

**Corso di Laurea in Ingegneria Informatica**



**Corso di Reti di Calcolatori  
(a.a. 2011/12)**

**Roberto Canonico ([roberto.canonico@unina.it](mailto:roberto.canonico@unina.it))**

**Giorgio Ventre ([giorgio.ventre@unina.it](mailto:giorgio.ventre@unina.it))**

**IP multicasting  
Multicast routing**

15 novembre 2011

**I lucidi presentati al corso sono uno strumento didattico  
che NON sostituisce i testi indicati nel programma del corso**

## **Nota di copyright per le slide COMICS**



### **Nota di Copyright**

Questo insieme di trasparenze è stato ideato e realizzato dai ricercatori del Gruppo di Ricerca COMICS del Dipartimento di Informatica e Sistemistica dell'Università di Napoli Federico II. Esse possono essere impiegate liberamente per fini didattici esclusivamente senza fini di lucro, a meno di un esplicito consenso scritto degli Autori. Nell'uso dovranno essere esplicitamente riportati 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.

**Autori:**

Simon Pietro Romano, Antonio Pescapè, Stefano Avallone,  
Marcello Esposito, Roberto Canonico, Giorgio Ventre

## Reverse path forwarding



- Utilizza le informazioni di routing unicast già note
- Costruisce un nuovo albero ad ogni pacchetto
- Non tiene in considerazione i gruppi,
  - questo lo rende più un algoritmo per la costruzione di un "broadcast tree"

3

## Il Reverse Path Forwarding (RPF)



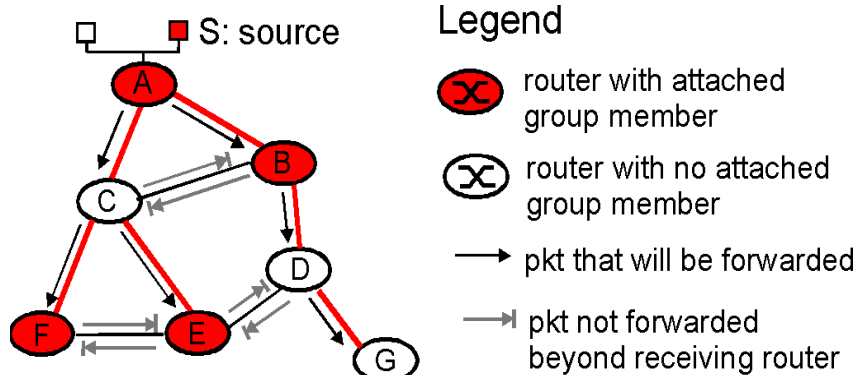
**Reverse Path  
Forwarding (RPF)**



**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**

4

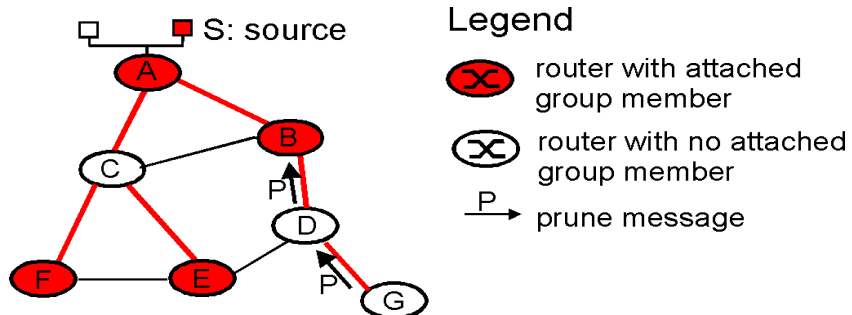
## Il Reverse Path Forwarding



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

5

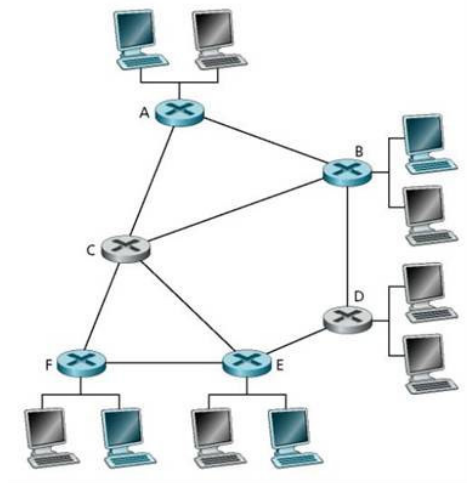
## Il Truncated Reverse Path Forwarding



**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**

6

## Il routing multicast e l'albero di copertura



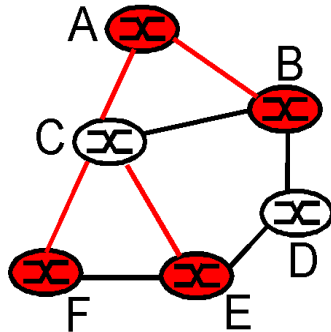
L'obiettivo dell'instradamento multicast è di trovare un albero di link che colleghi tutti i router cui sono attaccati gli host che appartengono al gruppo multicast. I pacchetti multicast saranno allora instradati attraverso questo albero dal sender a tutti gli host appartenenti all'albero multicast.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

7

## Il routing multicast: due possibili approcci

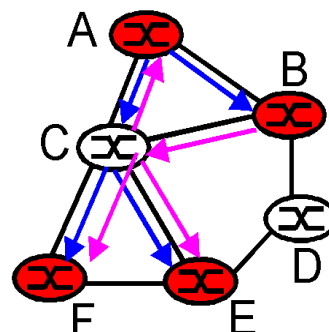


### Group-shared Tree



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

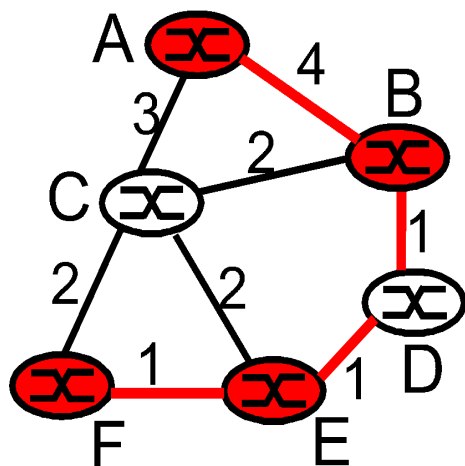
### Source-based Tree



Specifico albero d'instradamento costruito per ciascun singolo mittente

8

## 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

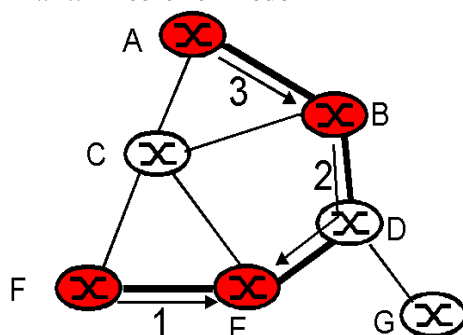
9

## Instradamento multicast con 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

10

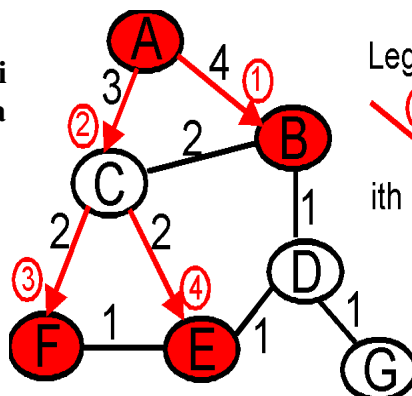
## Source-based Tree




### Least unicast-cost

#### path tree:

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



Legend:

 ith path link to be added

11

## 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

12

## Protocolli per il multicast in Internet : DVMRP



### Distance Vector Multicast Routing Protocol



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

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

**Pruning:** Se non ci sono iscrizioni al gruppo indicato viene mandato un messaggio **prune** ai router limitrofi

Tale messaggio **non** viene mandato sull'interfaccia corrispondente al percorso verso la sorgente, a meno che lo stesso messaggio non venga **ricevuto su tutte le altre interfacce**

13

## Protocolli per il multicast in Internet : MOSPF



### 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

14



### 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)

15



### Protocol Independent Multicast



E' in grado di funzionare utilizzando un qualunque protocollo di routing unicast come supporto  
Puo' essere utilizzato per routing sia inter-domain che extra-domain  
Se usato come extra-domain allora riesce ad interoperare con qualsiasi altro protocollo usato inter-domain

Prevede due scenari alternativi:

- dense mode
- sparse mode

16



## 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)

DM: progettato ed ottimizzato per reti densamente popolate da utenti di un certo gruppo

Sparse mode



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

SM: progettato per reti scarsamente popolate

17

## 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

18

## 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”

19

## MBone : i tunnel multicast



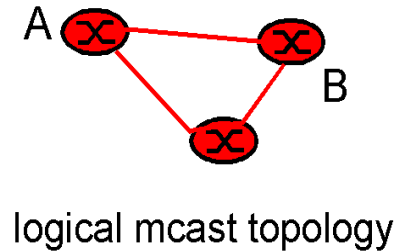
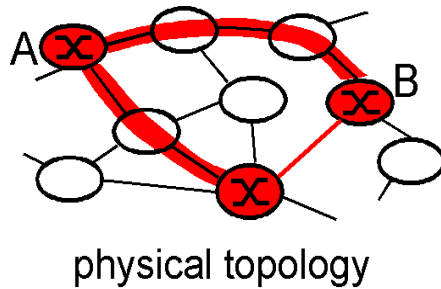
- I pacchetti IP multicast vengono incapsulati prima di essere trasmessi attraverso i tunnel, in modo da apparire, all'esame dei router e delle sottoreti intermedie, come normali datagrammi unicast
- Un multicast router intenzionato a trasmettere un pacchetto all'altro capo di un tunnel deve aggiungere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

20

## 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



21

## 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

22

## 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

23

## MBone

