

Corso di Laurea in Ingegneria Informatica



Corso di Reti di Calcolatori

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.

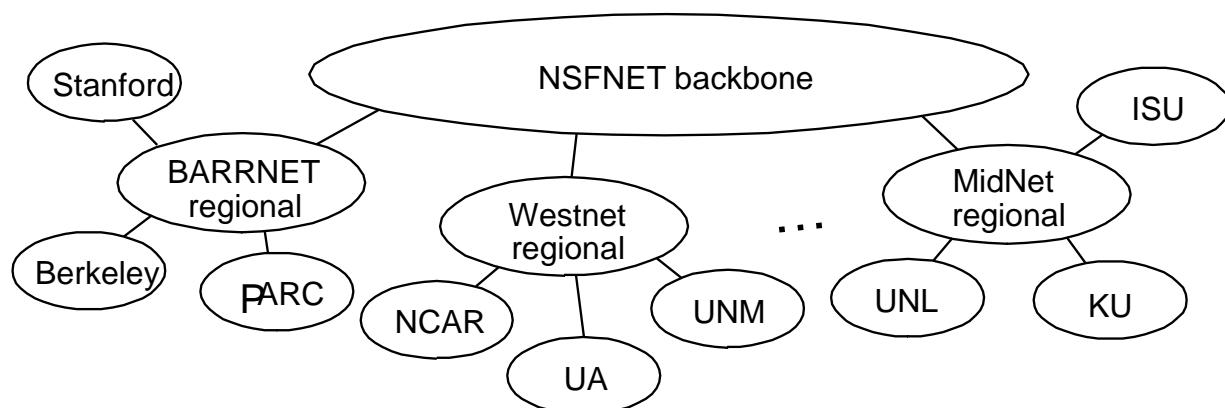
Autori:

Simon Pietro Romano, Antonio Pescapè, Stefano Avallone,
Marcello Esposito, Roberto Canonica, 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





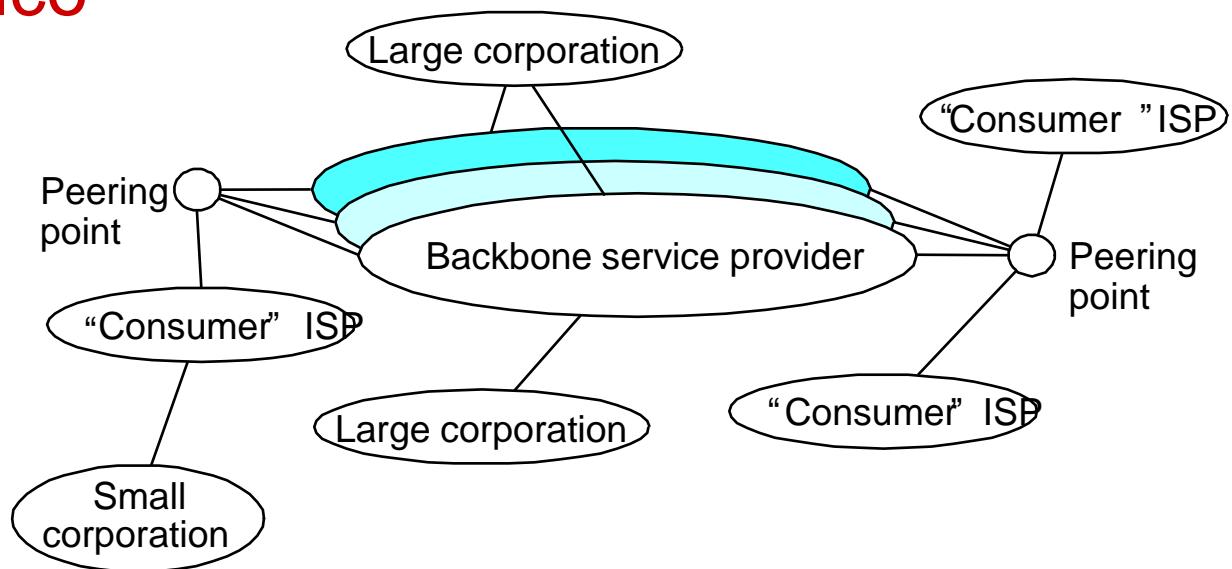
Il routing in Internet: problematiche

- 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...



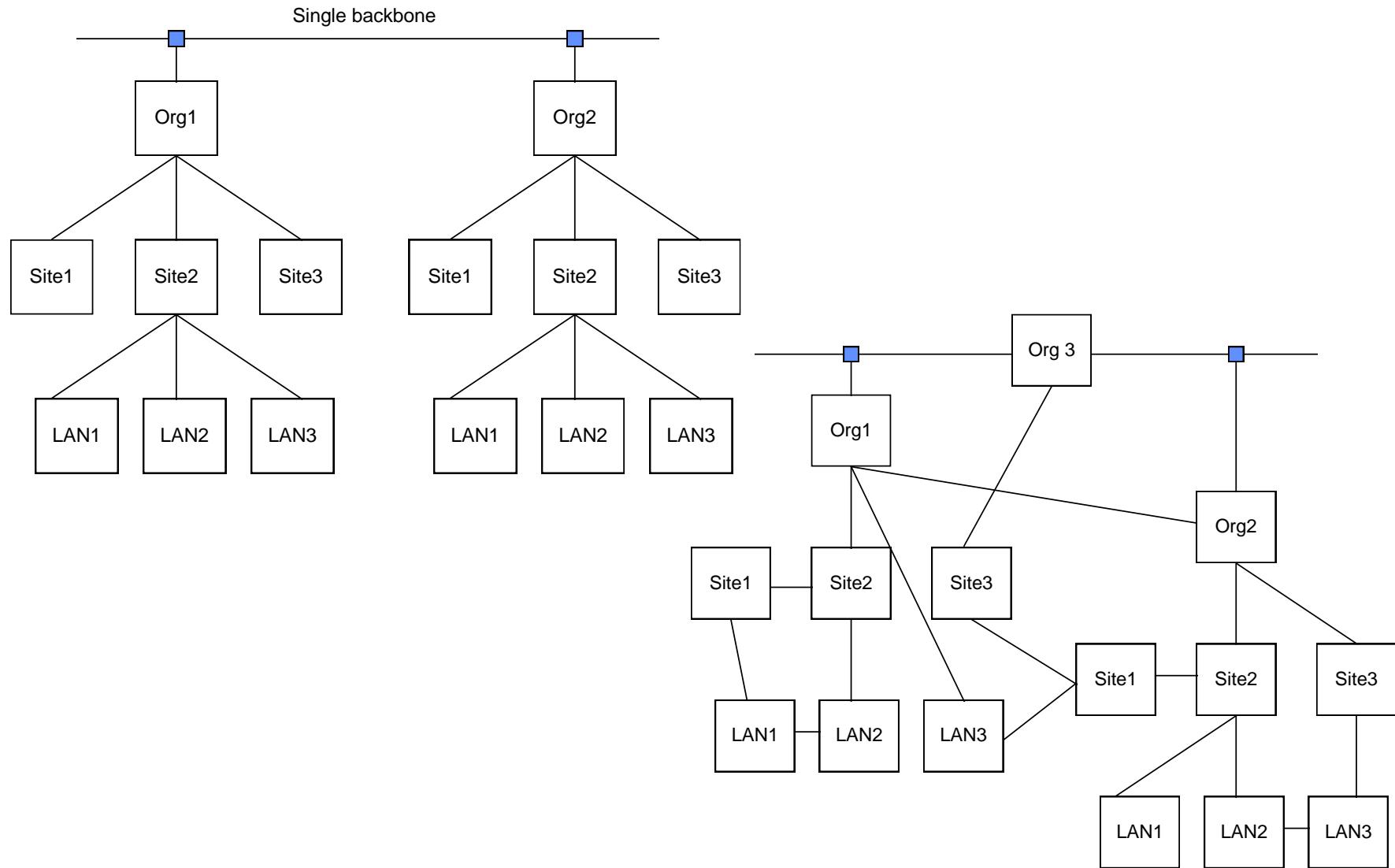
Il routing in Internet: com'è

- 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



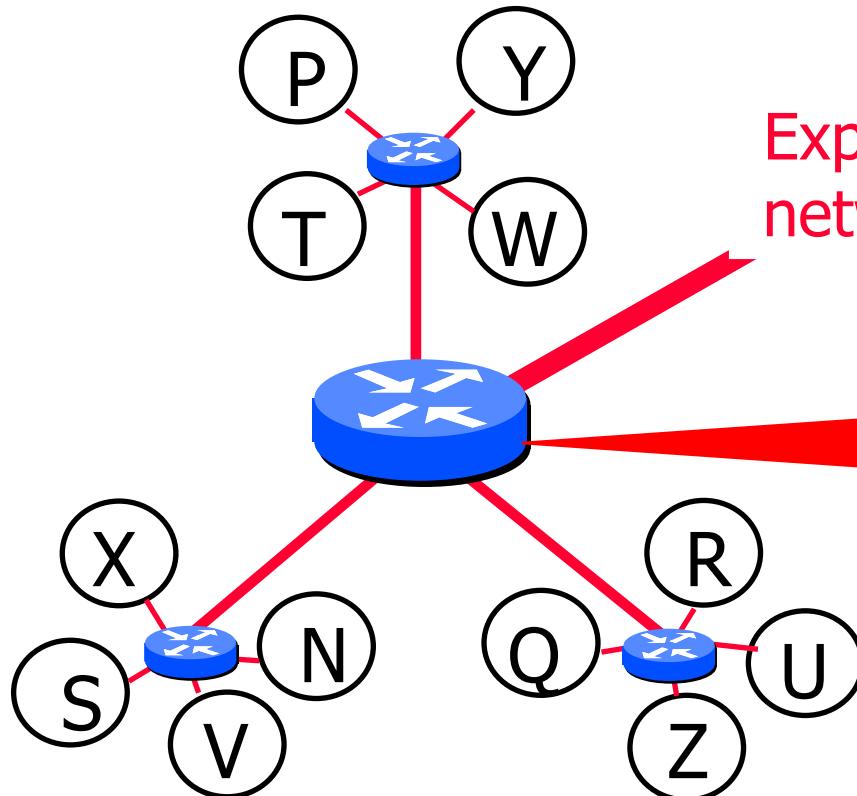


Il routing in Internet: com'era e com'è





Flat Network Addressing

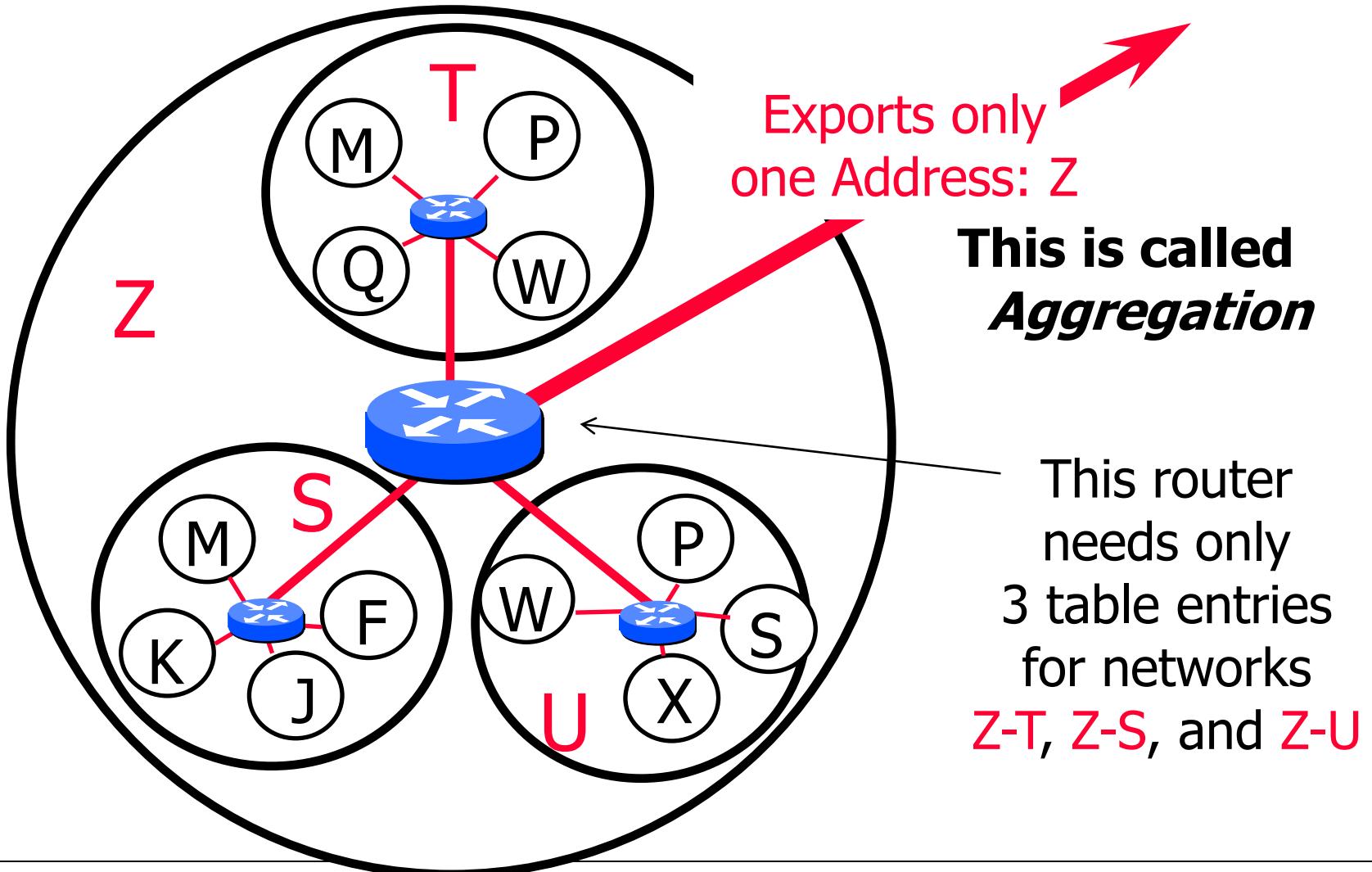


Exports at least 12 network addresses

This router needs
at least
12 table entries

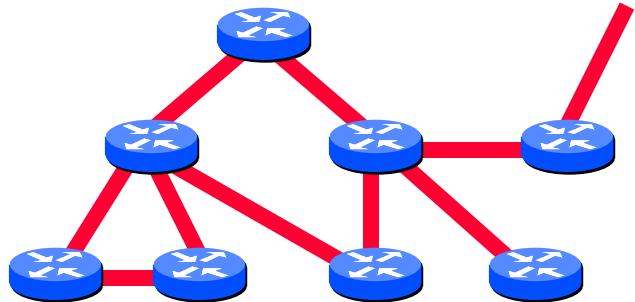


Hierarchical Network Addressing





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

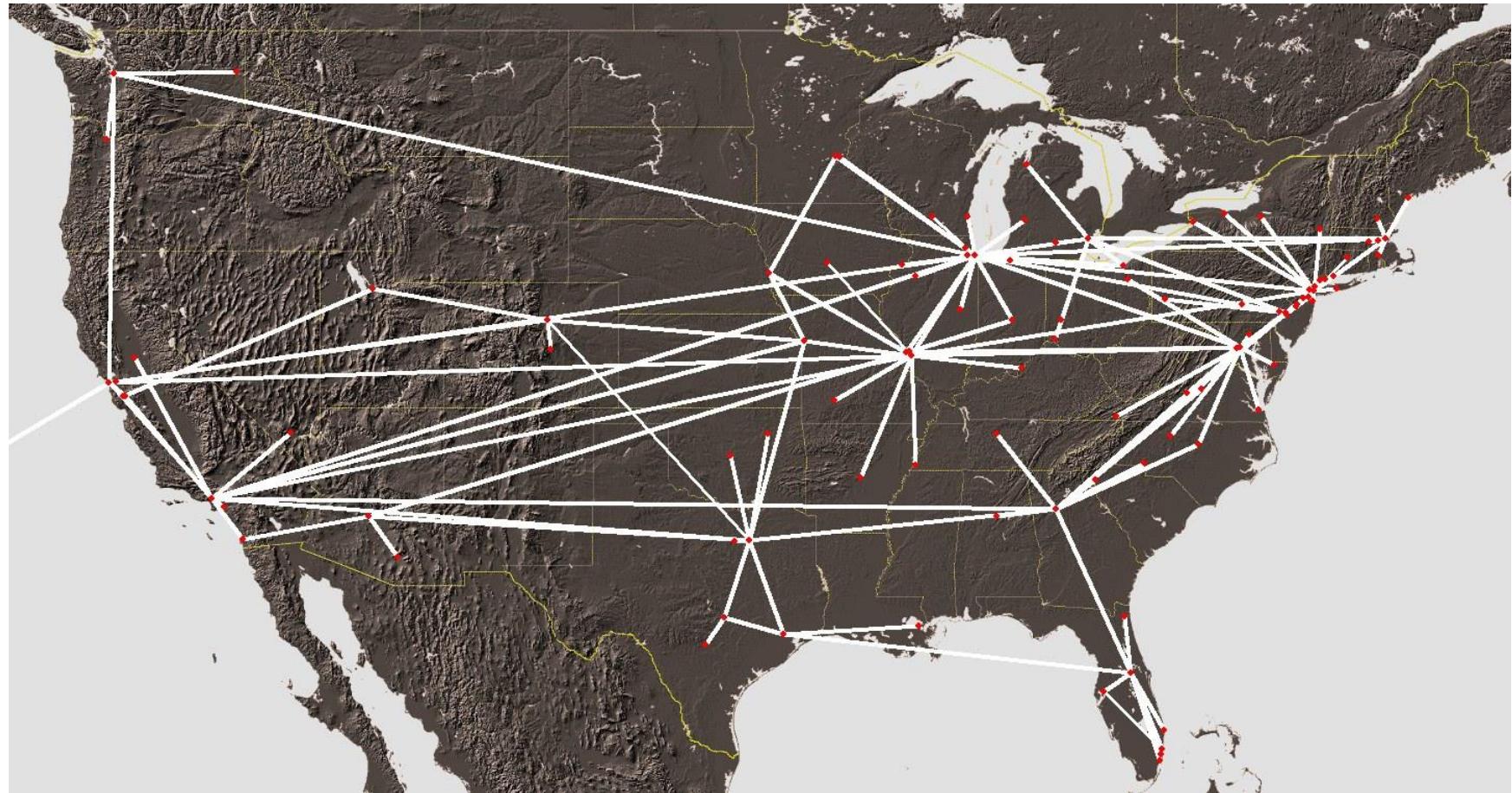


Il Routing in presenza di Autonomous System

- 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)



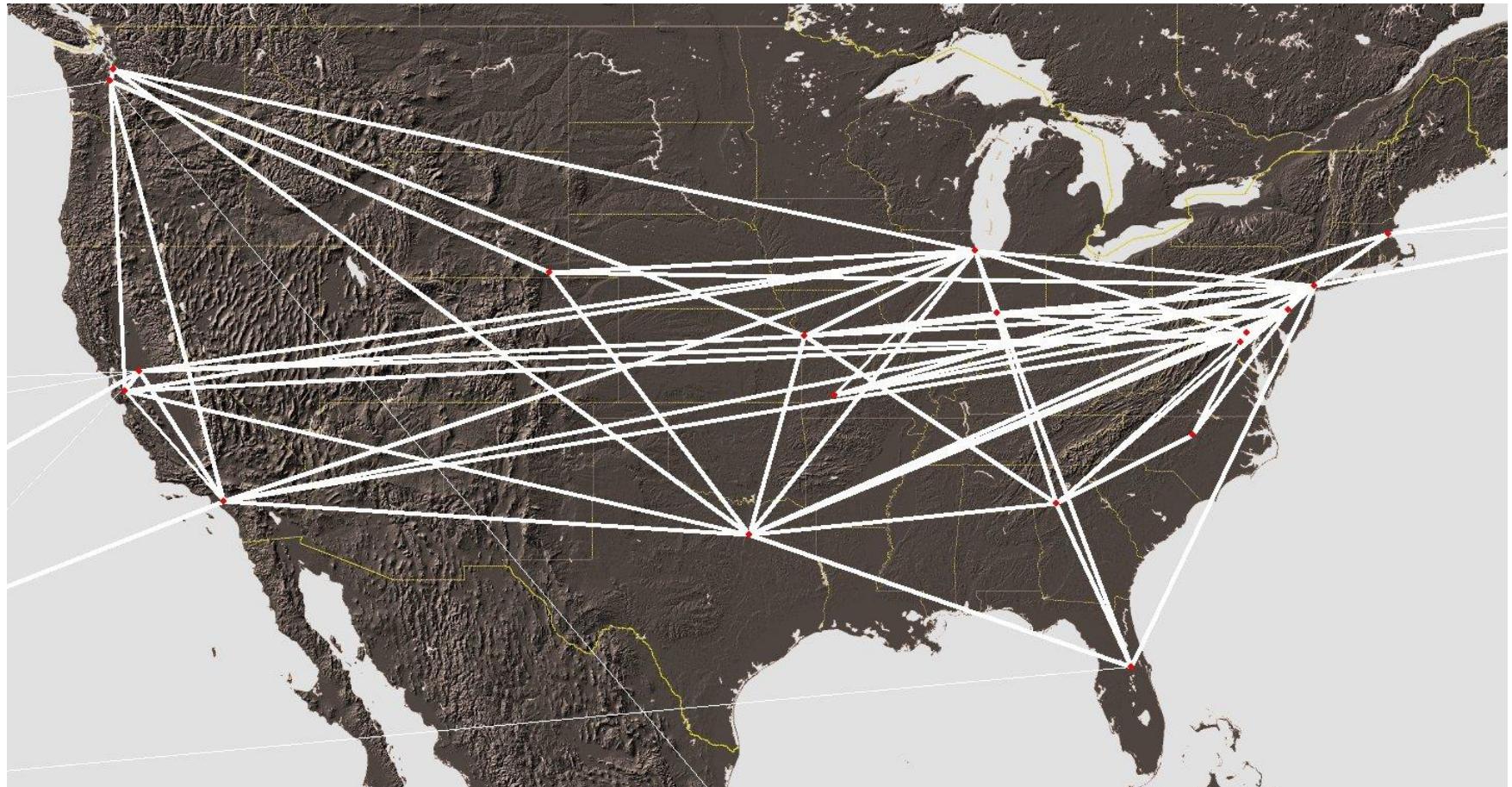
AT&T (AS-7018)



Background image courtesy JHU, applied physics labs



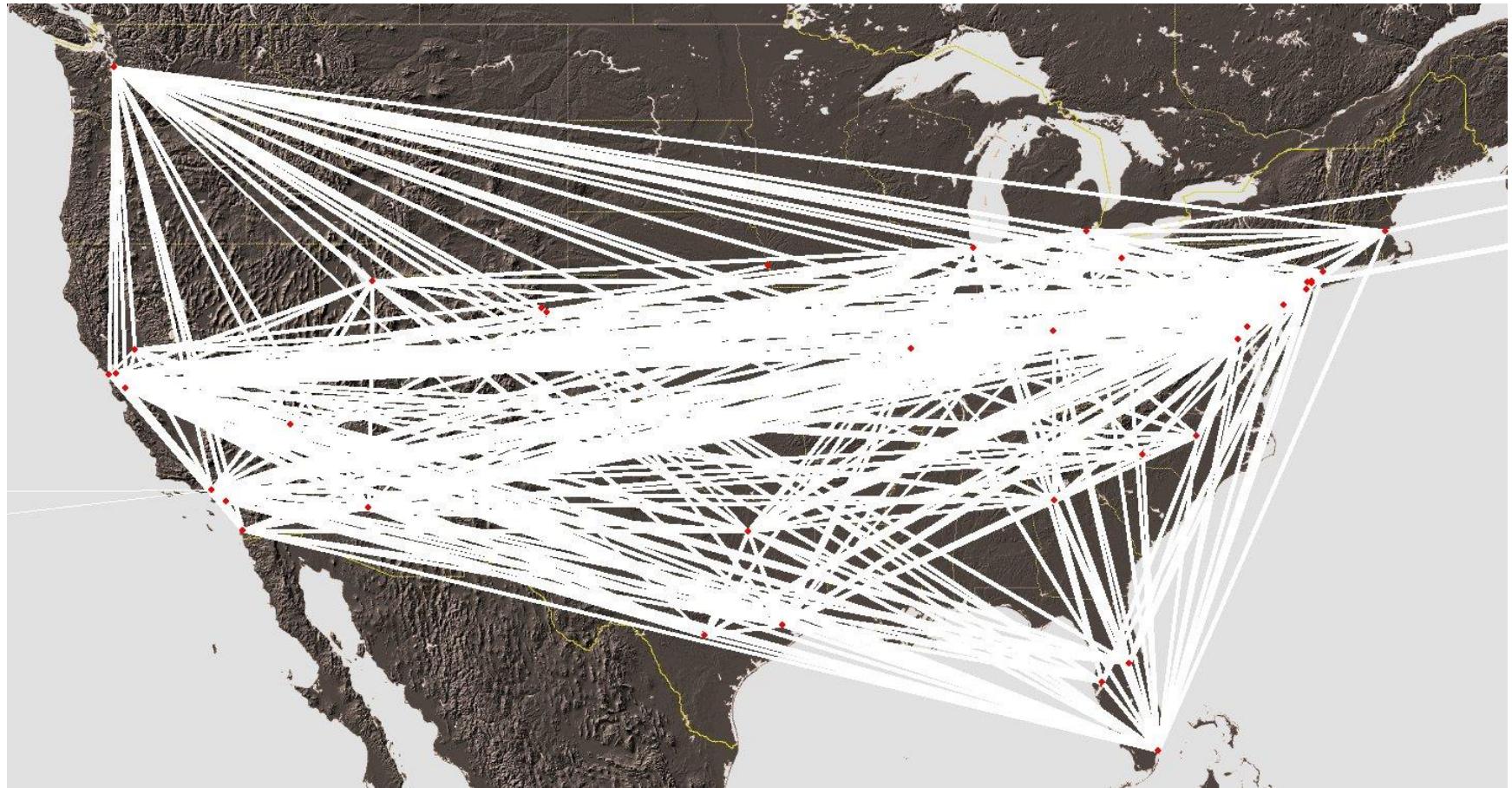
Sprint (AS-1239)



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*



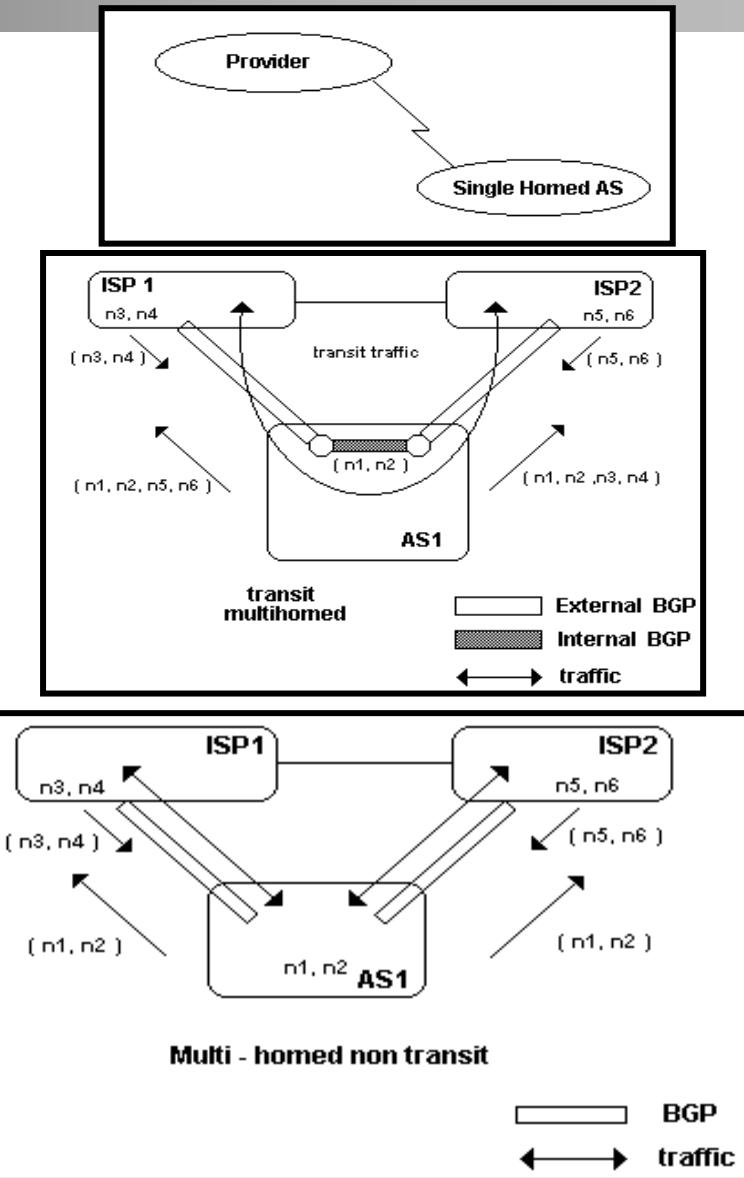
Inter-AS vs Intra-AS routing

- **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

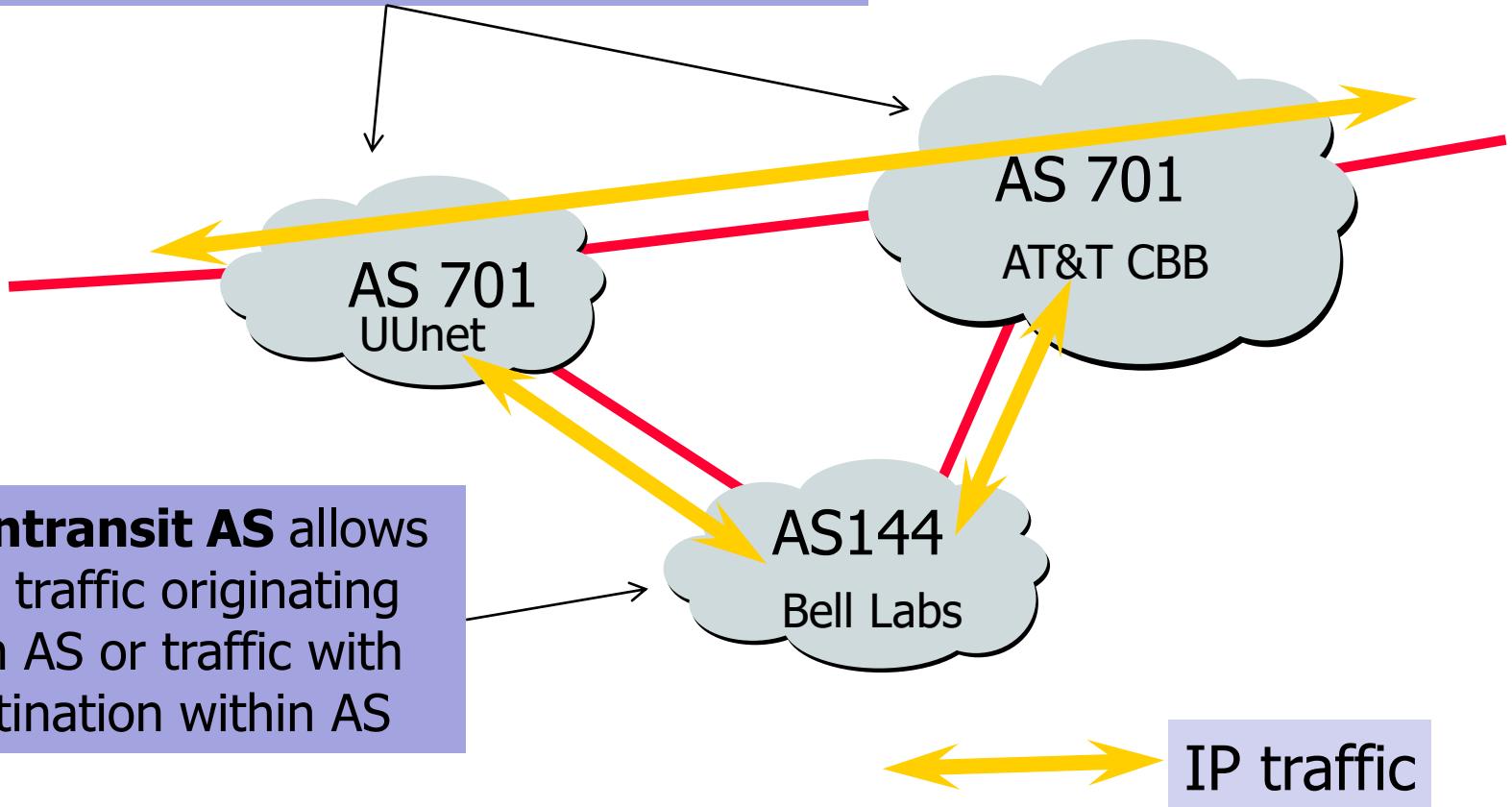
- Un solo border router:
 - *stub o single-homed*:
 - (piccole corporate)
- Più border router:
 - *multi-homed*:
 - *transit* (provider)
 - accetta di essere attraversato da traffico diretto ad altri AS
 - *non-transit* (grandi corporate)
 - non accetta di essere attraversato da traffico diretto ad altri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



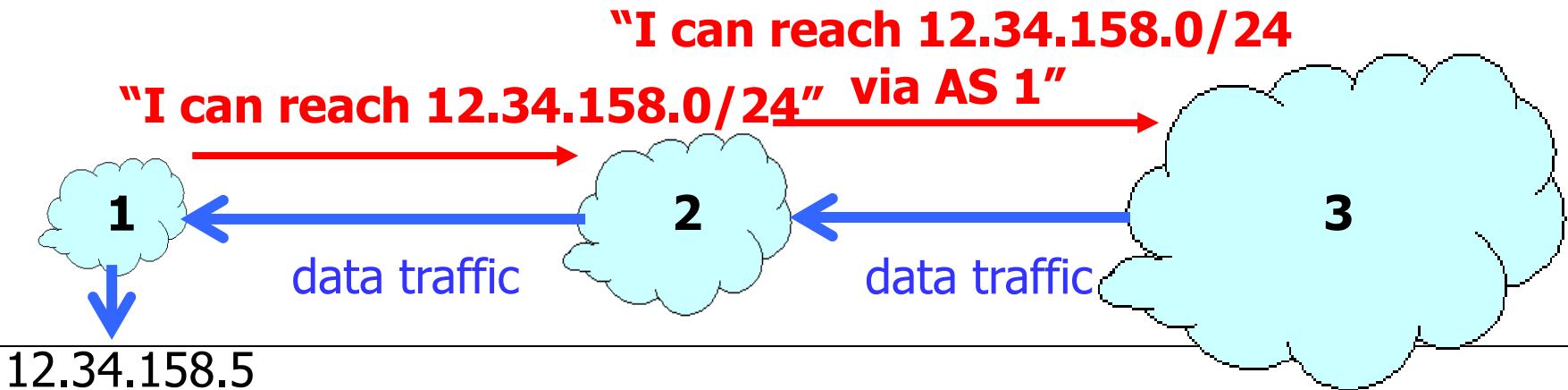
Characterizations of AS Topology

- 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

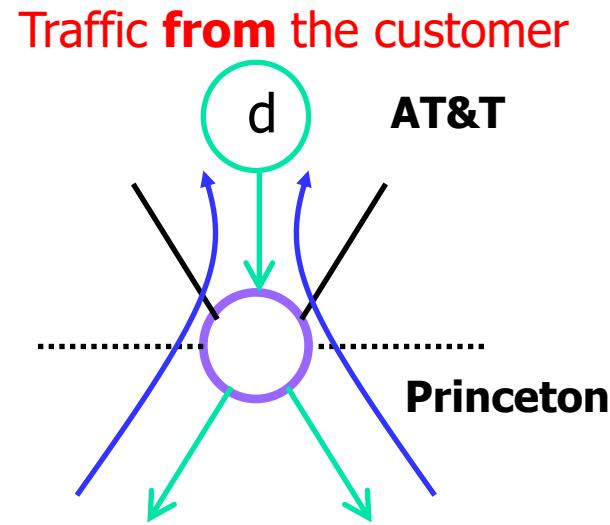
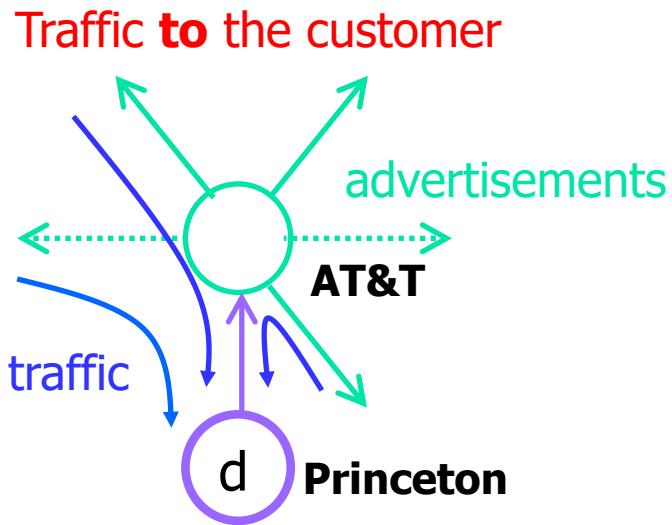
- ASes exchange reachability information
 - IP prefix: block of destination addresses
 - AS path: sequence of ASes along the path
- Policies configured by the network operator
 - Path selection: which of the paths to use?
 - Path export: which neighbors to tell?





Customer-Provider Relationship

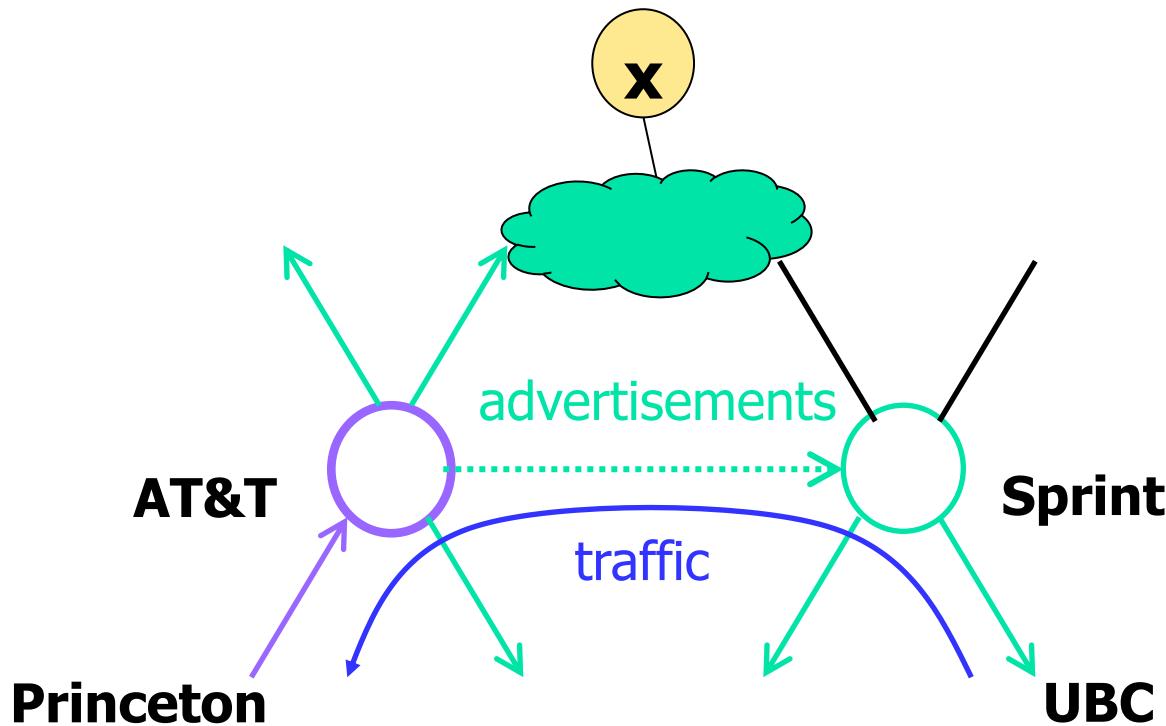
- Customer pays provider for access to Internet
 - Provider exports customer's routes to everybody
 - Customer exports provider's routes to *its* customers
- The provider should allow *other* parts of the network to reach its customers
- Since the customer is paying for Internet, the provider should give them a route to as many destinations as possible





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
 - Why not full table? AS doesn't want to provide transit for its peers; they're not paying it for transit





I gateway router

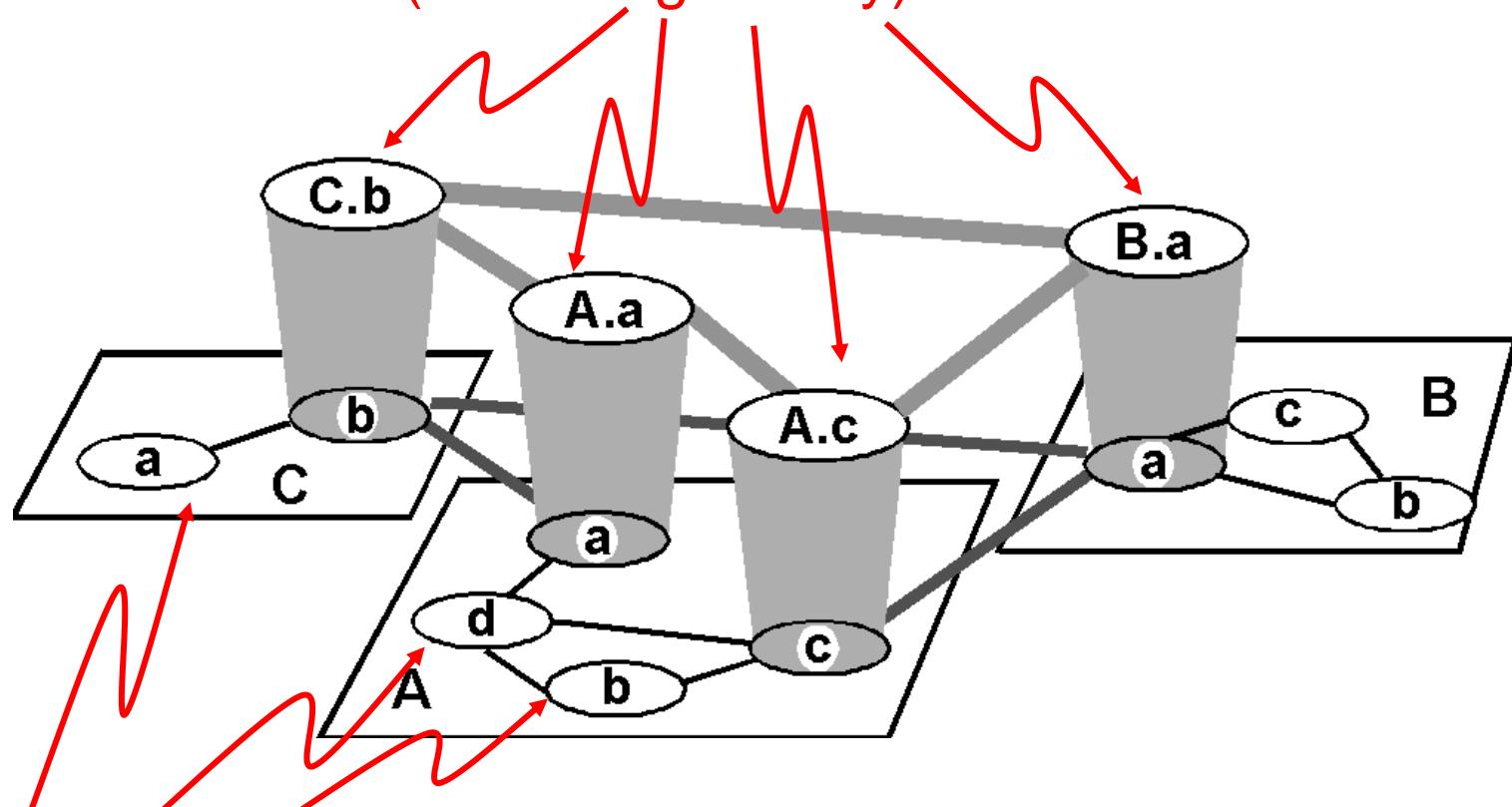
Sono speciali router dell'AS, che:

- 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)

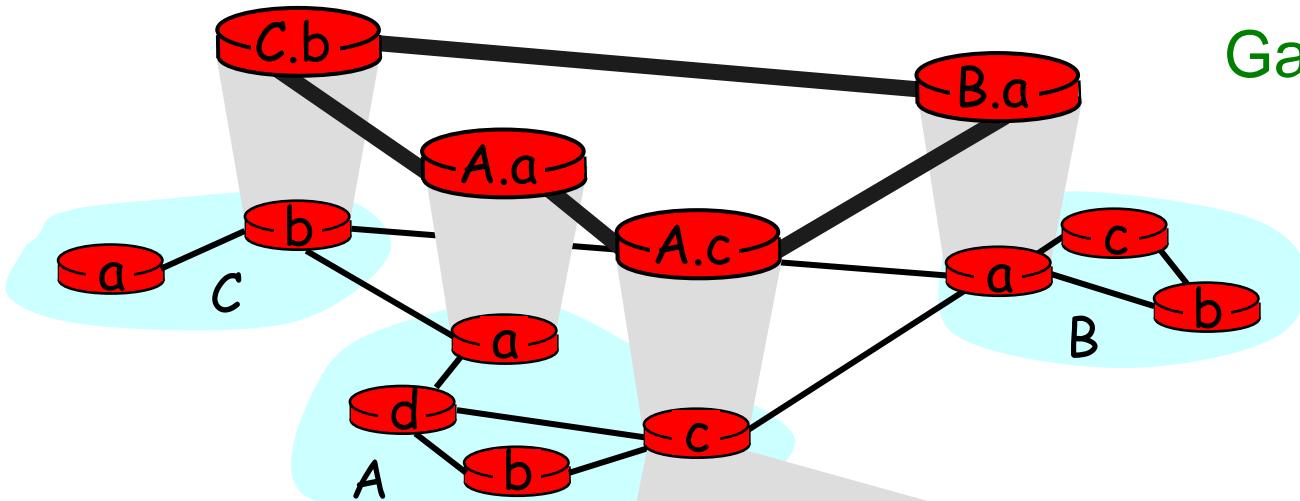
Inter-AS border (exterior gateway) routers



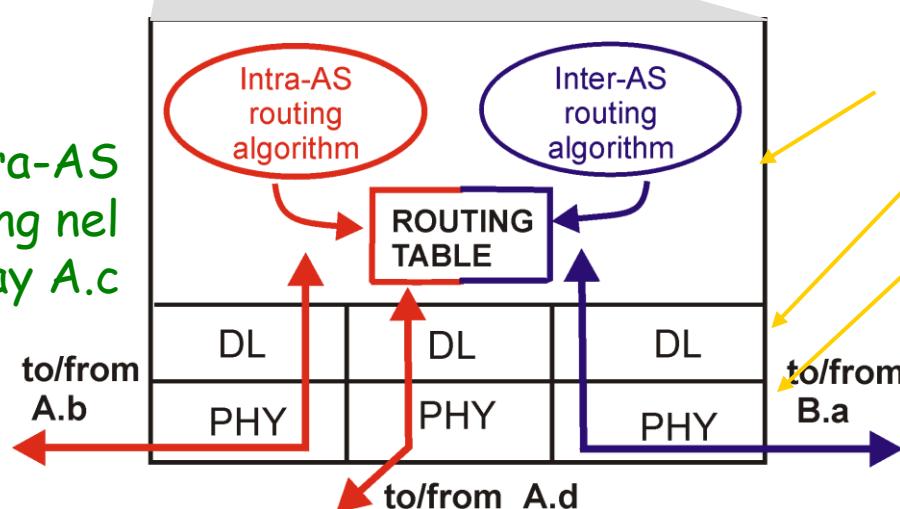
Intra-AS interior (gateway) routers



Instradamento gerarchico in Internet (2/4)



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



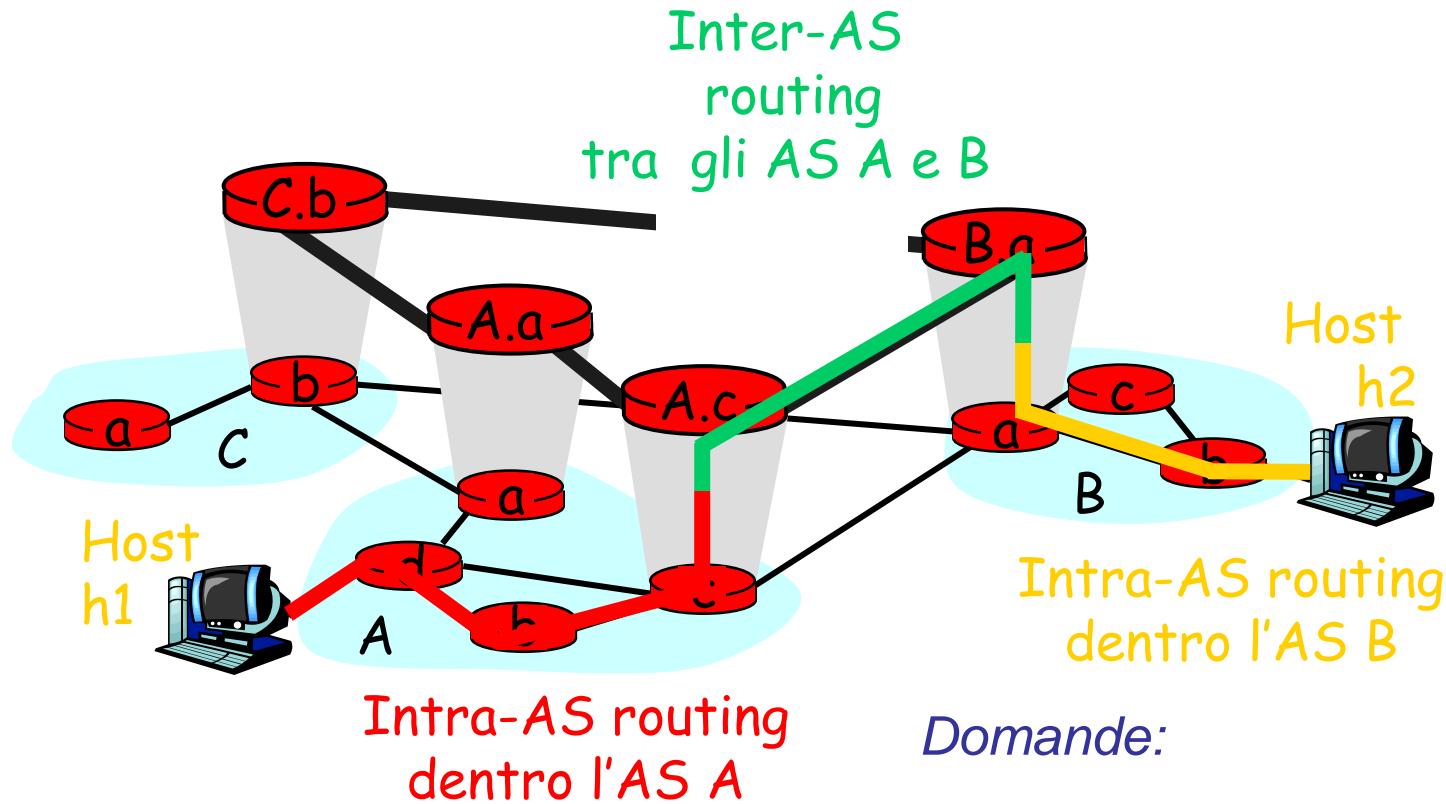
Gateway:

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

network layer
link layer
physical layer



Instradamento gerarchico in Internet (3/4)



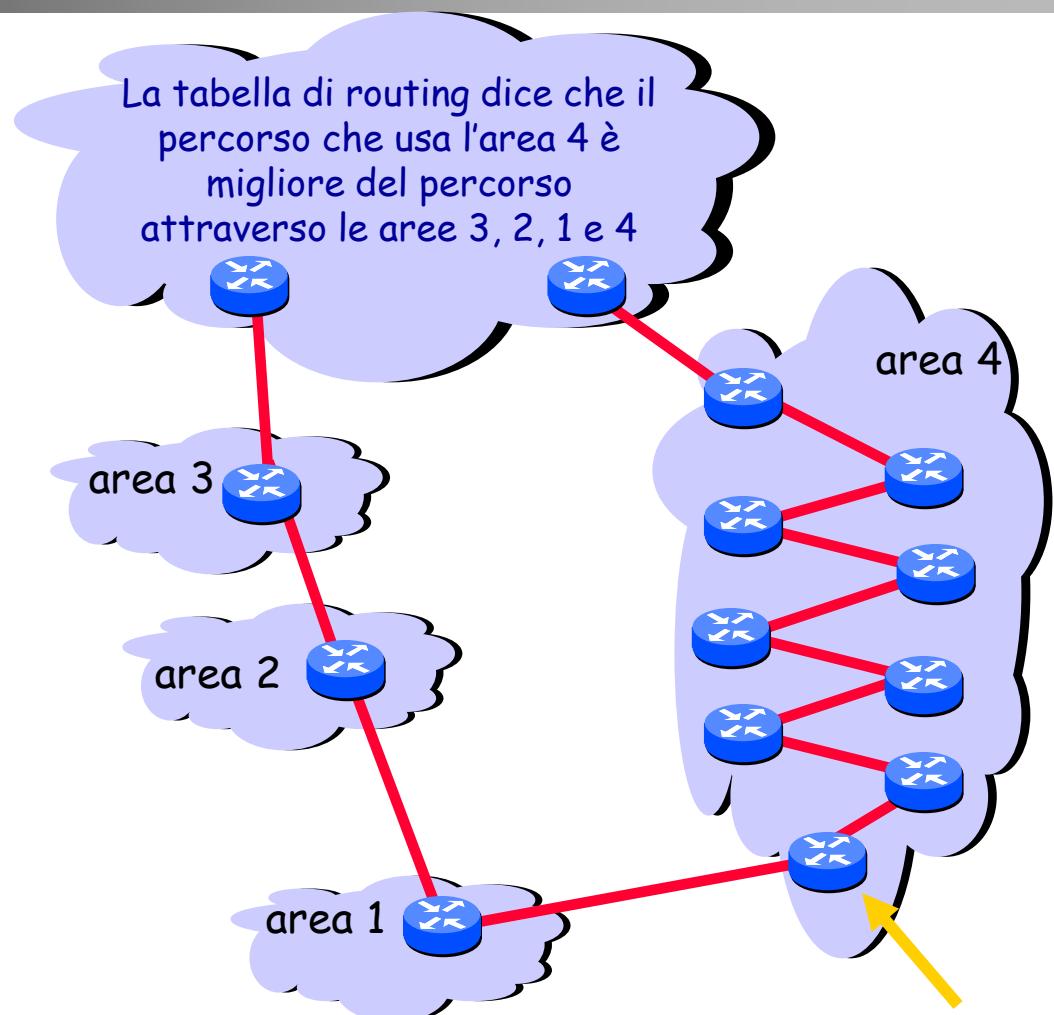
Domande:

- 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

