

Tema 3 - Multicast a Internet

Sergi Robles

`Sergi.Robles@uab.cat`

Departament d'Enginyeria de la Informació i de les Comunicacions
Universitat Autònoma de Barcelona

Tecnologies Avançades d'Internet

Contingut

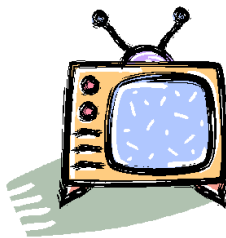
- 1 Introducció
- 2 Adreçament
- 3 Notificació i entrega
- 4 Encaminament

Contingut

- 1 Introducció
 - Motivacions
 - Multicast a Ethernet i a Internet
- 2 Adreçament
- 3 Notificació i entrega
- 4 Encaminament

A Xarxes II vam veure l'esquema d'adreçament IP. Ara veurem una part addicional que ens permet l'entrega **multi-punt** eficient de datagrames.

Al llarg d'aquest tema veurem que no és trivial aconseguir això. Veurem l'**esquema d'adreçament** per entrega **multi-punt** i els **protocols** necessaris per a propagar la informació d'encaminament.



Ja hem vist com funciona el **broadcasting**: una copia de cada paquet arriba a cada estació.

→ En *Ethernet* això es pot fer enviant un únic paquet, però en altres xarxes cal enviar un paquet a cadascuna de les estacions.

Normalment, per a fer arribar un paquet en *broadcast* s'utilitza una adreça especial (adreça de *broadcast*). En el cas d'Ethernet aquesta adreça és:

ff:ff:ff:ff:ff:ff

Cada estació acceptarà paquets que tinguin en la destinació **o bé** la seva propia adreça, **o bé** l'adreça de broadcast.

Els principals problemes del broadcast són:

- Utilització d'amplada de banda de la xarxa.
- Consum de recursos en les estacions al processar els paquets.

Una internet utilitzant broadcast és impensable! Millor utilitzem *unicast* i un mecanisme de resolució d'adreces com ARP.



Existeix un altre mecanisme per a fer arribar paquets a múltiples destinacions: **multicast**.

En multicast una estació **tria** si vol rebre o no els paquets, de manera que tenim “**grups**”. Cada grup està associat a una **adreça multicast**, de manera que quan s’envia un paquet a aquesta adreça només el reben els seus membres.

Tipus d’adreçament

- **unicast**: Només rep una estació
- **multicast**: Reben el paquet un subconjunt d’estacions
- **broadcast**: Totes les estacions reben el paquet

Podríem pensar que tenint multicast serien prescindibles l'unicast i el broadcast ja que són casos particulars:

- **unicast** → multicast amb un únic membre en el grup.
- **broadcast** → multicast amb totes les estacions en el grup.

El problema seria que **l'encaminament en multicast és molt ineficient!**

→ Per aquest motiu conviuen tots tres tipus d'adreçament: **unicast**, **broadcast** i **multicast**.



Contingut

- 1 Introducció
 - Motivacions
 - Multicast a Ethernet i a Internet
- 2 Adreçament
- 3 Notificació i entrega
- 4 Encaminament

Multicast a Ethernet

A Ethernet, la **meitat** de les adreces estan reservades per a multicast:

→ El **bit més baix del byte més alt** indica si l'adreça és de multicast o no.

01.00.00.00.00

Inicialització

Quan s'inicialitza una NIC Ethernet pot indicar-se que accepti multicast:

```
# ip link show  
eth0:<BROADCAST,MULTICAST,UP> mtu 1500 qdisc pfifo_fast  
link/ether 00:01:02:03:04:05 brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
```

Multicast a Internet

El multicast a IP és l'abstracció a internet del multicast per hardware.

S'amplia el concepte per a permetre la comunicació entre un conjunt de màquines **distribuïdes per una internet**, sobre qualsevol xarxa física.

Característiques generals de multicast amb IP

- **Adreça de grup:** Cada grup de multicast té una adreça única dins del **rang D**. Dins d'aquest rang hi ha adreces reservades i adreces per grups.



- **Pertinença dinàmica al grup:** Un host pot **afegir-se o deixar** un grup en qualsevol moment. Cada host pot ser membre de més d'un grup al mateix temps.
- **Utilització del hardware:** Si la xarxa física per sota d'IP **suporta multicast**, IP l'utilitza. Si no, IP pot utilitzar unicast o broadcast.
- **Re-encaminament:** Donat que els membres dels grups poden estar en xarxes diferents es necessiten **routers especials** per a fer arribar el multicast IP.



- **Entrega:** El multicast amb IP utilitza la mateixa política d'entrega que IP: **millor intent**. Els datagrames enviats a una adreça multicast es poden **perdre, duplicar, arribar fora d'ordre, o endarrerir**.
- **Número de grups:** En teoria es podrien adreçar fins a 2^{28} **grups** multicast simultàniament.
- **Membres:** **Qualsevol** host **pot enviar** datagrames a una adreça (grup) multicast (grups oberts). El pertanyer o no a un grup només té relació amb el rebre datagrames dirigits a aquest grup.

Per a poder fer multicasting a internet necessitem tres peces fonamentals:

- Un esquema d'**adreçament** multicast.
- Un mecanisme de **notificació i entrega**.
- Un servei d'**encaminament** eficient per xarxes interconnectades.

Existeixen molts problemes associats que caldrà resoldre:

- Com triar les adreces (localment, però d'ús global)...
- Com utilitzar el multicast HW però entre xarxes diferents...
- Com fer arribar els datagrames per les rutes més curtes...

Veiem com podem solucionar-los, doncs!

Contingut

- 1 Introducció
- 2 Adreçament
 - Adreces multicast
 - Mapping IP-Ethernet
- 3 Notificació i entrega
- 4 Encaminament

Adreces multicast IP

Les adreces multicast IP (grups multicast) s'utilitzen **només** en el camp d'adreça IP de destinació. El rang reservat per aquest tipus d'adreces és el **D**:

Rang D: 224.0.0.0 a 239.255.255.255

Aquestes adreces són les que comencen amb el patró binari 1110, el què indica una adreça de tipus multicast:

0	1	2	3	4	31
1	1	1	0	Identificador de grup	

No hi ha **cap tipus d'estructura** en el camp de l'identificador de grup (ni informació administrativa, ni d'**encaminament**, ni propietari del grup, etc.). Hi ha espai per a 2^{28} grups.

Divisió d'adreces

Les adreces d'aquest rang IP destinat a multicast es poden dividir en dos tipus:

- **Assignades permanentment:** Són utilitzades per serveis i manteniment d'infraestructura (p.e., protocols d'encaminament multicast).
- **Grups multicast temporals:** Identifiquen als grups que es creen quan es necessiten. Són descartades quan el número de membres d'un grup arriba a zero.

Adreces especials

Dintre de les adreces assignades permanentment (o *well-known*) cal destacar unes quantes:

224.0.0.0	Adreça base (no s'utilitza)
224.0.0.1	Tots els hosts de la subxarxa
224.0.0.2	Tots els routers de la subxarxa
224.0.0.3-255	Reservades



Els grups 1 i 2 fan referència a tots els hosts i routers que participen en IP multicast. Normalment aquests grups no són per a enviar dades, sino que són utilitzats per protocols de **control**.

IP tracta les adreces multicast de manera diferent a les unicast:

- Les adreces multicast només poden ser utilitzades en el camp de **destinació**.
- No es poden generar missatges **ICMP d'error** per datagrames multicast.

Consideracions pràctiques:

Un `ping` a un grup multicast temporal no obtindrà resposta. El `traceroute` no funcionarà tampoc, tot i que el TTL si que es decrementa en els routers i el datagrama es descarta quan arriba a 0.

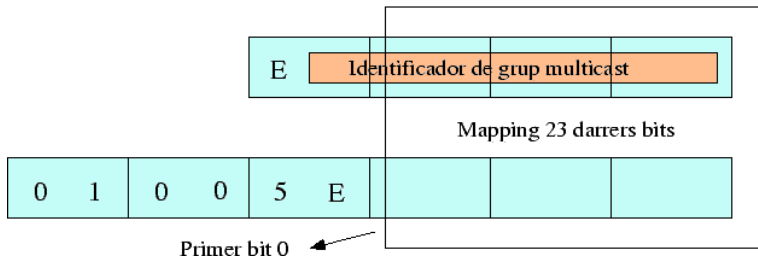
Contingut

- 1 Introducció
- 2 Adreçament
 - Adreces multicast
 - Mapping IP-Ethernet
- 3 Notificació i entrega
- 4 Encaminament

Mapping entre adreces multicast IP i Ethernet

L'estàndard d'IP multicast ([RFC 2236](#)) no dóna cobertura a tots els tipus de xarxa, però explica com fer el mapping a adreces multicast ethernet.

Aquest és el mapping que s'utilitza:



l'adreça ethernet multicast corresponent a una adreça IP multicast són els primers **25 bits** de **01:00:5E:00:00:00** concatenats amb els darrers **23** de l'adreça IP.

Per exemple, l'adreça IP **224.1.0.2** es converteix en l'adreça ethernet **01:00:5E:01:00:02**.

Resulta curiós que la relació **no és única**. Tenim 28 bits a l'adreça IP de multicast, i per tant hi ha grups que tenen associada la mateixa adreça ethernet multicast!

Això es fa per eficiència. La probabilitat de col·lisió és baixa, però IP haurà de comprovar sempre les adreces.

Contingut

- 1 Introducció
- 2 Adreçament
- 3 Notificació i entrega
 - Multicast local/global
 - Abast de multicast
 - Gestió de grups: IGMP
- 4 Encaminament

Multicast IP pot ser utilitzat en una xarxa local i en una internet.

- En el primer cas només cal enviar el datagrama **directament** utilitzant l'adreça multicast hardware.
- En el segon cal caldrà tenir **routers multicast** que re-encaminin els datagrames cap a altres xarxes.

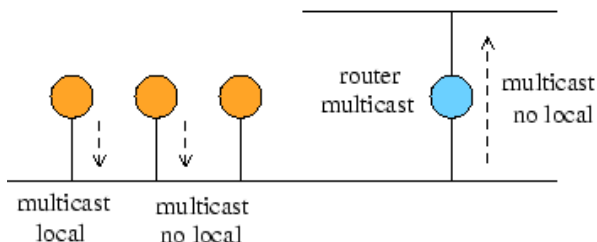
Els hosts no han de tenir entrades especials a la taula d'encaminament!

→ S'utilitza directament l'adreça **multicast HW**.

Els routers multicast “**escolten**” totes les transmissions multicast IP.

Quan reben un datagrama que va a una adreça de multicast el **re-encaminen** a una altra xarxa si és necessari.

La diferència principal entre multicast local i no local està **en els routers** multicast, no en els hosts.



Contingut

- 1 Introducció
- 2 Adreçament
- 3 Notificació i entrega
 - Multicast local/global
 - Abast de multicast
 - Gestió de grups: IGMP
- 4 Encaminament

Abast de multicast



L'**abast** (*scope*) d'un grup multicast és el rang dels membres del grup (p.e. àmbit limitat a una organització), o el número de xarxes per la que es pot propagar un datagrama multicast.

Hi ha dues tècniques per a controlar l'abast de multicast:

- Limitar el **TTL** dels datagrames.
- Assignar **grups reservats** d'ús exclusiu local o en una organització.

TTL

Posant un **valor petit** en el camp de TTL es limita la distància a la que els datagrames seran encaminats.

Per exemple, si posem TTL 1 tindrem multicast només dins de la mateixa xarxa.

Grups reservats

Aquest control administratiu s'aconsegueix reservant **grups d'adreces** només per a ús dins la mateixa xarxa o dins d'una mateixa organització.

239.192.0.0 – 239.251.255.255 → Organitzacions.

239.252.0.0 – 239.255.255.255 → Sites.

Contingut

- 1 Introducció
- 2 Adreçament
- 3 Notificació i entrega
 - Multicast local/global
 - Abast de multicast
 - Gestió de grups: IGMP
- 4 Encaminament

Protocol de gestió de grups d'internet (IGMP)

Un host pot participar en multicast IP en algun dels següents nivells:

- **0:** El host no envia ni rep multicast IP.
- **1:** El host envia però no rep multicast IP.
- **2:** El host envia i rep muticast IP.

Les modificacions al software d'IP per a enviar multicast són senzilles:

→ Només cal permetre adreces **multicast en el destí** dels datagrames i fer el **mapping HW** corresponent.

Extendre IP per a rebre multicast és més complicat: cal tenir una API per a permetre que una aplicació es **faci membre** d'un grup o l'**abandoni**, cal que es passi una **copia** dels datagrames que toqui a totes les **aplicacions membres** d'un grup, etc.

Cal tenir present aquesta idea bàsica: → Els hosts s'afegeixen a grups multicast en xarxes concretes.

Cal mantenir **llistes separades** d'adreces multicast associades a cada xarxa. Els programes hauran d'indicar la xarxa quan s'afegeixin a un cert grup.

- Per a participar en multicast IP en una xarxa local només cal que el software IP deixi enviar i rebre aquest tipus de tràfic.

Participar en multicast multi-xarxa

Si es vol participar en un multicast IP amb un àmbit de dos o més xarxes, el host ha d'informar als **routers multicast** locals. Els routers multicast s'envien informació entre ells, passant-se informació sobre membres de grups i establint rutes.

→ El protocol que utilitzen hosts i routers multicast per intercanviar informació de grups és el **IGMP (Internet Group Management Protocol)**, o protocol de gestió de grups d'internet.

La versió actual de IGMP és la 2. Encara que IGMP utilitza IP per a portar els missatges, podem pensar que està integrat amb IP, tal com passa amb ICMP.

IGMP és **estàndard** a TCP/IP: és obligat en tots els hosts i routers que participen en multicast a nivell 2.

El protocol IGMP consta de dues fases:

Fase 1: Quan un host s'afegeix a un grup multicast envia un missatge a aquest grup. Els routers multicast afegeixen les rutes necessàries i propaguen el missatge.

Fase 2: Els routers multicast van enquestant (*polling*) periòdicament els membres d'un grup per a veure si encara hi pertanyen. Quan no contesten hosts d'un cert grup es dóna de baixa i es deixa d'anunciar als altres routers multicast.

IGMP està especialment dissenyat per a **no congestionar** les xarxes (poden haver diversos hosts i més d'un router multicast en la mateixa xarxa participant en multicast).

→ IGMP ha d'evitar que tots els participants generin tràfic de control.

Aquestes són algunes maneres en les que IGMP minimitza el seu efecte en la xarxa:

- **1. Tota comunicació entre hosts i routers multicast utilitza multicast.**

Quan un missatge s'encapsula en un datagrama IP, l'adreça de destí sempre és una adreça **multicast**.

D'aquesta manera, si el HW suporta multicast, els hosts que no participen en multicast no en reben mai.

- **2. Quan es fa el *polling* s'envia un únic missatge.**

Així no s'ha d'enviar un missatge per cada grup. La freqüència d'enviament és de **125 segons**.

- **3. Si hi ha més d'un router multicast, només un fa el *polling*.**

El router que farà el *polling* és tria ràpidament i eficient. El tràfic IGMP **no augmentarà** en funció del nombre de routers multicast en una xarxa.

- **4. Els hosts no responen tots al mateix temps.**

Les peticions IGMP contenen un número N , que especifica el temps de resposta màxim (per defecte 10 segons). Els hosts **esperen un número aleatori** de segons, entre 0 i N , abans de contestar.

- **5. Cada host escolta les respostes d'altres hosts en el grup, suprimint el tràfic de resposta innecessari.**

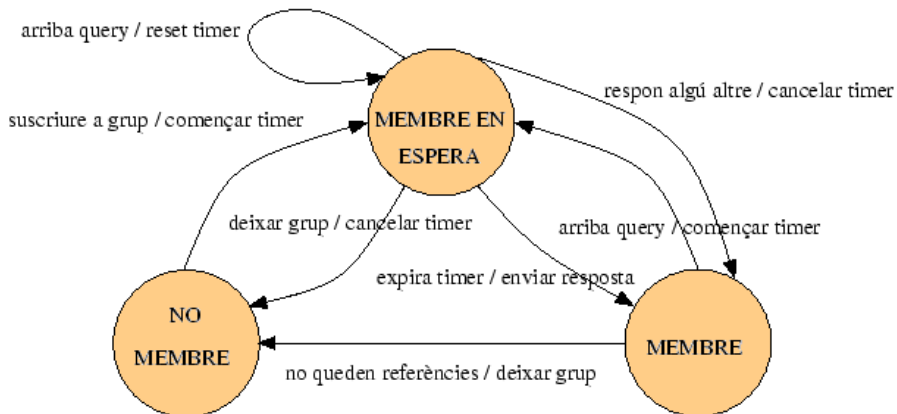
Només que respongui un membre del grup ja n'hi ha prou per a que el router no elimini el grup. Els hosts del mateix grup, quan veuen que algú ja ha contestat **cancelen** les seves respostes pendents.

→ Amb aquestes mesures, IGMP evita comportaments que podrien congestionar la xarxa i optimitza la utilització que fa d'ella.

En un host, IGMP ha de **recordar** l'estat en què es troba cada grup multicast al que pertany (equivalentment, del que accepta datagrames). Aquesta informació es guardarà en una taula, inicialment buida.

- Cada vegada que una aplicació s'afegeix a un grup, IGMP **afegeix una entrada** a la taula i l'omple amb la informació del grup.
- Cada entrada tindrà un **contador** amb el número de programes que estan suscrits al grup (si el programa es dóna de baixa del grup, o acaba, es decrementa).
- Quan el contador d'una entrada arriba a zero, l'entrada s'**esborra**.

Les accions que fa IGMP en resposta als diferents events que poden passar es poden veure en el següent diagrama de transicions:



→ El hosts manté una taula **independent** per a cada grup al que pertany.

En l'estat de "**Membre en espera**" es tria un temps d'espera aleatori (timer). Com que les peticions (queries) del router arribaran cada **125 segons**, el host es manté en l'estat de "Membre" la majoria del temps.

En la figura faltarien alguns detalls, per exemple l'arribada de missatges de la versió anterior de IGMP (v1). IGMPv2 tracta aquests missatges i per tant **pot conviure amb IGMPv1**.

Format del missatge IGMP

Els missatges IGMP intercanviats entre hosts i routers tenen 8 bytes:

Format dels missatges IGMP

0	7	8	15	16	31
Tipus		Temps resposta		Checksum	
Adreça de grup (zero si es una petició)					

Tipus del missatge:

- 0x11 → Petició de grup (per a fer *polling*)
- 0x16 → Report de pertinença
- 0x17 → Es deixa el grup

Temps resposta:

Interval màxim pel temps d'espera aleatori que triarà el host, expressat en dècimes de segon.

Checksum:

Checksum del missatge (només del missatge IGMP).
L'algorisme utilitzat és el mateix que a IP i TCP.

Adreça de grup:

Especifica un cert grup o és zero i fa referència a tots els grups.

IGMP no té cap mecanisme que permeti conèixer l'adreça IP d'un determinat grup: l'aplicació que l'utilitzi ja l'ha de saber abans que pugui unir-se al grup.

Les aplicacions poden tenir adreces (grups):

- **Assignades permanentment:** Sempre utilitzaran les mateixes.
- **Configurables durant la instal·lació:** L'administrador és qui les decideix.
- **Obtingudes de manera dinàmica:** Per exemple, a través d'algun servidor.

Fins ara hem vist com l'esquema d'adreçament de multicast i IGMP permeten als hosts **interaccionar** amb els routers multicast i com els datagrames **arriben** dins d'una mateixa xarxa.

Encara falta un dels punts més importants:

- **Com s'encaminen** els datagrames de multicast per arribar a altres xarxes?



Contingut

- 1 Introducció
- 2 Adreçament
- 3 Notificació i entrega
- 4 Encaminament
 - Encaminament multicast
 - RPF
 - TRPF
 - RPM

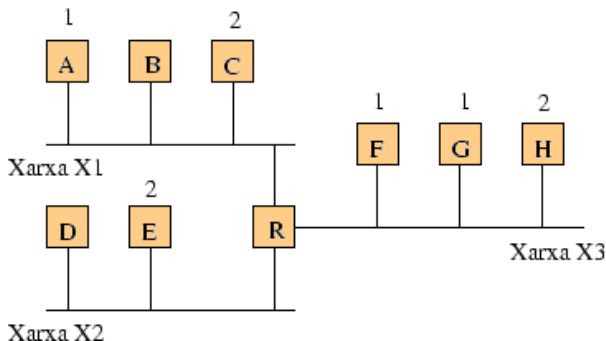
Com hem vist a la secció anterior, la notificació de missatges sobre multicast i el lliurament local és **fàcil d'assolir**, utilitzant el protocol estàndard IGMP.

L'encaminament de datagrames de multicast, en canvi, és **molt més complicat** i no s'ha arribat a un consens sobre el millor protocol a utilitzar.

→ Per això, **no hi ha** un protocol estàndard per la propagació de la informació d'encaminament.



No podriem utilitzar els mateixos esquemes d'encaminament de sempre?



Fins i tot per una topologia senzilla com la de la figura l'encaminament de multicast és molt diferent a l'encaminament unicast.

En la figura hi ha dos grups de multicast: 1 : { A, F, G } i 2 : { C, E, H }.

- El router **no hauria** d'encaminar mai els datagrames de multicast del grup 1 a la xarxa x2, per a evitar malgastar amplada de banda.

Al mateix temps, si un host de x2 s'afegeix al grup 1, el router **haurà** d'encaminar el tràfic!

Diferència routing unicast vs multicast

Una diferència important, per tant, entre encaminament unicast i multicast és que

- A l'[encaminament unicast](#) les rutes canvien només quan la topologia canvia (incloent també cost) o els equips fallen.
- A l'[encaminament multicast](#) les rutes poden canviar simplement perquè una aplicació s'afegeix o deixa un grup multicast.

→ L'encaminament necessari per multicast és [dinàmic](#).

Una diferència la podem veure si considerem el cas en que A i E envien un datagrama cap al grup 1.

→ En aquest cas, tot i que els datagrames **tenen la mateixa** adreça de destinació (l'identificador del grup 1), el router ha de prendre **decisions diferents**. Si el datagrama vingués de la xarxa $X2$ la decisió encara seria diferent.

Per tant, una diferència important és que per a fer l'encaminament multicast el router cal que examini més coses a part de l'adreça de destinació.

Una darrera diferència que es pot veure a l'exemple fa referència als datagrames enviats per no membres.

Si el host D, que no és membre de cap grup, envia un datagrama al grup 1, el router hauria de fer arribar el datagrama a les xarxes X1 i X3.

Si considerem el cas d'Internet, el datagrama haurà de travessar xarxes en les que **no hi ha cap membre** del grup.

→ Un datagrama multicast pot haver estat enviat per un host que no pertany al grup multicast, i pot haver de ser encaminat a través de xarxes que no tenen cap membre del grup.

Contingut

- 1 Introducció
- 2 Adreçament
- 3 Notificació i entrega
- 4 Encaminament
 - Encaminament multicast
 - RPF
 - TRPF
 - RPM

Paradigmes bàsics d'encaminament multicast

Ja hem comentat que els routers multicast es basen en **més informació** que no només l'adreça de destinació.

→ Cal arribar a un grup de hosts **sense** enviar dues vegades el mateix datagrama en la mateixa xarxa.

A l'exemple vist es podria fer de manera senzilla evitant re-enviar per la **interfície d'entrada**. Això, però, no soluciona el problema de routers en un bucle...

Paradigmes bàsics d'encaminament multicast

Ja hem comentat que els routers multicast es basen en **més informació** que no només l'adreça de destinació.

→ Cal arribar a un grup de hosts **sense** enviar dues vegades el mateix datagrama en la mateixa xarxa.

A l'exemple vist es podria fer de manera senzilla evitant re-enviar per la **interfície d'entrada**. Això, però, no soluciona el problema de routers en un bucle...

→ La informació utilitzada és l'**adreça d'origen!**

Reverse Path Forwarding (RPF)

Una de les primeres idees era aprofitar un tipus de broadcast. L'esquema es diu *Reverse Path Forwarding*, **RPF**, o encaminament per camí invers.

S'utilitza l'**adreça d'origen** del datagrama per a prevenir que entri en bucles:

- El router multicast utilitza una **taula d'encaminament** convencional amb els camins més curts a les destinacions.
- Quan arriba un datagrama es mira l'**adreça d'origen** i es determina quina és la **interfície** que porta a aquest origen.
- Si el datagrama ha vingut d'aquesta interfície s'encamina a les **altres** interfícies. Si no, es descarta.

Tot i que RPF **garantitza** que cada host en un grup multicast rebrà **una copia**, no s'utilitza per encaminament multicast perquè **carrega molt la xarxa** enviant tràfic a xarxes que no tenen membres ni porten a membres.



Contingut

- 1 Introducció
- 2 Adreçament
- 3 Notificació i entrega
- 4 Encaminament
 - Encaminament multicast
 - RPF
 - **TRPF**
 - RPM

Truncated Reverse Path Forwarding (TRPF)

Per a evitar la propagació de datagrames multicast a on no es necessiten es va proposar una **modificació** de RPF:

→ *Truncated Reverse Path Forwarding, TRPF*, o encaminament per camí invers truncat.

El TRPF segueix l'algorisme del RPF, però limita la propagació evitant els camins que **no porten** a xarxes amb membres de grups.

Què necessita TRPF per a fer això?

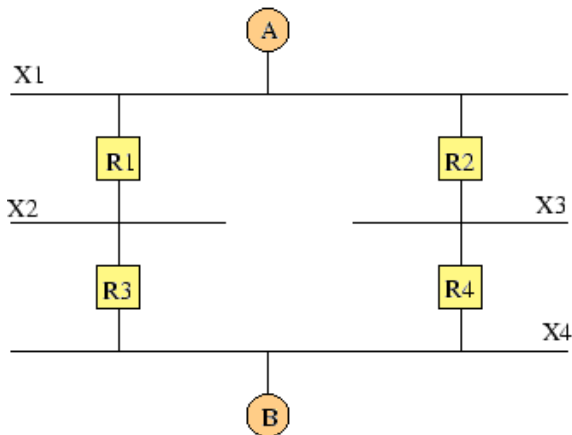
- La **taula d'encaminament** convencional
- Una **llista dels grups** accessibles per cada interfície

L'algorisme que segueix TRPF és aquest:

- 1. Aplica RPF.
- 2. Si es descarta el datagrama, acaba.
- 3. Si s'ha de retransmetre, es comprova abans que algun membre del grup de destinació sigui accessible per la interfície.
- 4. Si no són accessibles, es descarta la interfície (trunca la retransmissió) i es repeteix la comprovació per les altres interfícies.

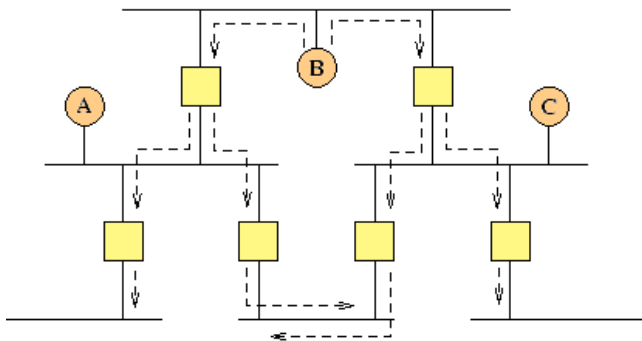
→ TRPF és el mecanisme bàsic d'encaminament multicast.

Hi ha casos en que TRPF **no pot evitar** enviar còpies de datagrames a algunes xarxes. En el següent exemple, un datagrama enviat per A arribarà duplicat a la xarxa X4:

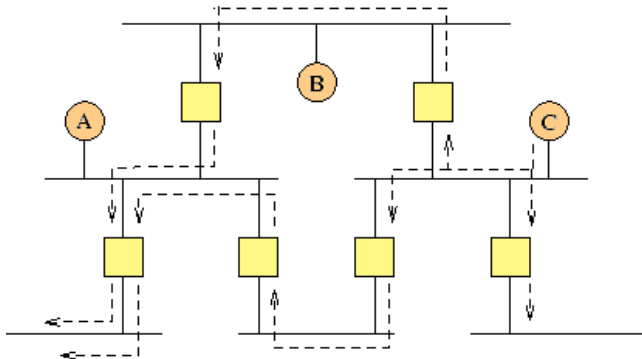


Cal destacar també de TRPF que l'entrega de datagrames depén de l'adreça d'origen!

Podem veure les diferències si enviem des del host B:



O des del host C:



→ En el primer cas hi ha una copia de més i en el segon dues.

Contingut

- 1 Introducció
- 2 Adreçament
- 3 Notificació i entrega
- 4 Encaminament
 - Encaminament multicast
 - RPF
 - TRPF
 - RPM

Dissenys d'encaminament multicast

Per l'esquema de TRPF és necessari que la informació de pertinença a grups multicast es **propagui** per tota la internet.

→ Aquesta informació és molt **important** per l'encaminament multicast.



Tots els esquemes d'encaminament proporcionen un mecanisme per a la **propagació d'informació** de pertinença de grups i un algorisme per a fer l'encaminament basat en aquesta informació.

Donat que els grups multicast són molt **dinàmics** (en qualsevol moment poden afegir-se o eliminar-se hosts d'un determinat grup), la informació en un router multicast **no serà acurada**.

Els dissenys d'encaminament multicast seran un **compromís** entre el *overhead* de tràfic d'encaminament i la transmissió eficient d'informació.

→ A continuació veurem uns quants esquemes en els que es valora més un aspecte o altre.

RPM (Reverse Path Multicasting)

El **RPM**, o multicast de camí invers, va ser una de les primeres propostes i ve derivada del TRPF.

RPM

RPM extén TRPF per a que sigui més dinàmic. Es prenen aquestes suposicions:

- És més important que el datagrama **arribi al destí** que evitar transmissions innecessàries.
- Cada router multicast conté una **taula d'encaminament** convencional correcta.
- L'encaminament multicast ha de ser **eficient**, quan sigui possible (eliminant transmissions innecessàries).

RPM utilitza un mecanisme de tres fases:

Pases RPM

- 1 Quan comença utilitza l'esquema en broadcast de **RPF** per a fer arribar una copia de cada datagrama a totes les xarxes de la internet.
- 2 Simultàniament, els routers s'**intercanvien** informació sobre els camins en els que no hi ha membres de grups.
- 3 Un cop sap els camins sense membres **es deixen d'utilitzar** per a transmetre datagrames multicast.

Com saben els routers a on hi ha membres?

Mecanisme per a conèixer on hi ha membres

- Els hosts que s'afegeixen o eliminen de grups informen als routers locals utilitzant **IGMP**.
- Aquests routers **informaran** als de les xarxes veïnes, i així arribarà a tots els routers. És un esquema *bottom-up*.
- Si un router veu que no hi ha membres d'un grup darrera d'un router ja **no li envia** més informació.

En resum, quan un router veu que un grup no té membres darrera d'un cert router, “**poda**” aquell camí de l'arbre de retransmissió (***broadcast and prune***).



Aquest esquema també es sol anomenar “conduït per dades” (*data-driven*) perquè no s’envia informació de grups fins que arriben datagrames per aquell grup.

I què passa si un host s’afegeix a un grup després que s’hagi podat el camí?

→ El router local envia una revocació de poda per a que els datagrames arribin un altre cop. Aquests missatges s’anomenen “*peticions d’empelt*” (*graft requests*), perquè fan un empelt a l’arbre de la branca podada anteriorment.

