

Corsi di Laurea in Ingegneria Informatica  
Ingegneria delle Telecomunicazioni  
Ingegneria dell'Automazione  
Corso di Reti di Calcolatori



Simon Pietro Romano ([spromano@unina.it](mailto:spromano@unina.it))  
Antonio Pescapè ([pescapè@unina.it](mailto:pescapè@unina.it))  
Giorgio Ventre ([giorgio@unina.it](mailto:giorgio@unina.it))

## IP Multicasting

## 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.

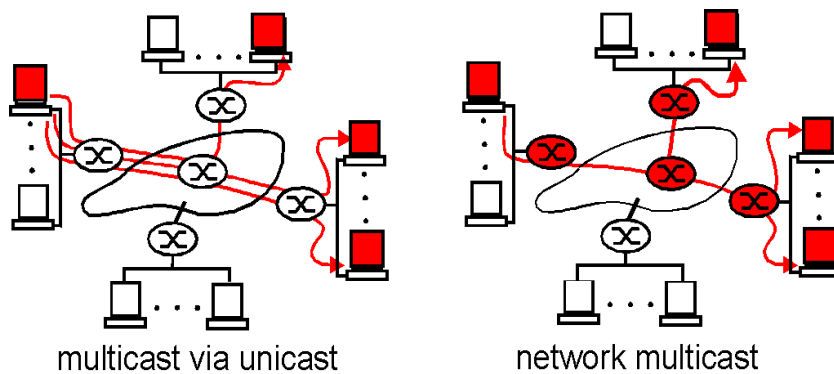
## IP Multicasting



**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**

3

## La trasmissione multicast



4

## La trasmissione multicast



Come identificare i ricevitori di un datagramma multicast?

Come inviare un datagramma ai ricevitori, una volta identificati?



5

## 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

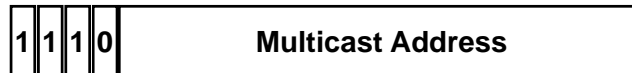


6

## 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"**

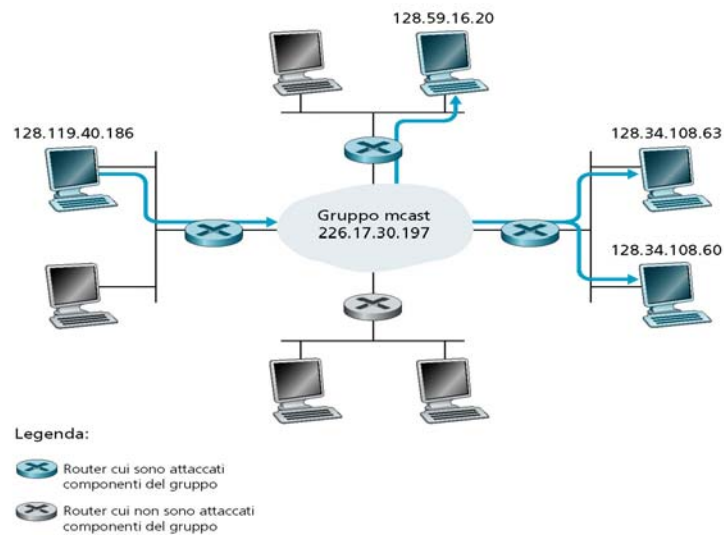
7

## 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 da 224.0.0.0 a 224.0.0.255
    - 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
  - Site-local scope: 239.255.0.0/16
  - Organization-local scope: 239.192.0.0/16

## Il gruppo multicast



9

## 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 → 224.2.127.254 (SAP.MCAST.NET).
    - 224.2.128.0 – 224.2.255.255
  - Sessioni Administrative Scope → 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**

11

## Il multicast router



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

12

## 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

13

## Protocolli per il multicast in Internet

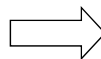


**IGMP**  
Internet Group  
Management Protocol



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



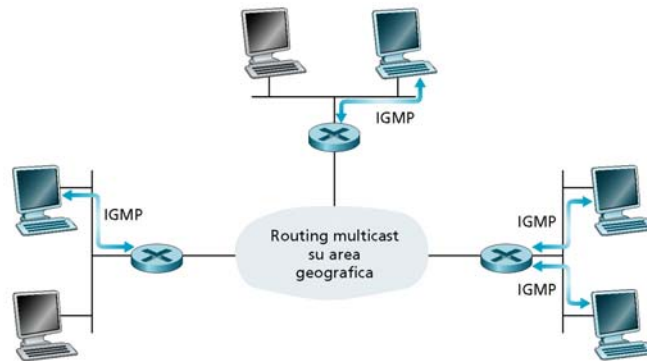
Coordinano i multicast router all'interno della rete Internet, per permettere l'instradamento dei datagrammi multicast

14

## Protocolli per il multicast in Internet



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

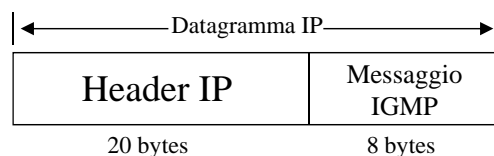


15

## Il protocollo IGMP

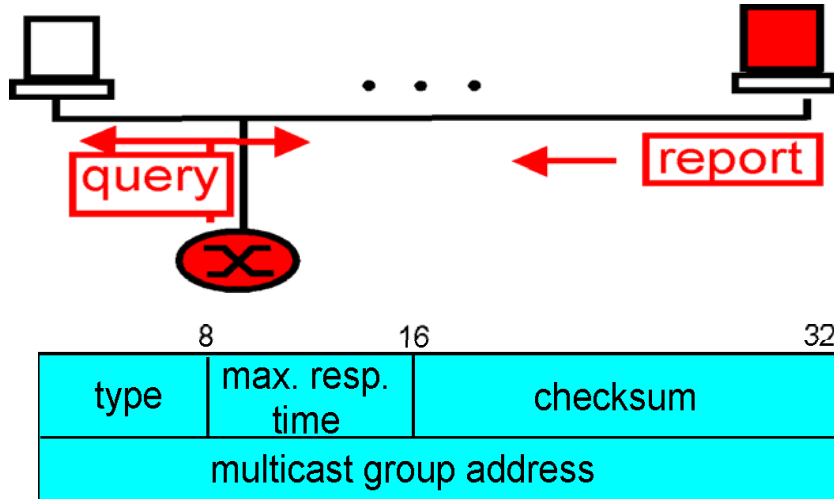


**IGMP serve a garantire la trasmissione, tra host e multicast router ad essi direttamente collegati, dei messaggi relativi alla costituzione dei gruppi.**  
**A tal fine, esso utilizza i normali datagrammi IP.**  
**Il raggio di interazione di tale protocollo è locale (cioè limitato alle reti locali di frontiera)**



16

## Il protocollo IGMP



17

## Il protocollo IGMP



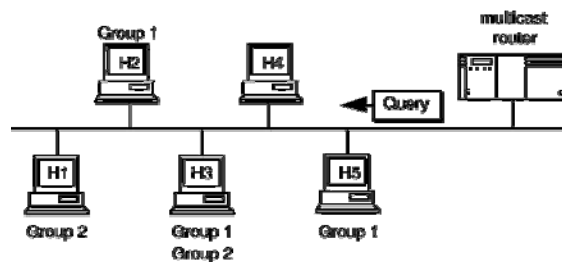
<u>Tipo di messaggio</u>	<u>Inviato da</u>	<u>Scopo</u>
membership query: generale	router	Informarsi sui gruppi multicast cui gli host locali partecipano
membership query: specifico	router	Informarsi se uno o più host locali partecipano ad un determinato gruppo multicast
membership report	host	Informa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

18

## Il protocollo IGMP



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



## 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**

21

## 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”)**

22

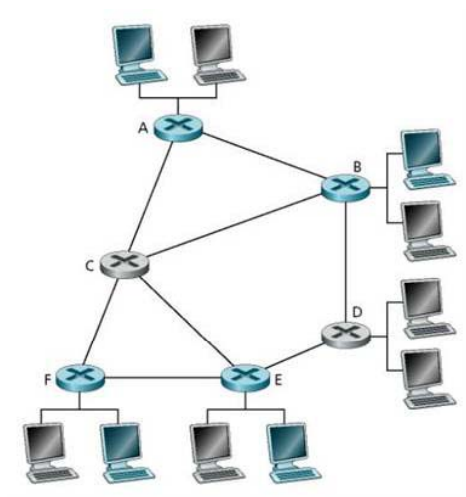
## IGMP : implementazione (segue)



- 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

23

## Il routing multicast e l'albero di copertura



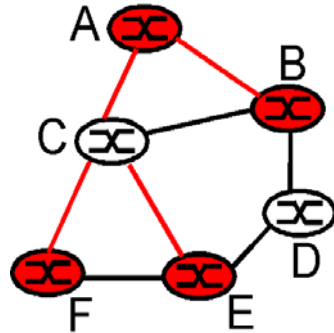
L'obiettivo dell'instradamento multicast è di trovare un albero di link che colleghi tutti i router cui sono attaccati gli host che appartengono al gruppo multicast. I pacchetti multicast saranno allora instradati attraverso questo albero dal sender a tutti gli host appartenenti all'albero multicast.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

24

## Il routing multicast: due possibili approcci

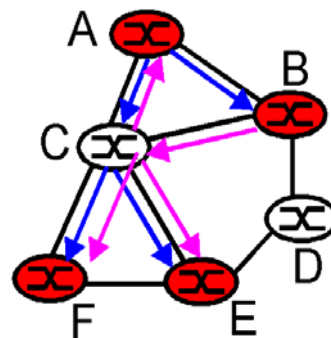


**Group-shared Tree**



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

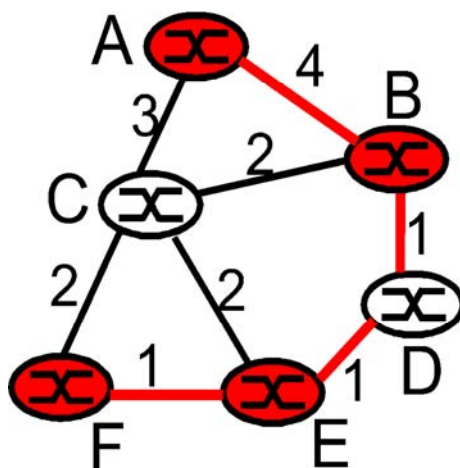
**Source-based Tree**



Specifico albero d'instradamento costruito per ciascun singolo mittente

25

## 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

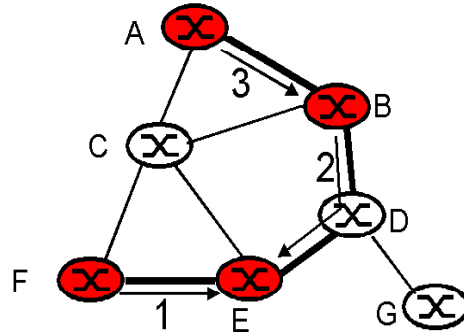
26

## Instradamento multicast che usa un albero condiviso dal gruppo



### 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
  - Il percorso seguito definisce il ramo dell'albero

27

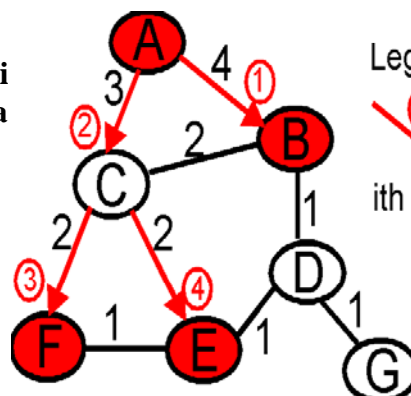
## Source-based Tree



### Least unicast-cost

#### path tree:

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



### Legend:



ith path link to be added

28

## 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**

29

## 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**

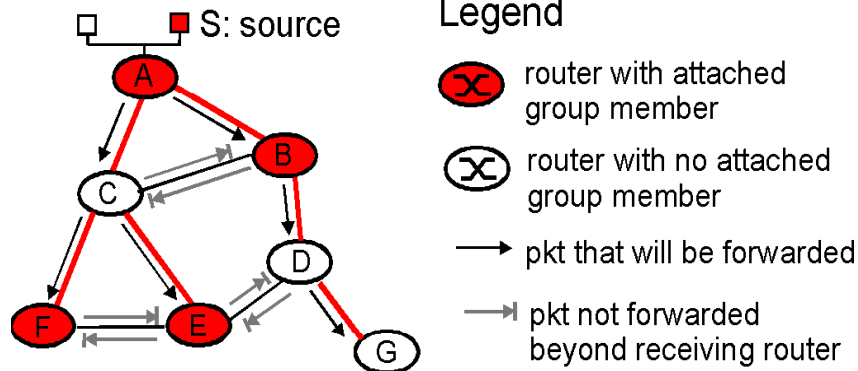
**Reverse Path  
Forwarding (RPF)**



**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**

30

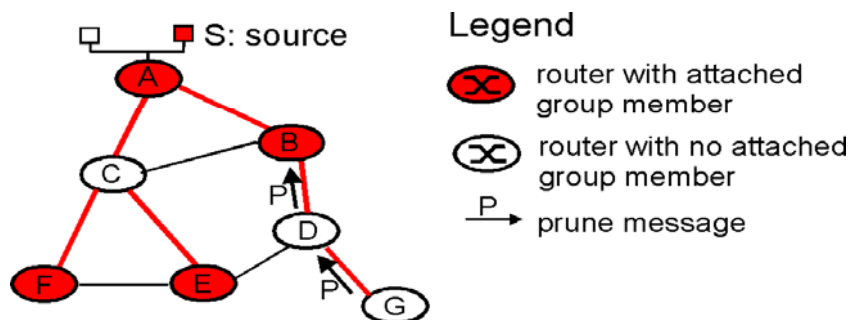
## Il Reverse Path Forwarding



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

31

## Il Truncated Reverse Path Forwarding



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

32



### **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**

33



### **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**

34



### 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**
- **sparse mode**

## 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)

37

## 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

38

## 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”

39

## MBone : i tunnel multicast



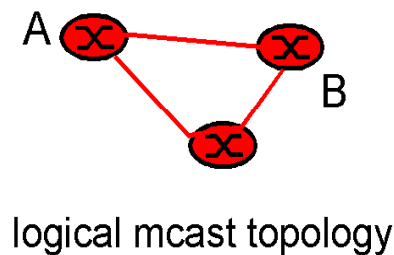
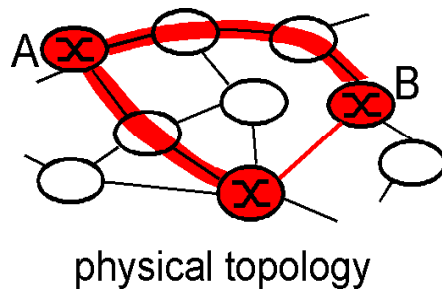
- I pacchetti IP multicast vengono incapsulati prima di essere trasmessi attraverso i tunnel, in modo da apparire, all'esame dei router e delle sottoreti intermedie, come normali datagrammi unicast
- Un multicast router intenzionato a trasmettere un pacchetto all'altro capo di un tunnel deve aggiungere 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

40

## 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



41

## Il programma Mouted



- Si occupa del routing multicast sui sistemi UNIX
- Il suo funzionamento è del tutto simile a quello del demone routed nel caso unicast:
  - opera in stretta collaborazione col sistema operativo per installare le informazioni relative all'instradamento dei pacchetti multicast
  - Può essere utilizzato solo con una versione speciale di UNIX, conosciuta come "multicast kernel", contenente:
    - una tabella apposita per il routing dei pacchetti multicast
    - il codice necessario per il loro smistamento

42

## Mrouted : funzioni principali



- Propagazione delle informazioni relative al routing :
  - *mrouted* utilizza DVMRP per propagare tali informazioni
  - un calcolatore che supporta *mrouted* è anche in grado di costruire la “multicast routing table”:
    - Impiego di algoritmi quali il Truncated Reverse Path Broadcast (TRPB)
- Creazione dei tunnel multicast:
  - non tutti i router di Internet sono capaci di smistare i datagrammi di tipo multicast
    - *mrouted* si occupa, quindi, della configurazione di un tunnel tra due router, attraverso elementi intermediari che non partecipano al multicasting