

TELECOM ITALIA

**Tecnologie e servizi di rete**

Torino, 16 Ottobre 2007

# Il protocollo BGP (Border Gateway Protocol)

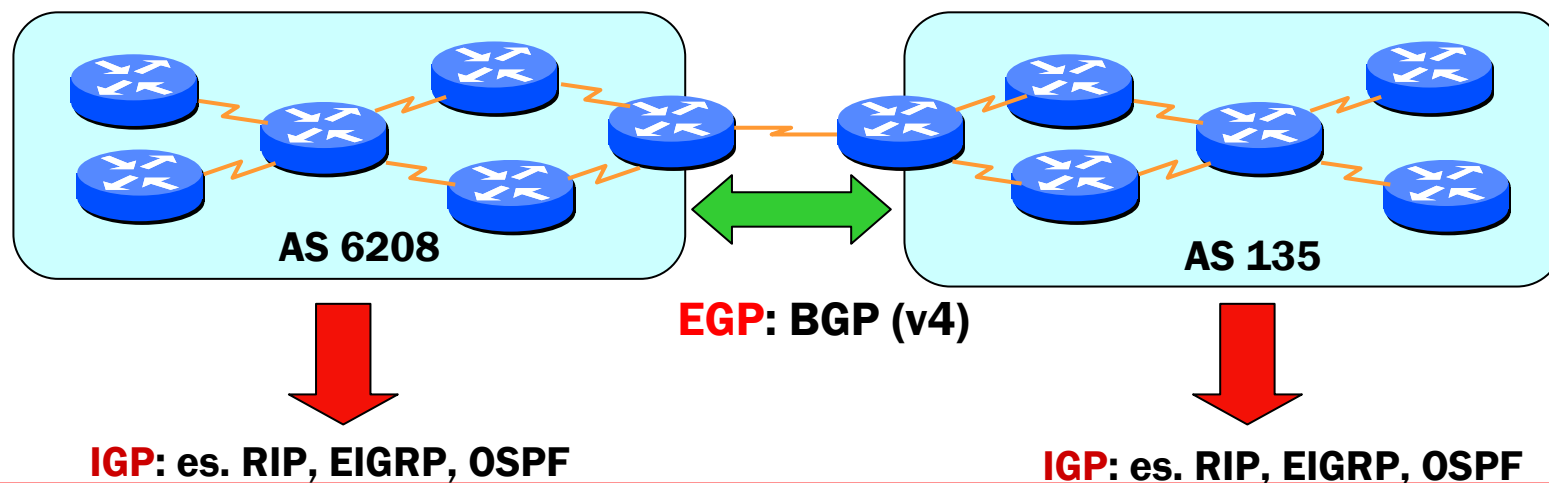
| Alessandro Capello |

## Tecnologie e servizi di rete

### Il protocollo BGP (Border Gateway Protocol)

## Autonomous System

- ▶ Definizione di Autonomous System (AS):
  - ▶ Un insieme di reti soggette alla stessa politica di routing
  - ▶ Sottoposte allo stesso controllo amministrativo
- ▶ Se il protocollo di routing agisce all'interno dello stesso AS viene denominato Interior Gateway Protocol (IGP)
- ▶ Se il protocollo di routing agisce tra due AS viene denominato Exterior Gateway Protocol (EGP), il protocollo EGP utilizzato nelle reti IP è BGP
- ▶ Queste due tipologie di protocolli realizzano una gerarchia del routing su due livelli: all'interno del dominio e tra domini, su scala di Internet



**Tecnologie e servizi di rete****Il protocollo BGP (Border Gateway Protocol)****Autonomous System**

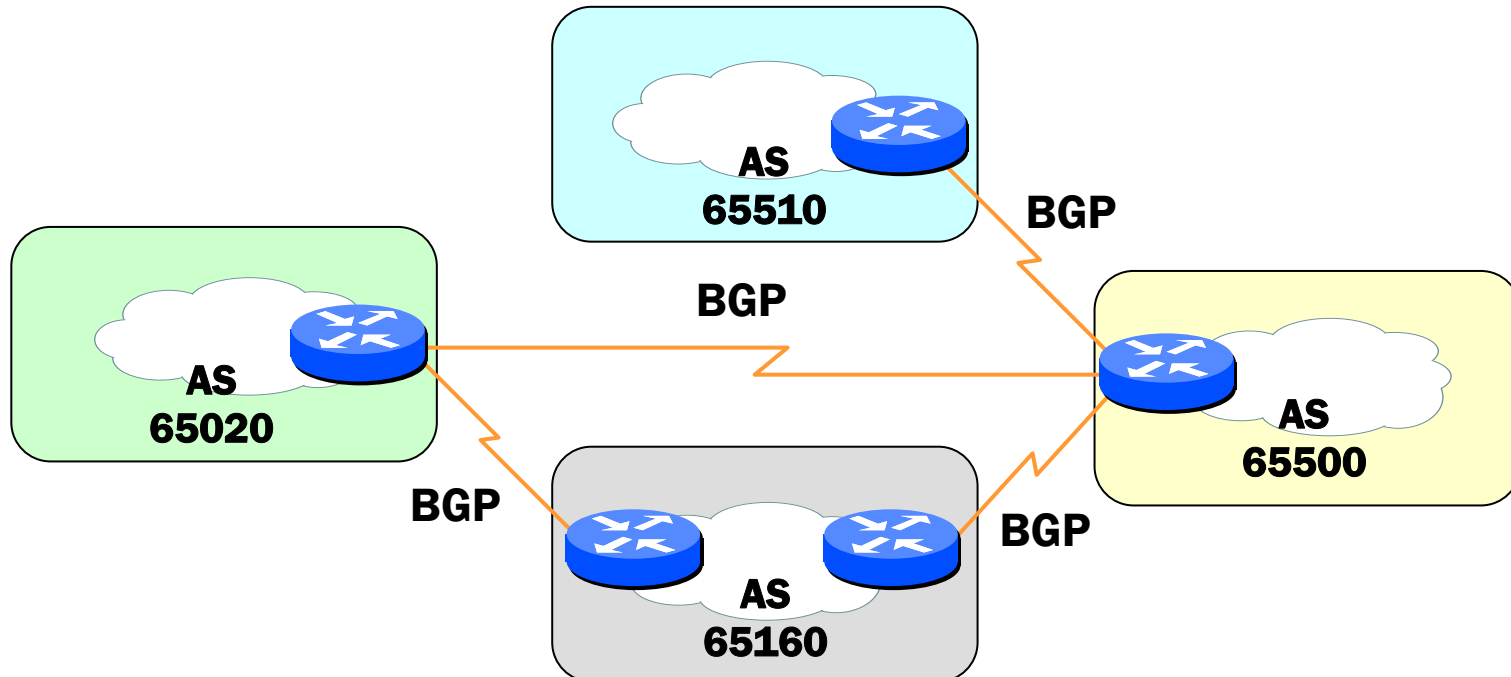
- ▶ **Identificato da un proprio AS Number (ASN)**
  - ▶ **Pubblico, assegnato da RIR (1 - 64511) (es. OPB 3269)**
  - ▶ **Privato (64512 - 65535)**
- ▶ **Utilizzati da:**
  - ▶ **Internet Service Provider (ISP)**
  - ▶ **Clienti “multihomed”**
- ▶ **I prefissi appresi da un altro Autonomous System sono generalmente denominati “esterni”**

## Tecnologie e servizi di rete

### Il protocollo BGP (Border Gateway Protocol)

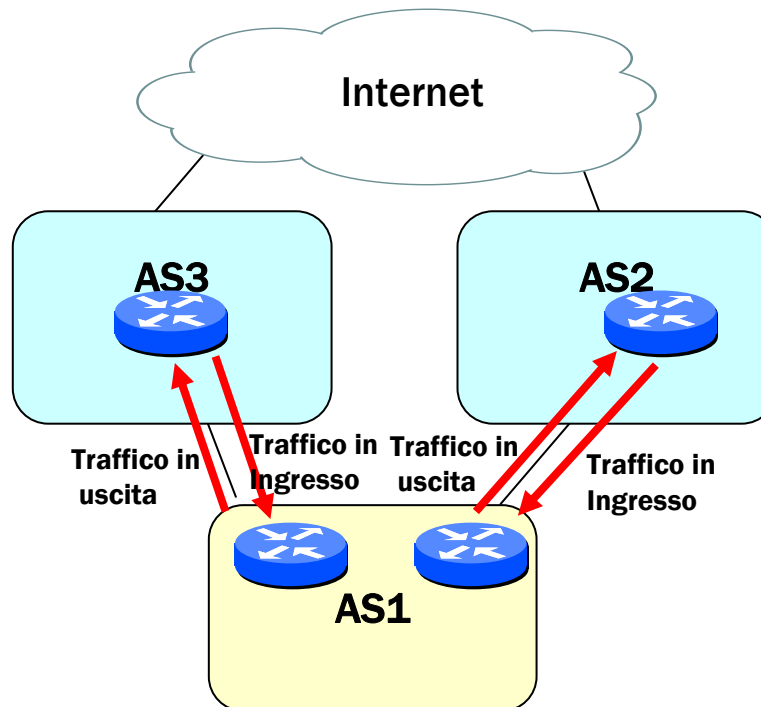
## Il ruolo di BGP tra Autonomous System

- ▶ BGP gestisce lo scambio di informazioni di routing tra Autonomous System (AS) garantendo che non si formino dei loop
- ▶ Soprattutto, BGP consente di applicare le proprie politiche di routing per la gestione dei flussi di traffico tra AS
  - ▶ Consente di controllare la raggiungibilità dei prefissi (destinazioni), imponendo le regole di policy proprie dell'autonomous system



**Tecnologie e servizi di rete****Il protocollo BGP (Border Gateway Protocol)****Quando è necessario BGP?**

- ▶ Quando un Autonomous System può costituire un transit per traffico destinato ad altri AS
- ▶ Quando un Autonomous System ha differenti connessioni (multihoming) ad altri AS
  - ▶ Quando è necessario controllare il punto di ingresso e di uscita del traffico

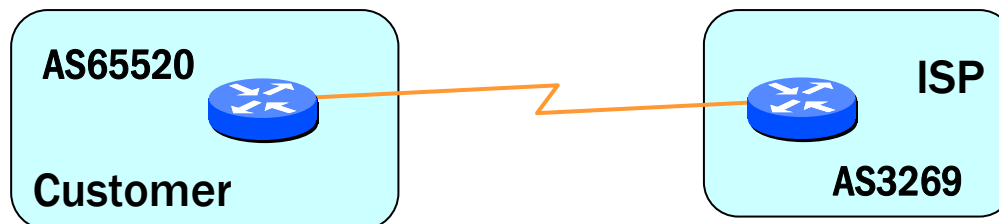


## Tecnologie e servizi di rete

### Il protocollo BGP (Border Gateway Protocol)

## Quando non usare BGP

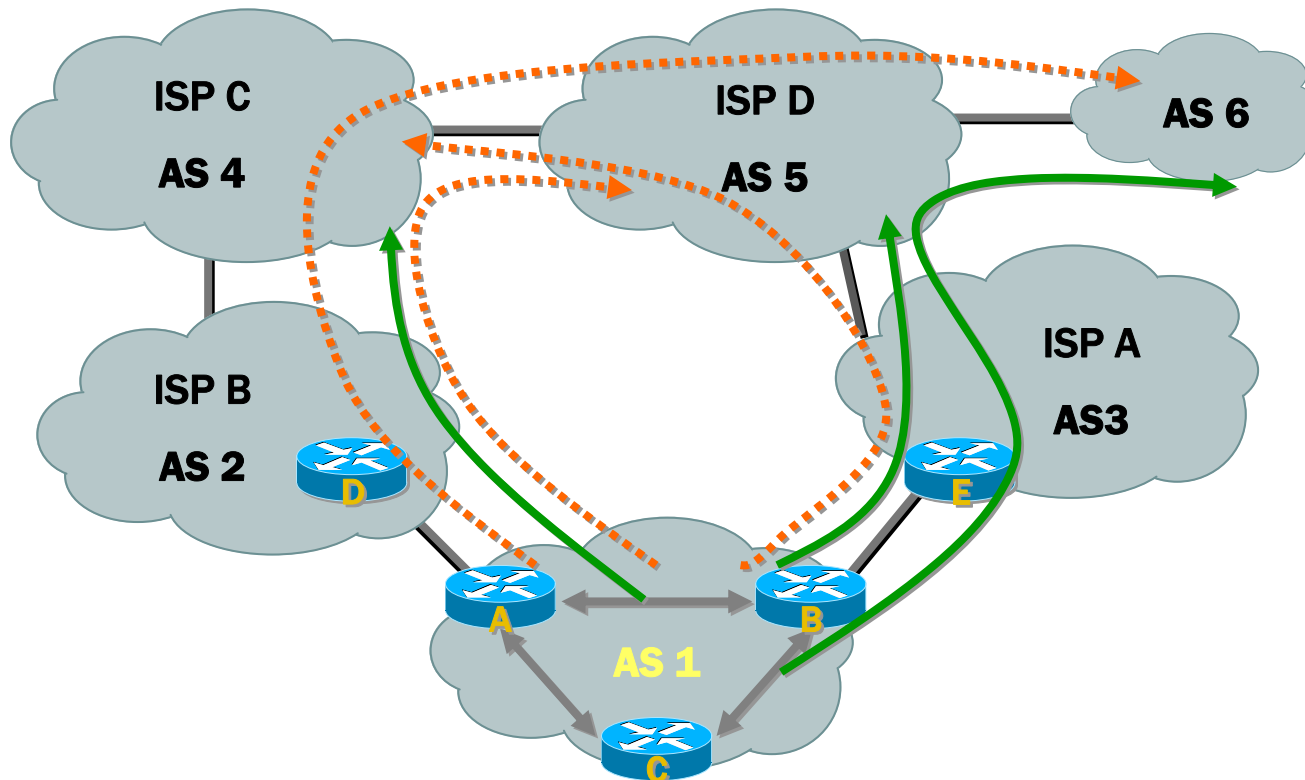
- ▶ BGP non è sempre la soluzione migliore, in alcune condizioni se ne sconsiglia l'uso:
  - ▶ Quando non si ha esigenza di applicare una politica di routing
  - ▶ Quando si possiede una sola connessione verso altri Autonomous System o Internet
    - ▶ In particolare, quando si ha poca banda a disposizione sul collegamento fisico e quando le risorse di memoria e CPU non sono sufficienti a sopportare il carico del processo BGP (prefissi, segnalazione,...)
- ▶ È possibile sfruttare l'impiego di rotte statiche



## Il protocollo BGP (Border Gateway Protocol)

### Utilizzo di BGP per Multi-homing

- ▶ L'utilizzo di BGP in questo caso consente un controllo sul percorso delle relazioni di traffico con gli altri ISP



**Tecnologie e servizi di rete****Il protocollo BGP (Border Gateway Protocol)****Tipologie di relazioni tra AS**

- ▶ **Relazioni di transito: sono quelle tra un AS “forte” ed uno più “debole”**
  - ▶ **L’AS forte garantisce a quello più debole l’accesso ai prefissi presenti nel suo database BGP**
  - ▶ **Normalmente, l’AS debole paga una tariffa sulla base del volume di traffico scambiato**
  - ▶ **L’AS forte è anche detto “Upstream Provider”**
- ▶ **Relazioni di peering: sono quelle tra AS (ISP) di forza simile**
  - ▶ **Ciascun AS fornisce accesso ai prefissi dei propri clienti**
  - ▶ **Normalmente non vi sono tariffe associate**
  - ▶ **Occorre evitare che un AS peer usi indebitamente i link verso l’Upstream Provider**



## Tecnologie e servizi di rete

### Il protocollo BGP (Border Gateway Protocol)

## BGP: caratteristiche principali

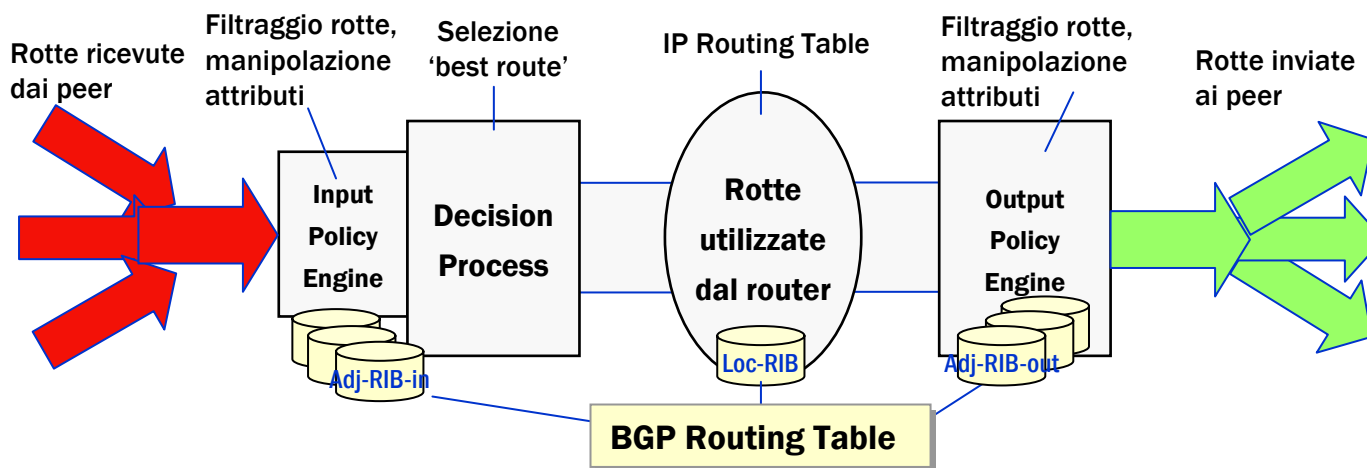
- ▶ BGP è un protocollo di tipo “path vector” che offre le seguenti caratteristiche:
  - ▶ È annunciato ai vicini soltanto il percorso “migliore”
  - ▶ Metrica ricca
    - ▶ Diverse tipologie di attributi e path vector (lista AS attraversati: *AS path*)
  - ▶ Trasporto affidabile (utilizzo protocollo TCP, porta 179)
  - ▶ Funzionalità di *keepalive* per la verifica delle sessioni con i *peer*
  - ▶ Aggiornamenti incrementali e solo in seguito a variazioni
  - ▶ Progettato per la gestione di reti di grandi dimensioni (Internet)

## Tecnologie e servizi di rete

### Il protocollo BGP (Border Gateway Protocol)

## BGP: funzionamento generale

- ▶ Apprende diversi possibili percorsi (path) attraverso i suoi peer (BGP speaker) interni ed esterni
- ▶ Sceglie il **best path** e lo installa nelle tabelle di routing/forwarding IP
- ▶ Le politiche di routing vengono applicate influenzando il processo di selezione del best path
  - ▶ Ed inoltre utilizzando i meccanismi di filtraggio inbound/outbound

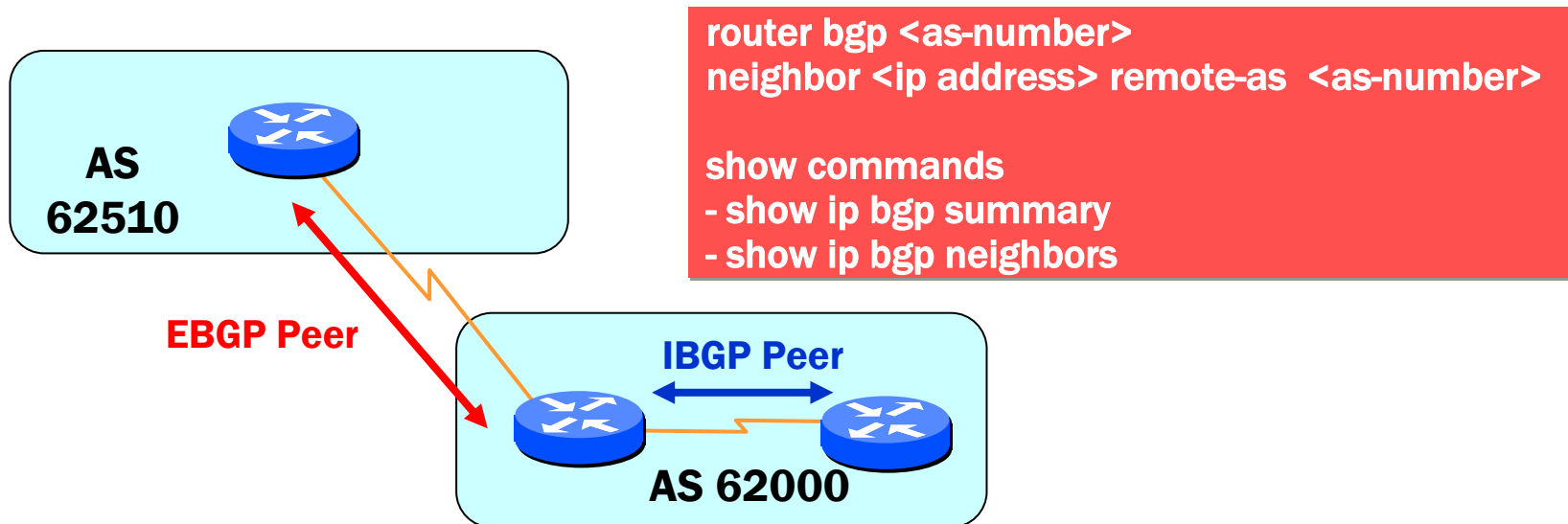


## Tecnologie e servizi di rete

### Il protocollo BGP (Border Gateway Protocol)

## Peer BGP

- ▶ Se i router neighbor (peer) BGP appartengono ad AS differenti, si parla di sessione External BGP (EBGP)
  - ▶ In una sessione EBGP i peer dovrebbero essere direttamente connessi
- ▶ Se i peer BGP appartengono allo stesso AS, si parla di sessioni Internal BGP (IBGP)
  - ▶ Non è necessario che i peer IBGP siano direttamente connessi (anzi, in generale non lo sono)
  - ▶ I router BGP di un AS devono avere una sessione IBGP con tutti gli altri (full IBGP mesh)



**Tecnologie e servizi di rete****Il protocollo BGP (Border Gateway Protocol)****Messaggi BGP**

- ▶ **BGP definisce le seguenti tipologie di messaggi:**
  - ▶ **Update – Utilizzato per lo scambio di informazioni sui prefissi raggiungibili**
    - ▶ **Prefisso annunciato**
    - ▶ **Annuncio o cancellazione**
    - ▶ **Attributi associati al percorso**
  - ▶ **Open – Consente di stabilire la sessione BGP**
  - ▶ **Notification**
    - ▶ **Indica un errore nella sessione BGP**
    - ▶ **Determina la chiusura della connessione TCP**
  - ▶ **Keepalive – Messaggio periodico per verificare che la sessione sia attiva**

**Il protocollo BGP (Border Gateway Protocol)****Sintesi del funzionamento del protocollo**

- ▶ Le coppie di BGP speaker stabiliscono per prima cosa una sessione, mediante lo scambio di messaggi Open
- ▶ Successivamente, i BGP speaker si scambiano l'intero database BGP, mediante i messaggi Update
- ▶ In seguito a modifiche del database BGP, sono inviati update incrementali (nuovi percorsi o cancellazione di percorsi non più validi)
- ▶ Periodicamente, i BGP speaker inviano messaggi di keep-alive per verificare che la sessione sia attiva
- ▶ I messaggi di Notification sono inviati in seguito al verificarsi di errori e per chiudere la sessione

## Tecnologie e servizi di rete

### Il protocollo BGP (Border Gateway Protocol)

## Attributi BGP

- ▶ BGP allega ad ogni aggiornamento di routing degli attributi che consentono di applicare il processo di decisione, essi rientrano in quattro diverse categorie:
  - ▶ Well-known mandatory
    - ▶ Devono essere riconosciuti e trattati da tutte le implementazioni di BGP e devono essere inclusi in ogni messaggio di UPDATE
    - ▶ Inoltre, gli attributi well-known devono essere passati agli altri peer BGP
  - ▶ Well-known discretionary
    - ▶ Come sopra, ma possono essere presenti o meno in un messaggio di UPDATE
  - ▶ Optional transitive
    - ▶ Non è richiesto che tutte le implementazioni li supportino, se transitive (anche se non riconosciuto) deve essere comunque accettato e trasmesso agli altri peer BGP
  - ▶ Optional non transitive
    - ▶ Come sopra, ma se non riconosciuto può essere semplicemente ignorato e non passato ai peer



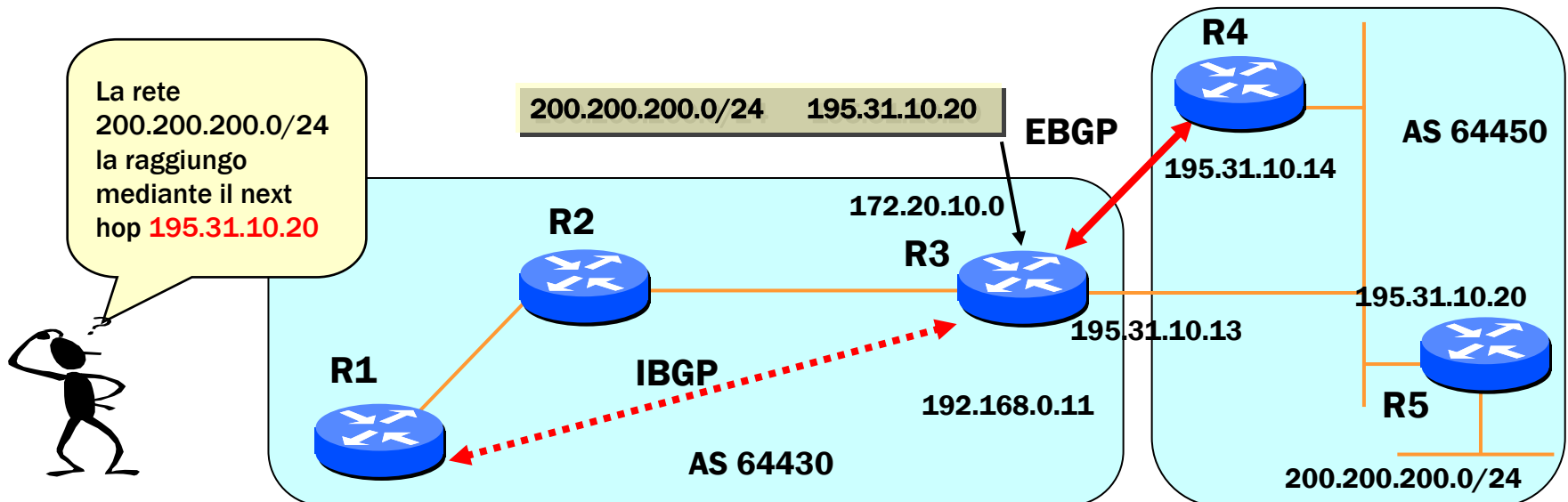


## Tecnologie e servizi di rete

### Il protocollo BGP (Border Gateway Protocol)

## Next-Hop su una rete multiaccesso

- ▶ Quando la rotta è annunciata su attraverso una rete multiaccesso (es. LAN) il next-hop è l'indirizzo IP dell'interfaccia del router connesso al media (*third party next hop*)
  - ▶ Più efficiente: si evita un inutile hop in fase di instradamento

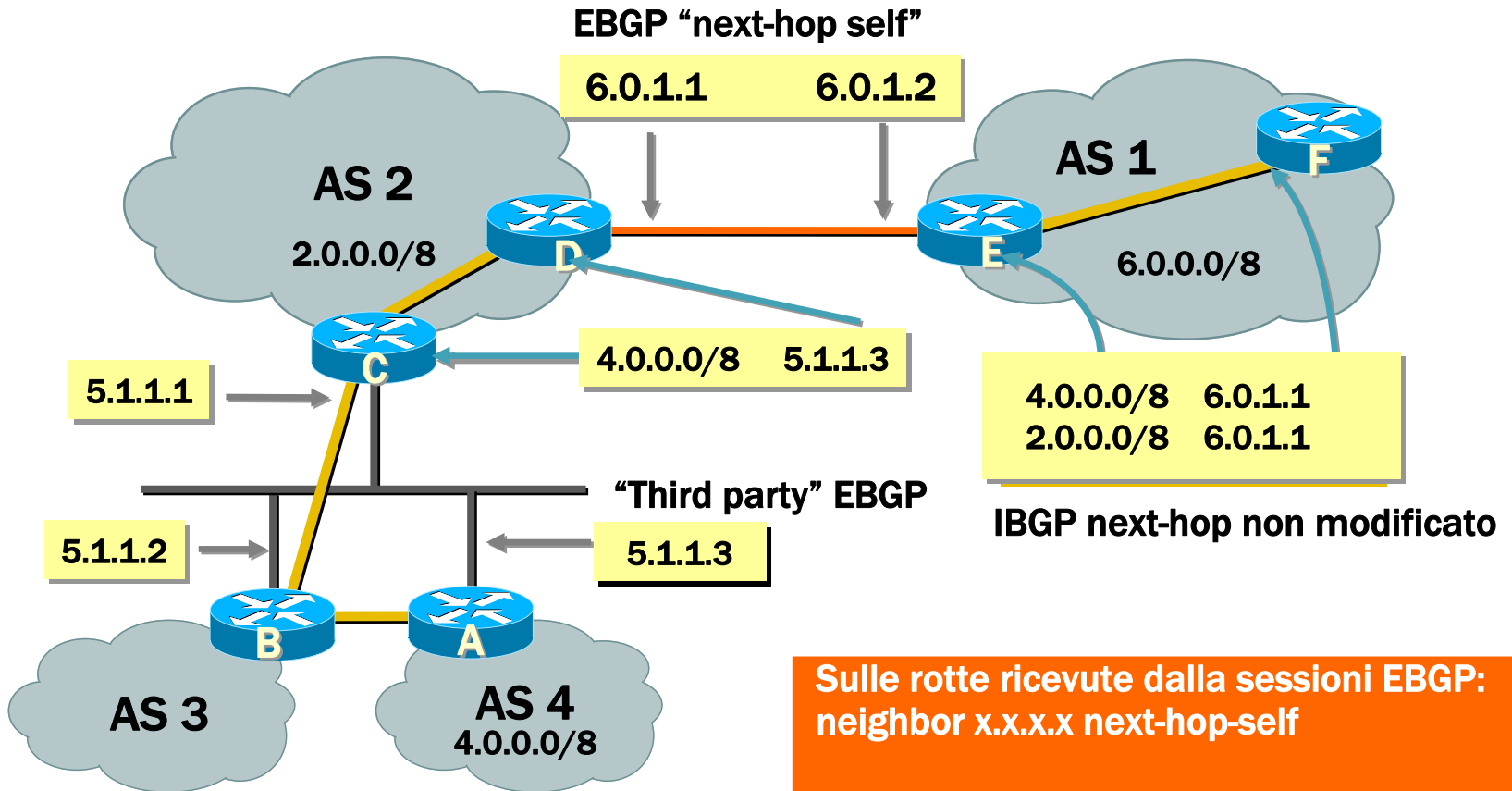




**Tecnologie e servizi di rete**

**Il protocollo BGP (Border Gateway Protocol)**

**Next-hop BGP**



Sulle rotte ricevute dalle sessioni EBGP:  
neighbor x.x.x.x next-hop-self

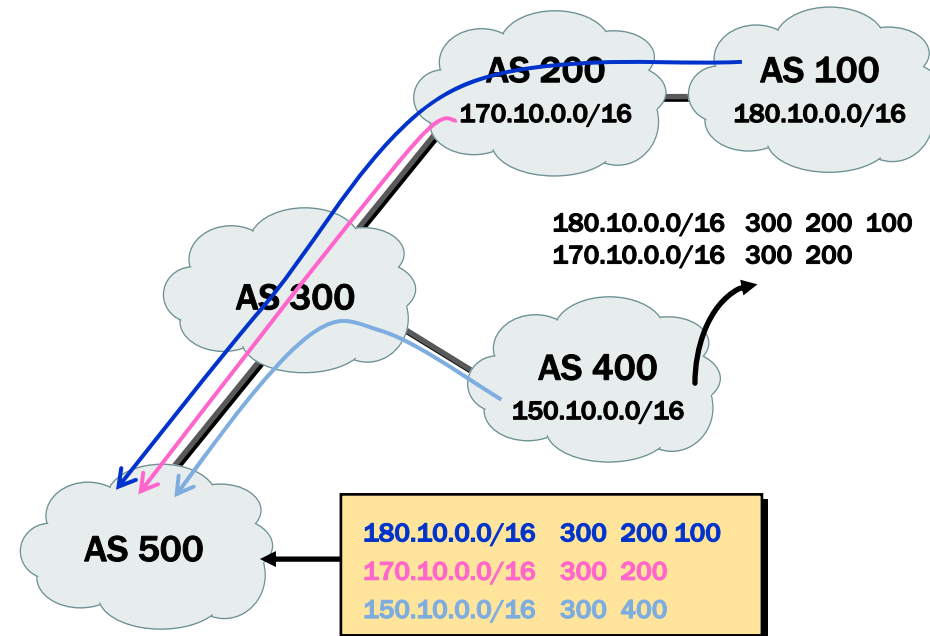
route-map:  
set ip next-hop { A.B.C.D | peeraddress }

**Tecnologie e servizi di rete****Il protocollo BGP (Border Gateway Protocol)****Origin**

- ▶ **ORIGIN** è un attributo **well-known mandatory** che fornisce un'indicazione dell'origine del prefisso
- ▶ È un attributo che influenza la procedura di selezione del best path
- ▶ Può assumere tre valori:
  - ▶ IGP – generato tramite il comando “network”
  - ▶ EGP – generato da un protocollo EGP
  - ▶ incomplete – redistribuito da un altro protocollo di routing

**Il protocollo BGP (Border Gateway Protocol)****AS-Path**

- ▶ **AS-PATH** è un attributo **well-known mandatory** che descrive la sequenza di AS che la rotta ha attraversato
  - ▶ Ogni AS aggiunge il proprio numero all'AS-Path degli annunci BGP trasmessi ai peer EGP
- ▶ Viene utilizzato dal processo di selezione del percorso (best path), infatti viene data la preferenza all'AS-Path più breve
- ▶ Può essere manipolato da un AS per influenzare la scelta dell'instradamento (prepending)

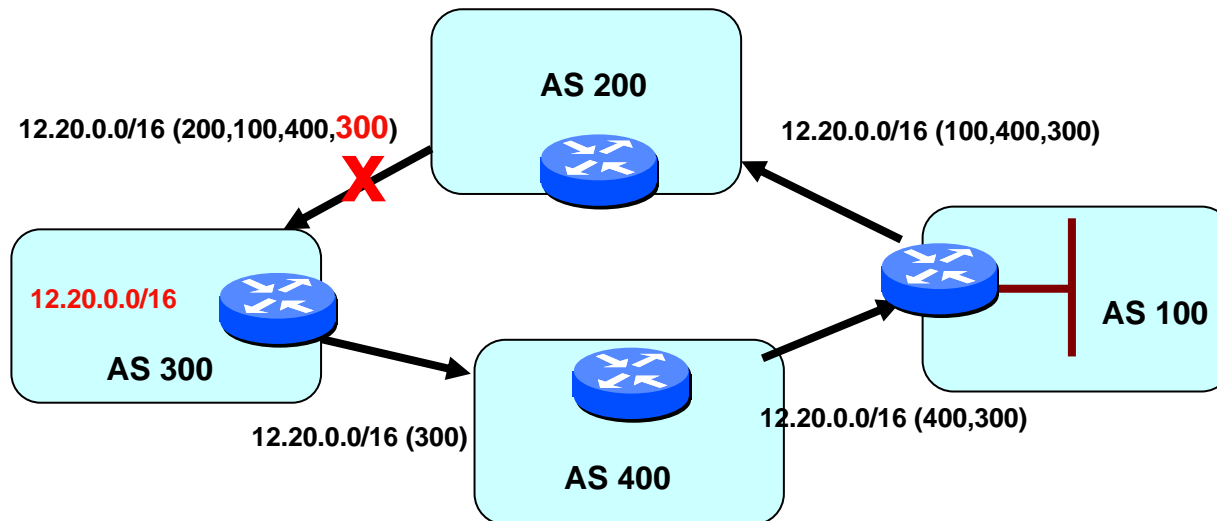


## Tecnologie e servizi di rete

### Il protocollo BGP (Border Gateway Protocol)

## AS-Path: loop prevention

- ▶ La presenza negli annunci della lista AS-Path assicura una topologia BGP esente da loop
  - ▶ infatti gli UPDATE che contengono all'interno della lista AS-path il numero di AS che l'ha ricevuto, vengono rifiutati dal router che li riceve

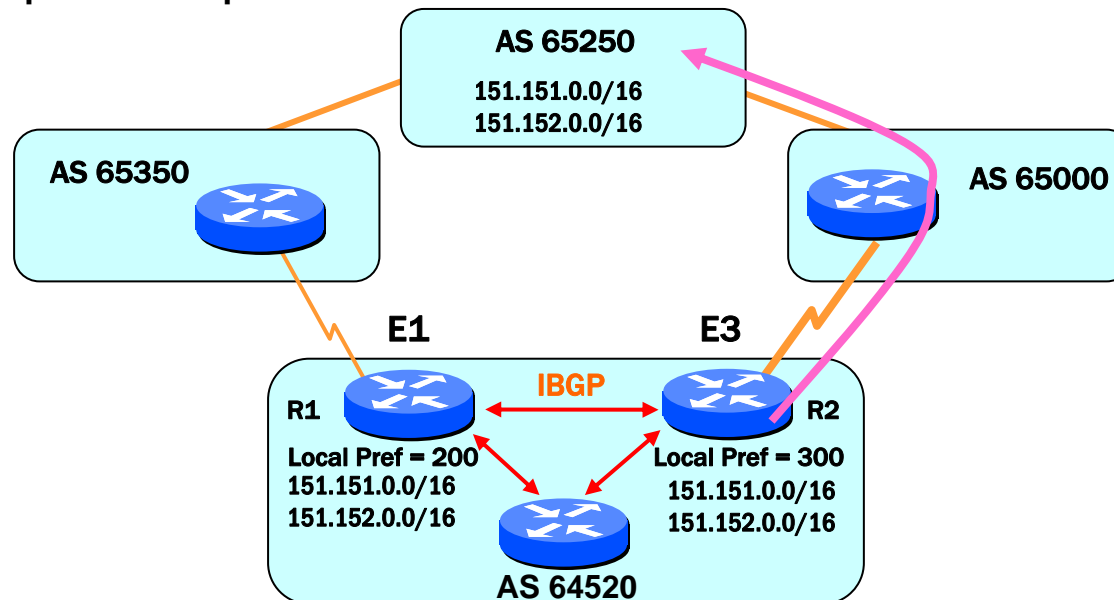


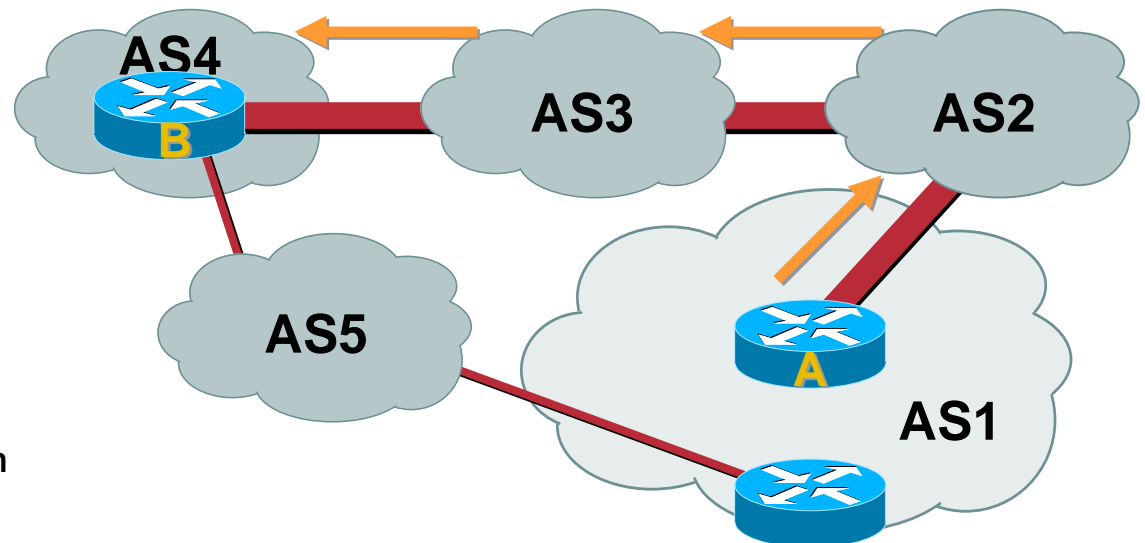
## Tecnologie e servizi di rete

### Il protocollo BGP (Border Gateway Protocol)

## Local Preference

- ▶ La Local Preference (LOCAL\_PREF) è un attributo well-known discretionary, che indica al router un grado di preferenza associato alla rotta nel confronto con altre possibili per la stessa rete destinazione
- ▶ I percorsi con una Local Preference più alta sono preferibili, il parametro è configurabile sui router sia per singola rotta che per neighbor (valore di default = 100)
- ▶ N.B. La Local Preference è locale all'Autonomous System ed è scambiata solo nei messaggi di update tra i peer IBGP



**Tecnologie e servizi di rete****Il protocollo BGP (Border Gateway Protocol)****Local Preference**▶ **Esempio di utilizzo e configurazione****Configurazione (router A):**

```

router bgp 1
neighbor x.x.x.x remote-as 2
neighbor x.x.x.x route-map pippo in
!
route-map pippo permit 10
match as-path 2
set local-preference 120
!
ip as-path access-list 2 permit ^2 3 4$

```

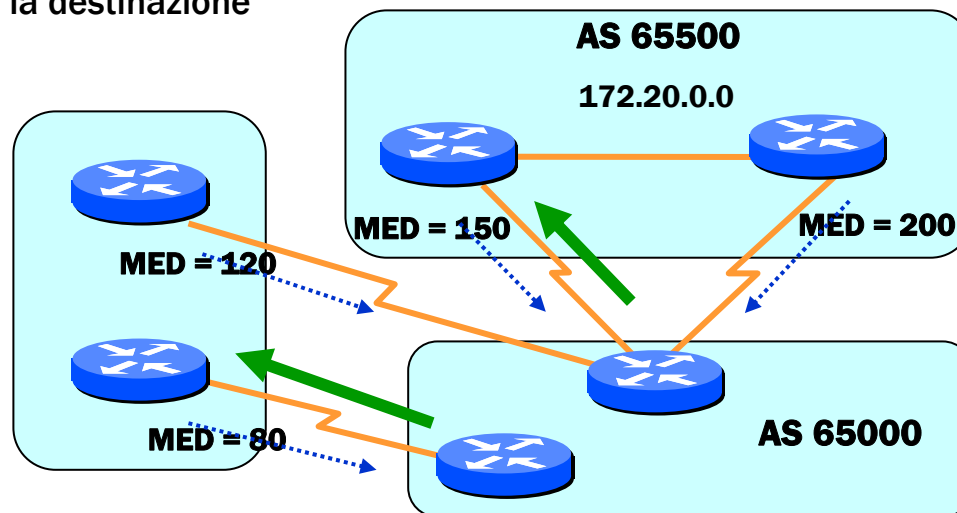
“bgp regular expression”  
= Match su AS Path “2 3 4”

## Tecnologie e servizi di rete

### Il protocollo BGP (Border Gateway Protocol)

## MED

- ▶ IL Multi Exit Discriminator (MED) è un attributo optional non transitive, si tratta in pratica di una metrica (metrica esterna della rotta) ed i valori più bassi sono preferiti
  - ▶ Il default è MED == 0
  - ▶ Non transitivo, non viene passato da un AS ad un altro
  - ▶ I valori di MED sono confrontabili solo se i path si riferiscono allo stesso AS
- ▶ Il MED è configurato sui router ed è inviato solo ai neighbor EBGP, in maniera da influenzare il punto di ingresso del traffico nell'AS
  - ▶ È pratica abbastanza comune utilizzare il MED in modo da rispecchiare la metrica IGP interna per la destinazione



**Tecnologie e servizi di rete****Il protocollo BGP (Border Gateway Protocol)****Community**

- ▶ Le Community sono un attributo **optional transitive** e vengono utilizzate per identificare un **gruppo di destinazioni** che condividono le stesse proprietà
- ▶ Le community offrono la possibilità di **marcare le rotte** in maniera da assicurare un **filtraggio** consistente
- ▶ Qualsiasi router BGP può marcare le rotte in ingresso, in uscita, oppure durante una operazione di redistribuzione
- ▶ Qualsiasi BGP router può utilizzare il tag per effettuare il filtering o selezionare la rotta preferita

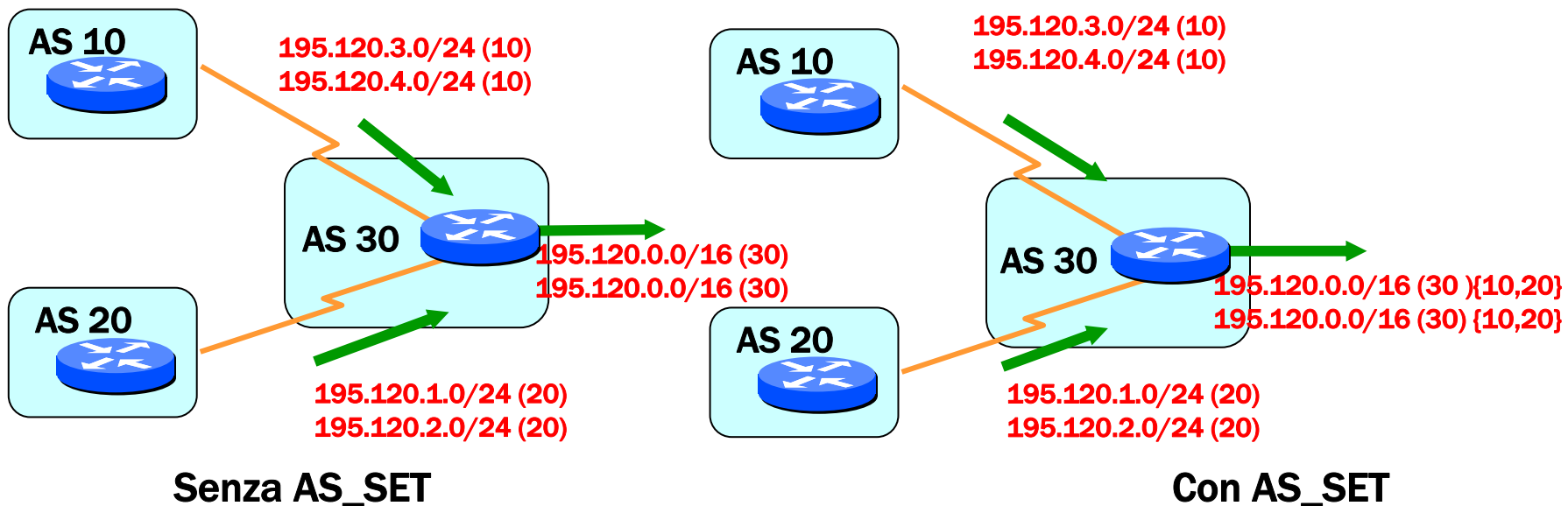


**Tecnologie e servizi di rete****Il protocollo BGP (Border Gateway Protocol)****Aggregazione dei prefissi 1/2**

- ▶ Con il termine aggregazione si intende la generazione e l'annuncio di un prefisso con maschera inferiore che include uno o più prefissi più specifici
- ▶ I prefissi più specifici possono essere:
  - ▶ Utilizzati solo internamente alla rete dell'ISP
  - ▶ Annunciati anche ad altri AS, ad esempio per supportare il multihoming
- ▶ **Attributi:**
  - ▶ **ATOMIC-AGGREGATE** (well-known discretionary): indica che il prefisso annunciato è frutto di un'operazione di aggregazione
  - ▶ **AGGREGATOR** (optional transitive): indica ASN e indirizzo del router che ha effettuato l'aggregazione

**Tecnologie e servizi di rete****Il protocollo BGP (Border Gateway Protocol)****Aggregazione dei prefissi 2/2**

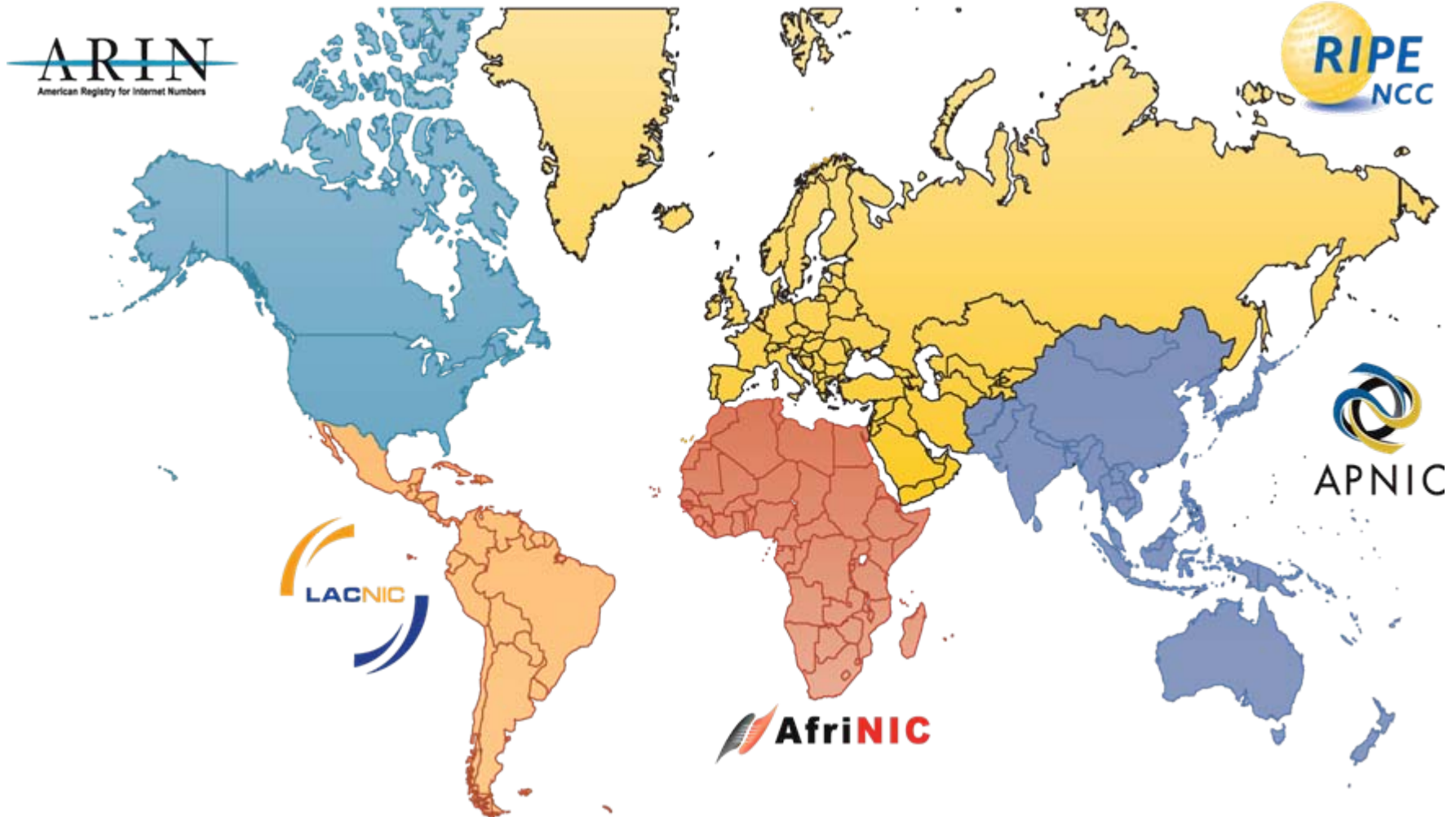
- ▶ Durante una operazione di aggregazione vengono persi i dettagli degli AS attraversati prima dell'aggregazione
- ▶ È possibile impostare il router affinché annunci la lista degli AS attraversati dalle rotte prima dell'aggregazione (AS\_SET)

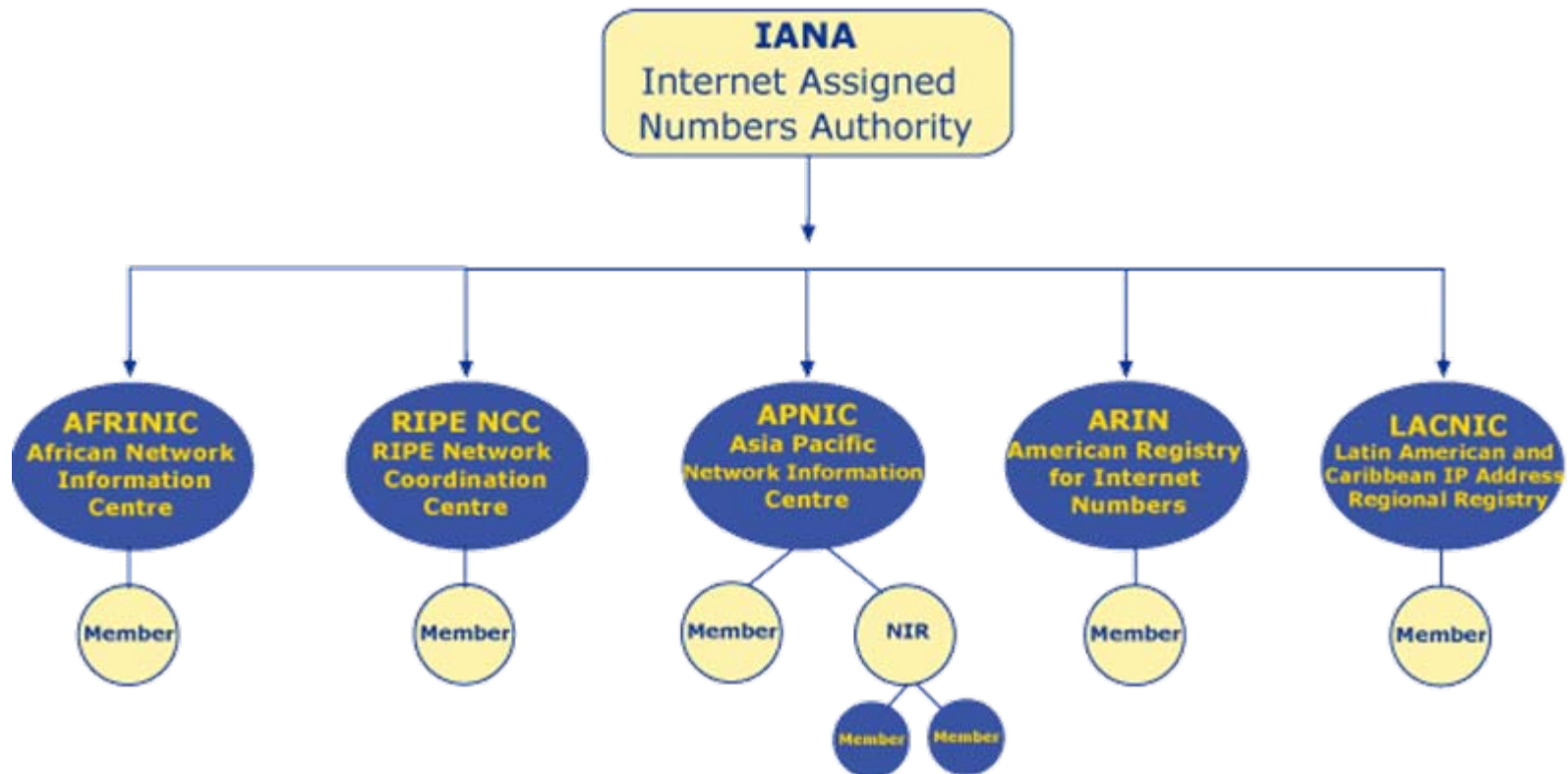


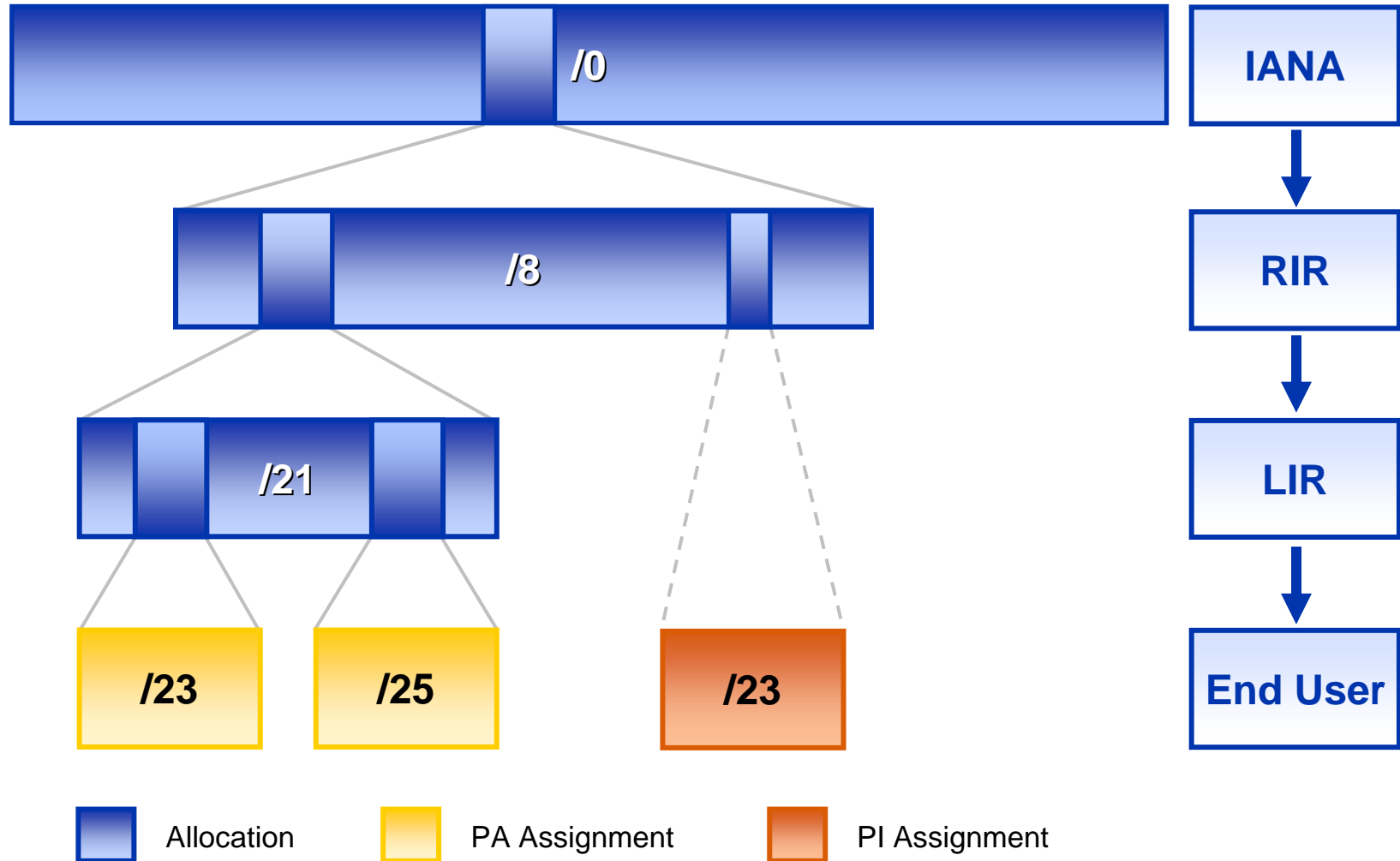
## Tecnologie e servizi di rete

### Il protocollo BGP (Border Gateway Protocol)

## RIR Service Regions



**Tecnologie e servizi di rete****Il protocollo BGP (Border Gateway Protocol)****Organizzazione gerarchica****Internet Resource Allocation**

**Il protocollo BGP (Border Gateway Protocol)****Schema di allocazione e assegnazione dei prefissi**

**Tecnologie e servizi di rete**

**Il protocollo BGP (Border Gateway Protocol)**

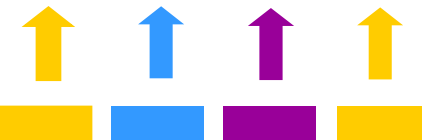
**Indirizzi PA e PI**

No Aggregation

BGP Announcements (4)



ISP



Customer Assignments

**Provider Independent**  
(Portable Assignments)

Aggregation

BGP Announcement (1)



LIR Allocation



Customer Assignments

**Provider Aggregatable**  
(Non-portable Assignments)

## Tecnologie e servizi di rete

### Il protocollo BGP (Border Gateway Protocol)

## Il processo di decisione per la selezione del percorso

- ▶ Vengono considerate solo le rotte sincronizzate che abbiano un next hop valido in tabella e siano prive di loop, quindi:
  1. Viene preferito il **weight** più alto
  2. A parità di weight viene preferita la **local preference** più alta
  3. In caso di uguale local preference è preferita la rotta **originata localmente** sul router
  4. In condizione di uguaglianza viene preferito l'**AS-PATH** più corto
  5. A parità di percorsi AS si preferisce quello con l'**origin code** minore (IGP<EGP<Incomplete)
  6. A parità di origin code si preferisce il **MED** di valore più basso (informazione ricevuta da AS esterni)
  7. Nell'ipotesi vi sia ancora una uguaglianza si preferisce il percorso **EBGP** rispetto a quello IBGP
  8. Si preferisce il percorso attraverso il neighbor IGP più vicino
  9. Si preferisce il percorso ricevuto dal neighbor con il **router ID** più basso

**Tecnologie e servizi di rete****Il protocollo BGP (Border Gateway Protocol)****Configurazione del BGP**

- ▶ Abilita il protocollo di routing BGP sul router. È possibile attivare un solo processo BGP sul router

```
RTR(CONFIG)#router bgp autonomous-system
```





**Tecnologie e servizi di rete****Il protocollo BGP (Border Gateway Protocol)****Comandi di attivazione BGP**

```
RTR(config-router)# neighbor {ip-address | peer-group-name} remote-as autonomous-system
```

- ▶ Attiva la sessione IBGP o EBGP con il peer



```
RTR(config-router)#network network-number [mask network-mask]
```

- ▶ Il comando `network` controlla quale reti sono originate dal router



## Tecnologie e servizi di rete

### Il protocollo BGP (Border Gateway Protocol)

## Next-hop-self

- ▶ Con questa configurazione, tutti gli UPDATE generati verso il neighbor specificato nel comando avranno come next-hop il router stesso

```
RTR(config-router)# neighbor {ip-address | peer-group-name} next-hop-self
```



**Tecnologie e servizi di rete****Il protocollo BGP (Border Gateway Protocol)****Configurare BGP per l'aggregazione degli indirizzi**

- ▶ Il comando consente la creazione di una rotta aggregata (*summary*) nella tabella BGP, utilizzando l'opzione *summary-only* le rotte più specifiche non vengono più annunciate ai neighbor
- ▶ L'opzione *as-set* include la lista non ordinata di tutti gli AS che le rotte più specifiche hanno attraversato

```
RTR(config-router)# aggregate-address ip-address mask [summary-only] [as-set]
```



**Tecnologie e servizi di rete****Il protocollo BGP (Border Gateway Protocol)****Comandi di verifica BGP**

```
show ip bgp [summary | neighbor]
```

- ▶ Se usato senza opzioni, visualizza l'intera Tabella BGP vengono riportati gli attributi più importanti associati ad una rotta
  - ▶ Usando l'opzione *neighbor* vengono mostrate le informazioni inerenti la sessione TCP e i parametri BGP relativi
  - ▶ Usando l'opzione *summary* viene visualizzata l'utilizzo della memoria e lo stato delle connessioni BGP, utile in fase di ricerca guasti

```
show ip bgp ip-prefix [mask subnet-mask]
```

- ▶ Consente la visualizzazione completa di tutti gli attributi BGP della rotta

**Tecnologie e servizi di rete****Il protocollo BGP (Border Gateway Protocol)****show ip bgp**

Il numero di volte  
che BGP ha ricalcolato la tabella

Prefisso acquisito  
Via IBGP

```
RTR2#show ip bgp
```

```
BGP table version is 5, local router ID is 192.168.0.12
```

```
Status codes: s suppressed, d damped, h history, * valid, > best, i - internal
```

```
Origin codes: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete
```

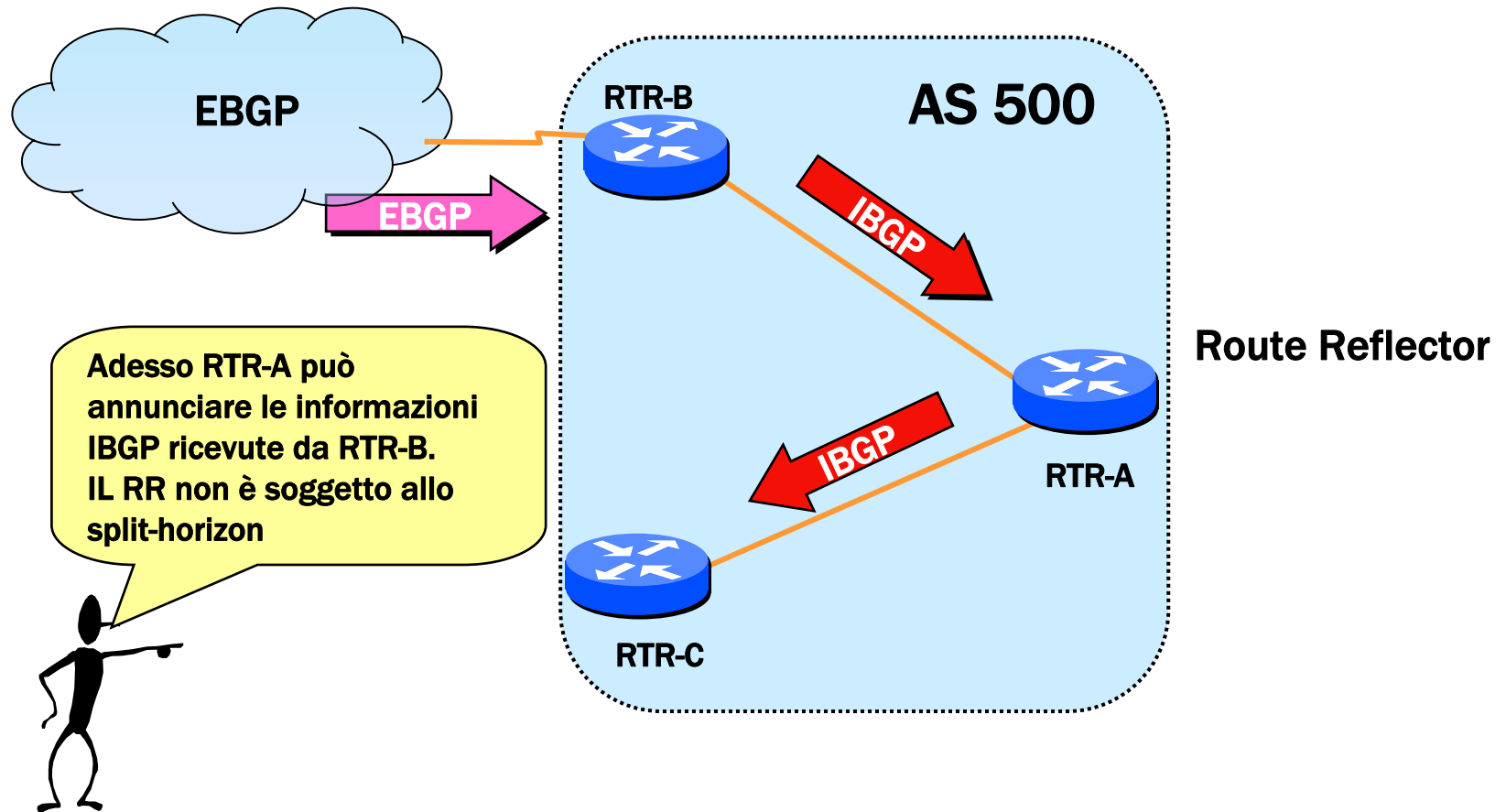
| Network                | Next Hop    | Metric | LocPrf | Weight | Path  |
|------------------------|-------------|--------|--------|--------|-------|
| * > i172.20.11.8/29    | 172.20.1.18 | 0      | 100    | 0      | i     |
| * > i192.168.200.0/28  | 10.10.10.17 | 0      | 100    | 0      | 910 i |
| * > i192.168.200.16/28 | 10.10.10.1  | 0      | 100    | 0      | 910 i |
| * > i192.168.200.32/   | 10.10.10.17 | 0      | 100    | 0      | 910 i |

Il next hop dal quale si è ricevuta la rotta

Gli AS attraversati  
dalla rotta

**Tecnologie e servizi di rete****Il protocollo BGP (Border Gateway Protocol)****Scalabilità**

- ▶ Il protocollo BGP prevede che un prefisso acquisito da una sessione iBGP non possa essere propagato ad un altro peer iBGP
  - ▶ Per evitare che si formino loop
  
- ▶ Tale limitazione impone la presenza di una maglia completa di sessioni iBGP tra tutti gli speaker
  - ▶ Ciò diventa impraticabile in una rete con decine/centinaia di router
  
- ▶ Per aggirare questa limitazione, sono state proposte due estensioni al protocollo:
  - ▶ Route Reflector (molto usato)
  - ▶ Confederation (poco usato)

**Il protocollo BGP (Border Gateway Protocol)****Route Reflectors**

**Tecnologie e servizi di rete****Il protocollo BGP (Border Gateway Protocol)****Vantaggi del Route Reflector**

- ▶ Incrementa la **scalabilità** dell'architettura BGP, risolvendo il problema delle connessioni *full-mesh* IBGP
- ▶ La soluzione è molto utile nelle reti di provider medio grandi
- ▶ Il forwarding dei pacchetti non viene modificato, il traffico dati non è costretto a transitare per il *route reflector*
- ▶ E' possibile avere più *route reflector*, anche organizzati su più livelli gerarchici, per ridondanza
- ▶ Per default, un Route Reflector non modifica il next-hop e gli attributi delle rotte scambiate negli UPDATE BGP

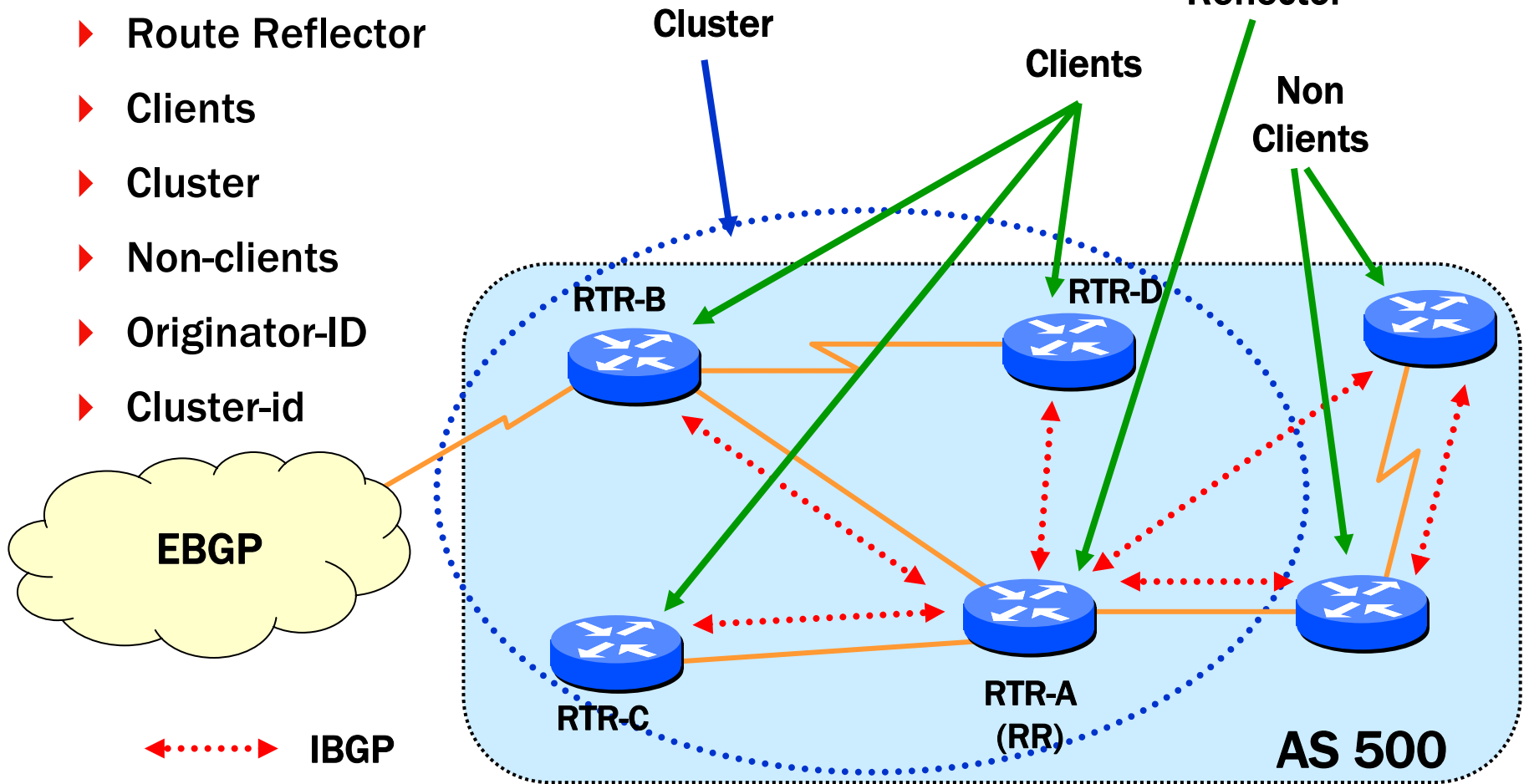


**Tecnologie e servizi di rete**

**Il protocollo BGP (Border Gateway Protocol)**

**Terminologia dei route reflector**

- ▶ Route Reflector
- ▶ Clients
- ▶ Cluster
- ▶ Non-clients
- ▶ Originator-ID
- ▶ Cluster-id



**Tecnologie e servizi di rete****Il protocollo BGP (Border Gateway Protocol)****Regole del Route Reflector**

- ▶ Il Route Reflector riceve aggiornamenti dai client e dai non-client
- ▶ Se l'update è generato dal client viene propagato a tutti i client e non-client, eccetto il client che ha generato l'update
- ▶ Se l'update è generato da un non-client viene propagato solo ai client
- ▶ Se l'aggiornamento è generato da un peer EBGP è propagato a tutti i client e non-client

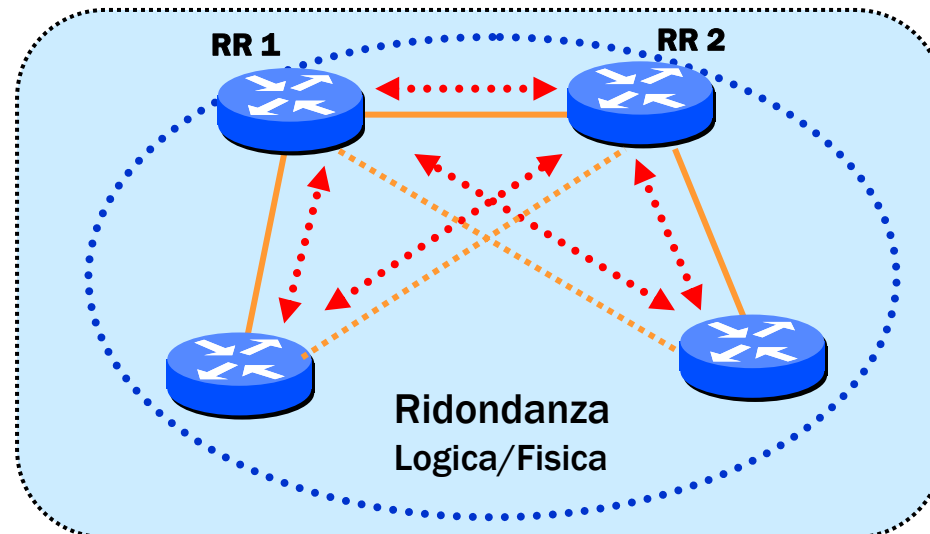
| Tipo di router         | Update ricevuto da | Inviato a                         |
|------------------------|--------------------|-----------------------------------|
| <b>Classico</b>        | Peer EBGP          | Tutti i peer                      |
|                        | Peer IBGP          | Tutti gli EBGP peer               |
| <b>Route Reflector</b> | EBGP peer          | Tutti i peer                      |
|                        | Non-client IBGP    | EBGP peer e client                |
|                        | Client IBGP Peer   | A tutti i peer tranne il mittente |
| <b>Client</b>          | Peer EBGP          | Tutti i peer                      |
|                        | Peer IBGP          | Peer EBGP                         |

## Tecnologie e servizi di rete

### Il protocollo BGP (Border Gateway Protocol)

## Route Reflector ridondato

- ▶ I client di un route reflector si trovano ad avere un singolo peer IBGP, questo comporta, in caso di guasti al RR, una situazione di single-point-of-failure
- ▶ Introducendo un RR ridondato il client può avere una seconda sessione, aumentando la robustezza dell'architettura,
  - ▶ tuttavia il client riceve così due copie degli UPDATE e dunque bisogna prestare attenzione alla possibilità che si verifichino dei routing loop
  - ▶ Al fine di evitare che si formino loop all'interno dell'AS vengono utilizzati due attributi: l'ORIGINATOR\_ID e la CLUSTER\_LIST



**Tecnologie e servizi di rete****Il protocollo BGP (Border Gateway Protocol)****Configurare il Route Reflector**

- ▶ Configura il router ad agire come route reflector e definisce quali neighbor sono client
- ▶ I client non sanno di essere connessi ad un route reflector

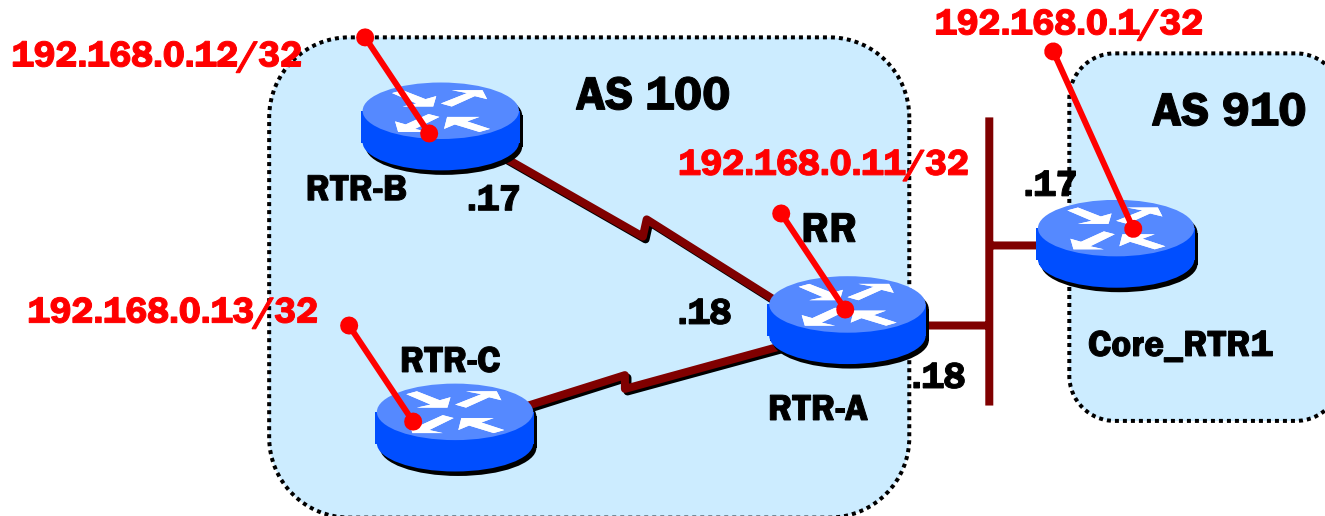
```
RTR(config-router)#neighbor ip-address route-reflector-client
```



## Tecnologie e servizi di rete

### Il protocollo BGP (Border Gateway Protocol)

## Configurazione Route Reflector



```

router bgp 100
neighbor 192.168.0.1 remote-as 910
neighbor 192.168.0.1 ebgp-multihop 2
neighbor 192.168.0.1 update-source Loopback0
neighbor 192.168.0.12 remote-as 100
neighbor 192.168.0.12 update-source Loopback0
neighbor 192.168.0.12 route-reflector-client
neighbor 192.168.0.13 remote-as 100
neighbor 192.168.0.13 update-source Loopback0
neighbor 192.168.0.13 route-reflector-client

```

## Il protocollo BGP (Border Gateway Protocol)

### iBGP Confederation

- ▶ Dividere un AS in più sotto-AS di dimensioni inferiori
  - ▶ Ciascun router è configurato con l'AS e con un identificativo di sotto-AS
  - ▶ Es. AS1, (AS10, AS11, AS12)
- ▶ I router appartenenti allo stesso sotto-AS
  - ▶ Formano una maglia completa di sessioni iBGP
- ▶ I router appartenenti a differenti sotto-AS
  - ▶ Instaurano sessioni eBGP
  - ▶ Il next\_hop rimane invariato
  - ▶ Includono il proprio sotto-AS nell'AS-PATH
  - ▶ Il sotto-AS è rimosso quando il prefisso è annunciato al di fuori dell'AS

