PRÀCTICA 3: ROUTING MULTICAST amb PIM

Autor: Santiago Felici

1.- Objectiu

Configurar en la maqueta de routers que es mostra en la figura següent, routing multicast utilitzant PIM (Protocol Independent Multicast), tant en mode dens (PIM-DM, dense mode), mode dispers (PIM-SM, sparse mode) i en mod dispers-dens. Per a la configuració de mode dispers en PIM-SM utilitzarem punts de trobada o "Rendezvous Point" (que s'abreuja com RP). La implementació la realitzarem amb routers de Cisco Systems amb el seu sistema operatiu IOS[1] que suporta PIM. La realització d'aquesta pràctica requereix de l'ús de les aplicacions multicast vistes en pràctiques anteriors, bé SDR de les ferramentes Mbone (amb VIC i RAT) o bé amb VideoLAN. Per veure l'ús d'aquestes ferramentes veure l'annex III.

A més es pretén que l'alumne es familiaritze amb els comandaments dels routers de Cisco Systems per analitzar el comportament multicast. Per a l'anàlisi del trànsit multicast, seria interessant que l'alumne guardara en un fitxer a banda, per analitzar a posteriori les diferents eixides dels comandaments, donat que aquestos inclouen molta informació.

2.- Introducció

Una vegada el router sap per IGMP en quins grups multicast estan interessats els hosts de la seua LAN, ha de 'conspirar' o actuar com a apoderat dels seus clients, amb els altres routers per aconseguir que aquestos paquets li arriben des de qualsevol lloc on s'estiguen produint, utilitzant per a això protocols de routing multicast. Aquesta conspiració té dos plantejaments inicials, o que tot el mon estiga interessat en l'emissió multicast o que no ho estiga, la qual cosa dóna peu a funcionament dels protocols de routing en mode dens i dispers respectivament.

En el mode dens, inicialment els datagrames multicast es propaguen per tota la xarxa seguint un arbre òptim sense bucles i si algun router no està interessat envia un missatge de podat o 'prune' (prune=podar), formant l'arbre de distribución multicast. En el mode dispers, es presuposa que sols una minoria dels routers té membres del grup multicast i en principi no se li envia a cap; si a algun li interessa ho ha de sol·licitar amb un missatge explícit (join).

PM-DM utilitza la taula de routing inicast per a calcular rutes als emissors. El trànsit es transmet inicialmente per inundació, amb la qual cosa els routers no interessats poden enviar comandaments Prune (podar) o Graft (empeltar). La inundació (i el consegüent podat) es repeteix cada 3 minuts. Després d'aquesta primera inundació, per evitar bucles, els routers ejecuten el RPF check (Reverse Path Forwarding check).

El RPF és una forma d'evitar els bucles per inundación tant en PM-DM (Dense Mode) i PIM-SM (Sparse Mode o mode dispers), que consisteix en, que abans de reenviar per inundación un paquet, el router realitza la següent comprovació:

1. Analitza la interfície d'entrada del paquet i la seua adreça d'origen (unicast)
2. Consulta en la taula de rutes la interfície de la ruta òptima cap a l'adreça d'origen
3. Si la interfície d'entrada coincideix amb la de la ruta òptima, el paquet és acceptat i redistribuït per inundació.
4. En cas contrari el paquet es descarta ja que probablement es tracta d'un duplicat.

Destacar que el RPF check és incompatible amb rutes assimètriques, obviament.

Encara que PIM-DM és relativament simple, presenta problemes d'escalabilitat, com que cada router de la xarxa ha de mantener la relació de les 'branques' que pengen d'ell en l'arbre així com la relació de les branques que han sigut podades per a cada emissor i cada grup (cada parell (S,G), Source, Group). Per tant, la gran quantitat d'informació d'estat fa difícil establir un servei multicast en una xarxa gran per a un número elevat d'emissors i grups.

Com a alternativa a PIM-DM tenim PIM-SM, on no es fa inundació de la informació per part dels routers amb emissors actius i per localitzar als emissors, establim un punt de trobament o "Rendezvous Point" on els emissors es registren i els receptors vagen a preguntar. D'aquesta manera, es creen arbres compartits amb arrel comuna en el "Rendezvous Point", minimitzant la quantitat d'informació d'estat en els routers, mantenint sols información d'estat de (*, G) on * es el "Rendezvous Point" o centre de reunió d'emissors i G són els diferents grups multicast emessos des del "Rendezvous Point".

[1] Las versiones de IOS utilizadas son IP+ o IP plus

En PIM-SM, els missatges Join o Prune s'envien per la interfície per la que apunta la ruta unicast cap al "Rendezvous Point" (o cap a la font, en cas que s'etiga establint l'arbre SPT, Shortest Path Tree, directament amb ella). L'adreça de destinació d'aquestos missatges no és el "Rendezvous Point" o la font, sinò l'adreça multicast 224.0.0.13 pròpia de PIMv2 (PIM versió 2; per tant sols s'envia al següent router). El següent router, en funció del missatge rebut i la seua informació d'estat multicast, decideix si déu o no, propagar el Join o Prune al següent router cap a la font.

A més en PIM-SM pot fixar-se un llindar de trànsit a partir del qual els routers commuten d'arbre compatit amb arrel en el "Rendezvous Point" a arbre de distribució individual amb arrel en la font multicast o SPT. En el cas que la implementació de Cisco System, aquesta commutació es realitza amb el primer paquet multicast rebut en el receptor.

Comentar finalment que el "Rendezvous Point" es pot assignar per configuració en cada router i és possible assignar un "Rendezvous Point" diferents rangs d'adreces multicast.

Un altre element important en PIM-SM és el descobriment automàtic del "Rendezvous Point" (ex. Auto-RP de Cisco Systems), de forma que per evitar la configuració manual s'utilitzen protocols de descobriment del "Rendezvous Point" (no estandaritzats) que fa ús de dos grups multicast per distribuir els seus missatges, concretament "RP Announce: 224.0.1.39" and "RP Discovery: 224.0.1.40". Aquestos dos grups multicast han de distribuir-se necessàriament en mode dens.

També, existeix la possibilitat de configurar els routers multicast en mode mixte dens i dispers, de forma que si es coneix a un "Rendezvous Point" (per a un rang de adreces multicast) es treballa en mode dispers (per al rang d'adreces multicast especificat) i si no en mode dens, anomenat-se aquest mode PIM-SM-DM.

3.- Realització de la pràctica

LLEGIR ABANS DE COMENÇAR:

En el laboratori es van a desenvolupar diverses maquetes (maqueta X, on X serà 1, 2, 3, etc) cadascuna formada per tres routers que denominarem RP(X), RS1(X) i RS2(X). RP(X) té associats dos hosts, HP1(X) i HP2(X), mentres que RS1(X) i RS2(X) té associats els hosts HS1(X) i HS2(X) respectivament. Inicialment les maquetes són independents (figura 1), després s'interconecten totes entre sí (figura 2).

Els següents passos s'han de realitzar **de forma coordinada per tots els alumnes i pas a pas** durant tota la sessio i seguint les instruccions del guió. Prèviament, se suposa que els alumnes han d'estar familiaritzats amb la pràctica o haver-se llegit aquest document.

Tots els alumnes que participen en una mateixa maqueta, han de comprovar l'execució dels comandaments en els diferents routers de la seua maqueta, ja que la informació de cada router és sols parcial dins dels arbres multicast i per tant per analitzar el comportament del multicast necessitem conèixer la informació de cadascun dels router que formen la maqueta.

Es recomana tindre controlat el trànsit multicast per poder observar els arbres multicast creats per PIM. **En ocasions haurem d'utilitzar un analitzador de protocols (per exemple Ethereal o Wireshark) per comprovar realment el trànsit emés per cada ordinador.** A més, les línies serie entre els routers no permeten velocitats superiors a 128 Kb/s, per la qual cosa és important evitar superar els 110 Kbps com a màxim, ja que en cas de saturació no podran passar els missatges de PIM.

També es recomana **eliminar qualsevol tallafocs**[2] configurat, per evitar que el trànsit multicast siga filtrat.

Els passos a realitzar en aquesta pràctica són:

<u>Pas 0: cablejat de la maqueta</u>

[2] En Linux desactive el firewall, "**services iptables stop".** En MS Windows, mirar en la esquina inferior derecha la aplicación en ejecución del cortafuegos y pinchando con el botón derecho, seleccionar "desactivar cortafuegos".

En primer lloc comprovar la connectivitat física de tota la maqueta tal i com s'indica en la següent figura. En el cas de les LAN de RP(X), a la que es connecta el router i dos hosts, és precís utilitzar un hub o commutador. En el cas que els routers disposen de diverses interfaces LAN, escollir aquella de major velocitat.

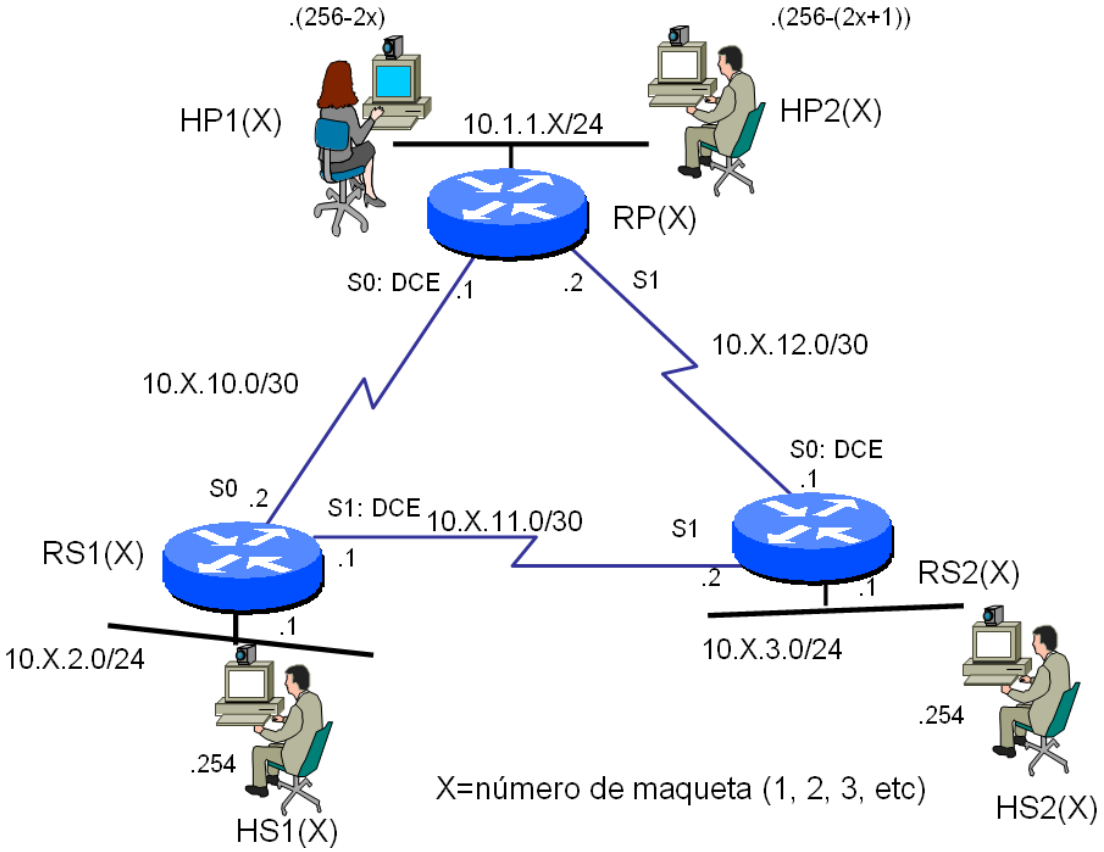

Figura 1. Maqueta independient de tres routers en mallat complet.

Pas 1: configuració de tots els routers amb OSPF

En aquest pas anem a configurar lògicament la maqueta, concretament els seus routers. Com hi ha diverses maquetes, cada maqueta vindrà identificada per un número en base al qual es realitzarà l'assignació d'adreces IP. En concret, la variable X que apareix en l'assignació de IP fa referència al número de maqueta (1, 2, 3, ...) que assignarà el professor a l'inici de la sessió.

Segons la figura, les assignacions de IP són:

Router RP(X)
- LAN 10.1.1.X/24
- S0 (DCE) 10.X.10.1/30
- S1 10.X.12.2/30

Router RS1 (X)
- LAN 10.X.2.1/24
- S0 10.X.10.2/30
- S1 (DCE) 10.X.11.1/30

Router RS2 (X)
- LAN 10.X.3.1/24
- S0 (DCE) 10.X.12.1/30
- S1 10.X.11.2/30

Comentari DCE/DTE: per simplificació, podem configurar com DCE totes les interfaces amb "`clock rate`" i aquelles que no siguen DCE ignonaran eixe comandament.

***Exemple**: En la maqueta 2, la IP del router RS1(2) en la seua LAN serà 10.2.2.1/24 i la IP del router RP(2) en la seua LAN serà 10.1.1.2/24. Per al cas dels hosts connectats en LAN de RP(2), serà en cada cas host HP1(2) 10.1.1.(256-2x) i host HP2(2) 10.1.1.(256-(2x+1)), i com x=2 per ser la maqueta 2, per tant 10.1.1.252 i 10.1.1.251.*

En concret les IPs de les interfaces són:

Equip	Interfície	Maqueta 1	Maqueta 2	Maqueta 3	…	Maqueta x
RP	Fastethernet 0	10.1.1.1	10.1.1.2	10.1.1.3		10.1.1.x
	Serial 0	10.1.10.1	10.2.10.1	10.3.10.1		10.x.10.1
	Serial 1	10.1.12.2	10.2.12.2	10.3.12.2		10.x.12.2
HP1	Eth0	10.1.1.254	10.1.1.252	10.1.1.250		10.1.1.(256-2x)
HP2	Eth0	10.1.1.253	10.1.1.251	10.1.1.249		10.1.1.(256-(2x+1))
RS1	Fastethernet 0	10.1.2.1	10.2.2.1	10.3.2.1		10.x.2.1
	Serial 0	10.1.10.2	10.2.10.2	10.3.10.2		10.x.10.2
	Serial 1	10.1.11.1	10.2.11.1	10.3.11.1		10.x.11.1
HS1	Eth0	10.1.2.254	10.2.2.254	10.3.2.254		10.x.2.254
RS2	Fastethernet 0	10.1.3.1	10.2.3.1	10.3.3.1		10.x.3.1
	Serial 0	10.1.12.1	10.2.12.1	10.3.12.1		10.x.12.1
	Serial 1	10.1.11.2	10.2.11.2	10.3.11.2		10.x.11.2
HS2	Eth0	10.1.3.254	10.2.3.254	10.3.3.254		10.x.3.254

Els passos per configurar els routers són:

NOTA: En cap moment, s'indica al llarg de la pràctica guardar la configuració dels routers. Amb això se simplifica l'últim pas de la pràctica, que consisteix en deixar la maqueta i els routers configurats tal com estava a l'inici.

a.- utilitzarem la conexió de consola mitjançant el programa d'emulació de terminal "minicom" (comandament **'minicom'**) o HyperTerminal en MS Windows (Programes->Accesoris->Comunicacions->HyperTerminal). La configuració del programa d'emulació ha de ser la següent:

- Velocidad 9600 bits/s
- Sin paridad
- 8 bits de datos
- bit de parada (8N1)
- Dispositivo de entrada: ttyS0 o COM1

b.- encendre el router. Ha d'aparéixer la seqüència de missatges d'arranc. Açò ens confirma que la comunicació pel port de consola és correcta.

c.- Una vegada ha arrencat el router ha d'aparéixer el prompt `'Router>'`; teclejar el comandament **`'enable'`** per passar a mode Privilegiat. En cas que demane un password consultar al professor.

d.- Executar el comandament "`show ip interface brief`" i prendre nota dels noms assignats a les interfícies en cada model de router. El nom de les interfícies depen del model i s'utilitzaran a continuació.

e.- Una vegada en mode Privilegiat entrarem en mode Configuració Global per introducir la configuració que correspon a cada router, seguint el següent model. Utilitzeu en cada router, el nom per identificar a les diferents interfícies, tal com s'ha indicat anteriorment.

Exemple, per al router RS1 de maqueta 2, configurat sobre un router Cisco Systems 1721. Teniu en compte que els noms de les interfícies així com la identificació de cadascuna d'elles depén segons el model. Per eixe motiu, s'executà prèviament el comandament "`show ip interface brief`" per saver el nom de les interfícies en el router i model utilitzat.

```
Router>enable
Router#configure terminal
Router(config)#hostname RS1(2)
RS1(2) (config)#no ip domain-lookup
```

```
RS1(2) (config)#interface fastethernet 0
RS1(2) (config-if)#ip address 10.2.2.1 255.255.255.0
RS1(2) (config-if)#no shutdown
RS1(2) (config)#interface serial 0
RS1(2) (config-if)#ip address 10.2.10.2 255.255.255.252
RS1(2) (config-if)#clock rate 128000[3]
RS1(2) (config-if)#no shutdown
RS1(2) (config)#interface serial 1
RS1(2) (config-if)#ip address 10.2.11.1 255.255.255.252
RS1(2) (config-if)#clockrate 128000
RS1(2) (config-if)#no shutdown
RS1(2) (config-if)#exit
```

Com a routing anem a utilitzar en aquest cas un protocol estat de l'enllaç no propietari, concretament OSPF (OSPF, Open Shortest Path First). Per a això cal habilitar el OSPF declarant totes les interfícies de cada router dins de l' "*àrea 0*", és a dir, anem a configurar totes les xarxes com a part de l'àrea backbone (troncal) i per tant tots els routers van a disposar de la mateixa informacio de la xarxa. Una altra forma per realitzar aquesta configuració OSPF, seria en el cas de tenir una xarxa de dimensions majors, utilitzant routing jeràrquic, amb múltiples àrees. La forma de configurar OSPF és com segueix:

Router(config)#router ospf xxx
Router(config-router)#network *d.d.d.d m.m.m.m* ***area 0***

On xxx és un número o identificatiu de procés que executa OSPF intern per al router (per exemple, podem posar "`router ospf 1`" o qualsevol valor), *d.d.d.d* són adreces de xarxa de xarxes directament connectades i *m.m.m.m* és una "*wildmask*", és a dir té signficat invers de la màscara, 1's en lloc de 0's. Exemple, /24 seria 0.0.0.255 en lloc de 255.255.255.0. Per poder introduir aquesta configuració, tenim 2 opcions:

- Especificar l'adreça de les subxarxes de les interfícies que se vagen a anunciar amb la seua *wildmask* apropiada, o en el seu defecte declarar la classe major que inclou a les interfícies i deixar que el propi procés anuncie sol les subxarxes dins de la classe major declarada
- Especificar la IP de les interfícies que es vagen a anunciar amb *wildmask* 0.0.0.0, és a dir, fixant únicament la IP de la interfície i deixant que el procés prenga la màscara completa de la interfície identificada

D'aquestos mètodes, el més simple i el que anem a utilitzar és el primer en el seu mode per defecte amb declaració de la classe major. Per tant, en el nostre cas bastarà declarar

(config)#router ospf 1
(config-router)#network *10.0.0.0 0.255.255.255* ***area 0***

Una vegada configurat OSPF i abans d'executar cap comandament més, anem a borra les possibles rutes apreses si hi hagueren per forçar que el router obtinga les rutes utilitzant per a ells el nou protocol de routing configurat. Per a això, hem d'executar

Router#clear ip route *

Una vegada inicialitzada la taula de rutes (Routing Table (RT)), contrastar la informació que ens ofereix sobre OSPF els següents comandaments:

Router# show ip protocol
Router# show ip ospf nei

Router# show ip route

¿Es veuen totes les xarxes? En cas que no es vegen totes les xarxes comprovar que les configuracions són correctes i que les interfícies de tots els routers estan operatives. Si tot està correcte, deixa un temps per a que les taules de rutes s'estabilitzen donat que OSPF ha de fer amb els LSP (Link State Packets) l'arbre unicast SPF.

Prova a realitzar *ping* a totes les interfícies dels routers. Si no funciona, ¡resol els problemes!.

[3] **Comentario DCE/DTE**: por simplificación, podemos configurar como DCE todas las interfaces con "`clock rate`" y aquellas que no sean DCE ingonarán dicho comando.

Fins que no existesca connectivitat IP total no podem continuar, donat que PIM requereix connectivitat IP del protocol de routing utilitzat.

Exercici teòric:

Abans de seguir amb els següents passos, anem a realitzar un exercici teòric previ a routing multicast, que és l'arbre de distribució broadcast truncat (ABT) o Source Distribution Tree (SDT). Com sabem PIM va a calcular aquestos arbres tant per al mode dens com per al mode dispers, utilitzant la informació de routing unicast (que es pot deduir a través de l'esquema de la maqueta) en base al RPF check (Reverse Path Forwarding check).

Calculeu el ABT o SDT: suposeu que en totes les LAN hi ha receptors multicast i tots els routers executen PIM. Veure figura de la maqueta per a detalls de IP i connexions.

a.- utilitzant mode dens i amb un emissor en la LAN del router RP(X).
-
-
-
-
-

b.- utilizant mode dispers i sent el "Rendezvous Point", el router RP(X) i amb un emissor en la LAN del router RS2(X).
-
-
-
-
-

Pas 2: configuració dels hosts

En aquest pas anem a configurar els hosts, que prèviament haurem connectat en les seues corresponents LANs. Hem d'assignar-les a una adreça IP i una ruta per defecte. La configuració en els hosts és :

En el cas d'utilitzar Windows, utilitzar "Propietats" en "Les meues connexions de Xarxa" i allí configurar la IP i la ruta per defecte de forma manual.

i LINUX :

```
ifconfig eth0 inet d.d.d.d netmask 255.255.255.0
route add default gw r.r.r.r
```

on "*d.d.d.d*" és l'adreça del host d'acord amb la figura de la maqueta de la pràctica i "*r.r.r.r*" és la ruta per defecte.

Novament, anem a comprovar la connectivitat dels hosts, en aquest cas sols als hosts connectats en la LAN de RP(X).

Pas 3: creació d'una única sessió multicast utilitzant les ferramentes vistes en pràctiques anteriors en un host de la LAN del router RP(X)

Una vegada tenim connectivitat IP entre tots els hosts i routers de la maqueta, anem a llançar una única sessió multicast amb un àmbit a nivell d'organització o món i crear per tant l'emissor multicast a través de les ferramentes disponibles en un dels hosts connectats en la LAN del router RP(X).

Per a això, en primer lloc connectarem la càmera USB, (i l'auricular i micròfon per al cas d'emissió d'audio). Llancem l'aplicació utilitzada per a la creació de sessions multicast, anotem la IP del grup multicast utilitzada i els ports en els que s'emet. Consultar l'ajuda de les ferramentes en l'annex III.

En la resta d'ordinadors (un en cada LAN de tots els routers), inclòs on està l'emissor anem a configurar els receptor i tractar de sintonitzar el grup multicast anunciat.

¿Tenim èxit?:_____
¿Per què?:_____

Abans de continuar al següent pas, hem de desconectar tots els receptors existents i deixar sols l'únic emissor connectat.

Pas 4: routing multicast amb PIM-DM o PIM en Mode Dens

Una vegada llançada la sessió multicast, podem observar que en la resta de host en altres LAN no rebem les sessions noves anunciades, simplement perquè no tenim encara routing multicast. Per solucionar-lo, anem a utilitzar PIM-DM. En aquestos moments no ha d'haver cap receptor multicast connectat, sols l'emissor del pas anterior.

Per configurar tots els routers per a que executen IP multicast, IGMP i PIM, cal introduir el següent comandament en mode global de configuració:

Router(config)#ip multicast-routing

A continuació, per activar PIM-DM, cal anar interfície per interfície i en TOTES elles i en TOTS els routers, configurar com vegem per a un cas general *xxx/yyy*

Router(configf)#interface xxx/yyy
Router(config-if)#ip pim dense-mode

És important configurar TOTES les interfícies, donat que PIM utilitza la taula de rutes unicast per al RPF i per tant, si les interfícies treballen en unicast, també l'han de fer per multicast.

Amb la configuració de PIM-DM en els routers, tenim disponibles en els routers els següents comandaments, els quals seria interessant executar i prendre nota de les seues diferents sortides.

Els comandaments **disponibles de la versió de IOS utilitzada**, centrant-nos **en les opcions multicast** les podem veure en l'Annex I i Annex IV.

Ara, executar els següent comandaments. Seria interessant prendre nota (o guardar en fitxer) en especial de les següents sortides, per analitzar-les posteriorment, donat que vas a apareixer diferents adreces IP multicast i molta informació a processar en una única sessió. Per poder interpretar les adreces multicast podem fer ús dels servidors DNS en algun host connectat a Internet, mitjançant preguntes amb els comandaments "`nslookup`" en MS Windows o "`host`" en Linux. Exemple, en Linux "`host 224.0.0.1`" ens indica que és ALL-SYSTEMS.MCAST.NET. A més en l'Annex II existeix una relació d'adreces multicast.

A més, tal i com hem comentat anteriorment, seria interessant llançar un analitzador de protocols (per exemple Ethereal o Wireshark) per veure el trànsit IP multicast generat pels hosts de cada LAN, per veure la coherència dels comandaments executats a continuació, per exemple amb el comandament "`src net 10.1.1.0/24 and ip multicast`" per veure els paquets multicast amb origen la LAN de RP(1).

Una altra forma de comprovar el trànsit multicast en la LAN és a través de IGMP. Ja que són els routers els qui gestionen IGMP, podem veure les sol·licituds/abandonaments de trànsit multicast amb:

`Router#debug ip igmp`
(per desactivar-lo executem "`undebug all`")

Encara que no existesquen receptors en el grup de l'emissor multicast creat en el pas anterior, podem comprovar com els router segueixen participant en diferents grups multicast. En particular, el grup creat anteriorment, si no existeixen receptors, no ha d'apareixer.

Passem en primer lloc a executar en tots els routers (les sortides van a ser diferents per a cada router), els següents comandaments ens donen informació de IGMP, el seu estat en cada interfície i els grups que gestiona:

```
Router#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address    Interface                Uptime    Expires   Last Reporter
-
-
-
-
-
```

```
Router#show ip igmp interface
-
-
-
-
-
```

El següent comandament ens dóna informació dels arbres multicast. Detall d'aquest comandament el tenim en l'Annex IV. La sortida d'aquest comandament està estructurada pels diferents grups multicast (*, G) i després el detall de les diferents fonts (S, G). En mode dens, ens indica que no hi ha "Rendesvous Point" amb RP 0.0.0.0 i amb RPF nbr (Reverse Path Forwarding neighbor) la IP del router en la branca següent de l'arbre multicast. Per al grup (*, G) manté actiu el flag D de dens. Per a les fonts (S, G) ens indica amb el flag T està treballant amb l'arbre SPT.

Per a cada (S, G) ens determina a més les interfícies del router que participen en l'arbre.

```
Router#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, s - SSM
Outgoing interface flags: H - Hardware switched
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode
-
-
-
-
-
```

Altres comandaments interessants i complementaris a l'anterior són amb l'opció de resum (`summary`) i amb l'opció de "`active`" per visualitzar sols aquelles fonts que emeten trànsit major que un cert llindar:

```
Router#show ip mroute summary
Router#show ip mroute active
```

El següent comandament ens permet veure les interfícies configurades per multicast amb PIM. Han de ser tots com hem dit abans.

```
Router#show ip pim interface
-
-
-
-
-
```

El següent comandament ens permet veure el trànsit multicast d'entrada i sortida per les interfícies del router.

```
Router#show ip pim interface count
-
-
-
-
-
```

Els següent comandament ens permet veure els veïns que executen PIM.

```
Router#show ip pim nei
-
-
-
-
-
```

Per comprovar les adjacències establertes pel protocol PIM podem llançar el mode depuració:

```
Router#debug ip pim
```
(per desactivar-lo executem "`undebug all`")

Ara podríem comprovar que les sessions multicast es poden visualitzar en qualsevol host de qualsevol LAN, si tenim la maqueta ben configurada. Però per provar-ho, ho farem a través de les següents proves, executant en cadascuna d'elles els comandaments vistos anteriorment.

Un altre comentari per poder analitzar els diferents resultats, és que **els usuaris suscrits a un grup multicast, de forma indirecta participen com a emissors multicast** en enviar paquets amb el protocol RTCP, per tant en una emissió si s'utilitza RTP que és l'habitual, hi haurà tants emissors com receptors i viceversa, és a dir tant arbres com LAN amb hosts en el grup multicast.

Passem a realitzar les següents proves i interpretar els resultats corresponents, en tots els routers de la maqueta. Teniu en compte que els canvis a produir poden dur el seu temps (de l'orde de minuts), tal i com s'indicà en la introducció.

En particular el comandament "**`show ip mroute [source][group]`**" permet observar les rutes multicast per a un origen (source) o grup (group) en concret. En el nostre cas particular, pot ser útil fixar "`source`", com la IP de l'emissor multicast en la LAN de RP(X).

Realitzeu les següents proves:

a.- comprovar l'arbre de distribució quan sols tenim un emissor i un receptor, per exemple en la LAN del router RP(X). ¿Coincideix amb l'estimat prèviament?

b.- una vegada vist l'arbre de distribució creat, desconectar el receptor. Esperar el temps necessari fins que l'arbre de distribució s'haja modificat, ¿quin és el nou arbre?

c.- ara conectar en cada LAN un receptor i analitzar quin és el nou arbre de distribució

d.- una vegada tenim tot l'arbre, ¿què passaria si desconectàrem l'emissor?

Pas 5: routing multicast amb PIM-SM o PIM en Mode Dispers

Un dels inconvenients del PIM-DM és la quantitat innecessària de trànsit que es realitza.

¿Per què?
-
-
-
-
-

Per solucionar-lo, plantegem utilitzar PIM-SM. En primer lloc anem a eliminar qualsevol tipus de configuració relacionada amb PIM-DM simplement amb el comandament:

*Router(config)# **no** ip multicast-routing*

Una vegada borrada la configuració, tornarem a procedir com en el pas anterior.

Router(config)#ip multicast-routing

Y a continuació, activem PIM-SM, en TOTES les interfícies dels routers, que per a un cas general *xxx/yyy*

Router(configf)#interface xxx/yyy
Router(config-if)#ip pim sparse-mode

Un altre element necessari i característic dels modes de routing multicast en mode dispers per a PIM-SM, és especificar el lloc de cita dels emissors multicast o sessions multicast, en el que hem anomenat ("Rendezvous Point"). Per configurar el "Rendezvous Point" en els routers, hem d'introduir en tots els routers

Router(config)#ip pim rp-address "d.d.d.d"

on en aquest cas "*d.d.d.d*" és l'adreça d'un router que realitzarà el paper de "Rendezvous Point", En el nostre cas configurarem qualsevol de les IPs de les interfícies del router RP(X). En el mateix RP(X), podem bé no configurar res o configurar-se a ell com el seu propi "Rendezvous Point".

Una vegada realitzada la configuració anterior, comprovar que totes les interfícies estan en mode dispers.

Executar els següents comandaments. Seria interessant prendre nota (o guardar en fitxer) en especial de les següents eixides per analitzar-les. Destacar que la versió PIM-SM en Cisco Systems commuta ràpidament (amb el primer paquet) del ABT amb "Rendezvous Point" al mode SPT.

```
Router#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address    Interface                Uptime    Expires   Last Reporter
-
-
-
-
-

Router#show ip igmp interface
-
-
-
-
-
```

El següent comandament ens dóna informació dels arbres multicast. Una descripció detallada d'aquest comandament la tenim en l'Annex IV. La sortida d'aquest comandament està estructurada pels diferents grups multicast (*, G) i després el detall de les diferents fonts (S, G).

En mode dispers, ens indica per a (*, G) el "Rendezvous Point" amb RP i la IP, a més el flag S ens indica que estem en mode Sparse. Amb RPF nbr (Reverse Path Forwarding neighbor) la IP del router en la branca ascendent de l'arbre multicast. Per a (S, G) es poden observar els flags de T o J, que ens donen informació de si la ruta és segons SPT en el cas de T o si el ABT ha conmutat a SPT per superar el llindar de trànsit en cas de J. Donat que la commutació d'ABT a SPT per defecte és amb 0 Kbps, no observarem els arbres amb arrel en el "Rendezvous Point", encara que si ens indicara que ha sigut el punt de trobada.

Per a cada (S, G) ens determina a més les interfícies del router que participen en l'arbre.

```
Router#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, s - SSM
Outgoing interface flags: H - Hardware switched
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode
-
-
-
-
```

-

Router#show ip mroute summary
Router#show ip mroute active

Router#show ip pim interface
-
-
-
-
-

Router#show ip pim interface count
-
-
-
-
-

Router#show ip pim nei
-
-
-
-
-

Router#debug ip pim
(per desactivar-lo executem "`undebug all`")

Ara, anem a comprovar el mapeig de "Rendezvous Point" i el seu funcionament. Per a això, executem

Router#show ip pim rp mapping
-
-
-
-
-

Router#debug ip pim auto-rp
(per desactivar-lo executem "`undebug all`"). En aquest cas, el mapeig és estàtic, encara que no per això el router tracta de buscar anuncis de RP.
-
-
-
-
-

Tracta de descriure en base als comandaments anteriors, les diferències més evidents entre PIM-DM i PIM-SM.
-
-
-
-
-
¿Quins són els nous arbres de distribució creats quan utilitzem "Rendezvous Point"?
-
-
-
-
-

Realitzar les mateixes proves que en l'apartat anterior, per veure com evoluciona el routing multicast.

¿Afectaria per a alguna cosa en PIM si utilitzarem EIGRP en lloc de OSPF?
-
-

¿Quina versió de PIM utilitzen els routers de la pràctica?

-
-

Pas 6: PIM-SM-DM

Com hem comentat anteriorment, es pot preveure en aquesta maqueta una configuració mixta de PIM-DM i PIM-SM, de forma que si es coneix un RP es treballe com PIM-SM i si no com PIM-DM.

Per a això hen de configurar les interfícies que poden conéixer a un RP de la següent forma per a un cas general *xxx/yyy*

Router(configf)#interface xxx/yyy
Router(config-if)#ip pim sparse-dense-mode

Per norma general, les interfícies WAN se solen associar al mode SM donat que disposen d'un menor ample de banda i les interfícies LAN al mode DM.

Pas 7: PIM-SM i connexió de TOTES les maquetes

Per poder observar els arbres amb major número de nodes, anem a interconnectar les diferents maquetes utilitzant per a això la LAN dels routers RP(X), connectant per tant RP(1), RP(2), RP(3), ... tal i com es mostra en la següent figura. Per a això utilitzarem cables creuats per connectar cada commutador de les maquetes en les taules laterals amb el commutador de la taula central. En definitiva, el que fem en unir els routers RP(X) i els hosts HP1(X) i HP2(X) en una mateixa LAN.

Tal i com hem assignat les adreces en el pas 1, les IPs dels diferents routes interconnectats seran (si ho hem realitzat correctament) 10.1.1.1/24, 10.1.1.2/24, 10.1.1.3/24, etc, respectivament per a RP(1), RP(2), RP(3), ...

Per realitzar les dues unions entre el commutador i la maqueta 3 (router RP(3) i host HP1(3)) sense haver de moure equips ni creuar cables pel laboratori utilitzarem dos ponts que hi ha establerts entre la taula central i la lateral, concretament entre les rosetes números 538 i 557 i entre la 547 i 559.

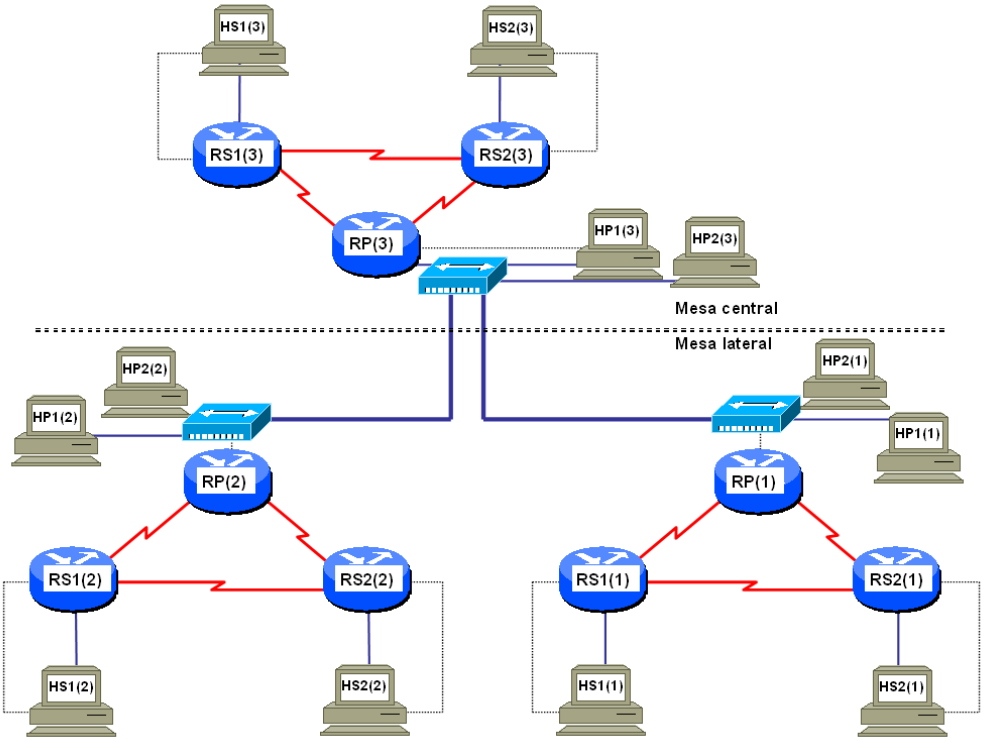

Figura 2. Maqueta completa d'unió de totes les maquetes independents.

Una vegada cablejat tot, hem d'observar TOTES les rutes unicast en TOTS els routers i per a això executarem els següents comandaments:

Router#clear ip route *

Una vegada borrades les restes de l'anterior taula de rutes, observem la nova taula creada amb:

Router# show ip route

En cas de no veure totes les xarxes comprovar que les configuracions són correctes i que les interfícies de tots els routers estan operatives i no hi ha IPs duplicades. Si tot està correcte,, deixa un temps per a que les taules de rutes s'estabilitzen donat que OSPF ha de rebre tots els LSP's (Link State Packets) i calcular l'arbre unicast SPF, en base al qual crea la taula de rutes en el router.

Per poder treballar conjuntament anem a configurar un únic lloc de cita dels emissors multicast o sessions multicast o "Rendezvous Point".

Anem a fixar en tots els routers com a "Rendez vous Point" a RP(1).

Per a això, tal i com hem fet anteriorment, ham d'introduir en tots els routers

Router(config)#ip pim rp-address "d.d.d.d"

on en aquest cas "*d.d.d.d*" és qualsevol de les IPs de les interfícies del router RP(1). En el mateix RP(1), podem bé no configurar res o configurar-la a ell com el seu propi "Rendezvous Point".

A més, tornem a configurar PIM-SM, per a això hem de configurar les interfícies per a un cas general *xxx/yyy*

Router(configf)#interface xxx/yyy
Router(config-if)#ip pim sparse--mode

Una vegada realitzada la configuració anterior, comprovar que totes les interfícies estan en mode dispers.

Ara sols el host HP1(1) realitzarà una emissió multicast que tots els altres hosts rebran. Recordem no superar el cabal màxim de 110 Kb/s. No ha d'haver cap altre emissor.

Executar els següents comandaments. Seria interessant prendre nota en especial de les següents sortides, per analitzar-les:

```
Router#show ip igmp interface
-
-
-
-
-

Router#show ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address    Interface                Uptime    Expires   Last Reporter
-
-
-
-
-

Router#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, s - SSM
Outgoing interface flags: H - Hardware switched
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode
-
-
-
-
```

-

Router#show ip pim interface
-
-
-
-
-

Router#show ip pim interface count
-
-
-
-
-

Router#show ip pim nei
-
-
-
-
-

Router#debug ip pim
(per desactivar-lo executem "`undebug all`")

Ara, anem a comprovar el mapeig de "Rendezvous Point" i el seu funcionament. Per a això, executem

Router#show ip pim rp mapping
-
-
-
-
-

Router#debug ip pim auto-rp
(per desactivar-lo executem "`undebug all`")
-
-
-
-
-

Pas 8: deixar-lo tot com al principi

Finalitzada la pràctica, deixarem la configuració dels equips i la maqueta tal i com estava al començament de la pràctica.

ANNEX I: Comandaments IP multicast en IOS c1700-sy-mz.122-11.T11

```
Router#show ip ?
  dvmrp                DVMRP information
  igmp                 IGMP information
  mpacket              Display possible duplicate multicast packets
  mrm                  IP Multicast Routing Monitor information
  mroute               IP multicast routing table
  msdp                 Multicast Source Discovery Protool (MSDP)
  mtag                 IP Multicast Tagswitching TIB
  pim                  PIM information

Router#show ip msdp[4] ?
  count     SA count per AS
  peer      MSDP Peer Status
  sa-cache  MSDP Source-Active Cache
  summary   MSDP Peer Summary

Router#show ip pim ?
  autorp      Global AutoRP information
  bsr-router  Bootstrap router (v2)
  interface [count]  PIM interface information
  neighbor    PIM neighbor information
  rp          PIM "Rendezvous Point" (RP) information
  rp-hash     RP to be chosen based on group selected

Router#debug ip ?
  cgmp       CGMP protocol activity
  dvmrp      DVMRP protocol activity
  igmp       IGMP protocol activity
  mbgp       MBGP information
  mhbeat     IP multicast heartbeat monitoring
  mpacket    IP multicast packet debugging
  mrm        IP Multicast Routing Monitor
  mrouting   IP multicast routing table activity
  msdp       Multicast Source Discovery Protocol (MSDP)
  mtag       IP multicast tagswitching activity
  pim        PIM protocol activity

Router#show ip igmp ?
  groups      IGMP group membership information
  interface   IGMP interface information
  membership  IGMP membership information for forwarding
  tracking    IGMP Explicit Tracking information
  udlr        IGMP undirectional link multicast routing information
```

[4] MSDP Multi Source Discovery Protocol, és un protocol per al descobriment de RP entre diferents sistemes autònoms.

Annex II: Relació d'adreces multicast i assignació

Rang	**Ús**
224.0.0/24	Bloc de control de la xarxa local. No propagat pels routers. Assignat per la IANA
224.0.1/24	Bloc de control per a Internet. Assignat per la IANA
224.0.2/24 – 224.0.255/24	Bloc per a assignacions ad-hoc
224.1/16	Grups multicast Stream Protocol
224.2/16	**Bloc SDP/SAP (MBone)**
232/8	Multicast específic de la font (SSM)
233/8	Reservat per a 'glop addressing', que inclou byte 2 i 3 amb el sistema autònom.
239/8	Multicast amb àmbit limitat per l'adreça
255.255.255.255/32	Broadcast confinat a la LAN

Scope IPv6	**Àmbit**	**Adreces IPv4 (RFC 2365)**
0	Reservat	
1	Node	
2	**Nivell d'enllaç (LAN)**	**224.0.0.0/24 239.255.0.0/16**
3	(sense assignar)	
4	(sense assignar)	
5	Ubicació (ej. Campus)	
6	(sense assignar)	
7	(sense assignar)	
8	**Organització**	**239.192.0.0/14**
9	(sense assignar)	
A	(sense assignar)	
B	(sense assignar)	
C	(sense assignar)	
D	(sense assignar)	
E	Global	224.0.1.0-238.255.255.255
F	Reservat	

Adreça	**Úsamb**
224.0.0.0	**Reservada**
224.0.0.1	**Hosts amb suport multicast**
224.0.0.2	**Routers amb suport multicast**
224.0.0.4	**Routers DVMRP (routing multicast)**
224.0.0.5	**Routers OSPF**
224.0.0.6	**Routers OSPF designats**
224.0.0.9	**Routers RIP v2**
224.0.0.10	**Routers IGRP**

224.0.0.11	**Agents mòbils**
224.0.0.12	**Agents DHCP server/relay**
224.0.0.13	**Routers PIMv2 (routing multicast)**
224.0.0.15	**Routers CBT (routing multicast)**
224.0.0.22	**Routers IGMP v3 (Memb. Report)**
255.255.255.255	**Tots els hosts**

Adreça	**Ús**
224.0.1.1	**NTP – Network Time Protocol**
224.0.1.7	**Audio News**
224.0.1.12	**IETF-1-Video**
224.0.1.16	**Music-Service**
224.0.1.39	**RP Announce (PIM)**
224.0.1.40	**RP Discovery (PIM)**
224.0.1.41	**Gatekeepers (H.323)**
224.0.1.52	**Directori VCR de MBone**
224.0.1.68	**Protocol MADCAP**
224.2.127.254	**Anunci de sessions SAP (SDR)**

Anexo III: Ferramentes multicast: Mbone tools i VLC

Mbone tools

Les ferramentes MBone són un conjunt de programes que permeten realitzar videoconferències multicast a través d'Internet. El software és de lliure distribució i pot obtenir-se de http://www-mice.cs.ucl.ac.uk/multimedia/software/. De la multitud de ferramentes disponibles nosaltres utilitzarem el SDR i el VIC.

SDR (Session Directory) permet crear i anunciar sessions multicast, així com unir-nos a altres ja existents.

Rebre la llista d'emissions d'Internet amb SDR

Per executar el SDR hem de fer doble clic en la icona corresponent, o bé seleccionar **'Inici' -> 'Tots els programes'**, de la llista seleccionar '**Mbone Tools**' i una vegada allí '**sdr**'. A continuació apareix una finestra amb la llista de sessions. Per veure una sessió la seleccionem mitjançant doble clic.

Realitzar emissions pròpies amb SDR

Per crear una emissió multicast, en la finestra de sessions del SDR '**New**' i a continuació '**Create advertised session**'. Aleshores s'entra en un diàleg con diferents etapes:

0. En la etapa 0 assigna a la sessió un nom de la sessió; a més li assignarà una descripció (és obligatori assignar una).
1. En la etapa 1 elegirà el valor per defecte (sessió tipus Test).
2. En la etapa 2 també elegirà els valors per defecte (sessió de dues hores de durada a començar de forma inmediata).
3. En la etapa 3, '**Select the Distribution Scope**', elegirà 'IPv4 Local Scope' amb la qual cosa el que la sessió rebrà és una adreça del rang 239.255.0.0/16 que té restringit el avast a l'àmbit local.
4. En la etapa 4 elegirà audio i vídeo (encara que l'audio no funciona açò ens permetrà veure alguns aspectes interessants).
5. En la etapa 5 '**Provide Contact Details**' deixarà els valors per defecte.
6. En la etapa 6 '**Select security parameters for this session**' també deixarà els valors per defecte.
7. Aceptar

Una vegada creada la sessió qualsevol ordinador pot unir-se a ella simplement seleccionant-la de la llista que mostra la finestra de SDR. En la finestra que apareix hem de fer clic en **'Join'**. Com SDR ha assignat una adreça multicast diferent a l'audio i al vídeo ens dóna opció d'unir-nos independentment a un d'ambdós mitjans, o als dos. Si ens unim al vídeo el SDR arrencarà el programa VIC i si ens unim a l'audio arrencarà el RAT.

Per generar la nostra pròpia emissió seleccionarem el menú '**Transmit**' i en '**Device…**' el dispositiu '**USB camera**'. Després polsarem el botó '**Transmit**' i a partir d'eixe moment estarem emitent vídeo. Podem utilitzar els comandaments del '**Rate Control**' per regular el cabal (en Kb/s) i el número de fotogrames per segon que generem.

Ferramentes VLC

VideoLAN és un software de domini públic que permet realitzar distribució de vídeo streaming per Internet. El software incorpora tant les funcions de servidor com de client.

El procediment per arrencar el **client VideoLAN** és el següent:

1- Arrencar el programa '**VLC media player**' mitjançant doble clic en la icona corresponent.
2- Seleccionar en la finestra que apareix el menú '**Arxiu:F**'
3- Elegir de la llista l'opció '**Obrir Aparell de Captura…**'
4- En la finestra '**Obrir…**' seleccionar la pestanya '**Xarxa**'
5- En la llista de botons radi seleccionar '**UDP/RTP Multiemissió**'. En eixe moment s'habiliten els camps '**Adreça**' i '**Port**'. L'adreça la podem prefixar prèviament dins del rang RFC 2365 per a àmbit d'organització 239.192.0.0/14. Ambdós client i servidor utilitzaran la mateixa adreça i port. El camp '**Port**' ha de quedar amb el seu valor per defecte (1234).
6- Polsar el botó '**OK**'

A partir d'eixe moment el client ja està preparat per rebre qualsevol emissió multicast que ocórrega en eixa adreça i la targeta de xarxa està preparada per capturar qualsevol trama ethernet la adreça MAC de destinació de la qual coincidesca amb la MAC de mapeig de l'adreça IP que hem seleccionat.

El procediment per ficar en marxa l'emissió en **el servidor VideoLAN amb streaming des de fitxer**, és el següent:

1. Arrencar el programa '**VLC media player'** mijançant doble clic en la icona corresponent.
2. Seleccionar el menú '**Arxiu:F'**
3. Elegir de la llista l'opció '**Obrir Volcat de Xarxa…: N'**
4. En la finestra '**Obrir…**' seleccionar la pestanya '**Arxiu'**
5. Polsar el botó '**Explorar'** i seleccionar el fitxer corresponent ('**Ethernet.mpg'**)
6. Marcar la casella '**Volcat/Salvar'** i polsar el botó 'Opcions'.
7. En la finestra '**Volcat de sortida'** marcar la casella '**RTP'**. En eixe moment s'habiliten els camps '**Adreça'** i '**Port'**.
8. En el camp '**Adreça**' ficar l'adreça que utilitzarà el servidor per a l'emissió multicast del rang RFC 2365 per a àmbit d'organització, 239.192.0.0/14. El camp '**Port**' ha de quedar amb el seu valor per defecte (1234).
9. A més, especificar el camp TTL, donat que per defecte les emissions es realitzen amb TTL 1 i per tant eixe àmbit és de LAN. Modificar eixe camp a 63 o 127 per exemple.
10. Polsar el botó 'OK'

El procediment per ficar en marxa l'emissió en **el servidor VideoLAN amb emissió en directe**, és la següent:

1. Arrencar el programa '**VLC media player'**.
2. Seleccionar el menú '**Arxiu:F'**
3. Elegir de la llista l'opció '**Obrir Volcat de Xarxa…: N'**
4. En la finestra '**Obrir**…' seleccionar la pestanya '**DirectShow'**

5. En la línea on apareix '**Nom de l'aparell de vídeo'** polsar el botó '**Refresh list'**, desplegar la llista que apareix a l'esquerra i seleccionar la càmera. Si no apareix aquesta opció devem polsar novament el botó 'Refresh list' fins que aparega.
6. Comprovar que no estiguen marcades les casellas 'Propietats de l'aparell' i 'Propietats del sintonitzador'.
7. Marcar la casella '**Volcat/Salvar**' i polsar el botó '**Opcions**'.
8. En la finestra '**Volcat de sortida**' marcar la casella 'RTP'.
9. En el camp '**Adreça**' ficar l'adreça que utilitzarà el servidor per a la emissió multicast del rang RFC 2365 per a àmbit d'organització, 239.192.0.0/14. El camp '**Port'** ha de quedar amb el seu valor per defecte (1234).
10. Marca la casella '**Còdec de vídeo'**. Seleccionar 'mp1v'. En 'Taxa de bits (kb/s)' seleccionar '512'. En 'Escala' deixar el valor per defecte (1).
11. A més, especificar el camp TTL, donat que per defecte les emissions se realitzen amb TTL 1 i per tant aquest àmbit és de LAN. Modificar eixe camp a 63 o 127 per exemple.
12. Polsar el botó 'OK'.

Annex IV: Relació extensa de comandaments utilitzats

Informació original pública extraida de Cisco Systems per a la versió de IOS utilitzada en la pràctica, respecte als comandaments utilitzats en el desenvolupament de la pràctica.

show ip igmp groups
show ip igmp interface
show ip mroute
show ip pim interface
show ip pim neighbor
show ip pim rp

show ip igmp groups

Next table describes the significant fields shown in the displays.

show ip igmp groups Field Descriptions	
Field	**Description**
Group Address	Address of the multicast group.
Interface	Interface through which the group is reachable.
Uptime	How long (in weeks, days, hours, minutes, and seconds) this multicast group has been known.
Expires	How long (in hours, minutes, and seconds) until the entry expires. If an entry expires, then it will (for a short period) show the word "now" before it is removed. The word "never" indicates that the entry will not time out, because a local receiver is on this router for this entry. The word "stopped" indicates that timing out of this entry is not determined by this expire timer. If the router is in INCLUDE mode for a group, then the whole group entry will time out after the last source entry has timed out (unless the mode is changed to EXCLUDE mode before it times out).
Last Reporter	Last host to report being a member of the multicast group. Both IGMP v3lite and URD require a v2-report.
Group mode:	Can be either INCLUDE or EXCLUDE. The group mode is based on the type of membership reports received on the interface for the group. In the output for the **show ip igmp groups detail** command, the EXCLUDE mode also shows the "Expires:" field for the group entry (not shown in the output).
CSR Grp Exp	This field is shown for multicast groups in the Source Specific Multicast (SSM) range. It indicates the time (in hours, minutes, and seconds) since the last received group membership report was received. Cisco IOS software needs to use these reports for the operation of URD and IGMP v3lite, but they do not indicate group membership by themselves.
Group source list:	Provides details of which sources have been requested by the multicast group.
Source Address	IP address of the source.
Uptime	Indicates the time since the source state was created.
v3 Exp	Indicates the time (in hours, minutes, and seconds) until the membership for the source will time out according to IGMP operations. The word "stopped" is shown if no member uses IGMPv3 (but only IGMP v3lite or URD).

CSR Exp	Indicates the time (in hours, minutes, and seconds) until the membership for the source will time out according to IGMP v3lite or URD reports. The word "stopped" is shown if members use only IGMPv3.
Fwd	Indicates whether the router is forwarding multicast traffic due to this entry.
Flags	Information about the entry. The Remote flag indicates that an IGMPv3 report has been received by this source. The C flag indicates that an IGMP v3lite or URD report was received by this source. The U flag indicates that a URD report was received for this source.

show ip igmp interface

Next table describes the significant fields shown in the display.

show ip igmp interface Field Descriptions	
Field	**Description**
Ethernet0 is up, line protocol is up	Interface type, number, and status.
Internet address is... subnet mask is...	Internet address of the interface and subnet mask being applied to the interface, as specified with the **ip address** command.
IGMP is enabled on interface	Indicates whether IGMP has been enabled on the interface with the **ip pim** command.
IGMP query interval is 60 seconds	Interval at which the Cisco IOS software sends Protocol Independent Multicast (PIM) router query messages, as specified with the **ip igmp query-interval** command.
Inbound IGMP access group is not set	Indicates whether an IGMP access group has been configured with the **ip igmp access-group** command.
Multicast routing is enabled on interface	Indicates whether multicast routing has been enabled on the interface with the **ip pim** command.
Multicast TTL threshold is 0	Packet time-to-threshold, as specified with the **ip multicast ttl-threshold** command.
Multicast designated router (DR) is...	IP address of the designated router for this LAN segment (subnet).
No multicast groups joined	Indicates whether this interface is a member of any multicast groups and, if so, lists the IP addresses of the groups.

show ip mroute

To display the contents of the IP multicast routing table, use the **show ip mroute** command in EXEC mode.

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

Syntax Description

group-address | *group-name*	(Optional) IP address or name multicast group as defined in the Domain Name System (DNS) hosts table.
source-address | *source-name*	(Optional) IP address or name of a multicast source.
type number	(Optional) Interface type and number.
summary	(Optional) Displays a one-line, abbreviated summary of each entry in the IP multicast routing table.

count	(Optional) Displays statistics about the group and source, including number of packets, packets per second, average packet size, and bytes per second.
active *kbps*	(Optional) Displays the rate that active sources are sending to multicast groups. Active sources are those sending at the *kbps* value or higher. The *kbps* argument defaults to 4 kbps.

Usage Guidelines

If you omit all optional arguments and keywords, the **show ip mroute** command displays all entries in the IP multicast routing table.

The Cisco IOS software populates the multicast routing table by creating (S, G) entries from (*, G) entries. The asterisk (*) refers to all source addresses, the "S" refers to a single source address, and the "G" is the destination multicast group address. In creating (S, G) entries, the software uses the best path to that destination group found in the unicast routing table (that is, through Reverse Path Forwarding [RPF]).

The output for the **show ip mroute** command with the **active** keyword will display either positive or negative numbers for the rate pps. The router displays negative numbers when RPF packets fail or when the router observes RPF packtets with an empty OIF list. This type of activity may indicate a multicast routing problem.

Next table describes the significant fields shown in the displays.

show ip mroute Field Descriptions	
Field	**Description**
Flags:	Provides information about the entry.
D - Dense	Entry is operating in dense mode.
S - Sparse	Entry is operating in sparse mode.
B - Bidir Group	Indicates that a multicast group is operating in bidirectional mode.
s - SSM Group	Indicates that a multicast group is within the SSM range of IP addresses. This flag is reset if the SSM range changes.
C - Connected	A member of the multicast group is present on the directly connected interface.
L - Local	The router itself is a member of the multicast group. Groups are joined locally by the **ip igmp join-group** command (for the configured group), the **ip sap listen** command (for the well-known session directory groups), and rendezvous point (RP) mapping (for the well-known groups 224.0.1.39 and 224.0.1.40). Locally joined groups are not fast switched.
P - Pruned	Route has been pruned. The Cisco IOS software keeps this information so that a downstream member can join the source.
R - RP-bit set	Indicates that the (S, G) entry is pointing toward the RP. This is typically prune state along the shared tree for a particular source.
F - Register flag	Indicates that the software is registering for a multicast source.
T - SPT-bit set	Indicates that packets have been received on the shortest path source tree.
J - Join SPT	For (*, G) entries, indicates that the rate of traffic flowing down the shared tree is exceeding the SPT-Threshold set for the group. (The default SPT-Threshold setting is 0 kbps.) When the

	J - Join shortest path tree (SPT) flag is set, the next (S, G) packet received down the shared tree triggers an (S, G) join in the direction of the source, thereby causing the router to join the source tree. For (S, G) entries, indicates that the entry was created because the SPT-Threshold for the group was exceeded. When the J - Join SPT flag is set for (S, G) entries, the router monitors the traffic rate on the source tree and attempts to switch back to the shared tree for this source if the traffic rate on the source tree falls below the SPT-Threshold of the group for more than 1 minute. **Note** The router measures the traffic rate on the shared tree and compares the measured rate to the SPT-Threshold of the group once every second. If the traffic rate exceeds the SPT-Threshold, the J - Join SPT flag is set on the (*, G) entry until the next measurement of the traffic rate. The flag is cleared when the next packet arrives on the shared tree and a new measurement interval is started. If the default SPT-Threshold value of 0 kbps is used for the group, the J - Join SPT flag is always set on (*, G) entries and is never cleared. When the default SPT-Threshold value is used, the router immediately switches to the shortest path source tree when traffic from a new source is received.
M - MSDP created entry	Indicates that a (*, G) entry was learned through a Multicast Source Discovery Protocol (MSDP) peer. This flag is only applicable for a rendezvous point (RP) running MSDP.
X - Proxy Join Timer Running	Indicates that the proxy join timer is running. This flag is only set for (S, G) entries of an RP or "turnaround" router. A "turnaround" router is located at the intersection of a shared path (*, G) tree and the shortest path from the source to the RP.
A - Advertised via MSDP	Indicates that an (S, G) entry was advertised through an MSDP peer. This flag is only applicable for an RP running MSDP.
U - URD	Indicates that a URL Rendezvous Directory (URD) channel subscription report was received for the (S, G) entry.
I - Received Source Specific Host Report	Indicates that an (S, G) entry was created by an (S, G) report. This (S, G) report could have been created by Internet Group Management Protocol Version 3 (IGMPv3), URD, or IGMP v3lite. This flag is only set on the designated router (DR).
Outgoing interface flags:	Provides information about the entry.
H - Hardware switched	Indicates that a Multicast Multilayer Switching (MMLS) forwarding path has been established for this entry.
Timers:Uptime/Expires	"Uptime" indicates per interface how long (in hours, minutes, and seconds) the entry has been in the IP multicast routing table. "Expires" indicates per interface how long (in hours, minutes, and seconds) until the entry will be removed from the IP multicast routing table.
Interface state:	Indicates the state of the incoming or outgoing interface.
Interface	Indicates the type and number of the interface listed in the incoming or outgoing interface list.
Next-Hop or VCD	"Next-hop" specifies the IP address of the downstream neighbor. "VCD" specifies the virtual circuit descriptor number. "VCD0" means the group is using the static map

	virtual circuit.
State/Mode	"State" indicates that packets will either be forwarded, pruned, or null on the interface depending on whether there are restrictions due to access lists or a Time To Live (TTL) threshold. "Mode" indicates whether the interface is operating in dense, sparse, or sparse-dense mode.
(*, 224.0.255.1) and (198.92.37.100/32, 224.0.255.1)	Entry in the IP multicast routing table. The entry consists of the IP address of the source router followed by the IP address of the multicast group. An asterisk (*) in place of the source router indicates all sources. Entries in the first format are referred to as (*, G) or "star comma G" entries. Entries in the second format are referred to as (S, G) or "S comma G" entries. (*, G) entries are used to build (S, G) entries.
RP	Address of the RP router. For routers and access servers operating in sparse mode, this address is always 0.0.0.0.
flags:	Information about the entry.
Incoming interface:	Expected interface for a multicast packet from the source. If the packet is not received on this interface, it is discarded.
RPF neighbor or RPF nbr	IP address of the upstream router to the source. Tunneling indicates that this router is sending data to the RP encapsulated in register packets. The hexadecimal number in parentheses indicates to which RP it is registering. Each bit indicates a different RP if multiple RPs per group are used. If an asterisk (*) appears after the IP address in this field, the RPF neighbor has been learned through an assert.
Dvmrp	Indicates if the RPF information is obtained from the Distance Vector Multicast Routing Protocol (DVMRP) routing table. If "Mroute" is displayed, the RPF information is obtained from the static mroutes configuration.

Next table describes the significant fields shown in the display for the **count option.**

show ip mroute count Field Descriptions	
Field	**Description**
Group:	Summary statistics for traffic on an IP multicast group G. This row is displayed only for non-SSM groups.
Forwarding Counts:	Statistics on the packets that are received and forwarded to at least one interface. **Note** There is no specific command to clear only the forwarding counters; you can clear only the actual multicast forwarding state with the **clear ip mroute** command. Issuing this command will cause interruption of traffic forwarding.
Pkt Count/	Total number of packets received and forwarded since the multicast forwarding state to which this counter applies was created.
Pkts per second/	Number of packets received and forwarded per second. On an IP multicast fast-switching platform, this number is the number of packets during the last second. Other platforms may use a different approach to calculate this number. Please refer to the platform documentation for more information.
Avg Pkt Size/	Total number of bytes divided by the total number of packets for this multicast forwarding state. There is no direct display for the total number

	of bytes. You can calculate the total number of bytes by multiplying the average packet size by the packet count.
Kilobits per second	Bytes per second divided by packets per second divided by 1000. On an IP multicast fast switching platform, the number of packets per second is the number of packets during the last second. Other platforms may use a different approach to calculate this number. Please refer to the platform documentation for more information.
Other counts:	Statistics on the received packets. These counters include statistics about the packets received and forwarded and packets received but not forwarded.
Total/	Total number of packets received.
RPF failed/	Number of packets not forwarded due to a failed RPF or acceptance check (when bidir-PIM is configured).
Other drops(OIF-null, rate-limit etc)	Number of packets not forwarded for reasons other than an RPF or acceptance check (such as the OIF list was empty or because the packets were discarded because of a configuration, such as **ip multicast rate-limit**, was enabled).
Group:	Summary information about counters for (*, G) and the range of (S, G) states for one particular group G. The following RP-tree: and Source: output fields contain information about the individual states belonging to this group. **Note** For SSM range groups, the Group: displays are statistical. All SSM range (S, G) states are individual, unrelated SSM channels.
Source count:	Number of (S, G) states for this group G. Individual (S, G) counters are detailed in the Source: output field rows.
Packets forwarded:	The sum of the packets detailed in the Forwarding Counts: fields for this IP multicast group G. This field is the sum of the RP-tree and all Source: fields for this group G.
Packets received:	The sum of packets detailed in the Other counts fields for this IP multicast group G. This field is the sum of the Other count: Pkt Count fields of the RP-tree: and Source: rows for this group G.
RP-tree:	Counters for the (*, G) state of this group G. These counters are displayed only for groups that have a forwarding mode that do not forward packets on the shared tree. These (*,G) groups are bidir-PIM and PIM-SM groups. There are no RP-tree displays for PIM-DM and SSM range groups.
Source:	Counters for an individual (S, G) state of this group G. There are no (S, G) states for bidir-PIM groups.

show ip pim interface

Next table describes the significant fields shown in the displays.

show ip pim interface Field Descriptions	
Field	**Description**
Address	Interface IP address of the next hop router.
Interface	Interface type and number that is configured to run PIM.
Mode	Multicast mode in which the Cisco IOS software is operating. This can be dense mode or sparse mode. "DVMRP" indicates that a Distance Vector Multicast Routing Protocol tunnel is configured.
Neighbor Count	Number of PIM neighbors that have been discovered through this

	interface. If the Neighbor Count is 1 for a DVMRP tunnel, the neighbor is active (receiving probes and reports).
Query Interval	Frequency, in seconds, of PIM router query messages, as set by the **ip pim query-interval** interface configuration command. The default is 30 seconds.
DR	IP address of the designated router on a network. Note that serial lines do not have designated routers, so the IP address is shown as 0.0.0.0.
FS	An asterisk (*) in this column indicates that fast switching is enabled.
Mpackets In/Out	Number of packets into and out of the interface since the router has been up.
RP	IP address of the RP.
DF Winner	IP address of the elected DF.
Metric	Unicast routing metric to the RP announced by the DF.
Uptime	Length of time the RP has been up, in days and hours. If less than 1 day, time is expressed in hours:minutes:seconds.
State	Indicates whether the specified interface is an elected DF.
Offer count is	Number of PIM DF election offer messages that the router has sent out the interface during the current election interval.
Current DF ip address	IP address of the current DF.
DF winner up time	Length of time the current DF has been up, in days and hours. If less than 1 day, time is expressed in hours:minutes:seconds.
Last winner metric preference	The preference value used for selecting the unicast routing metric to the RP announced by the DF.
Last winner metric	Unicast routing metric to the RP announced by the DF.

show ip pim neighbor

Next table describes the significant fields shown in the display.

show ip pim neighbor Field Descriptions	
Field	**Description**
Neighbor Address	IP address of the PIM neighbor.
Interface	Interface type and number on which the neighbor is reachable.
Uptime/Expires	Uptime shows how long (in hours:minutes:seconds) the entry has been in the PIM neighbor table. Expires shows how long (in hours:minutes:seconds or in milliseconds) until the entry will be removed from the IP multicast routing table.
Ver	PIM protocol version.
DR Prio/Mode	Priority and mode of the designated router (DR). Possible modes are S (state refresh capable), B (bidirectional PIM capable), and N (neighbor doesn't include the DR-Priority Option in its Hello messages).

show ip pim rp

To display active rendezvous points (RPs) that are cached with associated multicast routing entries, use the **show ip pim rp** command in EXEC mode.

show ip pim rp [**mapping** | [**elected** | **in-use**] | **metric**] [*rp-address*]

Syntax Description

mapping	(Optional) Displays all group-to-RP mappings of which the router is aware (either configured or learned from Auto-RP).
elected	(Optional) Displays only the elected Auto RPs.
in-use	(Optional) Displays the learned RPs in use.
metric	(Optional) Displays the unicast routing metric to the RPs configured statically or learned via Auto-RP or the bootstrap router (BSR).
rp-address	(Optional) RP IP address.

Defaults

If no RP is specified, all active RPs are displayed.

Usage Guidelines

The Protocol Independent Multicast (PIM) version known for an RP influences the type of PIM register messages (version 1 or version 2) that the router sends when acting as the designated router (DR) for an active source. If an RP is statically configured, the PIM version of the RP is not set and the router, if required to send register packets, first tries to send PIM version 2 register packets. If that fails, the router sends PIM version 1 register packets.

The version of the RP displayed in the **show ip pim rp** command output can change according to the operations of the router. When the group is created, the version shown is for the RP in the RP mapping cache. Later, the version displayed by this command may change. If this router is acting as a DR for an active source, the router sends PIM register messages. The PIM register messages are answered by the RP with PIM register stop messages. The router learns from these PIM register stop messages the actual PIM version of the RP. Once the actual PIM version of the RP is learned, this command displays only this version. If the router is not acting as a DR for active sources on this group, then the version shown for the RP of the group does not change. In this case, the PIM version of the RP is irrelevant to the router because the version of the RP influences only the PIM register messages that this router must send.

When you enter the **show ip pim rp mapping** command, the version of the RP displayed in the output is determined only by the method through which an RP is learned. If the RP is learned from Auto-RP then the RP displayed is either "v1" or "v2, v1." If the RP is learned from a static RP definition, the RP version is undetermined and no RP version is displayed in the output. If the RP is learned from the BSR, the RP version displayed is "v2."

Use the **elected** keyword on an Auto-RP Mapping Agent to limit the output to only the elected RPs that the mapping agent will advertise to all other routers in the network via Auto-RP. This is useful when comparing the output of the **show ip pim rp mapping** command on non mapping agent routers with the output of the **show ip pim rp mapping elected** command on a mapping agent to verify that the Group-to-RP mapping information is consistent.

Next table describes the significant fields shown in the displays.

show ip pim rp Field Descriptions	
Field	**Description**
Group	Address of the multicast group about which to display RP information.
RP	Address of the RP for that group.

v2	Indicates that the RP is running PIM version 2.
v1	Indicates the RP is running PIM version 1.
next RP-reachable in...	Indicates the time the next RP-reachable message will be sent. Time is expressed in hours:minutes:seconds.
bidir	Indicates that the RP is operating in bidirectional mode.
Info source	RP mapping agent that advertised the mapping.
(?)	Indicates that no Domain Name System (DNS) name has been specified.
via Auto-RP	Indicates that RP was learned via Auto-RP.
Uptime	Length of time the RP has been up (in days and hours). If less than 1 day, time is expressed in hours:minutes:seconds.
expires	Time in (hours: minutes: and seconds) in which the entry will expire.
Metric Pref	The preference value used for selecting the unicast routing metric to the RP announced by the designated forwarder (DF).
Metric	Unicast routing metric to the RP announced by the DF.
Flags	Indicates the flags set for the specified RP. The following are descriptions of possible flags: • C—RP is configured. • L—RP learned via Auto-RP or the BSR.
RPF Type	Routing table from which this route was obtained, either unicast, Distance Vector Multicast Routing Protocol (DVMRP), or static mroute.
Interface	Interface type and number that is configured to run PIM.