

Arquitectura de enrutamiento en redes IP

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

Programación de Redes
Grado en Ingeniería Informática, 3º

Temas de teoría

1. Introducción
2. Campus LAN
3. Encaminamiento
4. Tecnologías de acceso y WAN

Objetivos

- Conocer los diferentes tipos básicos de protocolos de enrutamiento
- Conocer la estructura jerárquica de enrutamiento en la Internet

Contenido

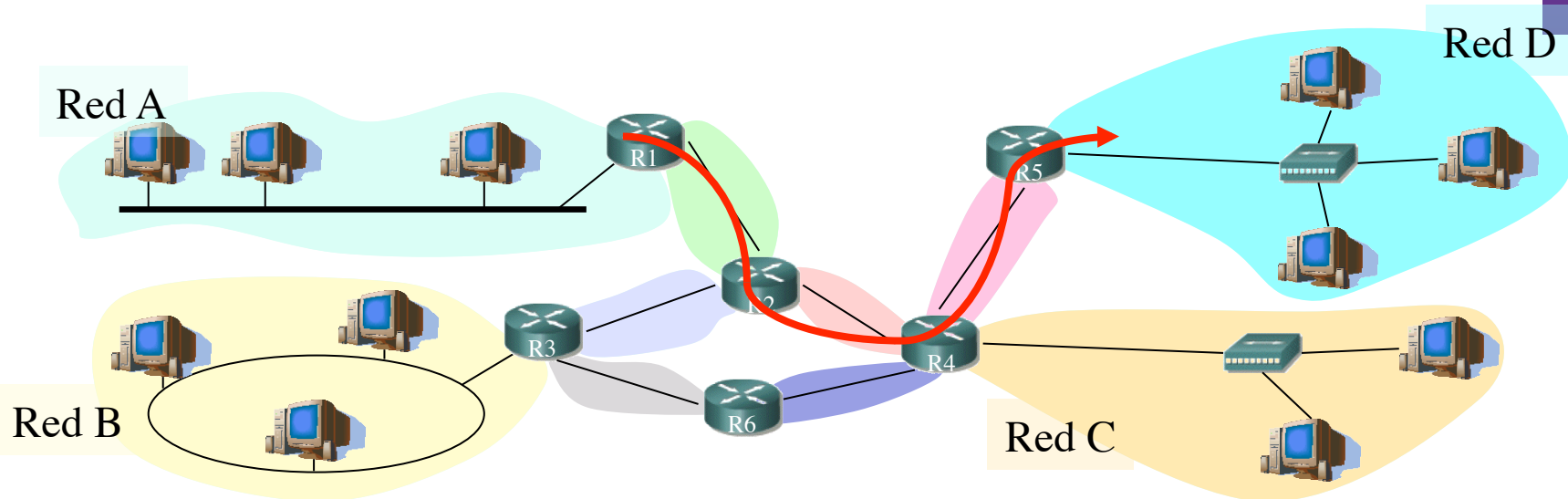
- Introducción
- Enrutamiento jerárquico
 - IGPs
 - EGPs
- Estructura de Internet

Nivel de red

- Objetivo:
 - Llevar paquetes del origen al destino
 - Usar los enlaces de forma “eficiente”
- Direccionamiento:
 - Que permita identificar a los nodos
 - Tiene una estructura (no es plano)
 - Ésta reduce la información en los routers
- Enrutamiento
 - Elementos de encaminamiento deben “aprender” cómo es la red
 - Deben calcular “buenos” caminos a los destinos
 - Esto se almacena en las “tablas de rutas”

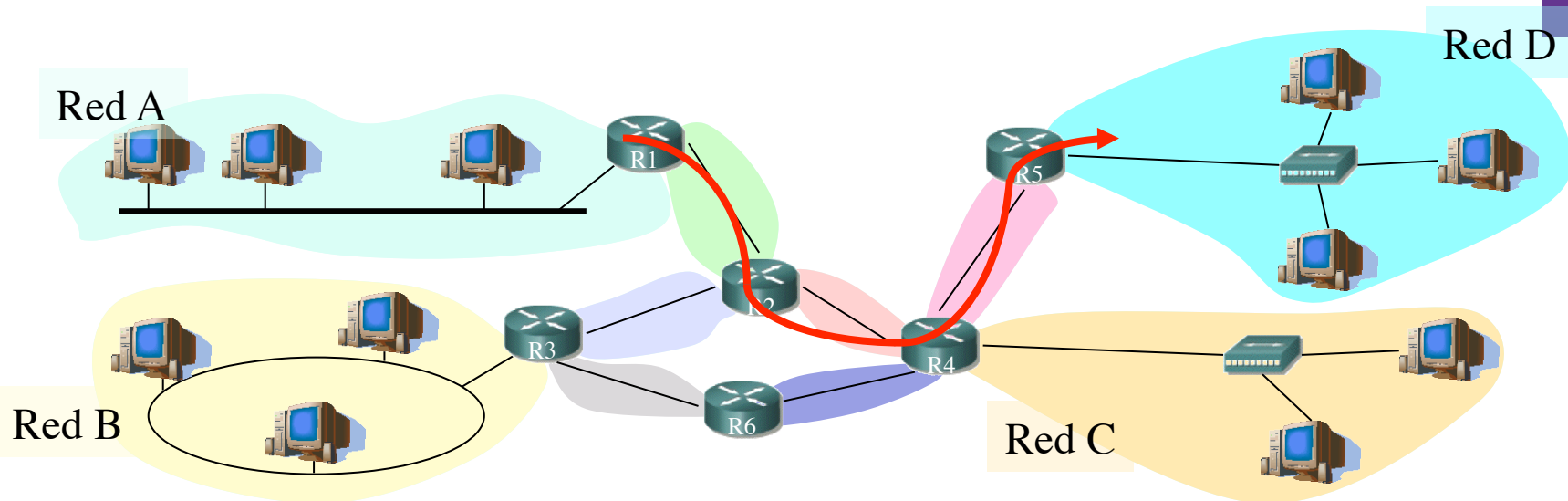
Routing

- “Ruta” es un camino (**path**) \Rightarrow acíclico (...)
- “Routing” = proceso de **calcular los caminos** que deben seguir los paquetes
- Se pueden calcular en función de:
 - Flujo
 - Tipo de tráfico
 - (origen, destino)
 - Destino



Conmutación

- Reenviar los bits por el camino
- Servicios posibles
 - Circuitos (telefonía, longitud de onda)
 - Paquetes
 - Circuitos virtuales (...) → Cada paquete del mismo flujo sigue la misma ruta
 - Datagramas (...) → Cada paquete es conmutado independientemente



Características de IP

- Nivel de red
- Servicio de datagramas, sin conexión
- Routing en función de la dirección destino
- No fiable
- Best effort
- Provee:
 - Independencia de las tecnologías de cada red
 - Direccionamiento global
 - TOS
 - Fragmentación y reensamblado

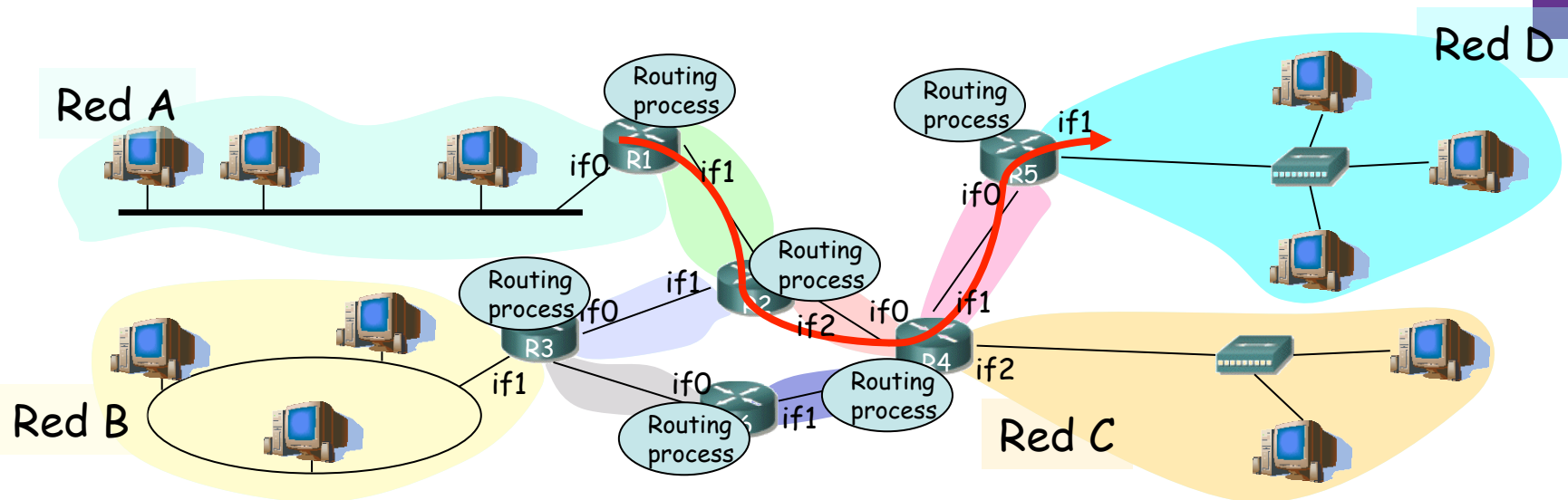
Otros aspectos

- Direccionamiento
 - Nivel 2: local, plano \Rightarrow no escalable
 - Nivel 3: según lugar, jerárquico \Rightarrow escalable
 - Direcciones temporales
 - Network Address Translation para reducir direcciones
- Routing basado en la dirección destino

Routing en IP

- Llevado a cabo por un **proceso** que se ejecuta en cada router (cálculo distribuido) (...)
- Resultado: una **“tabla de rutas”** en cada router (...)

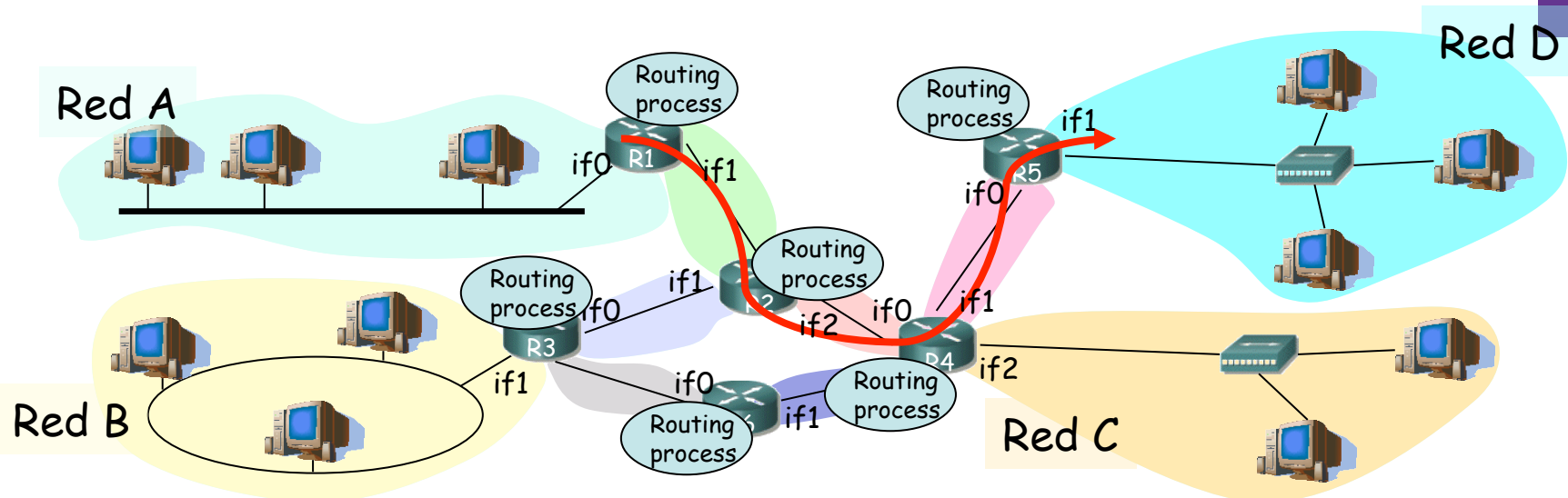
Destino	Next-hop
Red A	IP de if1 de R1
Red B	IP de if0 de R3
Red C	IP de if0 de R4
Red D	IP de if0 de R4
...	...



Forwarding en IP

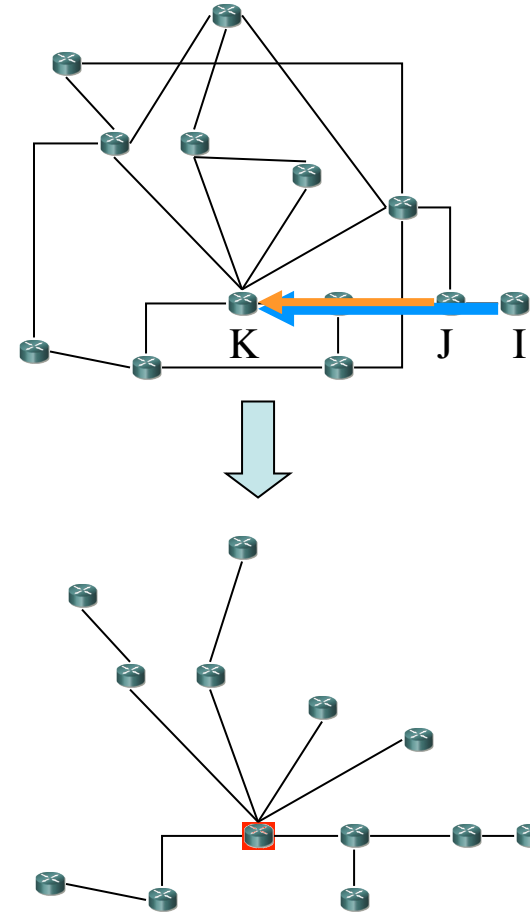
- Tarea de “reenviar” por el interfaz adecuado el paquete recibido
- En base a la tabla de rutas del router
- La tabla indica cuál es el siguiente router (**next-hop**) en el camino
- El router tendrá **conectividad a nivel 2** con él

Destino	Next-hop
Red A	IP de if1 de R1
Red B	IP de if0 de R3
Red C	IP de if0 de R4
Red D	IP de if0 de R4
...	...



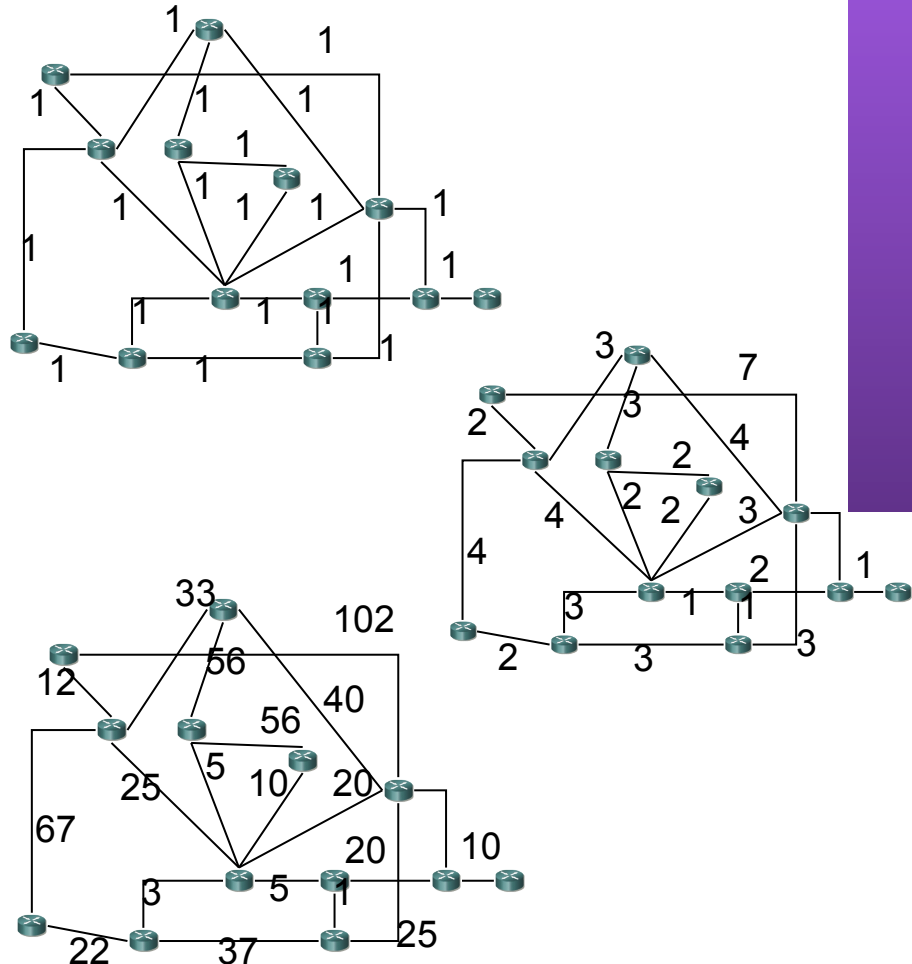
Principio de optimalidad

- Si router *J* está en el camino óptimo desde *I* a *K* entonces el camino óptimo de *J* a *K* está en la misma ruta (...)
- Si existiera una ruta mejor de *J* a *K* se podría concatenar con la de *I* a *J*
- El conjunto de rutas óptimas a un destino es un árbol = **sink tree** (...)
- Árbol \Rightarrow sin lazos (*loops*)

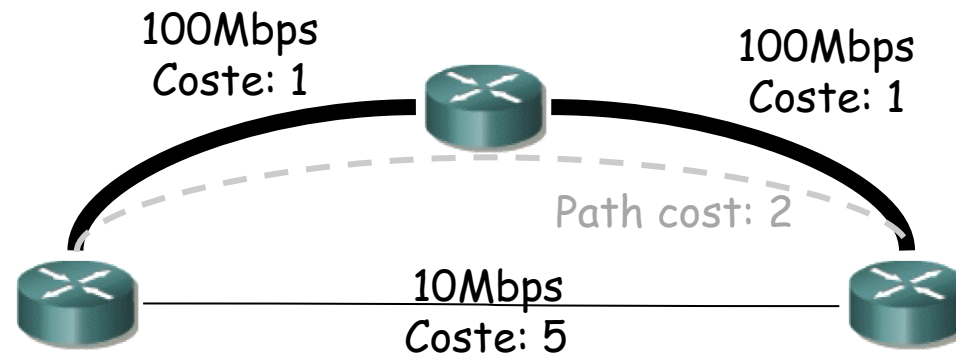


¿Camino óptimo?

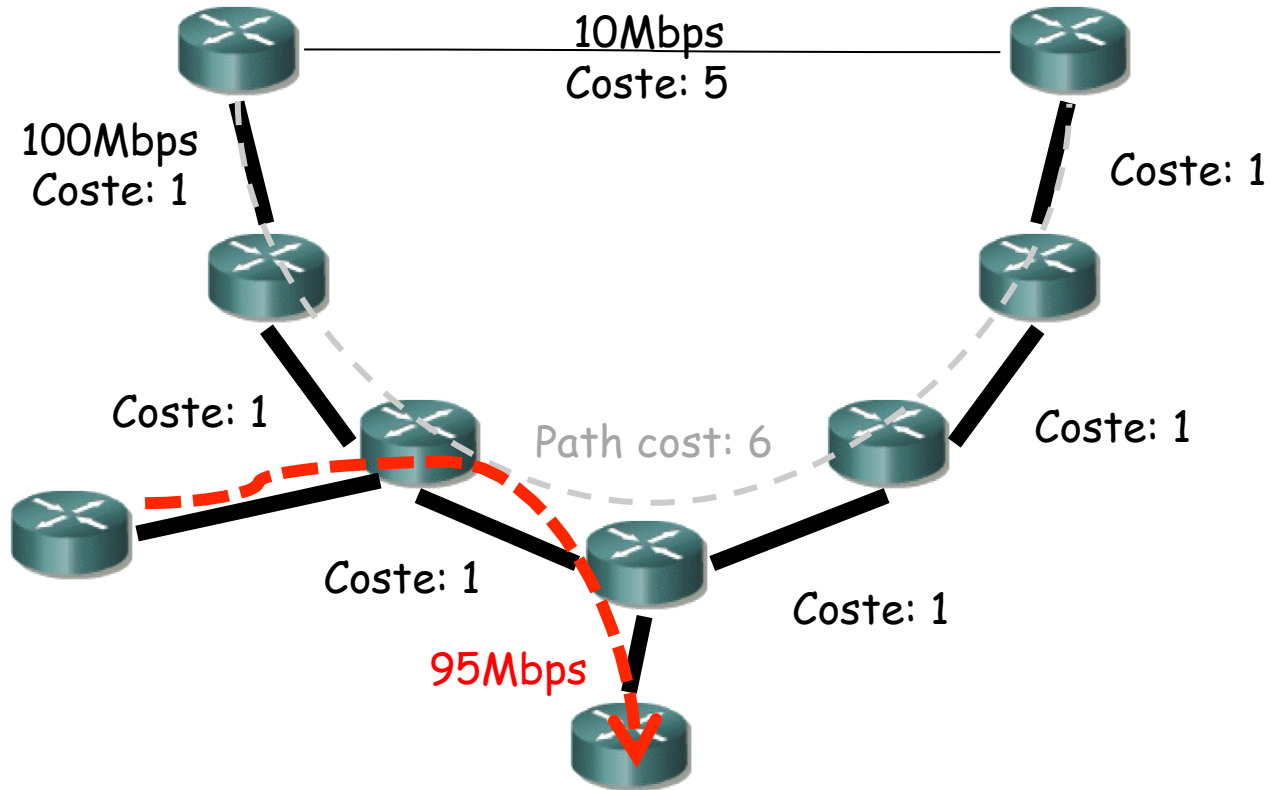
- **Shortest path**
- ¿Cómo medirlo?
 - Número de saltos
 - Distancia geográfica
 - Retardo
- Peso de cada vértice:
 - BW (...)
 - Tráfico medio
 - Coste (€€)
 - Longitud media de cola
 - Combinación



Ejemplo



Ejemplo



Construcción de las tablas de rutas

¿Estática o dinámica?

Estática:

- Configuración manual
- Cambios lentos

Dinámica:

- Mediante un protocolo de enrutamiento
 - Escalabilidad
 - Adaptabilidad
 - Complejidad

¿Información global o descentralizada?

Global:

- Todos los routers tienen información completa de la topología y los costes de los enlaces
- Algoritmos “link state”

Descentralizada:

- El router conoce solo a sus vecinos
- Mediante un proceso iterativo intercambia esa información con sus vecinos
- Algoritmos “distance vector”

Enrutamiento jerárquico

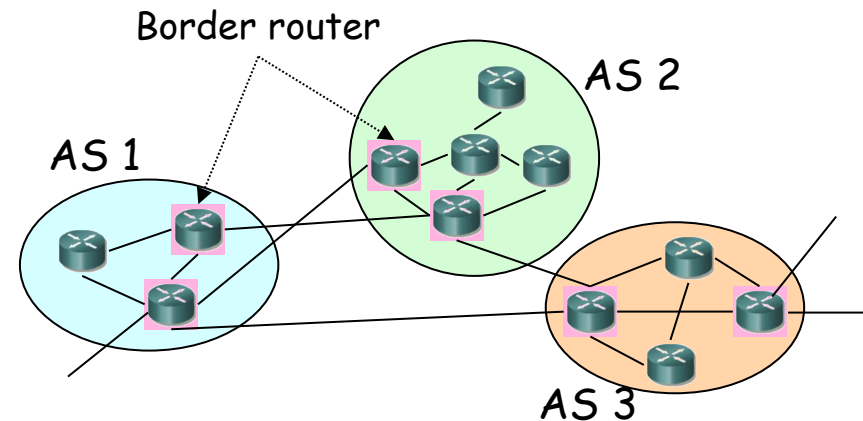
Escala: con centenares de millones de destinos

- ¡No se pueden tener todos los destinos en las tablas de rutas!
 - Memoria
 - CPU
 - BW para informar de rutas

- Autonomía administrativa
- Cada administrador de red quiere controlar el enrutamiento dentro de su red

Enrutamiento jerárquico

- Agrupar routers en regiones: **“Autonomous Systems” (AS)**
- Hay más de 40K (2013)
- Routers de un AS un solo administrador
- Normalmente los routers en el mismo AS emplean el mismo protocolo de enturamiento
 - **IGP** = Interior Gateway Protocol
 - Routers en diferentes AS pueden emplear diferente IGP
 - Interior *oculto*
- Comunicar información de enrutamiento entre los AS
 - **EGP** = Exterior Gateway Protocol
 - Entre los **border routers** o routers frontera de los AS

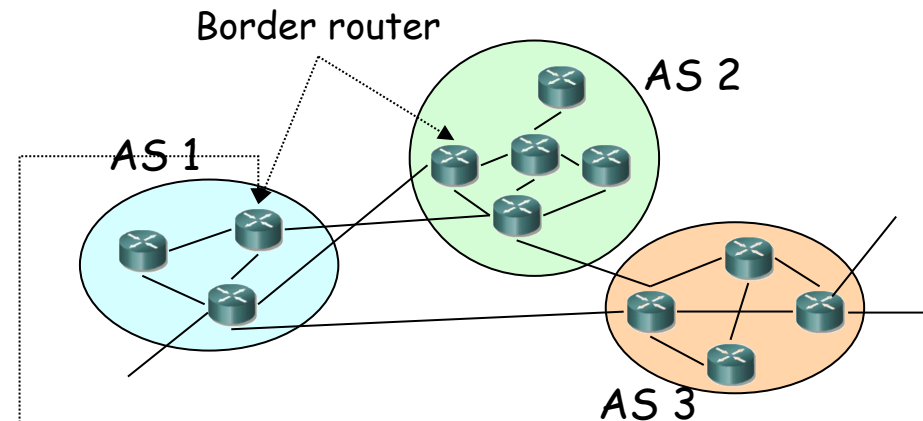
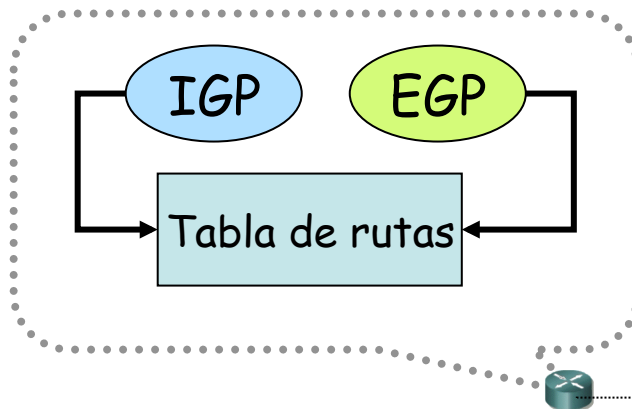


Enrutamiento jerárquico

Border router

- La tabla de rutas es configurada por ambos
- IGP: rutas a destinos internos
- EGP: rutas a destinos externos

- IGP da las rutas internas
- ¿Si hay más de un enlace al exterior?
 - EGP debe informar de a qué destinos se puede llegar por cada uno



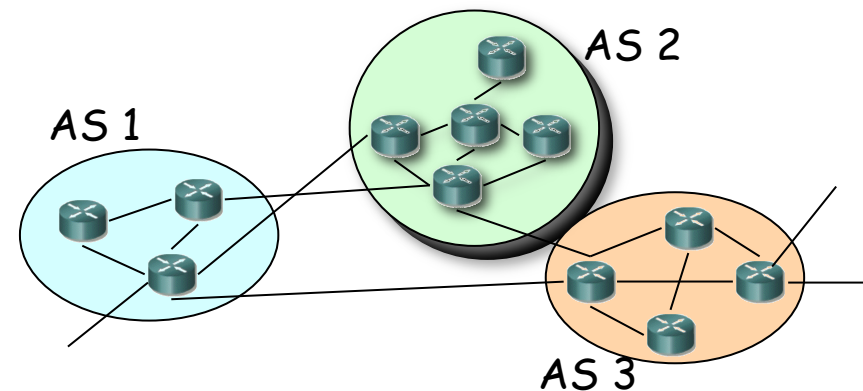
Interior Gateway Protocols (IGP)

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
- *OSPF*: Open Shortest Path First
- *EIGRP*: Interior Gateway Routing Protocol (propietario de Cisco)



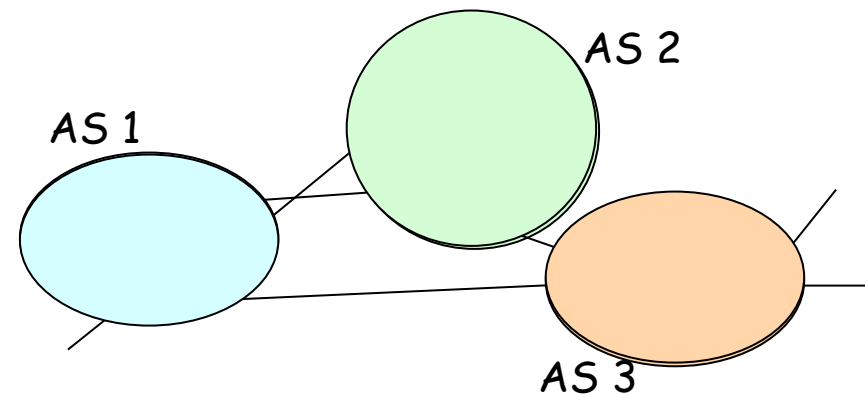
Exterior Gateway Protocols (EGP)

Características:

- Mejor escalabilidad
- Habilidad para agregar rutas
- Habilidad para expresar políticas
- Mayor carga en el router

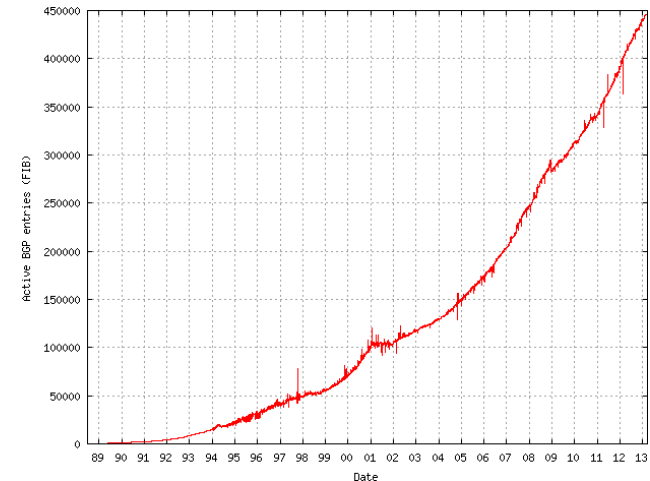
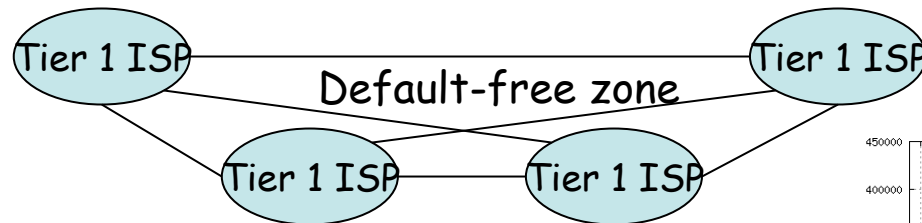
BGP (Border Gateway Protocol):

- *Estándar de facto*
- Algoritmo *path-vector* : anuncia el camino completo al destino (como una secuencia de ASs)
- Los anuncios emplean conexiones TCP entre los routers



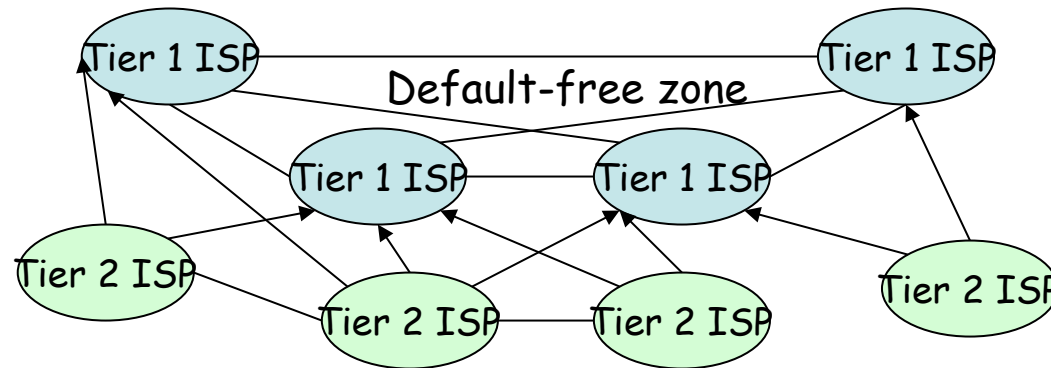
Estructura de Internet

- Tier-1 ISPs o Internet backbone networks
 - Grandes proveedores internacionales (AT&T, BBN, BT, Cable&Wireless, Sprint, UUNET, etc.)
 - Conexión completamente mallada
 - No emplean “ruta por defecto”, tienen rutas a todas las redes (2013: más de 400K rutas)



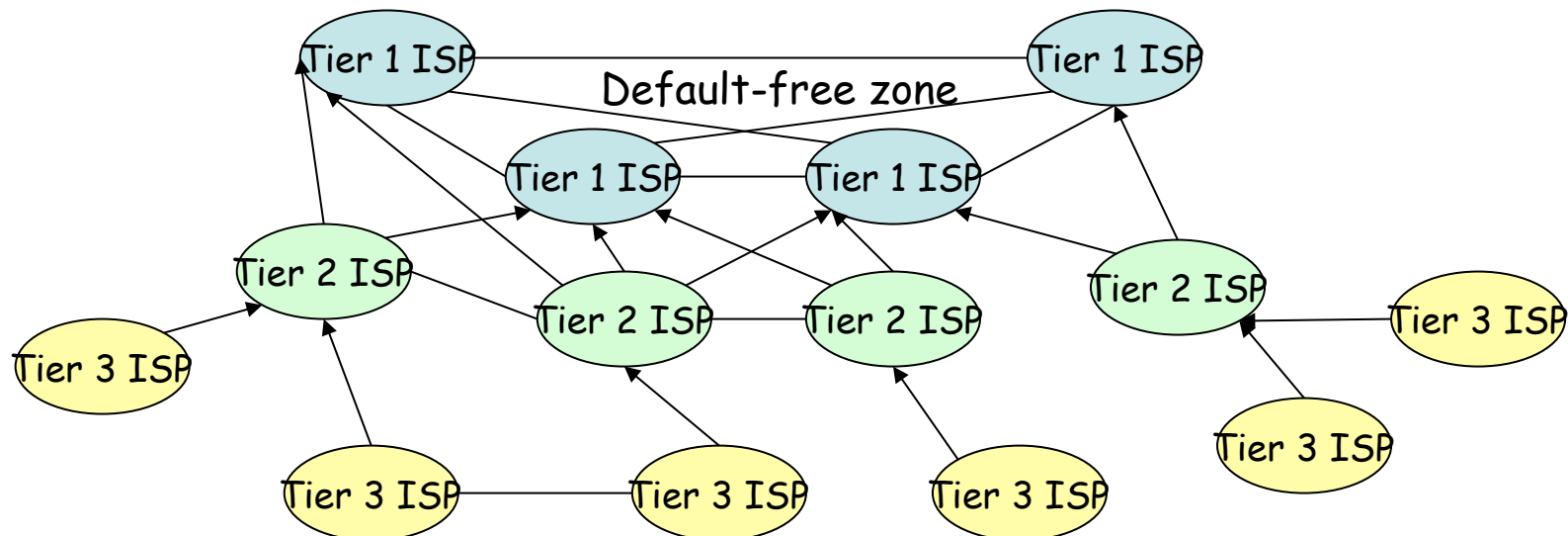
Estructura de Internet

- Tier-2 ISPs
 - Regionales o nacionales
 - Se conectan (peering agreement) a unos pocos tier-1 ISPs (ellos son los clientes y el tier-1 el proveedor de tránsito)
 - Se pueden conectar a otros tier-2



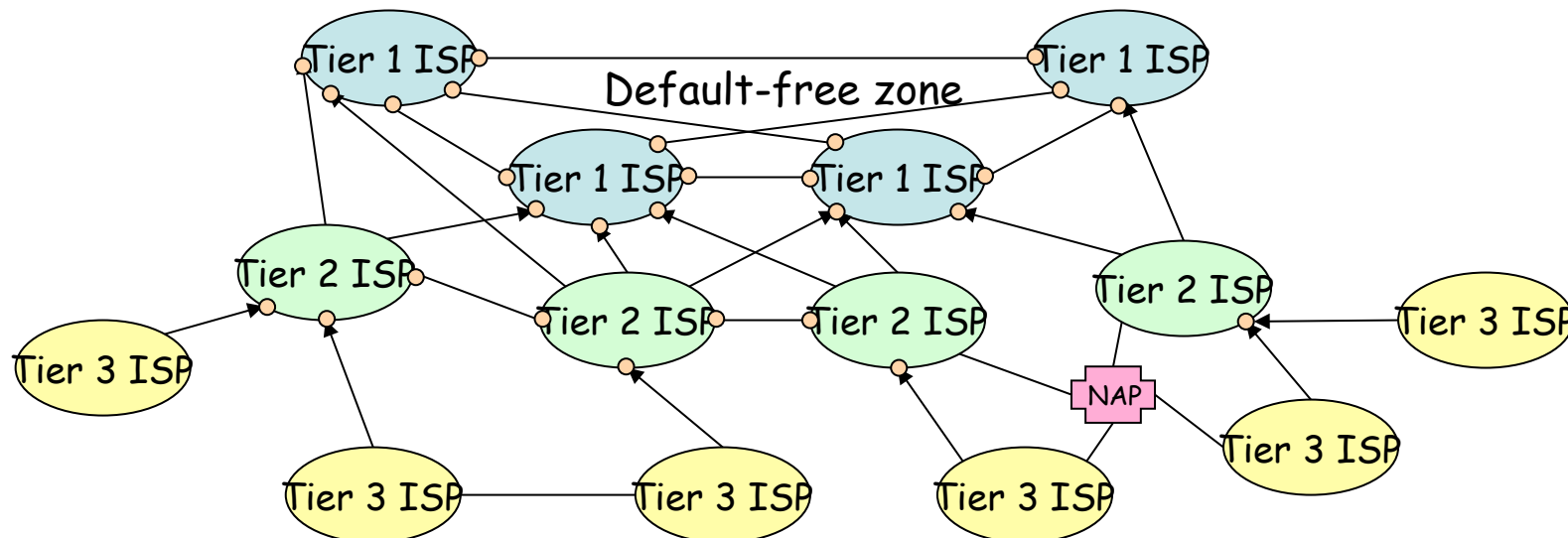
Estructura de Internet

- Tier-3 ISPs
 - ISPs locales de acceso
 - Se conectan a uno o más tier-2 y 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
 - Pretenden ahorrar €€
 - Reducir retardo
 - Mantener local el tráfico local (ej: Espanix)



Resumen

- Los routers (conmutadores de paquetes) reenvían paquetes IP en función de sus tablas de rutas
- Aprenden estas tablas por medio de protocolos de enrutamiento
- La estructura de Internet es jerárquica (Tiers)
- Esto lleva a un enrutamiento jerárquico dividido en:
 - Intradomain
 - Interdomain
 - Diferente problemática para ambos