

Capítulo 4: Capa Red - IV

ELO322: Redes de Computadores
Agustín J. González

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 del curso anterior ELO322 del Prof. Tomás Arredondo V.

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

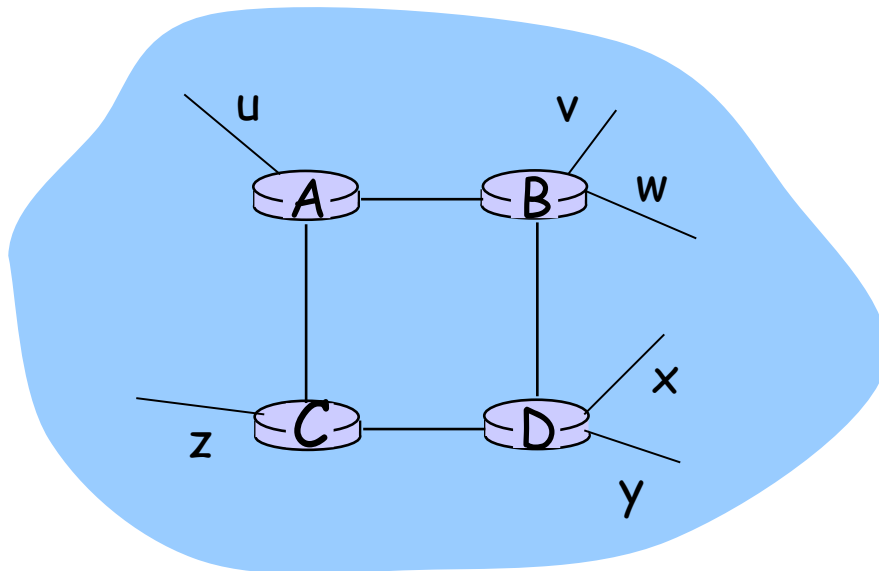
- ❑ Ya hemos visto los algoritmos de ruteo, veremos ahora cómo son aplicados en Internet.
- ❑ AS: autonomous systems
- ❑ También son conocidos como **Interior Gateway Protocols (IGP)**
- ❑ Protocolos de ruteo Intra-AS más comunes:
 - RIP: Routing Information Protocol
 - OSPF: Open Shortest Path First
 - 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 (máx = 15 hops)

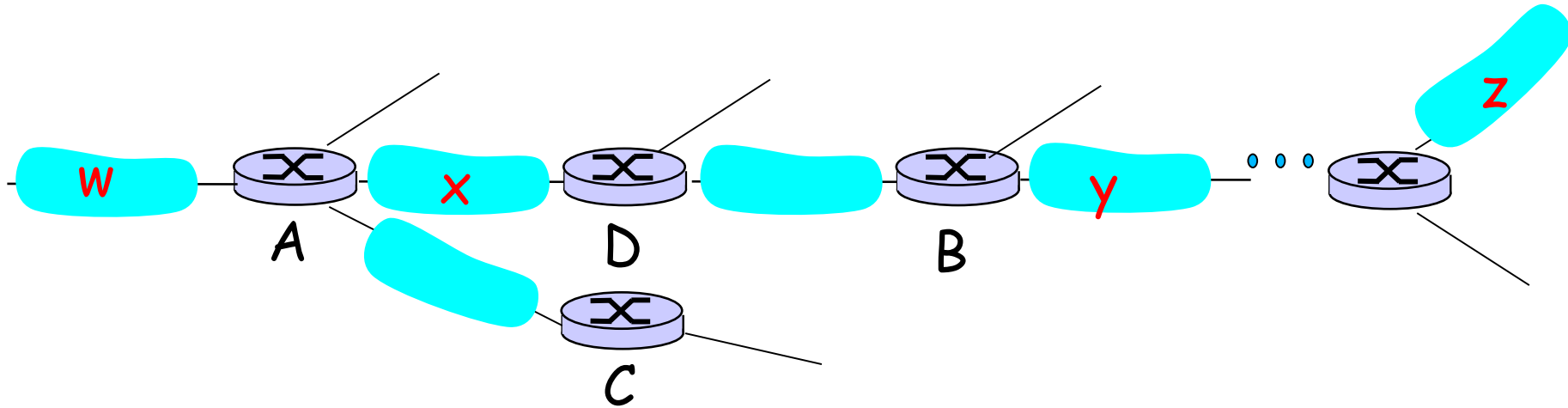


<u>Destino desde A</u>	<u>hops</u>
u	1
v	2
w	2
x	3
y	3
z	2

Avisos de RIP

- ❑ Vector de Distancia: intercambiados entre vecinos cada 30 sec vía mensajes de respuesta RIP (también conocidos como **avisos RIP**)
- ❑ 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 esta 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
...

RIP: Ejemplo

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

Aviso de A a D

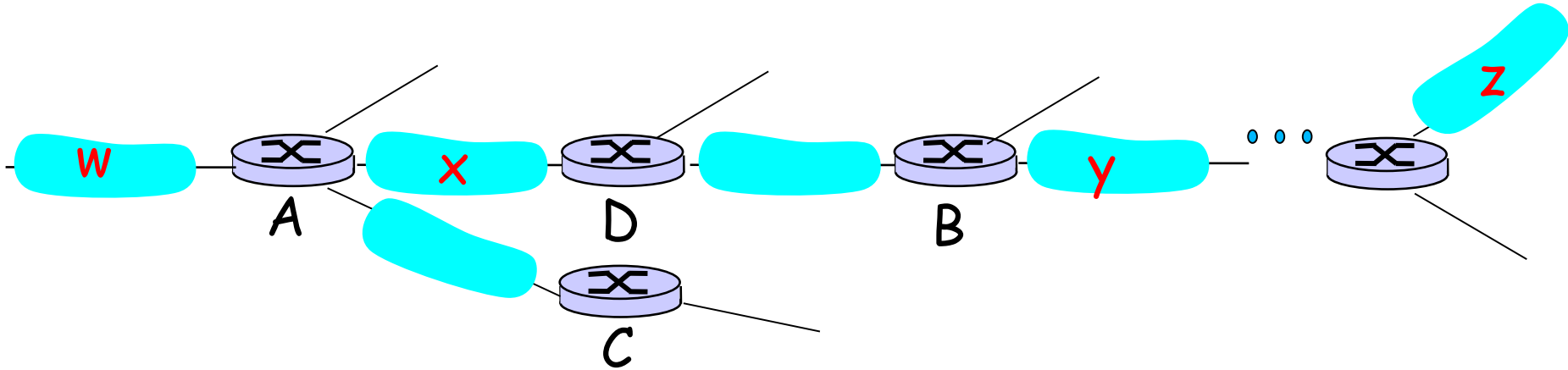


Tabla de ruteo en D

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

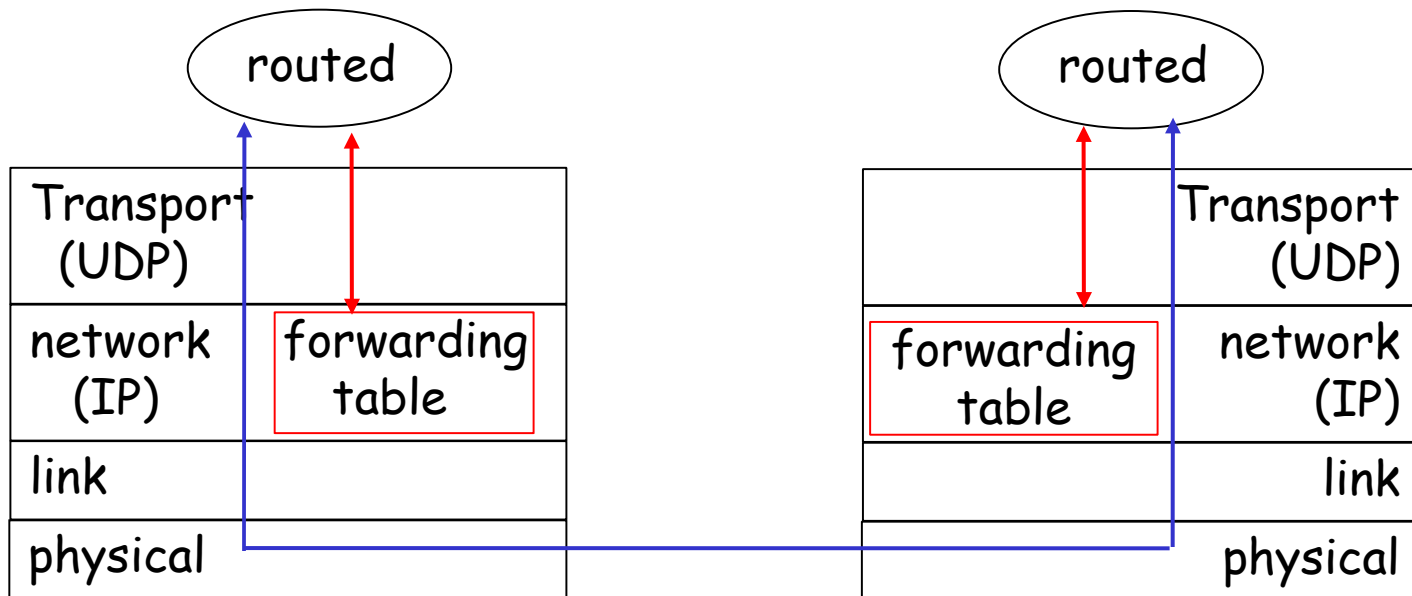
RIP: Fallas de enlace y recuperación

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 (route daemon o "demonio de ruteo" en español)
- ❑ 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

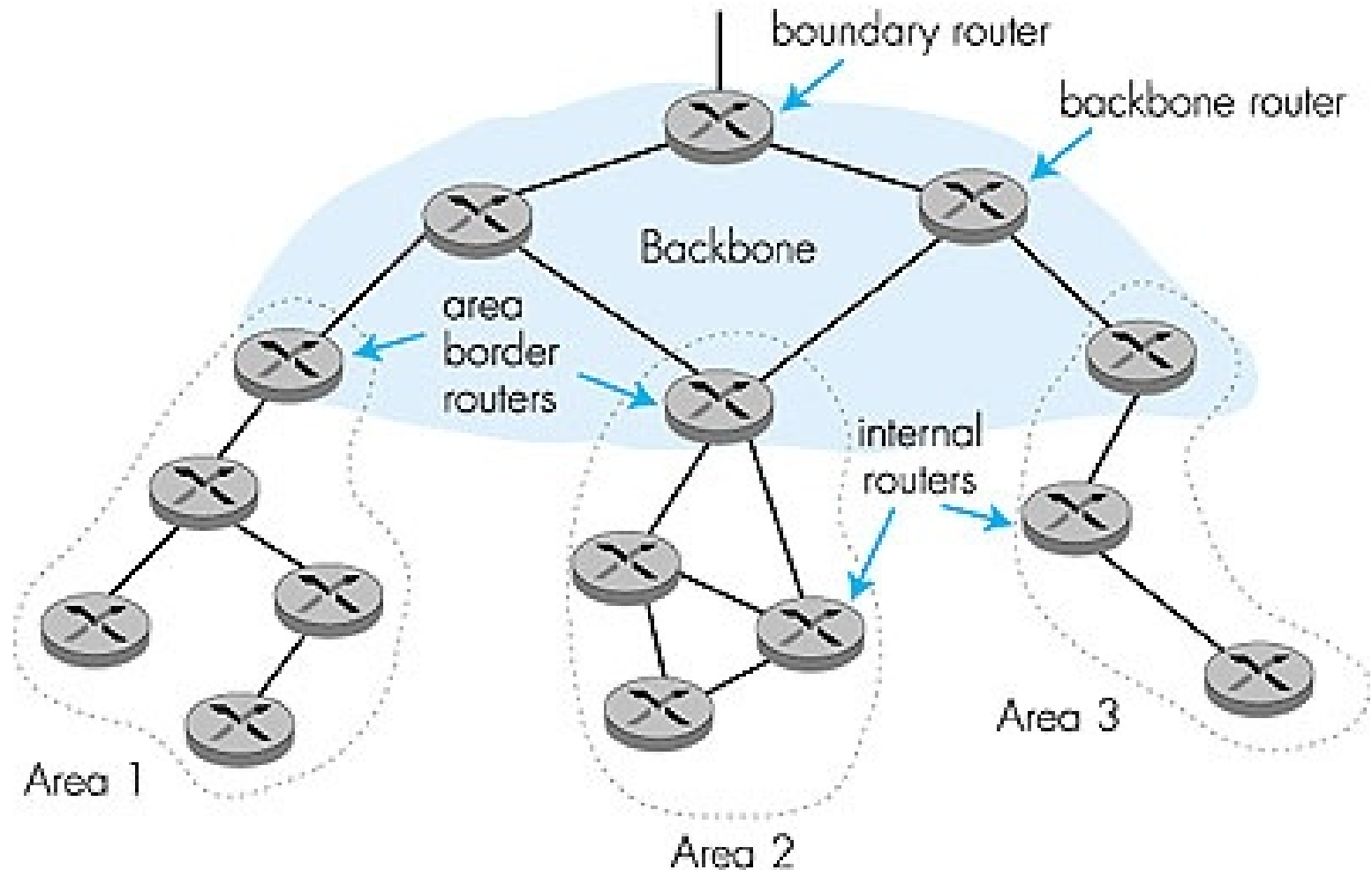
OSPF (Open Shortest Path First)

- ❑ "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 servicio de 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:** área backbone y local.
 - Área backbone rutea entre entre otras áreas del AS
 - Los paquetes son primero ruteados a un router de borde (intra-área), luego al de borde del área destino, y luego destino.
- ❑ **Routers internos:** hacen ruteo intra-AS
- ❑ **Routers de borde de Área:** pertenecen a un área y al backbone. Routers internos al área aprenden la existencia de rutas a otras áreas usando información enviada por su router de borde de Área
- ❑ **Routers de backbone:** corren ruteo OSPF limitado al backbone. No son routers de borde.
- ❑ **Routers de borde del AS:** se conectan a otros AS's e intercambian información con otros ASs (e.g. usando BGP para hacer ruteo inter-AS).

Capítulo 4: Capa de Red

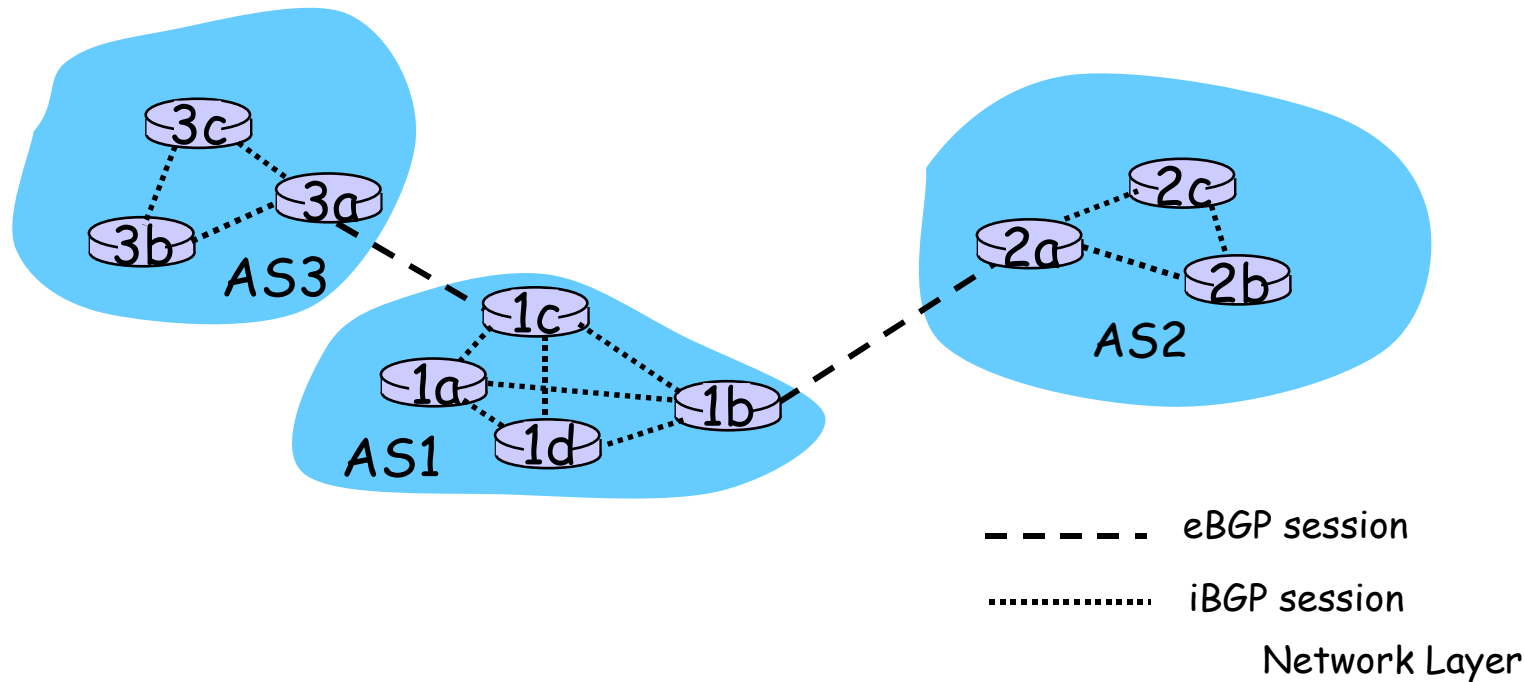
- ❑ 4.1 Introducción
- ❑ 4.2 Circuitos virtuales y redes de datagramas
- ❑ 4.3 ¿Qué hay dentro de un router?
- ❑ 4.4 IP: Internet Protocol
 - Formato de Datagrama
 - Direccionamiento IPv4
 - ICMP
 - IPv6
- ❑ 4.5 Algoritmos de ruteo
 - Estado de enlace
 - Vector de Distancias
 - Ruteo Jerárquico
- ❑ 4.6 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 subredes basados en información de alcanzabilidad y políticas.
- ❑ Permite a una subred dar aviso de su existencia al resto de la Internet.

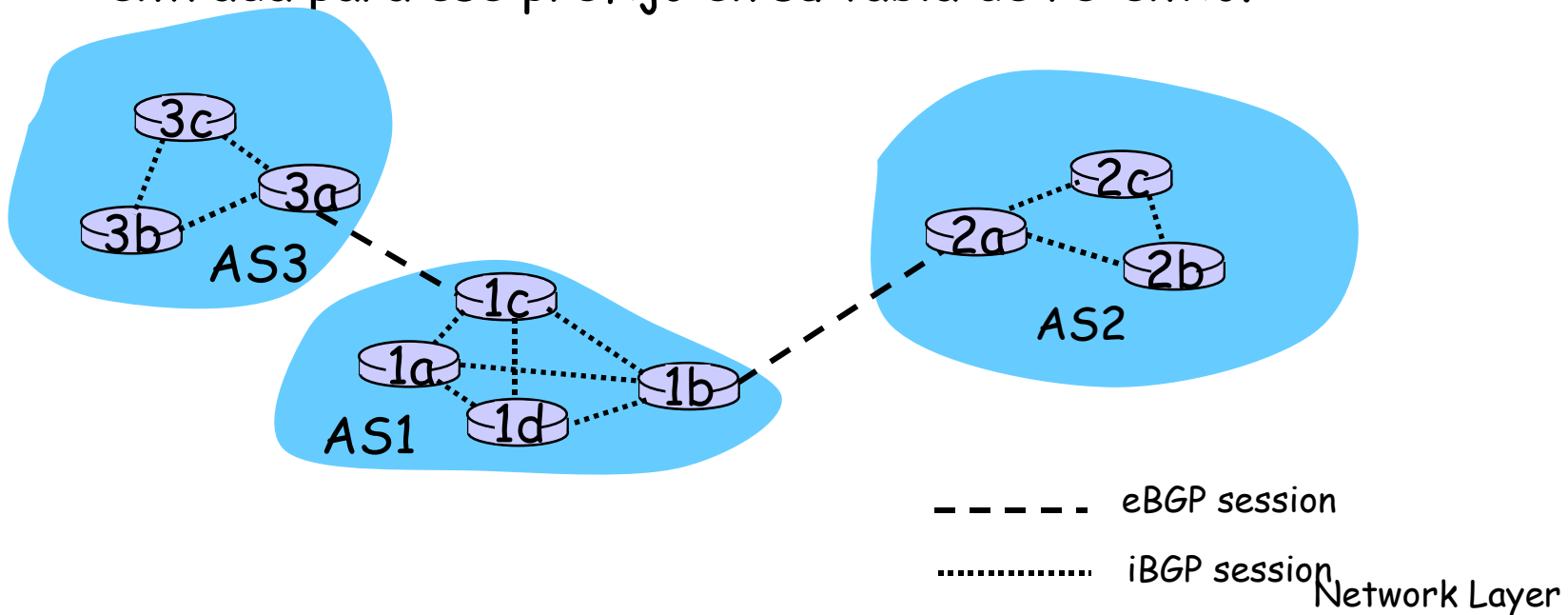
Introducción a BGP

- ❑ 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 está prometiendo que va a re-enviar cualquier datagrama destinado a ese prefijo.
 - AS2 puede reunir prefijos en su anuncio: se informa prefijo común.



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 pasó:
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**.

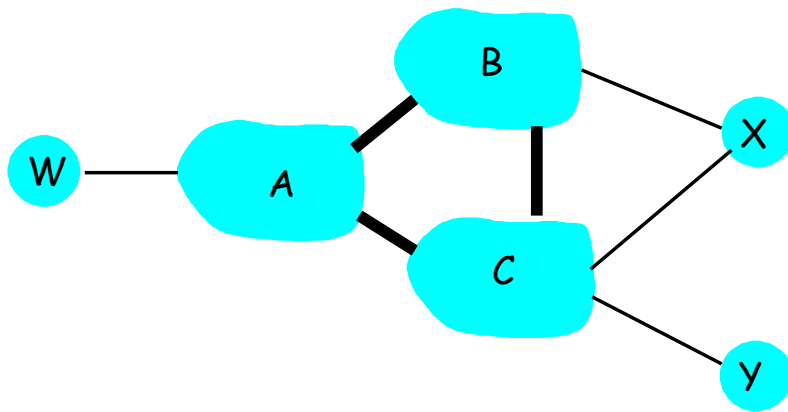
Selección de ruta de BGP

- El router puede aprender de más 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 más 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



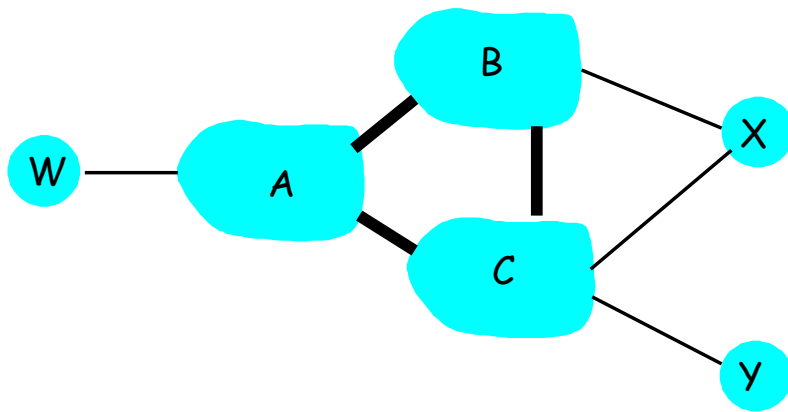
legend:

 provider network

 customer network:


- ❑ 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)



legend:

 provider network

 customer network:

- ❑ 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!