP is disabled on interface
IGMP query interval is 60 seconds

```

```

IGMP querier timeout is 120 seconds
IGMP max query response time is 10 seconds
Last member query response interval is 1000 ms
Inbound IGMP access group is not set
IGMP activity: 5 joins, 4 leaves
Multicast routing is enabled on interface
Multicast TTL threshold is 0
Multicast designated router (DR) is 172.80.0.1 (this system)
IGMP querying router is 172.80.0.1 (this system)
No multicast groups joined
Serial0 is up, line protocol is up
Internet address is 172.50.0.2/16
IGMP is enabled on interface
Current IGMP version is 2
CGMP is disabled on interface
IGMP query interval is 60 seconds
IGMP querier timeout is 120 seconds
IGMP max query response time is 10 seconds
Last member query response interval is 1000 ms
Inbound IGMP access group is not set
IGMP activity: 1 joins, 0 leaves
Multicast routing is enabled on interface
Multicast TTL threshold is 0
Multicast groups joined: 224.0.1.40
Serial1 is up, line protocol is up
Internet address is 172.60.0.1/16
IGMP is enabled on interface
Current IGMP version is 2
CGMP is disabled on interface
IGMP query interval is 60 seconds
IGMP querier timeout is 120 seconds
IGMP max query response time is 10 seconds
Last member query response interval is 1000 ms
Inbound IGMP access group is not set
IGMP activity: 0 joins, 0 leaves
Multicast routing is enabled on interface
Multicast TTL threshold is 0
No multicast groups joined

```

➤ **show ip mcache** [group [source]]

```

ROUTER10#sh ip mcache
IP Multicast Fast-Switching Cache
(172.0.0.2/32, 230.1.2.3), Serial0, Last used: 00:00:08
 Ethernet0    MAC Header: 01005E01020300E0B05ACA200800
(172.40.0.2/32, 230.1.2.3), Serial0, Last used: 00:00:04
 Ethernet0    MAC Header: 01005E01020300E0B05ACA200800
(172.80.0.2/32, 230.1.2.3), Ethernet0, Last used: 00:00:04
 Serial0      MAC Header: 0F000800

```

➤ **show ip mpacket** [source-address | name] [group-address | name] [detail]

➤ **show ip pim interface** [type number] [count]

```

ROUTER10#sh ip pim interface

```

Address	Interface	Version/Mode Count Intvl	Nbr	Query	DR
172.80.0.1	Ethernet0	v2/Sparse	0	30	172.80.0.1
172.50.0.2	Serial0	v2/Sparse	1	30	0.0.0.0

172.60.0.1	Serial1	v2/Sparse	0	30	0.0.0.0
------------	---------	-----------	---	----	---------

- **show ip pim neighbour** [type number]

```
ROUTER3#sh ip pim neighbour
PIM Neighbour Table
Neighbour      Interface      Uptime/Expires  Ver  DR
Address                               Prio/Mode
172.10.0.2     Serial0        08:30:53/00:01:20 v2   1 / S
172.50.0.2     Serial1        08:24:52/00:01:35 v2   N /
```

- **show ip pim rp** [group-name | group-address]

```
ROUTER10#sh ip pim rp
Group: 224.0.1.40, RP: 172.70.0.1, v1, uptime 08:24:27, expires 00:02:33
Group: 230.1.2.3, RP: 172.70.0.1, v2, uptime 06:07:00, expires 00:04:19
```

- **clear ip igmp groups** [group-name | group-address | interface]
- **clear ip mroute** [* | group [source]]
- **debug ip mpacket** → para visualizar los paquetes multicast recibidos y enviados, para desactivar esta opción, hay que negar el comando.
 - no debug ip mpacket
- **debug ip pim [group-address]** → para visualizar los paquetes enviados y recibidos mediante el protocolo PIM.
- **debug ip igmp** → para visualizar los paquetes IGMP enviados y recibidos, además de todos los eventos.
- **debug ip mrouting** → para visualizar los cambios de la tabla de enrutamiento multicast.