

Routing: Algoritmos y arquitectura

Area de Ingeniería Telemática
<http://www.tlm.unavarra.es>

Grado en Ingeniería en Tecnologías de
Telecomunicación, 3º

Temas de teoría

0. Introducción
1. QoS
2. Encaminamiento dinámico en redes IP
3. Tecnologías móviles

upna

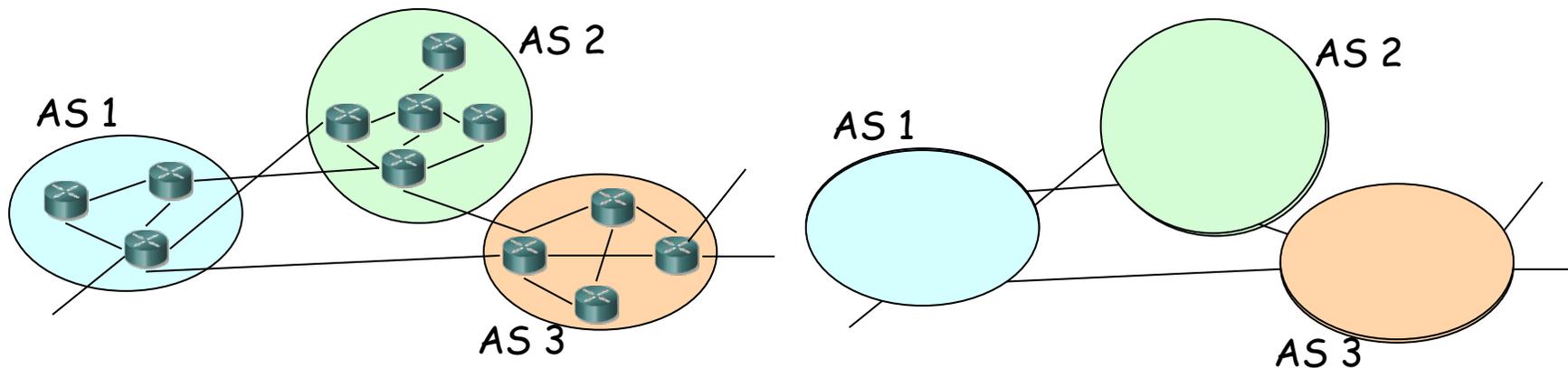
Universidad Pública de Navarra
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

Tecnologías Avanzadas de Red
Área de Ingeniería Telemática

Enrutamiento jerárquico

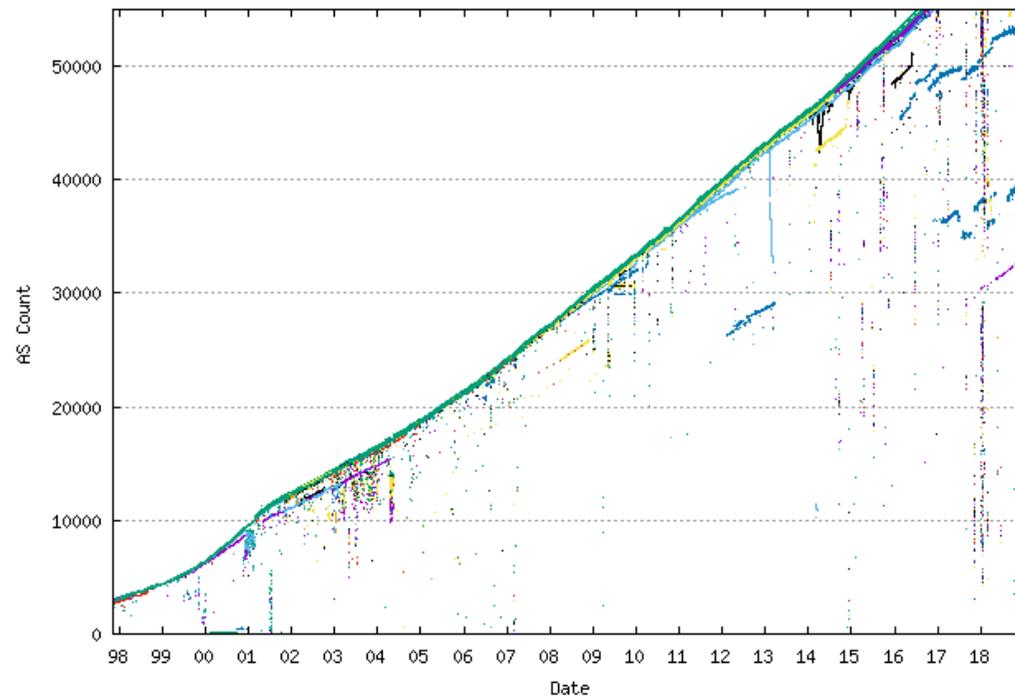
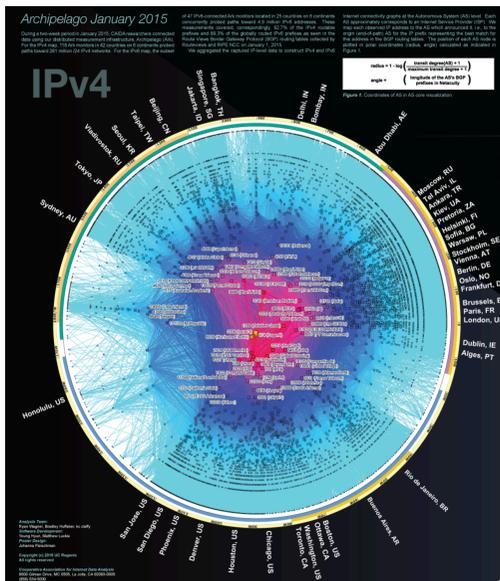
Enrutamiento jerárquico

- ¿Un solo grafo para toda la Internet?
 - Problemas de escala
 - Problemas de coordinación (¿métrica?)
- Enrutamiento jerárquico
 - IGP: Interior Gateway Protocol
 - EGP: Exterior Gateway Protocol
 - Interior/exterior respecto a “sistemas autónomos” (*Autonomous Systems*)
 - “An AS is a connected group of one or more IP prefixes run by one or more network operators which has a SINGLE and CLEARLY DEFINED routing policy” (BCP 6)



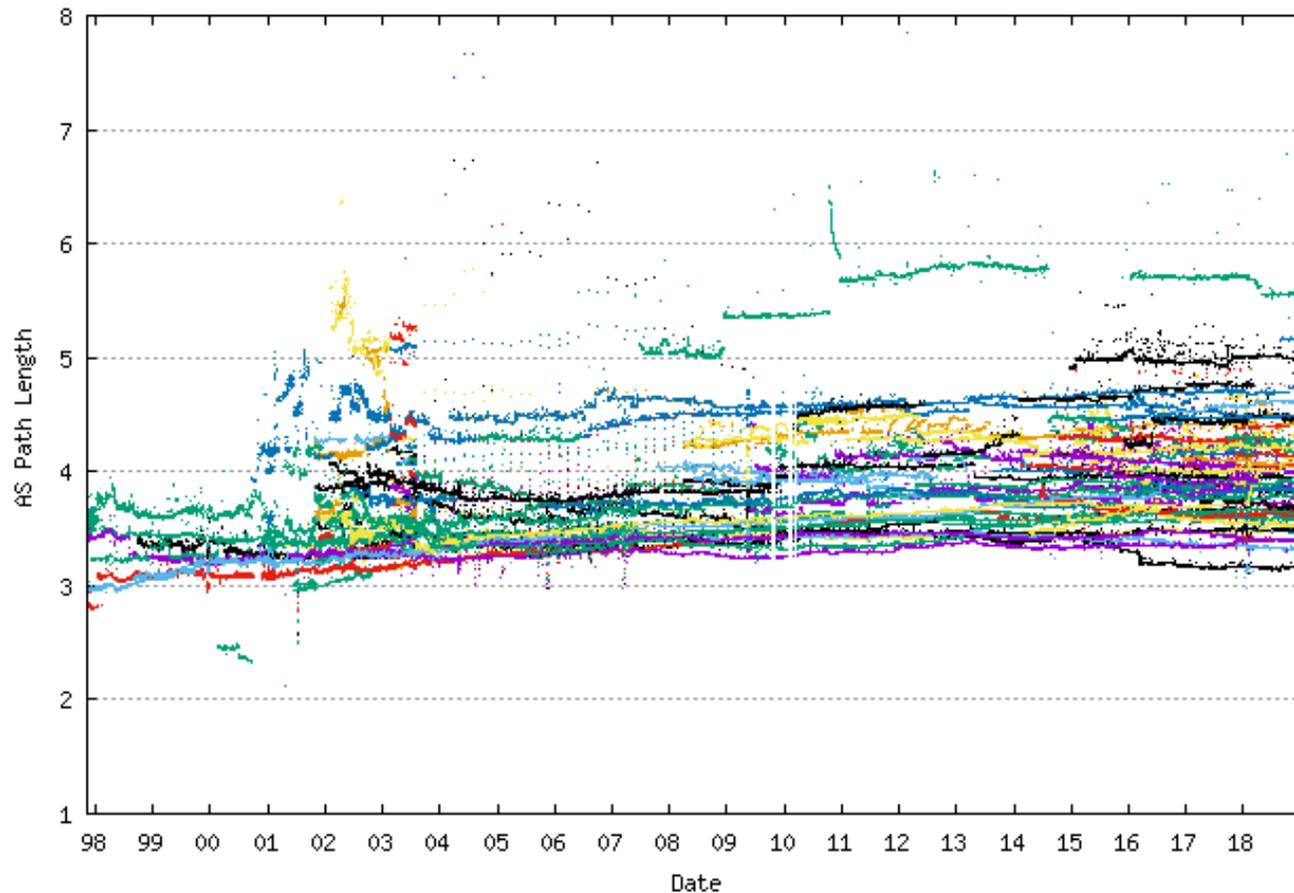
Sistemas Autónomos

- Cada AS calcula rutas internas de forma independiente
- Otorga autonomía a cada AS para elegir y configurar su protocolo de enrutamiento interior
- ASN = Autonomous System Number (16 ó 32 bits)
- Más de 60K+ ASNs asignados (2014), 49K+ anunciados
- Un ISP puede tener asignado uno o más ASNs (¡hay muchos menos!)



Longitud del camino exterior

- Ha crecido el número de ASs pero no las distancias entre ellos (en nº de ASs atravesados)
- Ha crecido el grado de conectividad



ASNs: Ejemplos

```
$ whois -h whois.cymru.com 130.206.164.68
AS      | IP                | AS Name
766    | 130.206.164.68   | REDIRIS Entidad Publica Empresarial Red.es
```

```
$ whois -h whois.cymru.com 169.229.216.200
AS      | IP                | AS Name
25     | 169.229.216.200  | UCB - University of California at Berkeley
```

```
$ whois -h whois.cymru.com 72.21.194.212
AS      | IP                | AS Name
16509  | 72.21.194.212   | AMAZON-02 - Amazon.com, Inc., US
```

```
$ whois -h whois.cymru.com 8.8.8.8
AS      | IP                | AS Name
15169  | 8.8.8.8          | GOOGLE - Google Inc., US
```

```
$ whois -h whois.cymru.com 81.47.192.13
AS      | IP                | AS Name
3352   | 81.47.192.13    | TELEFONICA_DE_ESPANA, ES
```

```
$ whois -h whois.cymru.com 187.8.1.1
AS      | IP                | AS Name
10429  | 187.8.1.1       | Telefonica Data S.A., BR
```

ASNs privados

- RFC 6996 (antes RFC 1930)
- Parecido al direccionamiento privado, no deben anunciarse a Internet
- En el espacio de 16 bits son 64512 – 65534
- En el de 32 bits 4200000000 – 4294967294

A red, rectangular stamp with a distressed, ink-like texture. The word "PRIVATE" is written in bold, uppercase letters, slanted slightly upwards from left to right. The stamp is positioned in the lower right area of the slide.

upna

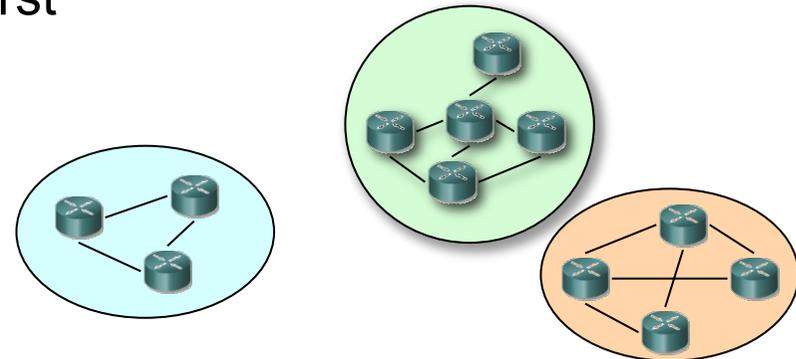
Universidad Pública de Navarra
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

Tecnologías Avanzadas de Red
Área de Ingeniería Telemática

IGPs vs BGP

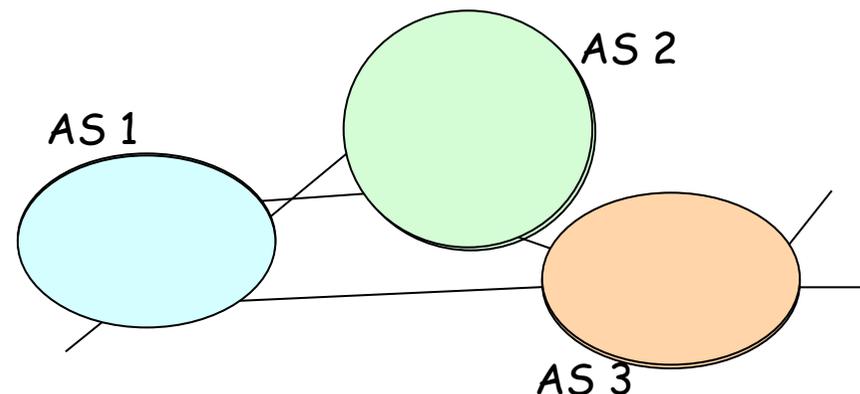
Interior Gateway Protocols (IGP)

- **Características:**
 - Simples
 - Calculan caminos eficientes respecto a una métrica
 - Recalculan rápidamente ante cambios
 - No escalan bien para redes grandes
- **Los más comunes:**
 - *RIP*: Routing Information Protocol
 - *(E)IGRP*: (Enhanced) Interior Gateway Routing Protocol (propietario de Cisco)
 - *IS-IS*: Intermediate System to Intermediate System (OSI)
 - *OSPF*: Open Shortest Path First



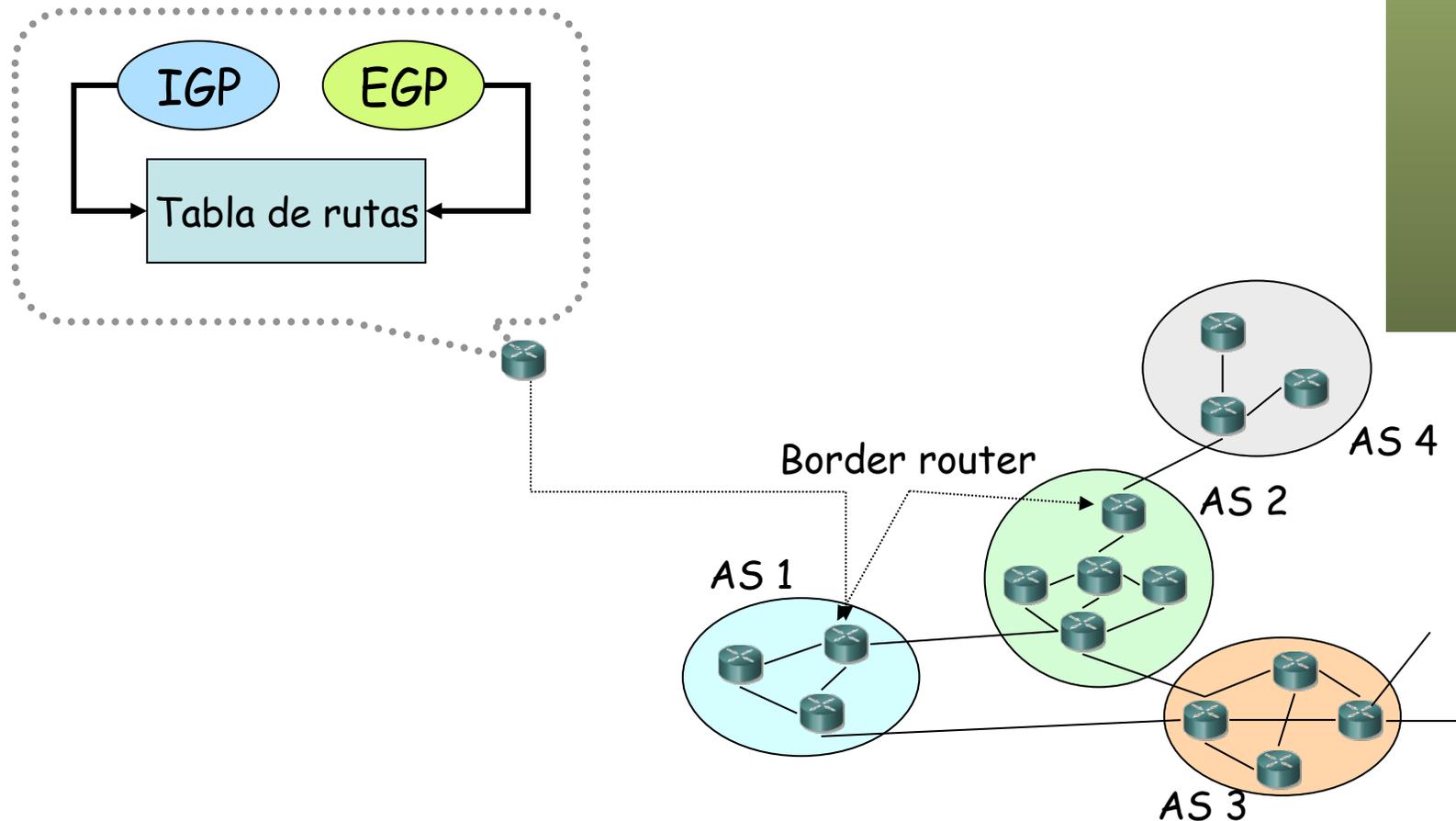
Exterior Gateway Protocols (EGP)

- **Características:**
 - Mejor escalabilidad
 - Habilidad para agregar rutas
 - Habilidad para expresar políticas
 - Mayor carga en el router
- **BGP (Border Gateway Protocol):**
 - *Estándar de facto*
 - Algoritmo *path-vector* : anuncia el camino completo al destino (como una secuencia de ASs)



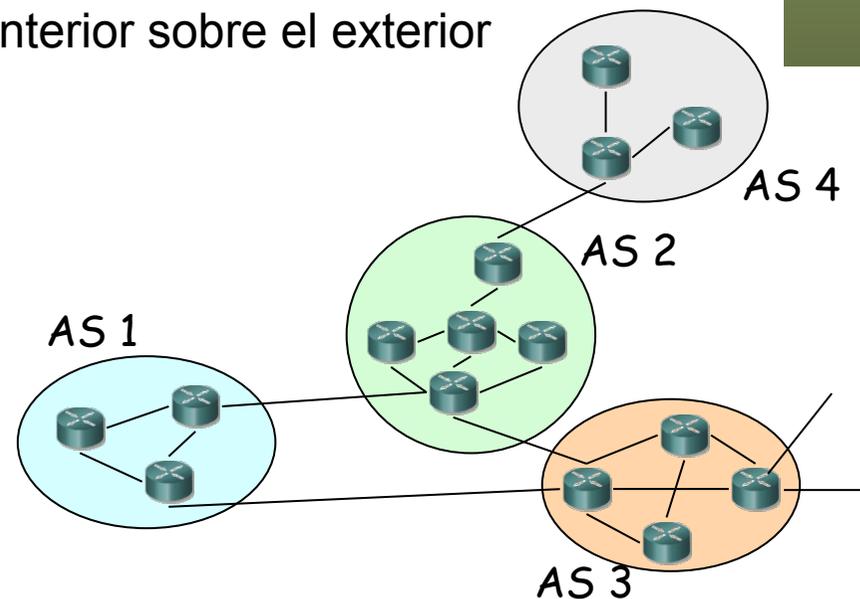
Routers frontera

- En ellos la tabla de rutas es configurada por ambos protocolos
- IGP: rutas a destinos internos
- EGP: rutas a destinos externos



Routers frontera

- Si hay un solo enlace al exterior:
 - *Stub network*
 - Routers internos solo necesitan una ruta por defecto hacia otros ASs
- Más de un enlace al exterior
 - Red multi-homed o de tránsito
 - Cada router interno necesita rutas para cada red externa para poder elegir la mejor salida del AS
 - O se puede mandar todo a la misma (la más cercana, *hot-potato*)
 - Requiere más información en el interior sobre el exterior

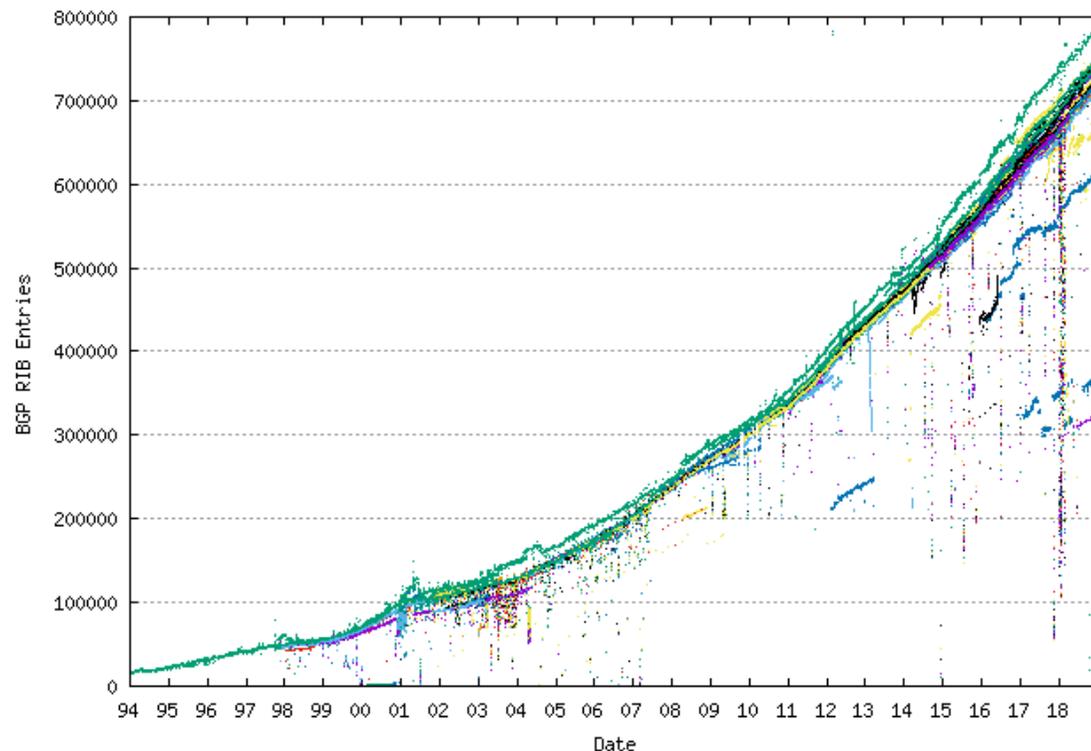


¿Tamaño de esa tabla?

- La tabla que se aprende por BGP puede ser ya muy grande
- Excede ya las 700K entradas (2018)
- Pasar de las 500K ya nos dio algún que otro problema:

<http://www.bgpmon.net/what-caused-todays-internet-hiccup/>

http://research.dyn.com/wp-content/uploads/2014/07/DougMadory_LACNOG-1.pdf



upna

Universidad Pública de Navarra
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

Tecnologías Avanzadas de Red
Área de Ingeniería Telemática

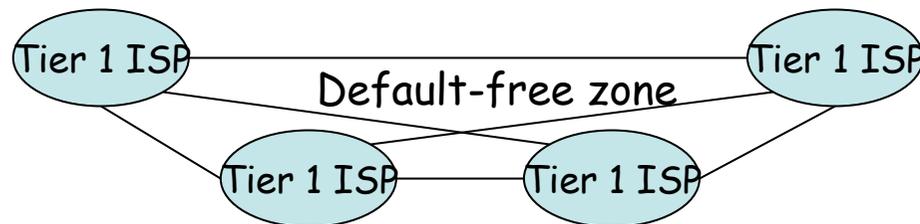


Estructura de Internet



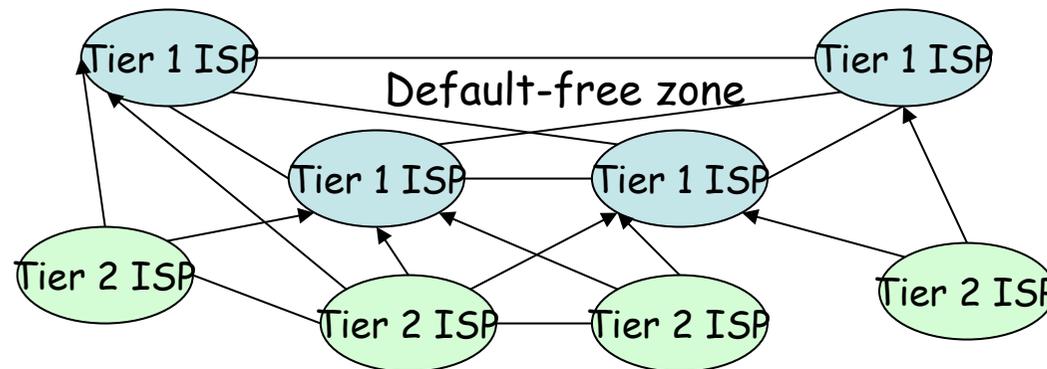
Estructura de Internet

- **Tier-1 ISPs o Internet backbone networks**
 - Grandes proveedores internacionales (no claro cuáles, AT&T, NTT, Telefónica, Sprint, Verizon, etc., aproximadamente una docena)
 - Conexión completamente mallada (*peering agreements*)
 - No pagan a nadie por el tránsito
 - No emplean “ruta por defecto”, tienen rutas a todas las redes (2016: más de 600K rutas)



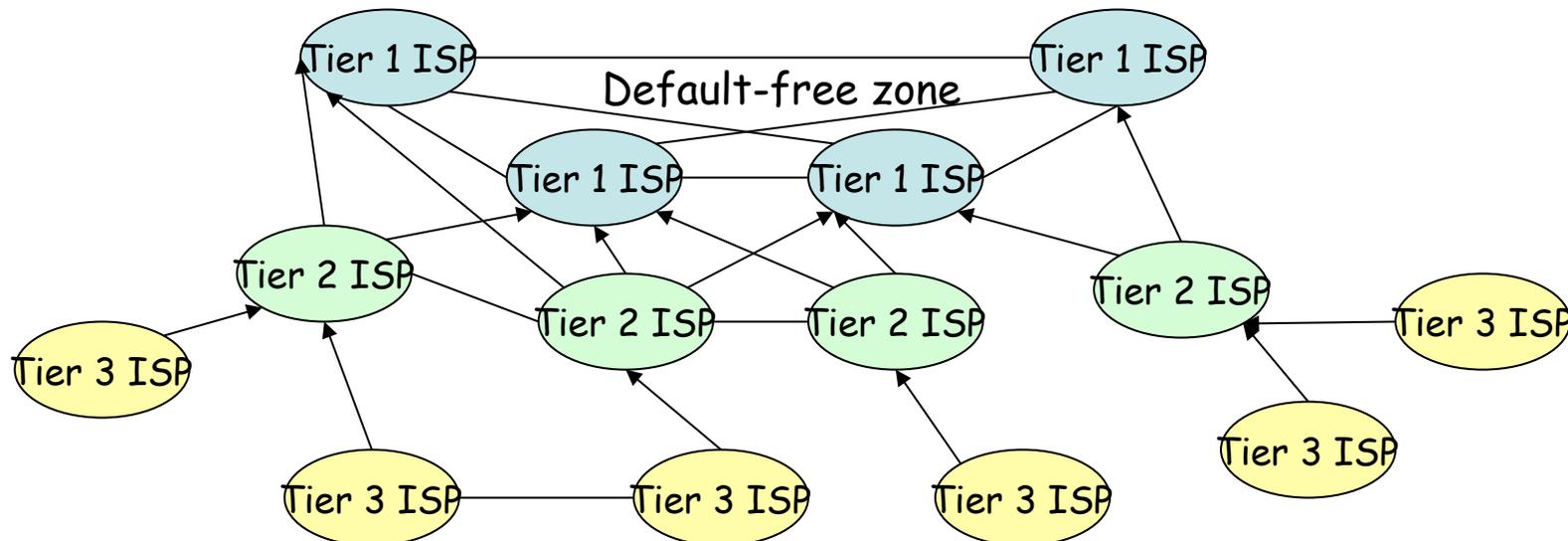
Estructura de Internet

- **Tier-2 ISPs**
 - Regionales o nacionales
 - Contratan tránsito a unos pocos tier-1 ISPs (ellos son los clientes y el tier-1 el proveedor de tránsito)
 - Pueden establecer *peering agreements* con otros tier-2



Estructura de Internet

- **Tier-3 ISPs**
 - ISPs locales de acceso
 - Contratan tránsito a uno o más tier-2 y pueden hacer *peering agreements* entre ellos



Estructura de Internet

Points of Presence (POPs)

NAPs (Network Access Points) o **IXP** (Internet eXchange Point)

- Son redes de alta velocidad en sí mismas
- Por ejemplo switch L2 + router de cada AS
- Pretenden ahorrar €€ y reducir retardo
- Mantener local el tráfico local (ej: Espanix)

