

Capítulo 5: Capa Red, Plano de Control

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*. Jim Kurose, Keith Ross.

Capítulo 5: Capa de Red: Plano de Control

- ❑ 5.1 Introducción
- ❑ 5.2 Protocolos de ruteo
 - Estado de enlace
 - Vector de Distancia
- ❑ 5.3 Ruteo dentro de sistemas autónomos en la Internet: OSPF
- ❑ 5.4 Ruteo entre ISPs: BGP
- ❑ 5.5 Plano de control de SDN

Otras secciones del capítulo no son cubiertas en este curso

Ruteo Jerárquico: Qué lo genera?

- ❑ Nuestro estudio del ruteo hasta ahora es idealizado. Suponemos que:
- ❑ Todos los routers son idénticos
- ❑ La red es “plana”
- ❑ ... esto *no es* verdad en la práctica

Escala: con billones de destinos:

- ❑ No podemos almacenar todos los destinos en tablas de ruteo!
- ❑ Los intercambios de tablas de ruteo inundarían los enlaces!

Autonomía administrativa

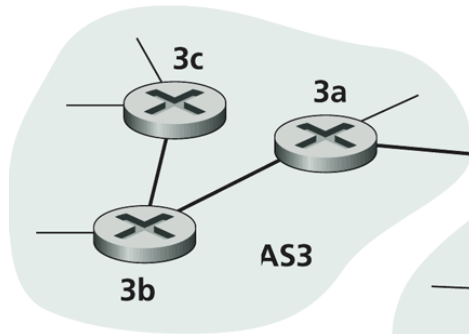
- ❑ Internet = red de redes
- ❑ Cada administrador de red puede querer controlar el ruteo en su propia red

Ruteo Jerárquico: Solución

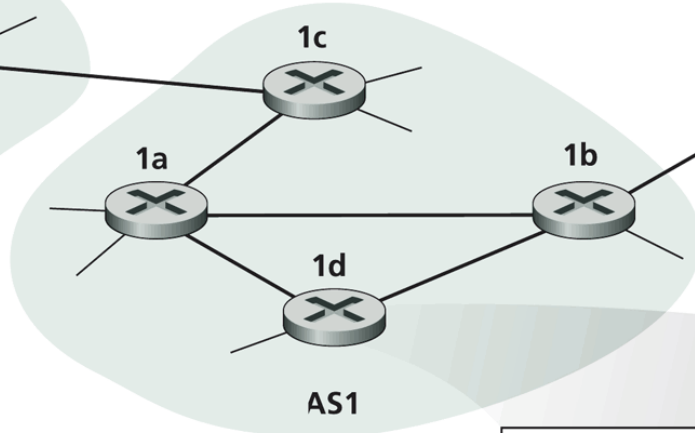
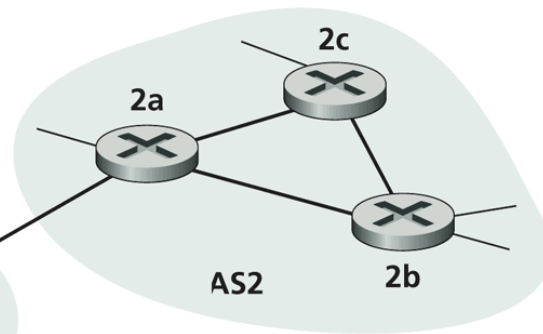
- ❑ Agrupar router en regiones de administración única, “**sistemas autónomos**” (Autonomous Systems o AS)
- ❑ Routers en el mismo AS usan el mismo protocolo de ruteo
 - Protocolo de ruteo “**intra-AS**”
 - Routers en diferentes AS pueden correr diferentes protocolos intra-AS
- ❑ Router de borde (Gateway router)
- ❑ Tienen enlace directo a routers en otros sistemas autónomos
- ❑ Routers de borde hacen ruteo entre-dominios (como también ruteo dentro del dominio)

Ruteo Jerárquico

Organización “AS3”



Organización “AS2”



Organización “AS1”:

La tabla de re- envío se determina a partir de resultados de los algoritmos de ruteo intra- e inter-AS.

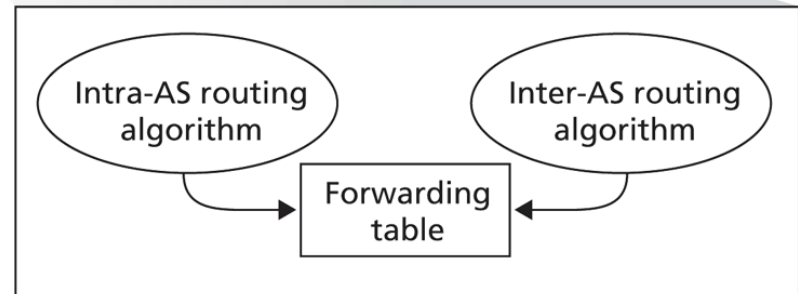


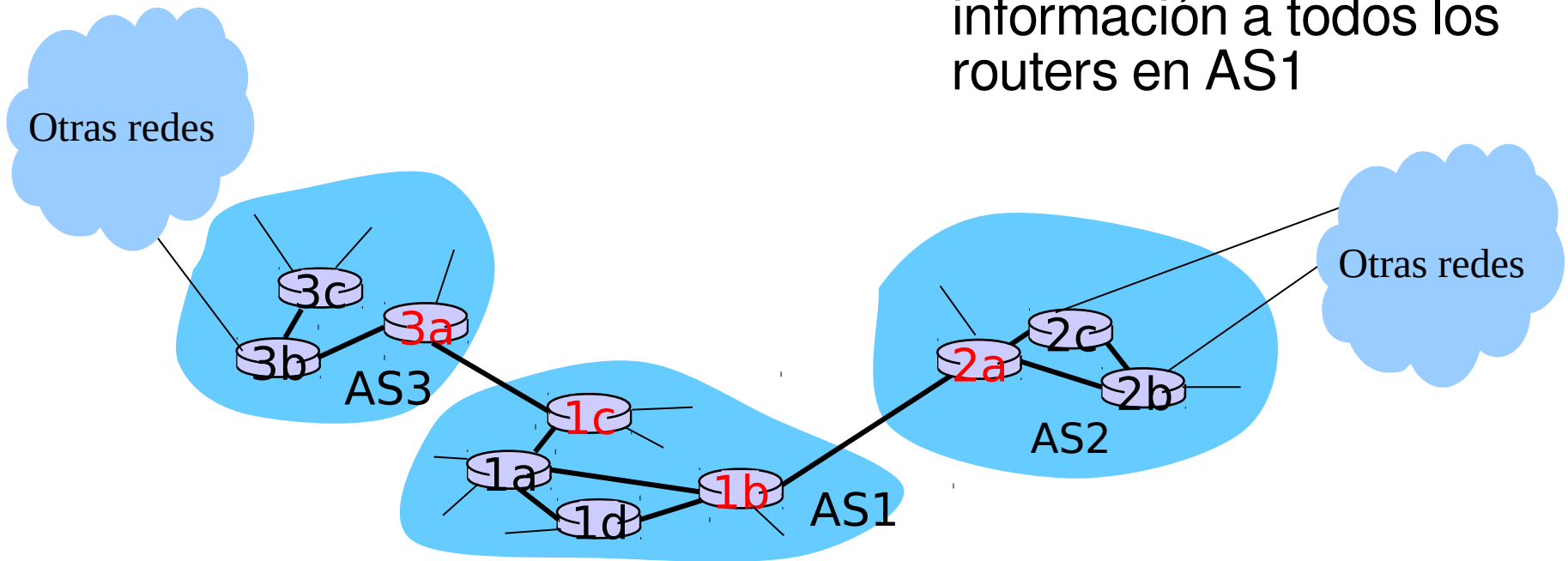
Figure 4.29 ♦ An example of interconnected autonomous systems

Ruteo Inter-AS

- ❑ Router en AS1 recibe un datagrama para un destino fuera de AS1
 - ¿A qué Router debería enviar el paquete?

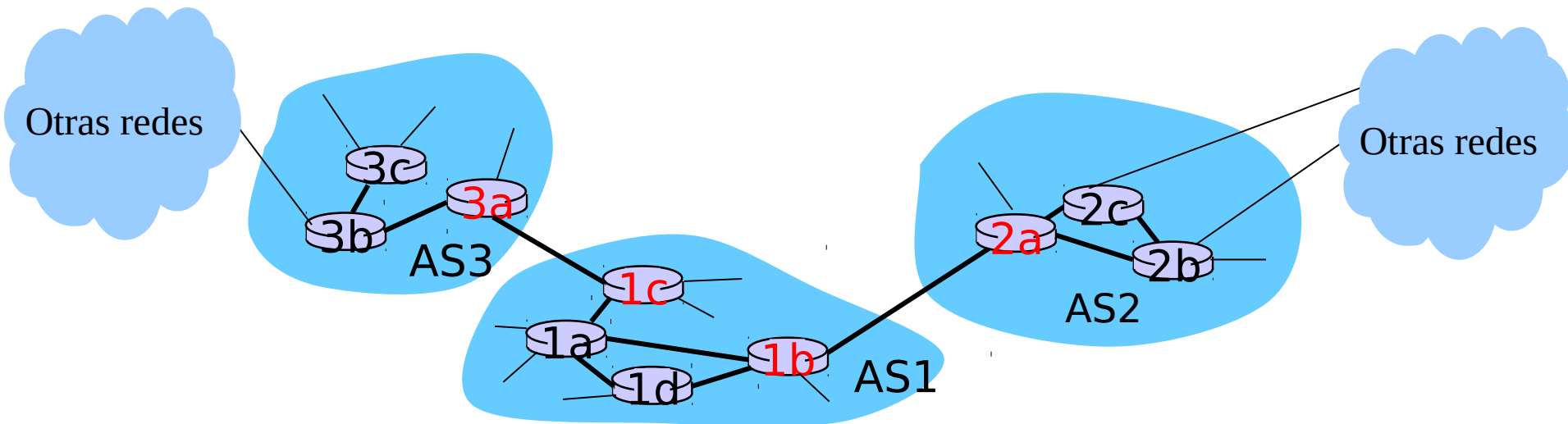
AS1 necesita:

1. aprender qué destinos son alcanzables a través de AS2 y cuáles a través de AS3
2. propagar esta información a todos los routers en AS1



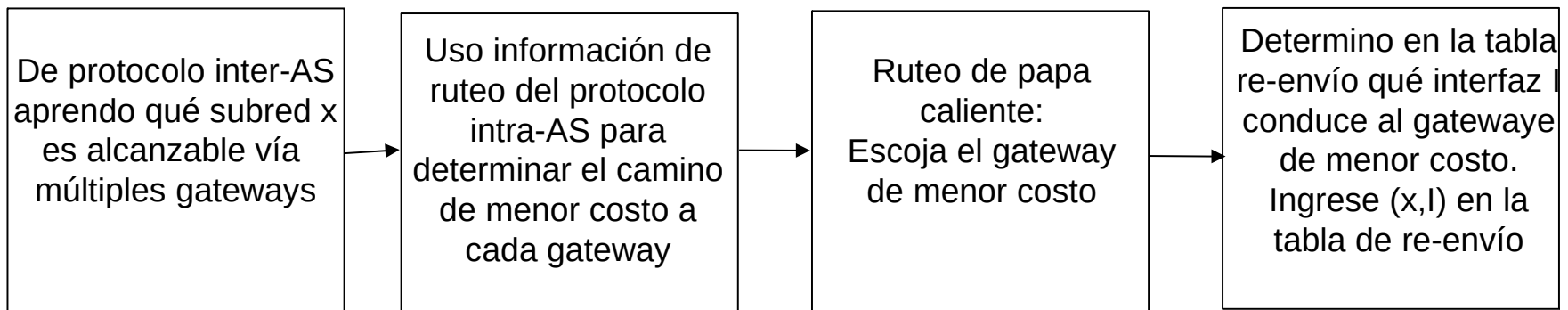
Ejemplo: definición de la tabla de re- envío en router 1d

- ❑ Supongamos que AS1 sabe por el protocolo inter-AS que la subred **x** es alcanzable desde AS3 (gateway 1c) pero no desde AS2.
- ❑ El protocolo intra-AS propaga la información de alcance a todos los routers internos.
- ❑ Router **1d** determina de la información de ruteo intra-AS que su interfaz **l** está en el camino de costo mínimo a 1c.
- ❑ Luego éste pone en su tabla de re-envío: **(x, l)**.



Ejemplo: Elección entre múltiples AS

- Ahora supongamos que AS1 sabe por el protocolo inter-AS que la subred **x** es alcanzable desde AS3 y desde AS2.
- Para configurar la tabla de re-envío, router 1d debe determinar hacia qué gateway éste debería re-enviar los paquetes destinados a **x**.
- Ésta es también una tarea del protocolo de ruteo inter-AS
- **Ruteo de la papa caliente (Hot potato routing)**: enviar el paquete hacia el router más cercano de los dos.



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 (vector-distancia)
 - OSPF: Open Shortest Path First (Dijkstra)
 - IGRP: Interior Gateway Routing Protocol (propiedad de Cisco por décadas hasta 2016)

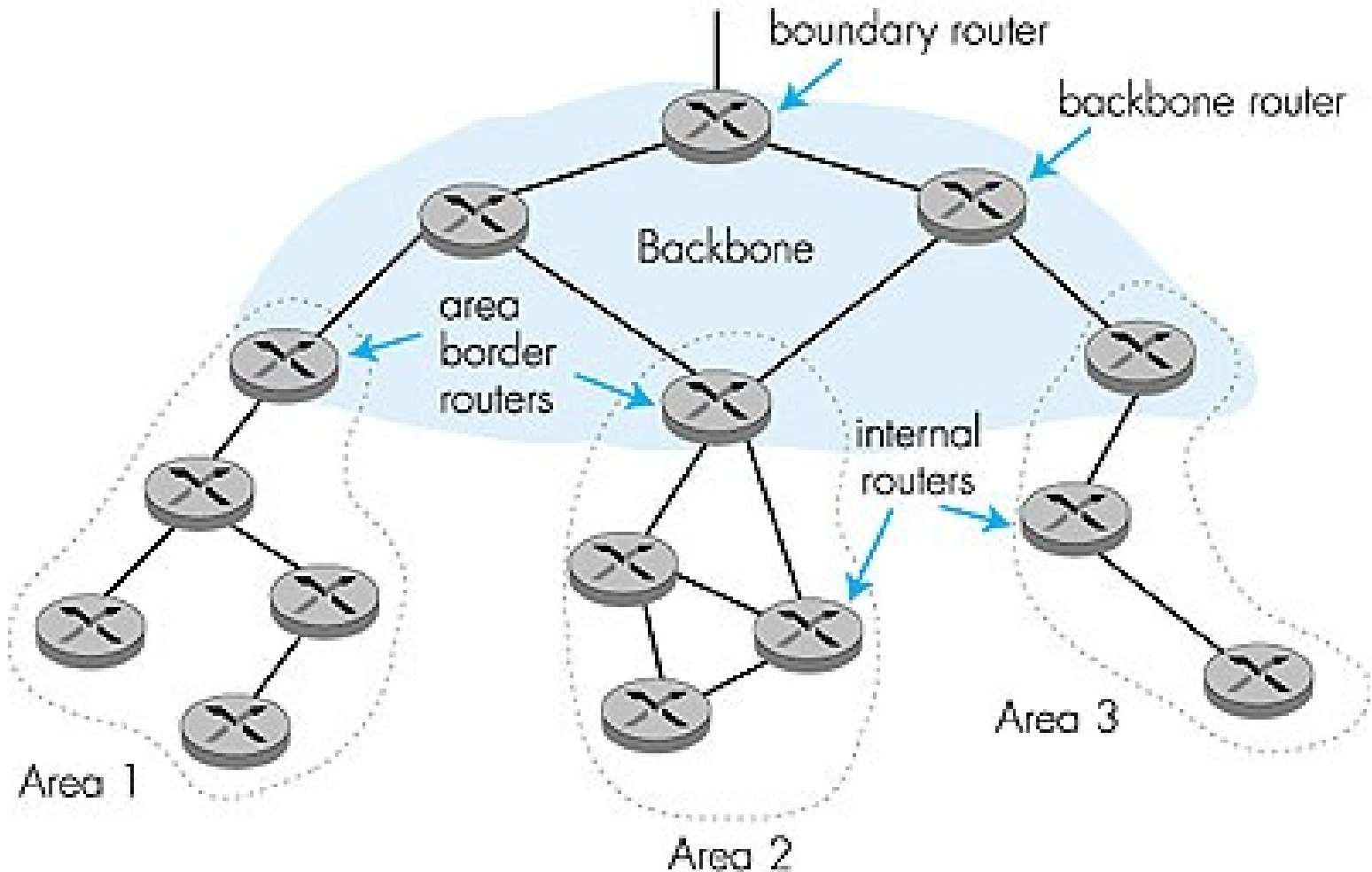
OSPF (Open Shortest Path First)

- ❑ “open”: públicamente disponible
- ❑ Usa algoritmo de estado de enlace
 - Se difunden paquetes de estado de enlace
 - Se crea 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”

- ❑ **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 **multi-cast**:
 - Multicast OSPF (MOSPF) usa la misma base de datos de la topología que OSPF
- ❑ En dominios grandes se puede usar OSPF **Jerárquico**.

OSPF Jerárquico



Capítulo 5: Capa de Red: Plano de Control

- ❑ 5.1 Introducción
- ❑ 5.2 Protocolos de ruteo
 - Estado de enlace
 - Vector de Distancia
- ❑ 5.3 Ruteo dentro de sistemas autónomos en la Internet: OSPF
- ❑ 5.4 Ruteo entre ISPs: BGP
- ❑ 5.5 Plano de control de SDN

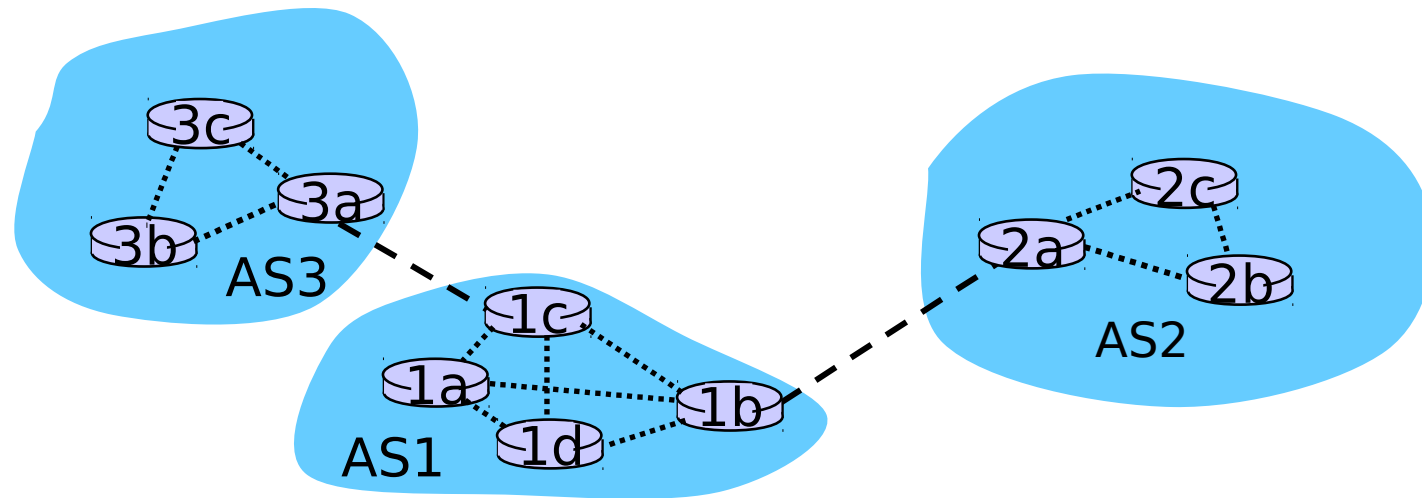
Otras secciones del capítulo no son cubiertas en este curso

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 reenviar cualquier datagrama destinado a ese prefijo.
 - AS2 puede reunir prefijos en su anuncio: se informa prefijo común.

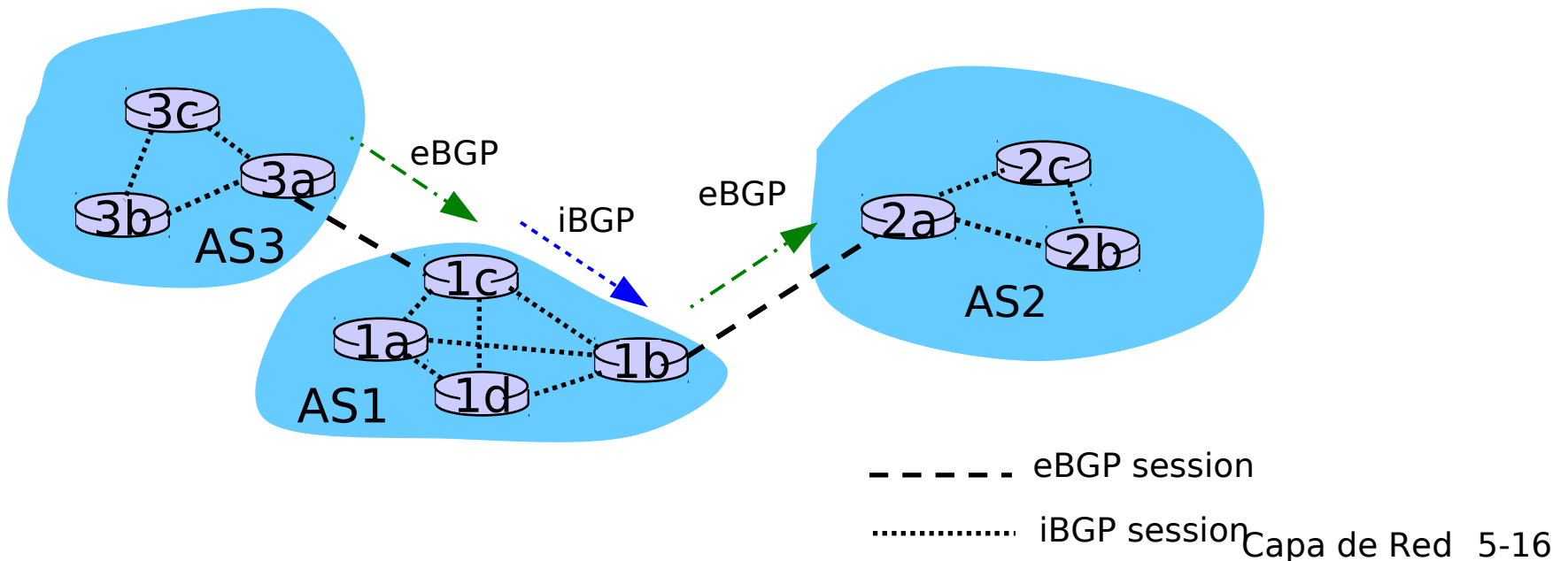


----- eBGP session

..... iBGP session

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.



¿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.
Ej. Si la USM tiene dos proveedores, la USM podría no querer que sus ISPs “ruteen” sus clientes a través de ella.
- ❑ 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
OSPF, BGP
- ❑ ¿Qué hay dentro de un router?
- ❑ IPv6

Próxima parada:
Capa enlace de
datos!