

11 ottobre 2024

La Galassia del Routing IP

Il cuore dell'Internet



XIII[^] puntata - Routing multicast

Tiziano Tofoni

Note di *Copyright*

- Questo insieme di diapositive è protetto dalle leggi sul *copyright* e dalle disposizioni dei trattati internazionali. Il titolo ed i *copyright* relativi alle diapositive (ivi inclusi, ma non limitatamente, ogni immagine, fotografia, animazione, video, audio, musica e testo), in accordo con gli artt. 12 e seguenti della Legge 633/1941, **sono di proprietà dell'autore Tiziano Tofoni** (di seguito 'l'autore').
- Le diapositive **possono essere utilizzate esclusivamente per scopi di studio nell'ambito dei corsi tenuti dall'autore.**
- Ogni altra utilizzazione o riproduzione (ivi incluse, ma non limitatamente, le riproduzioni su supporti ottici/magnetici, su reti di calcolatori o stampate) in toto o in parte **è vietata, se non esplicitamente autorizzata per iscritto, a priori, da parte dell'autore.**
- L'informazione contenuta in queste diapositive è ritenuta essere accurata alla data della pubblicazione. Essa è fornita per scopi meramente didattici e non per essere utilizzata in progetti di impianti, prodotti, reti, ecc. In ogni caso essa è soggetta a cambiamenti senza preavviso. **L'autore non si assume alcuna responsabilità per il contenuto di queste diapositive** (ivi incluse, ma non limitatamente, la correttezza, completezza, applicabilità, aggiornamento dell'informazione).
- In ogni caso non può essere dichiarata conformità all'informazione contenuta in queste diapositive.
- In ogni caso **questa nota di *copyright* non deve mai essere rimossa e deve essere riportata anche in utilizzi parziali.**

Di cosa parlerò ...

#1

Motivazioni e applicazioni

#2

Principi generali

#3

Multicast negli switch

#4

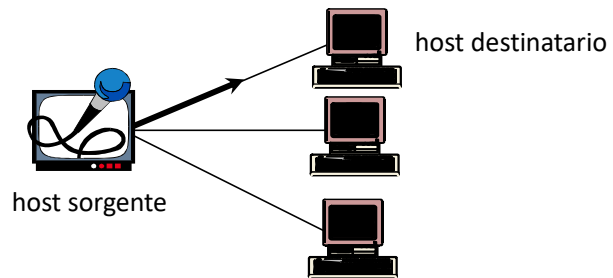
Protocolli di routing multicast

#5

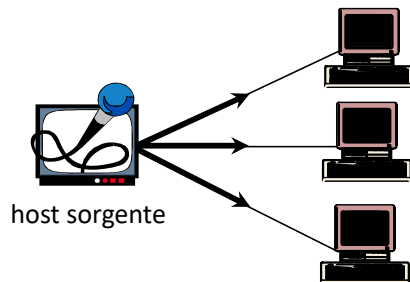
Ridondanza dei Rendezvous-Point

Modelli di trasmissione

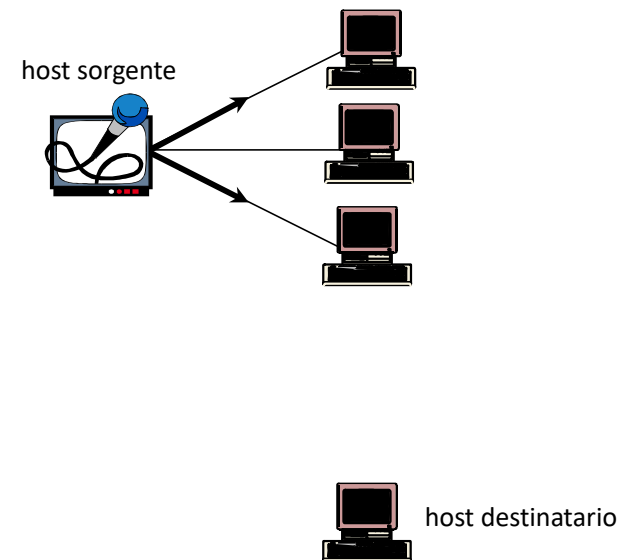
UNICAST: un host sorgente invia dati ad un host destinatario individuato da un indirizzo IP



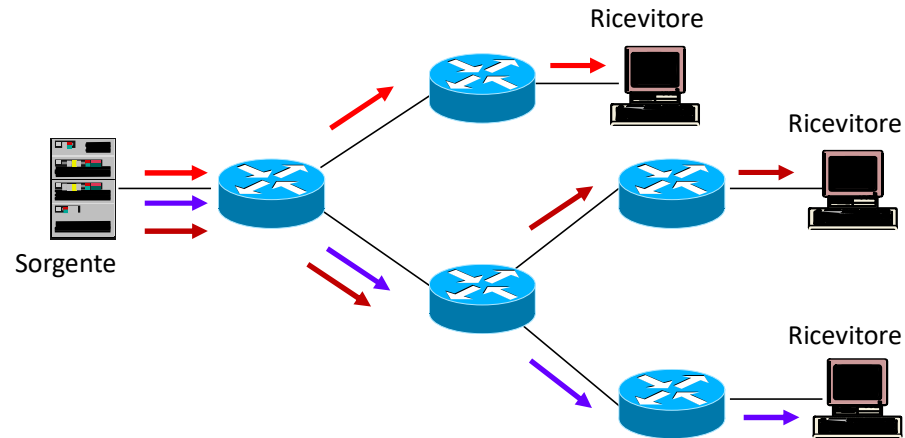
BROADCAST: un host sorgente invia dati a tutti gli host presenti individuati dall'indirizzo *broadcast*



MULTICAST: un host sorgente invia dati *ad un gruppo di destinatari* individuati da un indirizzo IP multicast

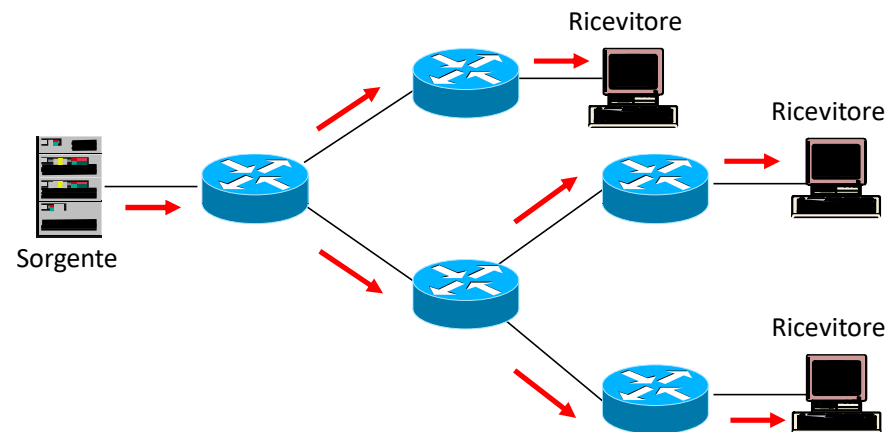


Inoltro dei pacchetti

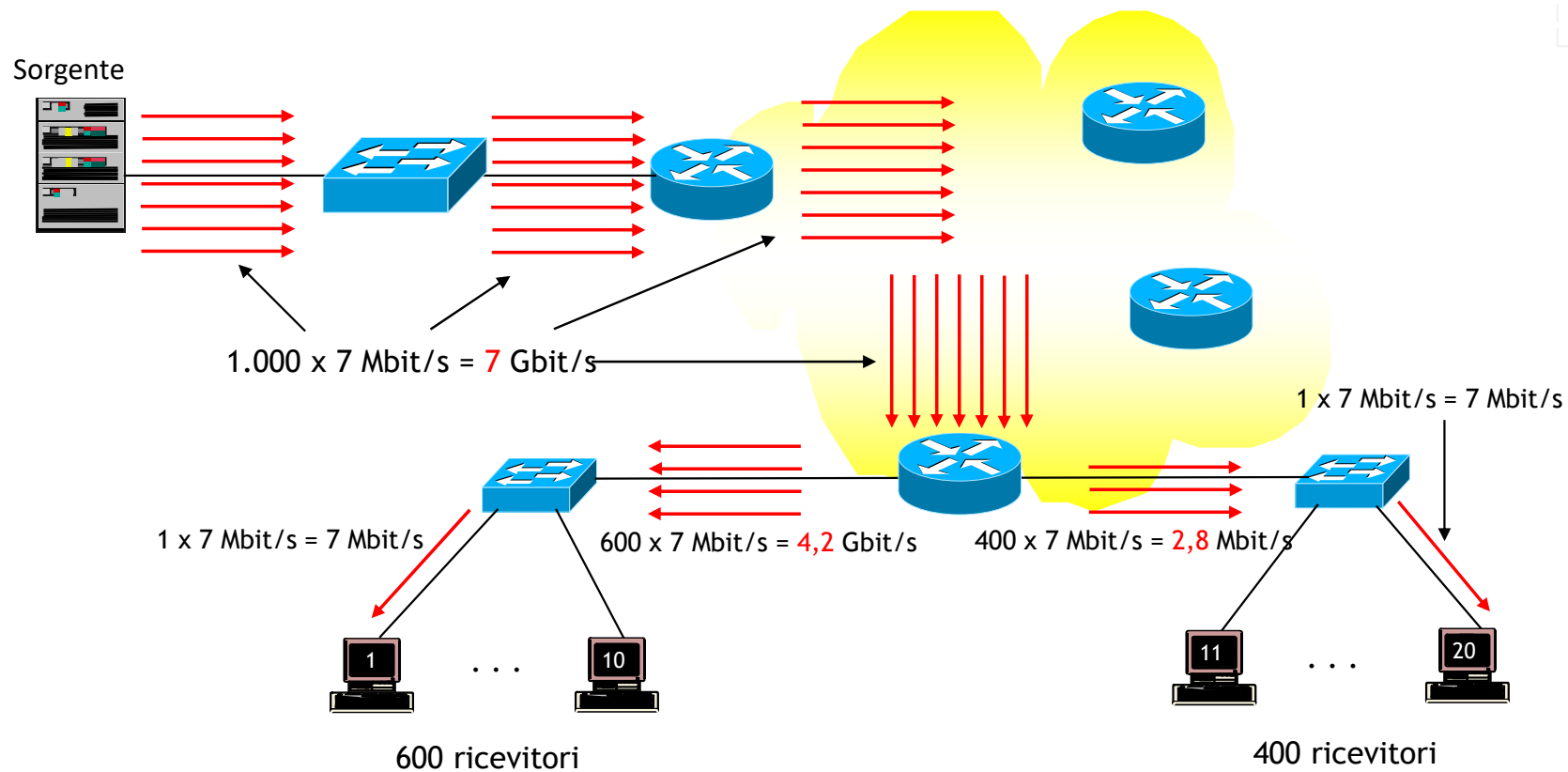


UNICAST: la sorgente trasmittiva genera un flusso di dati per ogni ricevitore collegato

MULTICAST: la sorgente invia una sola copia del flusso di dati e la rete instrada il flusso al solo gruppo di utenti interessati

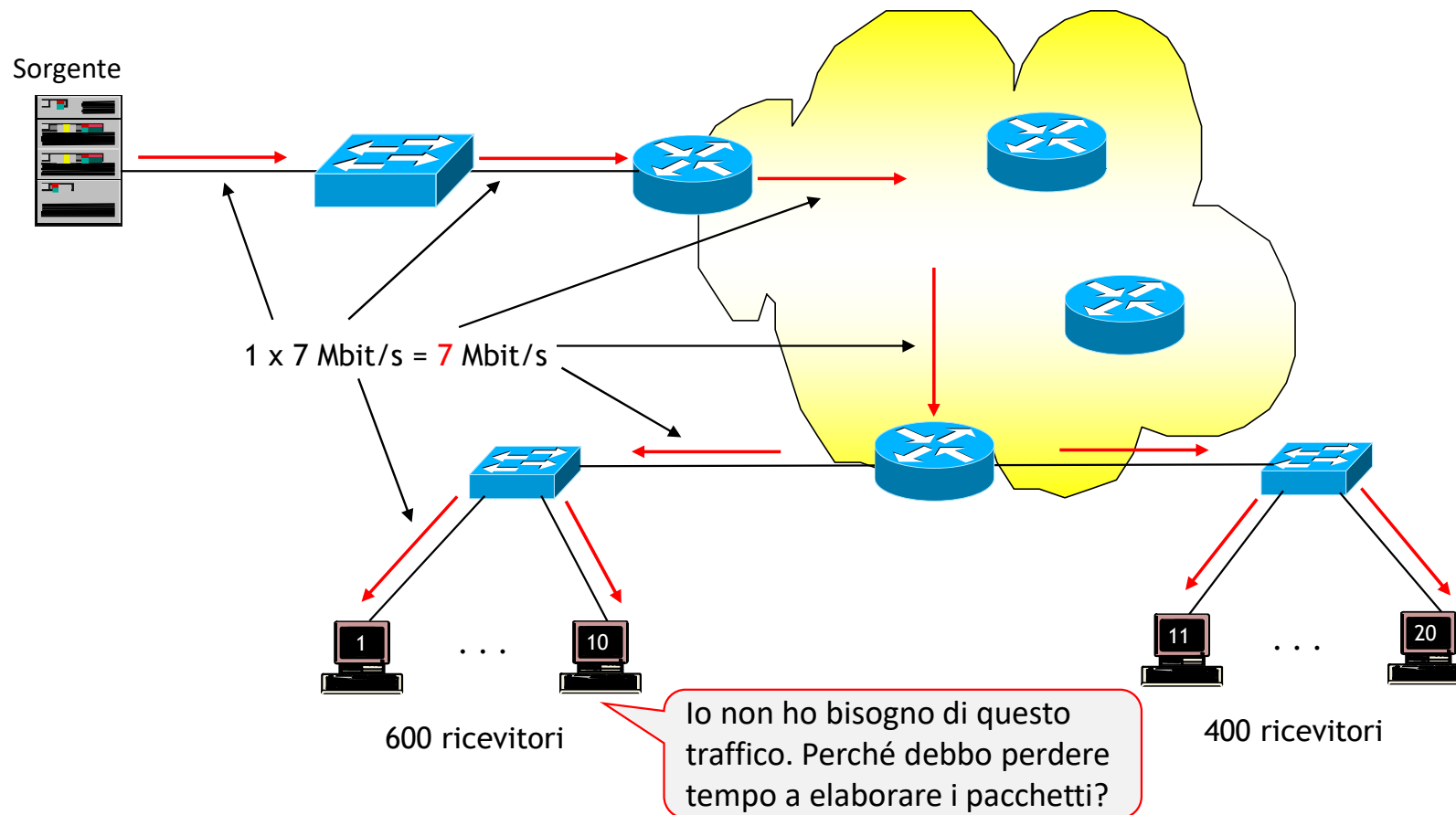


I benefici di IP multicast (1/3)



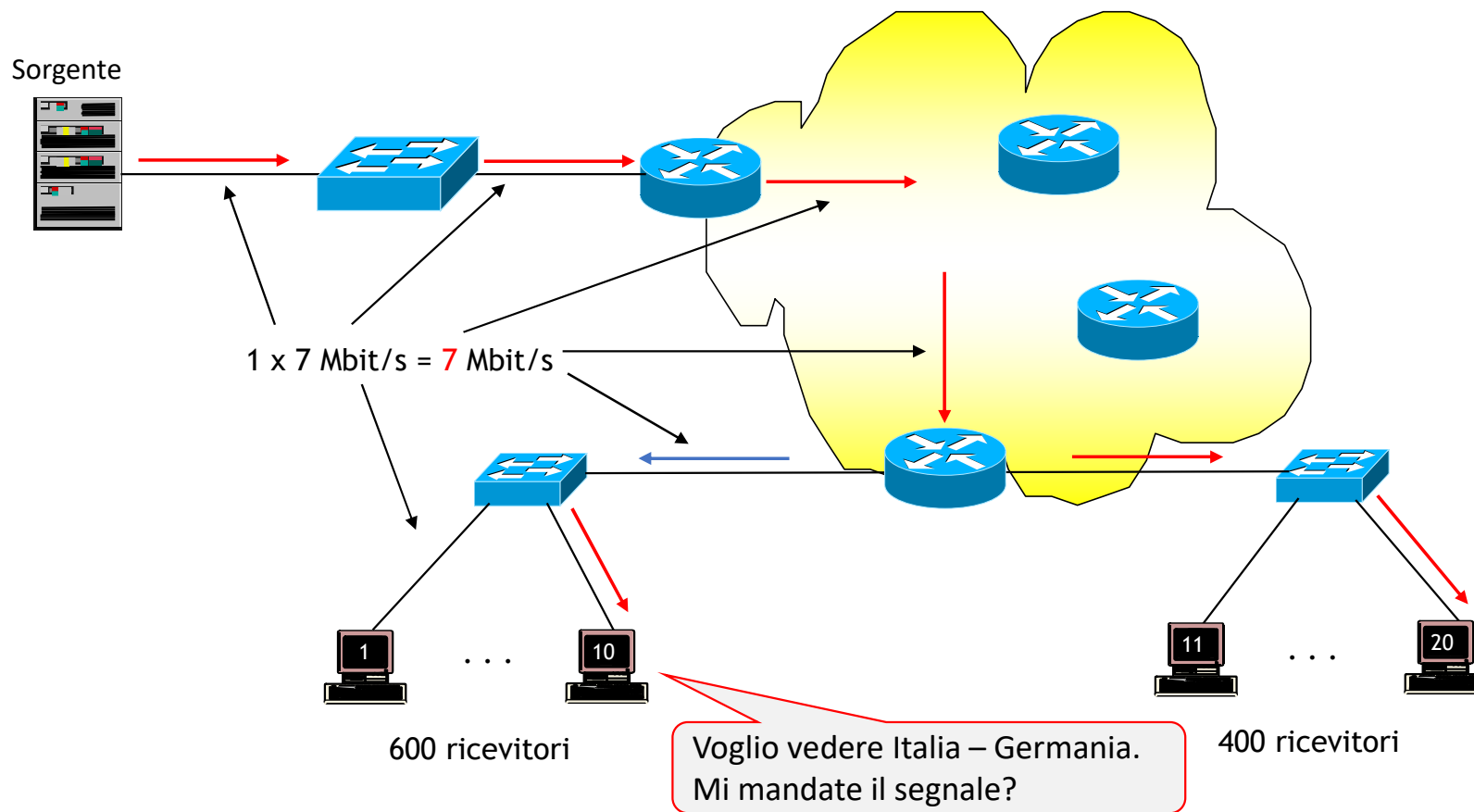
- Il modello *unicast* NON è scalabile

I benefici di IP multicast (2/3)



- Il modello *broadcast* NON è efficiente

I benefici di IP multicast (3/3)



- Il modello *multicast* è scalabile ed efficiente

IP multicast: quali applicazioni?

- Distribuzione di **audio & video su Internet**
 - IPTV
 - sport
 - cinema
 - news
 - ...
 - Audio & videoconferenza
- Sistemi di sorveglianza
- *Distance learning*
- Distribuzione dati (*news, push, software upgrade, ...*)
- Giochi su Internet
- . . .

Di cosa parlerò ...

#1

Motivazioni e applicazioni

#2

Principi generali

#3

Multicast negli switch

#4

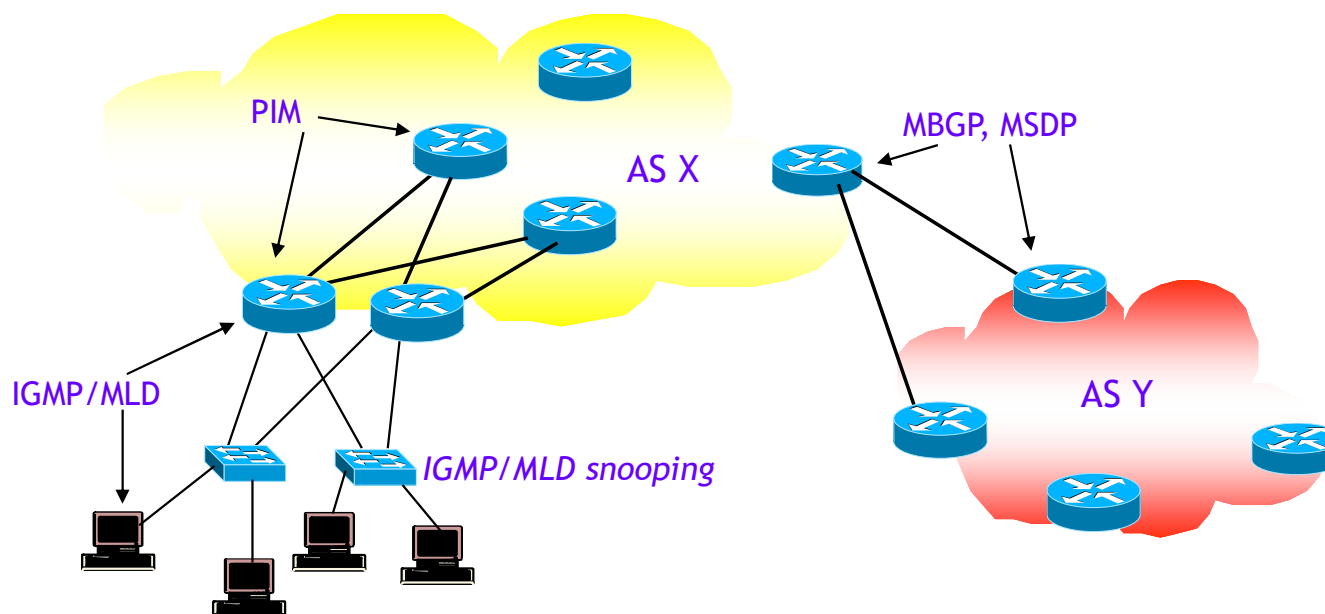
Protocolli di routing multicast

#5

Ridondanza dei Rendezvous-Point

IP multicast: protocolli

- Ricevitore↔router: per IPv4 *IGMP*, per IPv6 *MLD*
- Switch: per IPv4 *IGMP snooping*, per IPv6 *MLD snooping*
- Router
 - Protocolli di *routing multicast intra-dominio* (DVMRP, *PIM*, MOSPF)
 - Protocolli di *routing multicast inter-dominio* (*MBGP*, *MSDP*)



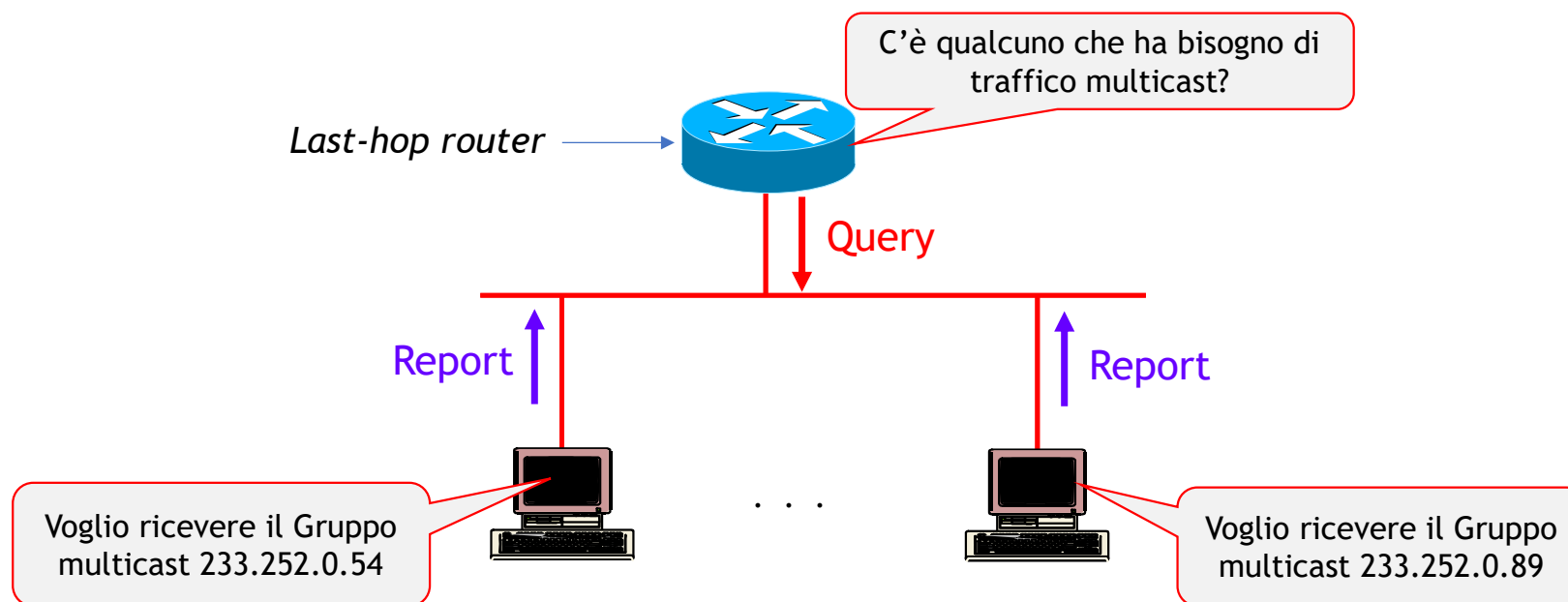
Indirizzi IPv4

- *Unicast*
 - Singolo indirizzo per nodo (host, router)
 - Indirizzamento classless/classful
- *Broadcast*
 - *Local Broadcast* (255.255.255.255)
 - *Directed Broadcast* (es. 10.2.3.255/24)
- *Multicast* (classe D)
 - Intervallo: 224.0.0.0 - 239.255.255.255



Il protocollo IGMP (1/2)

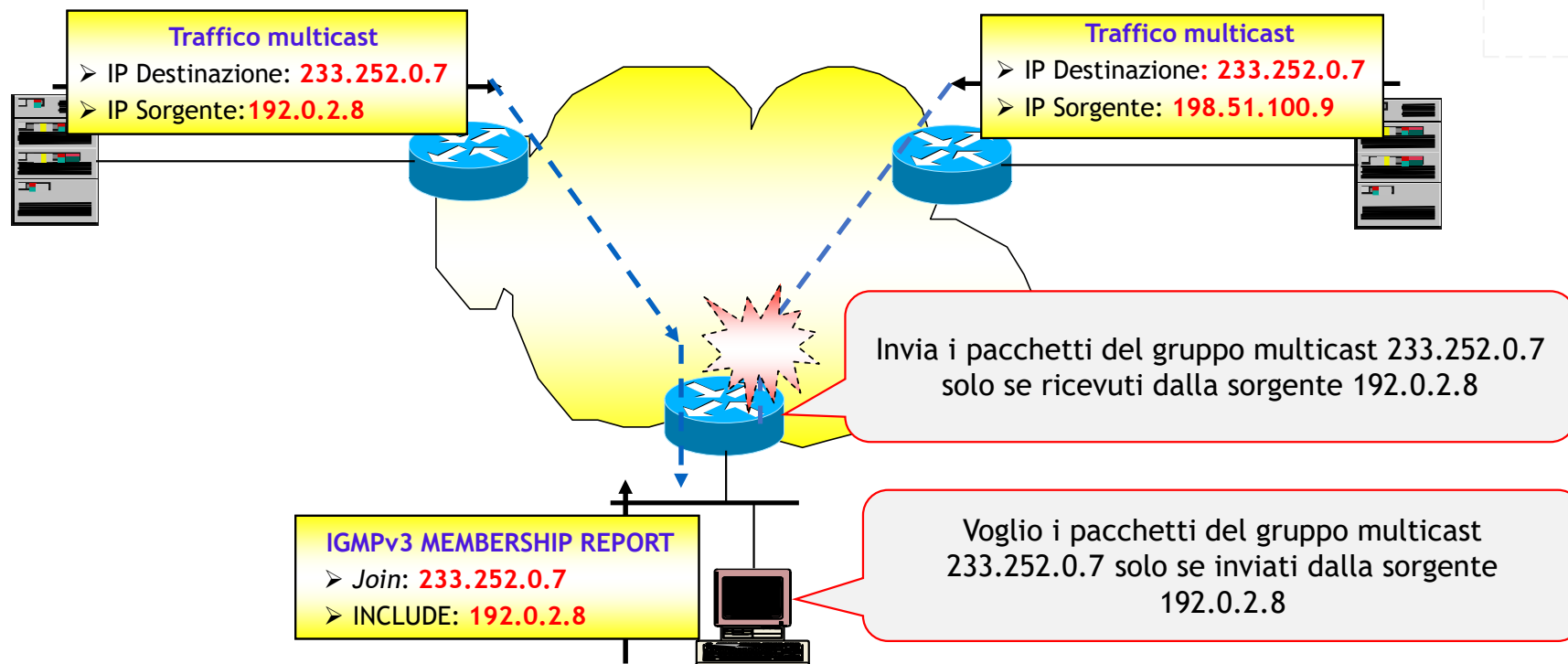
- **IGMP** (*Internet Group Management Protocol*) è un protocollo **standard** che consente la comunicazione tra un router multicast e host IPv4
 - Verifica dell'esistenza di eventuali ricevitori
 - Richiesta di ricezione di un determinato flusso multicast (*join*)
 - Richiesta di interruzione della trasmissione di flussi multicast (*leave*)



Il protocollo IGMP (2/2)

- **IGMPv1** (RFC 1112 - *Host Extensions for IP multicasting*, Agosto 1989)
 - Query periodiche
 - Silent leave
- **IGMPv2** (RFC 2236 - *Internet Group Management Protocol, Version 2*, Novembre 1997)
 - Messaggi **GROUP SPECIFIC QUERY** e **LEAVE GROUP**
 - Versione maggiormente utilizzata
- **IGMPv3** (RFC 3376 - *Internet Group Management Protocol, Version 3*, Ottobre 2002)
 - Messaggi **SOURCE SPECIFIC**

IGMPv3



- Tramite IGMPv3 è possibile

- Scegliere di **ricevere** traffico di un gruppo multicast da un determinato insieme di sorgenti (operazione **INCLUDE**)
- Scegliere di **non ricevere** traffico di un gruppo multicast da un determinato insieme di sorgenti (operazione **EXCLUDE**)

Di cosa parlerò ...

#1

Motivazioni e applicazioni

#2

Principi generali

#3

Multicast negli switch

#4

Protocolli di routing multicast

#5

Ridondanza dei Rendezvous-Point

Indirizzi MAC multicast

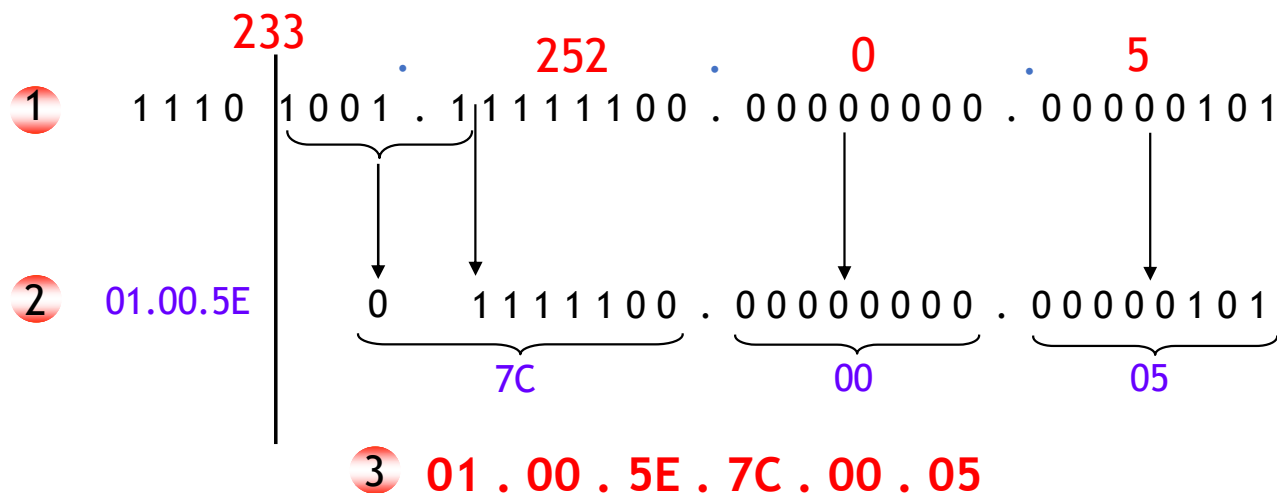
- Gli indirizzi **MAC multicast** sono caratterizzati dall'averne **l'ultimo bit del primo byte pari a 1**
 - Equivale a dire che la **seconda cifra esadecimale dell'indirizzo deve essere dispari**



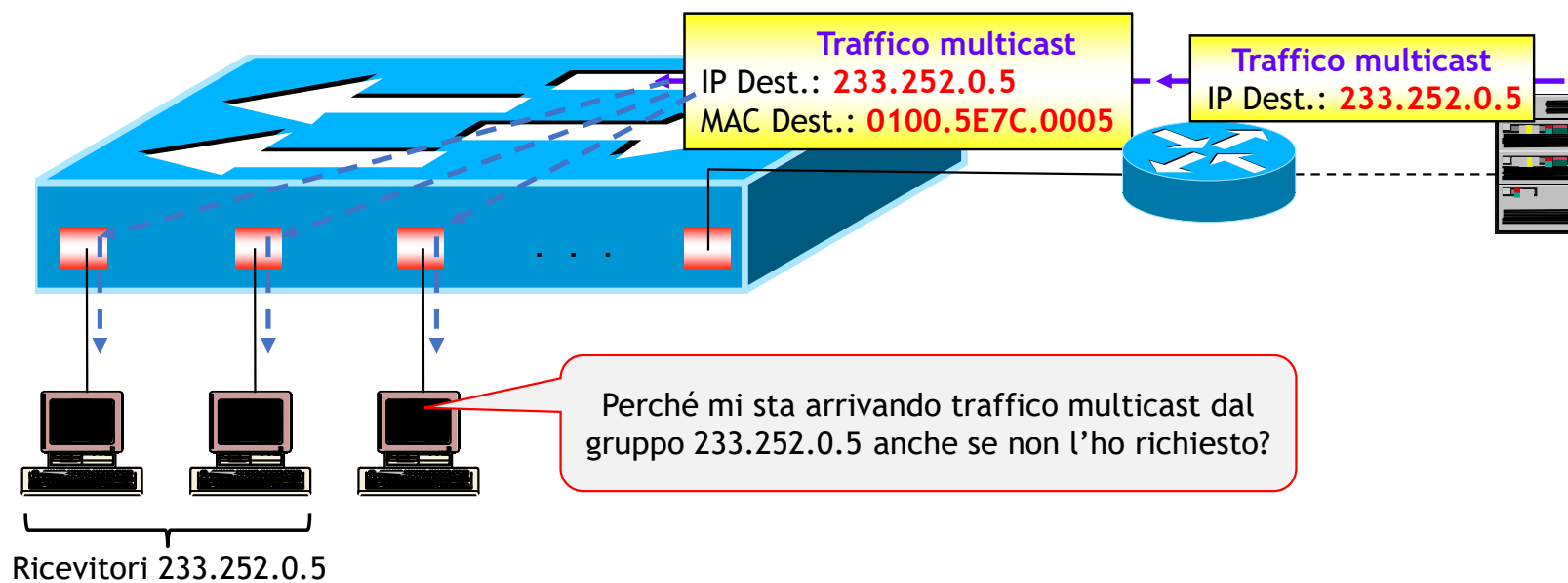
Seconda cifra esadecimale dispari

Indirizzi MAC corrispondenti a indirizzi IPv4 multicast

- IEEE ha assegnato a IETF l'OUI **01.00.5E** riservato per IPv4 multicast
- A partire da un indirizzo IPv4 multicast si può ricavare l'indirizzo MAC corrispondente nel seguente modo
 1. I primi tre *byte* sono **01.00.5E**
 2. Il bit immediatamente successivo è 0
 3. Gli ultimi 23 bit coincidono con gli ultimi 23 bit dell'indirizzo IPv4 multicast



Multicast negli Switch L2



- Gli switch tradizionali inoltrano le trame BUM (*) su tutte le porte della stessa VLAN (eccetto quella di ricezione)
 - Sovraccarico di traffico
 - Sovraccarico della CPU su molti host

(*) **BUM** = **B**roadcast-**U**nknown unicast-**M**ulticast

La soluzione...



- Istruire gli switch indicando loro **su quali porte inviare ciascun flusso multicast**

IGMP snooping

- Si basa sull'**intercettazione dei messaggi IGMP**
 - Le tabelle CAM degli Switch vengono popolate **dinamicamente**
 - Quando uno Switch intercetta un messaggio **IGMP Host Membership Report** da un host per un particolare gruppo multicast, **associa il MAC destinazione alla porta di ricezione, alla CPU e alla porta del router Querier, e quindi inserisce l'associazione nella tabella CAM**
 - Quando uno Switch intercetta un messaggio **IGMP LEAVE GROUP** da un host per un particolare gruppo multicast, **rimuove l'associazione dalla tabella CAM**
- Per problemi di scalabilità **sono necessari Switch Engine in grado di elaborare anche il Livello 3**
 - In caso contrario, l'intercettazione del pacchetto sarebbe demandata alla CPU, che così verrebbe **sovraccaricata** facilmente
 - Per non compromettere le prestazioni degli switch **è necessario realizzare in hardware l'elaborazione del Livello 3**

Di cosa parlerò ...

#1

Motivazioni e applicazioni

#2

Principi generali

#3

Multicast negli switch

#4

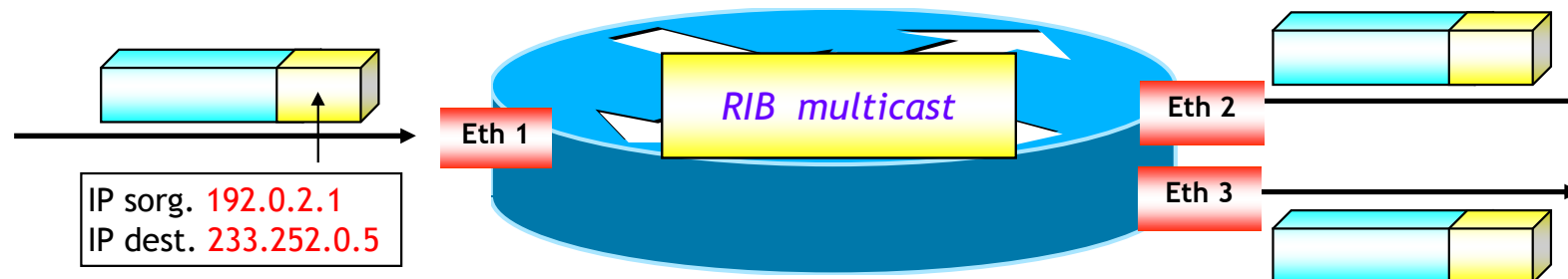
Protocolli di routing multicast

#5

Ridondanza dei Rendezvous-Point

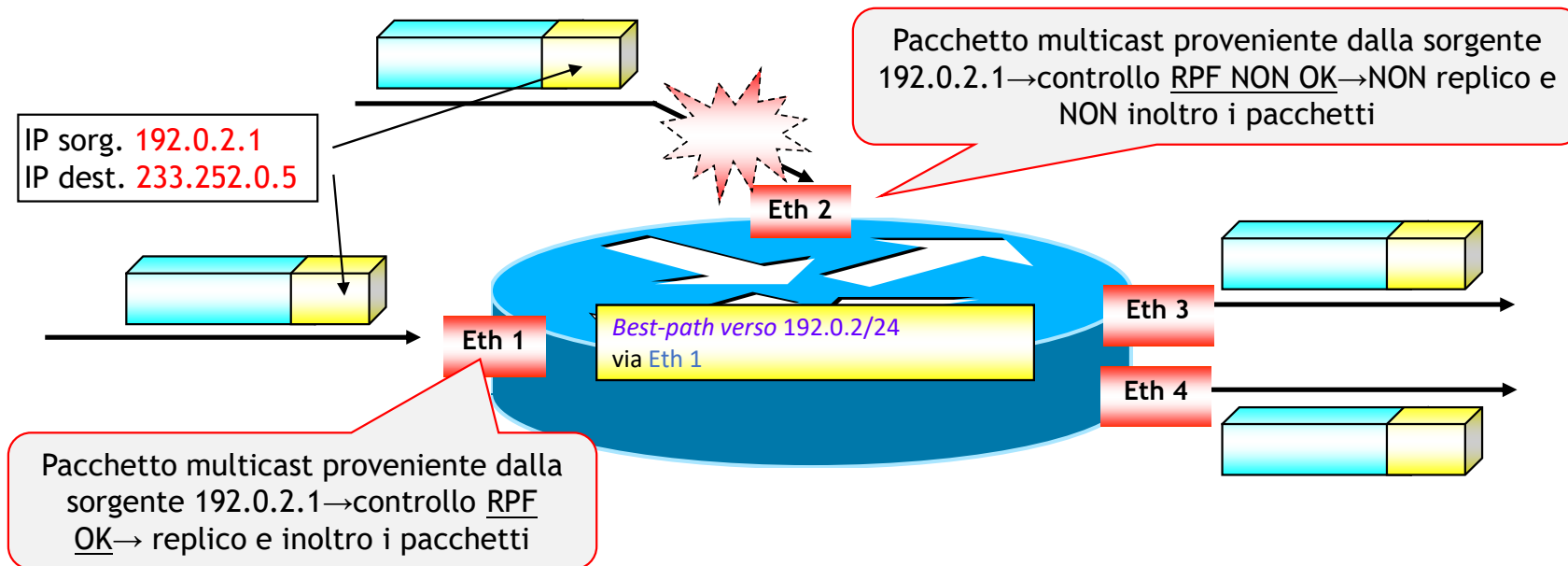
Router multicast

- Come per qualsiasi altro router, le **funzioni fondamentali di un router multicast** sono due
 - **Creazione e mantenimento delle tabelle di routing (RIB)** utilizzate dai pacchetti multicast
 - **Commutazione (*forwarding*)** dei pacchetti multicast
- La commutazione dei pacchetti multicast, a differenza della commutazione dei pacchetti unicast, richiede in generale che **il pacchetto venga inoltrato su più di una interfaccia di uscita**



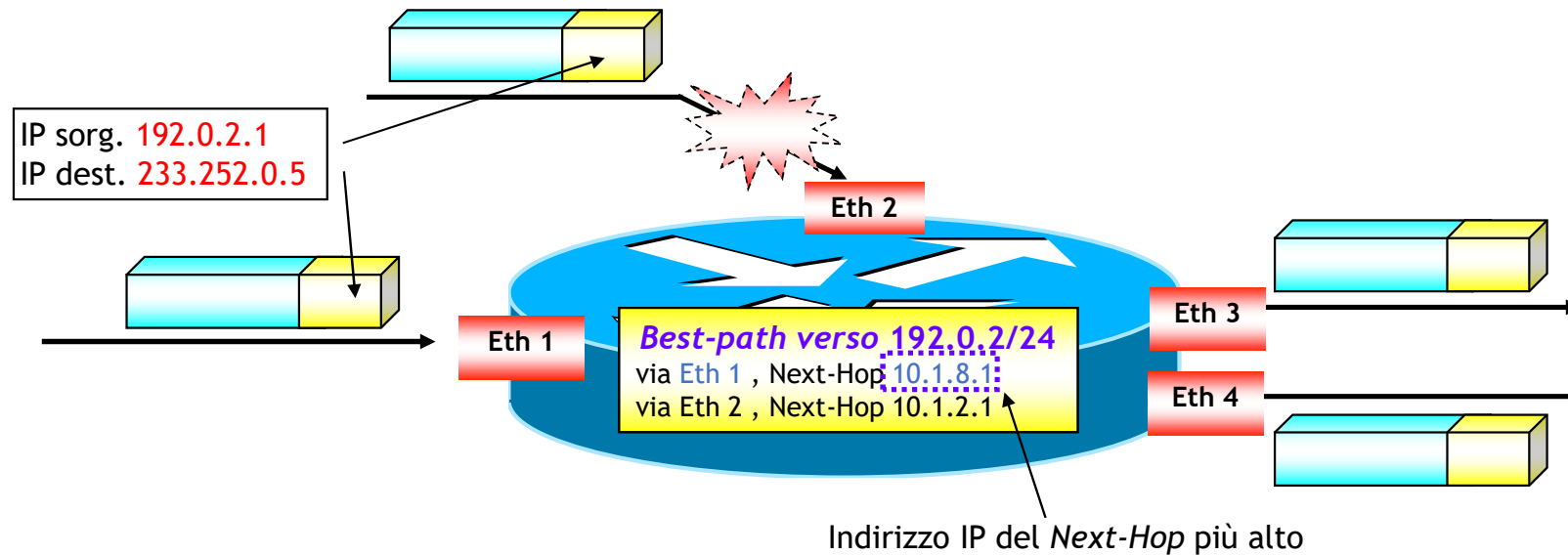
Reverse Path Forwarding (1/2)

- Per evitare *forwarding loop*, i router multicast utilizzano il meccanismo *Reverse Path Forwarding (RPF)*
- Regola fondamentale: *un pacchetto multicast viene replicato e inviato sulle interfacce di uscita solo se viene ricevuto sull'interfaccia che è sul percorso ottimo (unicast) verso la sorgente*

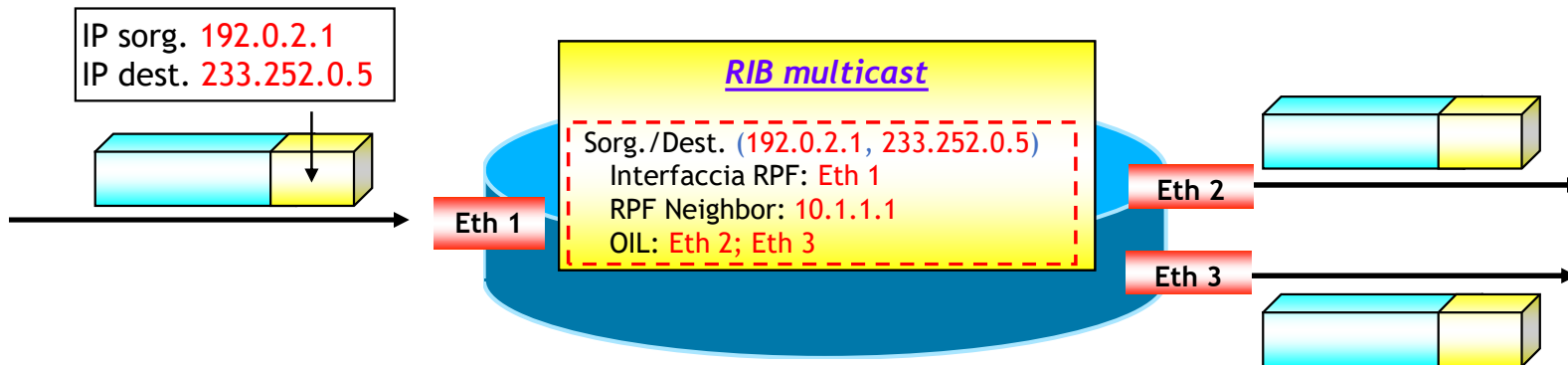


Reverse Path Forwarding (2/2)

- Nel caso vi siano due o più percorsi ottimi verso la sorgente, si sceglie sempre quello con indirizzo IP del *Next-Hop* più alto
- NOTA: l'indirizzo IP del *Next-Hop* viene detto *RPF Neighbor*

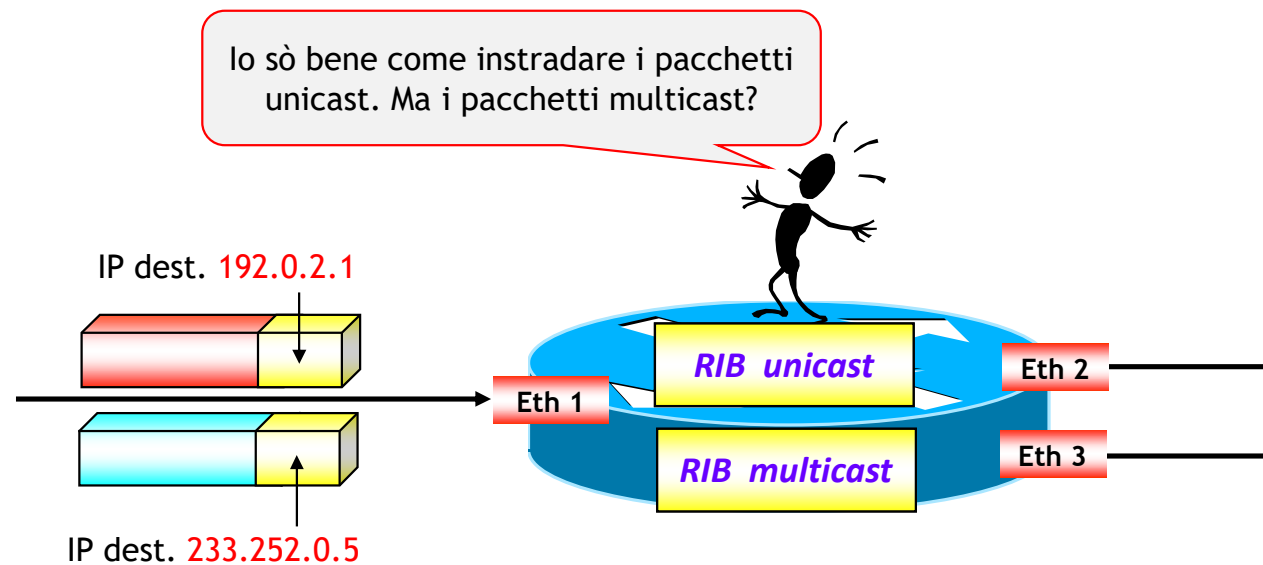


RIB multicast



- Il generico elemento di una RIB multicast è costituito da **tre componenti fondamentali**
 - La coppia <*Sorgente*, *Destinazione*>
 - *Sorgente* = indirizzo IP della sorgente del traffico multicast
 - *Destinazione* = gruppo multicast destinazione
 - L'interfaccia per il **controllo RPF** e l'*RPF Neighbor*
 - L'**insieme delle interfacce di uscita** su cui inoltrare il pacchetto multicast (**OIL**, *Outgoing Interface List*)

Routing unicast vs Routing multicast



- Il problema principale del routing multicast è che **l'indirizzo destinazione rappresenta un gruppo dinamico di destinatari**
 - Come fa il router a sapere **dove si trovano i destinatari**?
 - A quali interfacce il router deve inoltrare i pacchetti con indirizzo IP destinazione multicast?
 - Come può costruire i **percorsi ottimi**?

Protocolli di routing multicast (1/2)

- Sono lo strumento per la **costruzione e il mantenimento della RIB multicast**
- Funzioni principali
 - Determinare, per ciascuna sorgente di traffico, l'interfaccia *upstream*
 - Determinare, per ciascuna coppia <Sorgente, Gruppo multicast>, l'insieme delle interfacce *downstream*
 - Costruire e gestire gli **alberi multicast** per un instradamento ottimale del traffico
- La costruzione di un albero multicast avviene mediante operazioni di:
 - *Join*: consente di **attivare** un ramo
 - *Prune*: consente di **eliminare** un ramo

Protocolli di routing multicast (2/2)

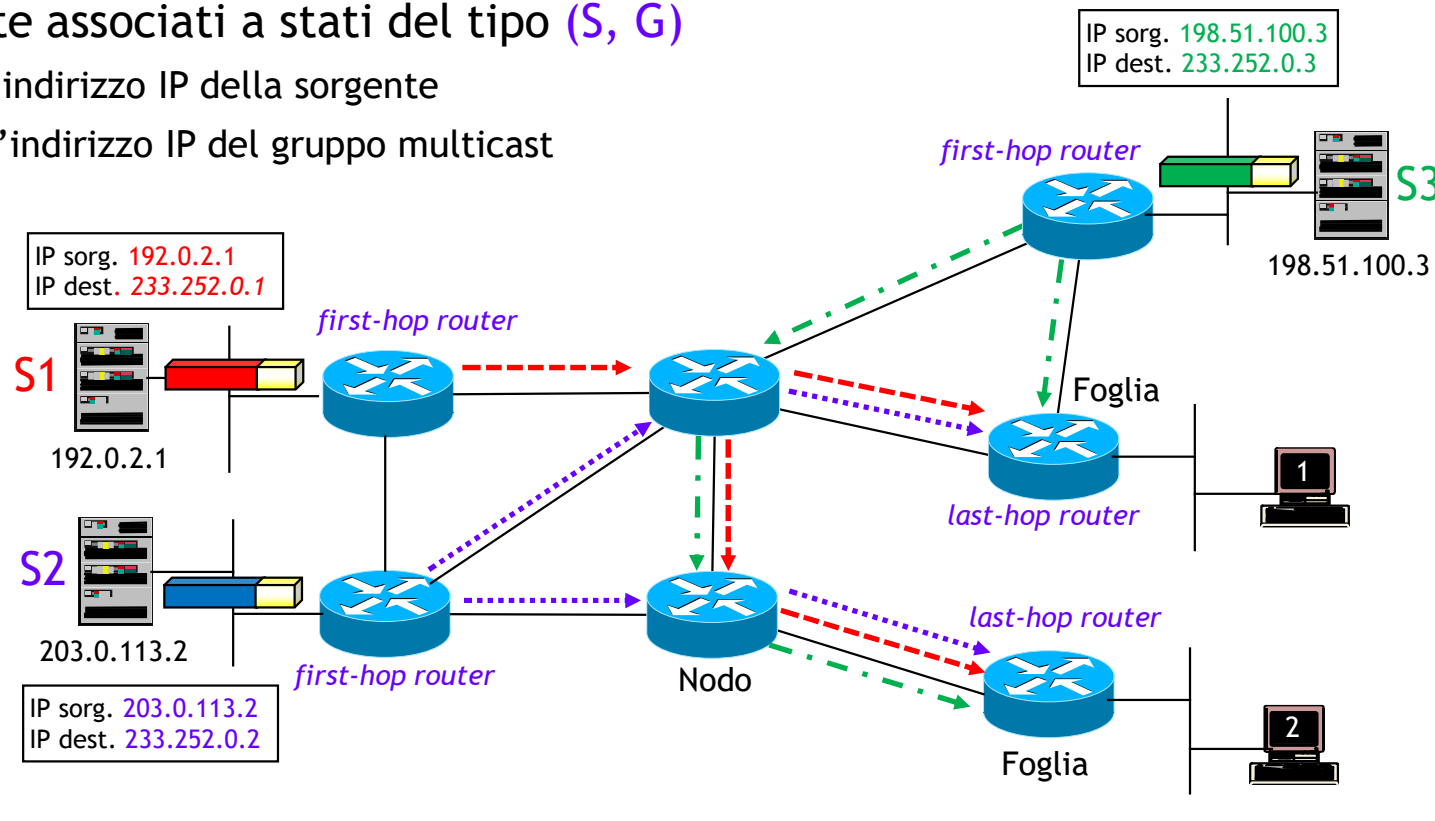
- Tre classi fondamentali
 - Protocolli *Dense mode* (DVMRP, PIM-DM)
 - Protocolli *Sparse mode* (CBT, PIM-SM)
 - Protocolli *Link-State* (MOSPF): non più utilizzati
- Protocolli *Dense-mode*
 - Utilizzano un modello di tipo *Push*: assumono che su ciascun router della rete siano presenti ricevitori di traffico multicast
 - Sono adatti per flussi con molti ricevitori sparsi sulla rete
- Protocolli *Sparse-mode*
 - Utilizzano un modello di tipo *Pull*: assumono che il traffico multicast non sia voluto se non esplicitamente richiesto
 - Sono adatti quando i ricevitori sono concentrati in poche sottoreti (LAN) IP

Alberi multicast

- Gli alberi multicast sono utilizzati per **descrivere i percorsi utilizzati** da una rete per inoltrare traffico multicast in modo ottimo a tutti i ricevitori interessati
 - **Nodi**: sono i router dove viene diramato il traffico
 - il **nodo radice** è il router da dove si dipana l'albero multicast
 - I nodi dove sono **attestate le sorgenti** di traffico multicast sono detti **first-hop router**
 - **Foglie (last-hop router)**: sono i router dove è attestato almeno un ricevitore
- **Due tipi**
 - Alberi **sorgente (Source Tree)**, spesso indicati con **SPT (Shortest Path Tree)**
 - Sono alberi che hanno come nodo radice un **first-hop router**
 - Alberi **condivisi (Shared Tree)**, spesso indicati con **RPT (Rendezvous-Point Tree)**, o anche **Root Path Tree**
 - Sono alberi che hanno come nodo radice un router al quale converge il traffico di più sorgenti
 - Il nodo radice viene detto **Rendezvous-Point**

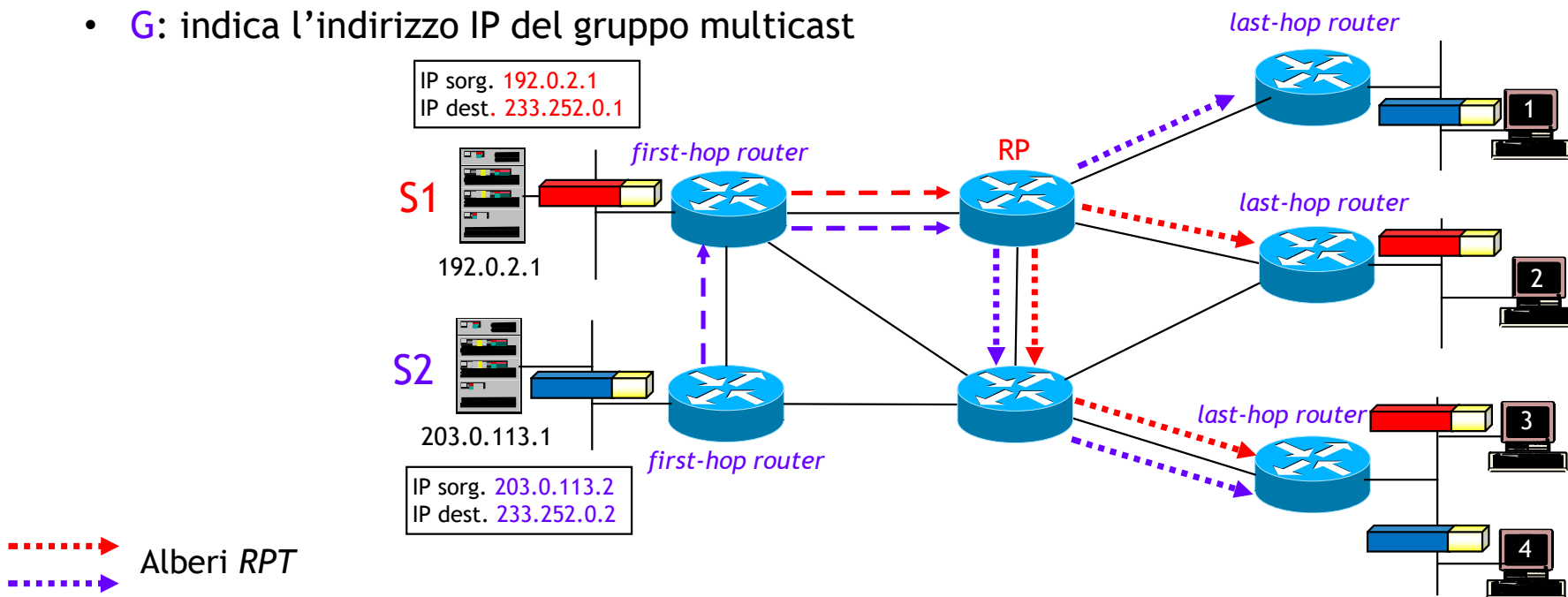
Alberi sorgente (SPT)

- Hanno come **nodo radice un first-hop router** e si dipanano in modo ottimo verso i nodi foglia (**last-hop router**)
- Generalmente associati a stati del tipo (S, G)
 - **S**: indica l'indirizzo IP della sorgente
 - **G**: indica l'indirizzo IP del gruppo multicast



Alberi condivisi (RPT)

- Hanno come **nodo radice un router (Rendezvous-Point, RP)** dove convergono **flussi multicast generati da diverse sorgenti**
- Generalmente associati a stati del tipo **(*, G)**
 - *: indica che l'indirizzo IP della sorgente non è noto
 - G: indica l'indirizzo IP del gruppo multicast



Protocolli *dense-mode*

- I protocolli di tipo *dense-mode* utilizzano un modello di tipo *Push*
 - Assumono che su ciascun router della rete siano presenti ricevitori di traffico multicast
 - Conseguenza: il traffico multicast generato da una qualsiasi sorgente viene inviato a tutti i router
 - Processo analogo a un servizio *broadcast* (TV, radio)
- Tramite protocolli di tipo *dense-mode* è possibile costruire solo alberi di tipo sorgente (SPT)
- Per evitare un consumo di banda eccessivo è possibile
 - Tagliare dei rami dall'albero multicast (operazione di *Prune*)
 - Riattivare rami eventualmente tagliati (operazione di *Graft*)
 - NOTA: le operazioni di *Prune* e *Graft* sono condizionate dalla presenza o meno, su un router foglia, di host interessati alla ricezione di un determinato gruppo multicast

Protocolli *sparse-mode*

- I protocolli di tipo *sparse-mode* utilizzano un modello di tipo *pull*
 - Assumono che il traffico multicast, *se desiderato, debba essere richiesto esplicitamente*
 - Conseguenza: l'albero multicast viene costruito a partire da router foglia che ricevono un messaggio IGMP *HMR* da almeno un host connesso
- Tramite protocolli di tipo *sparse-mode* è possibile costruire solo *alberi di tipo condiviso (RPT)*
 - *Fa eccezione il protocollo PIM-SM*, che prevede anche la costruzione di alberi sorgente
 - Un aspetto importante è la *definizione del Rendezvous-Point (RP) e la sua localizzazione* da parte degli altri router
- La *realizzazione e mantenimento dell'albero multicast* avviene attraverso messaggi *JOIN* e *PRUNE*

Il protocollo PIM

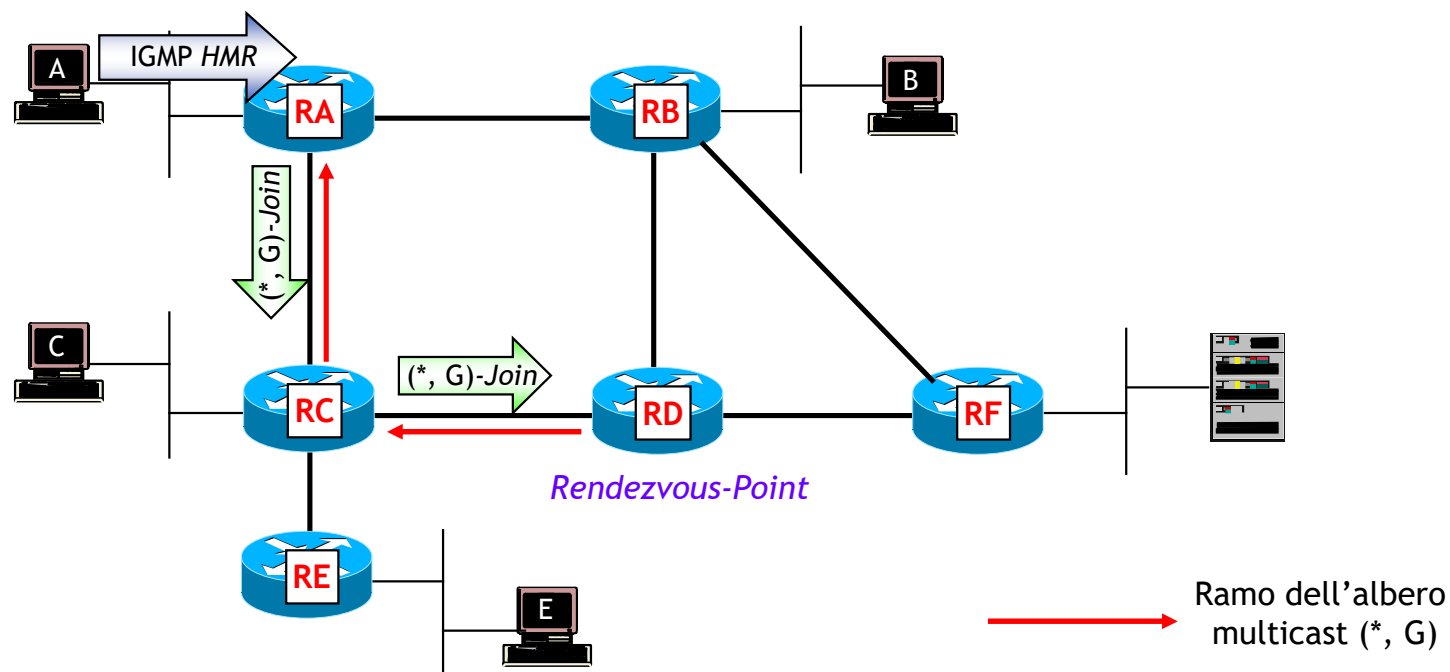
- **PIM** (*Protocol Independent Multicast*) è un protocollo di routing multicast che utilizza, per determinare i percorsi *upstream*, un qualsiasi protocollo di routing unicast (OSPF, IS-IS, ecc.)
 - I percorsi *upstream* sono o verso una sorgente o verso un *Rendezvous-point*
- Due modi di funzionamento
 - **PIM-DM** (*PIM-Dense Mode*): RFC 3973 - *Protocol Independent multicast - Dense Mode (PIM-DM): Protocol Specification (Revised)*, Gennaio 2005
 - Non supportato in ambiente IPv6
 - **PIM-SM** (*PIM-Sparse Mode*): RFC 7761 (ex-4601) - *Protocol Independent multicast - Sparse Mode (PIM-SM): Protocol Specification (Revised)*, Marzo 2016
- Attualmente viene utilizzata la **versione 2 (PIMv2)**

PIM *sparse-mode*

- Costruisce sia alberi *RPT* che *SPT*
 - Dapprima costruisce un albero RPT e quando il traffico multicast diventa sostenuto vi è una commutazione automatica verso un albero *SPT*
- Richiede, nella fase progettuale, l'individuazione del *Rendezvous-Point* (RP)
 - Tutti i router di una rete PIM-SM devono avere almeno un percorso IGP verso il RP
- Principali meccanismi utilizzati
 - *Join* espliciti
 - Registrazione delle sorgenti
 - *Designated Router* (DR)
 - *Switchover* automatico da alberi *RPT* ad alberi *SPT*
 - *State Refresh*
 - Selezione del RP

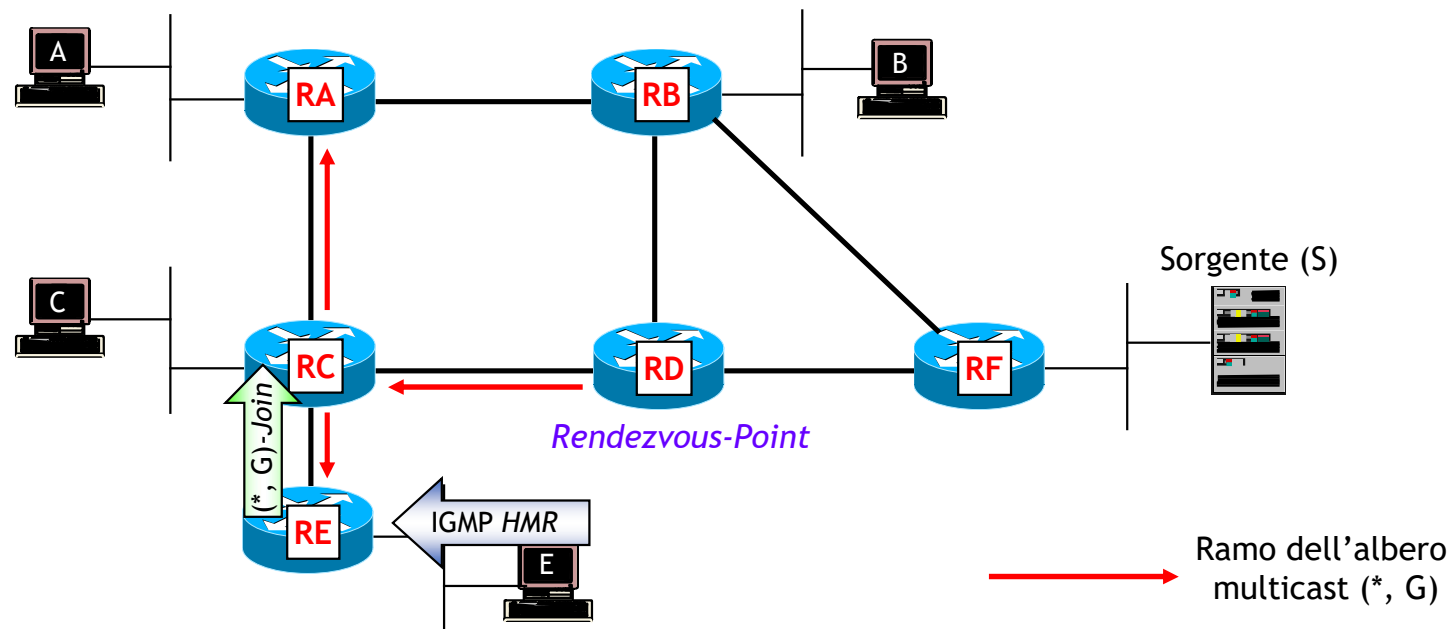
Operazione di *Join* dell'albero RPT (1/2)

- Un router foglia che ha almeno un host che richiede traffico multicast di un gruppo G, invia un messaggio $(*, G)$ -Join per creare il percorso dell'albero RPT $(*, G)$ dal RP al router foglia
 - Il messaggio $(*, G)$ -Join segue il percorso (ottimo) *upstream* dal router foglia al RP



Operazione di *Join* dell'albero RPT (1/2)

- Quando un router che ha già nella sua RIB multicast una riga (*, G), ossia è già sull'albero condiviso per il gruppo G, riceve un messaggio PIM (*, G)-Join, aggiunge solamente alla sua OIL l'interfaccia dove ha ricevuto il messaggio (*, G)-Join

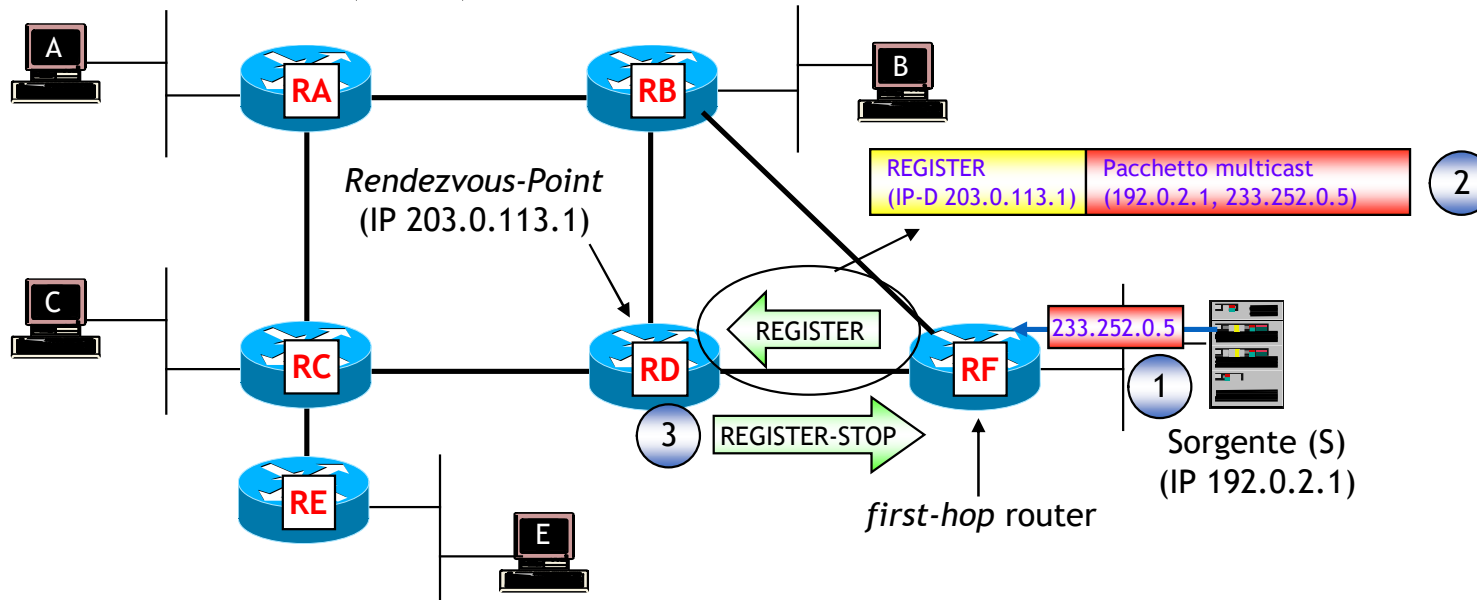


Registrazione delle sorgenti (1/4)

- Ogni sorgente di traffico multicast deve notificare al RP la sua presenza (processo di **registrazione della sorgente**)
- Due possibili casi
 - Il RP **non ha ancora costruito l'albero (*, G)** poiché non vi sono ricevitori interessati a ricevere traffico del gruppo multicast G
 - Il RP **ha costruito l'albero (*, G)**
- Il processo di registrazione utilizza due messaggi PIM
 - **REGISTER**: vengono inviati dal *first-hop* router al RP, utilizzando l'indirizzo unicast del RP
 - **REGISTER-STOP**: vengono inviati dal RP al *first-hop* router utilizzando l'indirizzo unicast dell'interfaccia del *first-hop* router che ha inviato il messaggio REGISTER

Registrazione delle sorgenti (2/4)

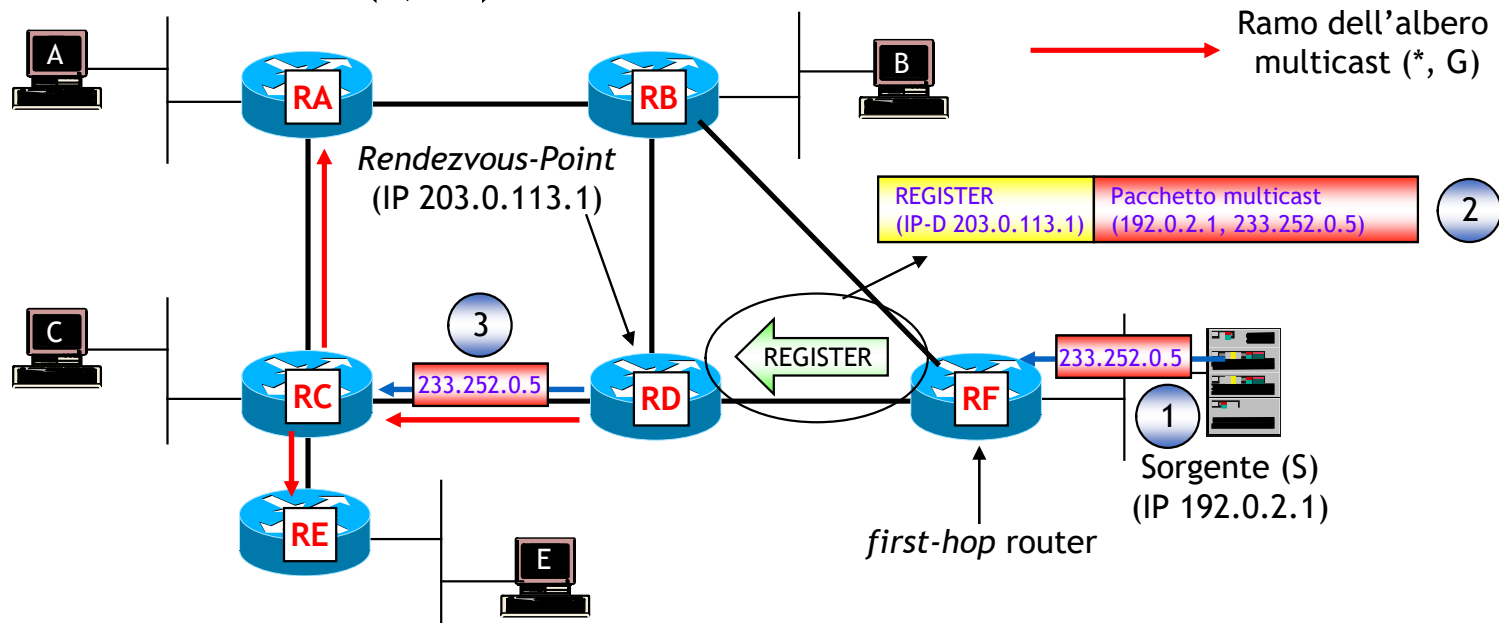
- Ipotesi: l'albero (*, G) non è stato ancora costruito



1. La sorgente S invia il primo pacchetto multicast del gruppo 233.252.0.5
2. Il *first-hop* router invia un messaggio REGISTER al RP, che contiene **incapsulato** il pacchetto multicast
3. Poiché il RP non ha bisogno di inoltrare traffico multicast del gruppo G, risponde con un messaggio REGISTER-STOP

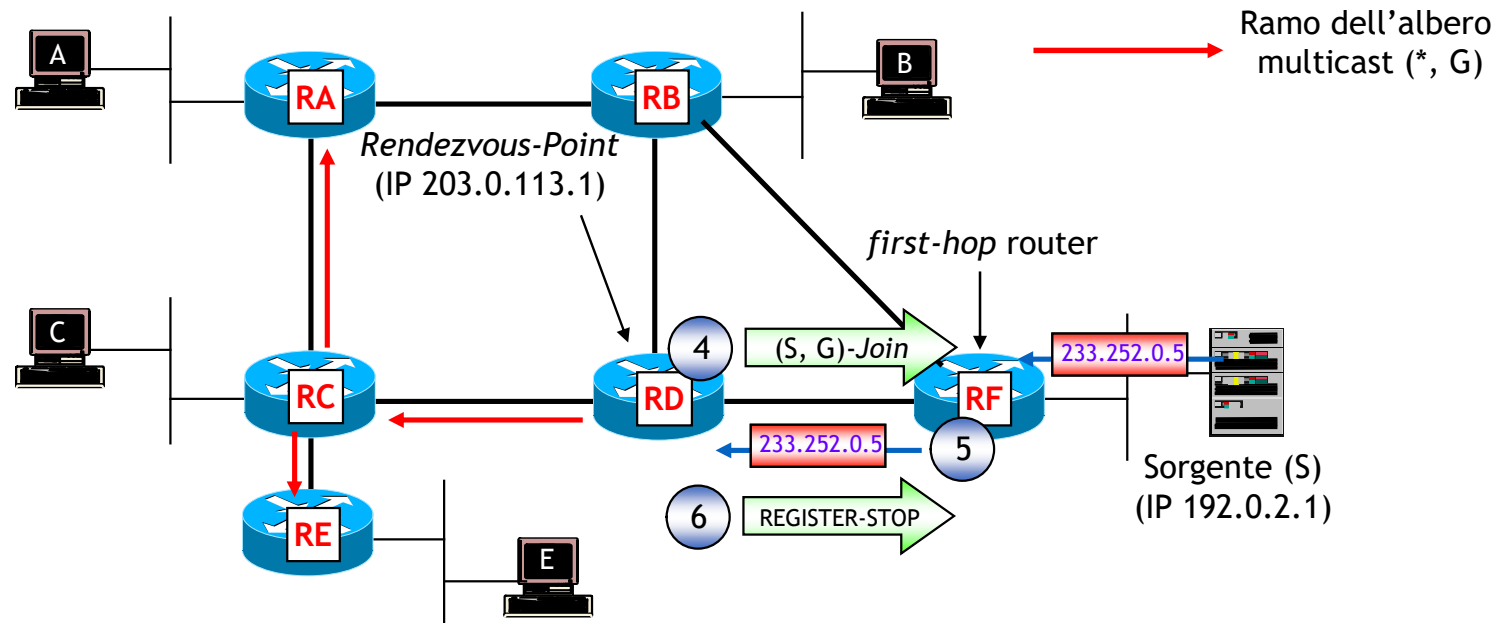
Registrazione delle sorgenti (3/4)

- Ipotesi: l'albero (*, G) è stato costruito



1. La sorgente S invia il primo pacchetto multicast del gruppo 233.252.0.5
2. Il *first-hop* router invia un messaggio REGISTER al RP, che contiene **incapsulato** il pacchetto multicast
3. Il RP **decapsula** il pacchetto multicast e lo invia *downstream* all'albero (*, G)

Registrazione delle sorgenti (4/4)



4. Il RP invia nella direzione *upstream* verso la sorgente un (S, G)-Join per creare l'albero sorgente
5. Alla ricezione del messaggio (S, G)-Join, il *first-hop* router inizia ad inviare pacchetti multicast del gruppo G=233.252.0.5
6. Il RP continua a ricevere dal *first-hop* router anche i messaggi REGISTER, per cui invia un REGISTER-STOP per fermarli

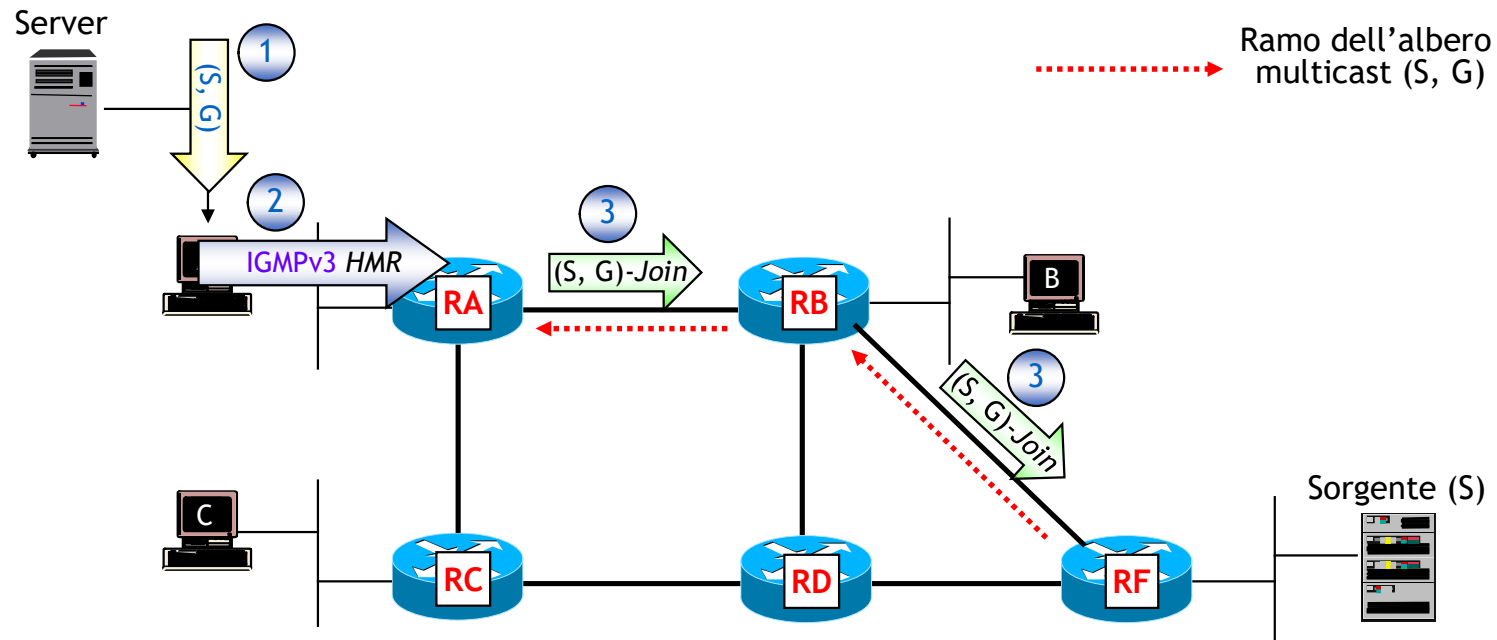
Switchover dall'albero RPT ad alberi SPT

- Uno dei vantaggi principali di PIM-SM rispetto ad altri protocolli di routing multicast di tipo *Sparse-mode* (es. CBT, MOSPF), è che **ha la possibilità di costruire anche alberi SPT**
 - Nei router Cisco e Juniper il *switchover* da albero (*, G) ad albero (S, G) avviene di default **automaticamente dopo la ricezione del primo pacchetto multicast del gruppo G**
 - Nei router Cisco è anche possibile configurare una soglia di traffico, superata la quale si ha il *switchover* automatico
- La costruzione dell'albero (S, G) avviene attraverso opportuni messaggi (S, G)-*Join* che vengono **inviati, hop-by-hop verso la sorgente S, seguendo il percorso IGP**
- Una volta realizzato l'albero (S, G), **i ricevitori ottengono il traffico multicast del gruppo G sia dall'albero (*, G) che dall'albero (S, G). Per non sprecare banda, l'albero (*, G) viene disattivato mediante invio di messaggi (S, G)-*Prune***

PIM-SSM

- Molte applicazioni emergenti (es. *audio e video broadcasting*, IPTV, ecc.) utilizzano un modello di tipo *one-to-many* dove **le sorgenti di traffico multicast sono note e trasmettono in modo continuo**
- Per questo tipo di applicazioni è stato sviluppato **un modello di servizio semplificato basato su PIM-SM**, che ne elimina però le complessità maggiori (modello *Source-Specific Multicast, SSM*)
 - Il modello di servizio originale per la trasmissione multicast, proposto nella RFC 1112, è noto come *Any-Source multicast (ASM)*
- **PROPRIETÀ FONDAMENTALE**: SSM è basato **sulla costruzione di soli alberi di tipo (S, G) e quindi non richiede la definizione di un RP**
 - Questo comporta la **conoscenza preliminare da parte dei ricevitori degli indirizzi IP delle sorgenti di traffico multicast**

PIM-SSM: funzionamento



1. Un server applicativo, su richiesta, informa il ricevitore del canale SSM
2. Il ricevitore invia un IGMPv3 HMR sul segmento LAN di appartenenza, specificando il canale SSM (S, G)
3. Il DR del segmento LAN inizia la costruzione dell'albero (S, G)

PIM Bidirezionale

- In molte applicazioni (es. *audio e video conferenza*, condivisione di applicazioni, ecc.) vi sono host che hanno contemporaneamente le funzioni di **sorgente e ricevitore di traffico multicast**
- Per questo tipo di applicazioni è stato sviluppato **il modello PIM-Bidir (*PIM Bidirezionale*) basato su PIM-SM**, ma che ne elimina alcune complessità
 - RFC 5015 - *Bidirectional Protocol Independent Multicast (BIDIR-PIM)*, Ottobre 2007
- **PROPRIETÀ FONDAMENTALE**: PIM-Bidir è basato **sulla costruzione di soli alberi di tipo (*, G) e non richiede la registrazione delle sorgenti**
 - Il traffico multicast fluisce su uno *spanning-tree* (simile a quello costruito nelle reti L2 Switched) **che ha come radice il Rendezvous-Point**

Di cosa parlerò ...

#1

Motivazioni e applicazioni

#2

Principi generali

#3

Multicast negli switch

#4

Protocolli di routing multicast

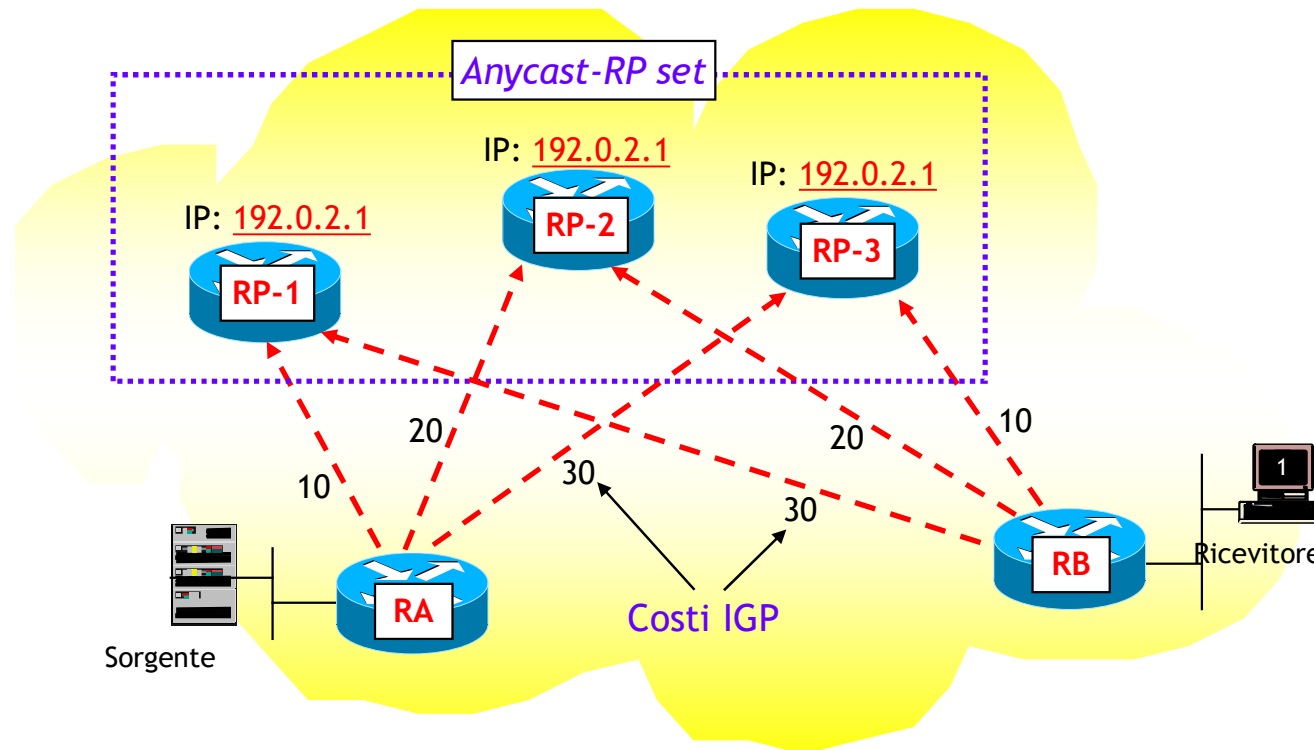
#5

Ridondanza dei Rendezvous-Point

Metodi di gestione della ridondanza

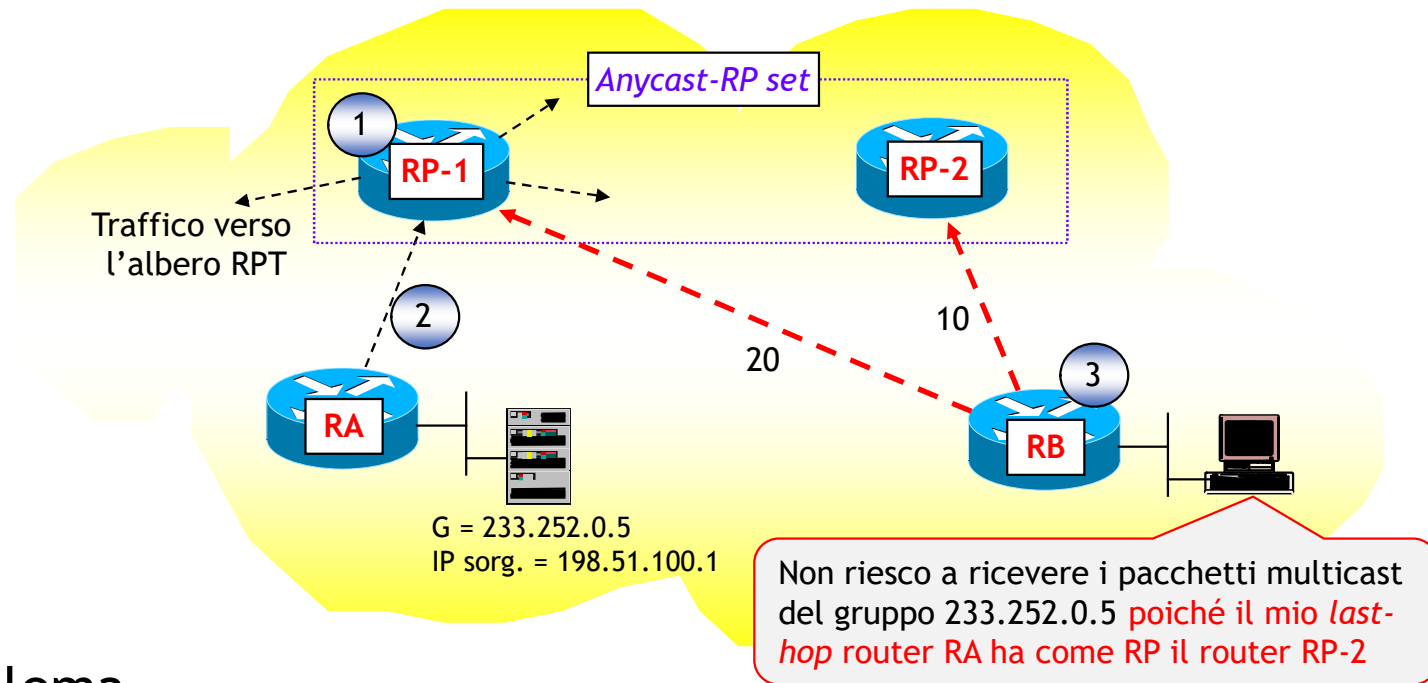
- In PIM-SM ogni router della rete multicast deve conoscere il *Rendezvous-Point*
- Metodi possibili
 - Selezione *statica*: ciascun router della rete multicast deve essere configurato manualmente con l'indirizzo del *RP*
 - *Auto-RP*: meccanismo di *localizzazione dinamico proprietario Cisco*
 - Supportato anche dai router Juniper
 - *Bootstrap-Router*: meccanismo di *localizzazione dinamico standard*
 - Definito nella RFC 5059
 - *Anycast-RP*: meccanismo di *localizzazione dinamico standard* molto semplice che non richiede particolari messaggi
 - Definito nella RFC 3446

Anycast-RP



- Ciascun *first/last-hop* router sceglie il RP **più vicino secondo il costo IGP**
 - Il *first-hop* router RA sceglie RP-1. In caso di fuori servizio di RP-1 sceglie RP-2
 - Il *last-hop* router RB sceglie RP-3. In caso di fuori servizio di RP-3 sceglie RP-2

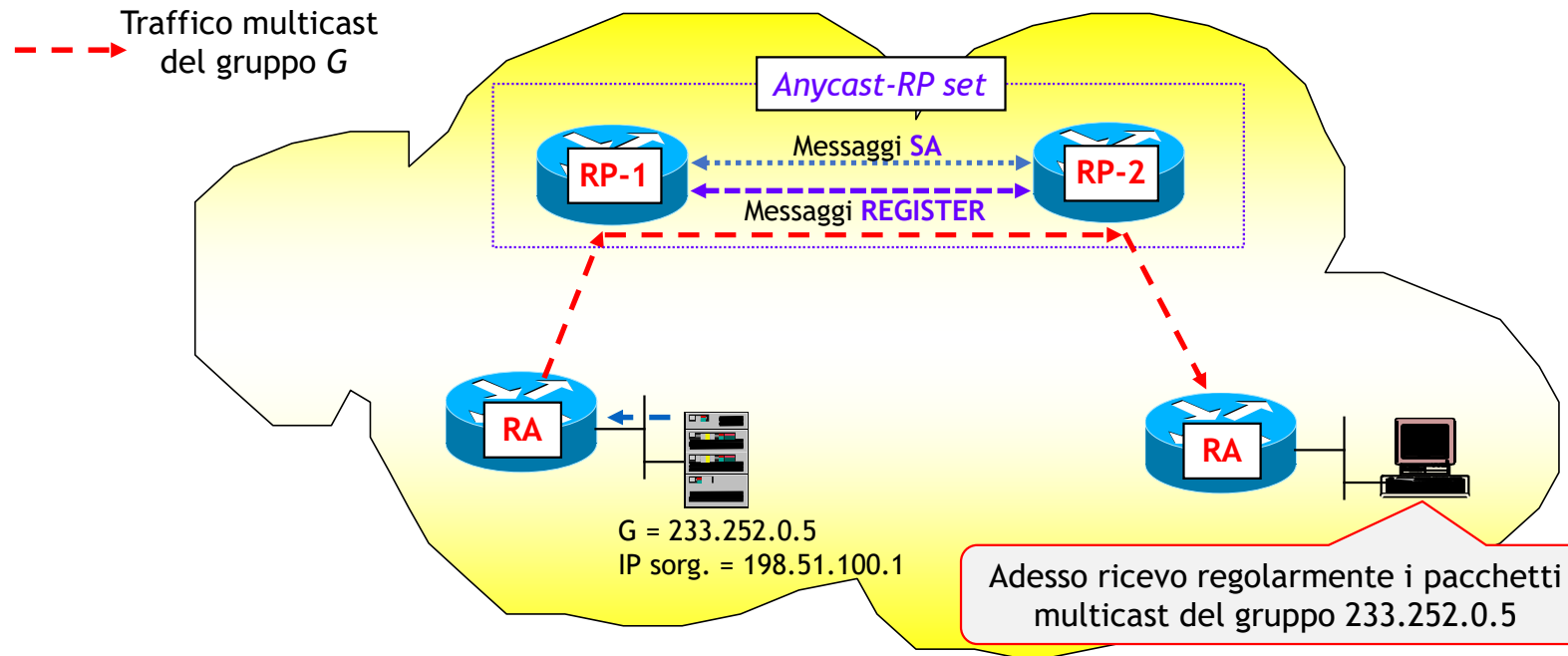
Un problema ...



- Problema

1. Il *first-hop* router RA registra la sorgente sul RP fisico RP-1
2. Il *last-hop* router RB invia messaggi (*, G)-Join al RP fisico RP-2
3. I ricevitori connessi al *last-hop* router RB non ricevono il traffico multicast del gruppo G poiché la sorgente è registrata sul RP fisico RP-1

La soluzione ...



- I router dell'*Anycast-RP set* si scambiano le informazioni sulle sorgenti utilizzando uno dei due seguenti protocolli standard:
 - *MSDP* (*Multicast Source Discovery Protocol*): utilizzabile solo in ambiente IPv4
 - *Anycast-PIM*

Ultima Diapositiva (finalmente ...)



Grazie per l'attenzione...