



**Corso di Laurea in Ingegneria delle
Telecomunicazioni**

**Corso di Reti di Calcolatori
a.a. 2010/11**

Antonio Pescapè (pescape@unina.it)

IP Multicasting



Nota di Copyright

Quest'insieme di trasparenze è stato realizzato dai ricercatori del Gruppo di Ricerca COMICS del Dipartimento di Informatica e Sistemistica dell'Università di Napoli. Esse possono essere impiegate liberamente per fini didattici esclusivamente senza fini di lucro, a meno di un esplicito consenso scritto degli Autori. Nell'uso dovrà essere esplicitamente riportata la fonte e gli Autori. Gli Autori non sono responsabili per eventuali imprecisioni contenute in tali trasparenze né per eventuali problemi, danni o malfunzionamenti derivanti dal loro uso o applicazione.



Qual è il problema?

- Un numero sempre maggiore di applicazioni di rete richiedono la spedizione di pacchetti da uno o più sender a un gruppo di receiver
 - la trasmissione dell'aggiornamento di un software dal suo sviluppatore agli utenti che richiedono l'aggiornamento
 - il trasferimento di audio, video e testi per lettura diretta a un gruppo distribuito di partecipanti alla lettura
 - una riunione aziendale o una teleconferenza condivisa tra molti partecipanti distribuiti
 - quotazioni in borsa, distribuzione di listini e cataloghi in tempo reale
 - training, teledidattica
 - sfruttare Internet per trasmissioni di tipo televisivo
- Per ciascuna di queste applicazioni, un'astrazione molto utile è la nozione di **multicast**: l'invio di un pacchetto da un sender a molti receiver con una singola operazione di spedizione.

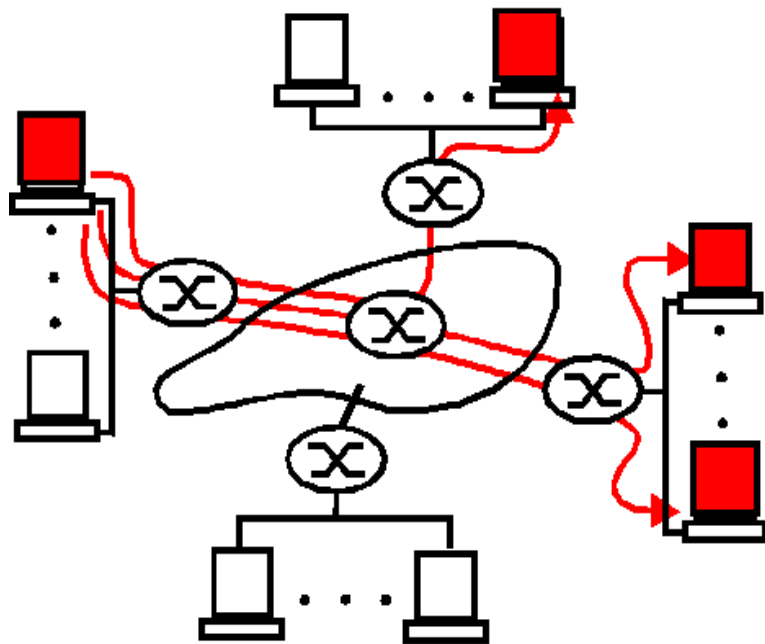


IP Multicasting

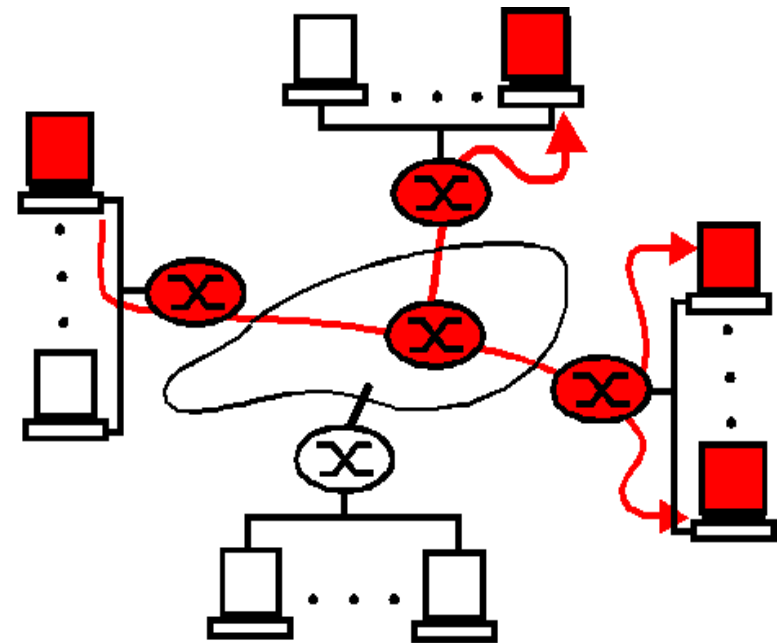
Il Multicasting IP è un'astrazione fornita da Internet per emulare il multicasting hardware, ossia quella serie di meccanismi utilizzati dalle varie tecnologie per trasmettere messaggi simultaneamente a più destinazioni



La trasmissione multicast



multicast via unicast



network multicast



La trasmissione multicast

Come identificare i ricevitori di un datagramma multicast?

Come inviare un datagramma ai ricevitori, una volta identificati?





La trasmissione multicast

Address indirection:
da "indirizzo per
destinazione" ad "indirizzo
per evento"



Si utilizza un identificativo unico per il gruppo di ricevitori e una copia del datagramma è inviata, utilizzando tale identificativo, a tutti i membri del gruppo





Gli indirizzi multicast (1/2)

Ad ogni gruppo è associato un indirizzo multicast, cioè un indirizzo IP di classe D



Classe D

All'interno di tale classe esiste un certo numero di indirizzi che sono riservati dall'authority che gestisce Internet a dei gruppi permanenti: tali indirizzi sono detti "well-known"

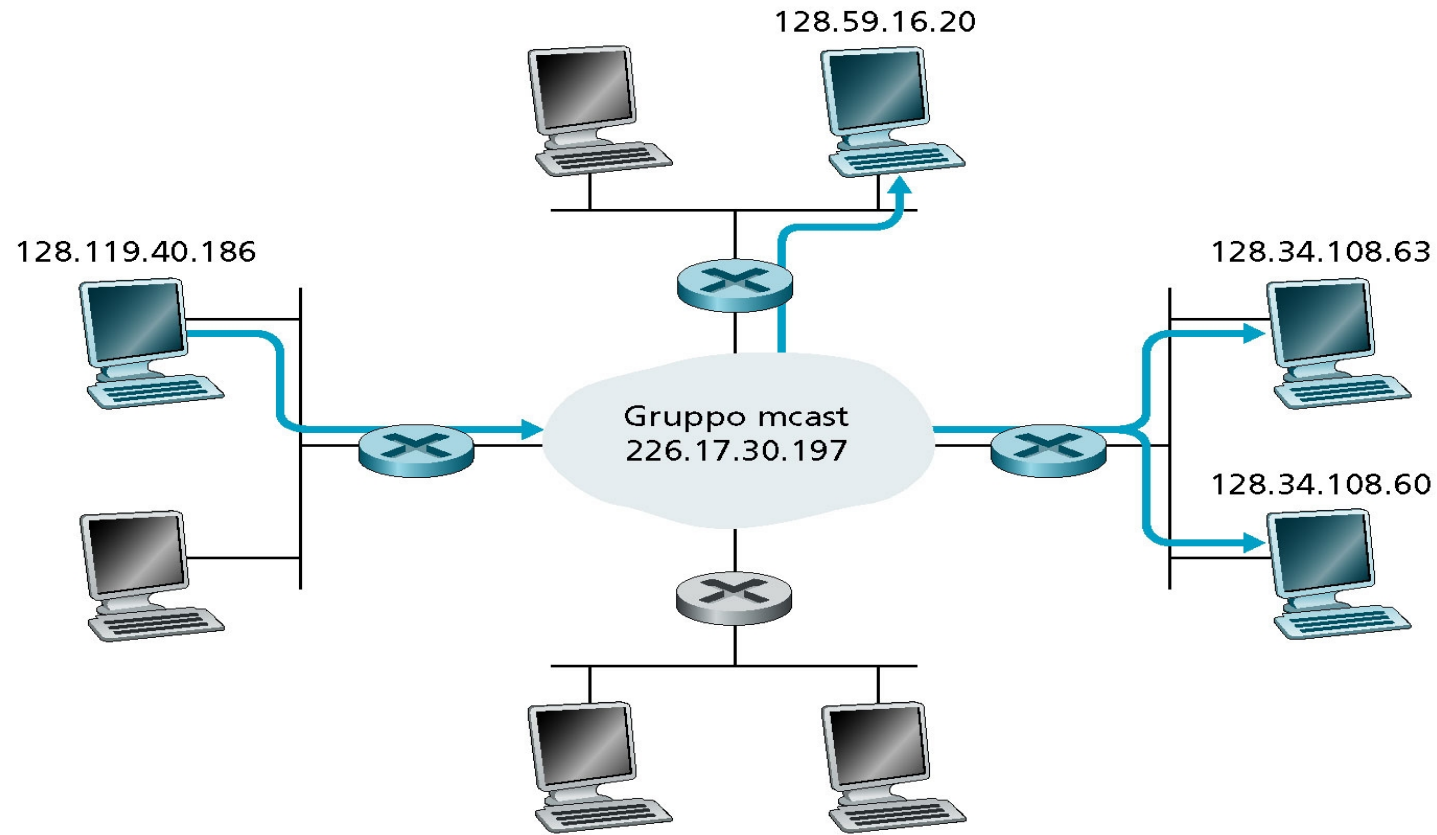


Gli indirizzi multicast (2/2)

- Indirizzi IP Multicast
 - Range da 224.0.0.0 a 239.255.255.255
 - Well known addresses stabiliti dallo IANA
 - Per usi riservati 224.0.0.0/24 (Link-local scope)
 - 224.0.0.1 — all systems on subnet
 - 224.0.0.2 — all routers on subnet
 - 224.0.0.13 – all PIM routers
 - “<http://www.iana.org/assignments/multicast-addresses>”
 - Altri indirizzi utilizzati dinamicamente:
 - Global scope: 224.0.1.0 - 238.255.255.255
 - Limited Scope: 239.0.0.0 - 239.255.255.255
 - Local scope: 239.255.0.0/16 (gruppo minimo)
 - Organization-local scope: 239.192.0.0/16
-



Il gruppo multicast



Legenda:



Router cui sono attaccati componenti del gruppo



Router cui non sono attaccati componenti del gruppo



Session Announcement Protocol (SAP)

- Per annunciare una sessione multicast e la sua descrizione si utilizza il protocollo SAP. Ci sono diverse possibilità:
 - Sessioni Global Scope $\underline{\text{xx}}$ 224.2.127.254 (SAP.MCAST.NET).
 - 224.2.128.0 – 224.2.255.255
 - Sessioni Administrative Scope $\underline{\text{xx}}$ indirizzo più alto
 - Es. se gli indirizzi vanno dal 239.16.32.0 al 239.16.33.255, allora l'indirizzo a cui mandare i pacchetti multicast con gli annunci è il 239.16.33.255.
 - Protocollo UDP, Porta 9875, TTL 255
 - Per cancellare una sessione
 - Explicit Timeout: la durata è parte dell'annuncio
 - Implicit Timeout: se non si riceve nulla per un intervallo prefissato
 - Explicit Deletion
-



La gestione dei gruppi

La gestione dei gruppi è di tipo dinamico:

- **Un host può unirsi o abbandonare un gruppo in qualsiasi momento e può appartenere contemporaneamente a più gruppi**
- **Non è necessario appartenere ad un gruppo per poter inviare ad esso dei messaggi**
- **I membri del gruppo possono appartenere alla medesima rete o a reti fisiche differenti**



Il multicast router

Si occupa dello smistamento dei datagrammi multicast, in maniera trasparente riguardo agli host interessati ad una determinata sessione di gruppo



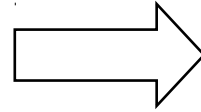
Il multicast router: funzionamento

- **Ogni elaboratore trasmette i datagrammi multicast sfruttando il meccanismo hardware messo a disposizione dalla rete locale su cui si trova**
- **Se un datagramma giunge al multicast router, quest'ultimo si occupa, se necessario, di instradarlo verso le altre reti**



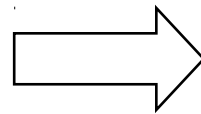
Protocolli per il multicast in Internet

IGMP
Internet Group
Management Protocol



**Fornisce ad un host i mezzi
per informare il multicast
router ad esso più vicino
che un'applicazione vuole
unirsi ad un determinato
gruppo multicast**

**Algoritmi per il
multicast routing**

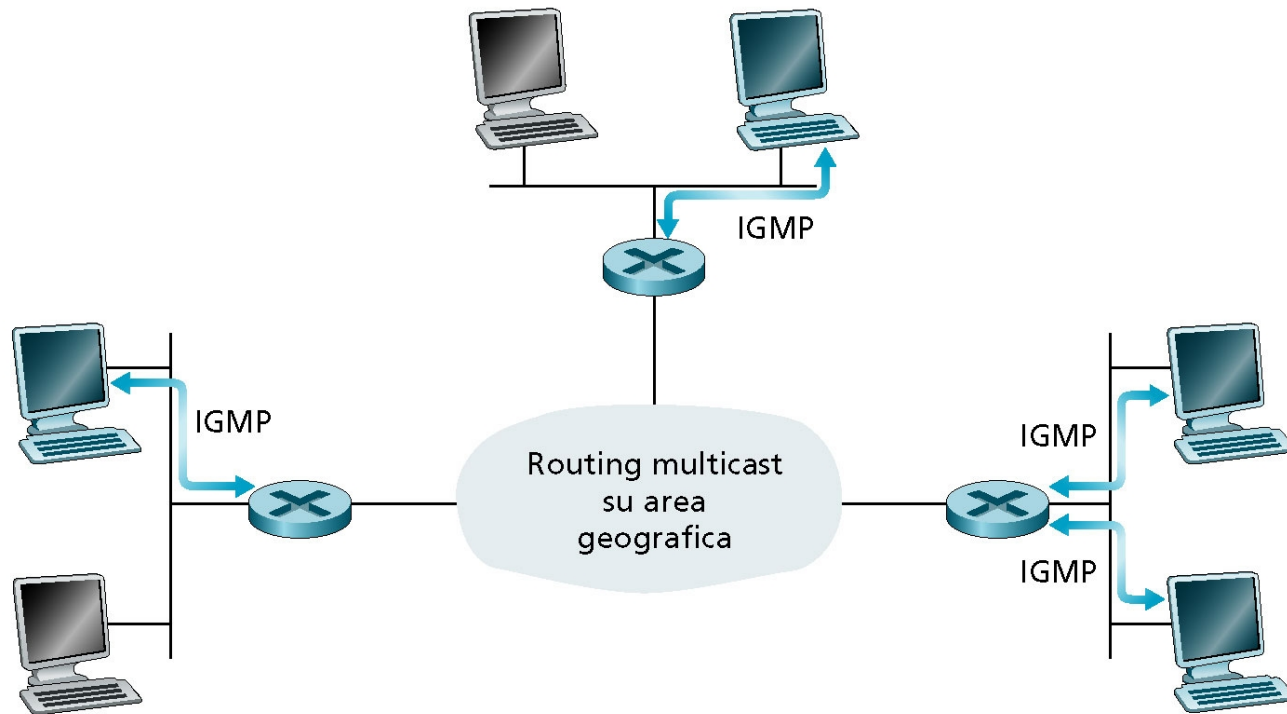


**Coordinano i multicast
router all'interno della rete
Internet, per permettere
l'instradamento dei
datagrammi multicast**



Protocolli per il multicast in Internet

Internet Group Management Protocol opera tra un host ed il router ad esso direttamente collegato



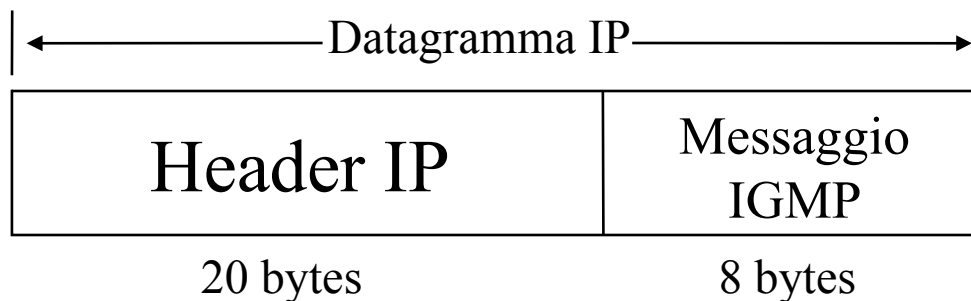


Il protocollo IGMP

IGMP serve a garantire la trasmissione, tra host e multicast router ad essi direttamente collegati, dei messaggi relativi alla costituzione dei gruppi.

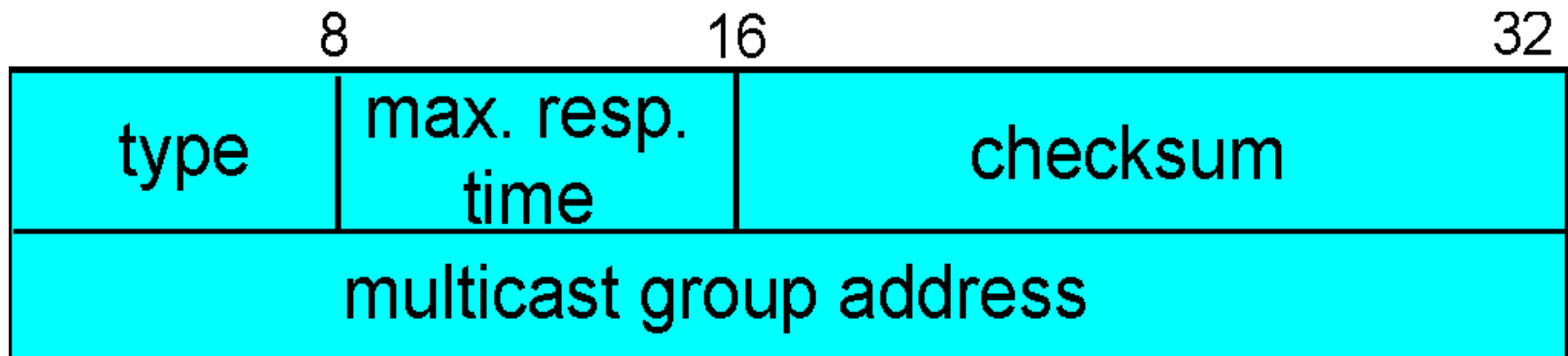
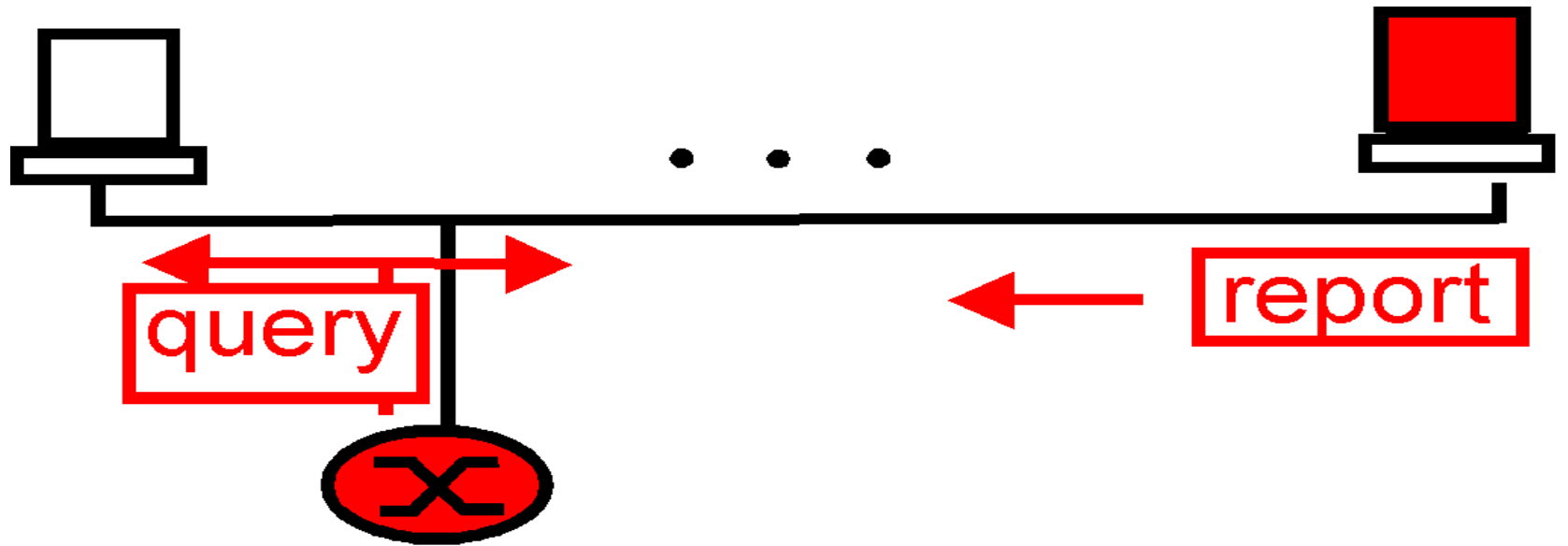
A tal fine, esso utilizza i normali datagrammi IP.

Il raggio di interazione di tale protocollo è locale (cioè limitato alle reti locali di frontiera)





Il protocollo IGMP





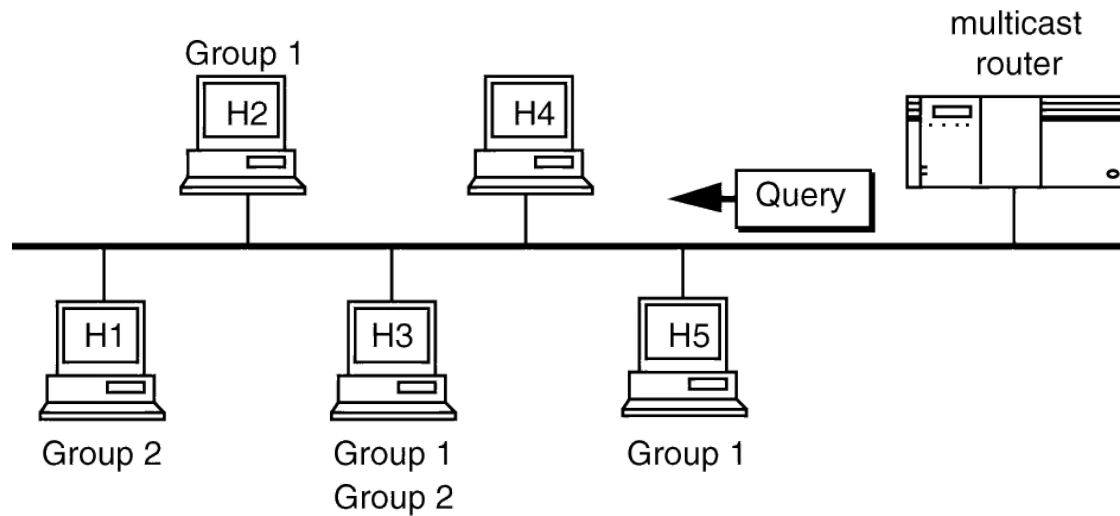
Il protocollo IGMP

<u>Tipo di messaggio</u>	<u>Inviato da</u>	<u>Scopo</u>
<u>membership query: general</u>	<u>router</u>	Informarsi sui gruppi <u>multicast</u> cui gli <u>host</u> locali partecipano
<u>membership query: specific</u>	<u>router</u>	Informarsi se uno o più <u>host</u> locali partecipano ad un determinato gruppo <u>multicast</u>
<u>membership report</u>	<u>host</u>	Informa il <u>multicast router</u> locale che <u>l'host</u> vuole unirsi (o fa parte di) un determinato gruppo <u>multicast</u>
<u>leave group</u>	<u>host</u>	Informa il <u>multicast router</u> locale che <u>l'host</u> vuole lasciare un determinato gruppo <u>multicast</u>



Il protocollo IGMP

- **Membership Query** **224.0.0.1** **ALL-SYSTEMS.MCAST.NET**
- **Membership Report** **224.0.0.2** **ALL-ROUTERS.MCAST.NET**
- **Leave Group**





IGMP : funzionalità

Le funzioni di IGMP sono relative a due fasi differenti:

- **Fase 1**
 - **Quando un host si unisce ad un nuovo gruppo, invia un messaggio IGMP ad un particolare indirizzo multicast**
 - **I multicast router appartenenti alla rete locale sulla quale tale host è situato, ricevono il messaggio e stabiliscono i meccanismi di routing propagando le informazioni concernenti il gruppo attraverso la rete interconnessa**



IGMP : funzionalità (segue)

- **Fase 2**

Dovendo gestire i gruppi in maniera dinamica, i multicast router interrogano periodicamente (mediante opportune tecniche di “polling”) gli host sulle varie reti locali, per aggiornare le informazioni relative alla composizione dei gruppi stessi



IGMP : implementazione

IGMP è stato accuratamente progettato per evitare di aggiungere carico eccessivo sulla rete:

- **Esso cerca, laddove possibile, di sfruttare al massimo i meccanismi hardware dei livelli sottostanti**
- **Il multicast router evita di trasmettere messaggi di richiesta individuali per ciascun gruppo, cercando, piuttosto, di raccogliere informazioni relative alla composizione dei singoli gruppi con una sola richiesta (“poll request”)**

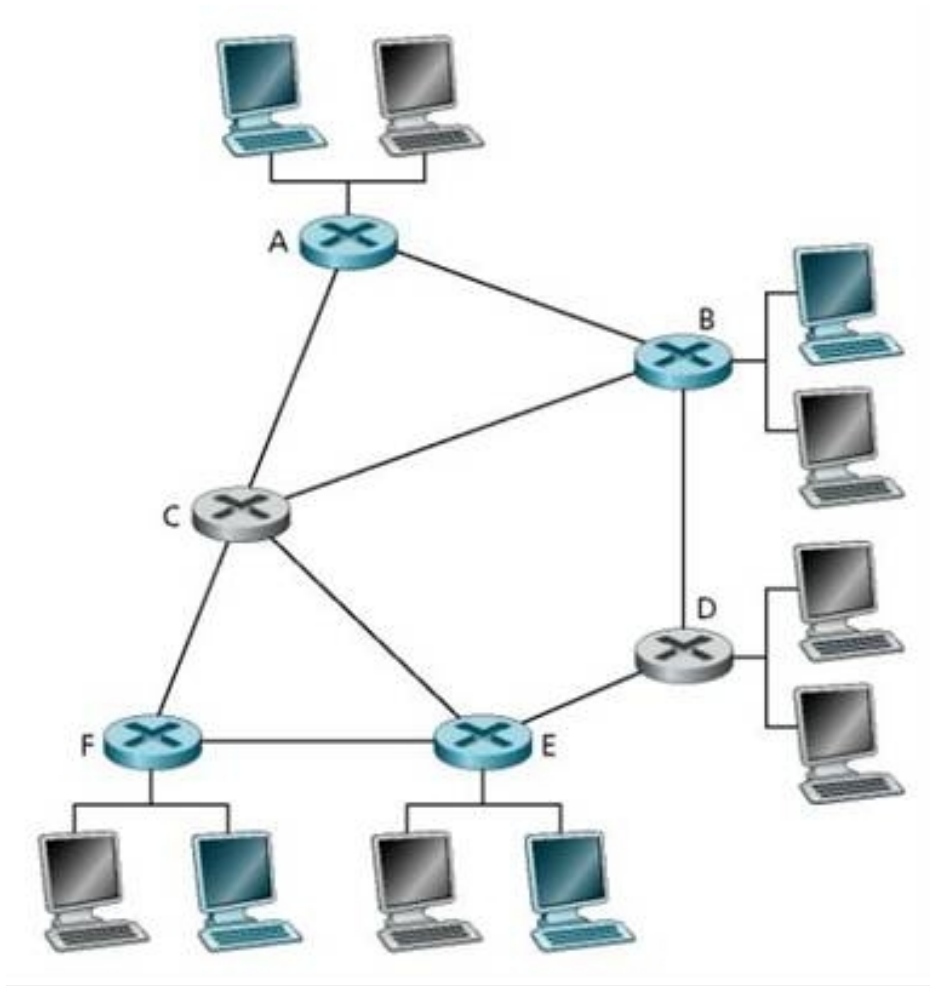


IGMP : implementazione (segue)

- **Host appartenenti a più di un gruppo non inviano risposte multiple in contemporanea, ma le diluiscono, in maniera random, su di un intervallo di 10 secondi (campo max resp. time)**
- **Ogni host ascolta le risposte inviate dagli altri e sopprime le proprie nel caso in cui risultino superflue**



Il routing multicast e l'albero di copertura

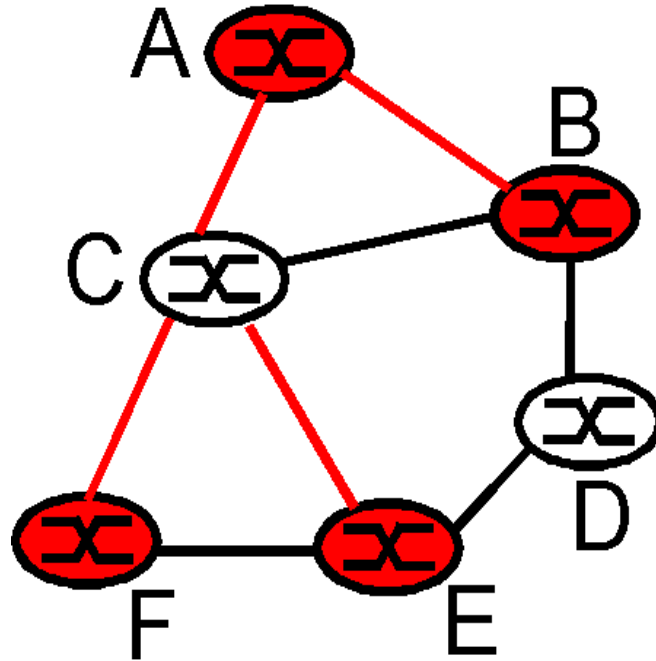


- L'obiettivo dell'instradamento multicast è di trovare un albero di link che colleghi tutti i router cui sono attaccati gli host che appartengono al gruppo multicast.
- I pacchetti multicast saranno allora instradati attraverso questo albero dal sender a tutti gli host appartenenti all'albero multicast (naturalmente, l'albero può contenere router che non hanno collegati host appartenenti al gruppo).



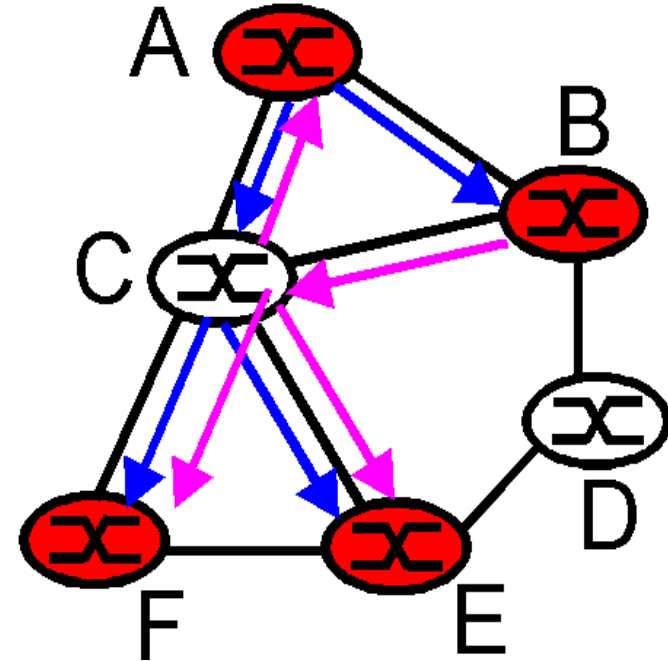
Il routing multicast: due possibili approcci

Group-shared Tree



**Singolo albero condiviso
dal gruppo per
distribuire il traffico di
tutti i mittenti**

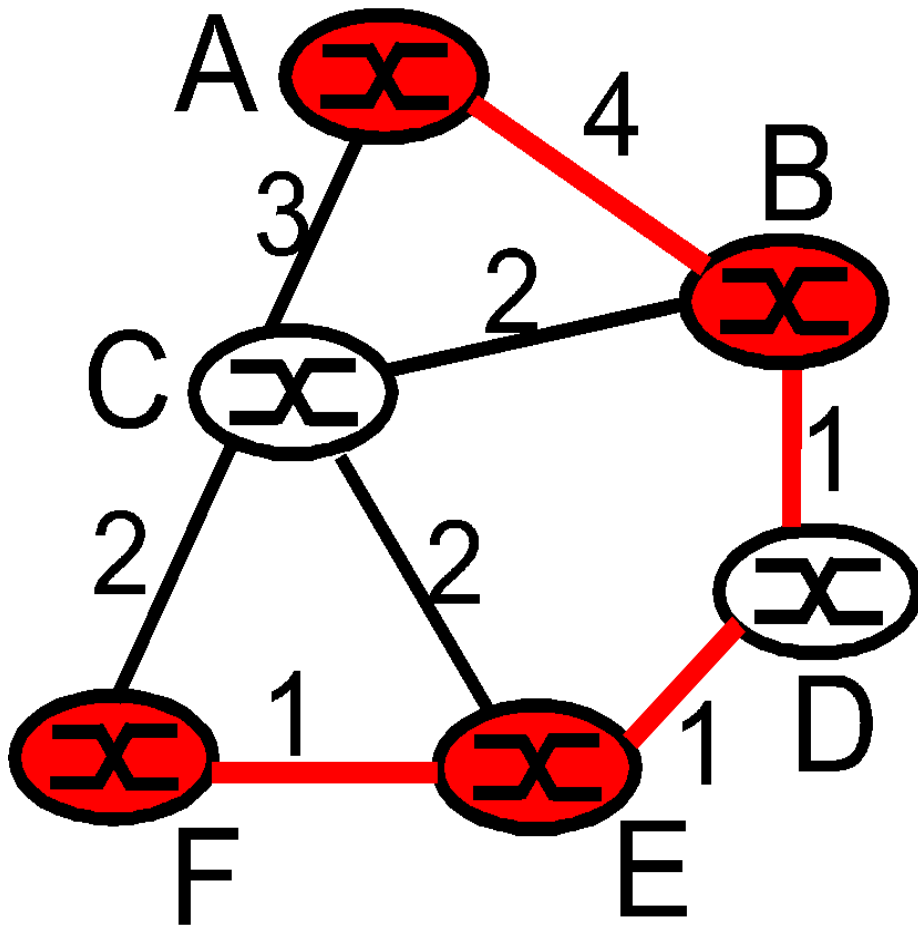
Source-based Tree



**Specifico albero
d'instradamento
costruito per ciascun
singolo mittente**



Group-shared Tree



Steiner Tree Problem:
il problema di trovare
un albero a costo
minimo

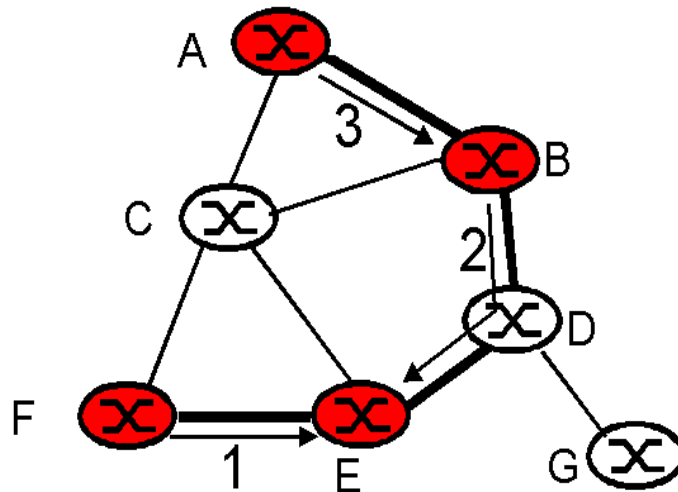


Tale problema è NP-
completo
Esistono, tuttavia, algoritmi
che approssimano la
soluzione ottimale in
maniera soddisfacente






Approccio core-based:

N.B.: Il “core” è il nodo E



Legend

-  router with attached group member
-  router with no attached group member
-  path/order in which join msgs generated

- Si usa un approccio centralizzato definendo un nodo centrale come punto di **rendezvous** o **nucleo**
 - Tutti i router cui sono collegati host multicast aderiscono al nucleo con messaggi unicast (che seguono il routing unicast)
 - Il messaggio di adesione prosegue fino a quando non si arriva ad un router che già appartiene all'albero ricoprente o si arriva al nucleo
 - In entrambi i casi il percorso seguito definisce il ramo dell'albero

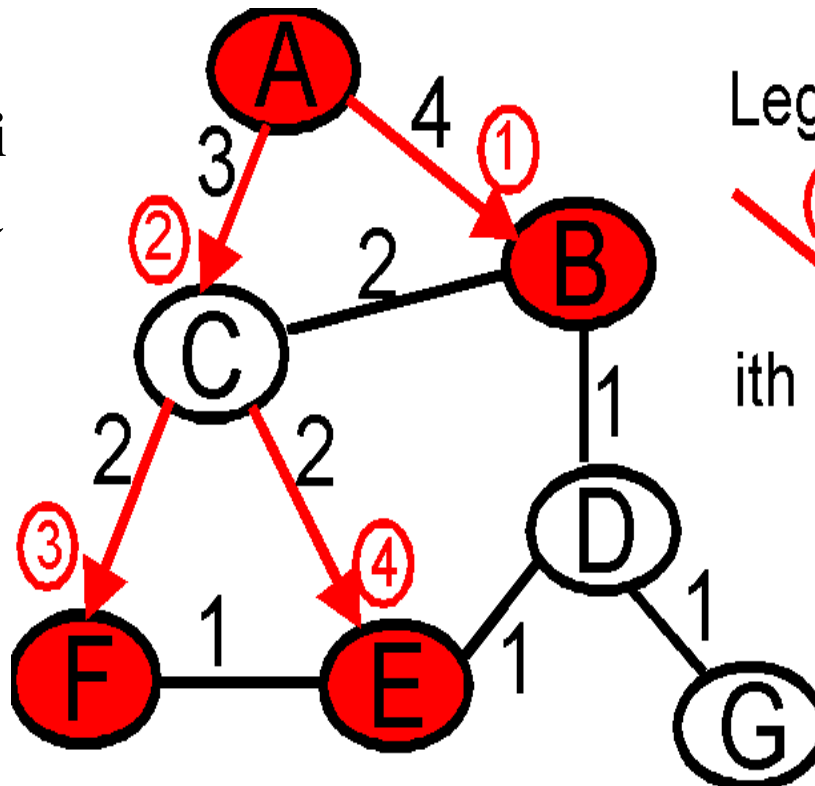


Source-based Tree

Least unicast-cost

path tree:

l'unione dei
percorsi minimi
dalla sorgente a
tutte le
destinazioni



Legend:



ith path link to be added



Differenze tra gli approcci al routing multicast

**Least unicast-cost
path tree**



**Minimizza il costo
dalla sorgente ad
ognuna delle
destinazioni**

Steiner tree



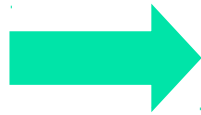
**Minimizza la
somma dei costi
dei link dell'albero
multicast**



Il Reverse Path Forwarding (RPF)

L’algoritmo “least unicast-cost path tree” è di tipo “link state”, per cui richiede che ciascun router conosca lo stato di ciascun link della rete

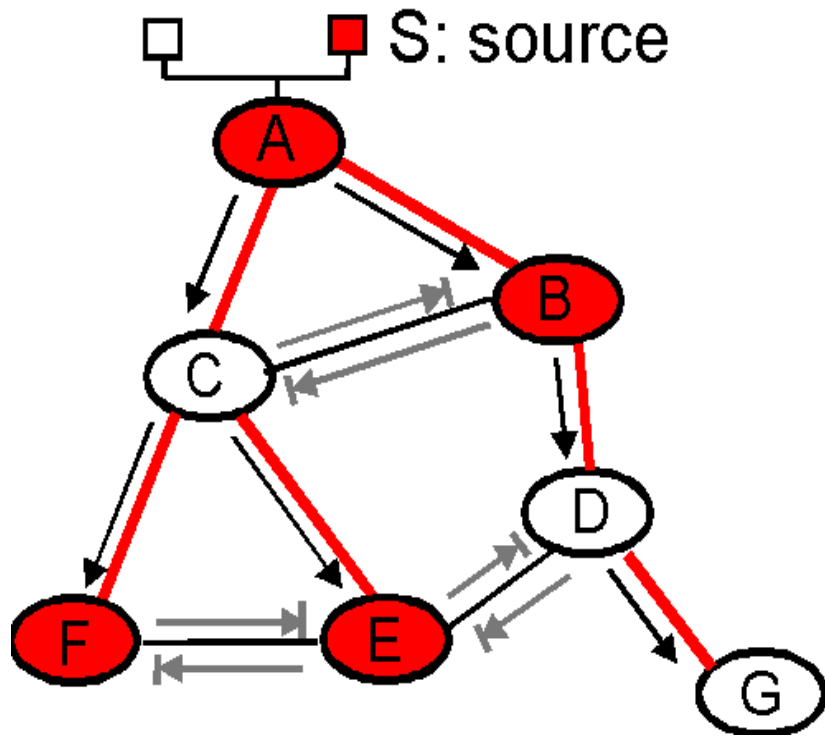
**Reverse Path
Forwarding (RPF)**



Quando un router riceve un pacchetto multicast con un dato indirizzo sorgente, lo trasmette su tutte le interfacce di uscita solo se il pacchetto è giunto da un link appartenente al proprio shortest path verso il sender in questione



II Reverse Path Forwarding



Legend



router with attached group member



router with no attached group member



pkt that will be forwarded



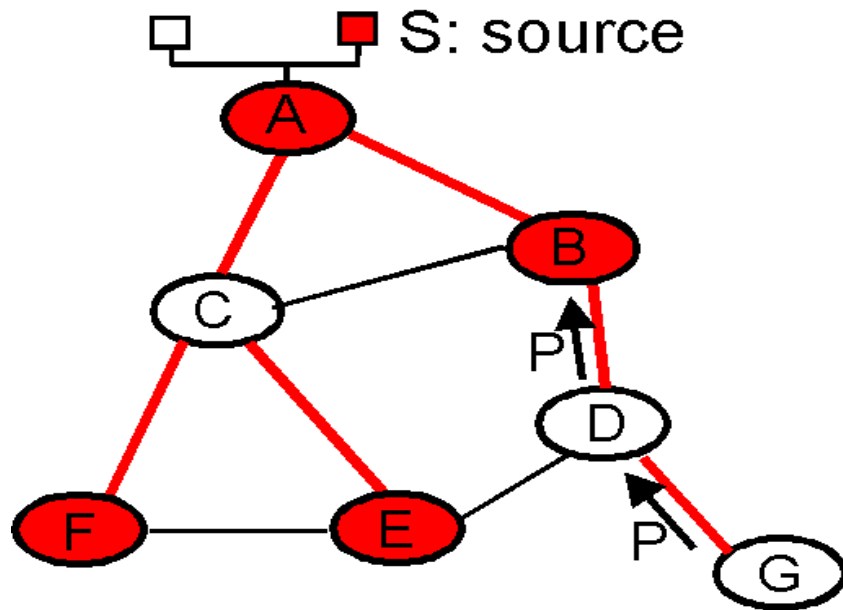
pkt not forwarded beyond receiving router





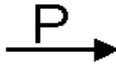
N.B.: In tal caso, D inoltra il pacchetto verso G, nonostante G non appartenga al gruppo multicast



II Truncated Reverse Path Forwarding



Legend

-  router with attached group member
-  router with no attached group member
-  prune message

I router che ricevono pacchetti multicast pur non essendo connessi ad host appartenenti al gruppo destinazione, inviano un apposito messaggio di “pruning” verso il router a monte. Un router che riceve tale messaggio da tutti i suoi successori, itera il procedimento



Distance Vector Multicast Routing Protocol



Implementa un algoritmo source-based tree con RPF, pruning e grafting (innesto)

Utilizza un algoritmo Distance Vector che permette ad ogni router di calcolare il link di uscita sul percorso minimo verso ciascuna possibile sorgente



Multicast Open Shortest Path First



Estende OSPF facendo sì che i router si scambino anche le informazioni relative all'appartenenza ai gruppi

In tal modo, i router possono costruire alberi specifici per ogni sorgente, pre-potati, relativi ad ogni gruppo multicast



Core-Based Tree



**Costruisce un albero “group-shared”
bidirezionale, con un unico centro (“core”)**

- **L’aggiunta di rami avviene mediante appositi messaggi di “join”**
- **La gestione dell’albero è affidata a meccanismi di refresh (soft-state)**



Protocol Independent Multicast



Prevede due scenari alternativi:

- **dense mode:** i membri del gruppo multicast sono concentrati in una determinata area.
- **sparse mode:** il numero di router con membri di gruppo connessi è piccolo rispetto al numero totale di router (i membri del gruppo sono disseminati su un'area ampia).



Il protocollo PIM

Dense mode



Dato che la maggior parte dei router è coinvolta nella trasmissione, utilizza un approccio RPF (simile a quello adottato da DVMRP)

Sparse mode



Utilizza un approccio center-based, in cui i router interessati alla trasmissione inviano messaggi espliciti di “join” (simile a CBT)



Il routing multicast inter-dominio

Per instradare datagrammi multicast tra differenti Sistemi Autonomi (Autonomous Systems -- AS)



DVMRP:
standard de facto



BGMP:
Border Gateway Multicast Protocol

- approccio group-shared
- in corso di sviluppo



La rete MBone: Multicast BackBone

- **Un banco di prova semi-permanente per il multicast**
- **Una rete virtuale che si appoggia su porzioni dell'Internet fisica**
- **Composta da “isole” capaci di supportare il multicast IP (es: reti locali dotate di meccanismi hardware per il multicasting, quali Ethernet), collegate mediante link virtuali di tipo punto-punto chiamati “tunnel”**



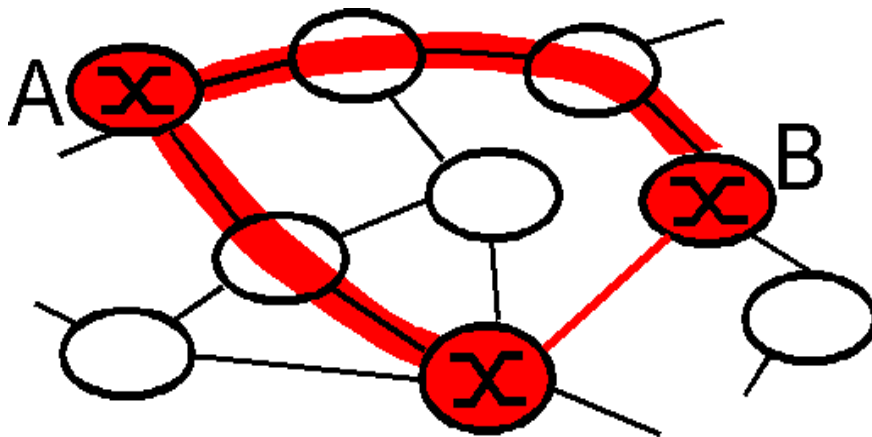
MBone : i tunnel multicast

- **I pacchetti IP multicast vengono incapsulati prima di essere trasmessi attraverso i tunnel, in modo da apparire, all'esame dei router e delle sottoreti intermedie, come normali datagrammi unicast**
- **Un multicast router intenzionato a trasmettere un pacchetto all'altro capo di un tunnel deve aggiungere ad esso un ulteriore header IP in cui sia presente, come indirizzo destinazione, l'indirizzo unicast del router che si trova al capo opposto del tunnel**

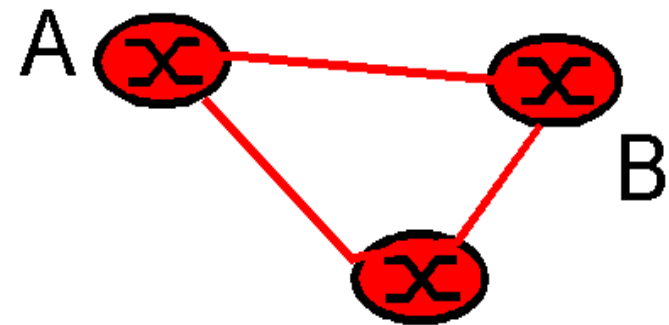


MBone : i tunnel multicast (segue)

- Il router situato all'altro estremo del tunnel deve, alla ricezione del pacchetto, eliminare l'header unicast che fungeva da capsula e smistare il pacchetto multicast nel modo appropriato



physical topology



logical mcast topology



Comandi di base per multicast in linux

- `ip route add 224.0.0.0/4 dev eth0`
 - Abilita l'instradamento multicast su eth0
- `netstat -g`
 - Mostra le affiliazioni ai gruppi
- `ping -c4 224.0.0.1`
 - Manda un ICMP `echo request` a ALL-HOSTS



Programmare applicazioni multicast

`setsockopt()` , `getsockopt()`

- `family` : `AF_INET`
- `type`: `SOCK_DGRAM` or `SOCK_RAW`
- `level`: `IPPROTO_IP`
- `optnames`:
 - `IP_MULTICAST_LOOP`
 - `IP_MULTICAST_TTL`
 - `IP_MULTICAST_IF`
 - `IP_ADD_MEMBERSHIP`
 - `IP_DROP_MEMBERSHIP`