

Capítulo 4: Capa Red - IV

Este material está basado en:

- material de apoyo al texto *Computer Networking: A Top Down Approach Featuring the Internet 3rd edition*. Jim Kurose, Keith Ross Addison-Wesley, 2004.
- material de wikipedia : www.wikipedia.org

Capítulo 4: Capa de Red

- ❑ 4.1 Introducción
- ❑ 4.2 Circuitos virtuales y redes de datagramas
- ❑ 4.3 ¿Qué hay dentro de un router?
- ❑ 4.4 IP: Internet Protocol
 - Formato de Datagrama
 - Direccionamiento IPv4
 - ICMP
 - IPv6
- ❑ 4.5 Algoritmos de ruteo
 - Estado de enlace
 - Vector de Distancias
 - Ruteo Jerárquico
- ❑ 4.6 Ruteo en la Internet
 - RIP
 - OSPF
 - BGP
- ❑ 4.7 Ruteo Broadcast y multicast (no será cubierto)

Ruteo intra-AS

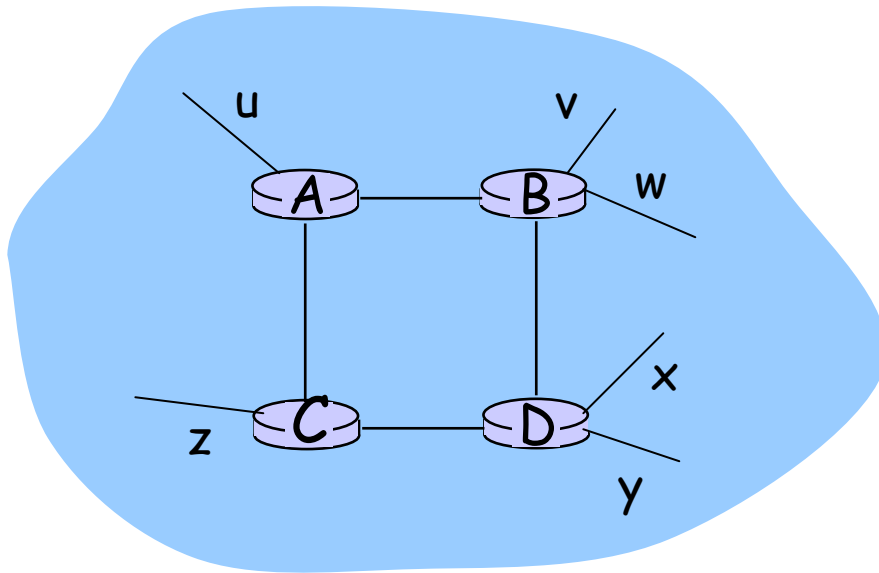
- ❑ AS: autonomous systems
- ❑ También son conocidos como **Interior Gateway Protocols (IGP)**
- ❑ Protocolos de ruteo Intra-AS más comunes:
 - RIP: Routing Information Protocol
 - OSPF: Open Shortest Path First
 - IGRP: Interior Gateway Routing Protocol (propietario de Cisco)

Capítulo 4: Capa de Red

- ❑ 4.1 Introducción
- ❑ 4.2 Circuitos virtuales y redes de datagramas
- ❑ 4.3 ¿Qué hay dentro de un router?
- ❑ 4.4 IP: Internet Protocol
 - Formato de Datagrama
 - Direccionamiento IPv4
 - ICMP
 - IPv6
- ❑ 4.5 Algoritmos de ruteo
 - Estado de enlace
 - Vector de Distancias
 - Ruteo Jerárquico
- ❑ 4.6 Ruteo en la Internet
 - RIP
 - OSPF
 - BGP
- ❑ 4.7 Ruteo Broadcast y multicast

RIP (Routing Information Protocol)

- ❑ Algoritmo de vector de distancia
- ❑ Incluido en BSD-UNIX en 1982
- ❑ Métrica de distancia: # de hops (max = 15 hops)

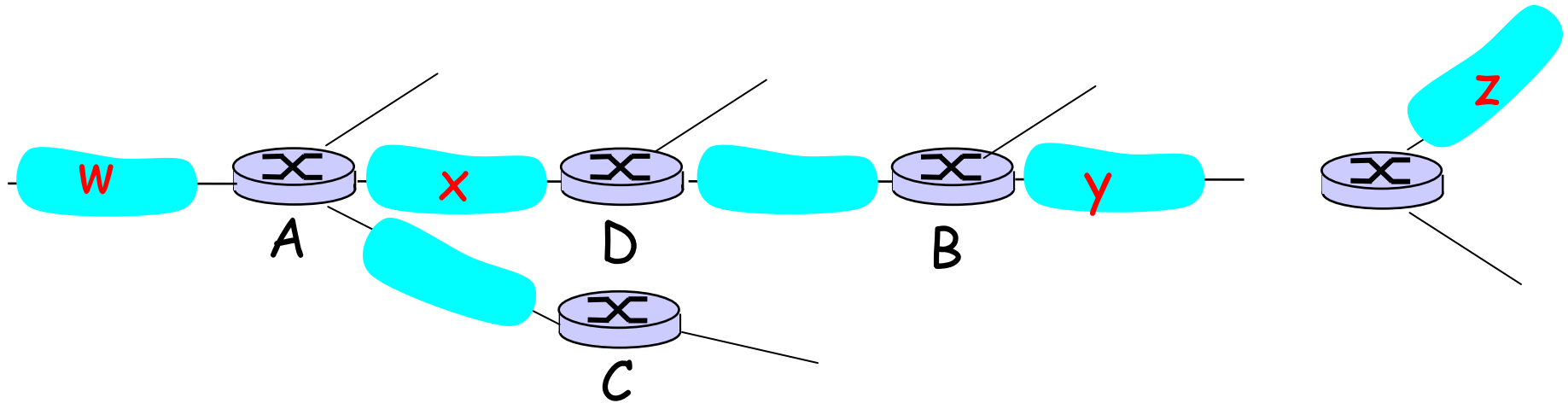


| <u>destination</u> | <u>hops</u> |
|--------------------|-------------|
| u | 1 |
| v | 2 |
| w | 2 |
| x | 3 |
| y | 3 |
| z | 2 |

Avisos de RIP

- ❑ Vector de Distancia: intercambiados entre vecinos cada 30 sec vía mensajes de respuesta (también conocidos como **avisos**)
- ❑ Cada aviso: lista de hasta 25 redes destinos dentro del AS
- ❑ La métrica de costo usada es el número de hops , luego cada enlace tiene costo unitario.
- ❑ Número de hops: es el número de subredes atravesadas desde la fuente al la subred del destino, incluyendo ésta última.

RIP: Ejemplo



Routing table in D

| Destination Network | Next Router | Num. of hops to dest. |
|---------------------|-------------|-----------------------|
| W | A | 2 |
| Y | B | 2 |
| Z | B | 7 |
| X | -- | 1 |
| ... | ... | ... |

Network Layer

RIP: Ejemplo

| Dest | Next | hops |
|------|------|------|
| w | - | - |
| x | - | - |
| z | C | 4 |
| ... | ... | ... |

Aviso de A a D

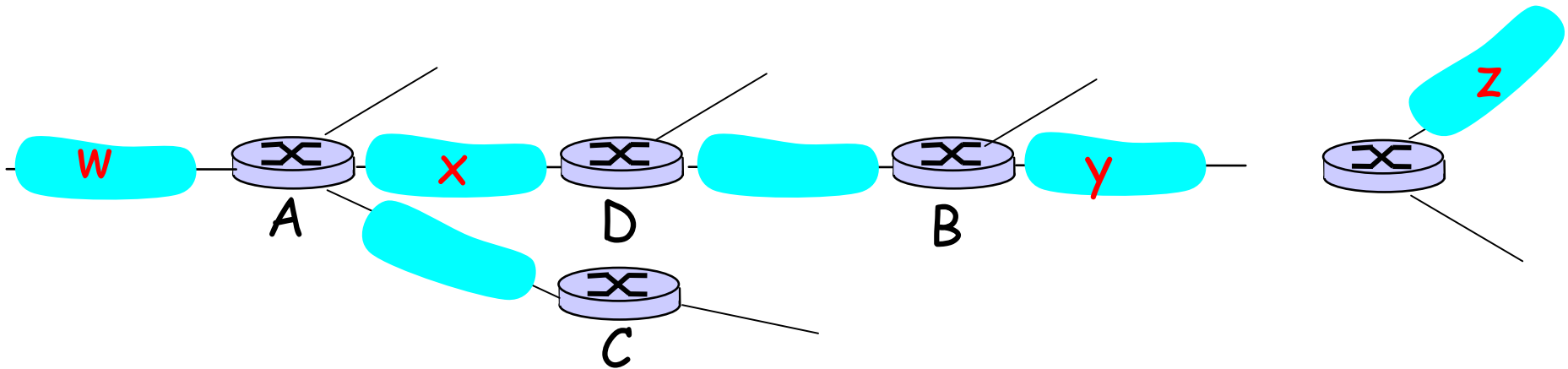


Tabla de ruteo en D

| Red destino | Próximo Router | Num. De saltos al dest. |
|-------------|----------------|-------------------------|
| w | A | 2 |
| y | B | 2 |
| z | B A | 7 5 |
| x | -- | 1 |
| ... | ... | ... |

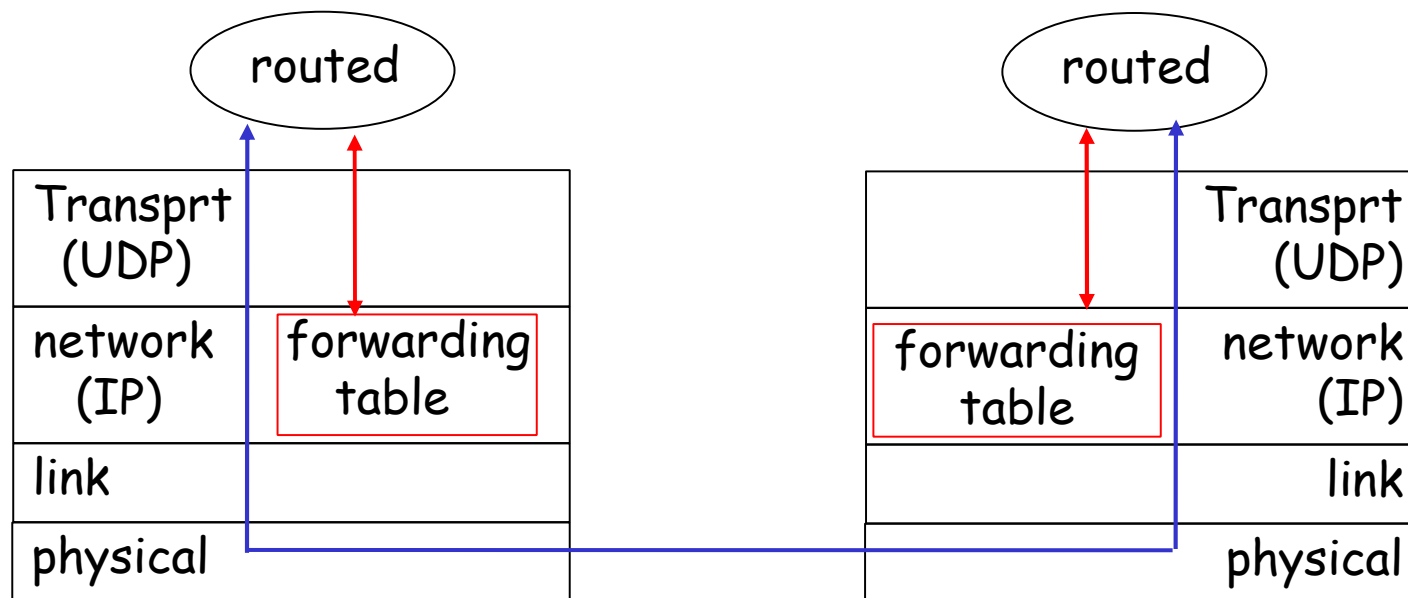
RIP: Fallas de enlace y recuperación

Si no se recibe aviso después de 180 sec --> el vecino/enlace son declarados caídos

- Las rutas vía ese vecino son invalidadas
- Nuevo aviso es enviado a vecinos
- Vecinos envían a su vez nuevos avisos (si sus tablas cambian)
- La falla del enlace pronto es propagada a toda la red
- Se usa la reversa envenenada para prevenir ping-pong loops (distancia infinita = 16 hops)

RIP Procesamiento de Tabla

- ❑ Las tablas de ruteo RIP son manejadas por procesos de nivel aplicación llamados route-d (daemon)
- ❑ Avisos son enviados en paquetes UDP, repetidos periódicamente



Capítulo 4: Capa de Red

- ❑ 4.1 Introducción
- ❑ 4.2 Circuitos virtuales y redes de datagramas
- ❑ 4.3 ¿Qué hay dentro de un router?
- ❑ 4.4 IP: Internet Protocol
 - Formato de Datagrama
 - Direccionamiento IPv4
 - ICMP
 - IPv6
- ❑ 4.5 Algoritmos de ruteo
 - Estado de enlace
 - Vector de Distancias
 - Ruteo Jerárquico
- ❑ 4.6 Ruteo en la Internet
 - RIP
 - OSPF
 - BGP
- ❑ 4.7 Ruteo Broadcast y multicast

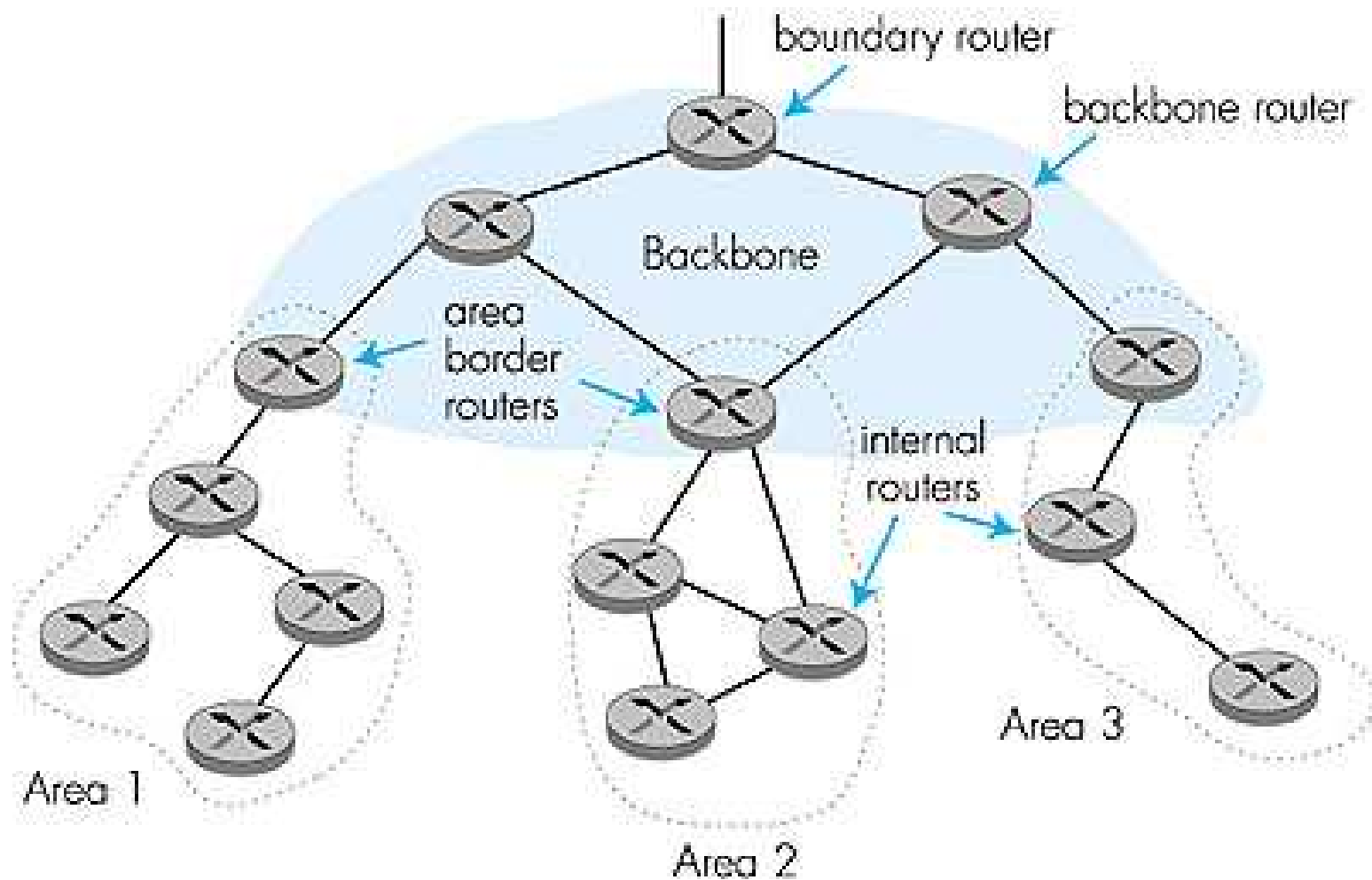
OSPF (Open Shortest Path First)

- ❑ "open": públicamente disponible
- ❑ Usa algoritmo de estado de enlace
 - Se difunden paquetes de estado de enlace LS
 - Hay un mapa de la topología en cada nodo
 - Las rutas se calculan usando el algoritmo de **Dijkstra**
- ❑ Avisos OSPF transportan una entrada por cada router vecino
- ❑ Avisos son difundidos al sistema autónomo **entero** (vía inundación)
 - Mensajes OSPF son transportados directamente sobre IP (en lugar de TCP o UDP)

OSPF características “avanzadas” (no en RIP)

- ❑ **Seguridad:** todos los mensajes OSPF son autenticados (para prevenir intrusos)
- ❑ **Múltiples** caminos de igual costo son permitidos (sólo un camino en RIP)
- ❑ Para cada enlace, hay múltiples métricas de costo para diferentes tipos de servicios (**TOS**) (e.g., en un enlace satelital se asigna costo “bajo” para mejor esfuerzo; y costo alto para tiempo real)
- ❑ Soporte integrado para uni- y **multicast**:
 - Multicast OSPF (MOSPF) usa la misma base de datos de la topología que OSPF
- ❑ En dominios grandes se puede usar OSPF **Jerárquico**.

OSPF Jerárquico



OSPF Jerárquico

- ❑ **Jerarquía de dos niveles:** local área, backbone.
 - Avisos de link-state solo en área
 - Cada nodo local solo sabe dirección (ruta mas corta a redes en otras áreas).
- ❑ **Routers internos:** hacen ruteo intra-AS
- ❑ **Routers de borde de Area:** pertenecen a un area y al backbone. Routers internos al área aprenden la existencia de rutas a otras areas usando información enviada por su router de borde de Area.
- ❑ **Routers de backbone:** corren ruteo OSPF limitado al backbone (routers de mayor capacidad).
- ❑ **Routers de boundary:** se conectan a otros AS's e intercambian informacion con otros ASs (e.g. usando BGP para hacer ruteo inter-AS).

Capítulo 4: Capa de Red

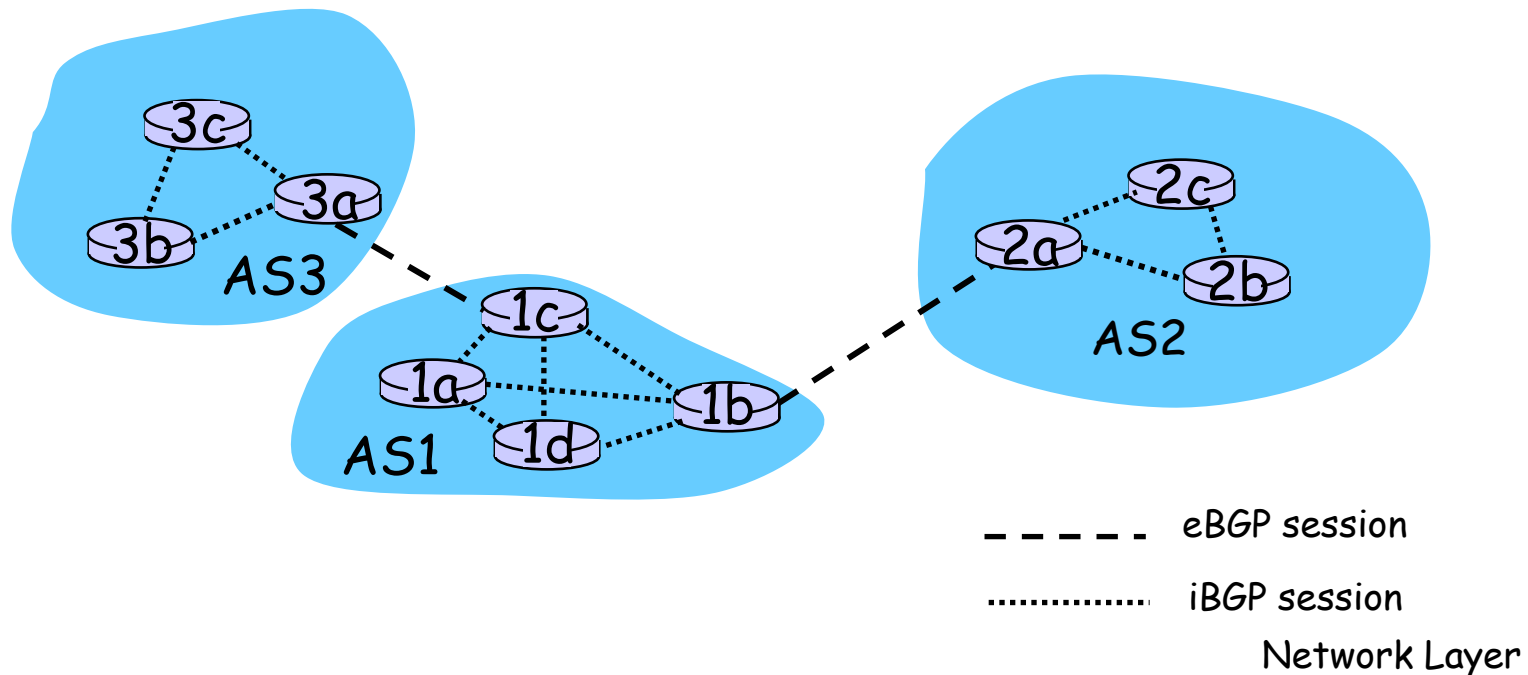
- ❑ 4.1 Introducción
- ❑ 4.2 Circuitos virtuales y redes de datagramas
- ❑ 4.3 ¿Qué hay dentro de un router?
- ❑ 4.4 IP: Internet Protocol
 - Formato de Datagrama
 - Direccionamiento IPv4
 - ICMP
 - IPv6
- ❑ 4.5 Algoritmos de ruteo
 - Estado de enlace
 - Vector de Distancias
 - Ruteo Jerárquico
- ❑ 4.6 Ruteo en la Internet
 - RIP
 - OSPF
 - BGP
- ❑ 4.7 Ruteo Broadcast y multicast (no será cubierto)

Ruteo inter-AS en internet: BGP

- ❑ **BGP (Border Gateway Protocol):** Estándar por "de facto"
- ❑ BGP provee a cada AS un medio para:
 1. Obtener la información de alcanzabilidad de una subred desde sus ASs vecinos.
 2. Propaga la información de alcanzabilidad a todos los routers internos al AS.
 3. Determina rutas "buenas" a subnets basados en información de alcanzabilidad y políticas.
- ❑ Permite a una subnet dar aviso de su existencia al resto de la Internet.

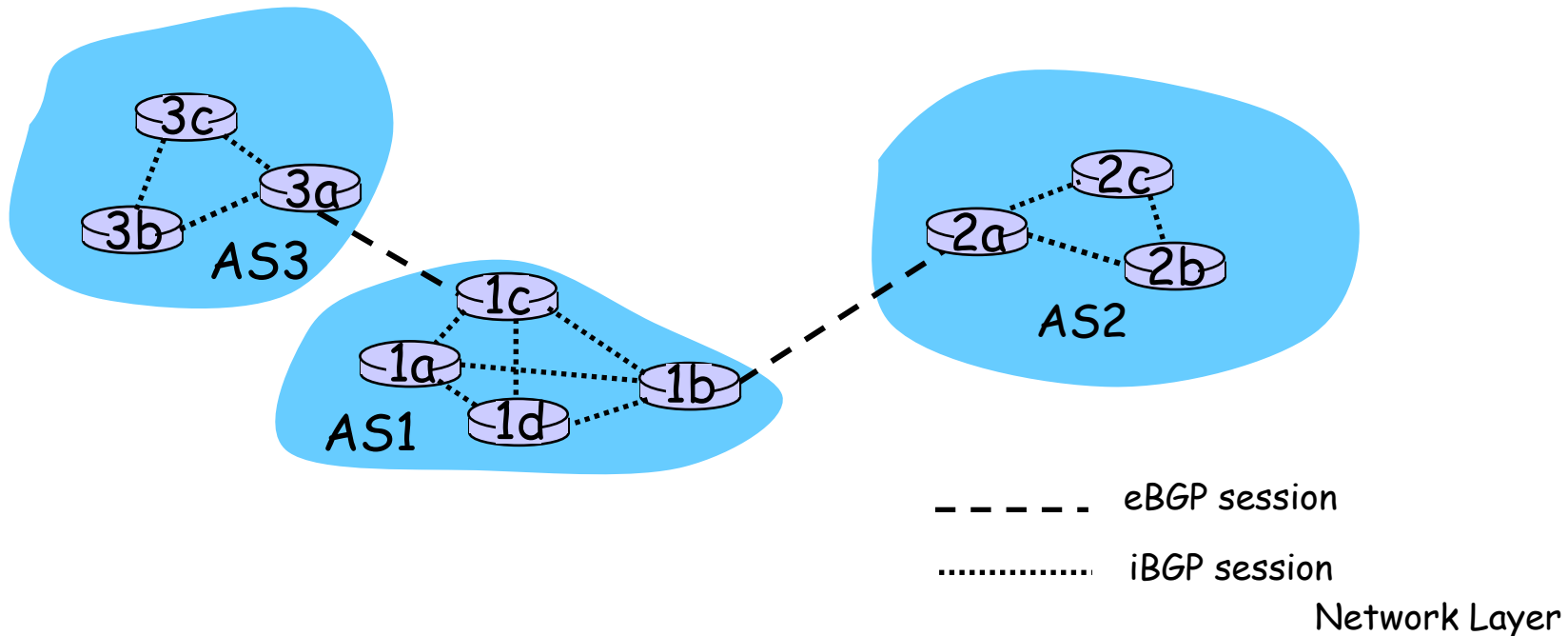
Introducción a BGP

- Pares de routers BGP intercambian información de ruteo sobre conexiones TCP semi-permanentes: sesiones **BGP**
- Note que sesiones BGP no corresponden a enlaces físicos.
- Cuando AS2 anuncia un prefijo a AS1, AS2 esta prometiendo que va a re-enviar cualquier datagrama destinado a ese prefijo en dirección de ese prefijo.
 - AS2 pueden agregar los prefijos en su anuncio



Distribución de información de alcanzabilidad

- ❑ Con una sesión eBGP entre 3a y 1c, AS3 envía información de alcanzabilidad de prefijo (e.g 138.16.67/24) a AS1.
- ❑ 1c puede usar iBGP para distribuir este nuevo alcance de prefijo a todos los routers en AS1
- ❑ 1b puede entonces re-anunciar la información de alcance a AS2 a través de la sesión eBGP entre 1b y 2a
- ❑ Cuando un router aprende del nuevo prefijo, crea una entrada para ese prefijo en su tabla de re-envío.



Atributos de ruta & rutas BGP

- ❑ Cuando se anuncia un prefijo, el anuncio incluye atributos BGP.
 - prefijo + atributos = "ruta"
- ❑ Dos atributos importantes:
 - **AS-PATH**: contiene los ASs a través el cual el anuncio paso: AS 67 AS 17
 - **NEXT-HOP**: indica el router interno del AS para el salto al próximo AS. (Pueden haber múltiples enlaces del AS actual al próximo AS.)
- ❑ Cuando un router de borde (gateway router) recibe el anuncio de ruta, usa una política de importación para **aceptar** o **declinarla**.

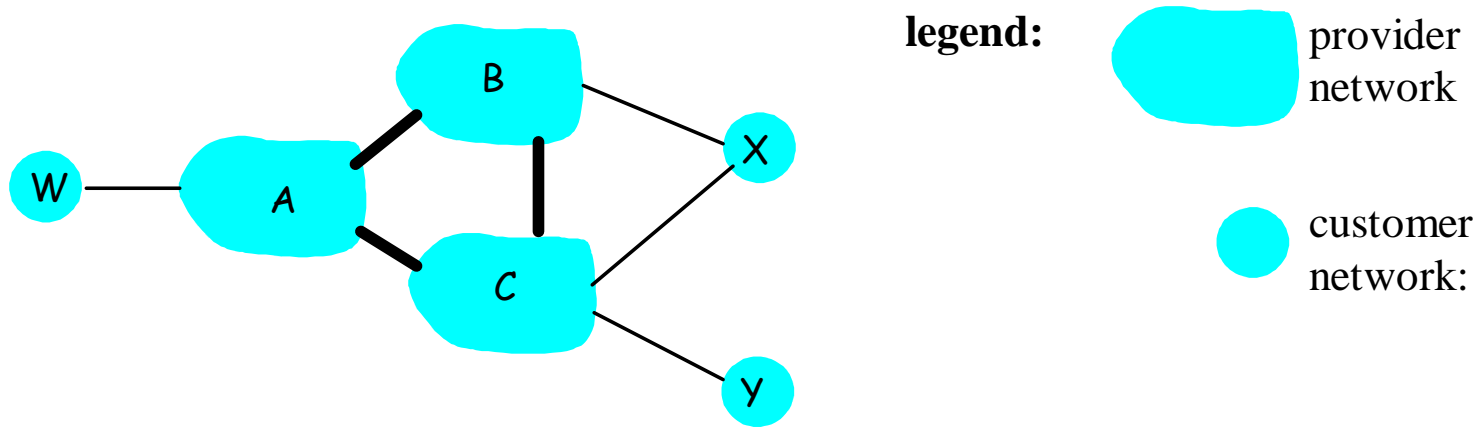
Selección de ruta de BGP

- ❑ El router puede aprender de mas de una ruta a algún prefijo. El router tiene que elegir una ruta.
- ❑ Reglas de eliminación:
 1. Atributo de preferencia local: decisión de política
 2. AS-PATH mas corto
 3. NEXT-HOP router mas cerca: ruteo papa caliente
 4. Criterios adicionales

Mensajes BGP

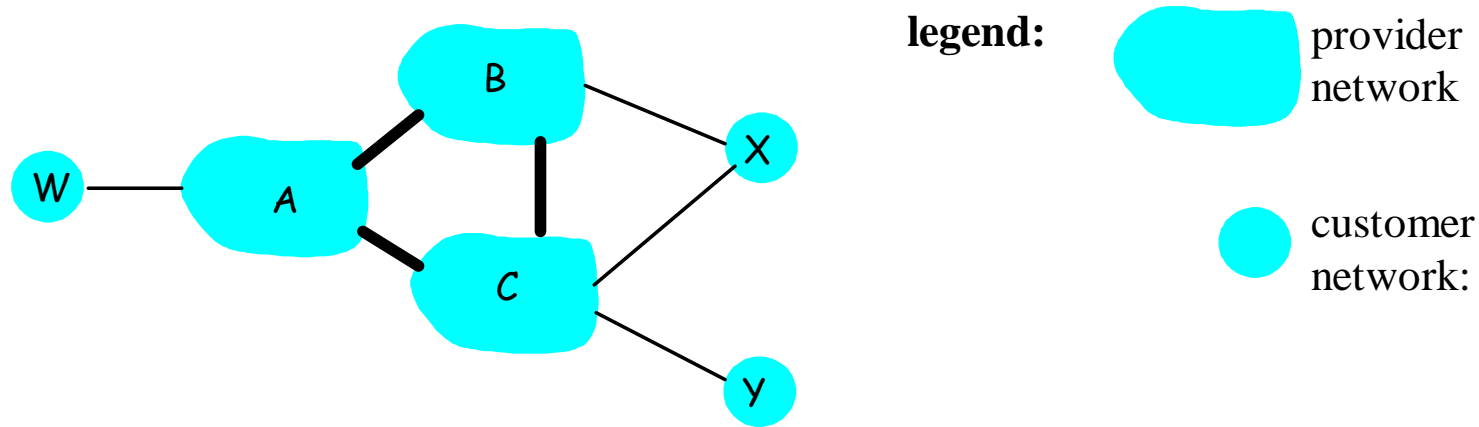
- ❑ Mensajes BGP intercambiados usando TCP.
- ❑ Mensajes BGP:
 - **OPEN**: abre conexión TCP a un par y hace autenticación del transmisor
 - **UPDATE**: avisa nueva ruta (o elimina antigua)
 - **KEEPALIVE**: mantiene conexiones abiertas en la ausencia de UPDATES; también hace ACKs de mensajes OPEN
 - **NOTIFICATION**: reporta errores en mensaje previo; también cierra conexión

Políticas de ruteo BGP



- ❑ A,B,C son redes de **proveedores**
- ❑ X,W,Y son redes clientes (de redes de proveedores)
- ❑ X tiene doble-casa (**dual-homed**): conectado a dos redes
 - X no quiere rutear de B via X a C
 - .. entonces X no va a avisarle a B una ruta a C

Políticas de ruteo BGP (2)



- ❑ A anuncia a B la ruta AW
- ❑ B anuncia a X la ruta BAW
- ❑ Debería B anunciar a C la ruta BAW?
 - No! B no obtiene "ingresos" al rutear CBAW ya que ni W ni C son clientes de B
 - B quiere obligar a C a rutear a W via A
 - B quiere rutear *solamente* de/a sus clientes!

¿Por qué la diferencia entre ruteo Intra- e Inter-AS ?

Por política:

- ❑ Inter-AS: administradores desean control sobre cómo su tráfico es ruteado y quién rutea a través de su red.
- ❑ Intra-AS: administrador único, no se requieren decisiones de política

Escala:

- ❑ Ruteo jerárquico ahorra tamaño en tablas, y reduce tráfico en actualizaciones

Desempeño:

- ❑ Intra-AS: Se puede focalizar en alto desempeño.
- ❑ Inter-AS: políticas pueden dominar sobre desempeño.

Capa de red: Resumen

¿Qué hemos cubierto?:

- ❑ Servicios de la capa de red
- ❑ Principios de ruteo: estado de enlace y vector de distancia
- ❑ Ruteo jerárquico
- ❑ IP
- ❑ Protocolos de ruteo en internet
RIP, OSPF, BGP
- ❑ ¿Qué hay dentro de un router?
- ❑ IPv6

Próxima parada:
Capa enlace de
datos!