

Corso di Laurea in Ingegneria delle Telecomunicazioni



Corso di Reti di Calcolatori

Docente: Simon Pietro Romano
spromano@unina.it

Routing

—

Parte terza:

Internet e il routing gerarchico



Il routing in Internet: com'era

- Negli anni 80 l'architettura di Internet era molto semplice:
 - c'era un'unica rete backbone
 - ogni rete fisica era collegata alla backbone da un core router:
 - ogni core router conosceva le rotte per tutte le reti fisiche



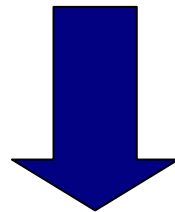
Il routing in Internet: problematiche

- Non è accettabile che ci sia un unico proprietario per la backbone di tutta la rete
- Non tutte le reti fisiche possono essere collegate direttamente alla backbone
- Soluzione non scalabile:
 - al crescere del numero di core router diventa impossibile mantenerli tutti aggiornati...



Il routing in Internet: com'è

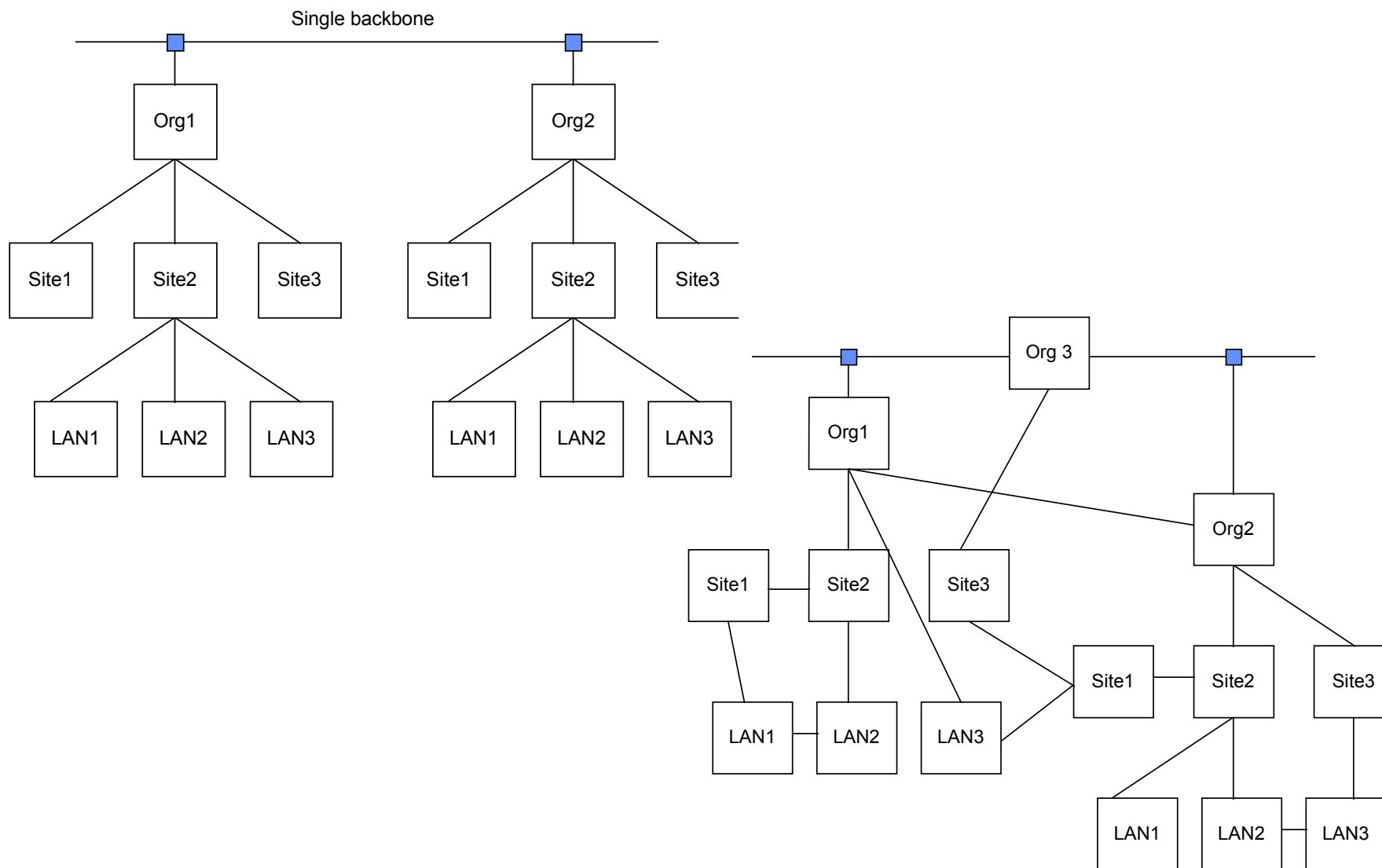
- Reti con *Peer Backbone*:
 - prevedono l'esistenza di diverse dorsali:
 - gli amministratori delle reti backbone devono concordare una politica di routing per evitare la creazione di cicli
 - i core router delle diverse reti devono scambiarsi informazioni sulle rotte



Routing Gerarchico



Il routing in Internet: com'era e com'è





Il routing in Internet: com'è

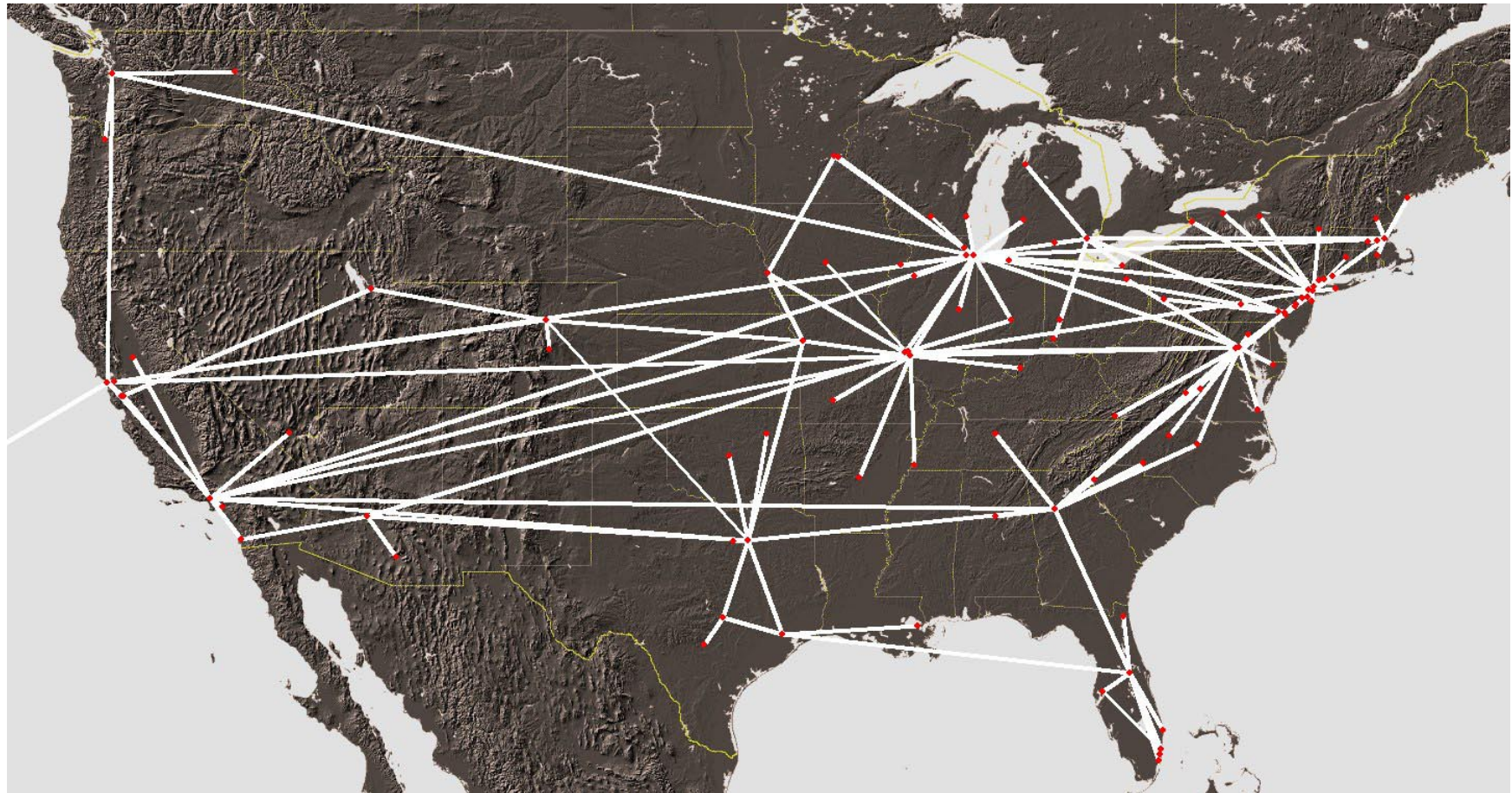
- Ai nostri giorni Internet è strutturata come un insieme di **Autonomous System** (AS):
 - un AS è una collezione di reti amministrate da un'unica autorità
- Ogni AS contiene un numero limitato di reti:
 - la gestione delle informazioni di routing all'interno dell'AS è più semplice



Il Routing in presenza di Autonomous System

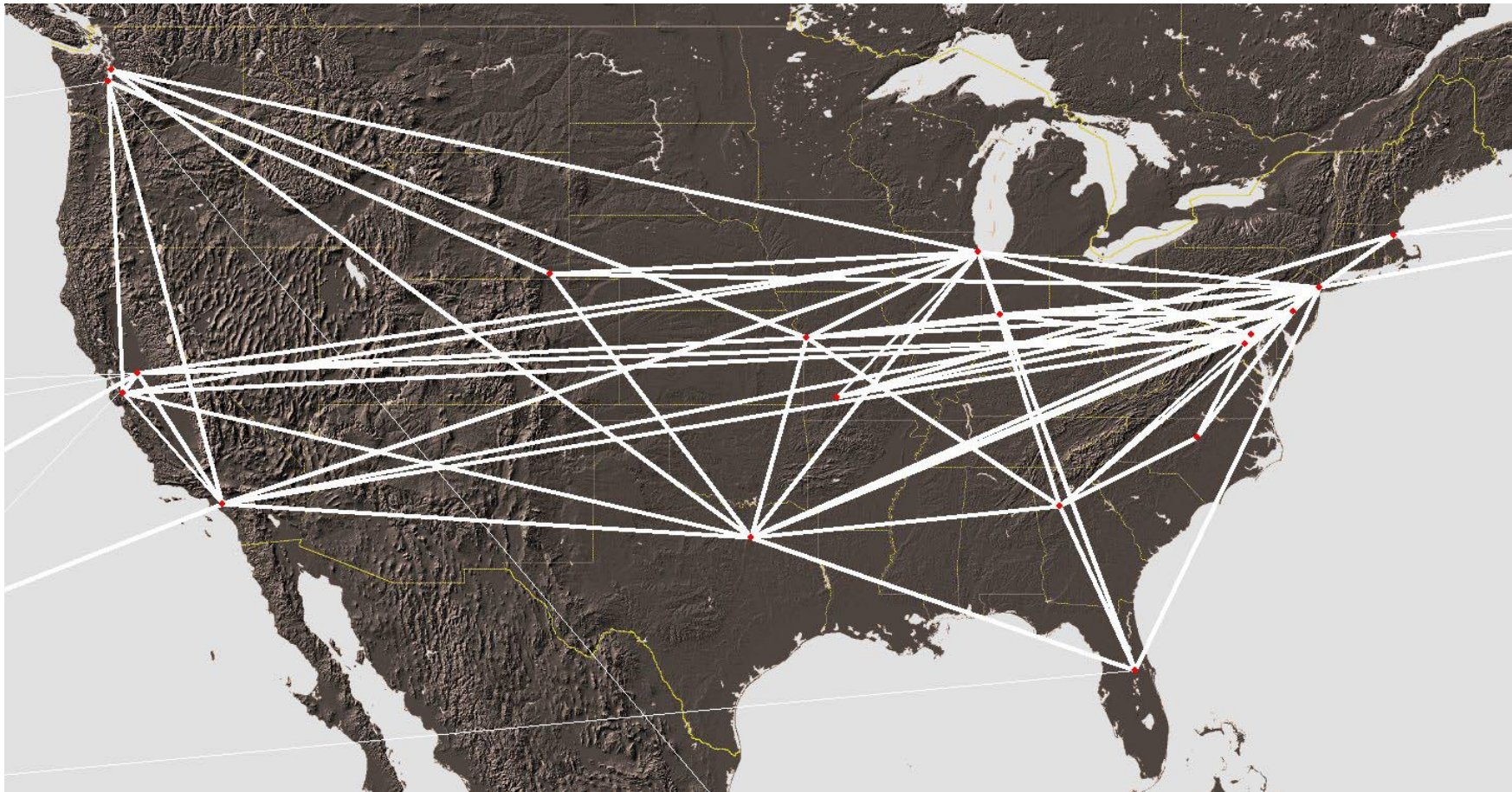
- Ogni AS è responsabile del routing all'interno delle sue reti:
 - **routing interno**
- Gli AS devono scambiarsi informazioni di raggiungibilità:
 - **routing esterno**
 - garantisce la correttezza e la consistenza delle informazioni memorizzate nelle tabelle dei router
- Ogni AS deve essere identificato da un nome:
 - AS number (16 bit)

AT&T (AS-7018)



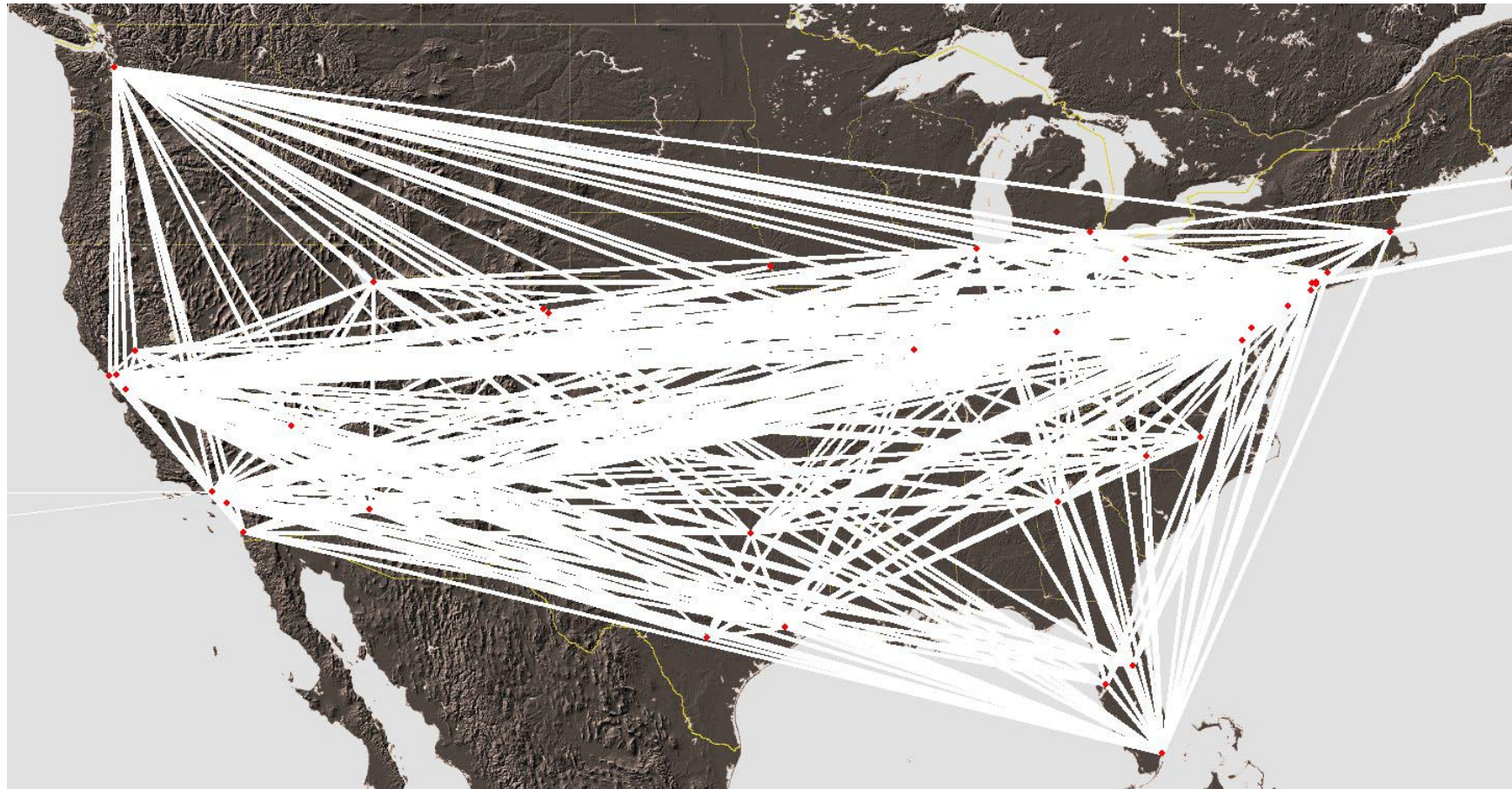
Background image courtesy JHU, applied physics labs

Sprint (AS-1239)



Background image courtesy JHU, applied physics labs

Level3 (AS-3356)



Background image courtesy JHU, applied physics labs



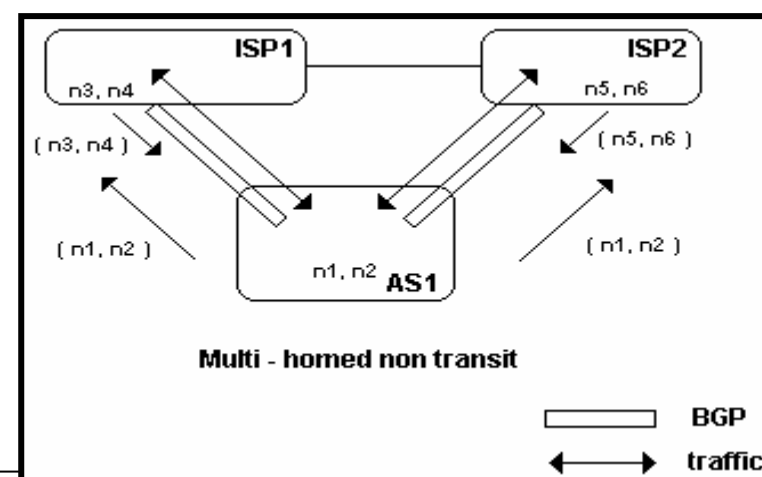
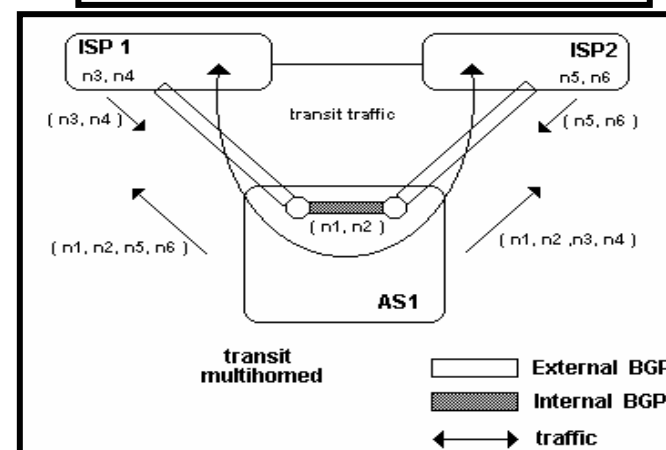
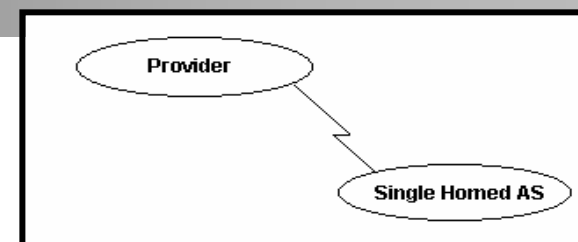
Routing interno e routing esterno

- Le tabelle di routing interne di un AS sono mantenute dall'**Interior Gateway Protocol** (IGP):
 - i messaggi IGP sono scambiati tra router appartenenti al medesimo AS
 - contengono solo informazioni sulle reti dell'AS
 - RIP (distance vector)
 - OSPF (link state)
 - IGRP (Interior Gateway Routing Protocol -- Cisco)
- Le tabelle di routing esterne di un AS sono mantenute dall'**Exterior Gateway Protocol** (EGP):
 - i messaggi EGP sono scambiati tra router designati dai rispettivi AS (border router)
 - contengono informazioni sulle rotte conosciute dai due AS
 - EGP (Exterior Gateway Protocol), ormai obsoleto
 - BGP (Border Gateway Protocol): approccio *path vector*



Tipi di AS

- Un solo border router:
 - *stub o single-homed*:
 - (piccole corporate)
- Più border router:
 - *multi-homed*:
 - **transit** (provider)
 - accetta di essere attraversato da traffico diretto ad altri AS
 - **non-transit** (grandi corporate)
 - non accetta di essere attraversato da traffico diretto ad altri AS





I gateway router

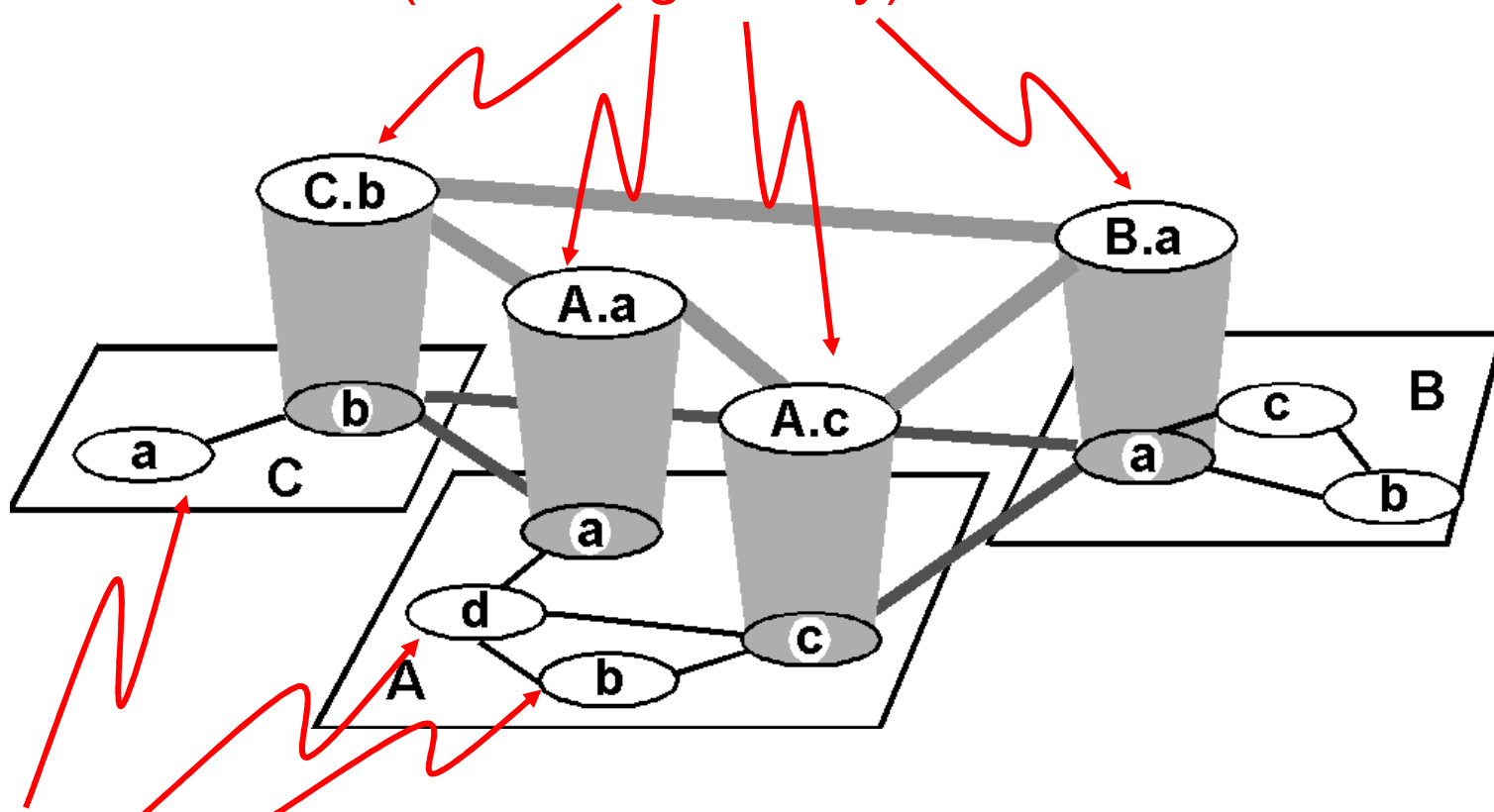
Sono speciali router dell'AS, che:

- eseguono protocolli di *routing intra-AS* con altri router appartenenti all'AS
- sono, inoltre, responsabili del routing verso destinazioni esterne al proprio AS:
 - a tal fine, eseguono un protocollo di *routing inter-AS* con altri gateway router

Instradamento gerarchico in Internet (1/4)



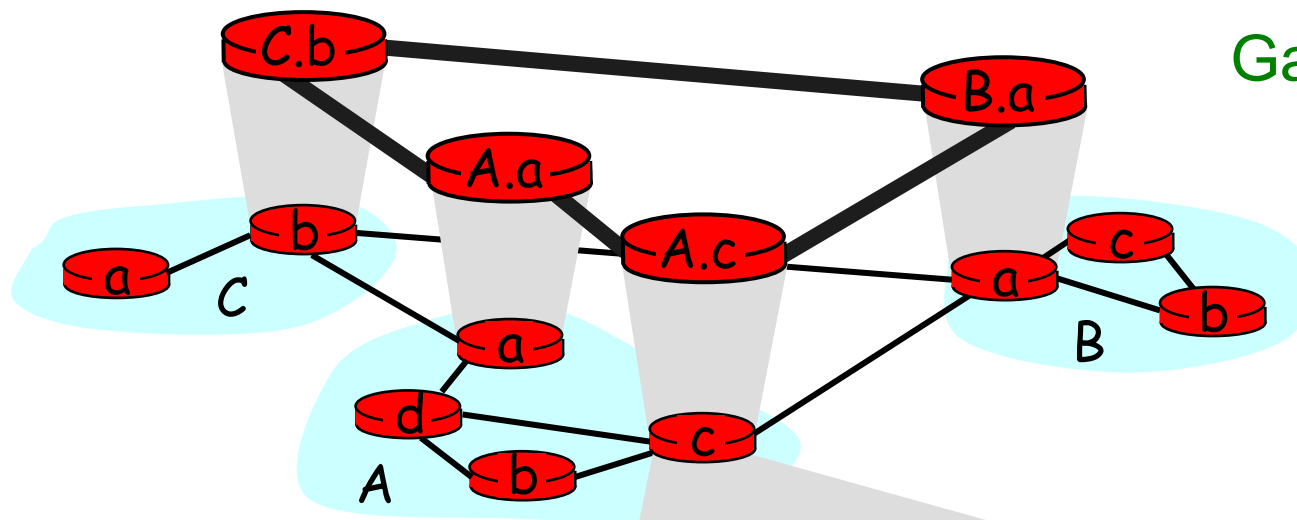
Inter-AS border (exterior gateway) routers



Intra-AS interior (gateway) routers



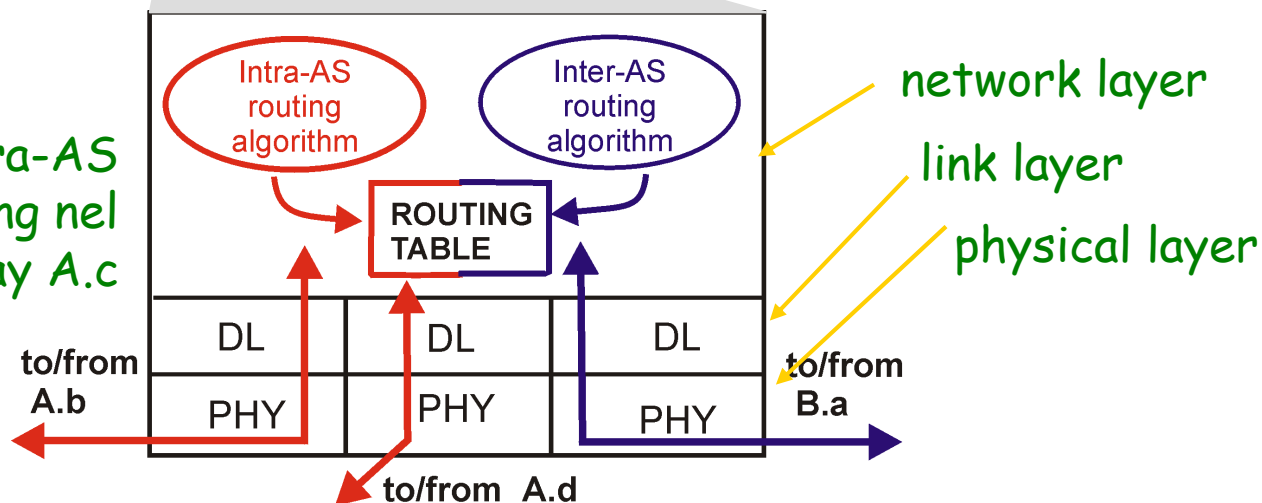
Instradamento gerarchico in Internet (2/4)



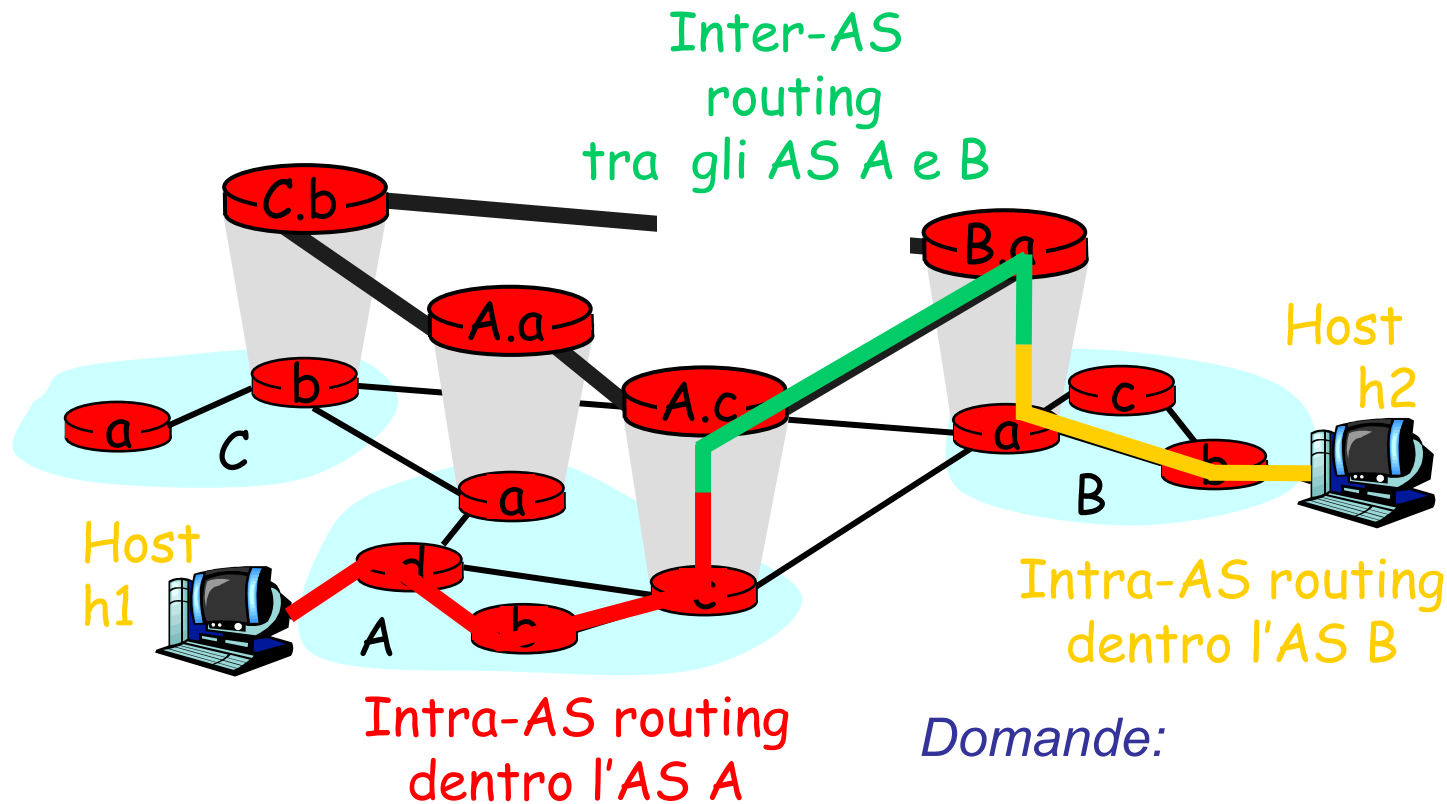
Gateway:

- eseguono inter-AS routing fra loro
- eseguono intra-AS routing con altri router nel loro AS

inter-AS, intra-AS routing nel gateway A.c



Instradamento gerarchico in Internet (3/4)



Domande:

- Cosa sa il router A.d ?
- Cosa sa il router A.c ?
- Cosa sa il router B.a ?

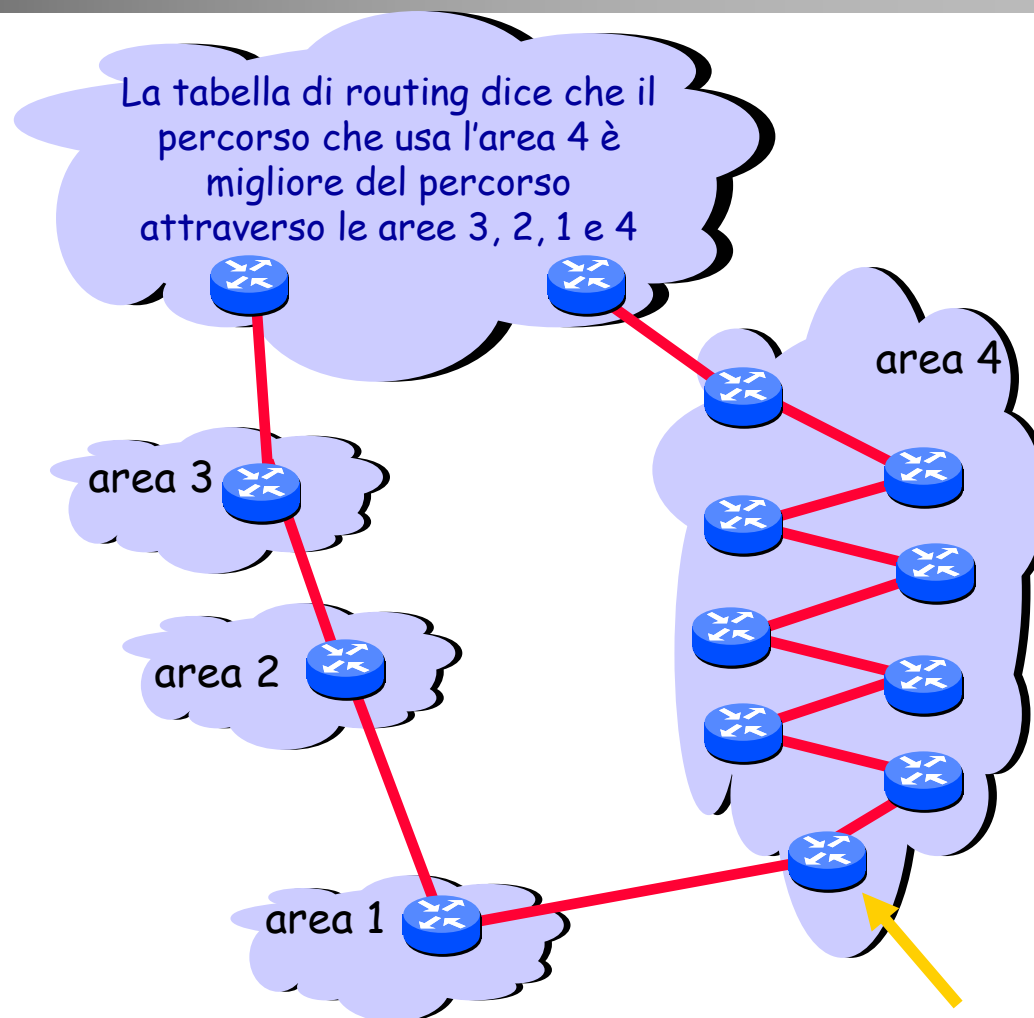


Routing Gerarchico vs Routing Piatto

- Il routing gerarchico è usato per migliorare la scalabilità:

- con 150 milioni di destinazioni:
 - non è possibile memorizzare tutte le destinazioni nelle routing table
 - lo scambio di tabelle di routing così grandi diminuisce notevolmente la banda utilizzata

Ma...





Border Gateway Protocol (BGP)

- Uno standard *de facto*
- Il più diffuso protocollo EGP
 - sviluppato nell'89
 - attualmente arrivato alla versione 4
- Utilizza la tecnica *path vector*
 - generalizzazione della tecnica distance vector
 - ogni messaggio contiene una lista di percorsi
- Ogni Border Gateway comunica a tutti i vicini l'intero cammino (cioè la sequenza di AS) per verso una specifica destinazione



BGP: un esempio

- Il gateway X può memorizzare, per la destinazione Z, il seguente cammino:

$$\text{Path (X,Z)} = X, Y1, Y2, Y3, \dots, Z$$

- Il gateway X manda il suo cammino al peer gateway W
- Il gateway W può scegliere se selezionare il cammino offerto dal gateway X, in base, ad esempio:
 - al costo
 - a questioni politico/economiche
- Se W seleziona il cammino annunciato da X:

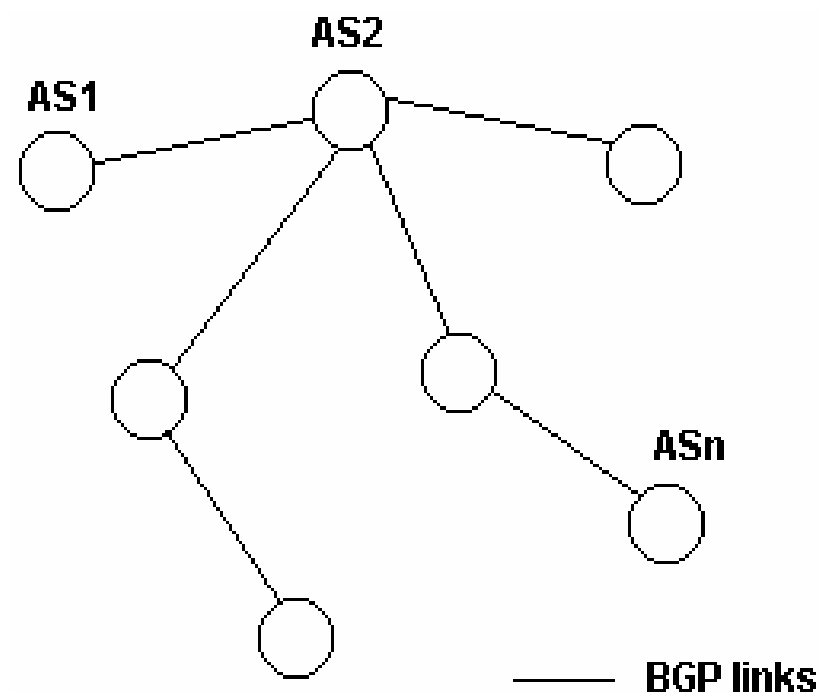
$$\text{Path (W,Z)} = w, \text{Path (X,Z)}$$

- la selezione del cammino è basata più su aspetti politici ed amministrativi (ad es. non passare attraverso concorrenti) che sul costo (ad es. # di AS attraversati)



BGP: analisi

- BGP utilizza i messaggi scambiati tra i border router per costruire un grafo di AS
- In genere si costruisce un albero:
 - **AS path tree**



AS_path tree



BGP: funzioni dei peer

- I BGP peer svolgono tre funzioni principali:
 - stabiliscono la connessione e concordano i parametri di comunicazione
 - si scambiano informazioni di raggiungibilità
 - effettuano un monitoraggio periodico dello stato degli altri peer



BGP: politiche di instradamento

- BGP consente solo di pubblicizzare dei percorsi verso altri AS:
 - non associa nessuna metrica ai percorsi
- Il border router “esporta” solo le informazioni consentite dalla politica di routing dell’AS
- Non è possibile considerare BGP come un classico algoritmo di routing



BGP: tipi di messaggio

- **OPEN**
 - inizializza la connessione tra peer:
 - apre connessione TCP
 - autentica il mittente
- **UPDATE**
 - aggiornamento delle informazioni di raggiungibilità
 - annuncio di un nuovo cammino
 - eliminazione di un cammino preesistente
- **NOTIFICATION**
 - risposta ad un messaggio errato
 - chiusura di una connessione
- **KEEPALIVE**
 - verifica che il peer sia ancora attivo
 - si tratta di messaggi che mantengono la connessione attiva in assenza di UPDATE
 - serve a:
 - tenere attiva la connessione TCP
 - dare l'ACK ad una richiesta di OPEN



BGP: funzionamento

- Due peer periodicamente si scambiano informazioni di raggiungibilità:
 - nuove rotte
 - vecchie rotte non più valide
- Le informazioni di raggiungibilità vengono trasmesse tramite il messaggio UPDATE
- Tipi di UPDATE:
 - WITHDRAWN
 - percorsi non più disponibili
 - PATH
 - nuovi percorsi:
 - lista delle reti raggiungibili, con relativi attributi



BGP: routing

- BGP consente solo di pubblicizzare informazioni di raggiungibilità:
 - non garantisce la consistenza delle informazioni nelle tabelle di routing
 - **non è un algoritmo di routing**
- Per implementare un sistema di routing inter-AS è necessario che gli AS si fidino l'uno dell'altro
 - il demone **gated** implementa un'interfaccia tra AS distinti:
 - supporta politiche di routing basate su vari tipi di metriche
 - è in grado di integrare il routing interno con quello esterno:
 - può usare un protocollo IGP su un'interfaccia e BGP su un'altra



Il Routing Arbiter System

- Un meccanismo per coordinare il routing a livello globale
- Un database distribuito ed autenticato che mantiene tutte le informazioni di raggiungibilità
- Sostituisce il core network



Route Server

- L'architettura di Internet è basata sui **Network Access Point (NAP)**:
 - punti di interconnessione di tutti gli ISP di un'area geografica
- Ogni NAP ha un **route server (RS)**, che mantiene una copia del Routing Arbiter Database
- Ogni ISP ha un border gateway che usa BGP per comunicare con il route server



Inter-AS vs Intra-AS routing

- **Politica:**
 - Inter-AS
 - si concentra su aspetti politici (es: quale provider scegliere o evitare)
 - Intra-AS
 - si applica in una singola organizzazione:
 - all'interno dell'organizzazione, la politica di routing applicata è coerente
- **Dimensioni:**
 - si realizza un routing gerarchico
 - si diminuisce il traffico per aggiornare le tabelle di routing
- **Prestazioni:**
 - Intra-AS
 - si concentra sull'ottimizzazione delle prestazioni
 - Inter-AS
 - gli aspetti politico-amministrativi sono prevalenti