RETI DI CALCOLATORI

Autunno 2018

docente: Laura Ricci

laura.ricci@unipi.it

Lezione 6:
INTERDOMAIN ROUTING: BGP
15/10/2018

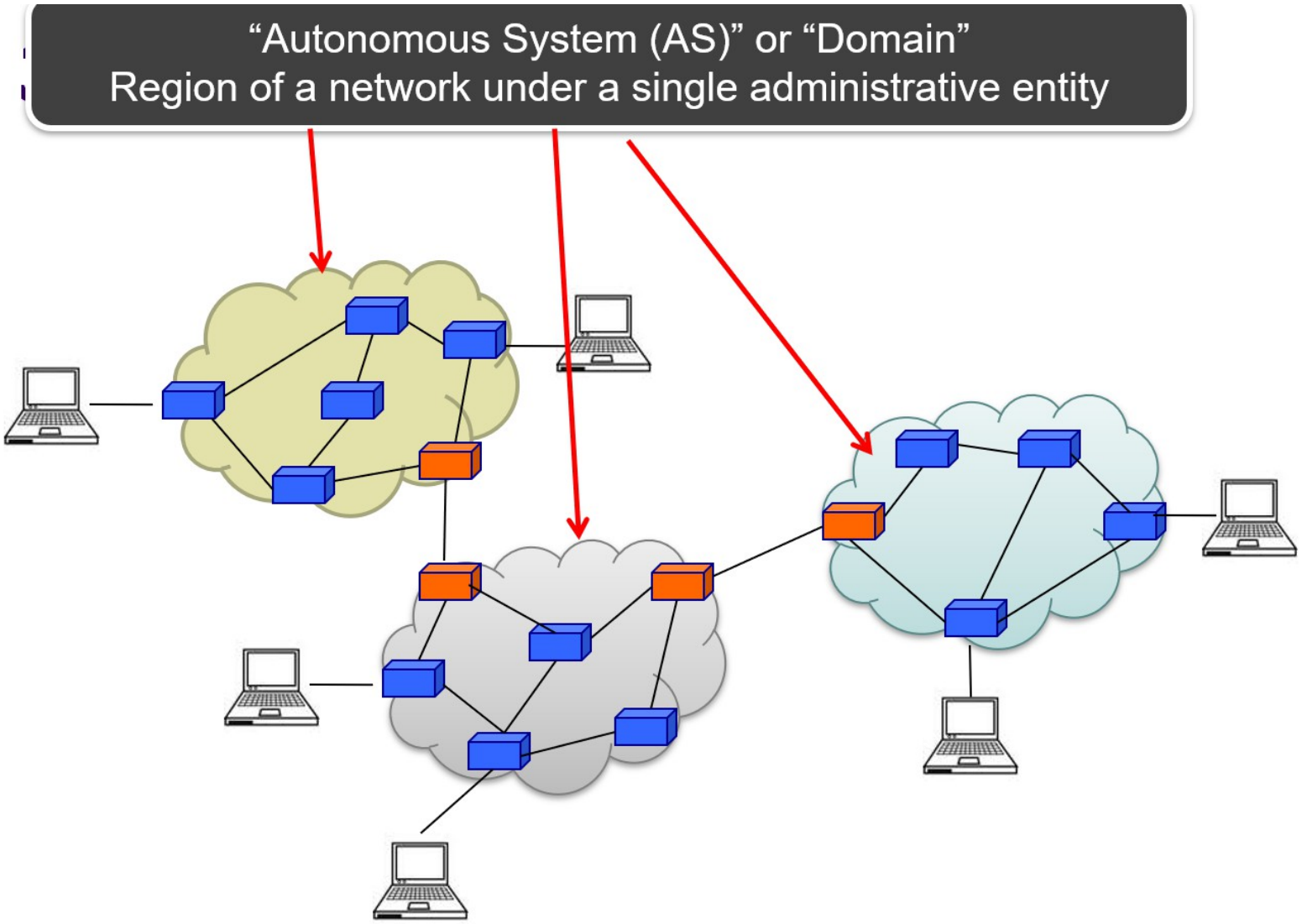
parte di queste slides sono
ricavati da slides pubblicate in corsi
universitari tenuti da colleghi
italiani e stranieri

MATERIALE DIDATTICO

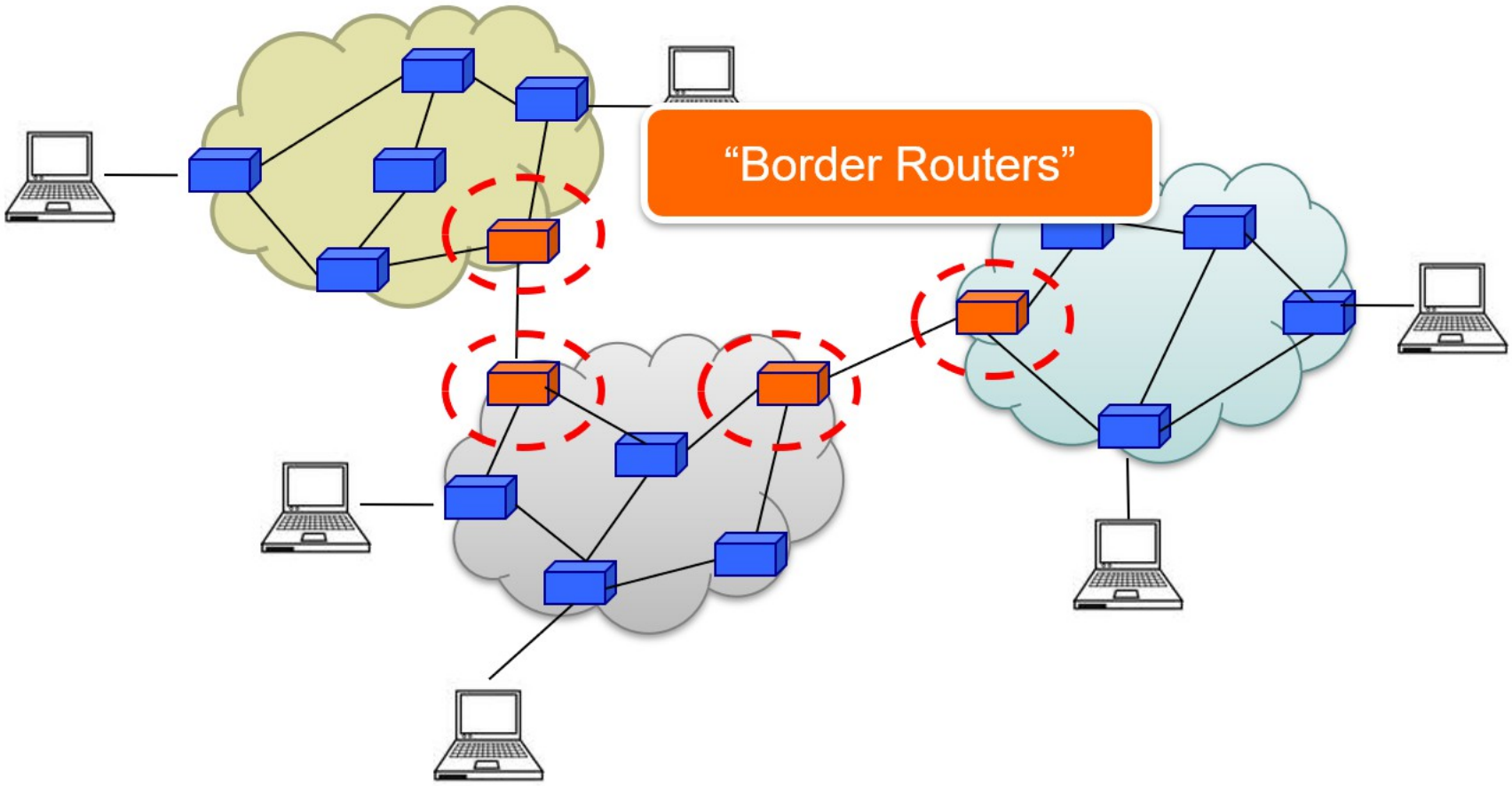
Forouzan

- Paragrafo 4.3.2: Path-vector routing
- Paragrafo 4.3.3: Border Gateway Protocol Versione 4 (BGP 4)

INTERNET: TOPOLOGIA SEMPLIFICATA



INTERNET: TOPOLOGIA SEMPLIFICATA



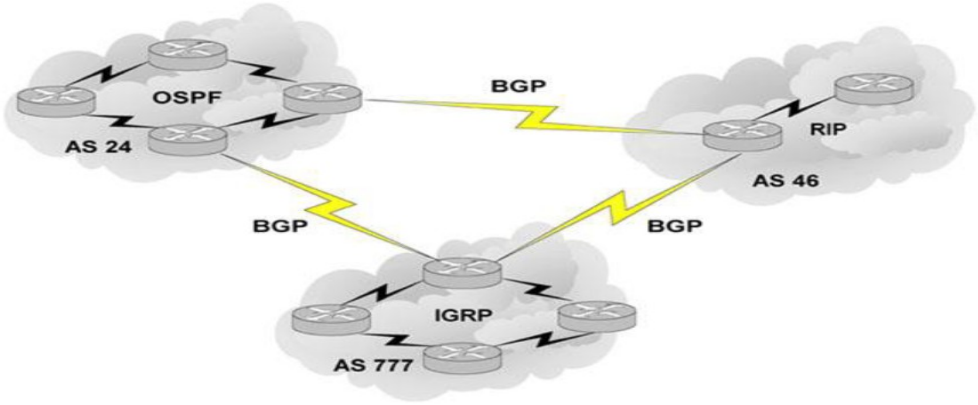
AUTONOMOUS SYSTEM (AS)

- definizione di Autonomous System (From RFC 1771)

"*A set of routers under the single technical administration, using an IGP and common metrics to route packets within the AS, and using an EGP to route packets to other AS's.*"

- IGP (Interior Gateway Protocol): RIP, IGRP, EIGRP, OSPF: protocollo di routing usato per scambiare informazione all'interno di un AS.

- EGP (Exterior Gateway Protocol): BGP (Border Gateway Protocol, BGPv4): protocollo di routing usato per scambiare informazione tra AS
  - a sua volta definisce e-BGP ed i-BGP

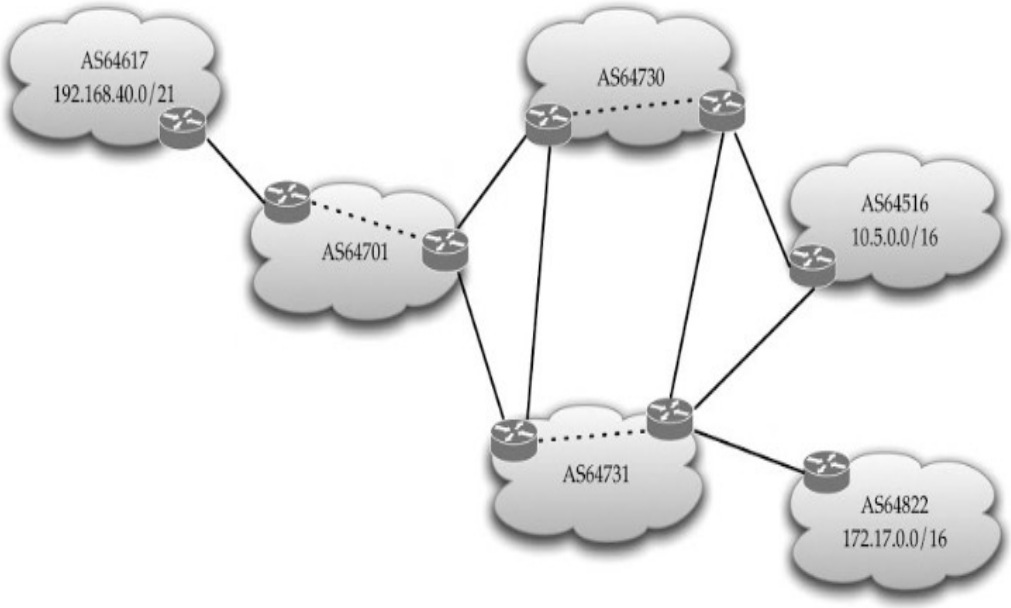


AUTONOMOUS SYSTEM (AS)

- una rete di routers che condividono politiche di routing simili e controllata da una singola entità amministrativa
  - università
  - grossa azienda
  - Internet Service Provides (ISP)
  - content provider (Netflix, Google, Facebook,...)
- talvolta vengono riferiti come "domini" Autonomous Routing Domain (ASD)
  - attenzione: significato diverso rispetto all'uso del termine dominio nel contesto dei Domain Name Systems.
  - ...routing inter-dominio
- Ogni AS è identificato univocamente da un **AS number (ASN)**
  - inizialmente, 16 bit
  - anche in questo caso, gli identificatori si sono rapidamente esauriti è si è passati a 32 bits, con un numero di identificatori sale a 4,294,967,296.
  - AS è un ARD a cui è associato un AS number

AUTONOMOUS SYSTEM (AS)

- uno o più border router
- tutte le reti all'interno di un ASD (AS) devono essere interconnesse
- le tabelle di routing dei routers interni all'AS devono contenere entrate per raggiungere tutte le destinazione di Internet
- classificazione AS
  - Stub (AS64617)
  - Transit (AS64730)
  - MultiHomed (AS64516)



AUTONOMOUS SYSTEM

- AS 3269 Telecom Italia
- AS 8978 The Holy See - Vatican City State - Secretariat of State Department of Telecommunications
- AS 12145 Colorado State University
- AS 15169 Google
- AS 21115 Nestle Italia
- AS 38474 Australian Antarctic Division Federal Government Administration and Scientic Research into Antarctica and the Southern Ocean
- AS 54115 Facebook

….più di 60000, attualmente

TIPI DI ROUTING

- routing intradominio:
  - la presenza di un'unica entità amministrative permette di:
    - trovare un "buon cammino" tra due host, se non ottimo, rispetto a qualche metrica
    - evitare problemi di privacy, autonomia, legati alla presenza di entità con interessi diversi

- routing interdominio:
  - assicurare la raggiungibilità di un host da tutti gli host di Internet
  - individuare un cammino, in ogni caso, anche se non è non ottimale, secondo la filosofia best-effort
  - due le sfide principali
    - scalabilità
    - diversità di strutture amministrative
      - privacy, autonomia, politica di controllo degli accessi

ROUTING TRA AUTONOMOUS SYSTEM

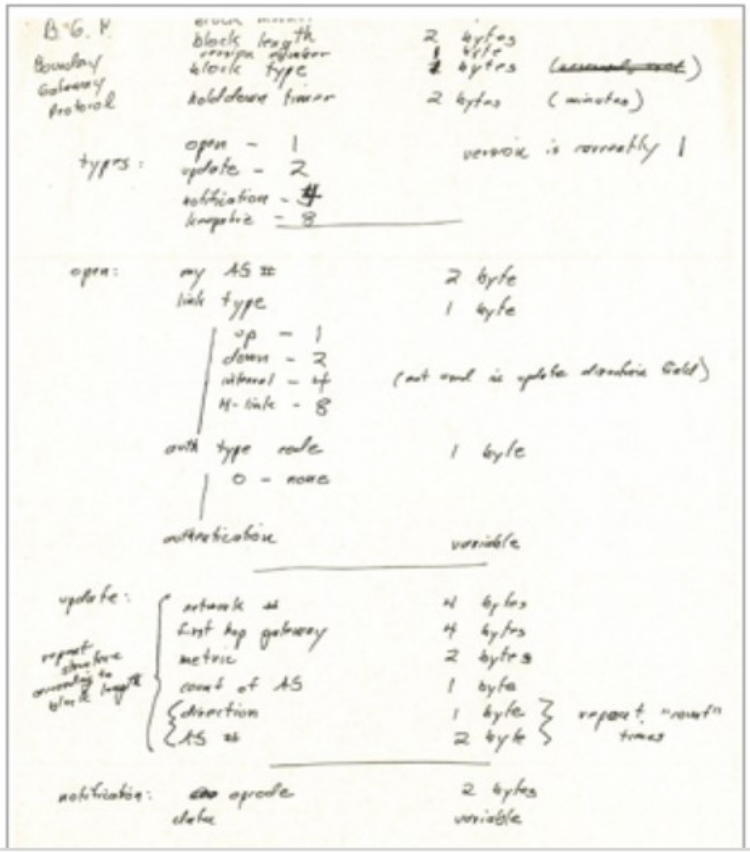
- Gli Autonomous System vogliono avere la libertà di stabilire le rotte in base alla propria politica
  - "Il mio traffico non deve essere instradati attraverso la rete di un mio concorrente"
  - "non voglio inoltrare il traffico dell'autonomous system A2
  - vincoli che non possono essere espresse mediante il concetto di "cammino minimo"
- Autonomia: gli AS vogliono
  - scegliere il loro proprio routing protocol interno
  - scegliere la propria politica
- Privacy riguardo a:
  - propria topologia di rete, politiche di routing, etc.

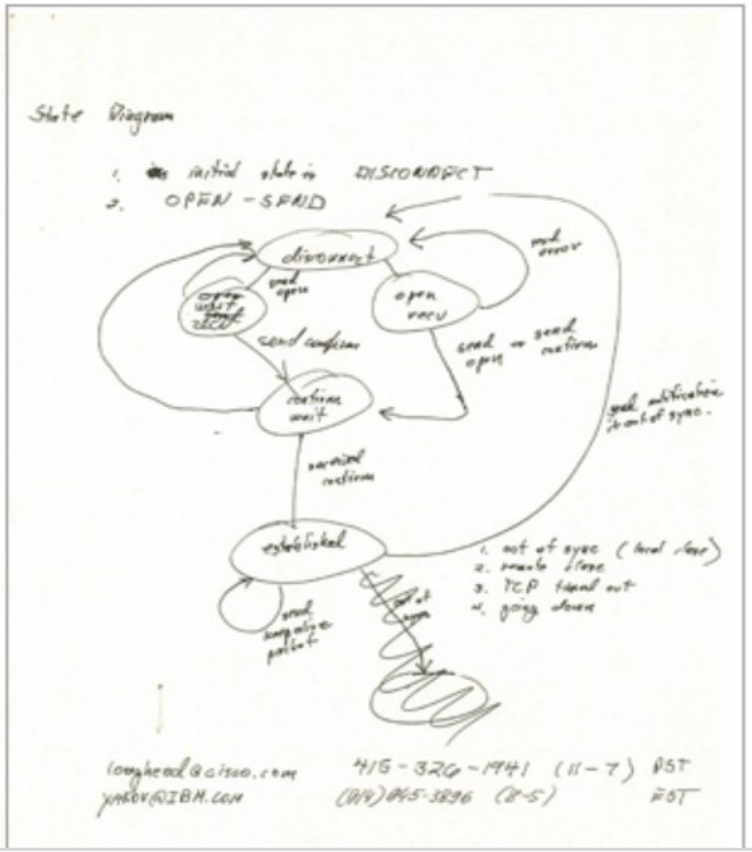
ROUTING TRA AUTONOMOUS SYSTEM

Quale algoritmo di routing: Link State (LS) oppure Distance vector (DV)?

- LS
  - condivisione globale dell'informazione sulla topologia della rete: problemi per la privacy
  - limita la autonomia: necessario raggiungere un consenso sulle metriche utilizzate
- DV punto iniziale per definire un algoritmo interdominio
  - meccanismo degli advertisement fornisce ai provider un meccanismo per avere un controllo granulare su se/quali rotte inoltrare, ma...
    - non pensato per implentare politiche di routing dipendenti da fattori esterni
    - possibilità di routing loops
- Border Gateway Procol (BGP): estende il Distance Vectore per superare i problemi precedenti
  - path vector/advanced distance vector routing protocol.

BGP: THE TWO-NAPKIN PROTOCOL





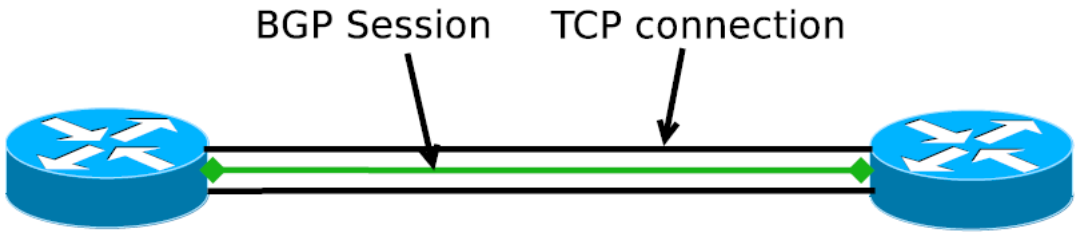
- proposto da Kirk Lougheed (Cisco) e Yakov Rekhter (IBM) su due tovaglioli durante il pranzo di una conferenza (IETF meeting)
- definito nel 1989

BGP: UNA DESCRIZIONE AD ALTO LIVELLO

BGP Session

- gli AS acconsentono a scambiarsi reciprocamente informazione sulle rotte, stabilendo una sessione BGP

- i messaggi vengono scambiati su TCP (lo vedremo nelle prossime lezioni), cioè i messaggi BGP vengono incapsulati in segmenti TCP



BGP Messages

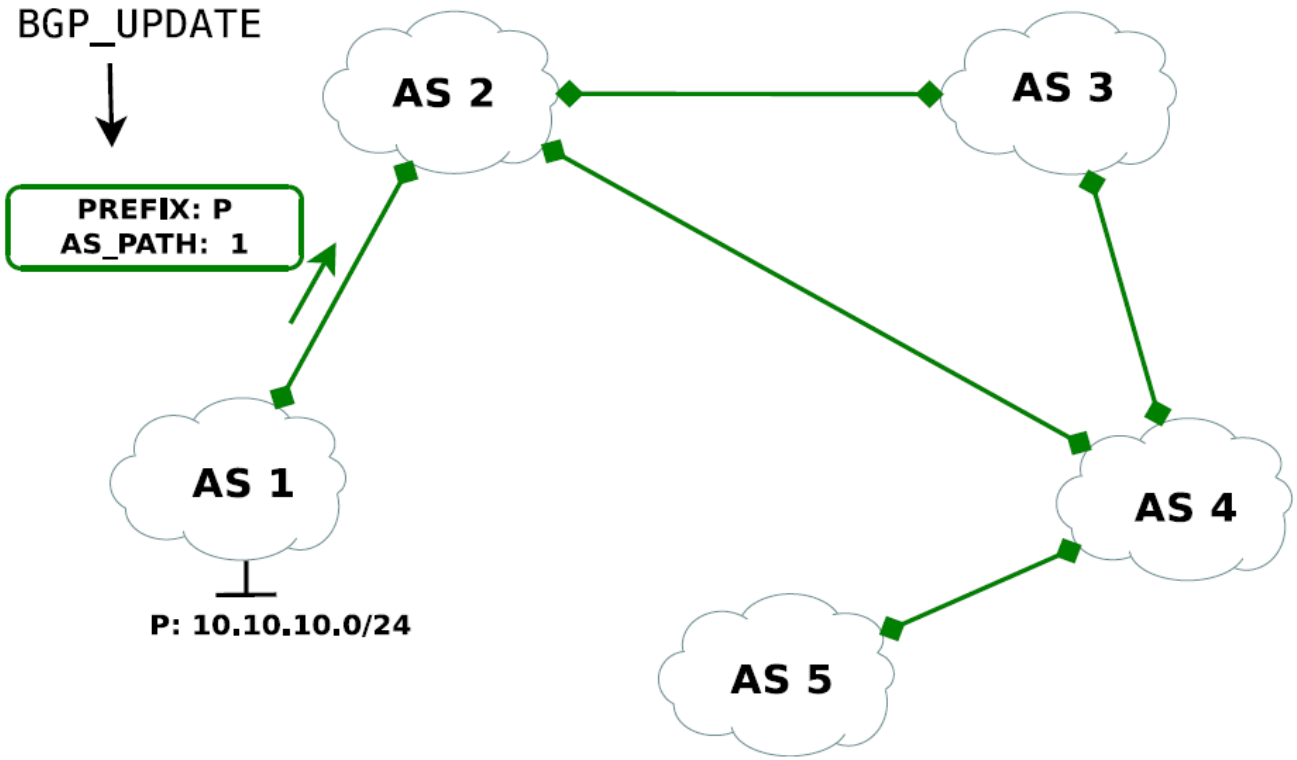
- BGP OPEN: session handshake
- BGP KEEPALIVE: session maintainement
- BGP NOTIFICATION: error reporting
- BGP UPDATE: actual routing information

BGP ROUTE

- Route: "*A unit of information that pairs a set of destinations with the attributes of a path to those destinations* [RFC 4271]"
  - cammino verso una o più destinazioni + attributi

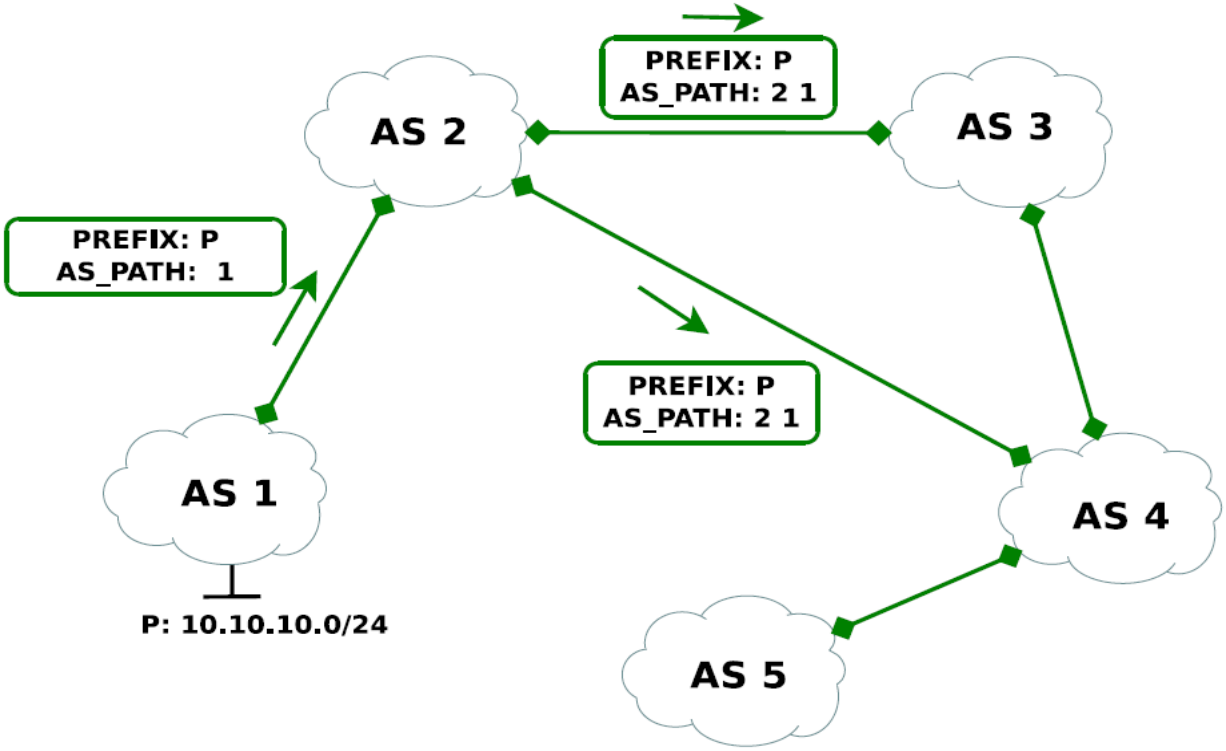
- Attributi del cammino indicano alcune caratteristiche del cammino stesso
  - **AS PATH**: sequanza di AS che vengono attarversati dal cammino
  - **ORIGIN:** chi ha notificato quel cammino
  - **LOCAL PREF:** bontà del cammino per l'AS locale,...
  - …..

ROUTE ANNOUNCEMENT



- ogni AS annuncia ai suoi vicini BGP i prefissi che gestisce
  il border router di AS1 notifica a quello di AS2 che ogni router/host in AS2 può raggiungere un certo insieme di indirizzi IP (prefisso) all'interno di AS1 passando dal border router di AS1
- primo passo per rendere i prefissi raggiungibili globalmente

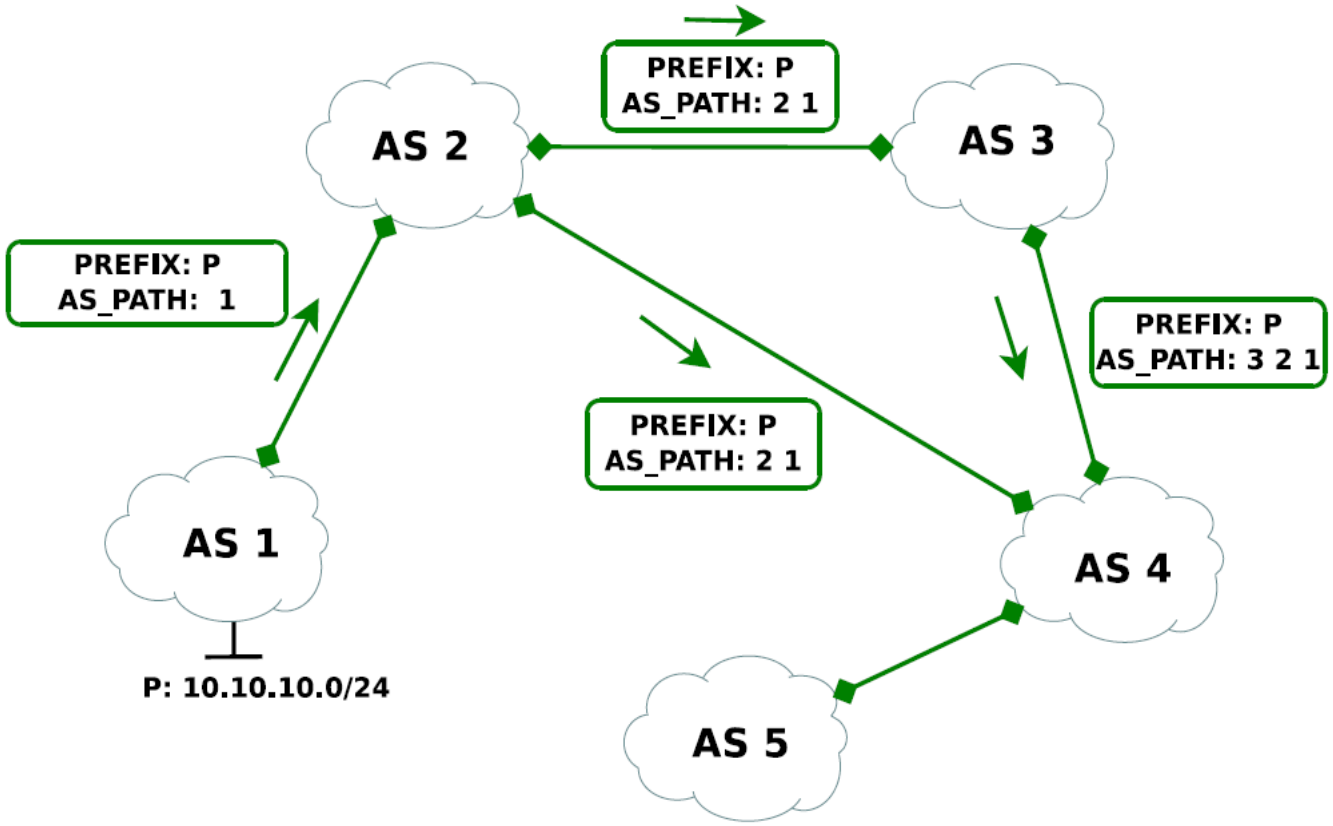
ROUTE ANNOUNCEMENT



Route Announcement

- ogni AS, quando riceve una rotta, la propaga ai suoi BGP neighbours, aggiungendo il suo ASN all'AS PATH che ha ricevuto
- AS3 può accedere ai prefissi di AS1 usando la sequenza di domini D2;D1 eventualmente AS2 può annunciare anche i propri prefissi

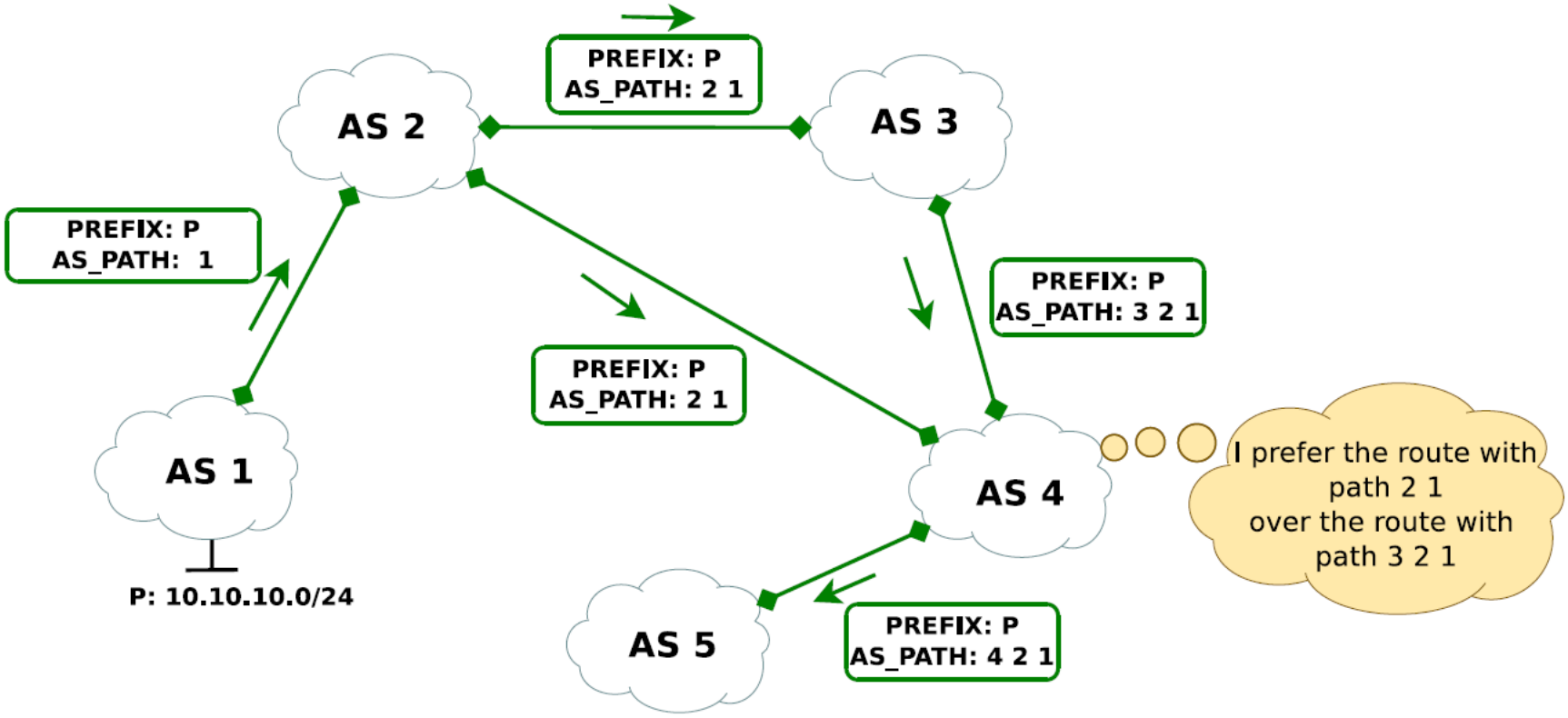
ROUTE ANNOUNCEMENT



Route Announcement

- ogni AS, quando riceve una rotta, la propaga ai suoi BGP neighbours, aggiungendo il suo ASN all'AS PATH che ha ricevuto

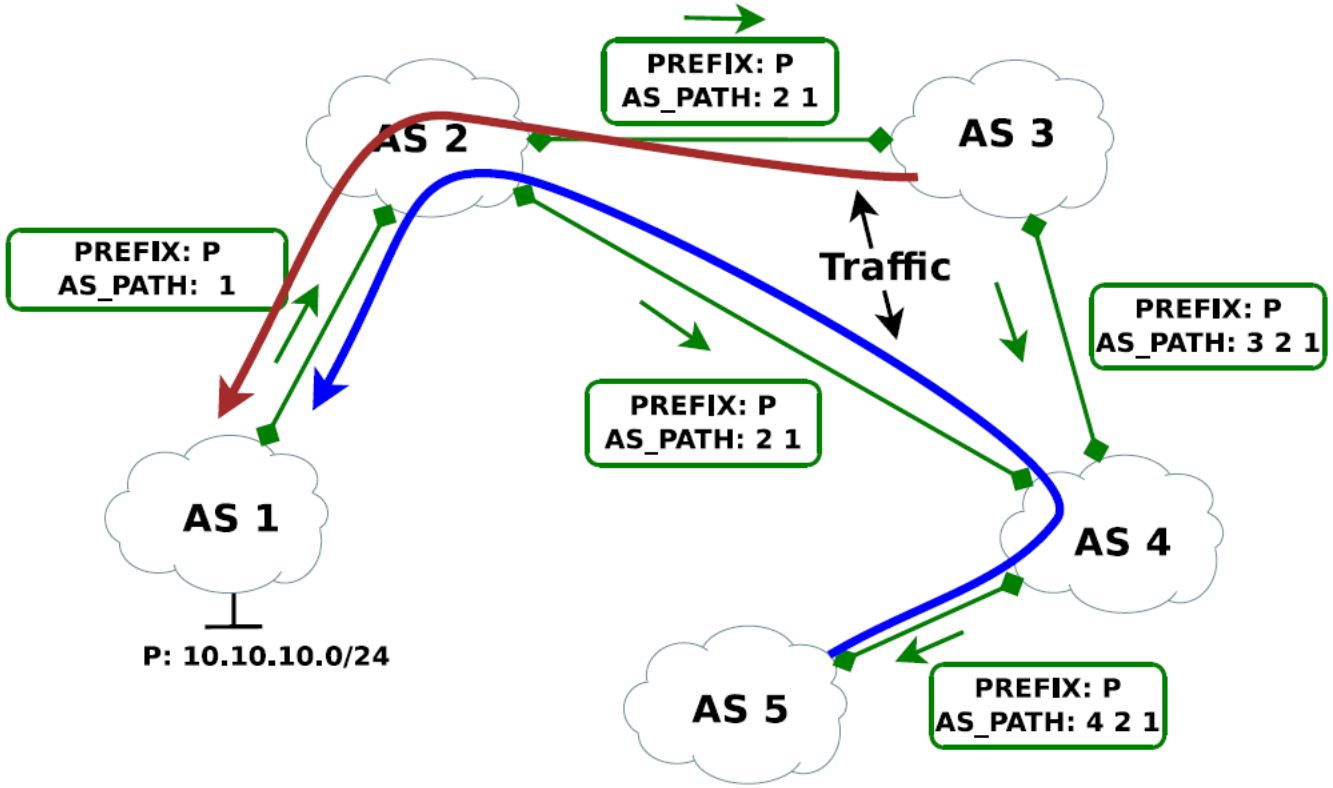
ROUTE ANNOUNCEMENT



Route Announcement

- quando un AS riceve rotte diverse per raggiungere una destinazione, decide la rotta migliore in base ad un insieme di criteri

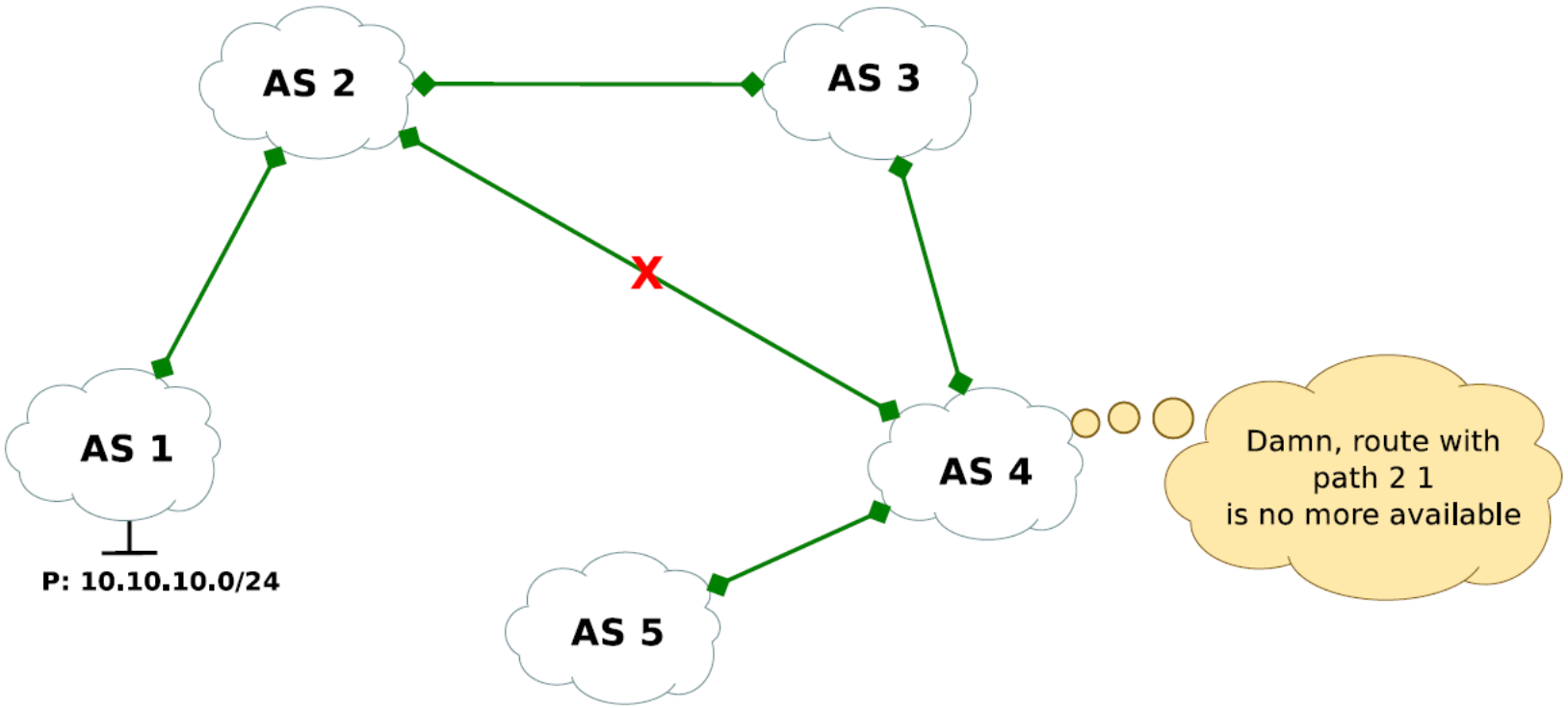
ROUTE ANNOUNCEMENT



Route Announcement

- quando un AS A annuncia una rotta verso P ad un altro AS B , questo implica che A accetta di inoltrare i messaggi provenienti da B e diretti verso P

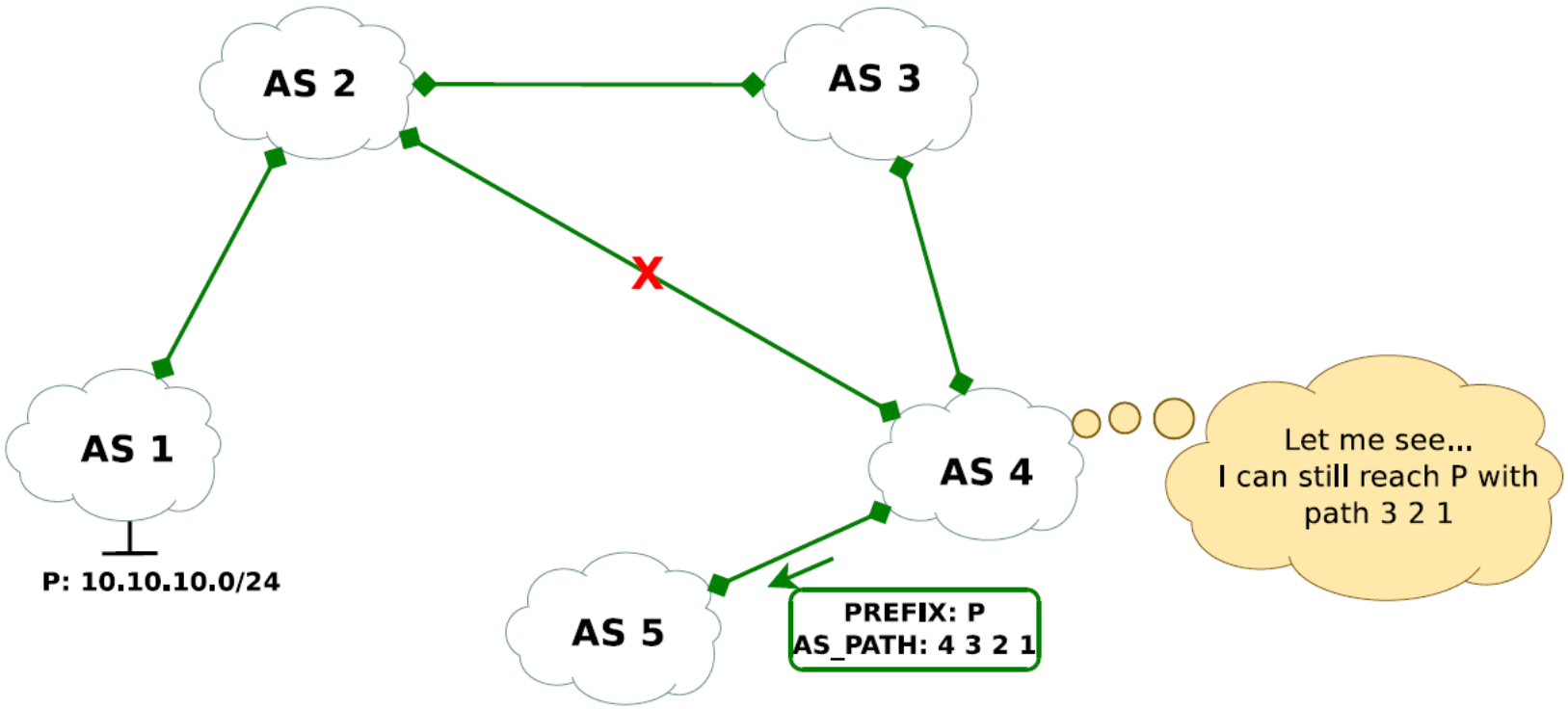
ROUTE REPLACEMENT



Route Replacement

- quando un link tra due AS fallisce, la sessione BGP viene interrotta ed ogni prefisso che interessa quel link viene scartato

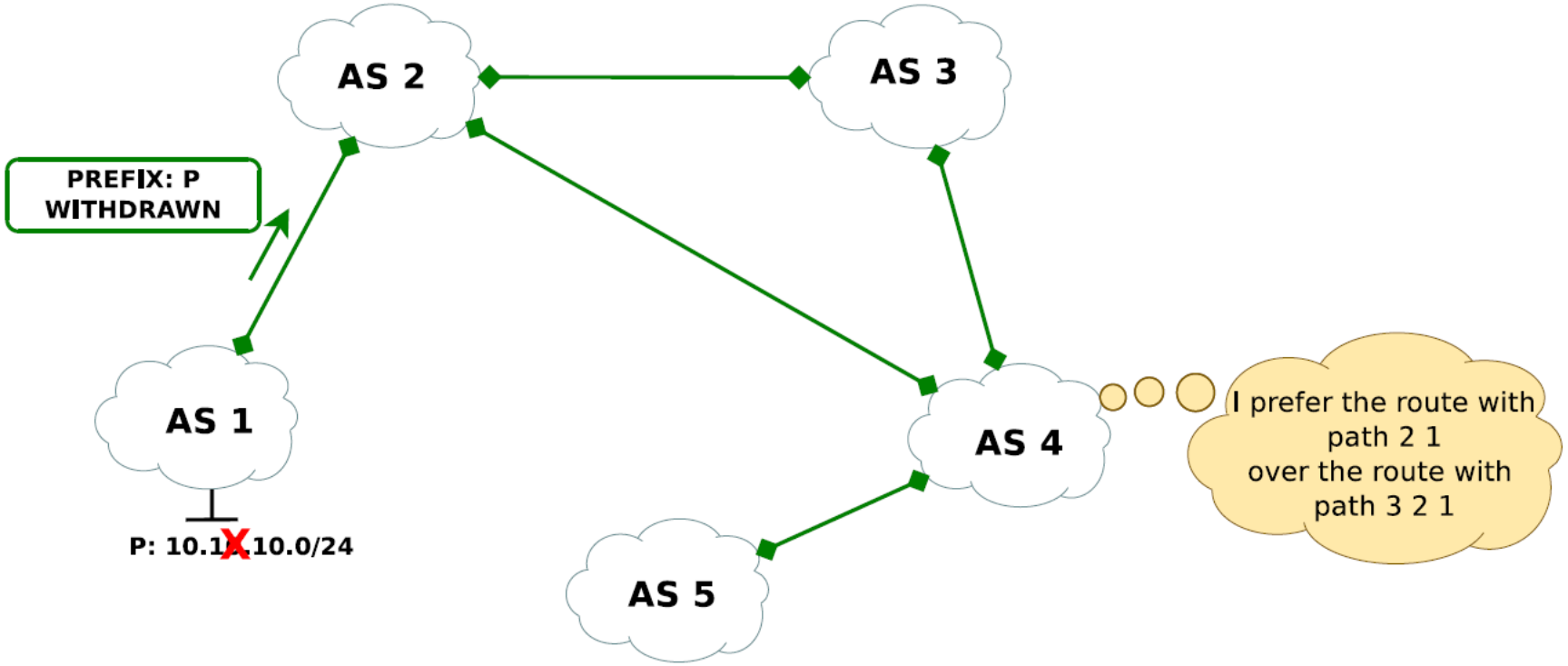
ROUTE REPLACEMENT



Route Replacement

- non appena viene rilevato il fallimento, il BGP prova a trovare una rotta alternativa per raggiungere quel prefisso

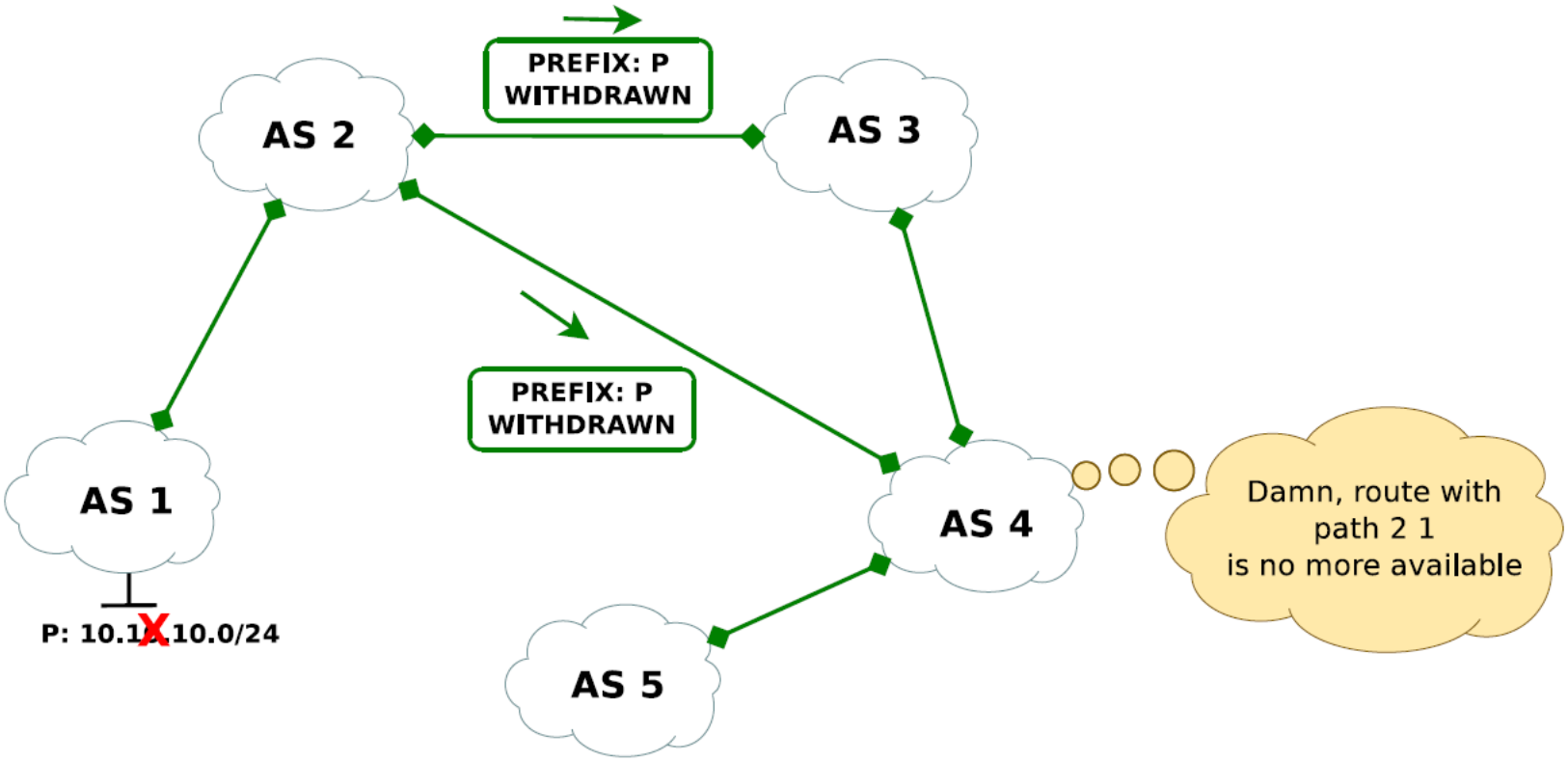
ROUTE WITHDRAWN



Route Withdrawn

- quando un prefisso diventa irraggiungibile, un messaggio di UPDATE viene propagati ai suoi vicini BGP annunciando la indisponibilità

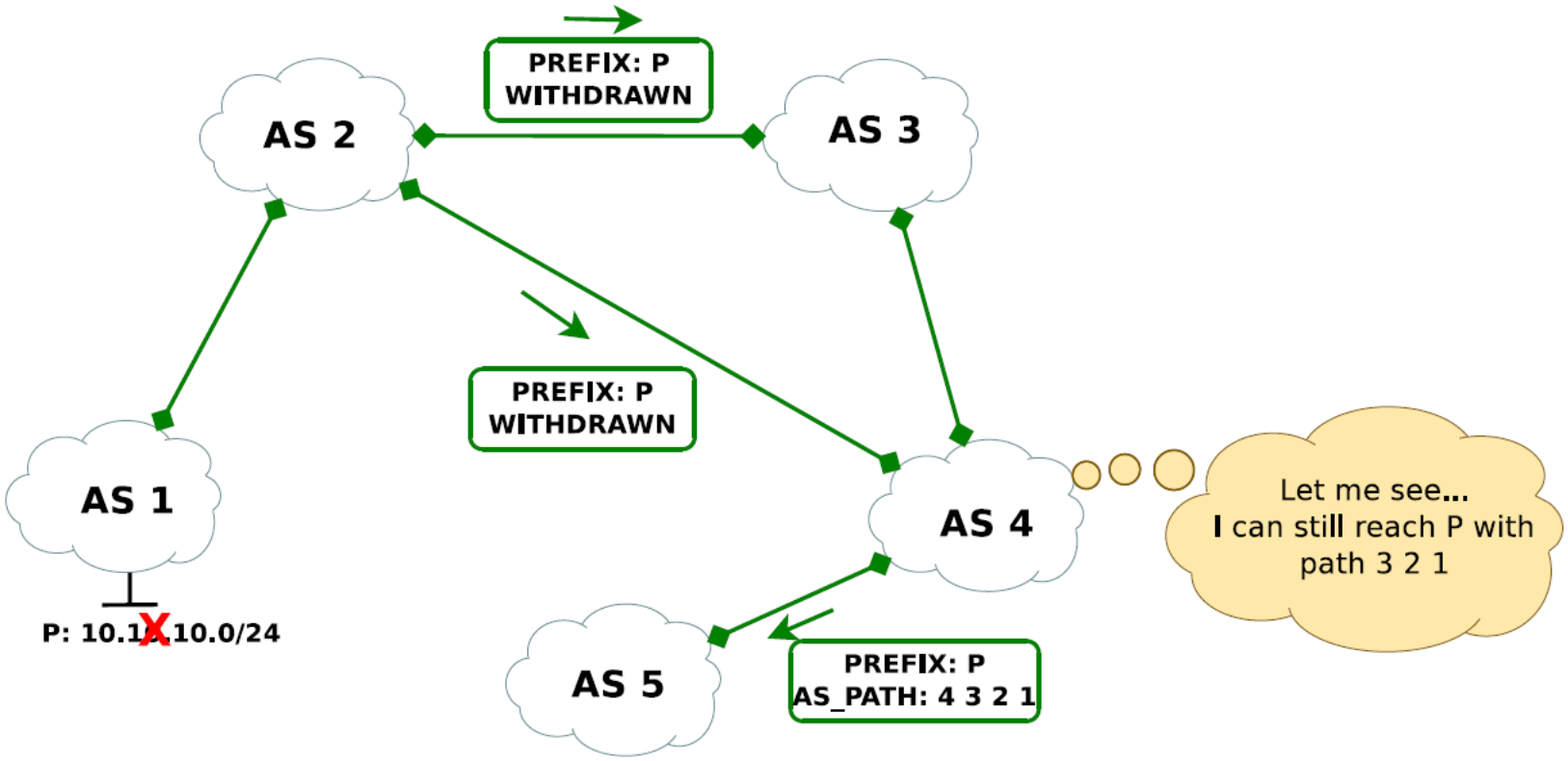
ROUTE WITHDRAWN



Route Withdrawn

- ogni AS propaga l'update ai propri vicini

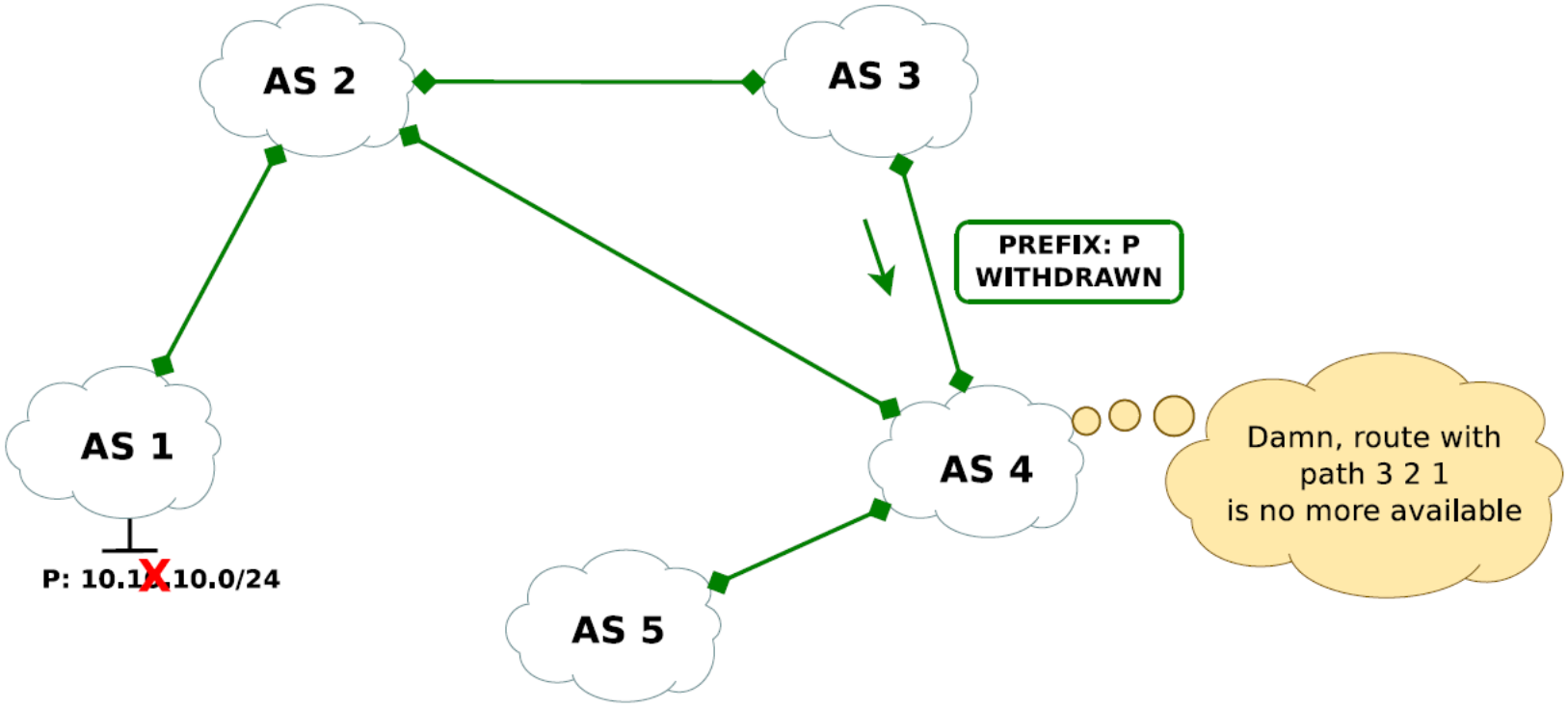
ROUTE WITHDRAWN



Route Withdrawn

- La rotta cancellata può essere sostituita con un'altra rotta

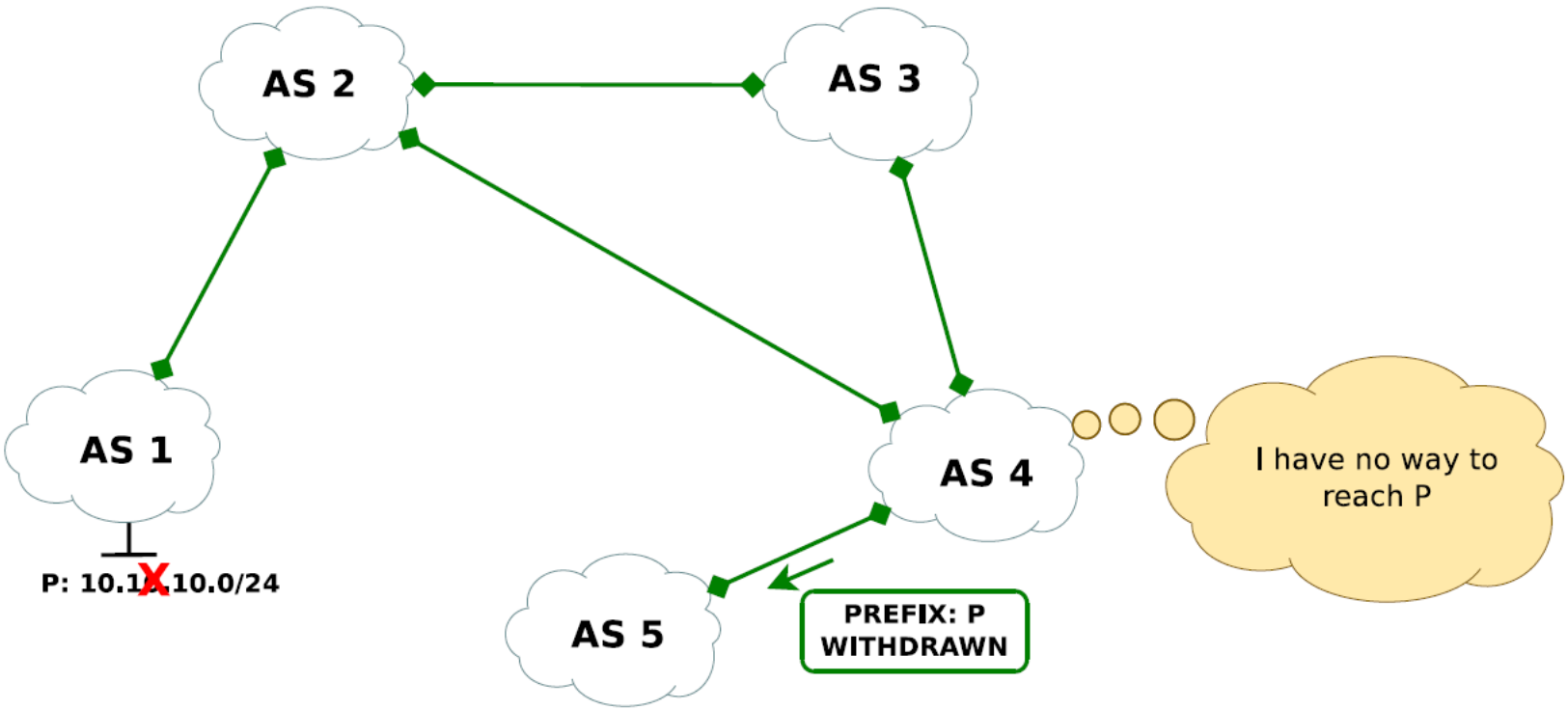
ROUTE WITHDRAWN



Route Withdrawn

- finchè non si è ricevuta da ogni vicino la notifica della irraggingibilità del prefisso

ROUTE WITHDRAWN



Route Withdrawn

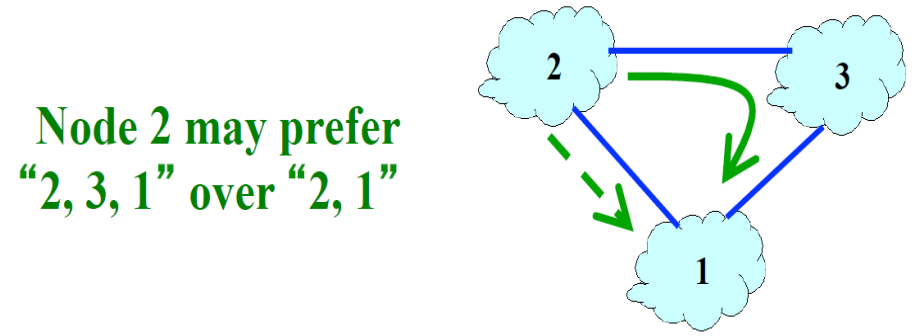
- AS4 dichiara il prefisso irraggiungibile e lo notifica, a sua volta, ai suoi vicini

PATH VECTOR E DISTANCE VECTOR

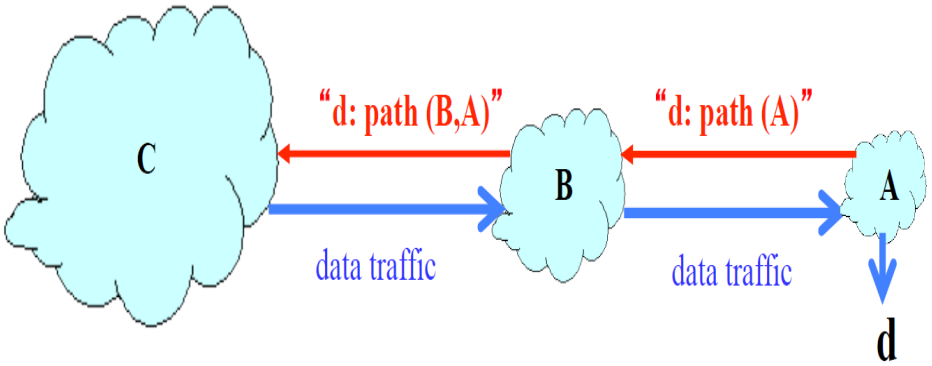
- BGP è un path vector protocol
  - ogni router di bordo aggiunge il nome del suo dominio all'inizio della sequenza di nomi di dominio (path vector) prima di propagarlo
  - notifica quindi sequenza di nomi di dominio
- ispirato al distance vector
  - route advertisement associato ad una destinazione
  - non condivide globale dell'informazione sulla topologia di rete
  - converganza iterativa e distribuita
  - ma... 4 differenze importanti!

PATH VECTOR E DISTANCE VECTOR: CONFRONTO

1. BGP seleziona la migliore rotta sulla base di politiche e non sulla base del cammino di costo minimo

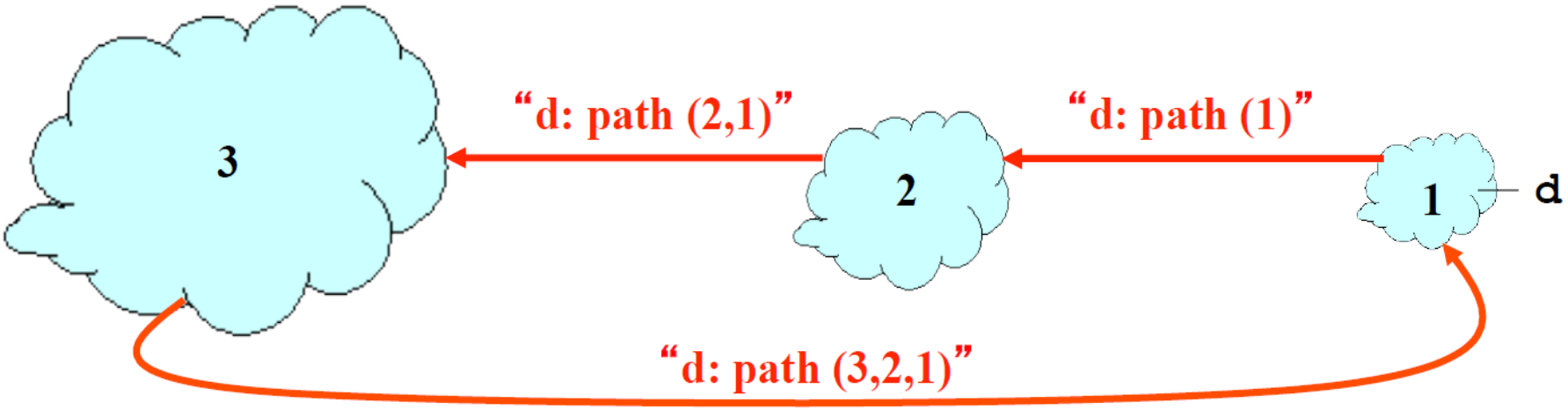


2. BGP notifica l'intero cammino
   - distance vector: invia la distanza da ogni destinazione
   - path vector: invia l'intero cammino verso una destinazione d
   - benefici: facile individuazione dei loop



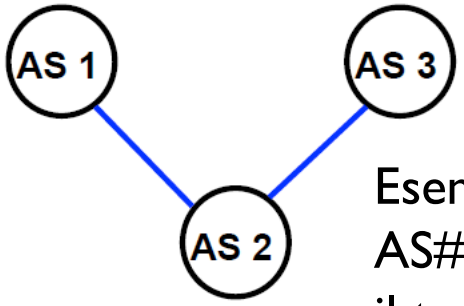
PATH VECTOR E DISTANCE VECTOR: CONFRONTO

- la notifica dell'intero cammino implica la facile individuazione dei loop
  - analizzare se l'identificatore del nodo stesso è contenuto nel cammino
- scartare i cammini che contengano un loop
  - ad esempio, il nodo 1 vede se stesso nel cammino "3, 2, 1"
  - il nodo 1 semplicemente scarta la notifica



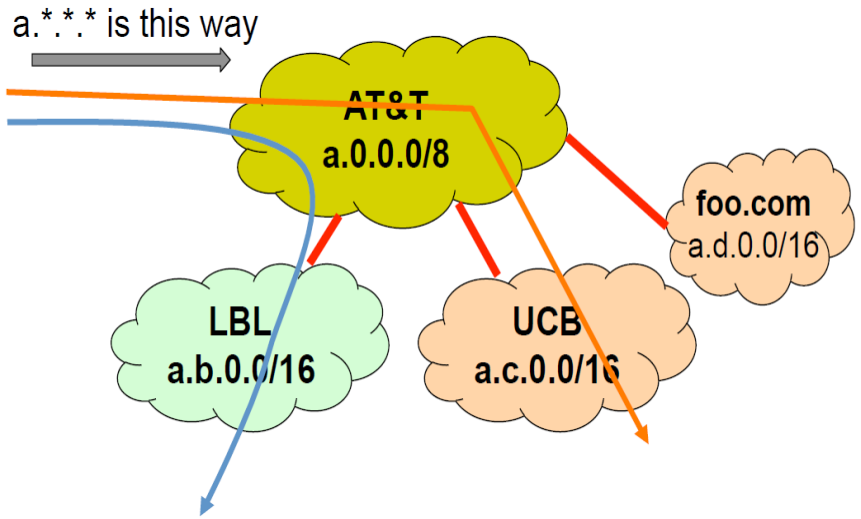
PATH VECTOR E DISTANCE VECTOR: CONFRONTO

3. Per questioni amministrative
   - un AS può scegliere di non propagare una rotta
   - la raggiungibilità non viene garantita anche se il grafo è connesso



Esempio:
AS#2 non vuole inoltrare il traffico tra AS#1 ed AS#3

4. Uso della tecnica di aggregazione degli indirizzi per aumentare la scalabilità

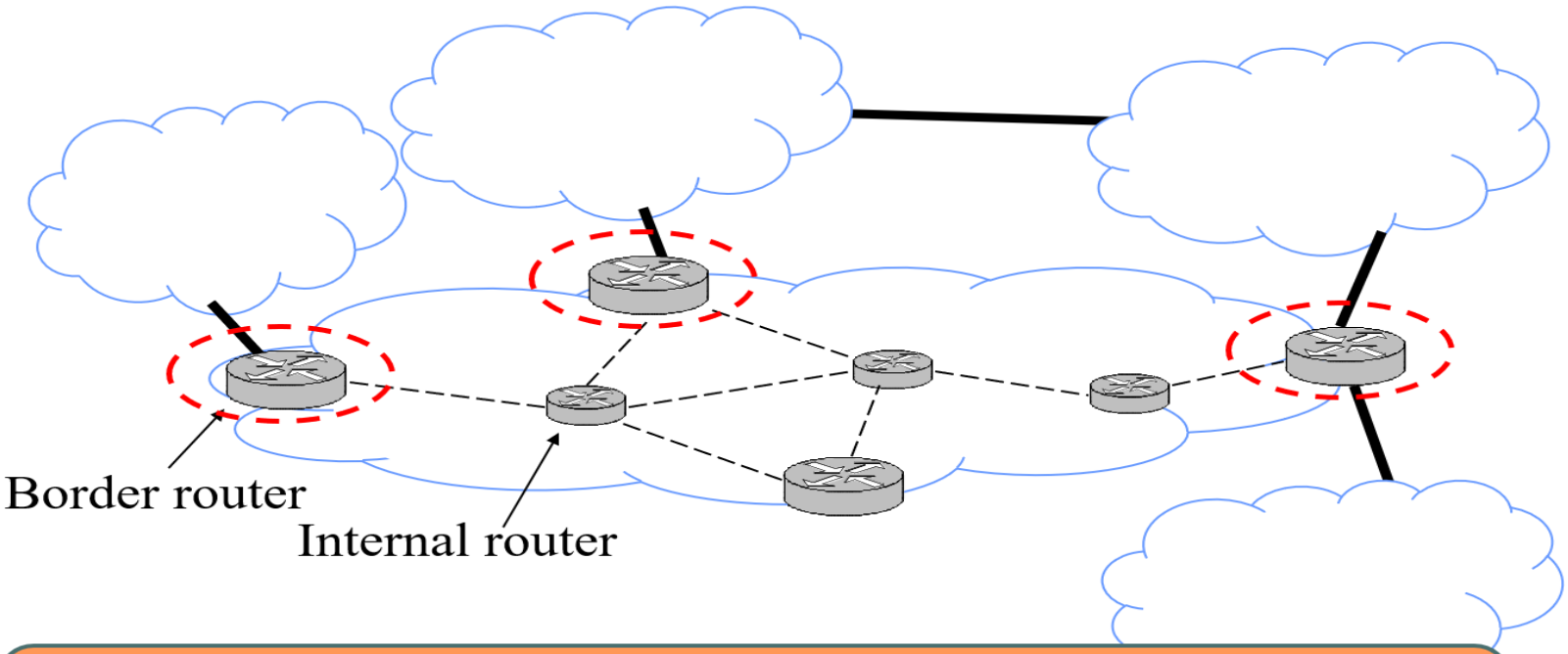


BGP: IL PROTOCOLLO IN DETTAGLIO

- Standardizzazione: http://tools.ietf.org/html/rfc4271
  - specifica i messaggi scambiati tra BGP "speakers"
  - tipo di messaggi
  - sintassi dei messaggi: primi X bytes per il prefisso destinazione, prossimi Y bytes per l'AS path, etc..

- e come elaborare questi messaggi
  - *"quando ricevi il messaggio di tipo X, applica questa regola di selezione e poi…"*
  - BGP state machine nella specifica+ politiche, etc.

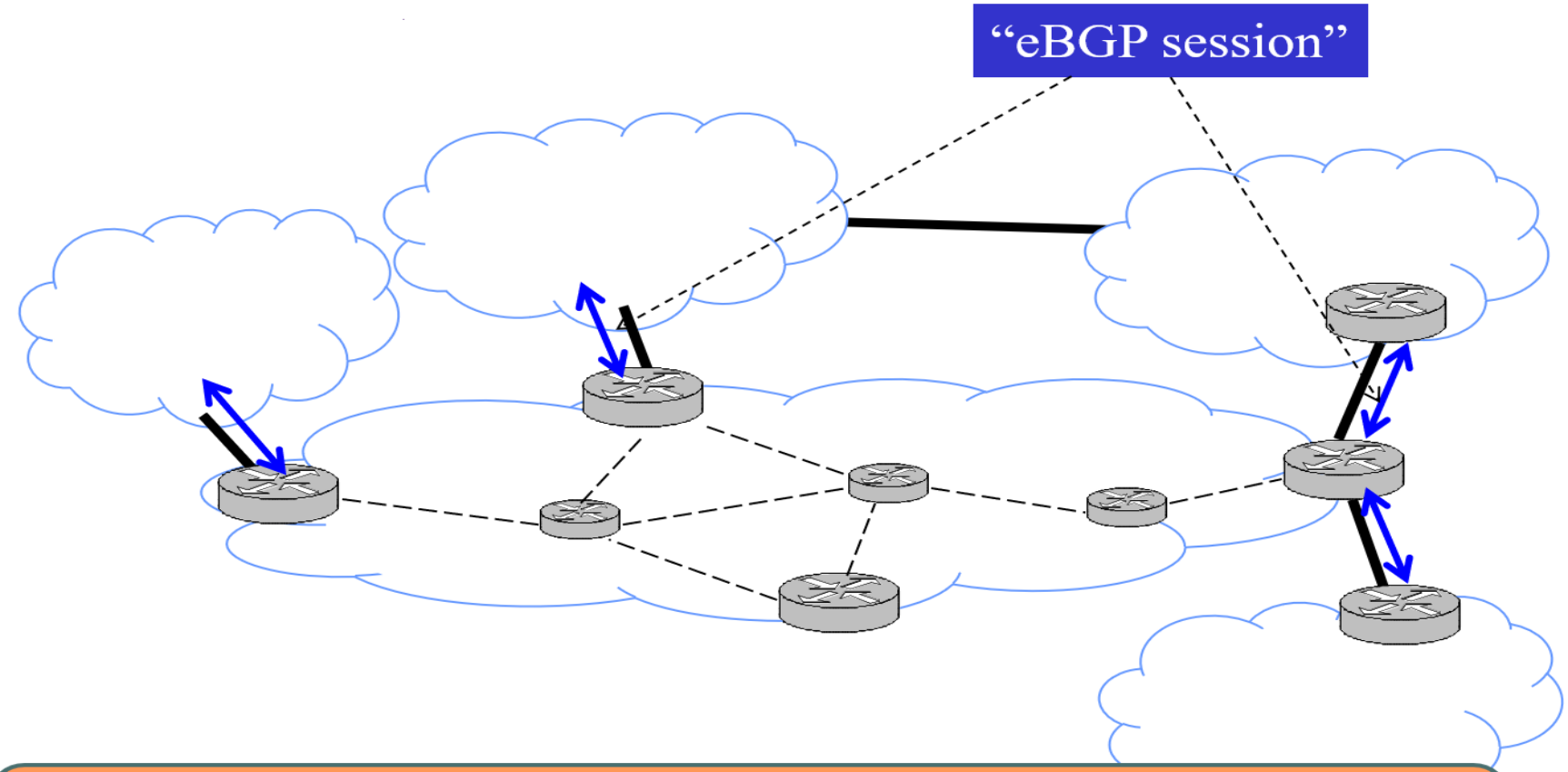
AS: INSIEME DI ROUTERS



Border routers at an Autonomous System

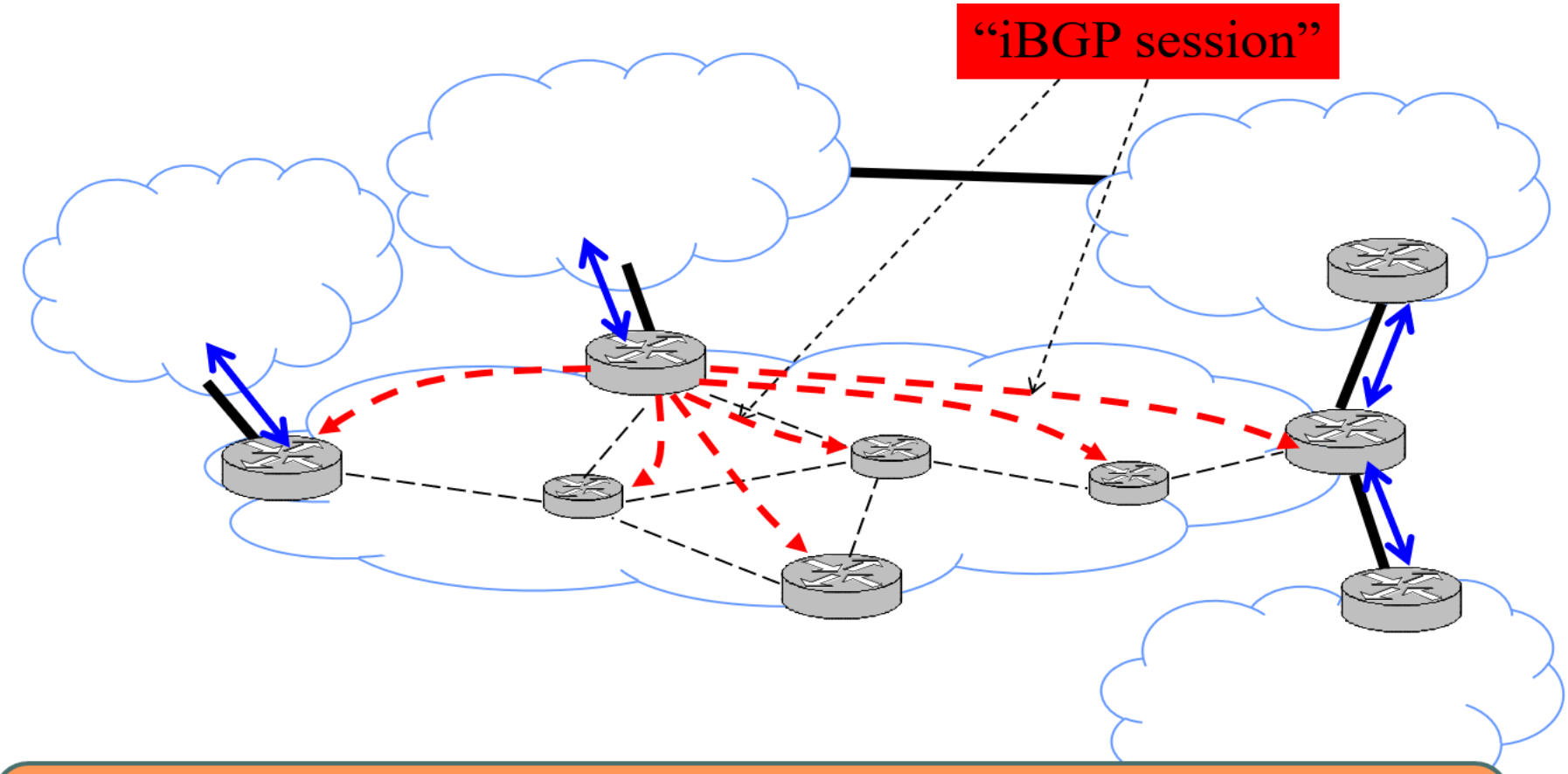
- un Autonomous System può avere più routers di bordo
- come gestire le rotte acquisite da routers diversi?
- come costruire le tabelle di routing dei router interni e di quelli di bordo in modo da assicurare la raggiungibilità di tutti i nodi della rete?

EBGP: EXTERNAL BGP



A border router speaks BGP with border routers in other ASes

IBGP: INTERNAL BGP

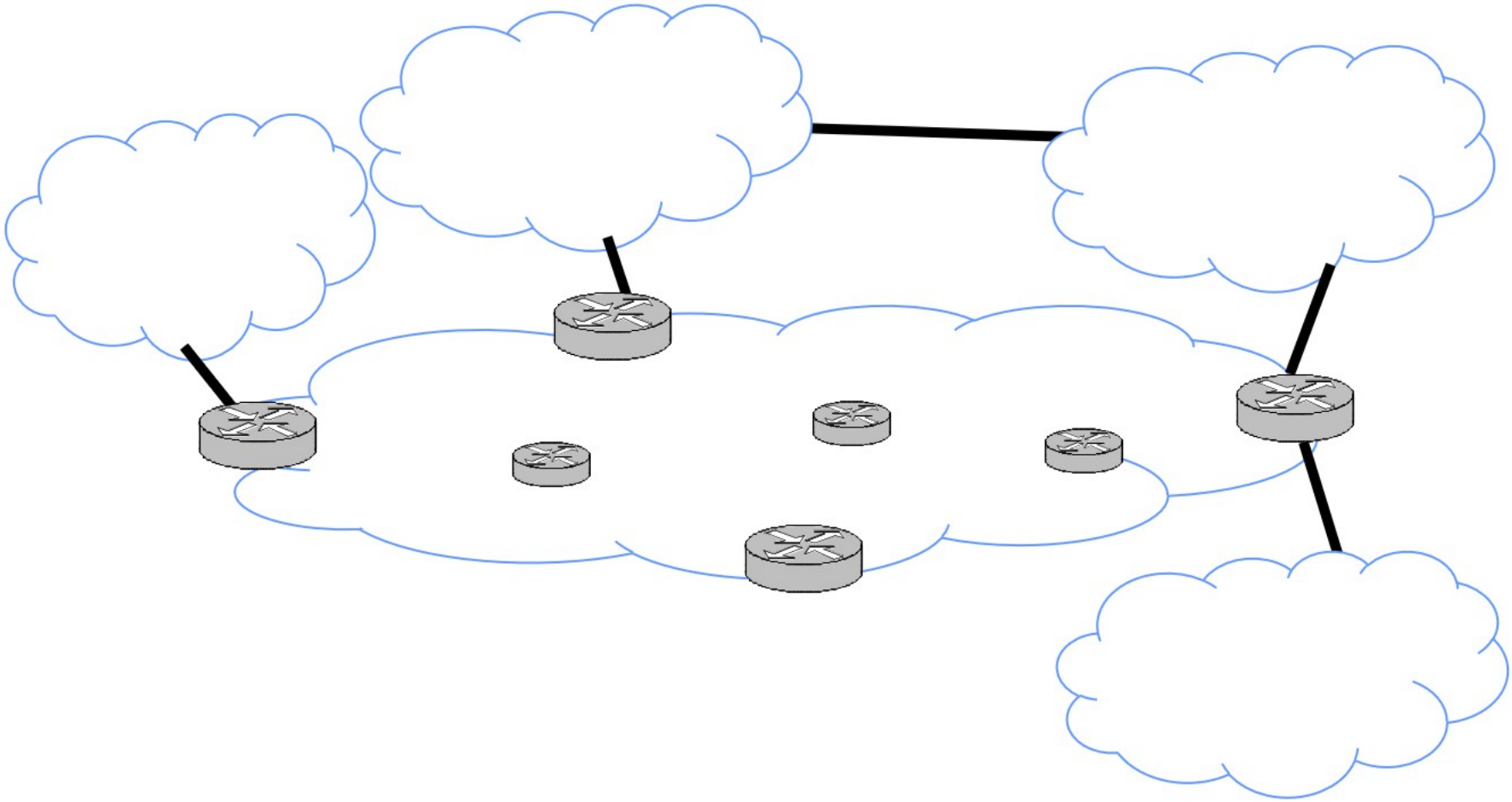


A border router speaks BGP with other (interior and border) routers in its own AS

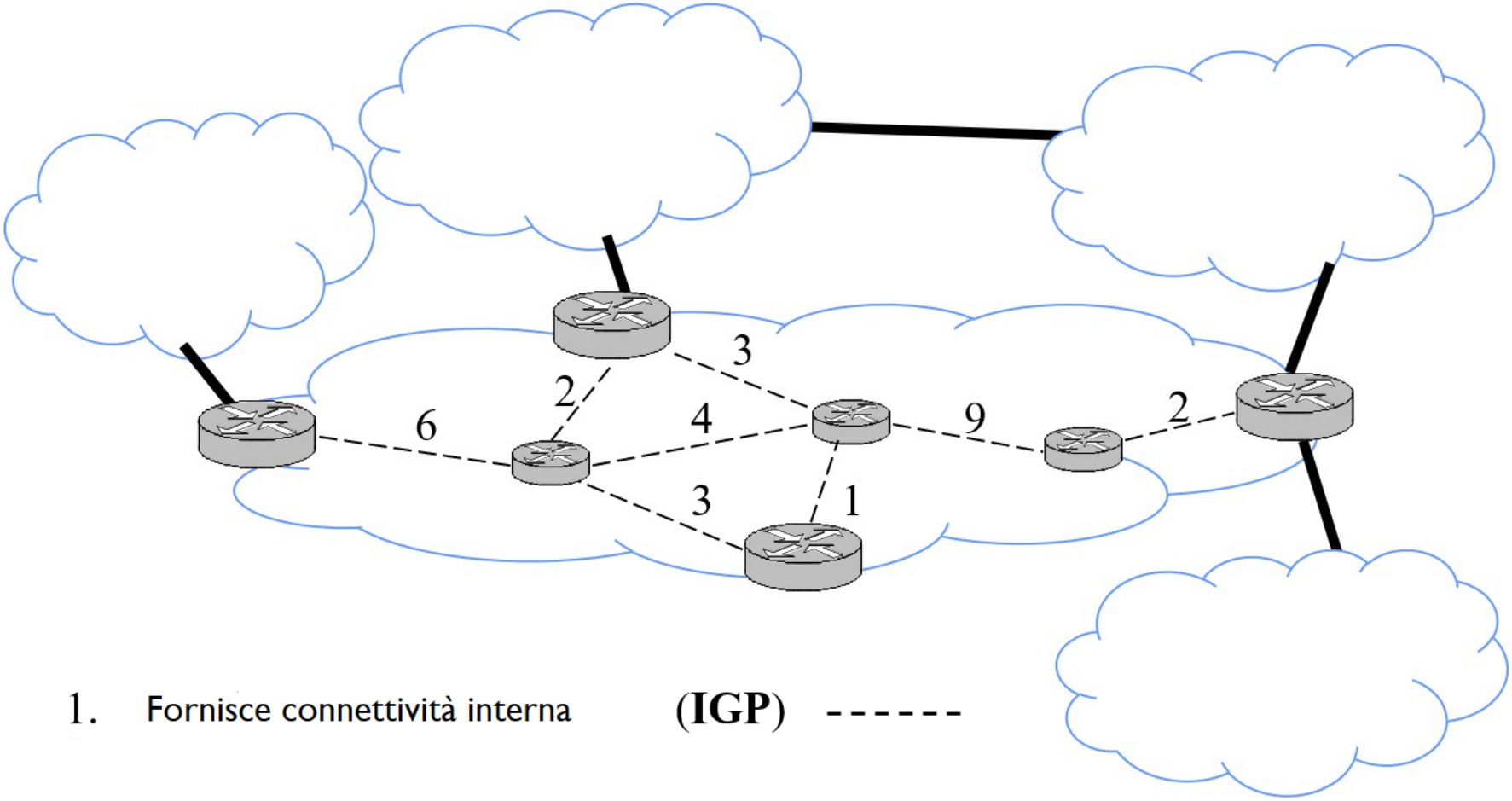
EBGP, iBGP eBGP

- eBGP: sessioni BGP tra border routers in diversi AS
  - notifica rotte verso destinazioni esterne
- iBGP: sessioni BGP tra i border routers e gli altri routers all'interno dello stesso AS
  - un full mesh all-to-all di sessioni iBGP
- IGP: "Interior Gateway Protocol": intradomain routing protocol che offre connettività intra-domain
  - esempio, OSPF, RIP (implementazione di Dijstra e Bellman Ford)

RIASSUMENDO....

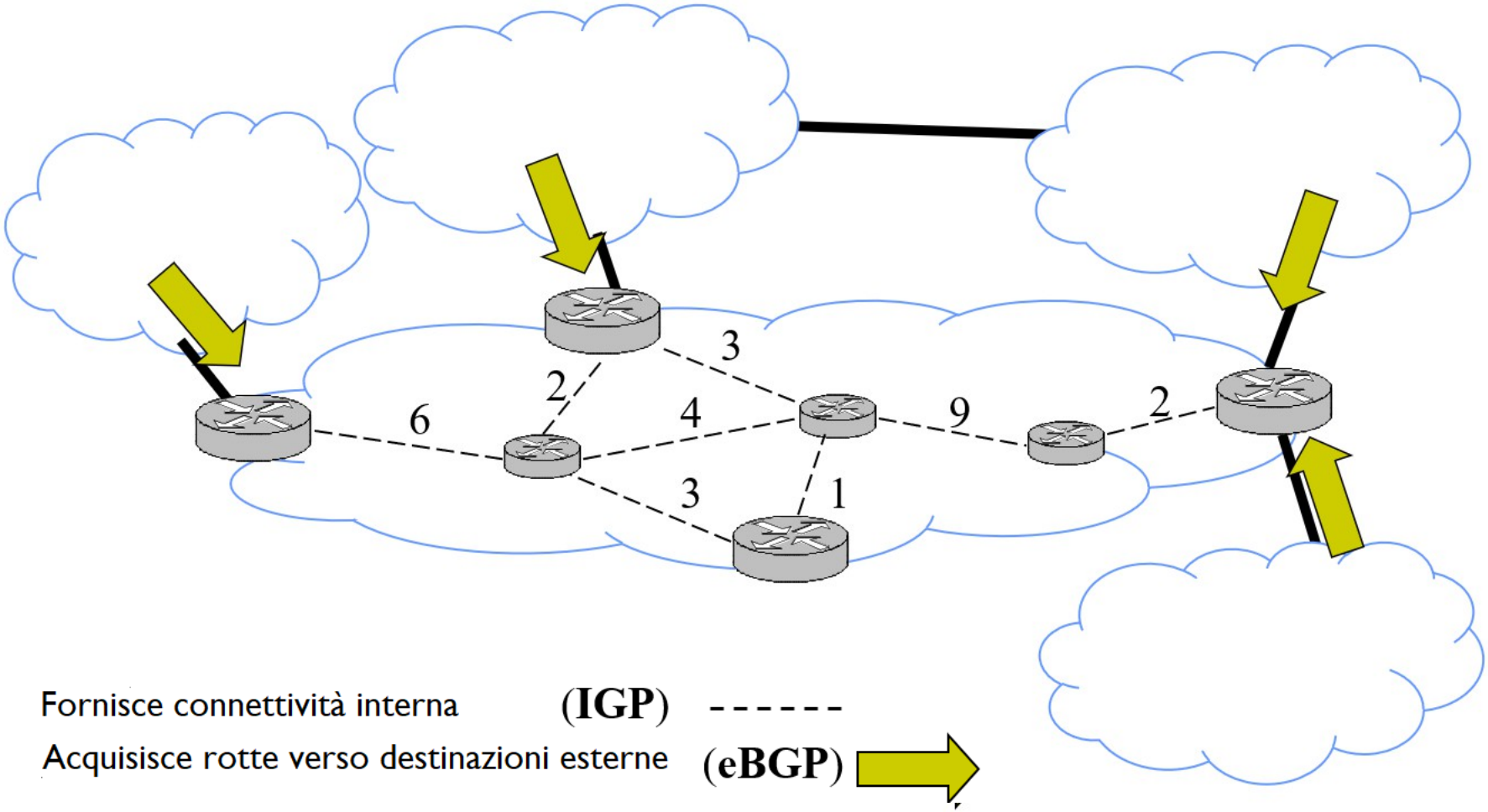


RIASSUMENDO....



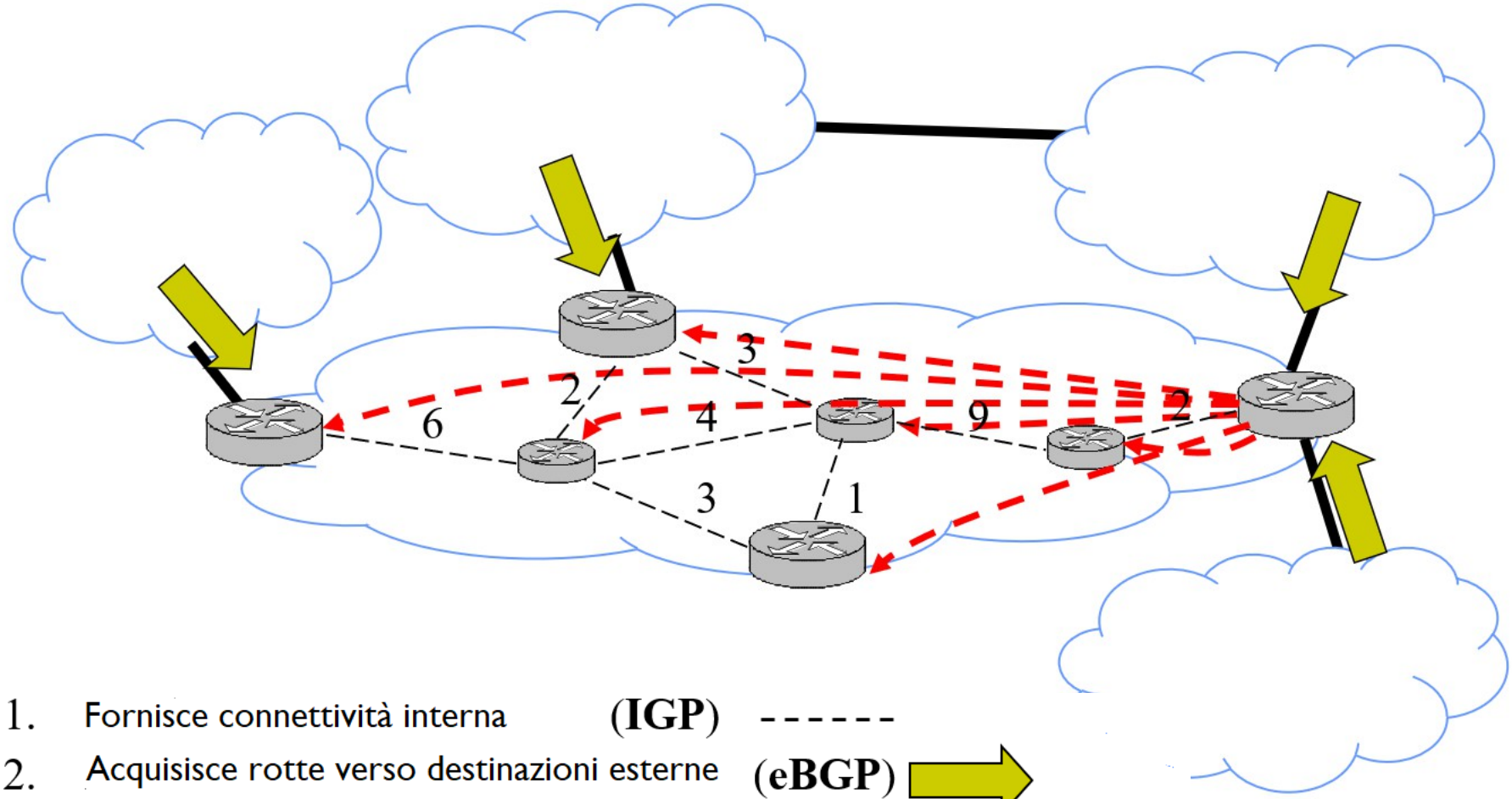
1. Fornisce connettività interna **(IGP)** ------

RIASSUMENDO....



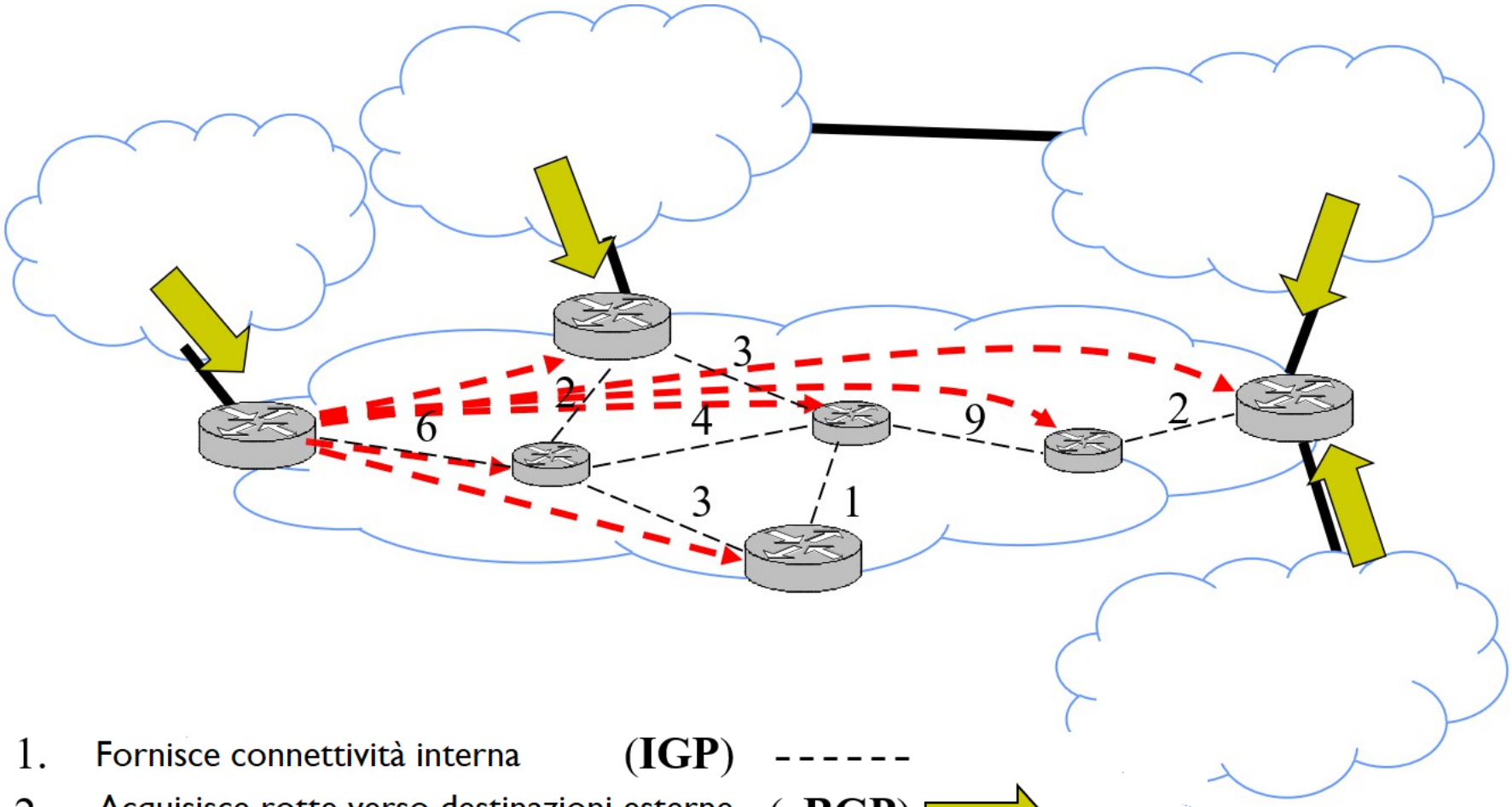
1. Fornisce connettività interna **(IGP)** ------
2. Acquisisce rotte verso destinazioni esterne **(eBGP)** ➡

RIASSUMENDO....



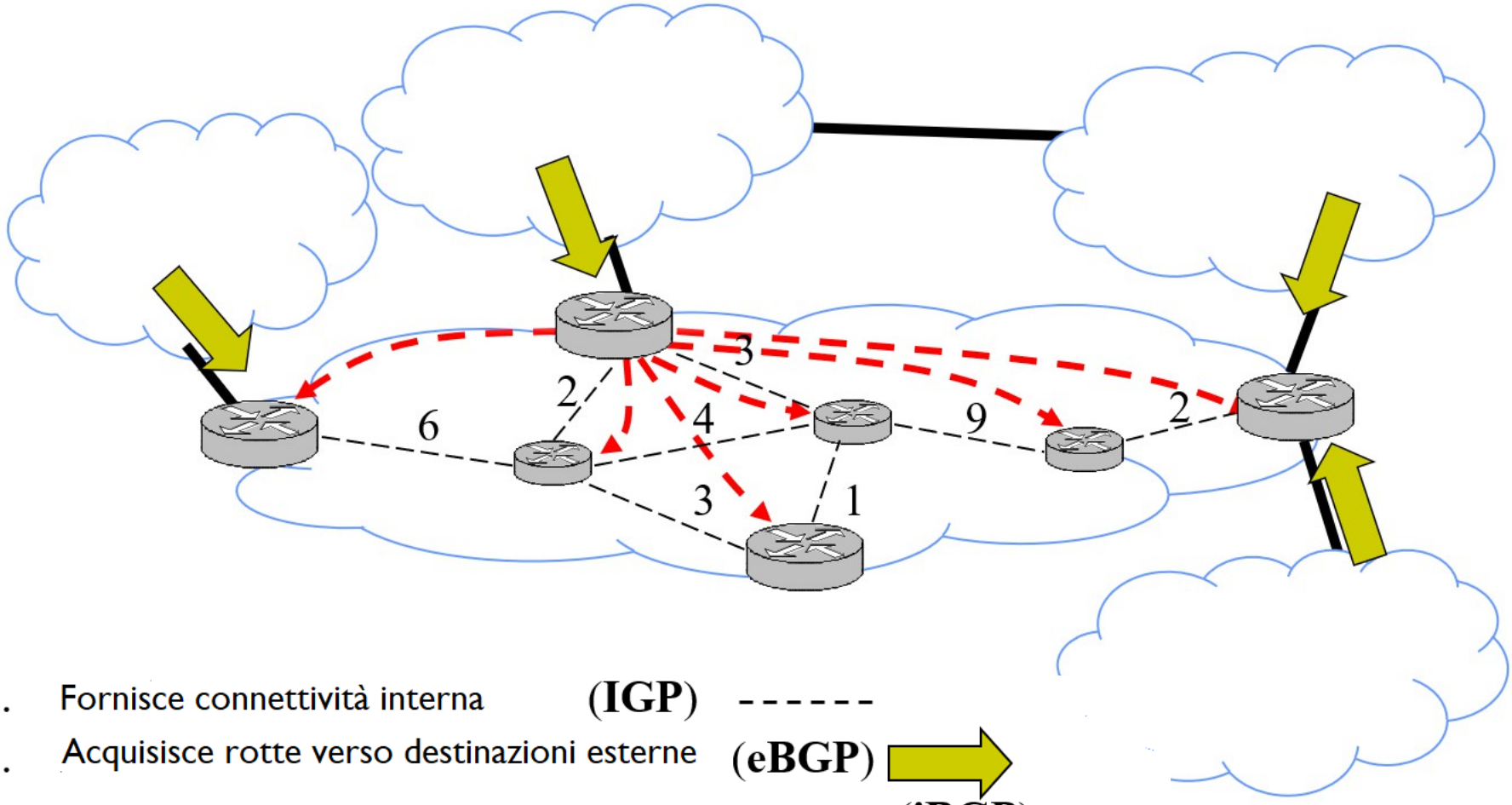
1. Fornisce connettività interna (IGP) ------
2. Acquisisce rotte verso destinazioni esterne (eBGP) ➡
3. Distribuisce internamente le rotte esterne acquisite (iBGP) - - ▸

RIASSUMENDO....



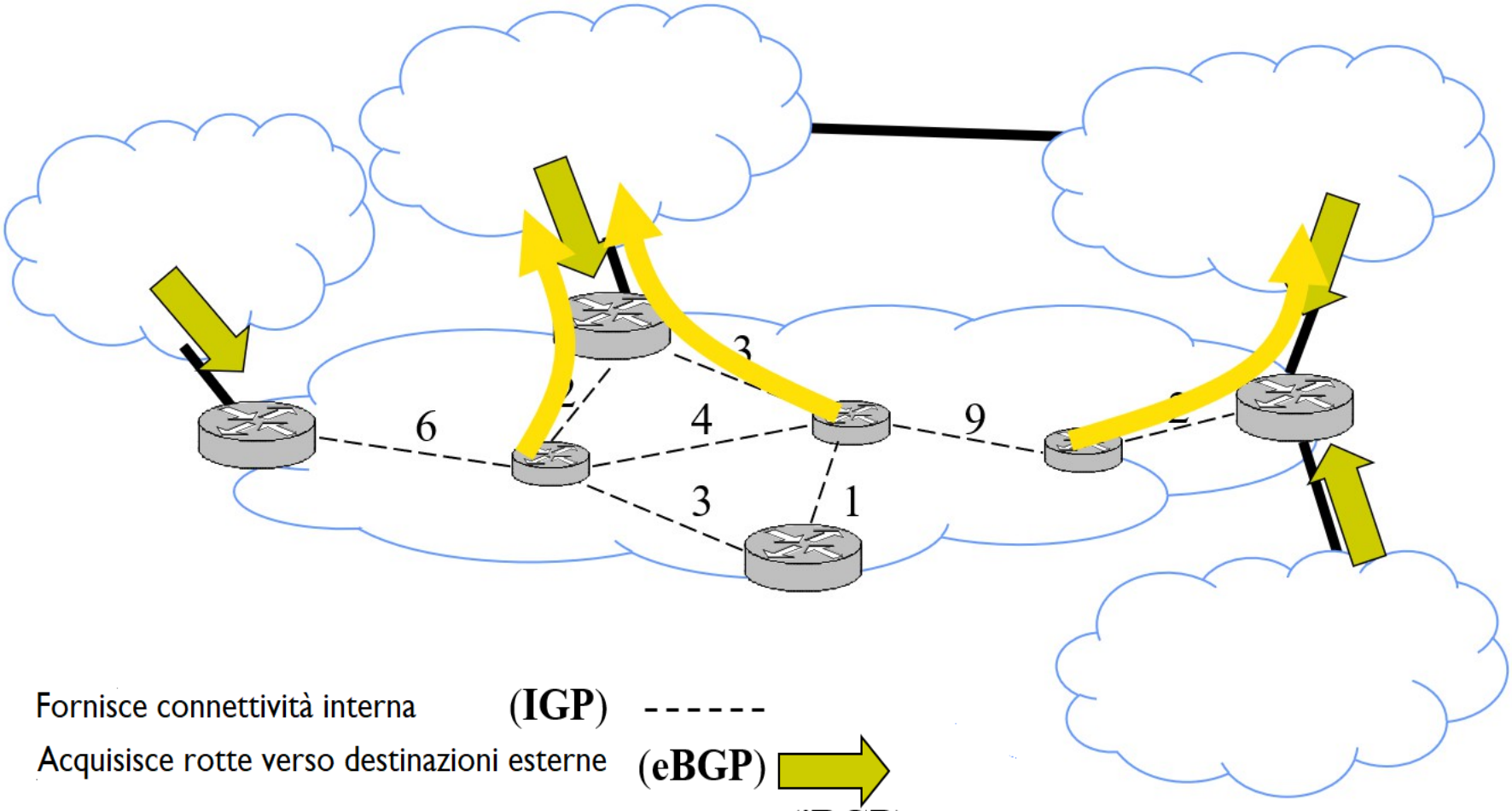
1. Fornisce connettività interna (**IGP**) ------
2. Acquisisce rotte verso destinazioni esterne (**eBGP**) ⇒
3. Distribuisce internamente le rotte esterne acquisite (**iBGP**) - - ▸

RIASSUMENDO....



1. Fornisce connettività interna (**IGP**) ------
2. Acquisisce rotte verso destinazioni esterne (**eBGP**) ➡
3. Distribuisce internamente le rotte esterne acquisite (**iBGP**) - - ▸

RIASSUMENDO....

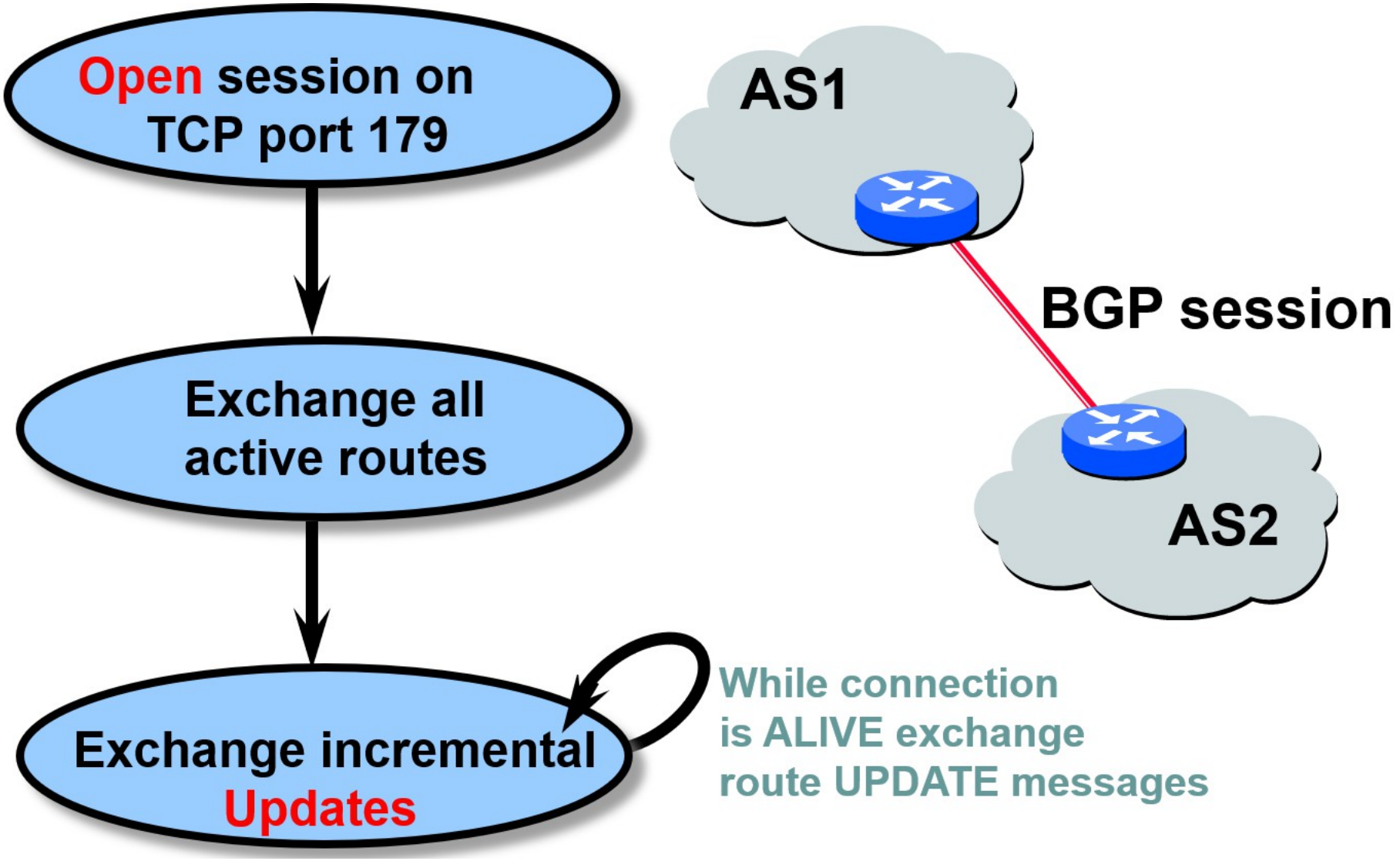


1. Fornisce connettività interna (IGP) ------
2. Acquisisce rotte verso destinazioni esterne (eBGP) ⇨
3. Distribuisce internamente le rotte esterne acquisite (iBGP) - - ▸
4. Individua i cammini minimi verso i (IGP) routers di bordo e le destinazioni esterne

BGP: MESSAGGI BASE

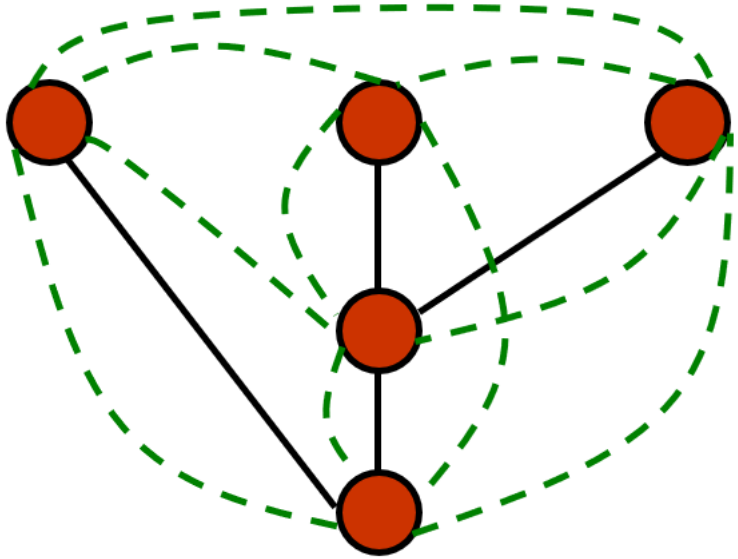
- **Open**
  - apre una sessione BGP
  - utilizza il protocollo TCP (lo vedremo nelle prossime settimane)
- **Notification**
  - notifica situazioni eccezionali
- **Update**
  - informa un vicino su nuove rotte
  - informa il vicino se alcune delle vecchie rotte non sono più attive
- **Keepalive**
  - informa il vicino che la connessione è attiva

BGP SESSION


Open session on TCP port 179
Exchange all active routes
Exchange incremental Updates
AS1
BGP session
AS2
While connection is ALIVE exchange route UPDATE messages

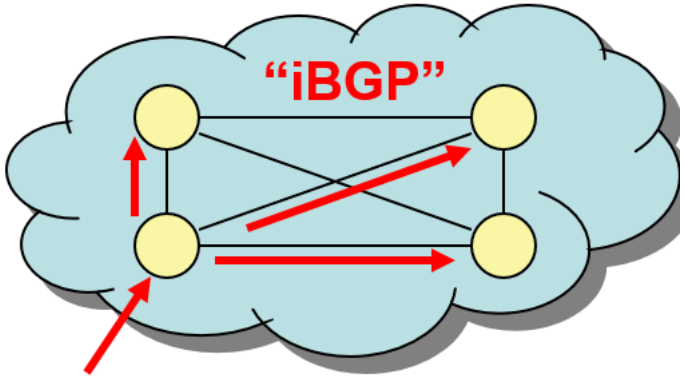
INTERNAL BGP

- Full-mesh configuration
  - esiste una sessione iBGP tra qualsiasi coppia di routers dell'AS
  - assicura completa visibilità delle rotte BGP acquisite a tutti i routers dell'AS
- Internal BGP session
  - ogni router inoltra ad un vicino iBGP la rotta acquisita
  - quando un iBGP riceve una rotta non la propaga ad un altro vicino nella mesh

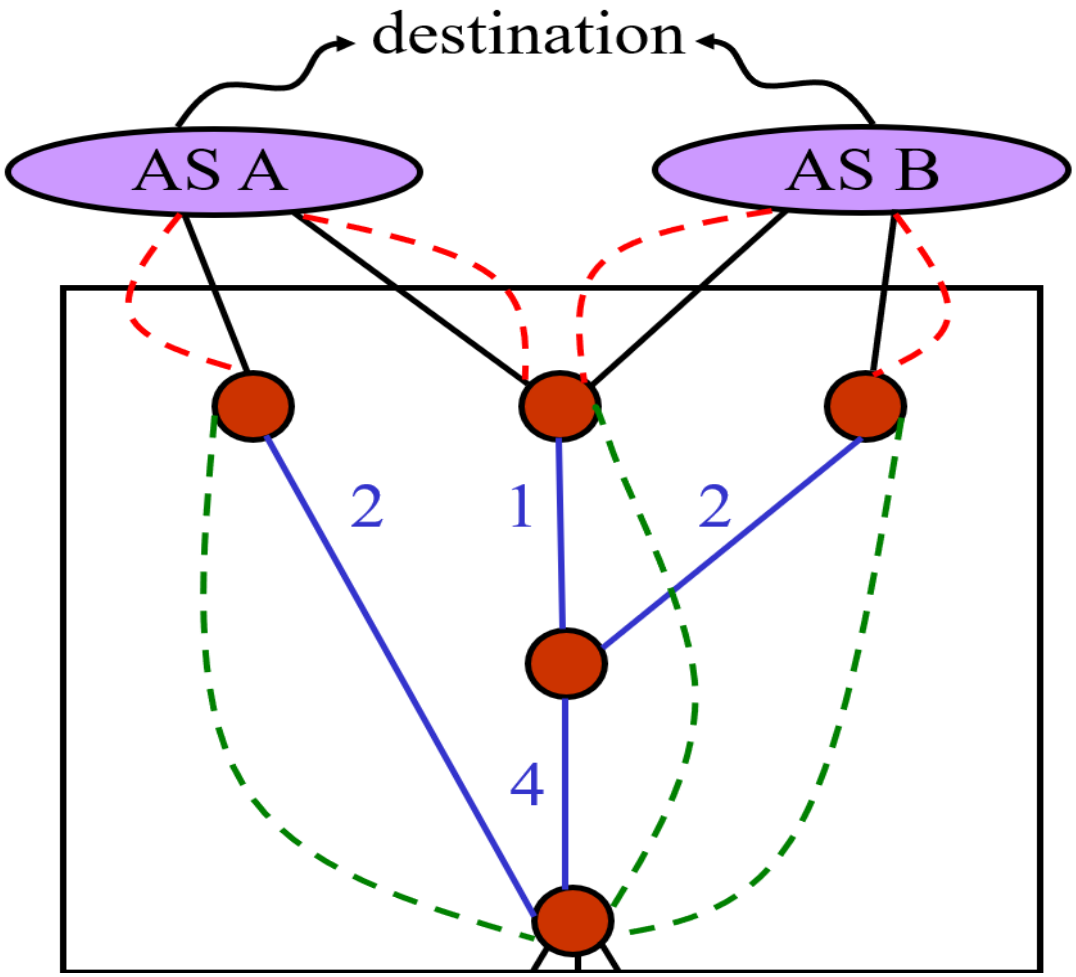


IBGP: PERCHE' UN PROTOCOLLO PUNTO A PUNTO?

- riuso del protocollo BGP
  - iBGP è realmente un'istanza di BGP con la differenza che il mittente:
    - …non aggiunge il suo AS all'AS path
    - …e non esporta le rotte verso i propri vicini iBGP
- evitare la definizione di un secondo protocollo
- full-mesh realizzabile se la dimensione dell'AS non è elevata
- problemi di scalabilità per AS di grosse dimensioni
  - ogni router invia una nuova rotta a tutti gli altri router

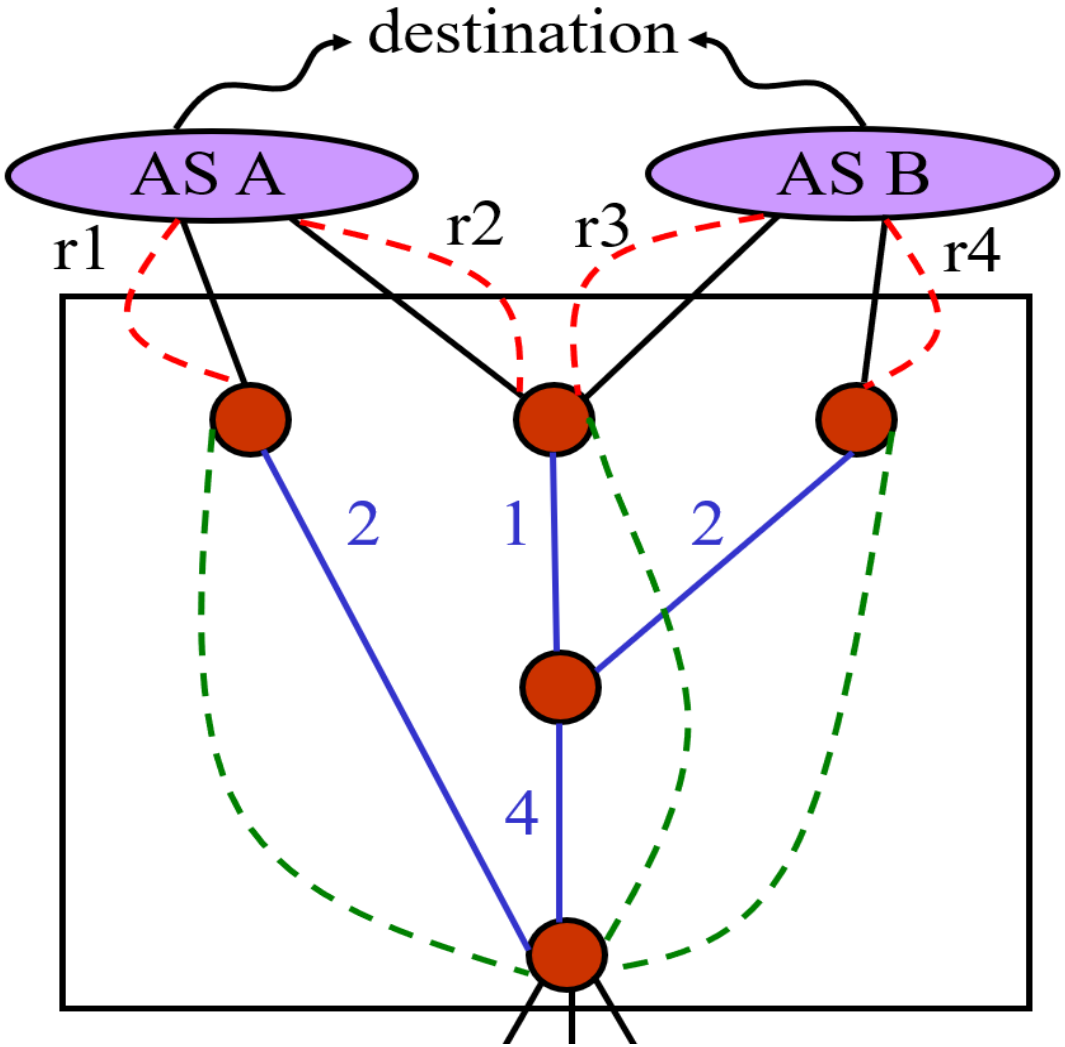


eBGP, iBGP e IGP IN ESECUIONE



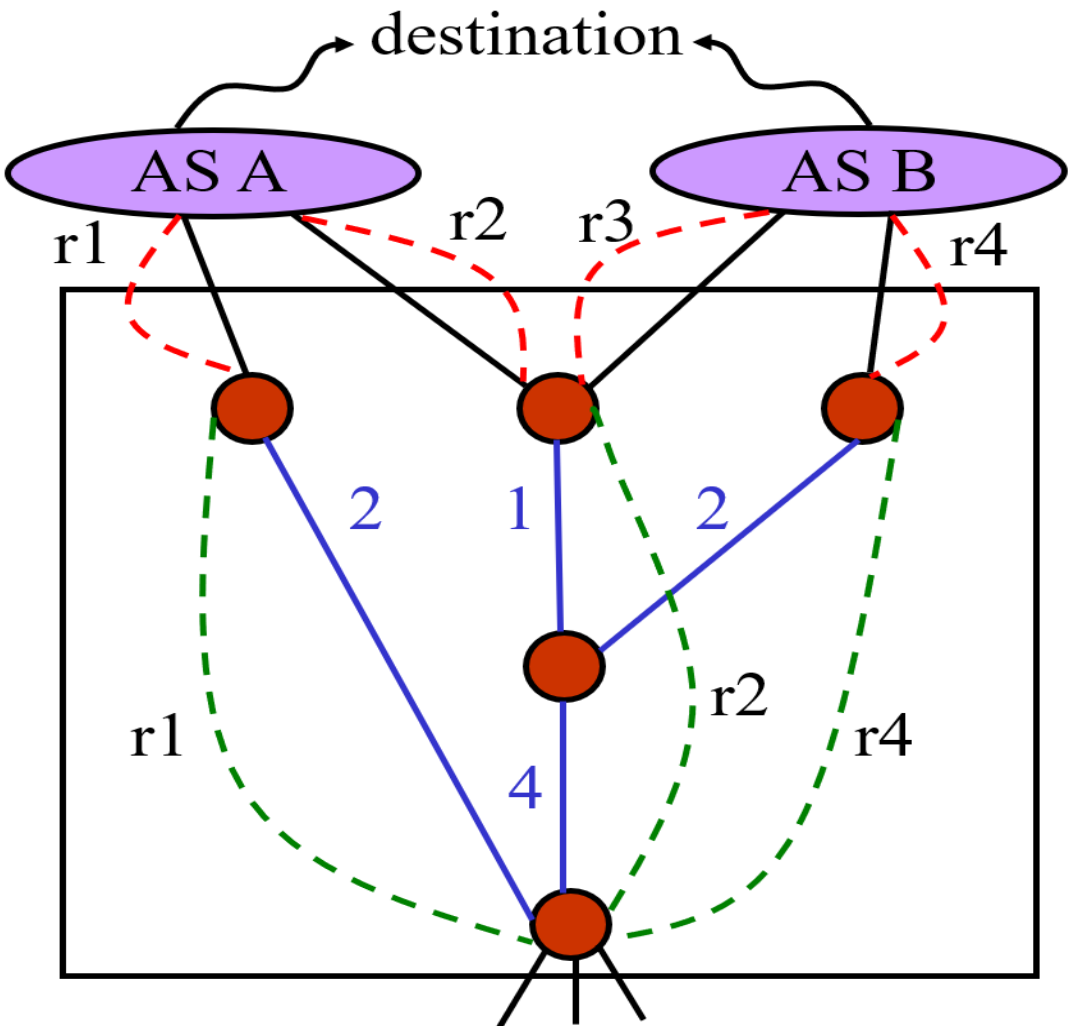
Legend
eBGP session
iBGP session
IGP link

eBGP, iBGP e IGP IN ESECUIONE



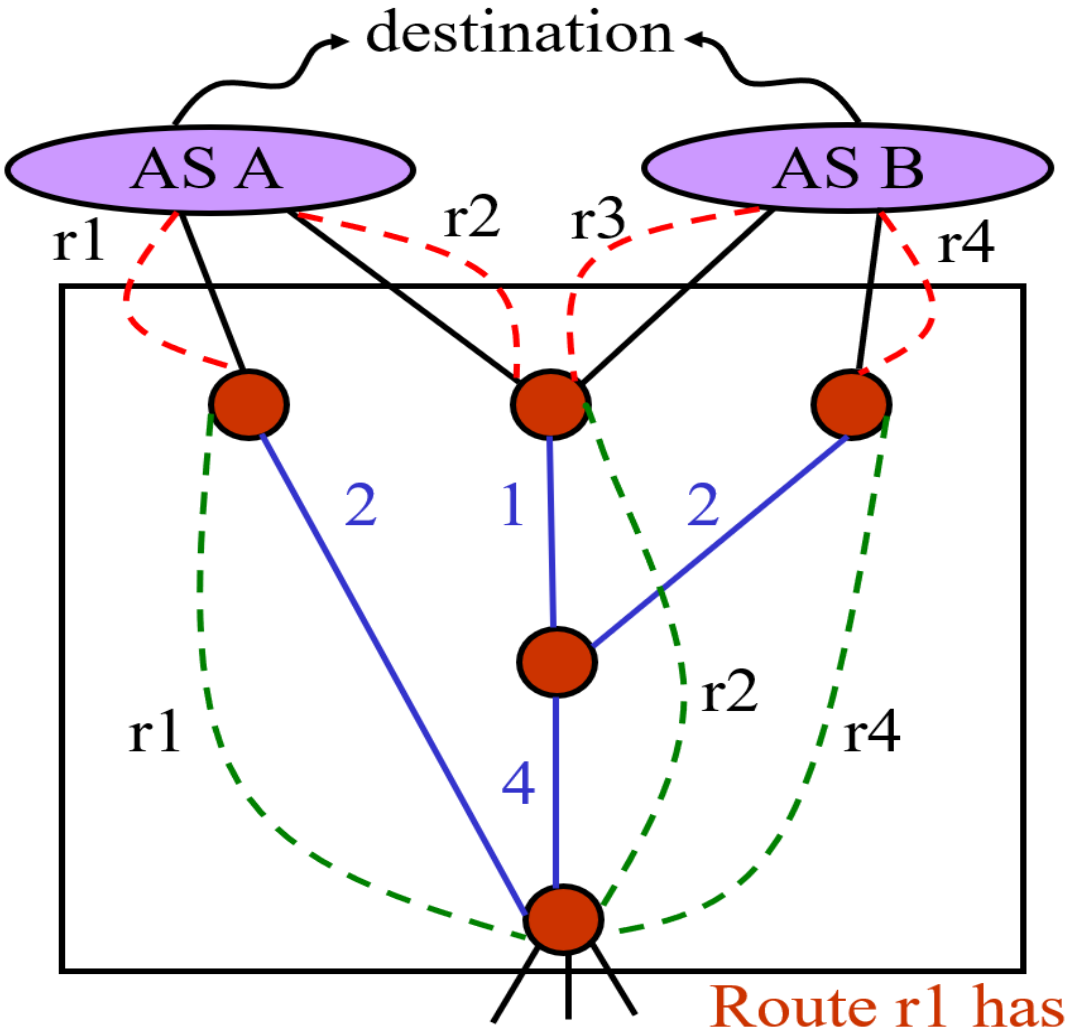
Legend
eBGP session
iBGP session
IGP link

eBGP, iBGP e IGP IN ESECUIONE



Legend
eBGP session
iBGP session
IGP link

eBGP, iBGP e IGP IN ESECUIONE



Legend
eBGP session
iBGP session
IGP link

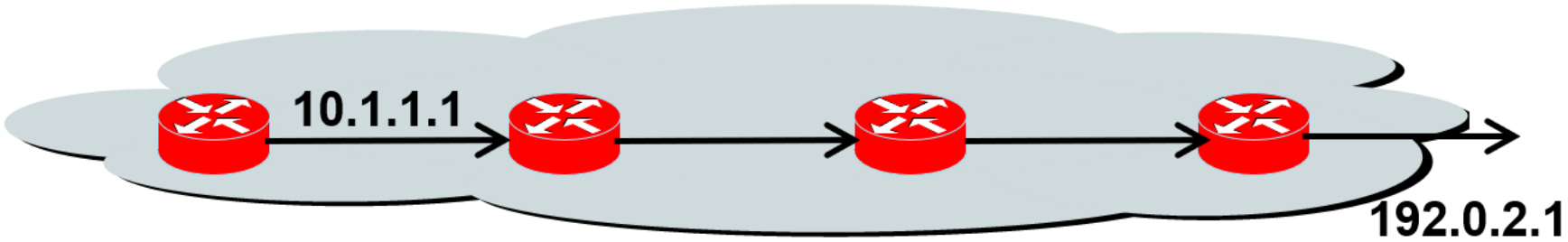
Route r1 has closest egress point

iBGP: SCALABILITA'

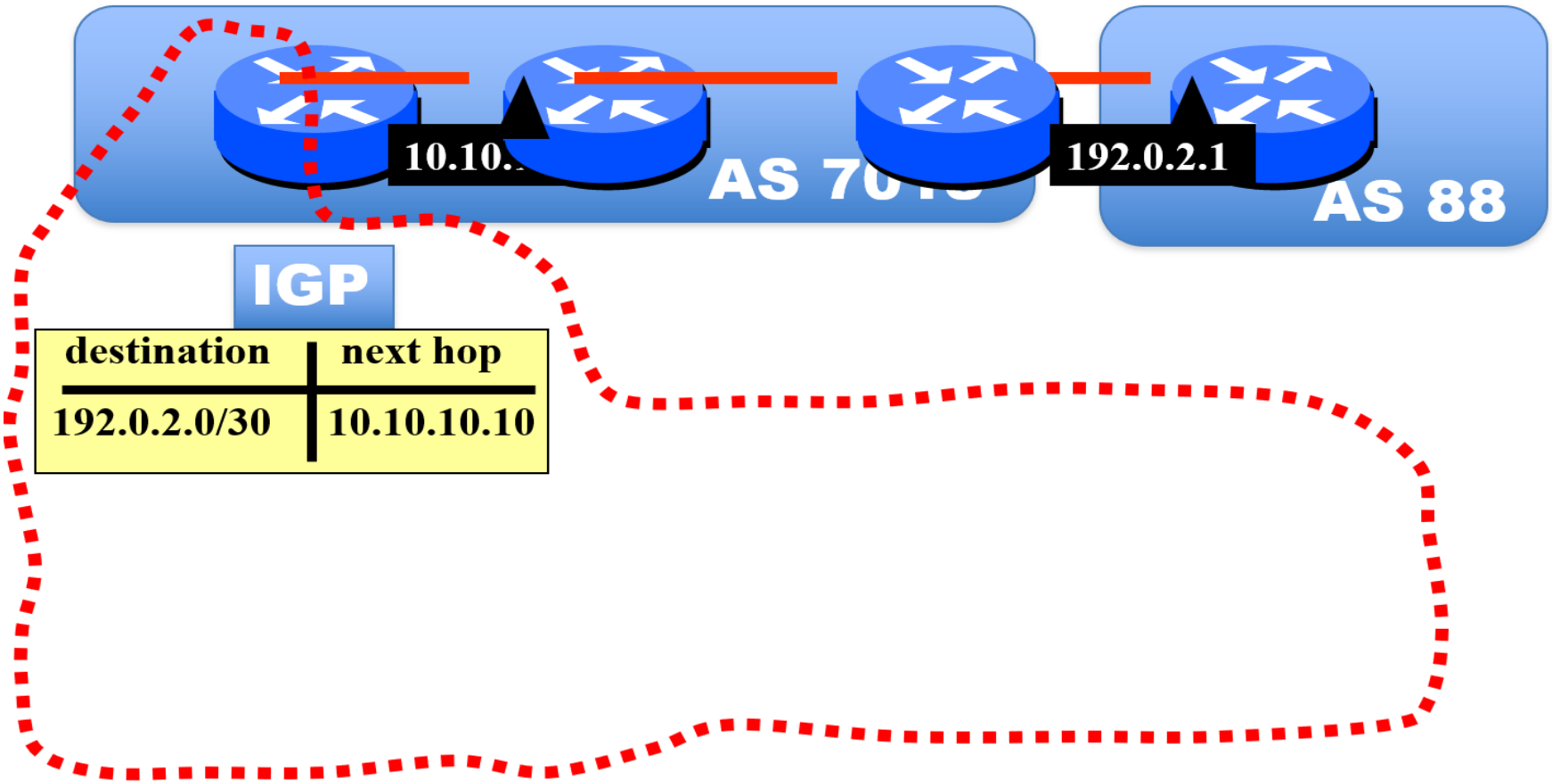
- Numero di sessioni iBGP
  - connessione TCP con ogni altro router
- Banda per i messaggi di update
  - ogni BGP update inviato ad ogni altro router
- Memoria per le BGP routing table
  - memorizzazione di molte rotte BGP per prefisso di destinazione
- Cambi di configurazione quando si aggiunge un router when adding a router
  - configurazione di una sessione iBGP con ognuno degli altri routers
- Soluzione
  - rilasciare la regola di propgazione di iBGP permettendo di inviare gli aggiornamento tra vicini iBGP
  - route reflector (non lo vedremo)

INTEGRAZIONE IGP BGP

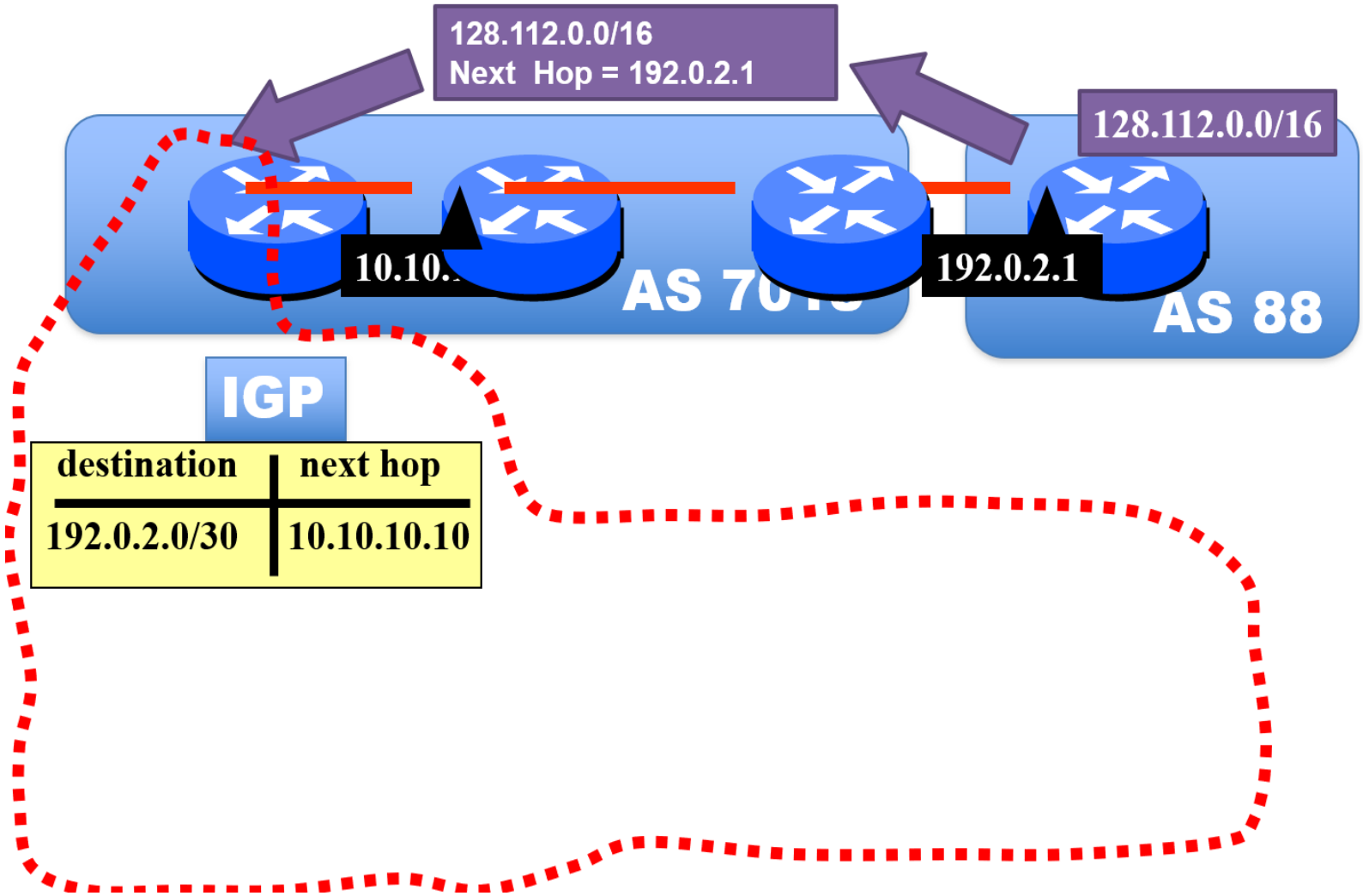
- **Border Gateway Protocol (BGP)**
  - annuncia la raggiungibilità delle destinazioni esterne
  - mappa un prefisso di destinazione ad un punto di ingresso del dominio
    - 128.112.0.0/16 reached via 192.0.2.1
- **Interior Gateway Protocol (IGP)**
  - usato per calcolare i cammini all'interno di un AS
    - mappa un ingress point ad un link di uscita
      - 192.0.2.1 raggiunto via 10.1.1.1



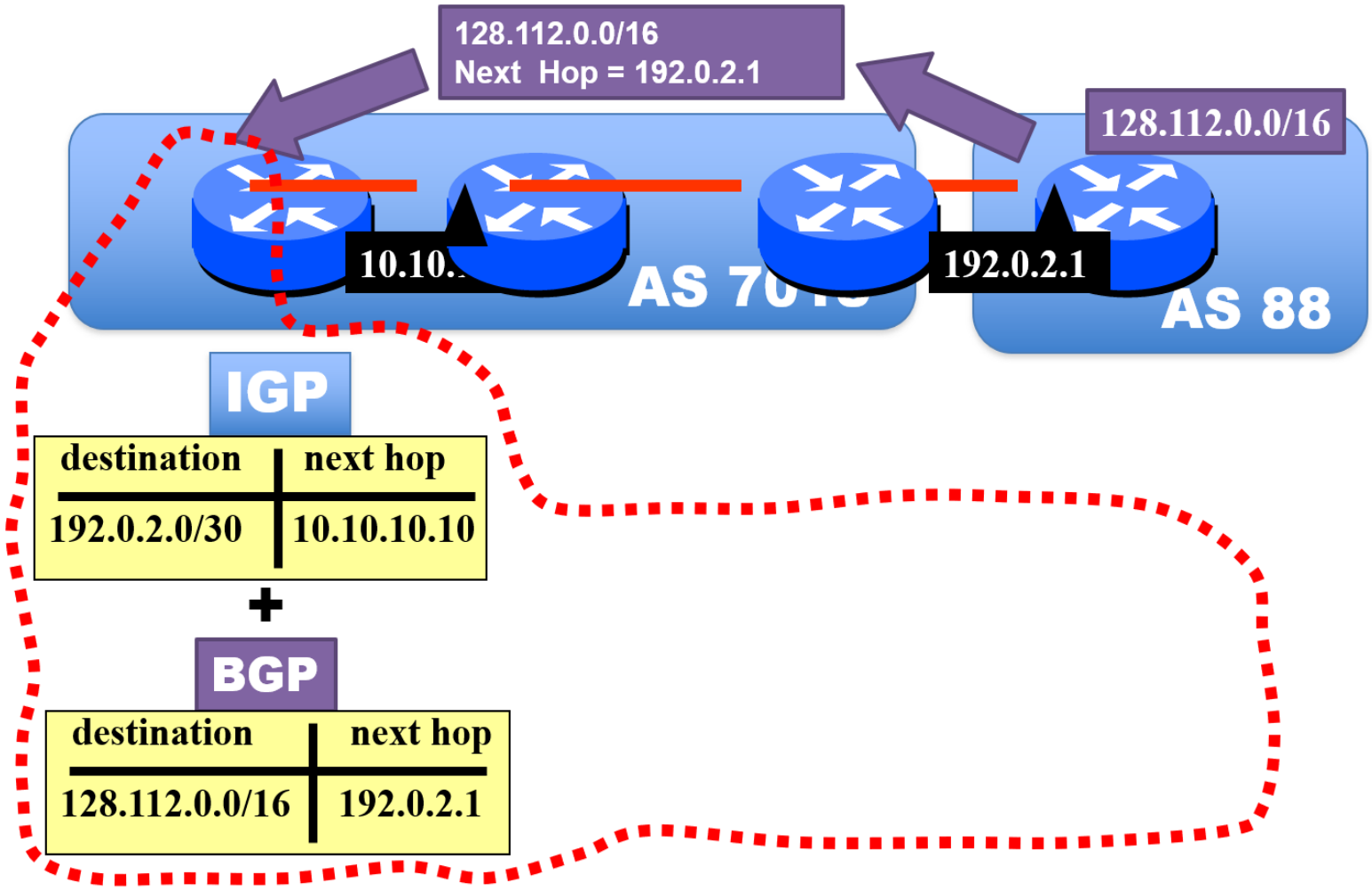
INTEGRAZIONE IGP BGP



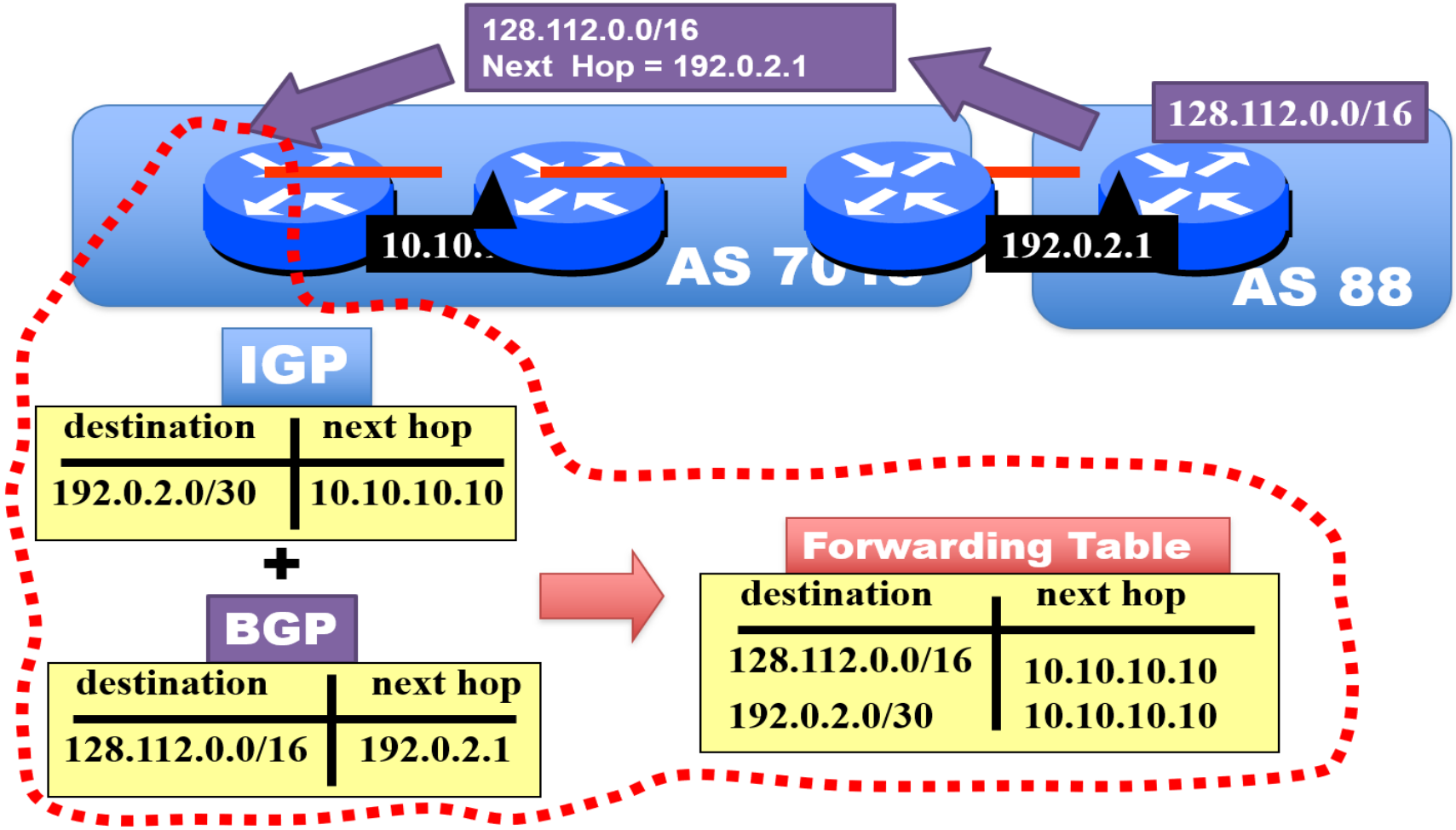
INTEGRAZIONE IGP BGP



INTEGRAZIONE IGP BGP



INTEGRAZIONE IGP BGP

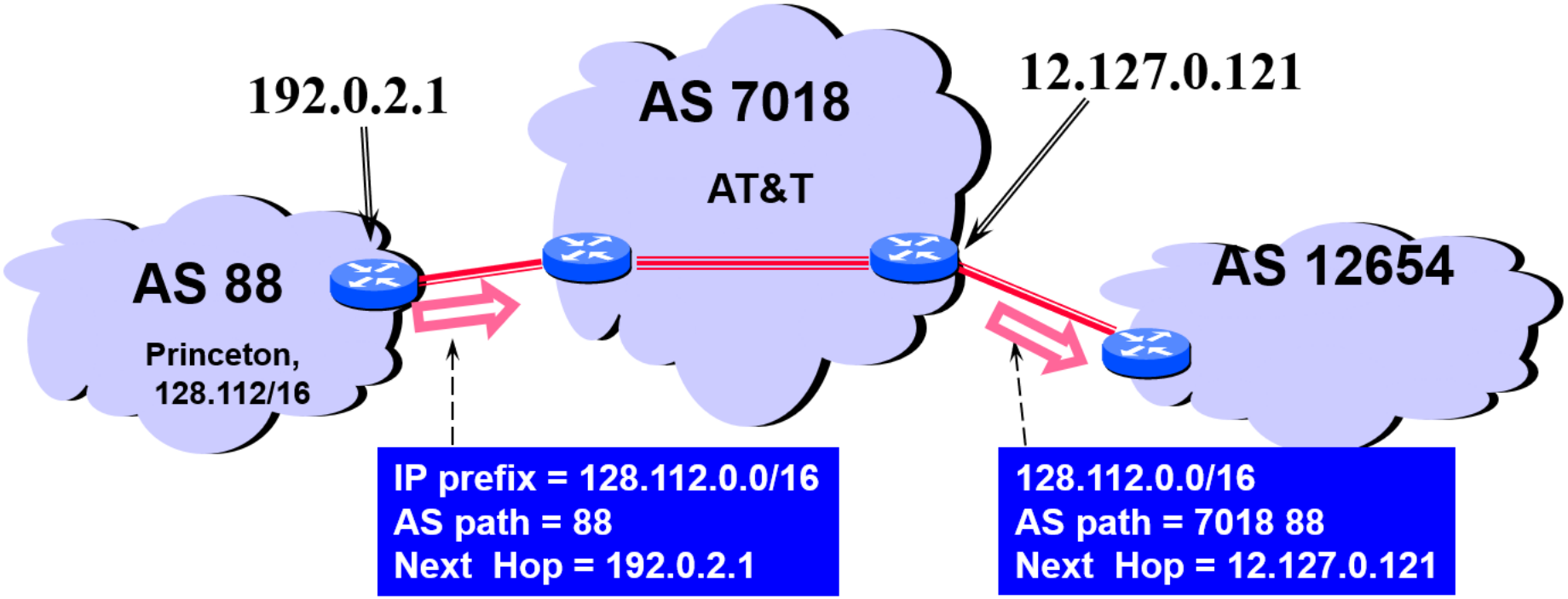


ATTRIBUTI BGP PER LA SELEZIONE DELLE ROTTE

- le rotte sono descritte utilizzando un insieme di attributi utilizzati per la selezione/esportazione delle rotte
  - Local preference: valore numerico assegnato dalla politica di routing.
  - AS path length: umero di AS-level hop nel cammino
  - Multiple exit discriminator (MED): permette ad un AS di specificare la preferenza di un punto di uscita
  - Shortest IGP path cost to next hop: implementa "hot potato" routing
  - Router ID tiebreak: tiebreak arbitrario, perchè alla fine deve essere selezionato un singola "miglior" rotta
  - Next Hop
  - ……
- formato degli attributi <IP prefix: route attributes>
  - gli attributi descrivono alcune proprietà della rotta
- molti attributi standardizzati in BGP, presenteremo solo i più interessanti

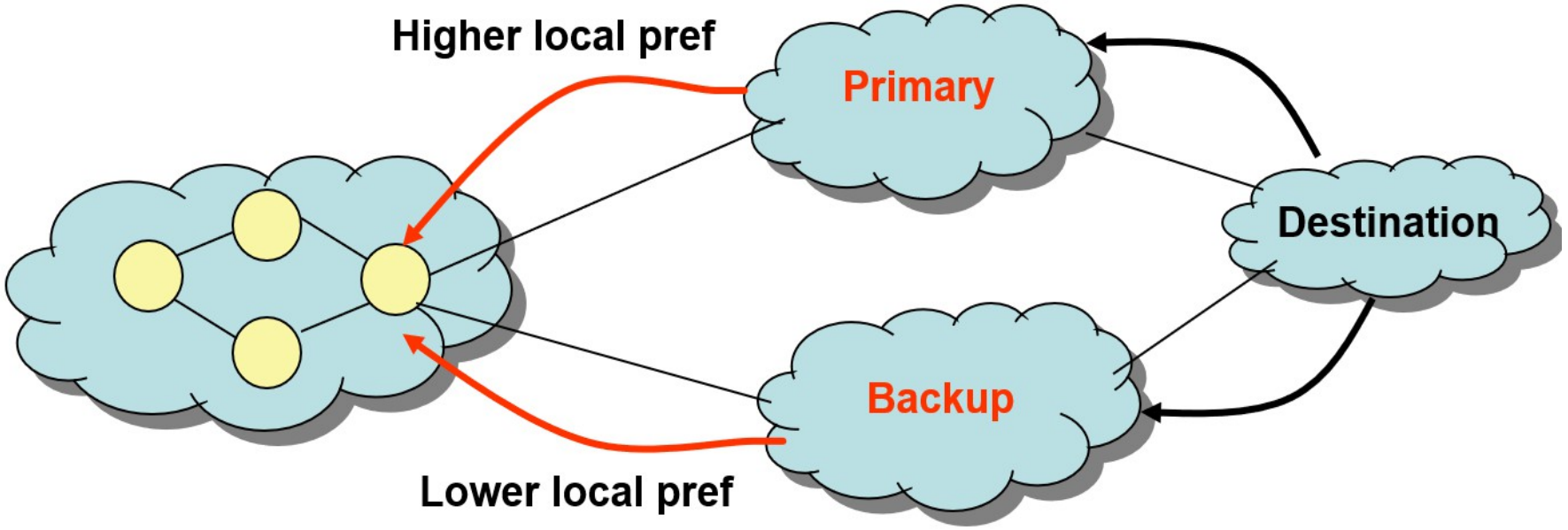
L'ATTRIBUTO NEXT HOP

- inserito nei messaggi di announcement
  - indirizzo IP del prossimo border router sul cammino verso la destinazione
  - aggiornato quando l'announcement viene inoltrato



BGP ATTRIBUTES: LOCAL PREFERENCE

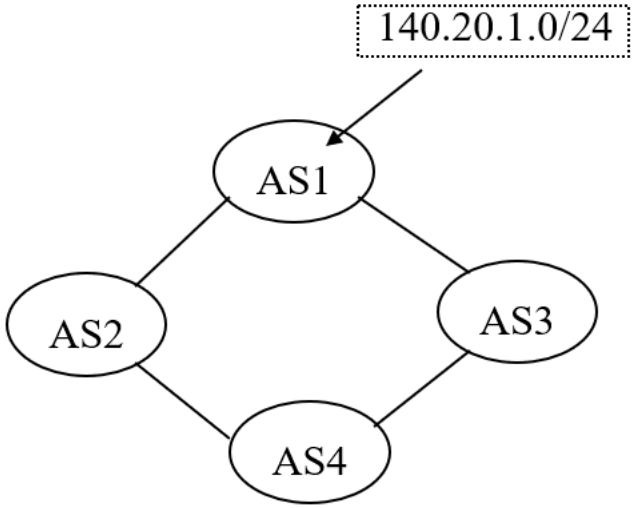
- controllo sul traffico in uscita
- modo semplice per implementare preferenze su rotte
- primary-backup semantics



BGP ATTRIBUTES: LOCAL PREFERENCE

Quando un AS è a conoscenza di cammini multipli verso un altro AS, local preference è una indicazione relativa al cammino che si preferisce

- viene preferito il path con il valore più alto di local reference
- attributo locale ad un AS
- assicura che tutti i router di bordo di un AS scelgano lo stesso percorso
- impostato dall'amministratore di rete
  - nell'esempio AS3 AS1 è considerato un percorso più sicuro/migliore dal punto di vista economico

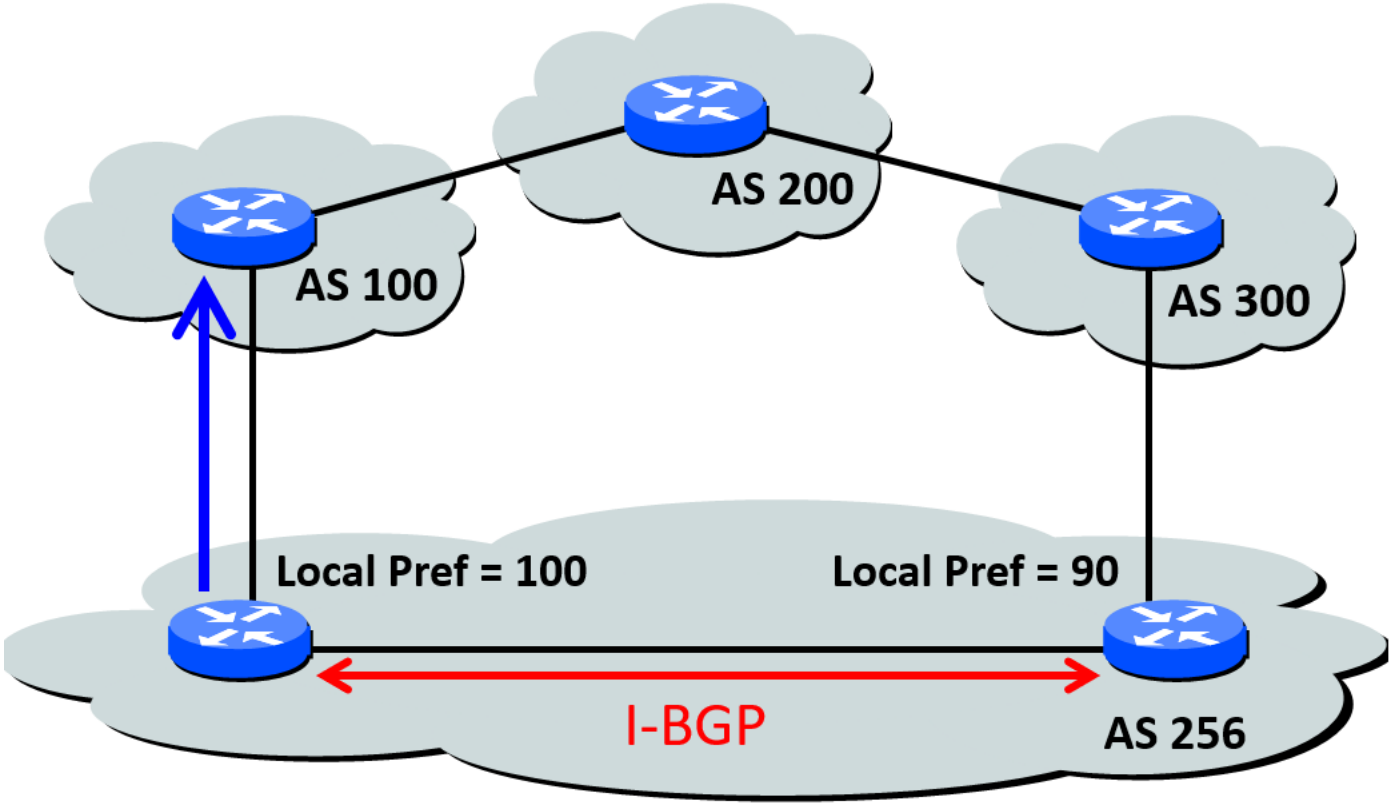


BGP table at AS4:

Destination	AS Path	Local Pref
140.20.1.0/24	AS3 AS1	300
140.20.1.0/24	AS2 AS1	100

BGP ATTRIBUTES: LOCAL PREFERENCE

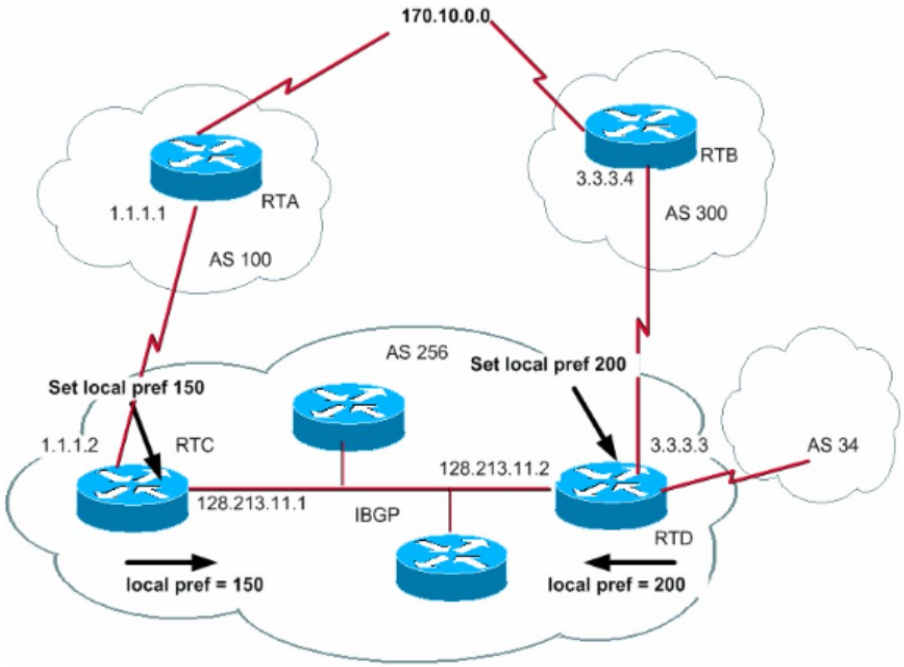
- Entrambe i router preferiscono l' AS 100 sulla sinistra per raggiungere AS200
- ...anche se il router di destra è a conoscenza di un altro path verso la destinazione



BGP ATTRIBUTES: LOCAL PREFERENCE

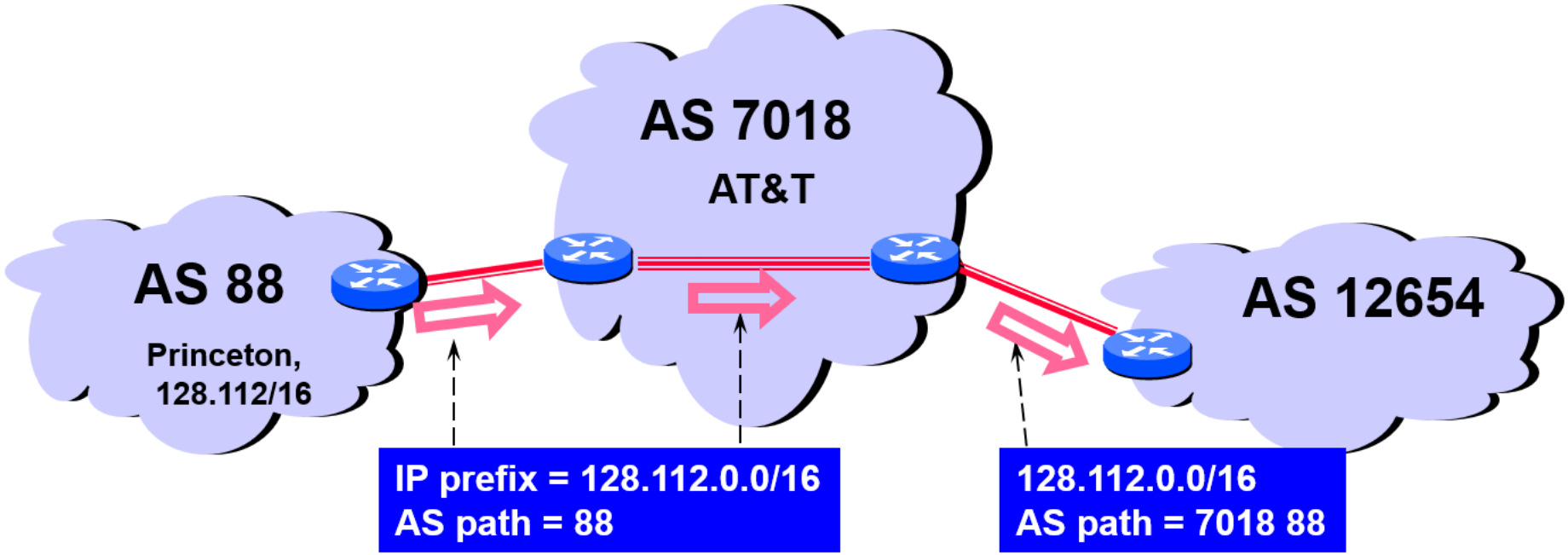
nell'esempio:

- AS 256 riceve updates relativi a 170.10.0.0 da due router in locazioni diverse della organizzazione
- l'amministratore imposta il valore del local preference per tutti gli updates di RTC a 150, per RTD a 200
- i due router si scambiano i valori del loro local reference, mediante iBGP
- RTC and RTD concordano che la rete 170.10.0.0 ha un valore più alto della local preferences quando gli aggiornamenti arrivano dall'AS 300 piuttosto che dall' AS 100.



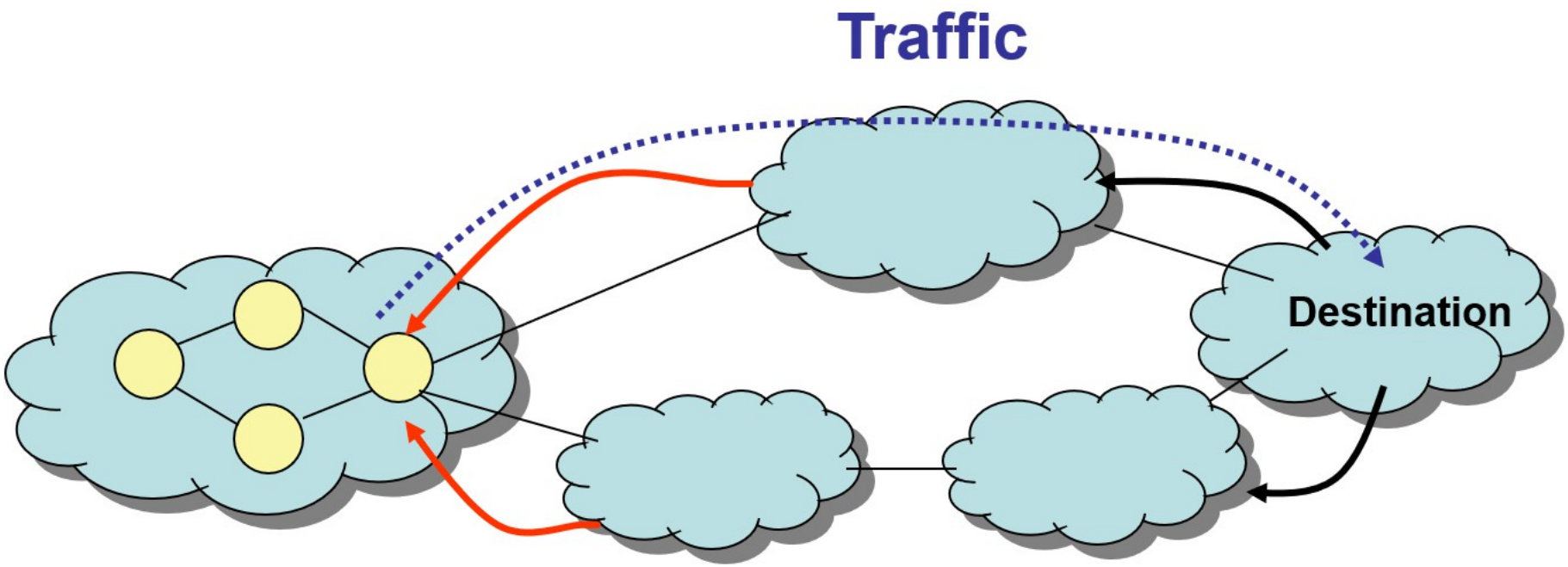
BGP ATTRIBUTES: ASPATH

- inserito nei messaggi di announcement
- vettore che elenca tutti gli AS che l'announcement ha attraversato, in ordine inverso
  - esempio: “7018 88”

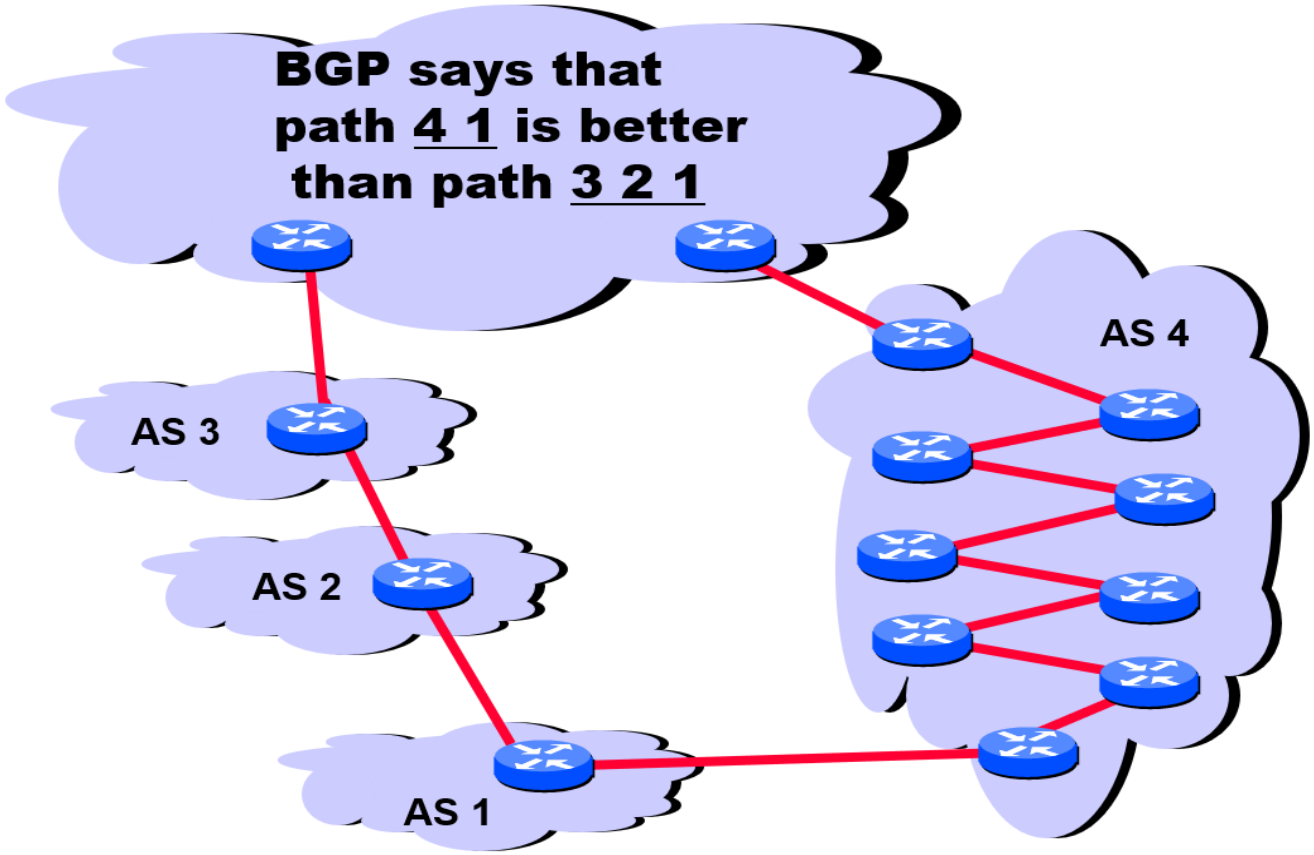


ASPATH: LUNGHEZZA MINIMA

- seleziona la rotta con la lunghezza minima dell'ASpath, tra quelle con la preferenza locale più ampia
- ...ma....l'ASpath di lunghezza minima non è in generale lo shortest path, qualsiasi sia la definizione di shortest path!



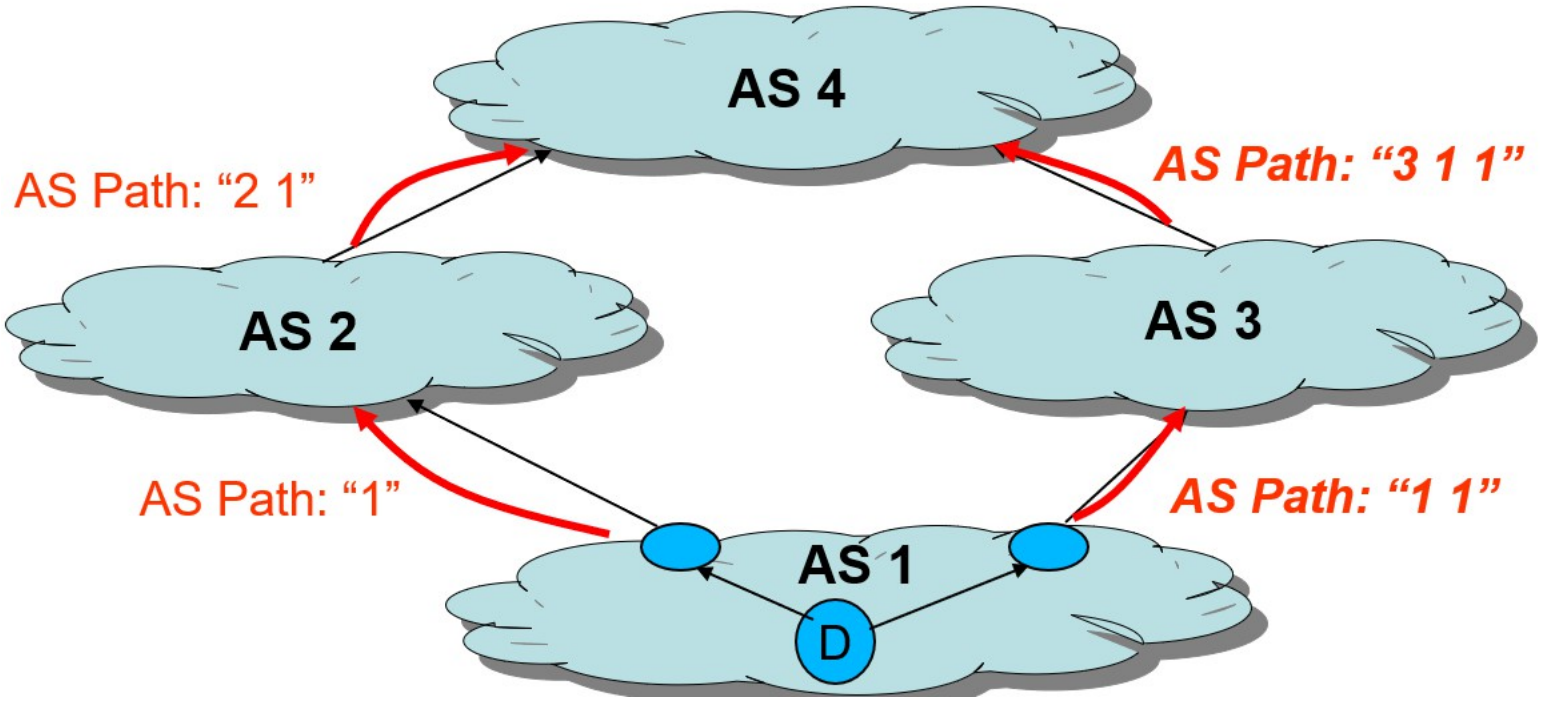
ASPATH: LUNGHEZZA MINIMA



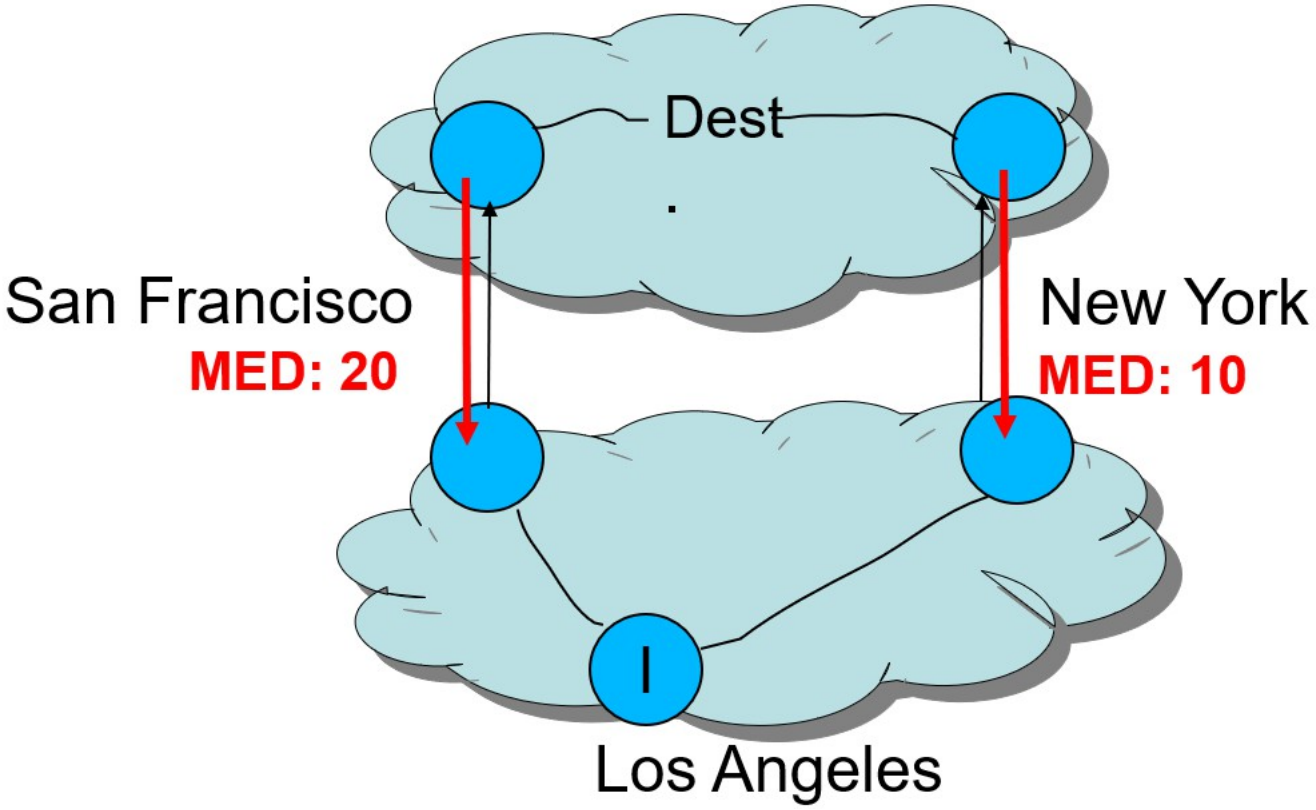
- ASpath length può non rispecchiare la vera lunghezza del cammino
- all'interno di un AS posso avere diversi routing hops tra un border router ed il successivo

AS-PATH: LUNGHEZZA MINIMA

- rendere la lunghezza dell'AS path artificialmente più lunga
- tentativo di controllare il traffico in entrata

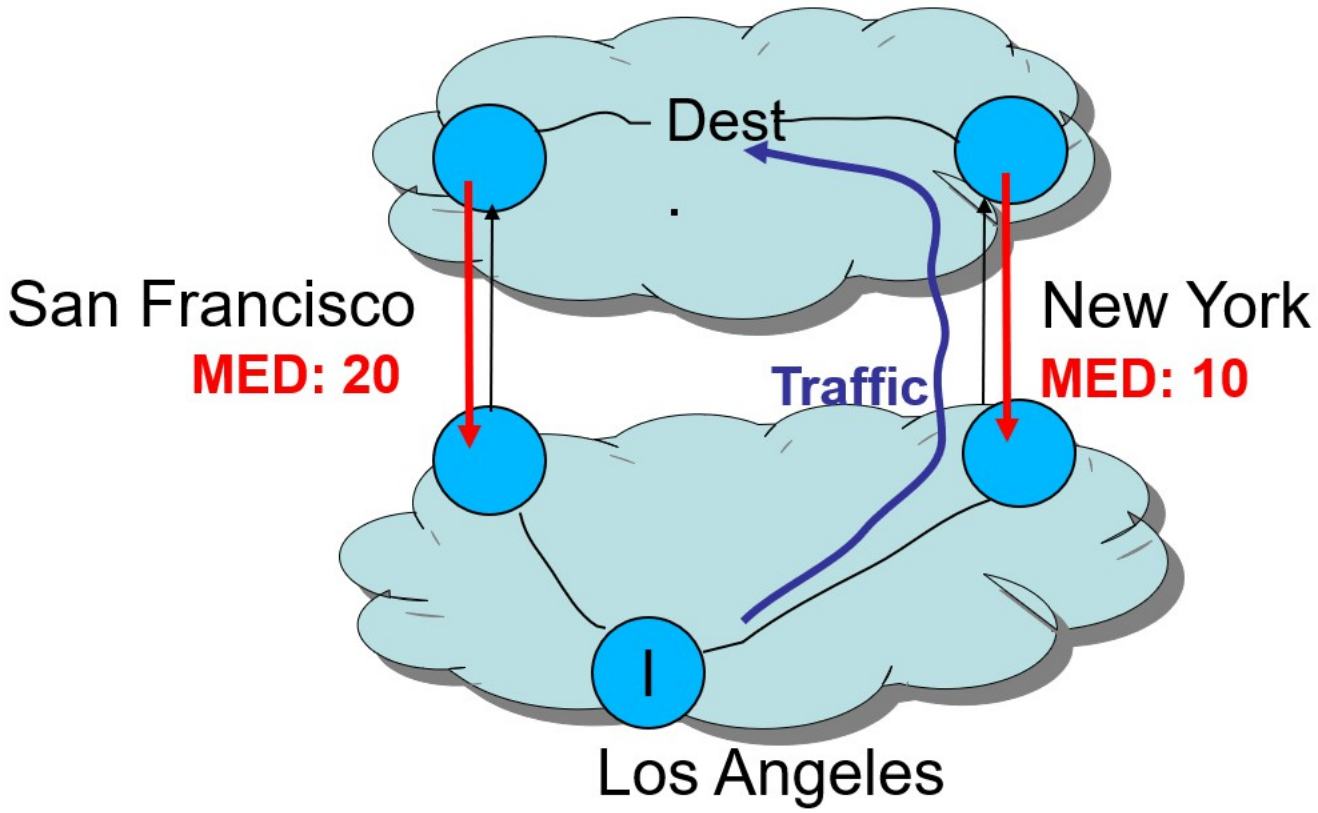


MULTI EXIT DISCRIMINATOR (MED)



- meccanismo con cui l'AS, nel caso siano previsti più punti di entrata nell'AS controlla il flusso del traffico attraverso le sue entrate
- valori minori sono migliori

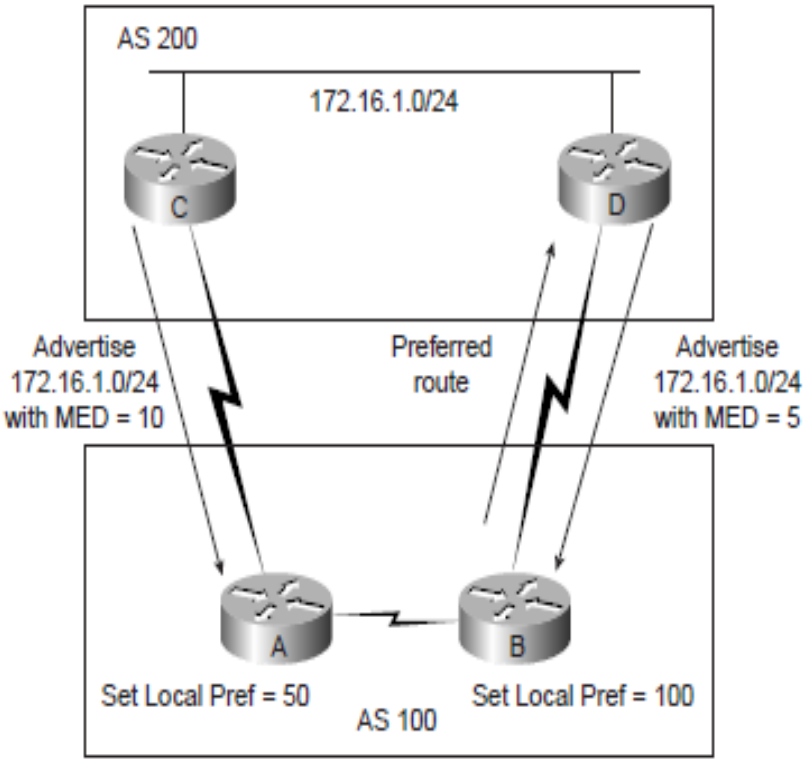
MULTI EXIT DISCRIMINATOR (MED)



- meccanismo con cui l'AS, nel caso siano previsti più punti di entrata nell'A controlla il flusso del traffico attraverso le sue entrate
- valori minori sono migliori

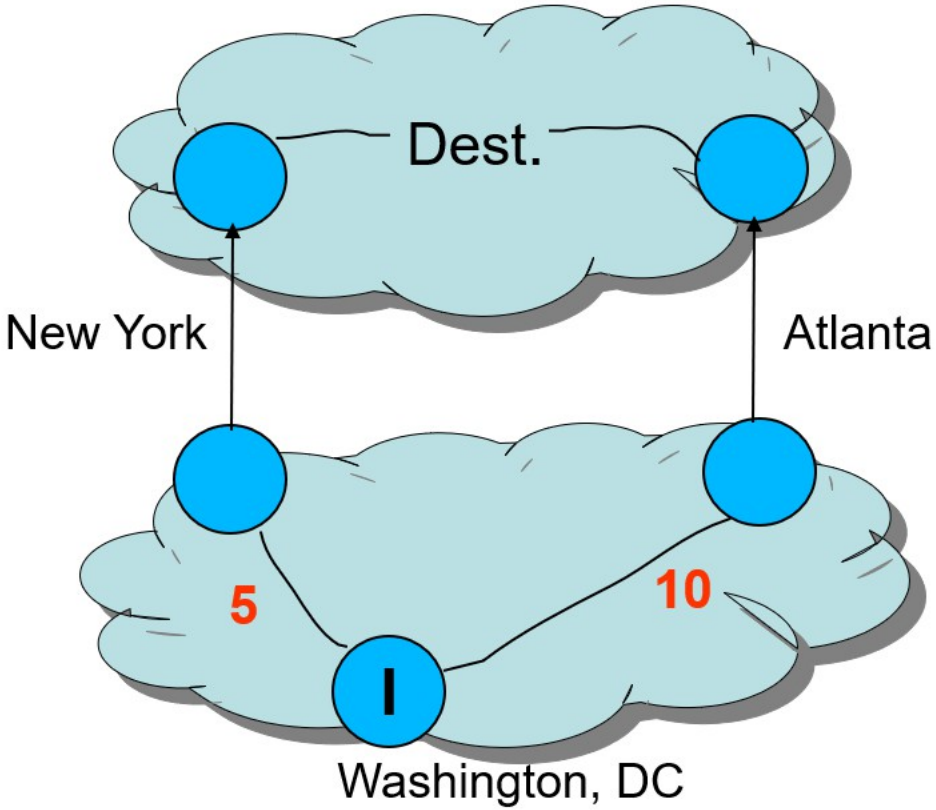
MULTI EXIT DISCRIMINATOR (MED)

- usato quando due AS sono interconnessi tramite 2 o più link
- usato come "suggerimento" al AS esterno
  - quale è la rotta preferita per spedire messaggi all'AS che sta notificando il MEC
- il router C annuncia la rotta 172.16.1.0 con MED 10, D la annuncia con MED 5.
- AS100 selezione la rotta per 172.16.1.0 in AS 200, tramite D
- i valori del MEDs notificati a tutti i router locali



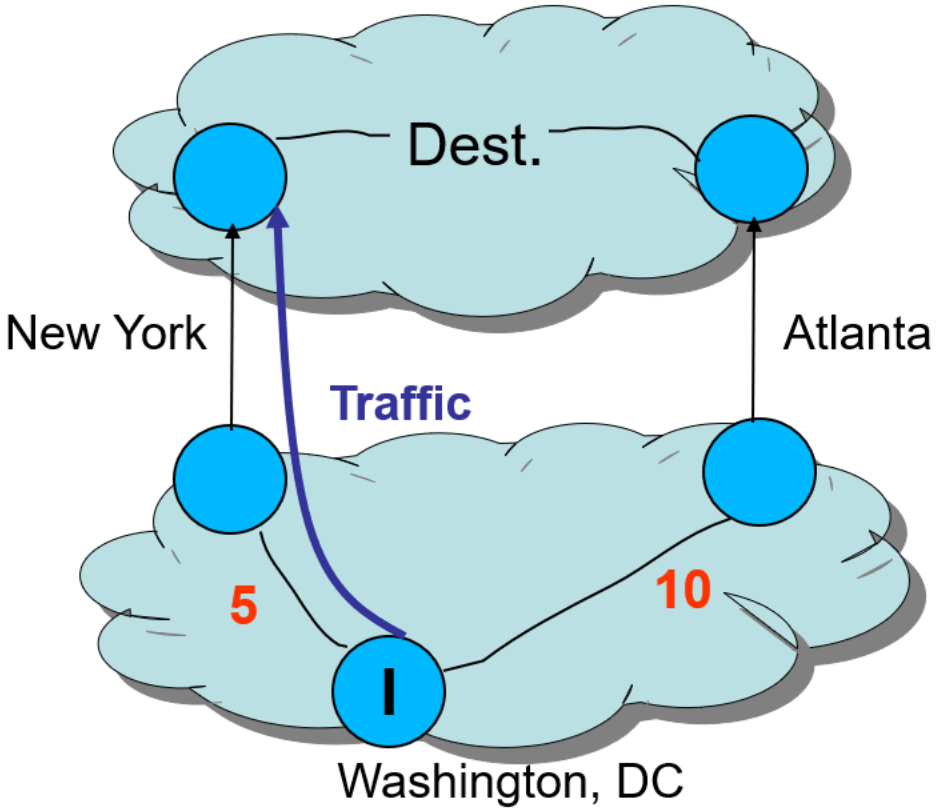
HOT PATATO ROUTING

- preferire rotte con un cammino interno IGP più corto
- idea: il traffico deve lasciare l'AS il più raidamente possibile.



HOT PATATO ROUTING

- preferire rotte con un cammino interno IGP più corto
- idea: il traffico deve lasciare l'AS il più raidamente possibile.



Common practice:
Set IGP weights in accordance with propagation delay (*e.g.*, miles, etc.)

PATH SELECTION POLICY

in ordine decrescente di priorità

- risparmiare/aumentare i profitti
  - cliente>peer>provider
- massimizzare la performance
  - cammino più breve tra AS
- considerare il MED
- minimizzare l'uso della banda interna
  - hot potato

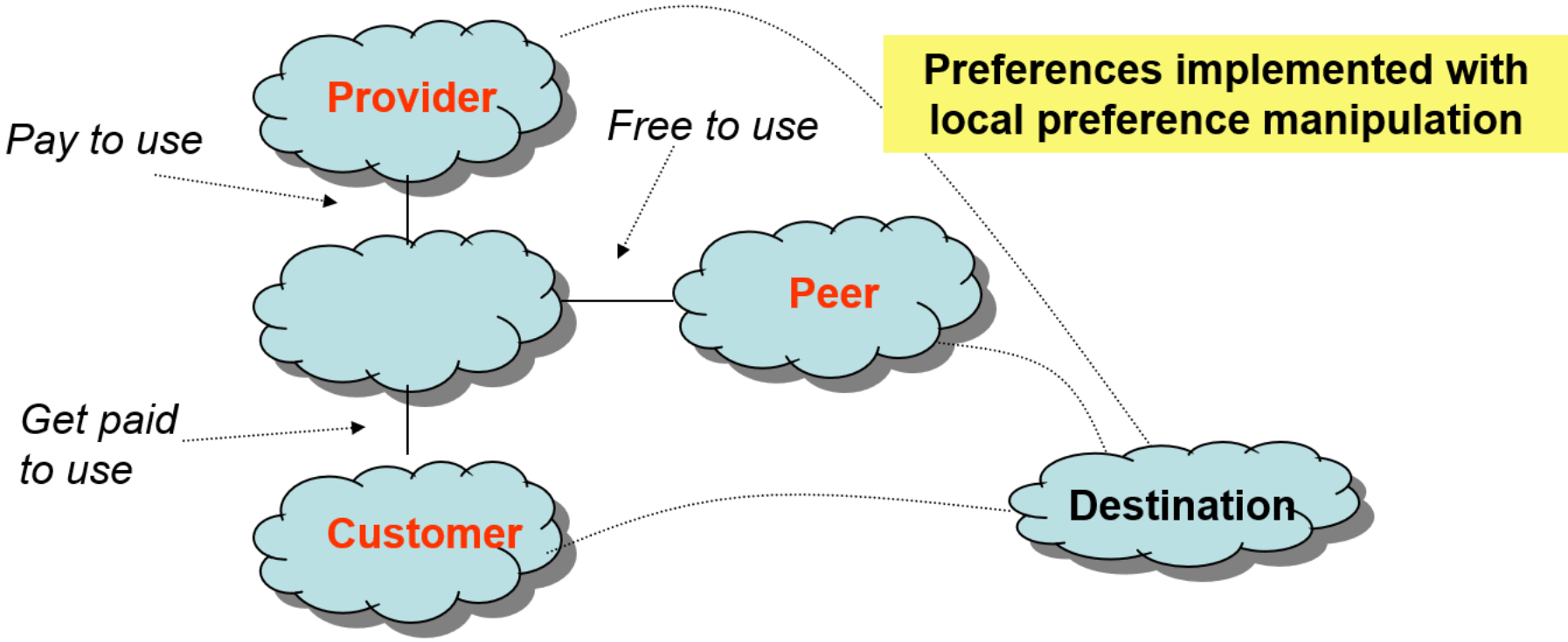
Priority	Rule	Remarks
1	LOCAL PREF	Pick highest LOCAL PREF
2	ASPATH	Pick shortest ASPATH length
3	MED	Lowest MED preferred
4	eBGP > iBGP	Did AS learn route via eBGP (preferred) or iBGP?
5	iBGP path	Lowest IGP cost to next hop (egress router)
6	Router ID	Smallest router ID (IP address) as tie-breaker

- se nessuno dei precedenti riesce a discriminare: usare il Router ID come tie break

INTERNET BUSINESS MODEL

- nei primi anni, gli AS semplicemente scambiavano tutte le rotte in loro possesso con l'obiettivo che un host potesse raggiungere qualsiasi altro host di Internet.
- questo non è più vero nello scenario attuale, in cui l'interdomain routing è guidato principalmente dalle relazioni commerciali tra i domini
- Le relazioni commerciali tra AS possono essereprincipalmente di tre tipi
  - l'AS A può essere un cliente dell'AS B
  - l'AS A può essere un provider dell'AS B
  - L'AS A può essere un peer dell'AS B
- Implicazioni:
  - Il cliente paga il provider
  - i peer non si pagano a vicenda
    - stabiliscono un accordo per scambiarsi una quantità paragonabile di traffico

INTERNET BUSINESS MODEL



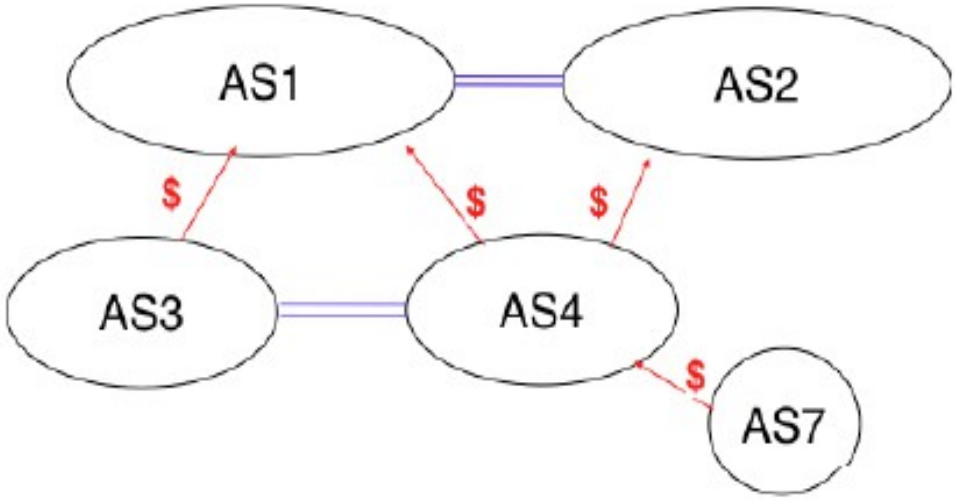
- Customer/Provider: un AS paga un altro AS per raggiungere un insieme di destinazioni. Relazione di transito, il provider fornisce servizio di accesso a Internet per un client
- Peering: baratto, due AS si scambiano le rotte senza nessun pagamento.

RELAZIONI ECONOMICHE TRA DOMINI

- Prima categoria: customer->provider
  - un customer domain paga un Internet Service Provier per l'accesso ad Internet.
  - un piccolo Internet Service Provider paga un Internet Service provider più grande

- Implicazione sul processo di routing:
  - il customer notifica al proprio provider tutte le rotte del customer domain ed eventualmente quelle di cui è venuto a conoscenza dai suoi clienti
  - il provider notifica ai propri customer tutte le rotte di cui è venuto a conoscenza.

RELAZIONI ECONOMICHE TRA DOMINI

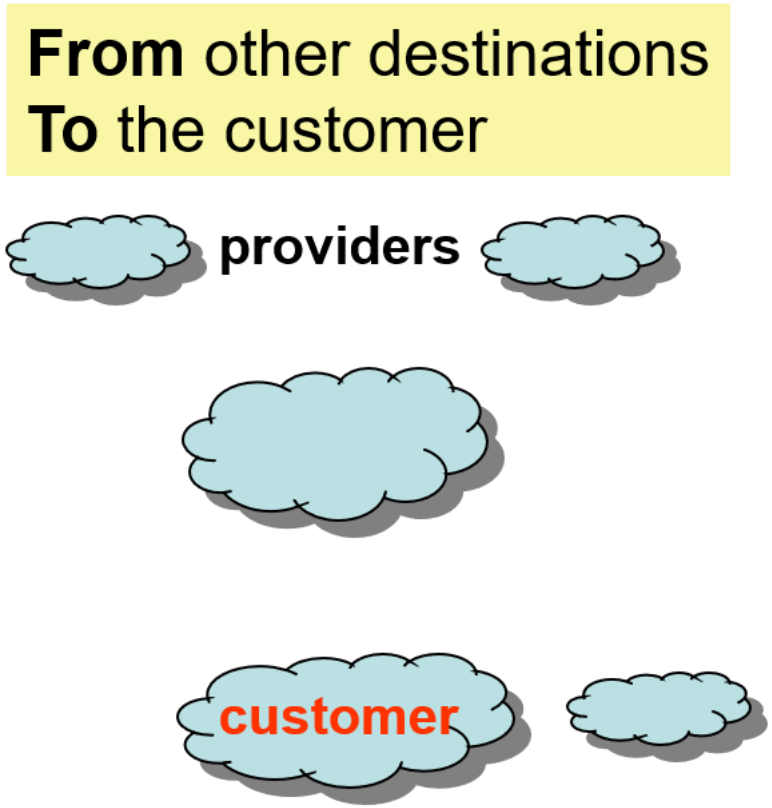


- In figura:
  - AS7 è uno stub domain connesso al provider AS4, esiste una relazione customer-provider tra AS7 ed AS4.
  - il contratto tra AS4 ed AS7 permette ad ogni host in AS7 di scambiare pacchetti con ogni host di Internet
  - AS7 deve conoscere una rotta verso qualsiasi dominio
  - tutti i domini di Internet devono avere la possibilità di raggiungere un host in AS7

TIPI DI RELAZIONE: #1 CUSTOMER PROVIDER

Filtering

- rotte dal customer: inoltrare a chiunque
- rotte dal provider: inoltrare solo ai customers

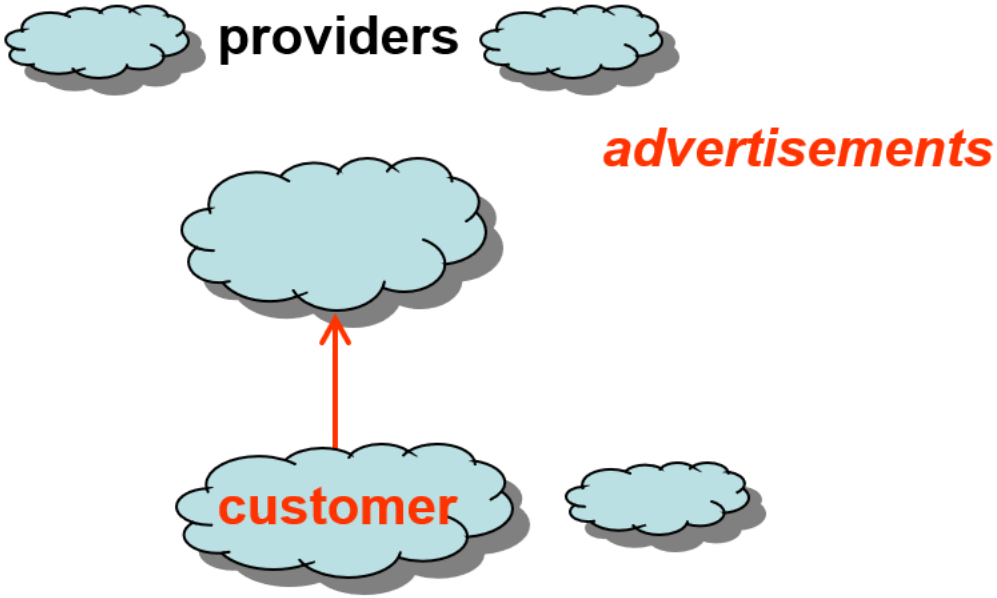


TIPI DI RELAZIONE: #1 CUSTOMER PROVIDER

Filtering

- Rotte dal customer: inoltrare a chiunque
- Rotte dal provider: inoltrare solo ai customers

From other destinations
To the customer

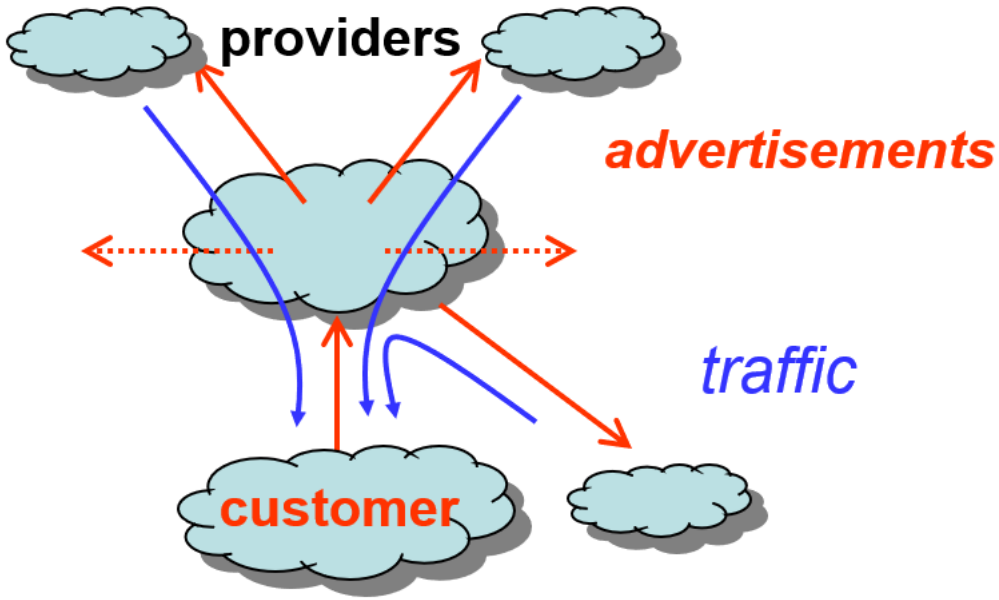


TIPI DI RELAZIONE: #1 CUSTOMER PROVIDER

Filtering

- Rotte dal customer: inoltrare a chiunque
- Rotte dal provider: inoltrare solo ai customers

From other destinations
To the customer

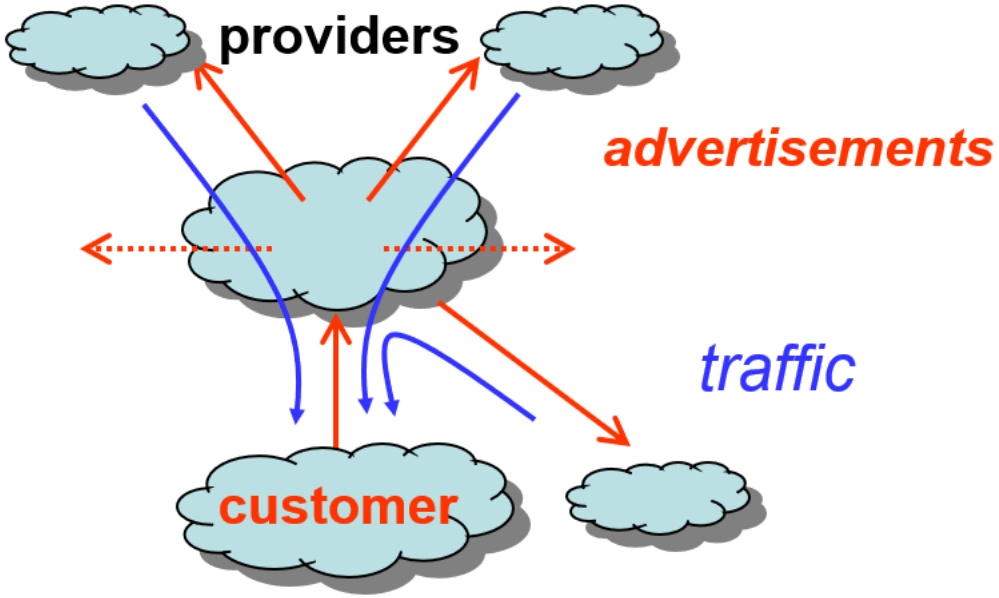


TIPI DI RELAZIONE: #1 CUSTOMER PROVIDER

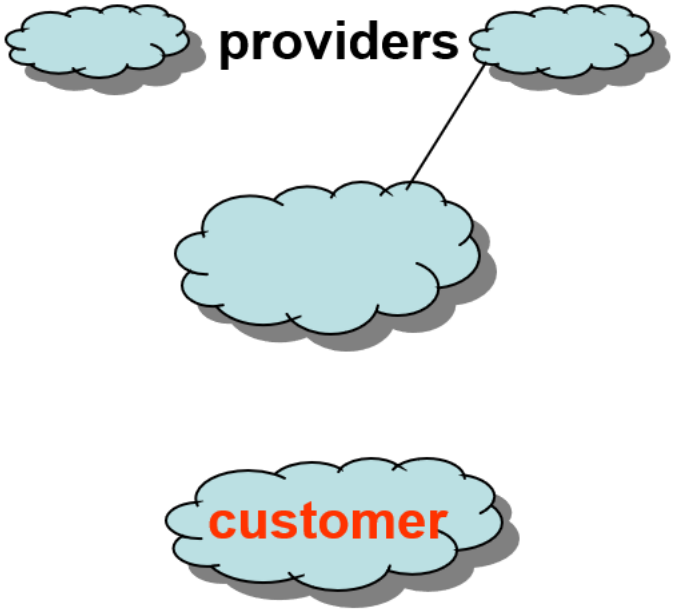
Filtering

- Rotte dal customer: inoltrare a chiunque
- Rotte dal provider: inoltrare solo ai customers

From other destinations
To the customer



From the customer
To other destinations

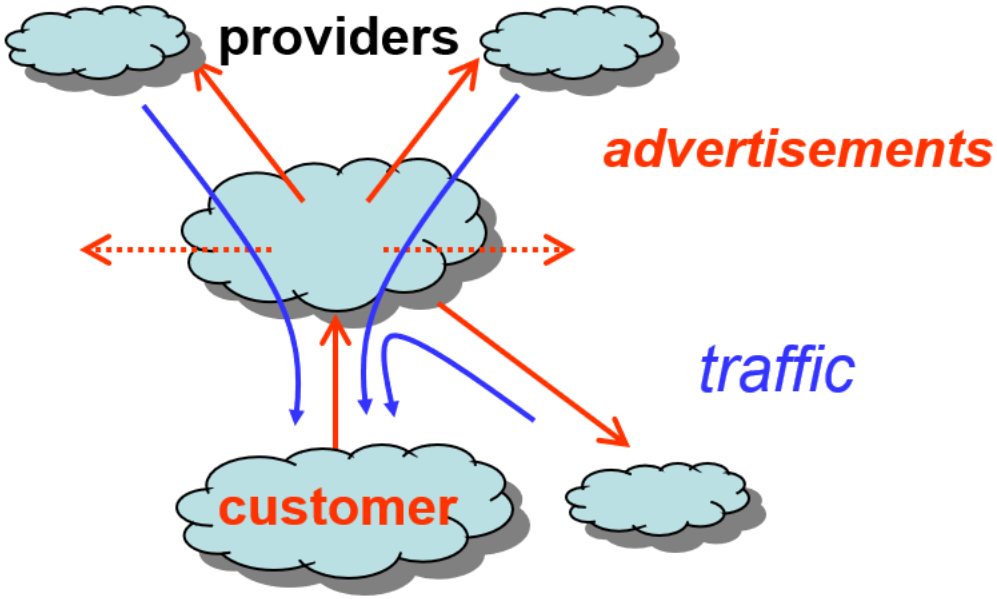


TIPI DI RELAZIONE: #1 CUSTOMER PROVIDER

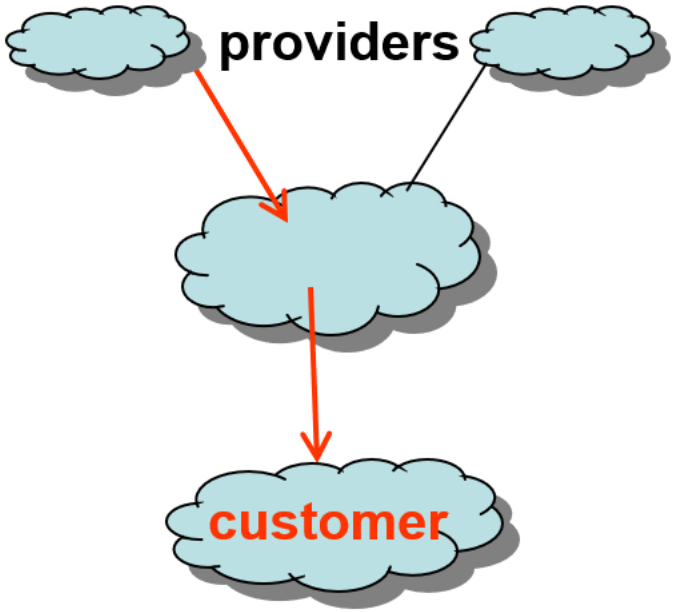
Filtering

- Rotte dal customer: inoltrare a chiunque
- Rotte dal provider: inoltrare solo ai customers

From other destinations
To the customer



From the customer
To other destinations

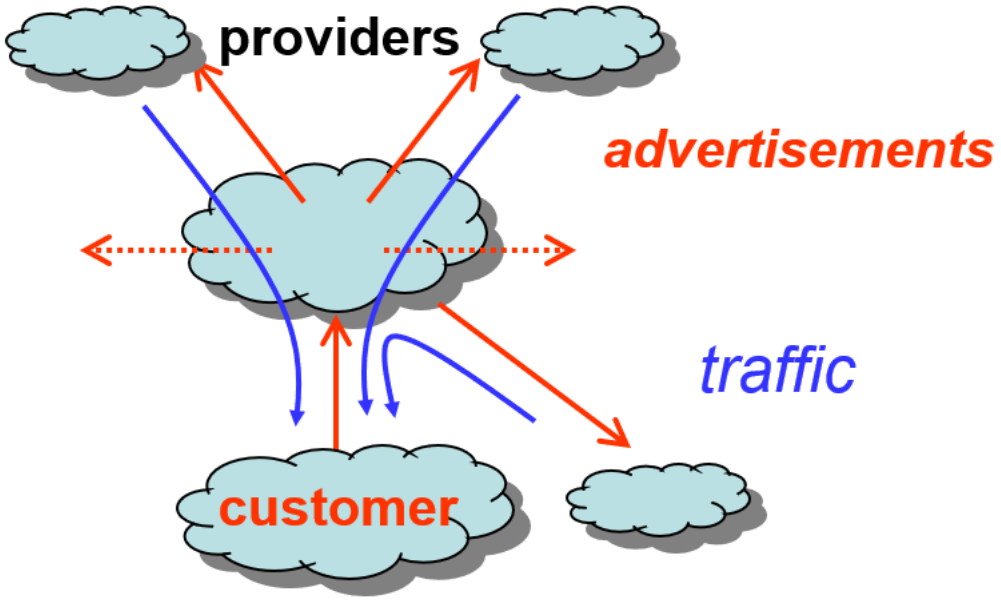


TIPI DI RELAZIONE: #1 CUSTOMER PROVIDER

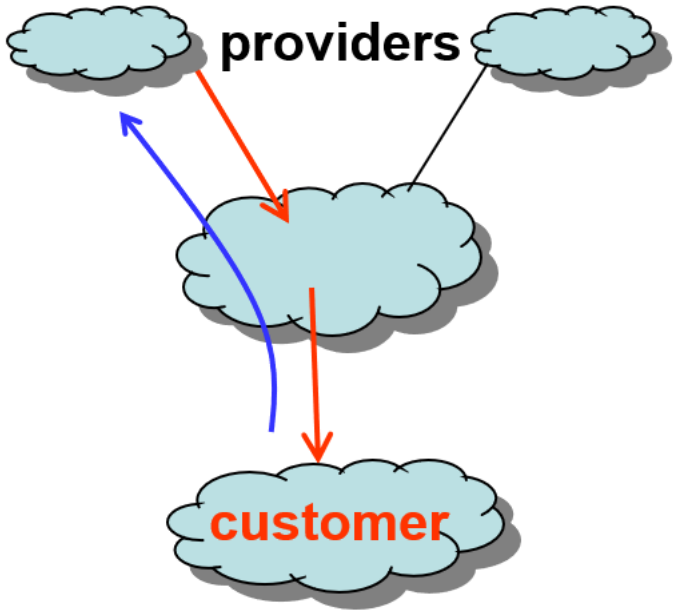
Filtering

- Rotte dal customer: inoltrare a chiunque
- Rotte dal provider: inoltrare solo ai customers

From other destinations
To the customer



From the customer
To other destinations

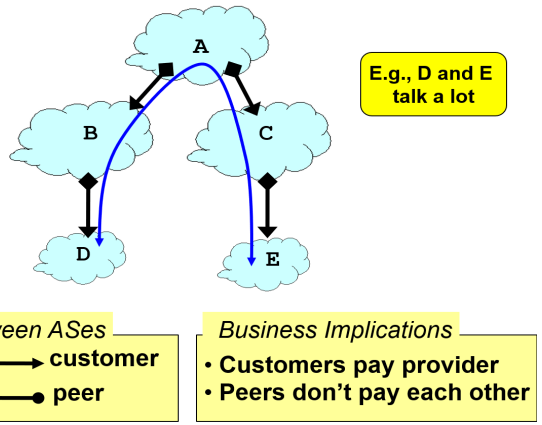


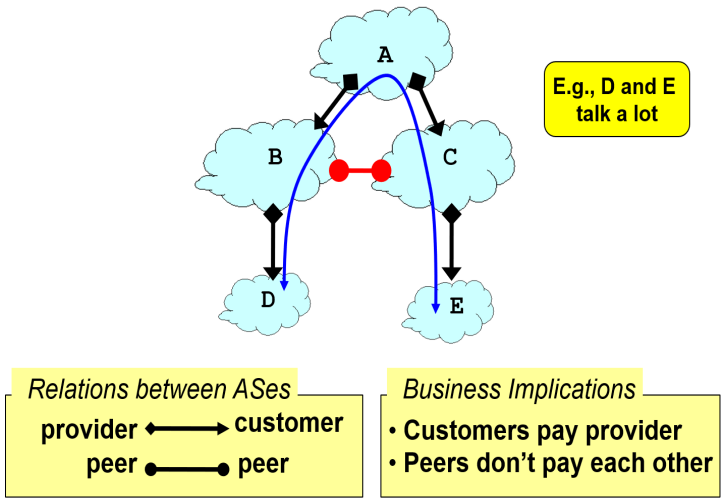
RELAZIONI ECONOMICHE TRA DOMINI

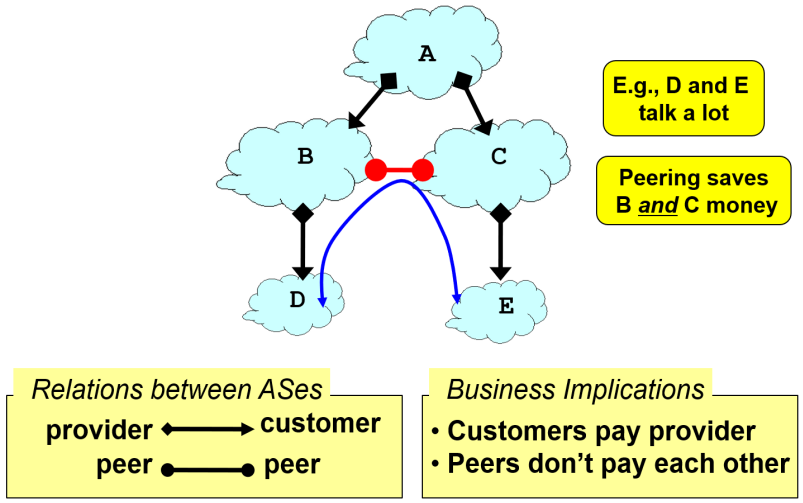
- Seconda categoria: peering relation

  (shared cost relation)

  - nessun pagamento tra i due domini
  - stabilita, in genere tra domini di dimensione e copertura geografica paragonabile
  - motivazione: risparmio del pagamento verso i providers.







RELAZIONI ECONOMICHE TRA DOMINI

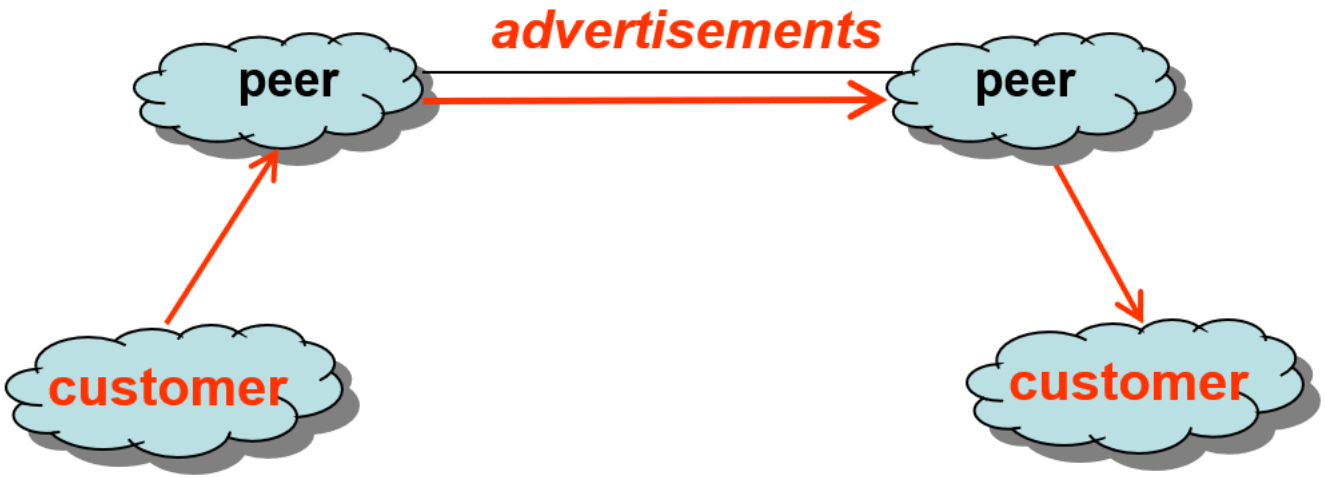
Peering relation: implicazioni sul processo di routing:

- un dominio notifica ad un dominio con cui ha stabilito una peering relation
  - solo rotte interne ed, eventualmente rotte che ha acquisito dai suoi customers
- questo assicura che
  - solo i pacchetti destinati al dominio locale o a uno dei suoi customers siano ricevuti mediante la peering relation
  - le rotte acquisite dal proprio provider non vengono notificate su questa peer relation
    - motivazione economica:
      - se il peer le notificasse all'altro peer, gli permetterebbe di usare il suo link a pagamento verso il provider senza alcun ritorno economico

TIPI DI RELAZIONE: #2 PEERING

Filtering

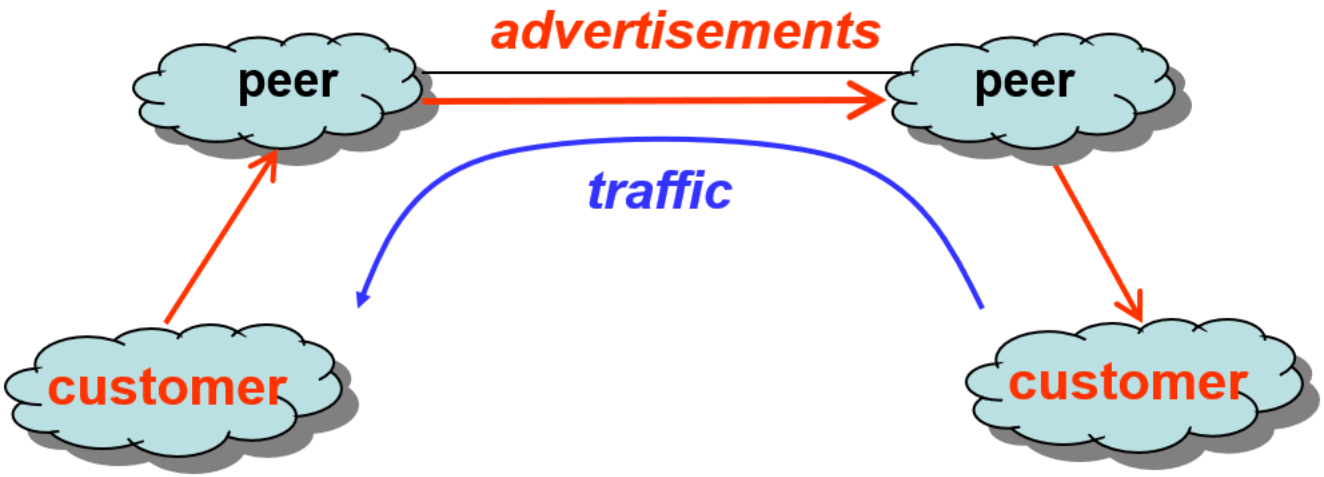
- Advertisement relativi solo ai propri customers
- Rotte da altri peer o providers non vengono notificate



TIPI DI RELAZIONE: #2 PEERING

Filtering

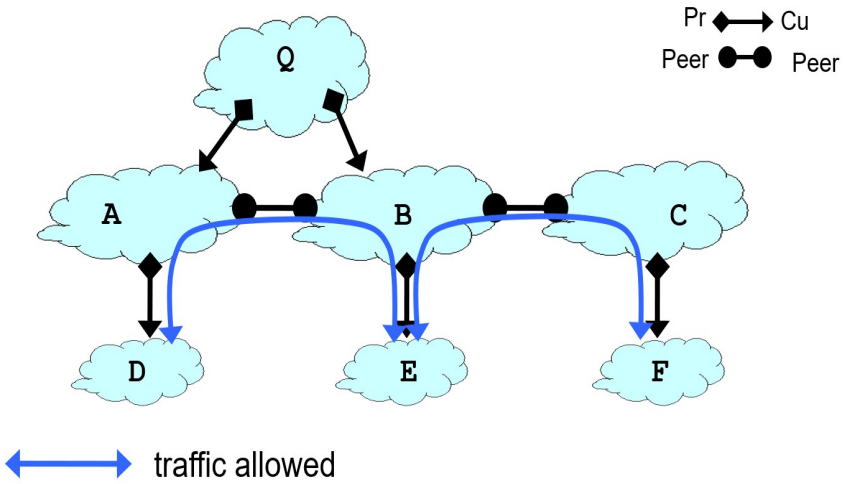
- Advertisement relativi solo ai propri customers
- Rotte da altri peer o providers non vengono notificate

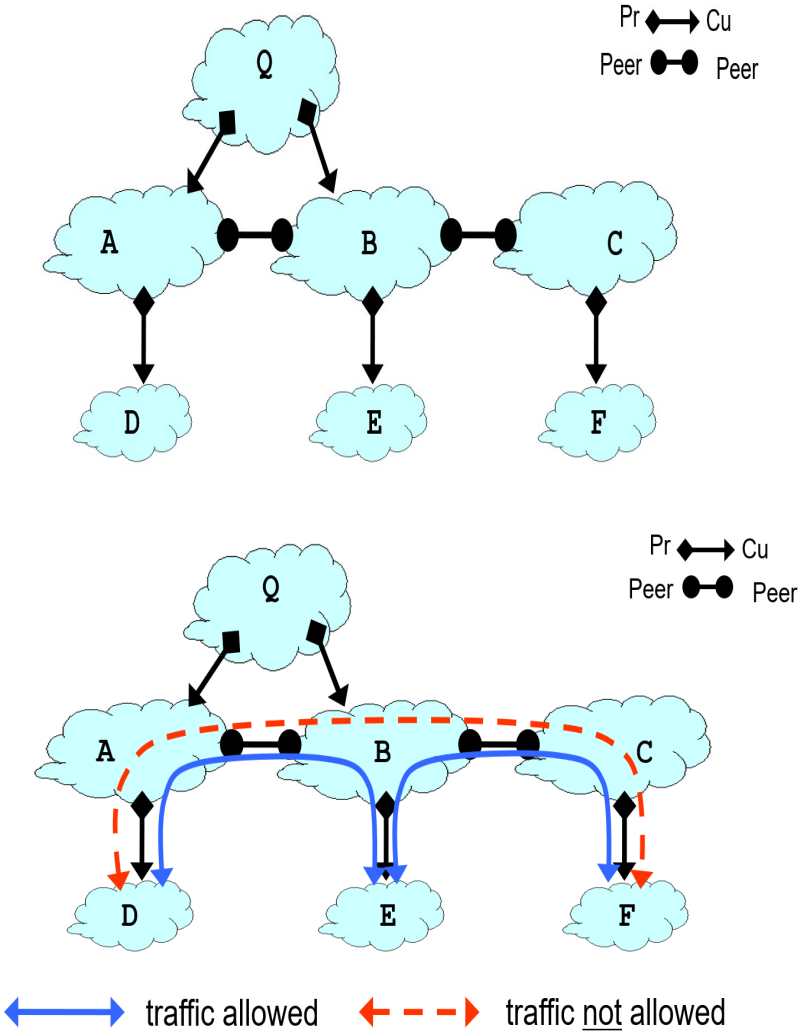


RELAZIONI ECONOMICHE TRA DOMINI

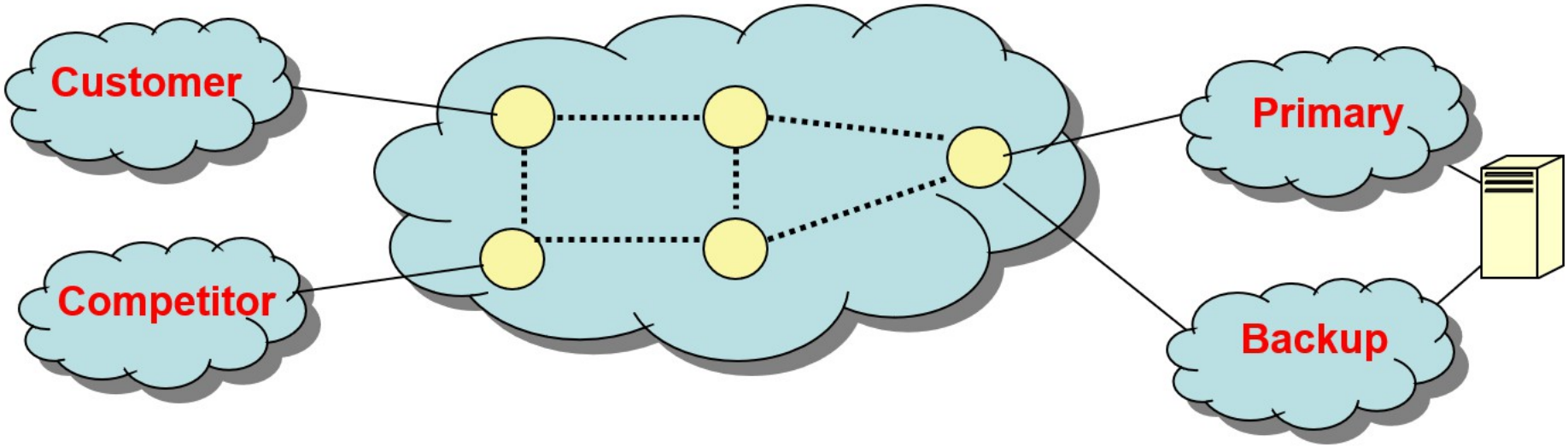
Peering relation: implicazioni sul processo di routing:

- un dominio non notifica le rotte che ha acquisito da un'altra peering relation
- se le notificasse, pemetterebbe al peer di usare la propria rete (che potrebbe essere estesa su più continenti) liberamente come rete intermedia per raggiungere l'altro



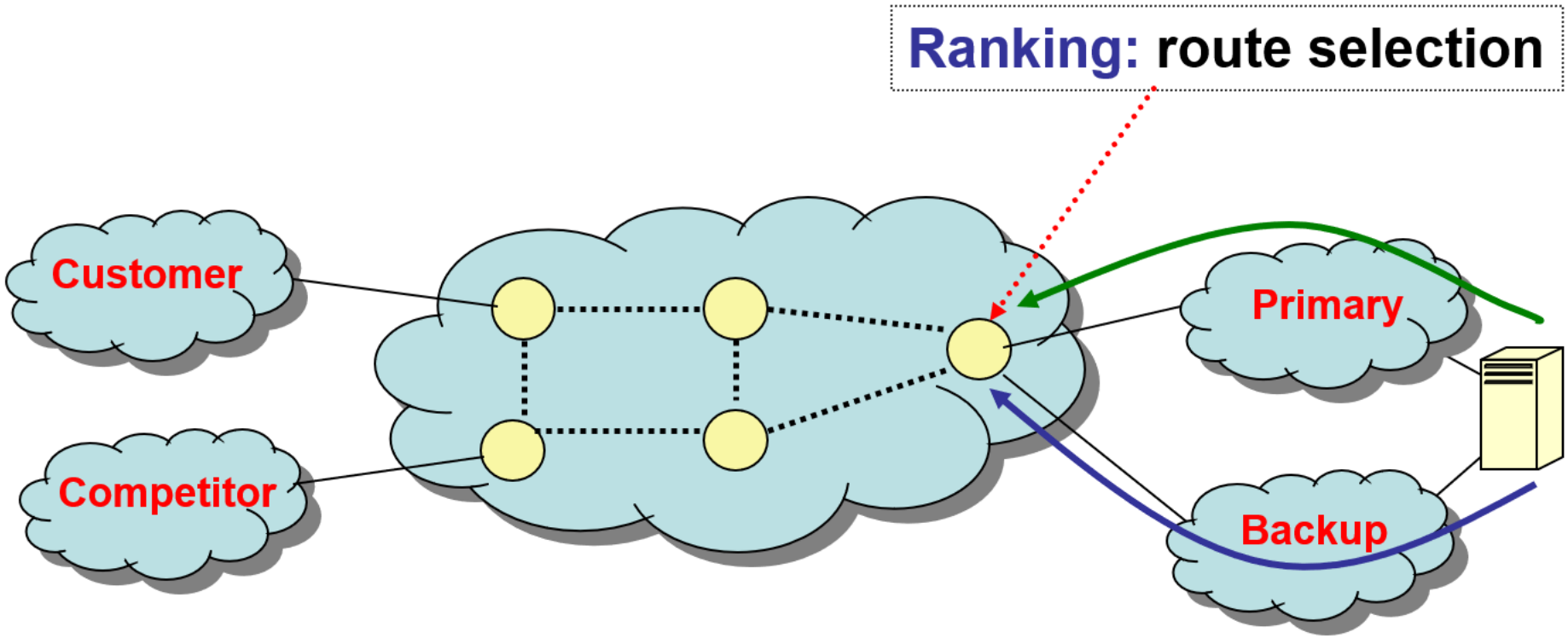


FILTERING AND RANKING

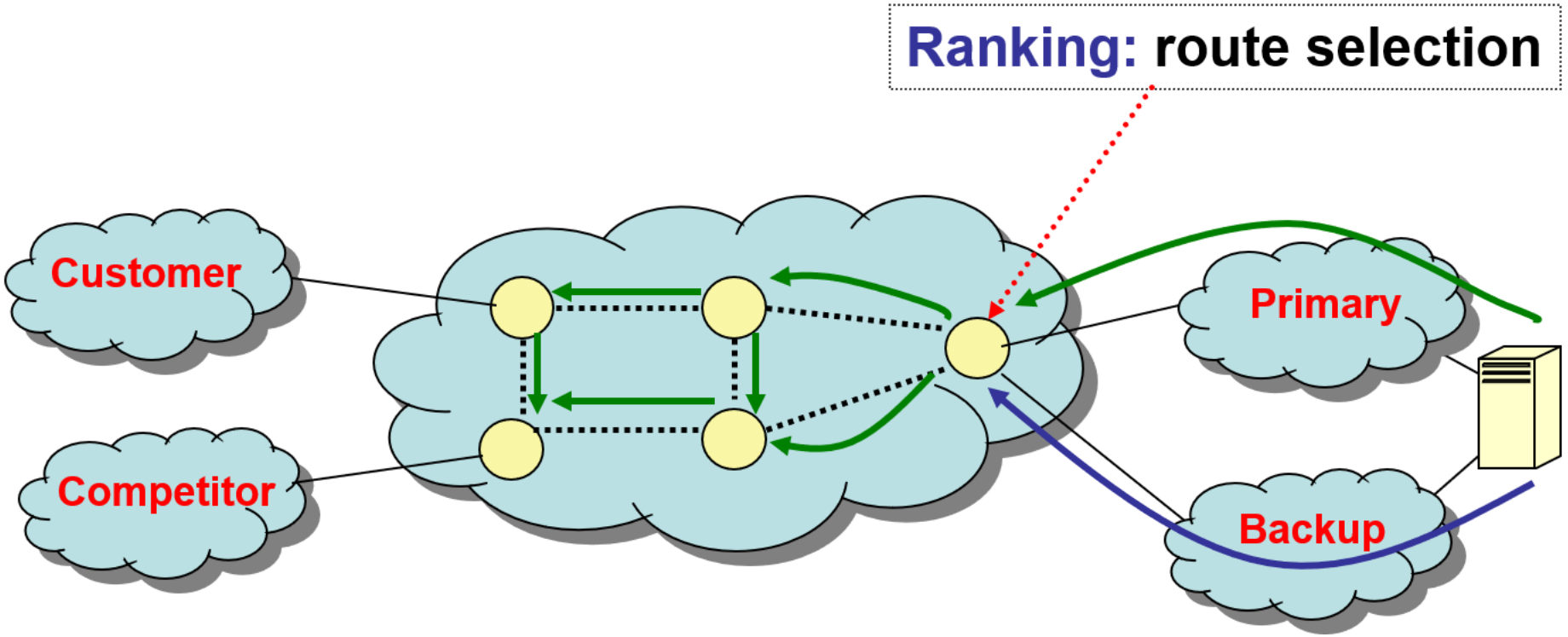


- import filter: specifica, per ogni relazione finanziaria, le rotte che possono essere accettate dai domini vicini
- export filter: specifica, per ogni relazione finanziaria, le rotte che possono essere notificate ai domini vicini
- ranking algorithm: usato per selezionare la miglior rotta tra tutte le rotte che il dominio ha ricevuto, verso lo stesso prefisso destinazione

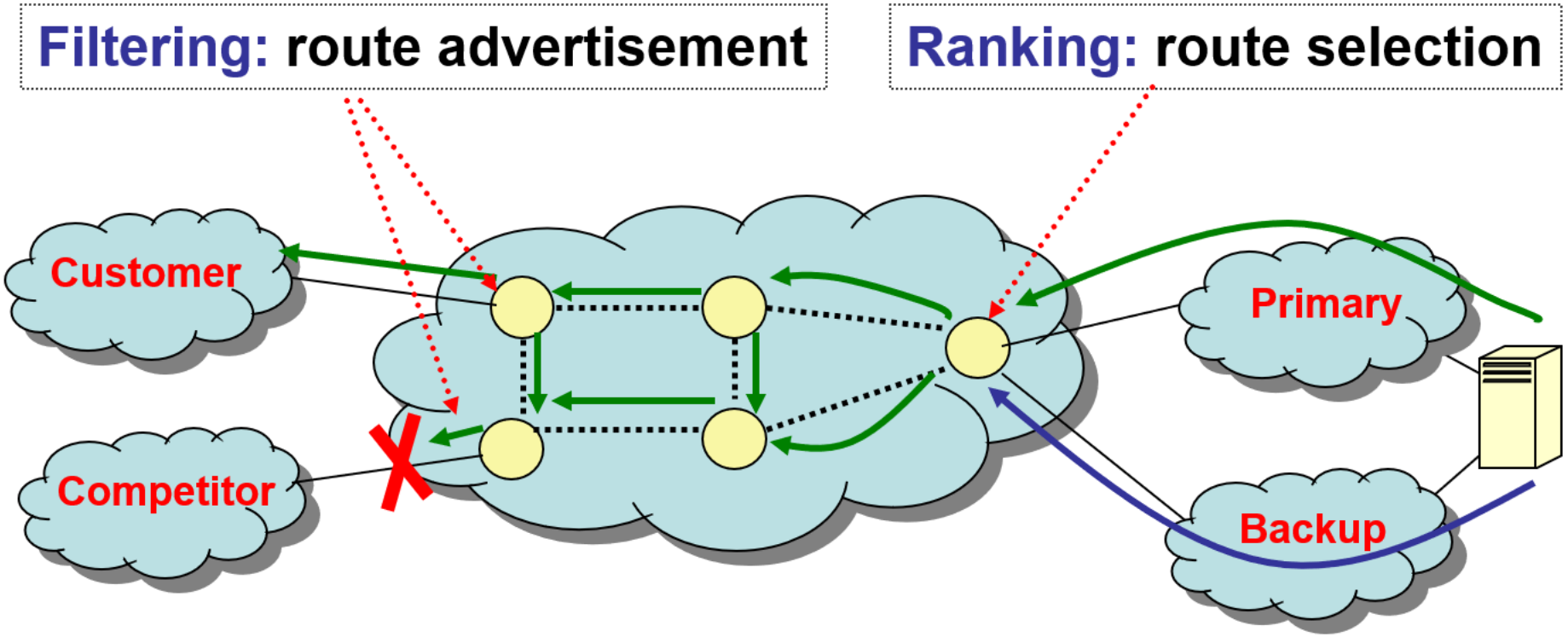
FILTERING AND RANKING



FILTERING AND RANKING



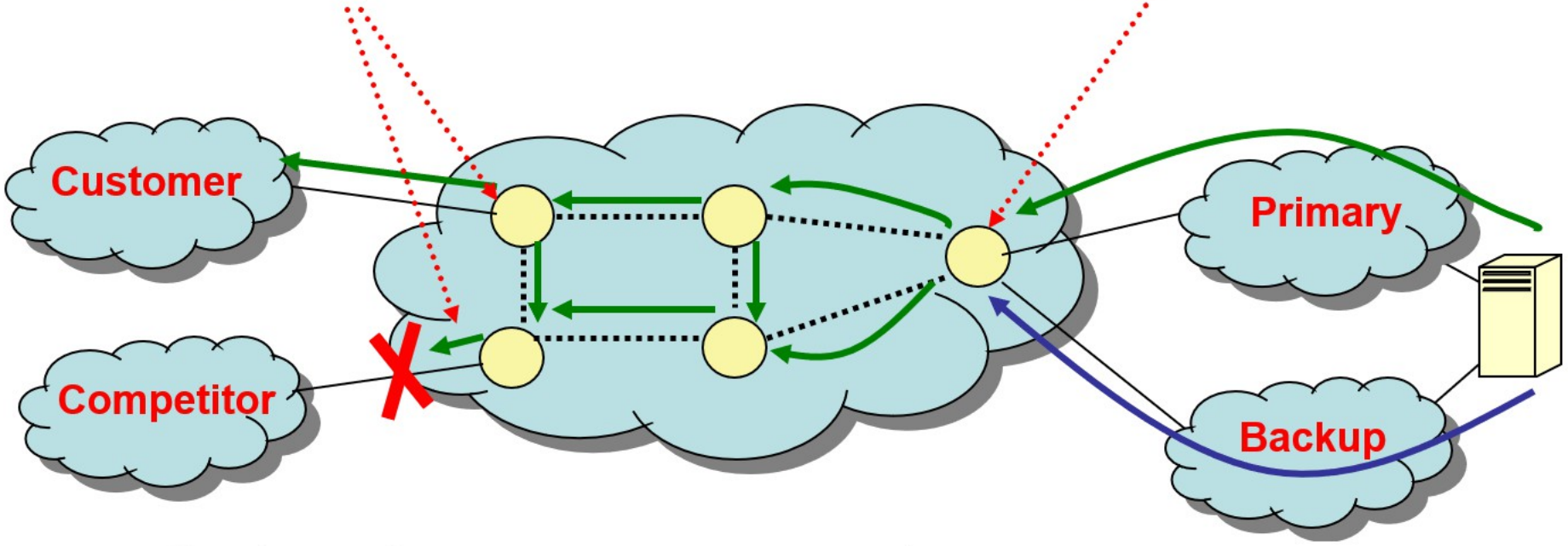
FILTERING AND RANKING



FILTERING AND RANKING

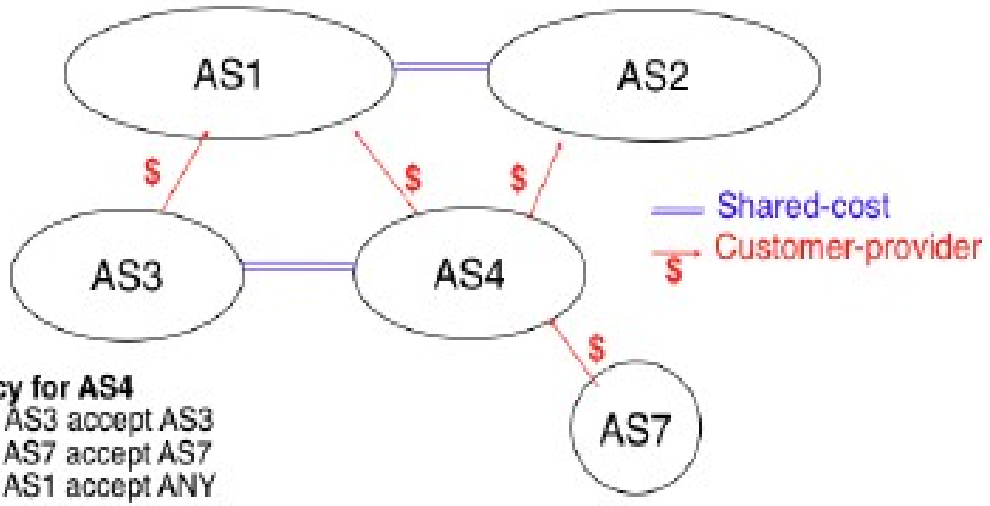
Filtering: route advertisement

Ranking: route selection



Type of neighboring AS	Ranking	Filtering
Customer	Most preferred	Advertise to all other ASes
Peer	Less preferred than routes through customer, more preferred than routes through provider	Advertise to customer ASes
Provider	Least preferred	Advertise to customer ASes

FILTERING AND RANKING: UN ESEMPIO



Import policy for AS4
Import: from AS3 accept AS3
import: from AS7 accept AS7
import: from AS1 accept ANY
import: from AS2 accept ANY

Export policy for AS4
export: to AS3 announce AS4 AS7
export: to AS7 announce ANY
export: to AS1 announce AS4 AS7
export: to AS2 announce AS4 AS7

Import policy for AS7
Import: from AS4 accept ANY

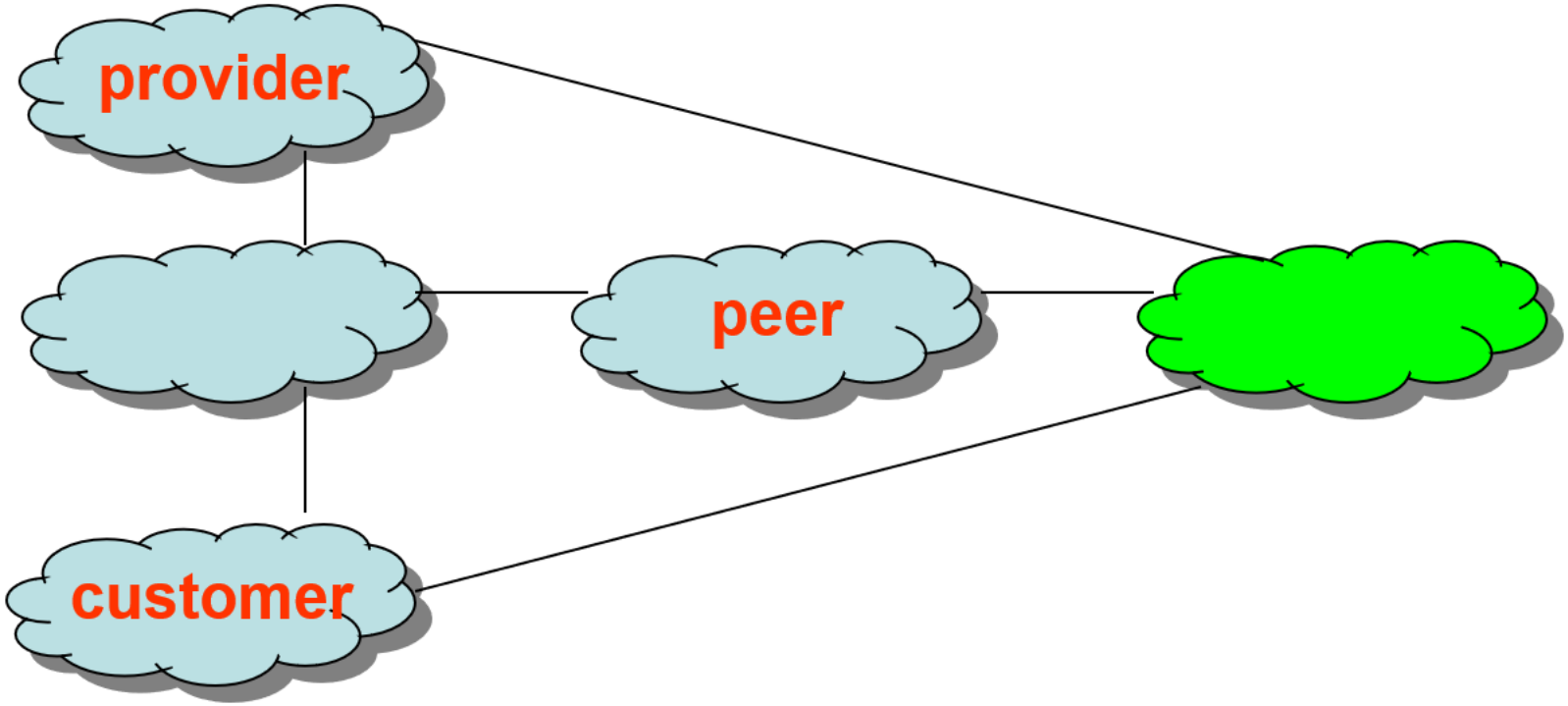
Export policy for AS4
export: to AS4 announce AS7

RELAZIONI ECONOMICHE TRA DOMINI

- un'importante utilizzazione dell'attributo **local-pref**, è quella di supportare le relazioni customer-provider oppure le relazioni di peering
  - un dominio guadagna se invia pacchetti mediante una relazione provider-customer
  - un dominio deve pagare il suo provider quando invia pacchetti su una relazione customer-provider
  - neutrale per relazioni di peering
- per prendere in considerazione i precedenti punti, i domini usualmente configurano i filtri nel modo seguente:
  - valore alto di local-pref alle rotte acquisite da un customer
  - valore medio di local-pref per le rotte acquisite da un peer
  - valore basso di local-pref per le rotte acquisite dal provider

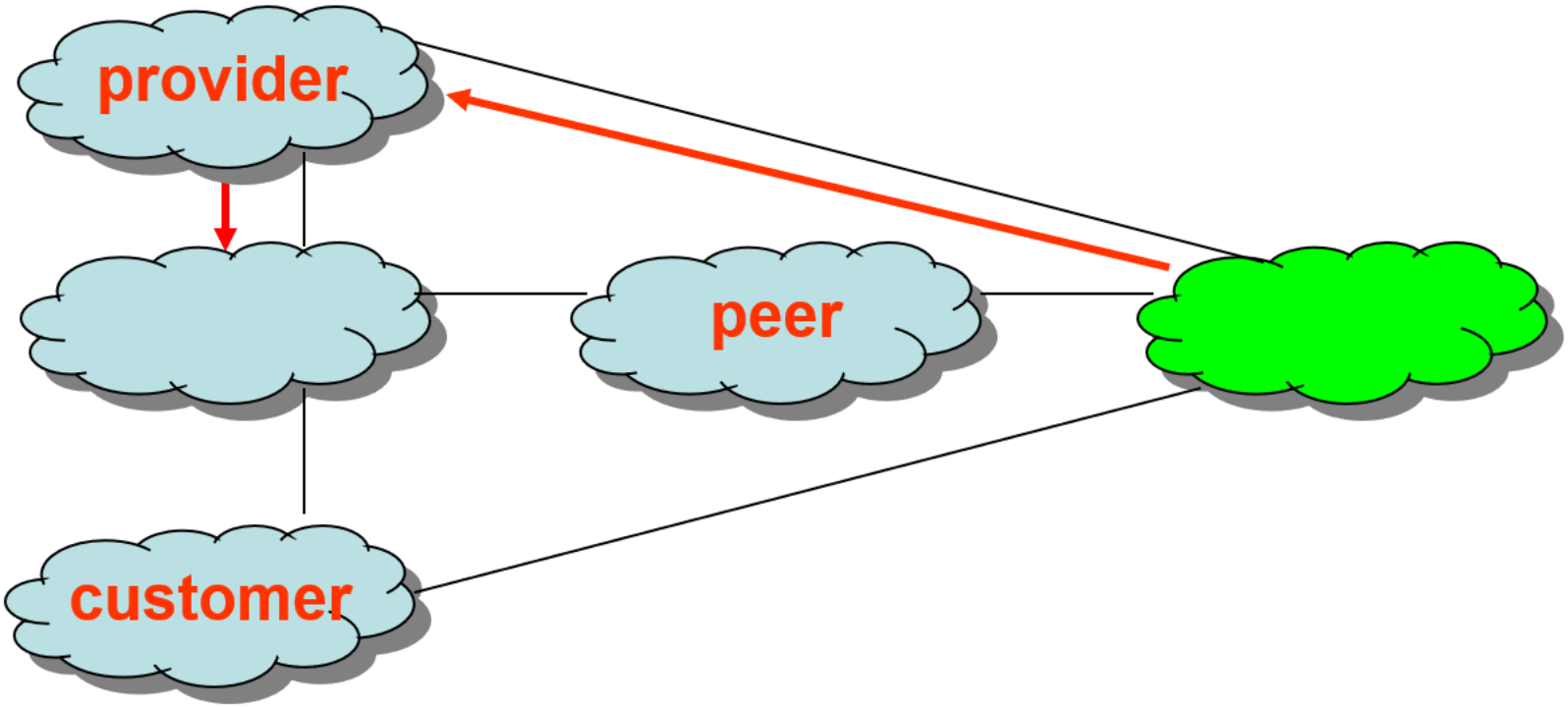
RANKING

- Le rotte dai customers prima delle rotte dai peer
- Le rotte dai peer prima delle rotte dai providers



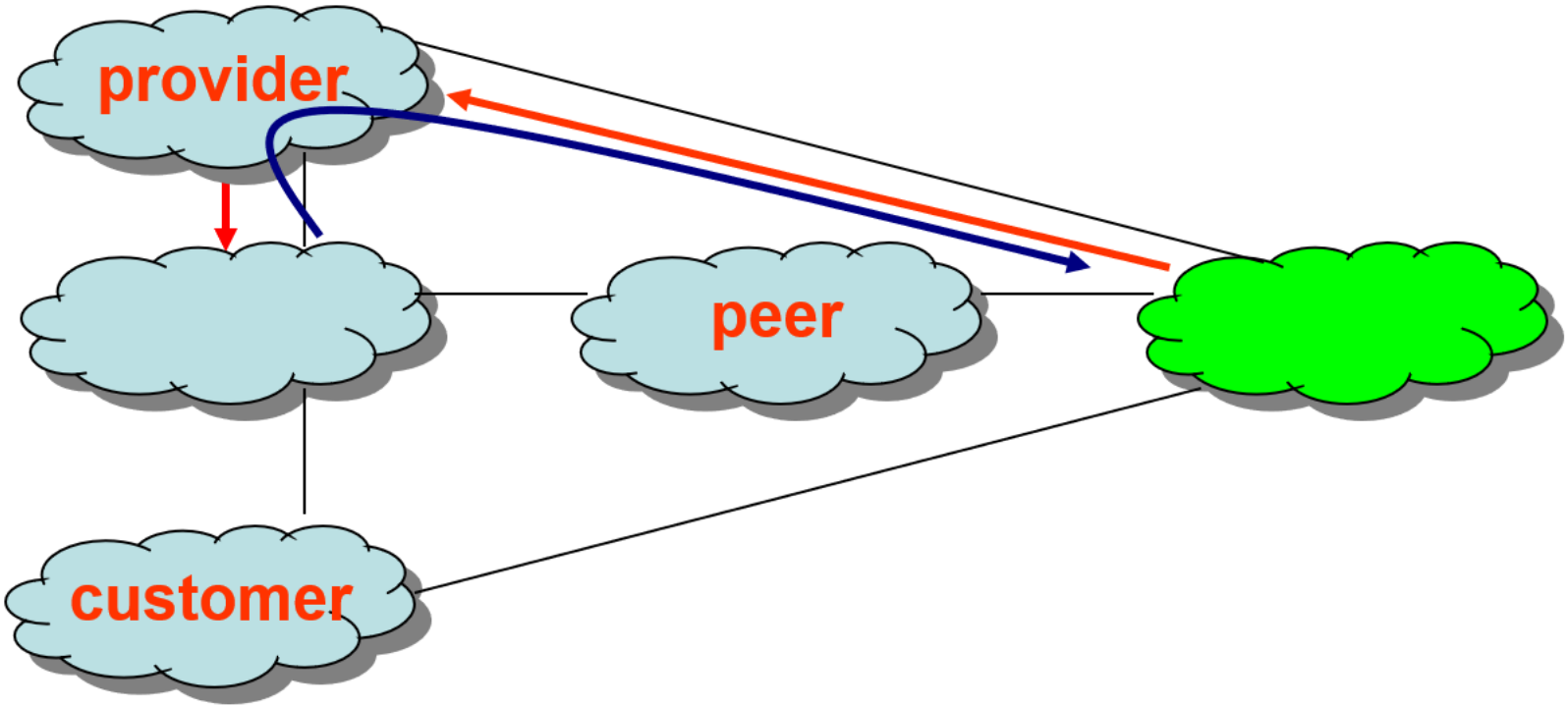
RANKING

- Le rotte dai customers prima delle rotte dai peer
- Le rotte dai peer prima delle rotte dai providers



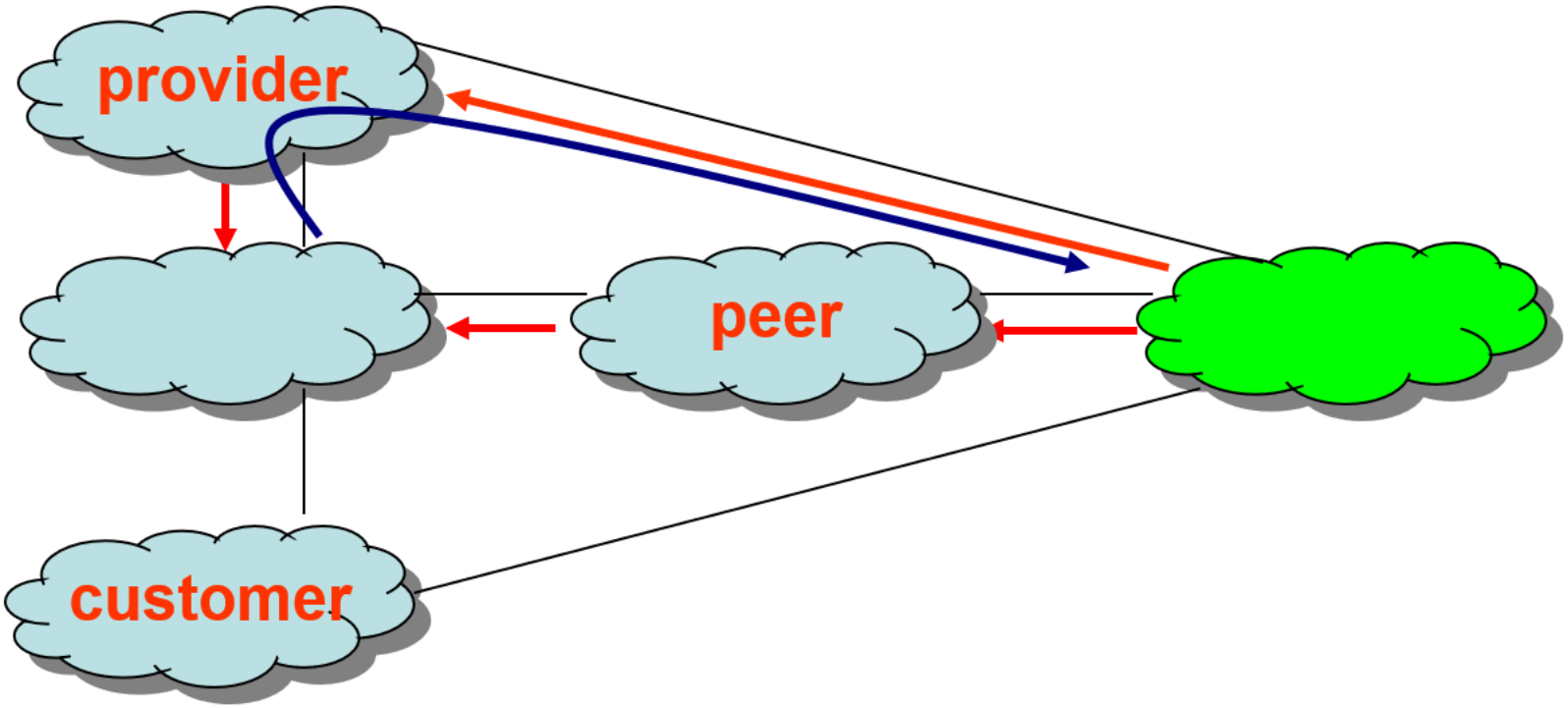
RANKING

- Le rotte dai customers prima delle rotte dai peer
- Le rotte dai peer prima delle rotte dai providers



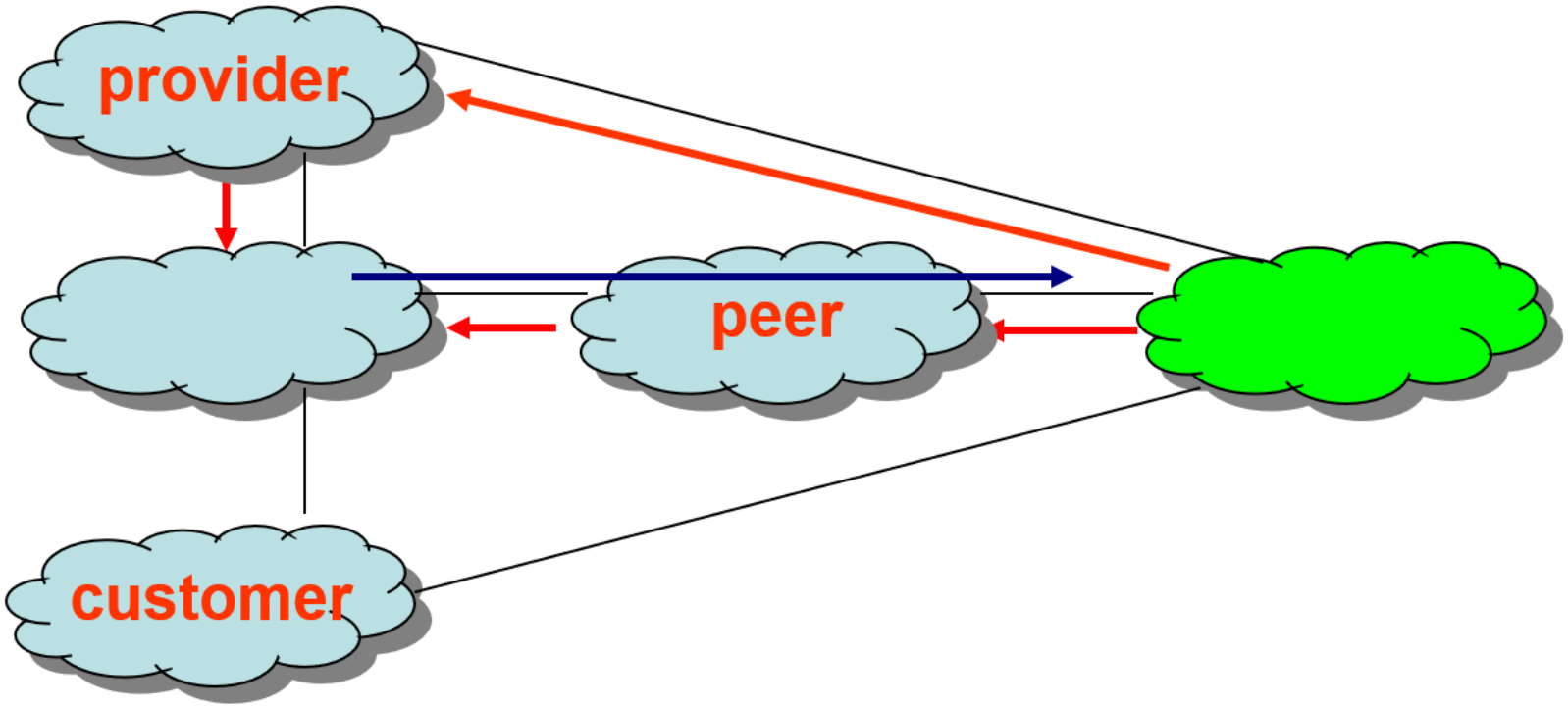
RANKING

- Le rotte dai customers prima delle rotte dai peer
- Le rotte dai peer prima delle rotte dai providers



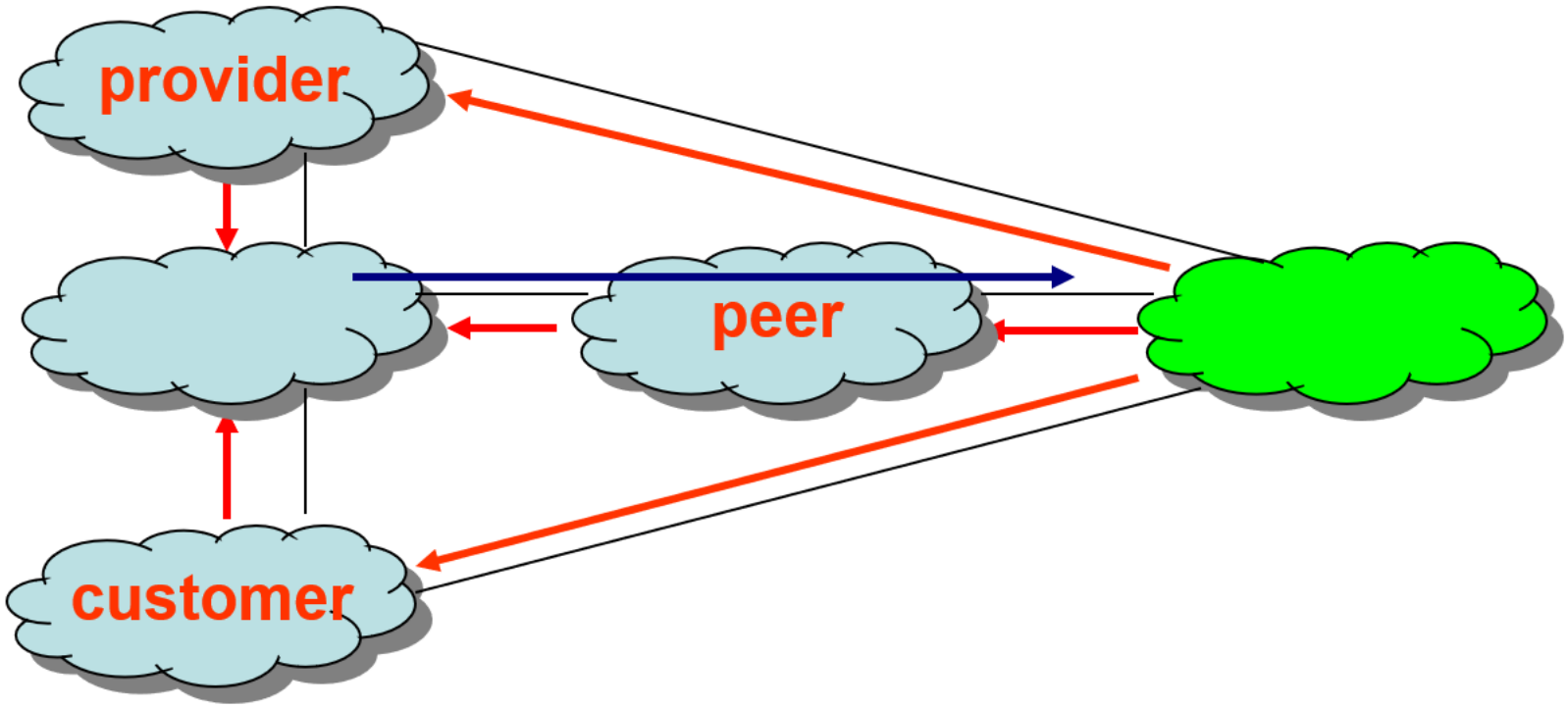
RANKING

- Le rotte dai customers prima delle rotte dai peer
- Le rotte dai peer prima delle rotte dai providers



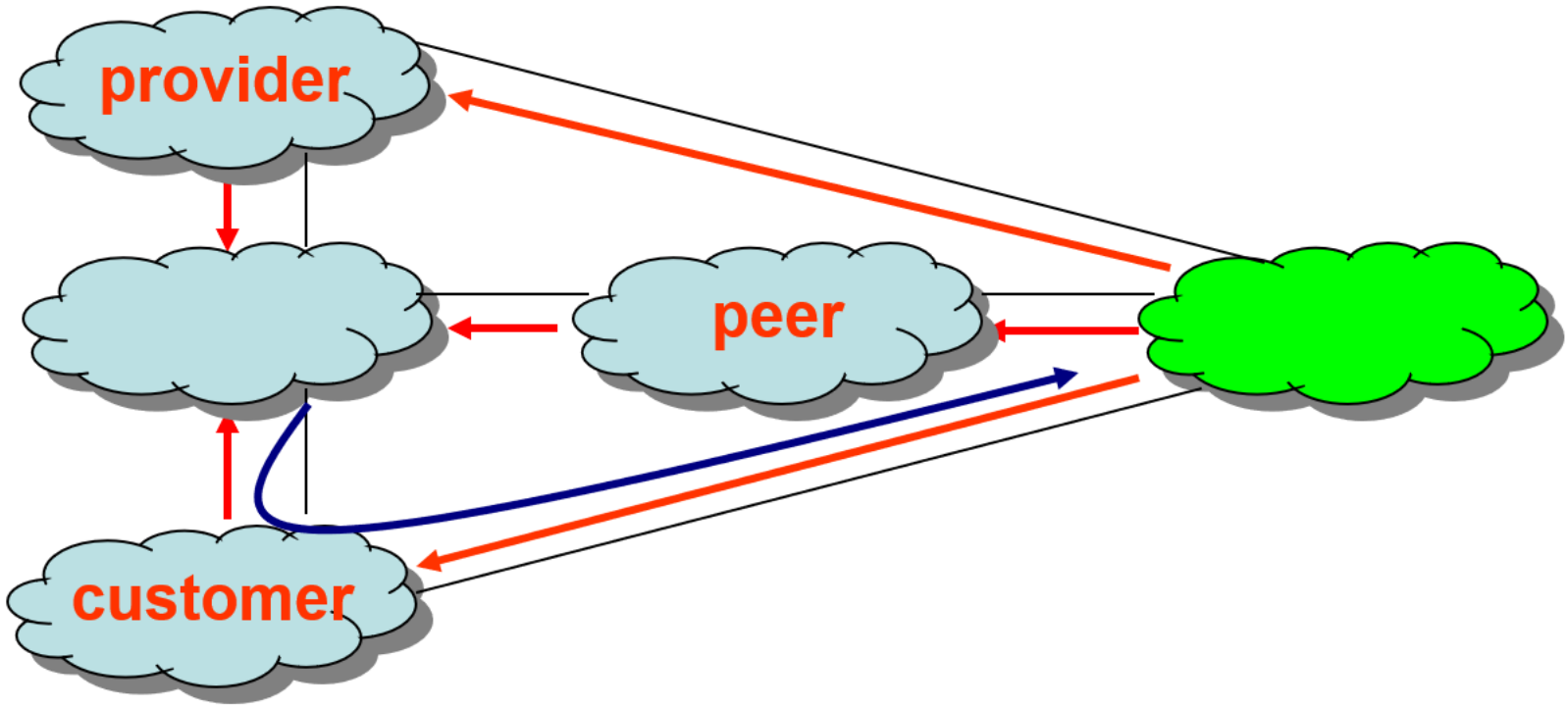
RANKING

- Le rotte dai customers prima delle rotte dai peer
- Le rotte dai peer prima delle rotte dai providers



RANKING

- Le rotte dai customers prima delle rotte dai peer
- Le rotte dai peer prima delle rotte dai providers



BGP: CONCLUSIONI

- Problemi di sicurezza di BGP
  - gli advertisement inviati da un router di bordo non sono autenticati
  - un router di bordo può diffondere advertisement falsi al resto di Internet
- utilizzare BGP come strumento per implementare censura su Internet:
  - accaduto in diversi paesi
  - un regional ISP notifica un ai suoi customers blackhole path a qualche prefisso Internet
  - invece di connettere i suoi customer al resto di Internet, il blackhole path porta ad un diverso indirizzo IP che può eliminare i pacchetti oppure notificare ai propri customers che essi sono stati bloccati.
- Esempio famoso: nel 2008, Pakistan Telecom e Youtube
  - https://www.youtube.com/watch?v=IzLPKuAOe50

BGP: PROBLEMI DI SICUREZZA

- esempio famoso: nel 2008, Pakistan Telecom ha deciso di bloccare l'accesso a Youtube ai suoi customers
- invece di notificare il blackhole path solo ai suoi customers, la notifica venne spedita ad altri domini vicini che, a sua volta, la notificarono ricorsivamente
- in breve tempo tutta Internet inviava pacchetti destinati a Youtube a questo blackhole path
- problema risolto con intervento manuale degli operatori
- mancanza di autenticazione in BGP rende questi attacchi facilmente implementabili
- sviluppo di versioni sicure di BGP?