

Corso di Laurea in Ingegneria Informatica



Corso di Reti di Calcolatori I

Roberto Canonico (roberto.canonico@unina.it)

Giorgio Ventre (giorgio.ventre@unina.it)

**Internet e il routing gerarchico
Autonomous System**

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

Nota di copyright per le slide COMICS



Nota di Copyright

Questo insieme di trasparenze è stato ideato e realizzato dai ricercatori del Gruppo di Ricerca COMICS del Dipartimento di Informatica e Sistemistica dell'Università di Napoli Federico II. Esse possono essere impiegate liberamente per fini didattici esclusivamente senza fini di lucro, a meno di un esplicito consenso scritto degli Autori. Nell'uso dovranno essere esplicitamente riportati la fonte e gli Autori. Gli Autori non sono responsabili per eventuali imprecisioni contenute in tali trasparenze né per eventuali problemi, danni o malfunzionamenti derivanti dal loro uso o applicazione.

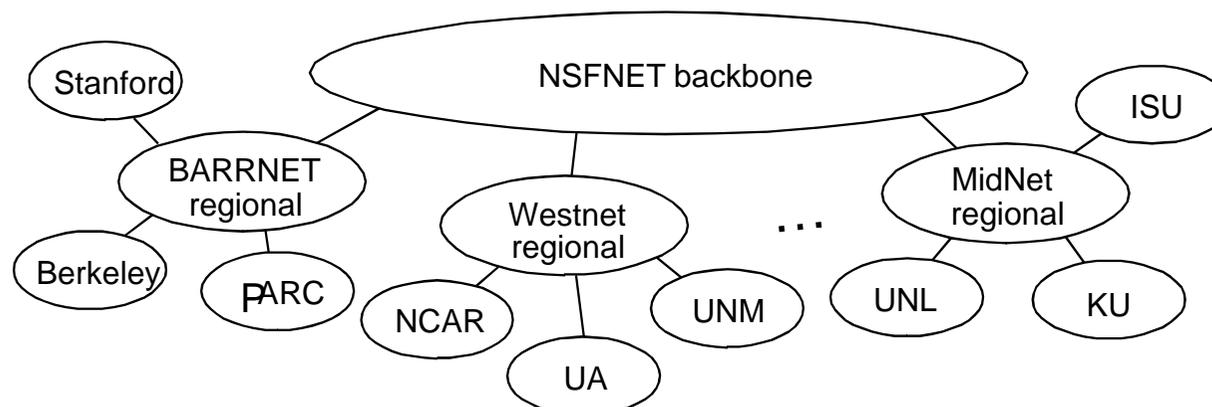
Autori:

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



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...

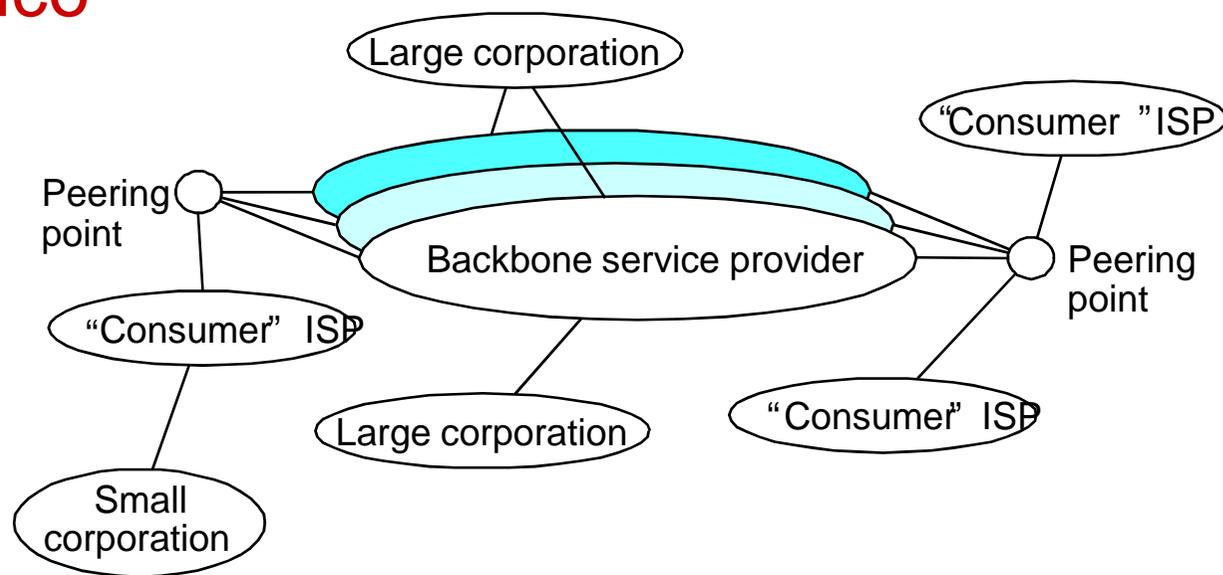


Il routing in Internet: com'è

- Reti con *Peer Backbone*:

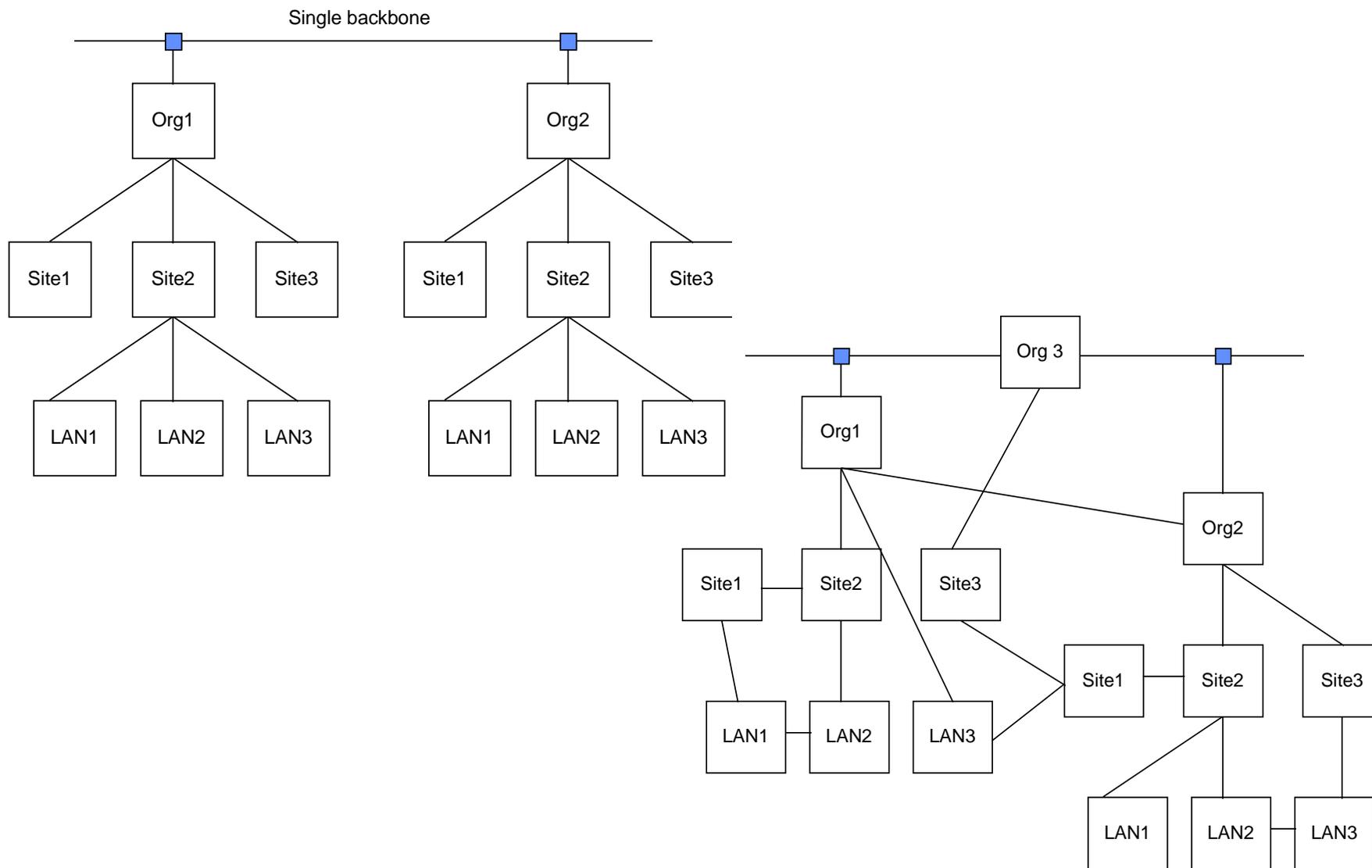
- prevedono l'esistenza di diverse dorsali:
 - gli amministratori delle reti backbone devono concordare una politica di routing per evitare la creazione di cicli
 - i core router delle diverse reti devono scambiarsi informazioni sulle rotte

- **Routing Gerarchico**

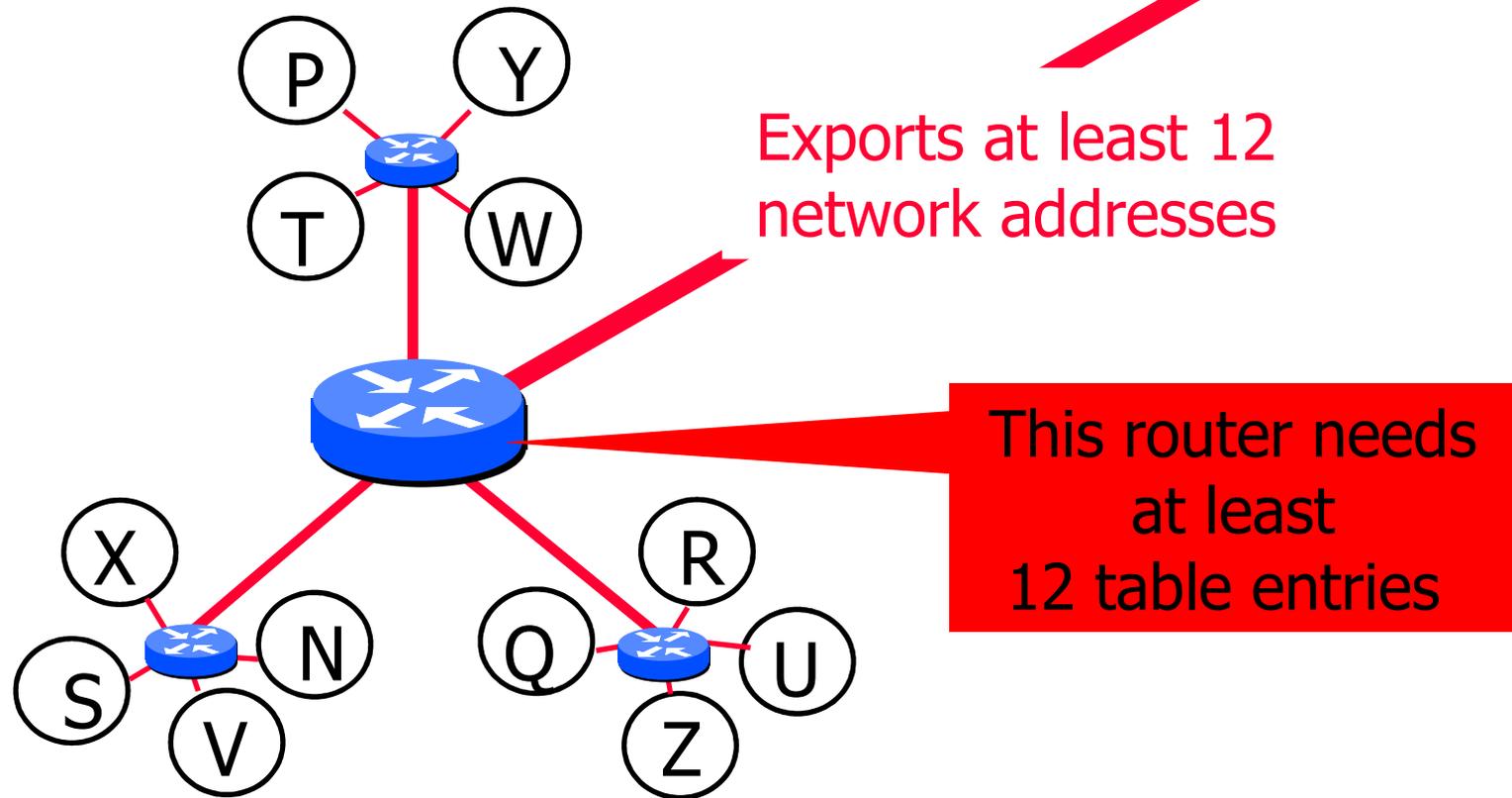




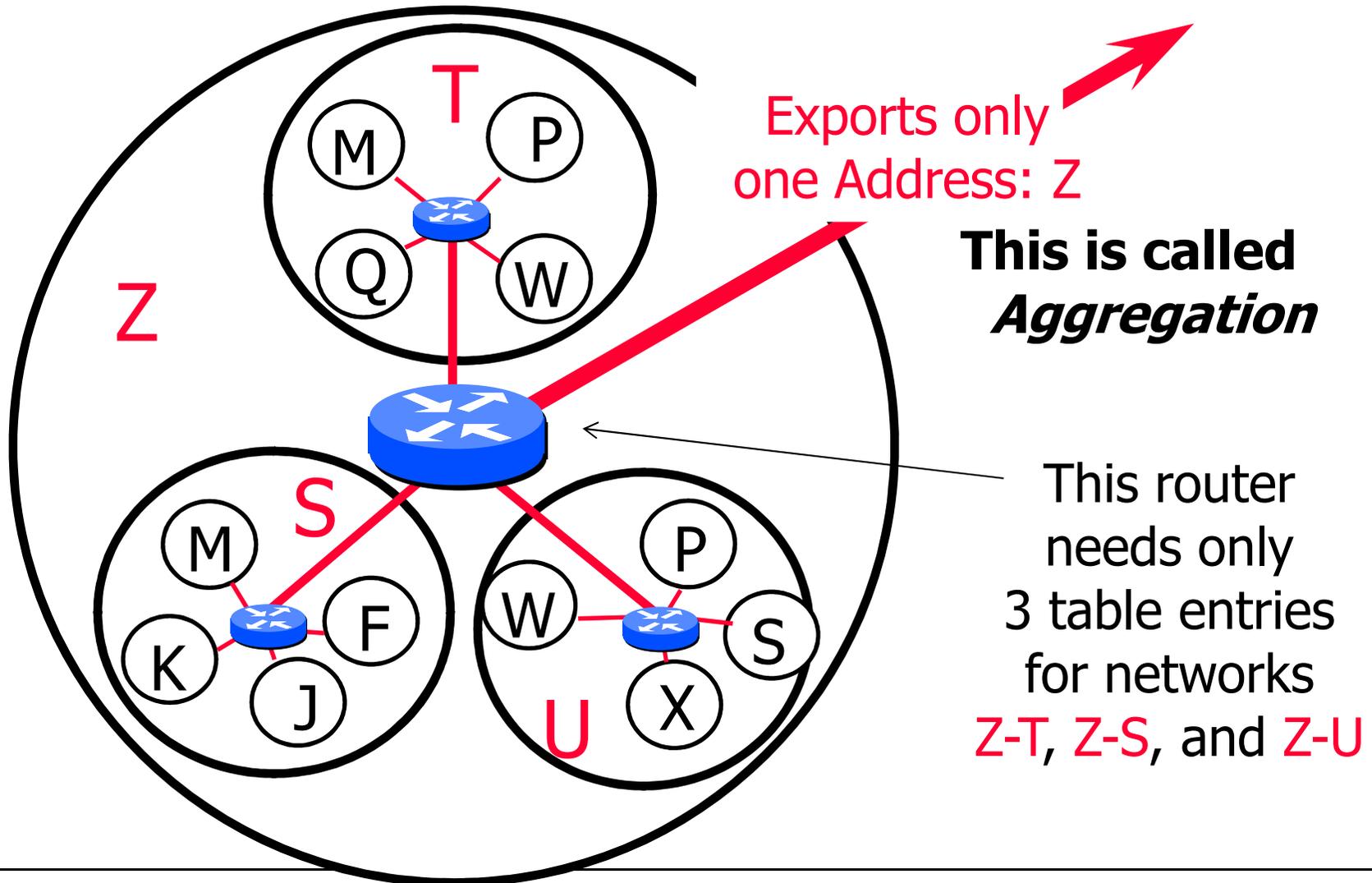
Il routing in Internet: com'era e com'è



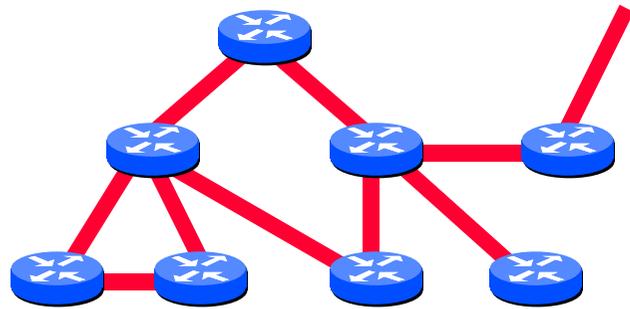
Flat Network Addressing



Hierarchical Network Addressing



Best Match Forwarding



Lookup in IP forwarding table is no longer based on exact match of network prefix.

Destination Address : Network X-W-Y-V, Host 12

Match →
Best Match →
Match →

Destination	Next Hop
X	R2
X-W-Y	R7
X-W	R5



Il routing in Internet: com'è

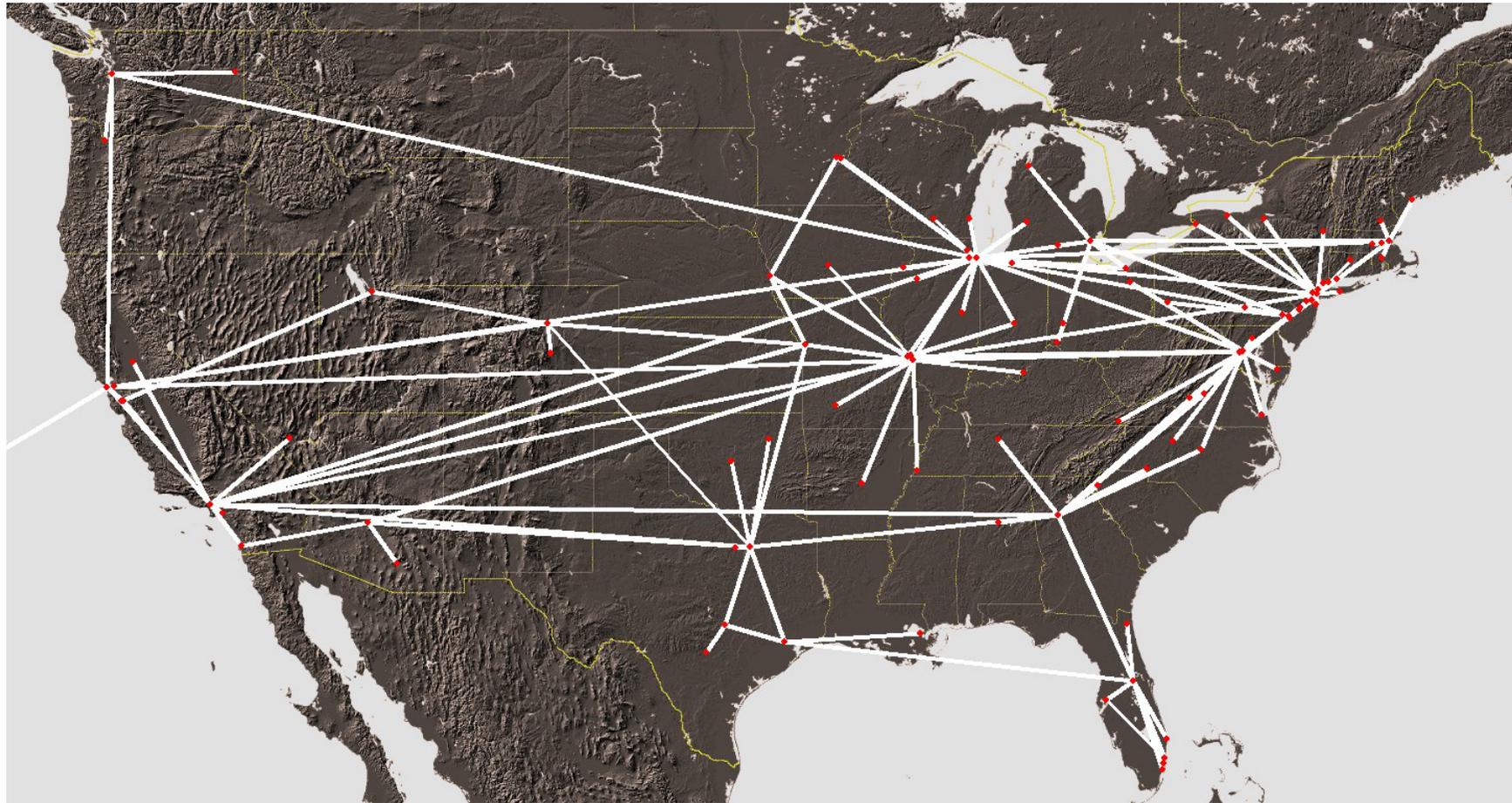
- Ai nostri giorni Internet è strutturata come un insieme di **Autonomous System** (AS):
 - un AS è una collezione di reti amministrate da un'unica autorità
- Ogni AS contiene un numero limitato di reti:
 - la gestione delle informazioni di routing all'interno dell'AS è più semplice



Il Routing in presenza di Autonomous System

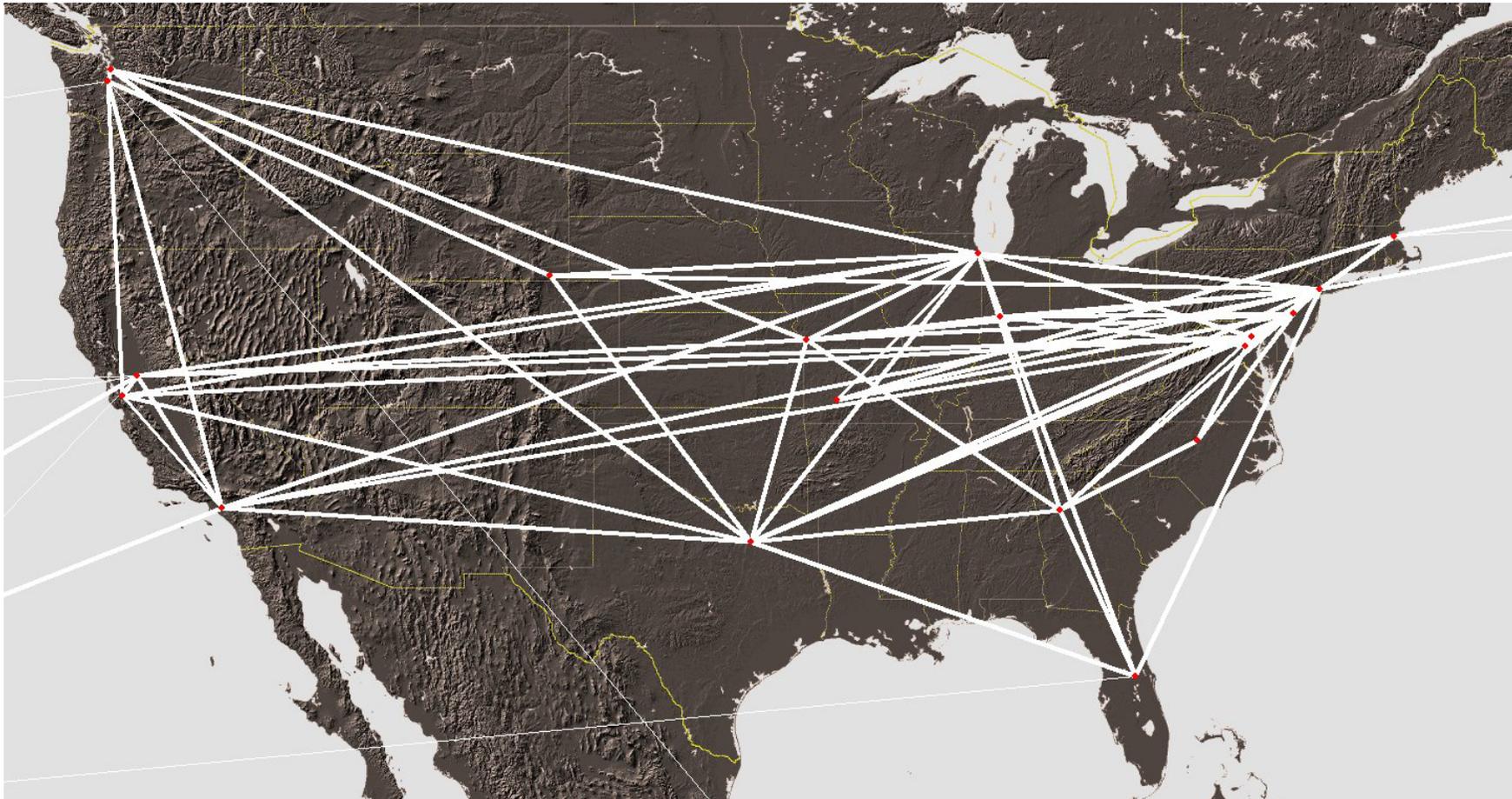
- Ogni AS è responsabile del routing all'interno delle sue reti:
 - **routing interno**
- Gli AS devono scambiarsi informazioni di raggiungibilità:
 - **routing esterno**
 - garantisce la correttezza e la consistenza delle informazioni memorizzate nelle tabelle dei router
- Ogni AS deve essere identificato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

AT&T (AS-7018)



Background image courtesy JHU, applied physics labs

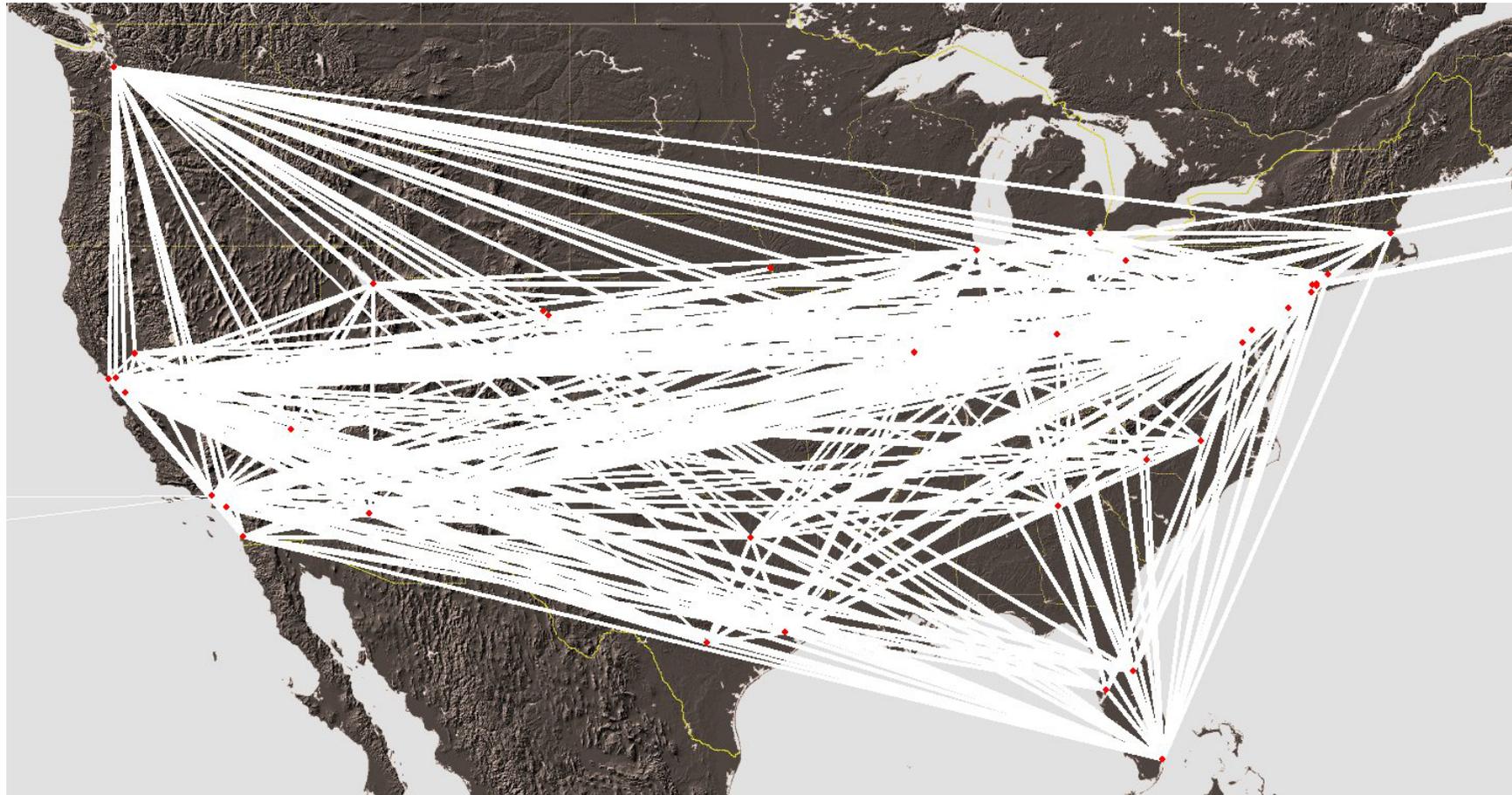
Sprint (AS-1239)



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*



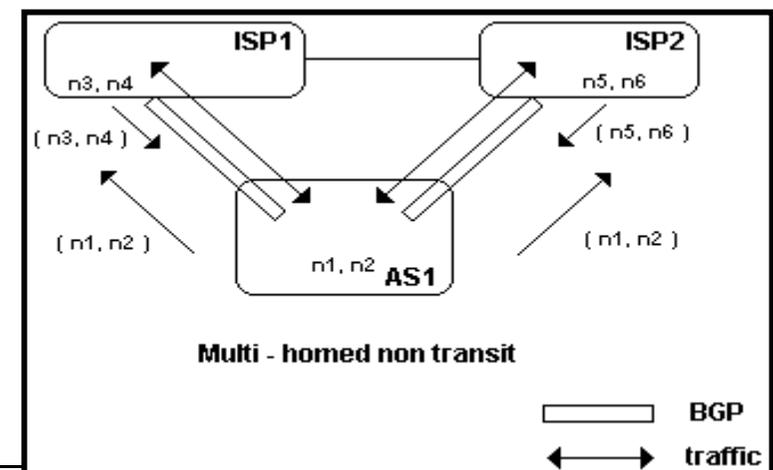
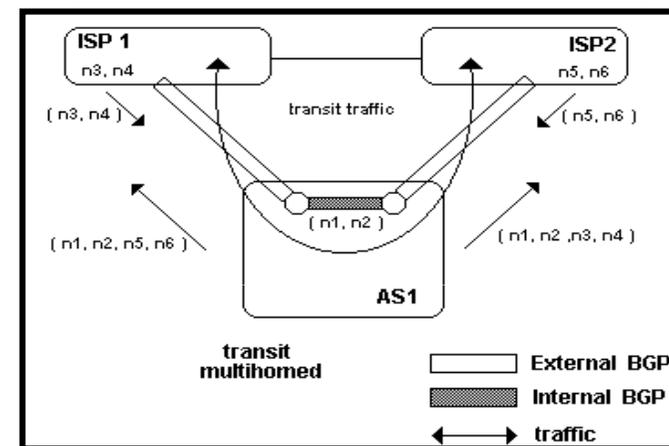
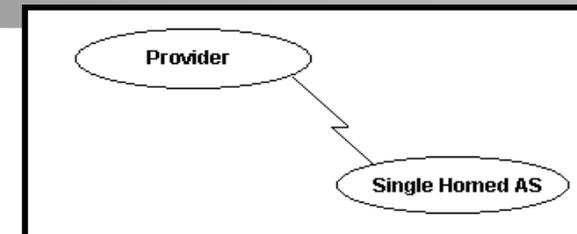
Inter-AS vs Intra-AS routing

- **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:**
 - Inter-AS
 - gli aspetti politico-amministrativi sono prevalenti
 - Intra-AS
 - si concentra sull'ottimizzazione delle prestazioni



Tipi di AS

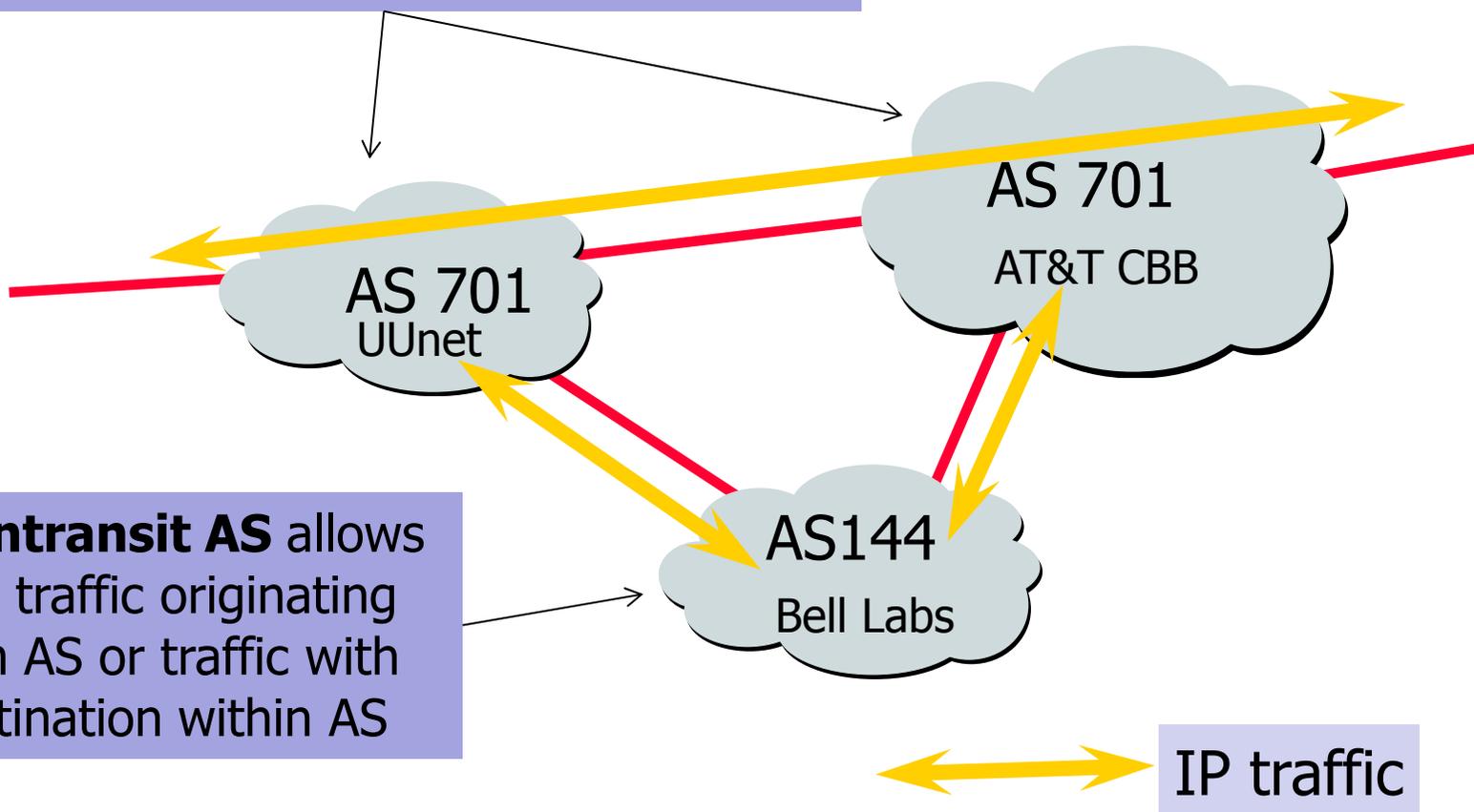
- Un solo border router:
 - *stub o single-homed*:
 - (piccole corporate)
- Più border router:
 - *multi-homed*:
 - **transit** (provider)
 - accetta di essere attraversato da traffico diretto ad altri AS
 - **non-transit** (grandi corporate)
 - non accetta di essere attraversato da traffico diretto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





Policy : Transit vs. Nontransit

A **transit AS** allows traffic with neither source nor destination within AS to flow across the network



A **nontransit AS** allows only traffic originating from AS or traffic with destination within AS



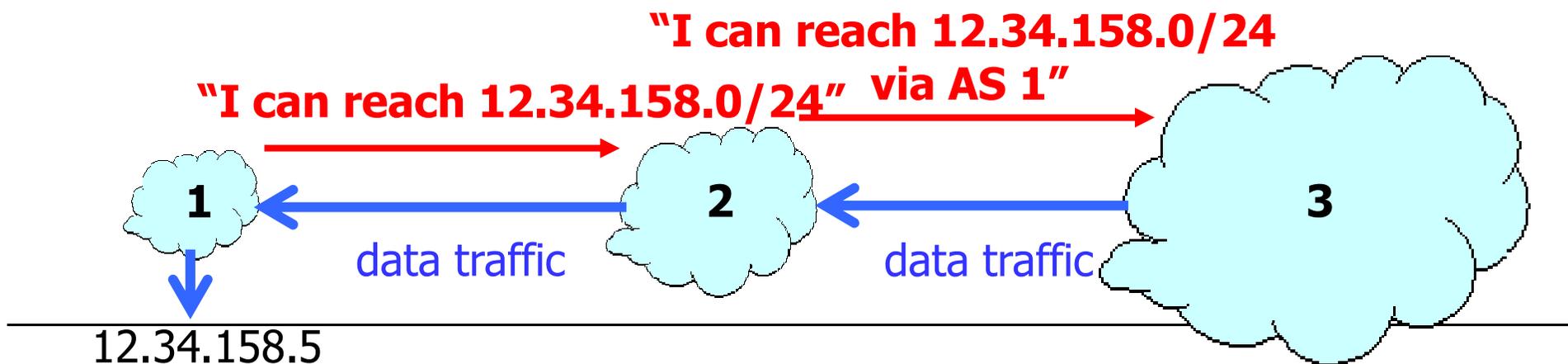
Characterizations of AS Topology

- Tier-1: small number of tier-1 ASes
 - A near-clique of ~15 ASes with no providers
 - AT&T, Sprint, UUNET, ...
 - Transit core: peer with tier-1s and each other
 - Around 100-200 large ASes
 - UUNET Europe, KDDI, and Singapore Telecom
 - Regional ISPs: non-stubs near the edge
 - Around 2000 medium-sized ASes
 - Minnesota Regional Network, US West
 - Stub ASes: no peer or customer neighbors
 - Princeton, Rutgers, MIT, AT&T Research, ...
-



Border Gateway Protocol

- ASes exchange reachability information
 - IP prefix: block of destination addresses
 - AS path: sequence of ASes along the path
- Policies configured by the network operator
 - Path selection: which of the paths to use?
 - Path export: which neighbors to tell?

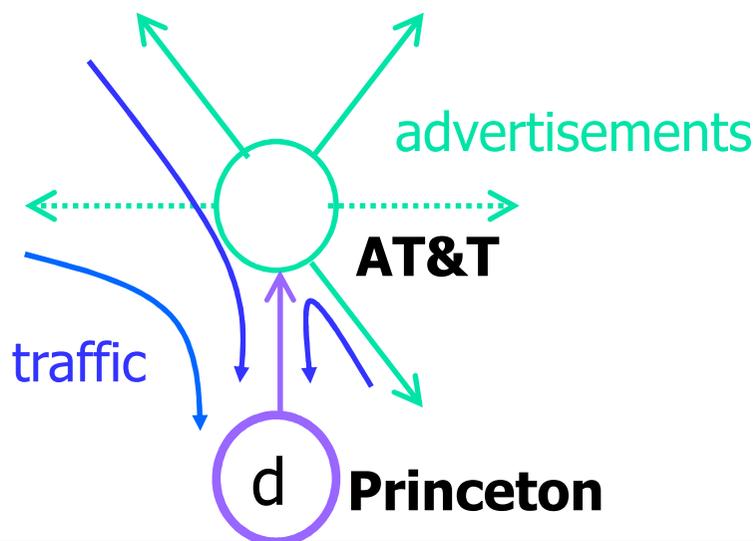




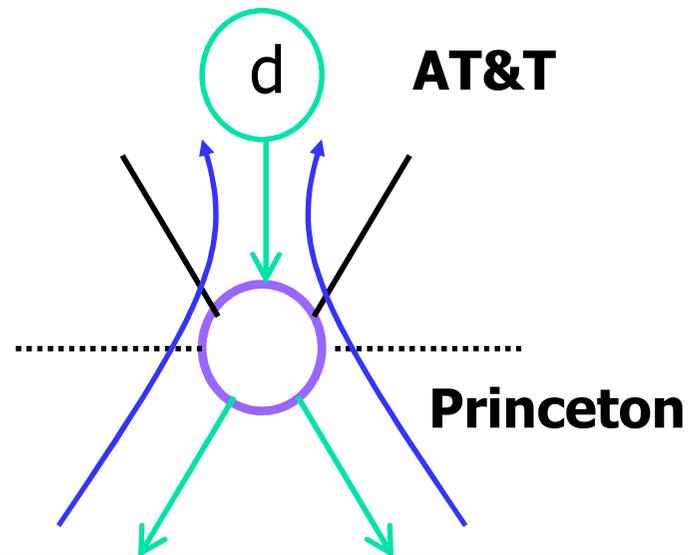
Customer-Provider Relationship

- Customer pays provider for access to Internet
 - Provider exports customer's routes to everybody
 - Customer exports provider's routes to customers

Traffic **to** the customer



Traffic **from** the customer

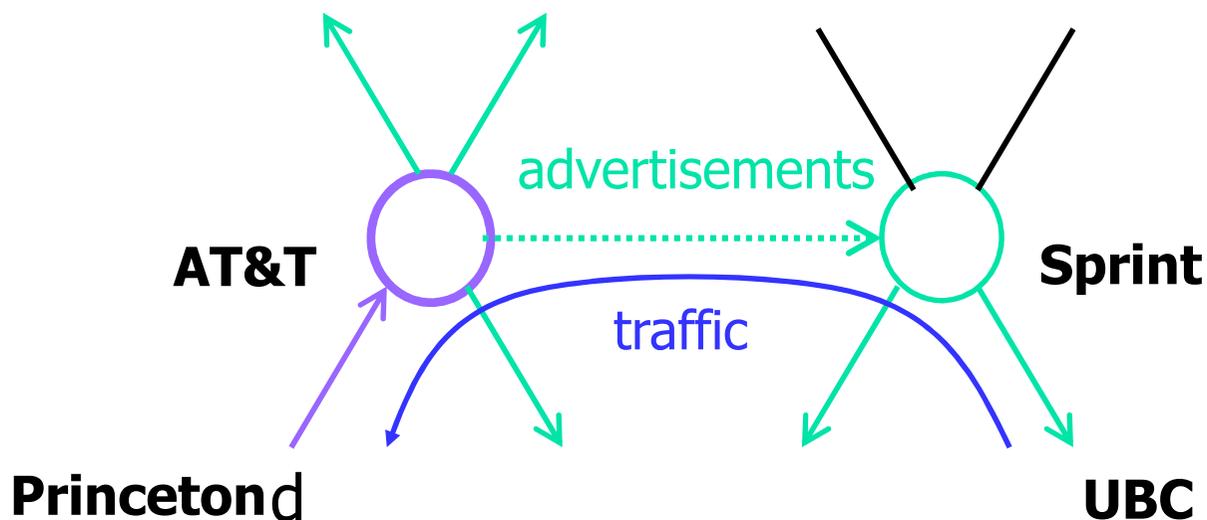




Peer-Peer Relationship

- Peers exchange traffic between customers
 - AS exports *only* customer routes to a peer
 - AS exports a peer's routes *only* to its customers

Traffic to/from the peer and its customers





I gateway router

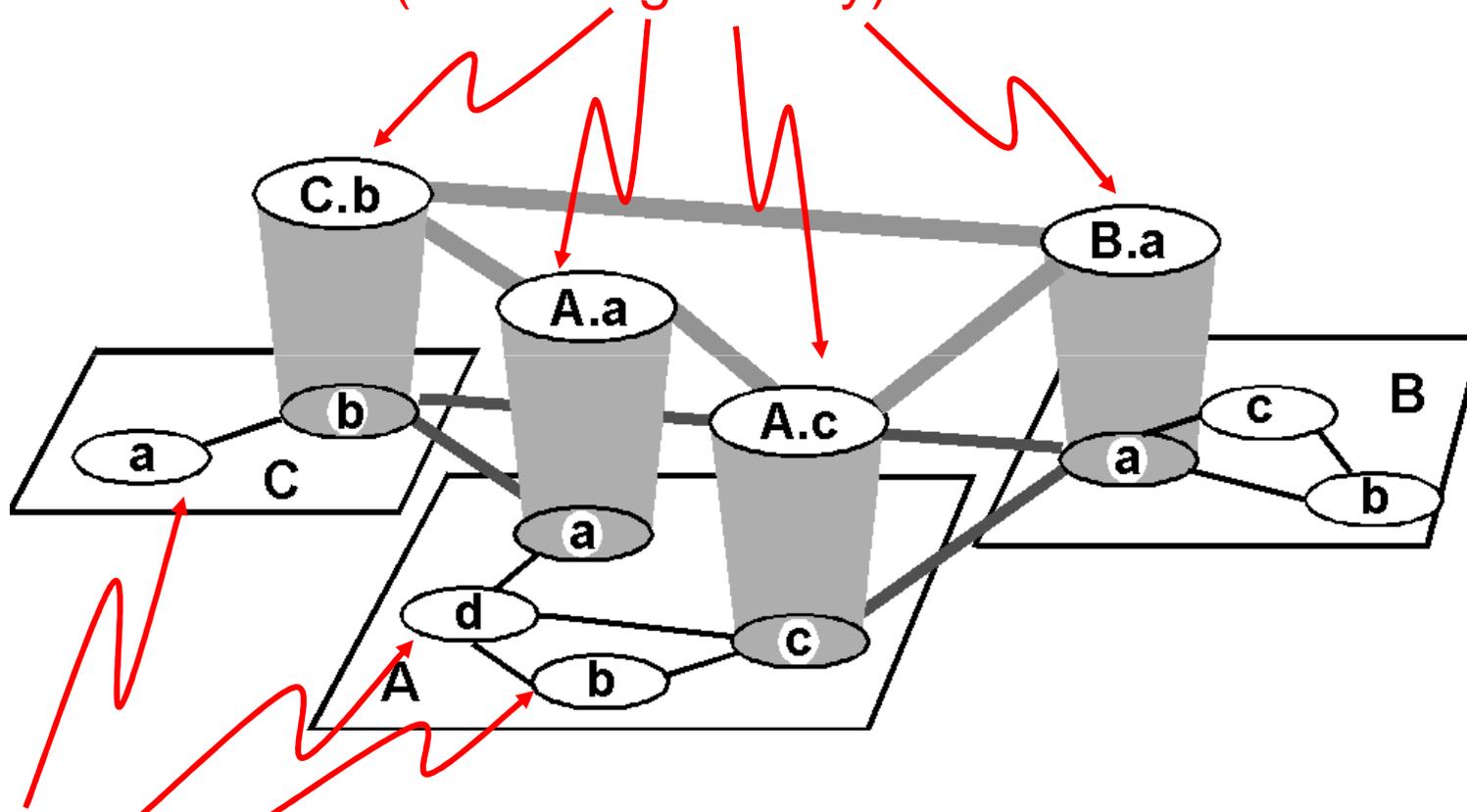
Sono speciali router dell'AS, che:

- 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
- Su questi router sono pertanto attivi contemporaneamente sia protocolli di routing IGP (ad es. OSPF) e protocolli di routing EGP (ad es. BGP)



Instradamento gerarchico in Internet (1/4)

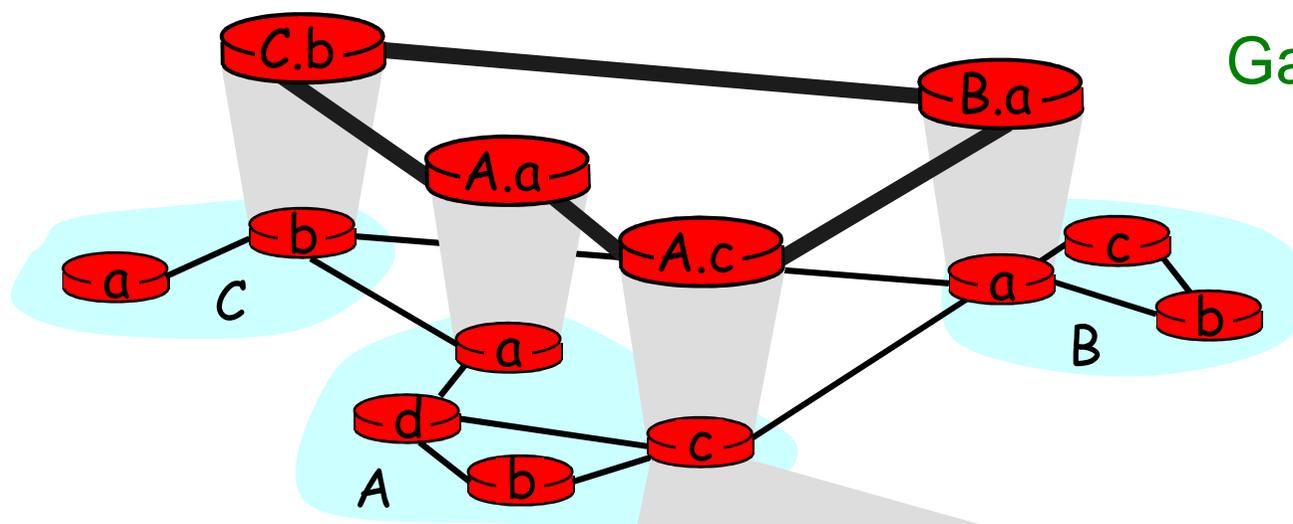
Inter-AS border (exterior gateway) routers



Intra-AS interior (gateway) routers



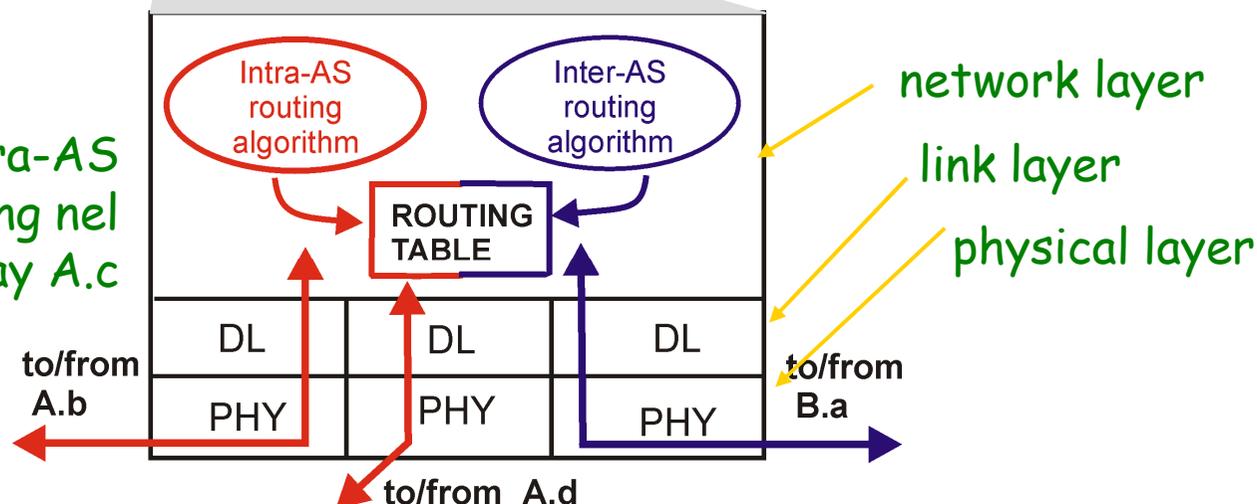
Instradamento gerarchico in Internet (2/4)



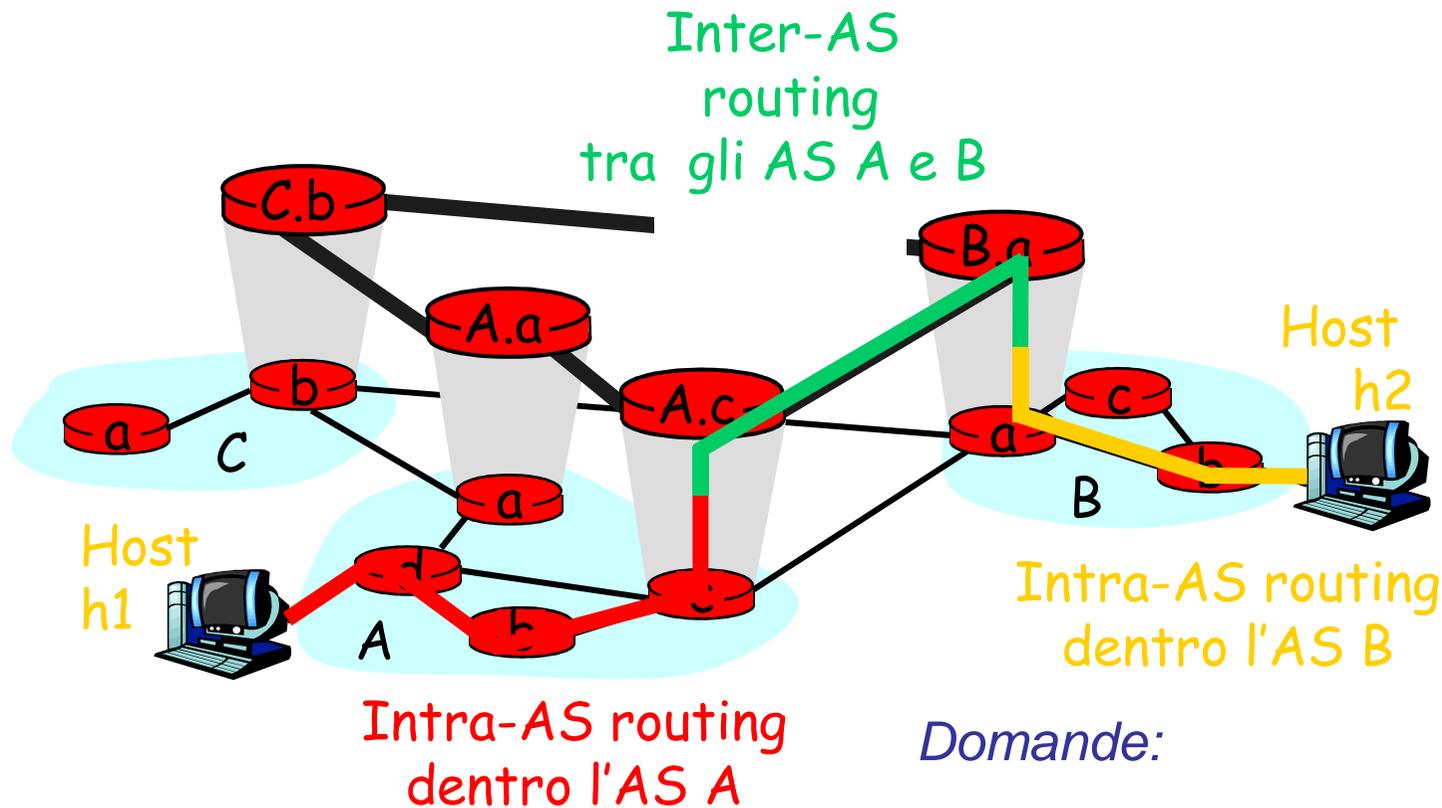
Gateway:

- 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)



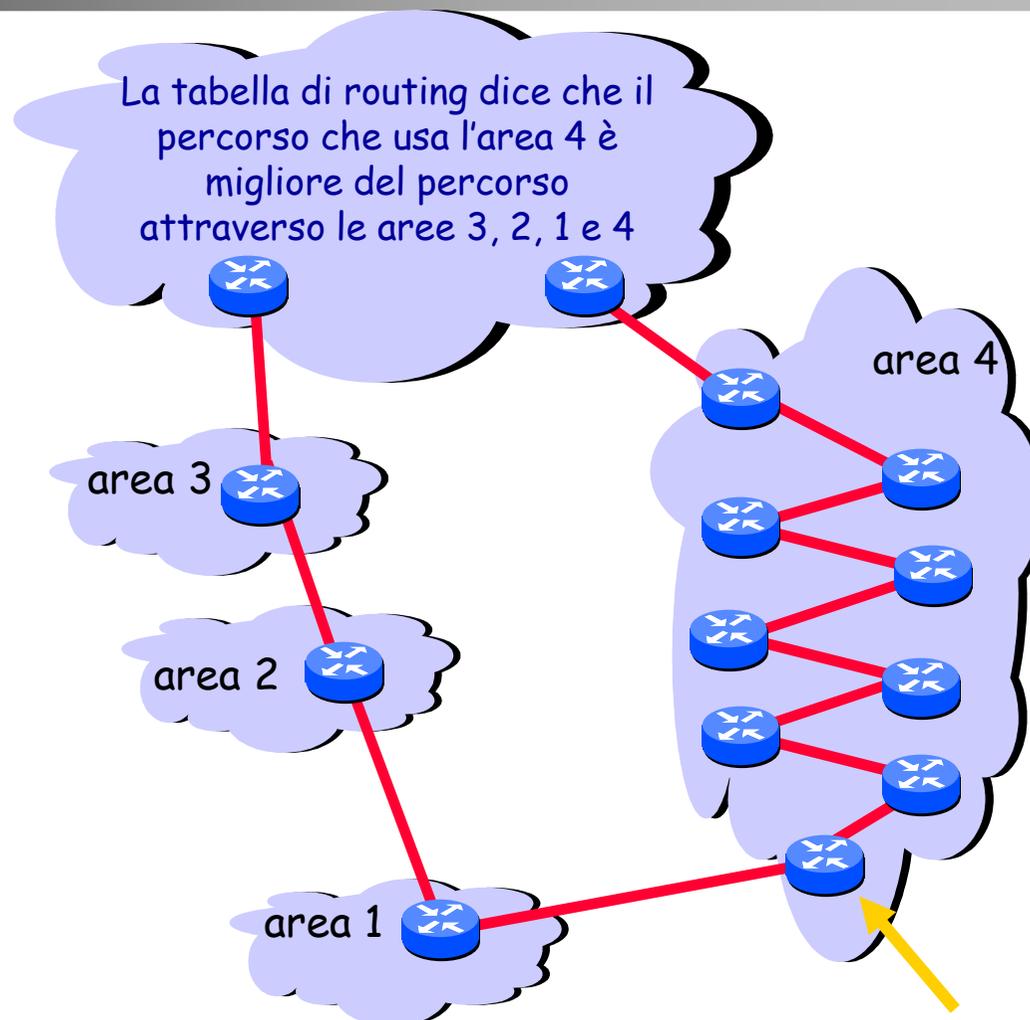
Domande:

- 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 può condurre a scelte sub-ottime





Internet Exchange Point (IXP)

- Internet Exchange Point (IXP), o Network Access Point (NAP): infrastruttura fisica che permette a diversi Internet Service Provider di scambiare traffico Internet fra loro, interconnettendo i propri Autonomous System attraverso accordi di peering generalmente gratuiti
- Scopo: permettere agli ISP di risparmiare una parte della banda che comprano dai loro upstream provider, e di guadagnare in efficienza e in affidabilità
- Gli IXP operano di solito realizzando connessioni L2 tra router BGP degli ISP



Peering tra ISP mediante IXP

