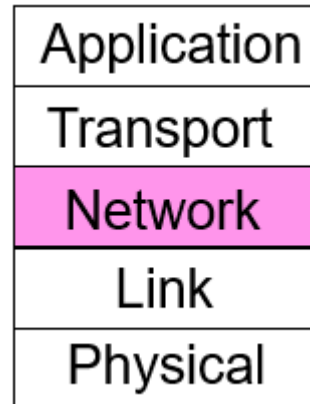


# Capítulo 4

## La Capa de Red – BGP



# BGP

- **Situación:**
  - La naturaleza de los PPEE es muy distinta a la de los protocolos de enrutamiento de puerta de enlace interior.
    - Lo que lleva a que surjan problemas no considerados antes a resolver.
  - No hemos estudiado ningún PPEE.
    - Pero acabamos de ver algunas características de los mismos
- **Problema: Construir un PPEE para internet.**
- **Solución: BGP (Border Gateway Protocol)** es el PPEE de facto que usa internet.

# BGP

- **Aprenderemos:**

1. **Tareas realizadas por protocolo BGP**
2. Mensajes en BGP que avisan rutas a prefijos
3. Política de importación
4. Cómo BGP se adapta a cambios en las políticas y en la topología.
5. Elección entre las rutas a un prefijo en BGP.
6. Actualizaciones a tablas de reenvío

# BGP

- Tareas que realiza BGP:
- BGP provee a cada SA un medio para:
  - Obtener *información de alcanzabilidad* de **subredes** desde SA vecinos.
  - **Propagar** la información de alcanzabilidad a todos los enrutadores dentro del SA.
  - Determinar **“buenas” rutas** a las subredes basándose en la información de alcanzabilidad y en las **políticas** del SA.
  - BGP permite a cada subred **publicar su existencia** al resto de la internet.
    - BGP se asegura que todos los SA de la internet conozcan acerca de la subred y cómo llegar allí.

# Protocolos de Puerta de Enlace Exterior

- **Aprenderemos:**

1. Tareas realizadas por protocolo BGP
2. **Mensajes en BGP que avisan rutas a prefijos**
  - Para entender por qué son necesarias las rutas, cómo se las define, cómo son mensajes de aviso de rutas, y cómo se los distribuye.
3. Política de importación
4. Cómo BGP se adapta a cambios en las políticas y en la topología.
5. Elección entre las rutas a un prefijo en BGP.
6. Actualizaciones a tablas de reenvío

# BGP

- BGP permite a cada SA aprender cuáles destinos son alcanzables vía sus SA vecinos.
- En BGP ***los destinos son prefijos***, donde
  - cada prefijo representa una **subred** o una **colección de subredes** (definida usando agregación de prefijos - CIDR).
- **¿Qué significa que un SA *S* avisa un prefijo a un SA *S1*?**
  - S promete que va a enviar datagramas hacia ese prefijo.

# Atributos BGP

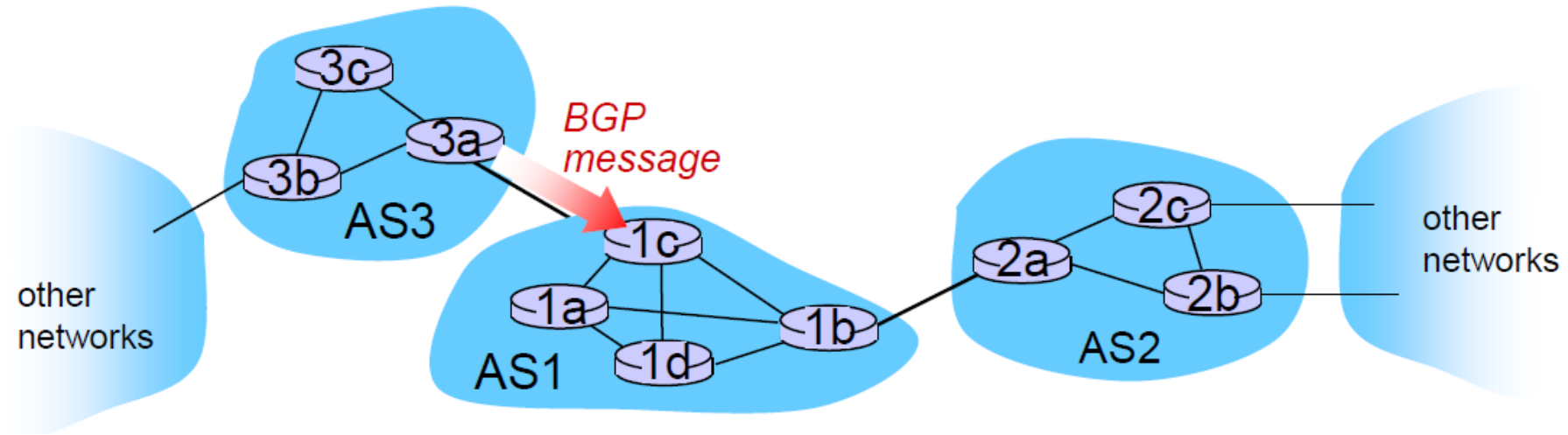
- En BGP un SA es identificado por un número globalmente único llamado **número de sistema autónomo (ASN)**.
- **Problema: ¿De cuál información se debe dar aviso cuando se avisa un prefijo?**

# Atributos BGP

- **Solución:** Cuando un enrutador avisa de un prefijo a lo largo de una sesión BGP incluye con el prefijo una ruta que pasa por varios SA para llegar al prefijo.
  - Una **ruta** se compone de un prefijo más **atributos BGP**.
  - **Algunos atributos importantes:**
    - **AS-PATH:** contiene los SA por los cuales el aviso del prefijo ha pasado. Cuando un prefijo pasa por un SA, el SA agrega su ASN al atributo AS-PATH.
    - **NEXT-HOP:** es el IP de la interfaz del enrutador que comienza el AS-PATH hacia el destino.



# Atributos BGP



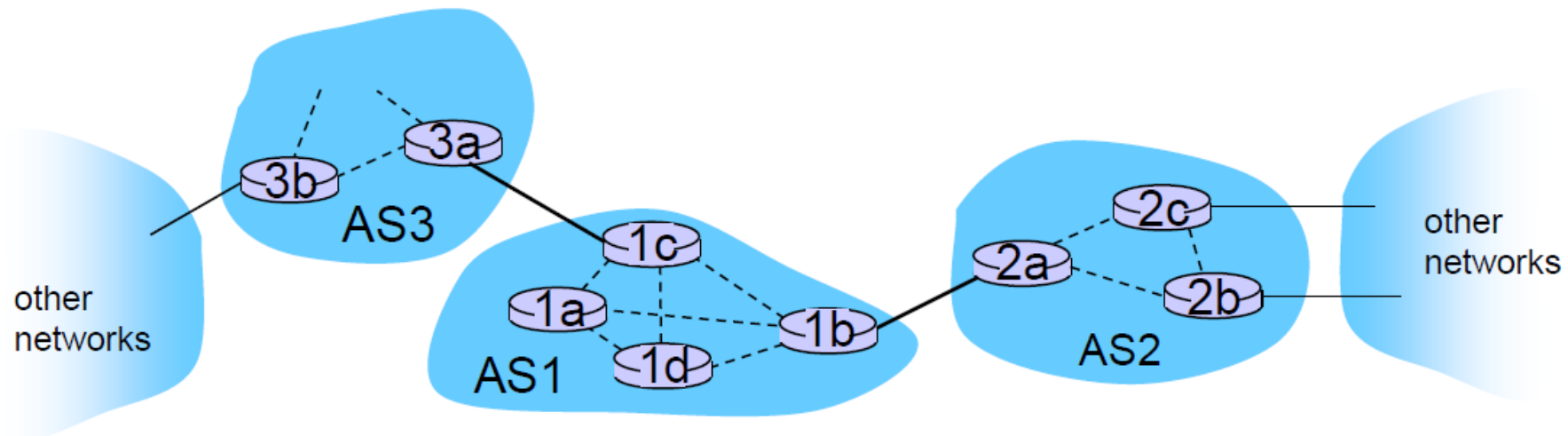
## ❖ Ejemplo de ruta:

- Prefix:138.16.64/22 ; AS-PATH: AS3 AS131 ;  
NEXT-HOP: 201.44.13.125

# Ejemplo de uso de atributos BGP

## ❖ Ejemplo:

- El enrutador 3a en AS3 avisa una ruta a enrutador 1c en AS1 usando BGP,
  - la ruta incluye el prefijo avisado  $x$  y un AS-PATH al prefijo;
  - este aviso también incluye el NEXT-HOP que es la dirección IP del enrutador 3a que lleva a 1c.
- Una vez que aprende la ruta a  $x$  el enrutador 1d quiere poder enviar paquetes a  $x$  a lo largo de la ruta;
- o sea, el enrutador 1d puede querer incluir la entrada  $(x, I)$  en su tabla de reenvío donde  $I$  es el enlace que **comienza** el camino mas corto de 1d hasta la puerta de enlace 1c.



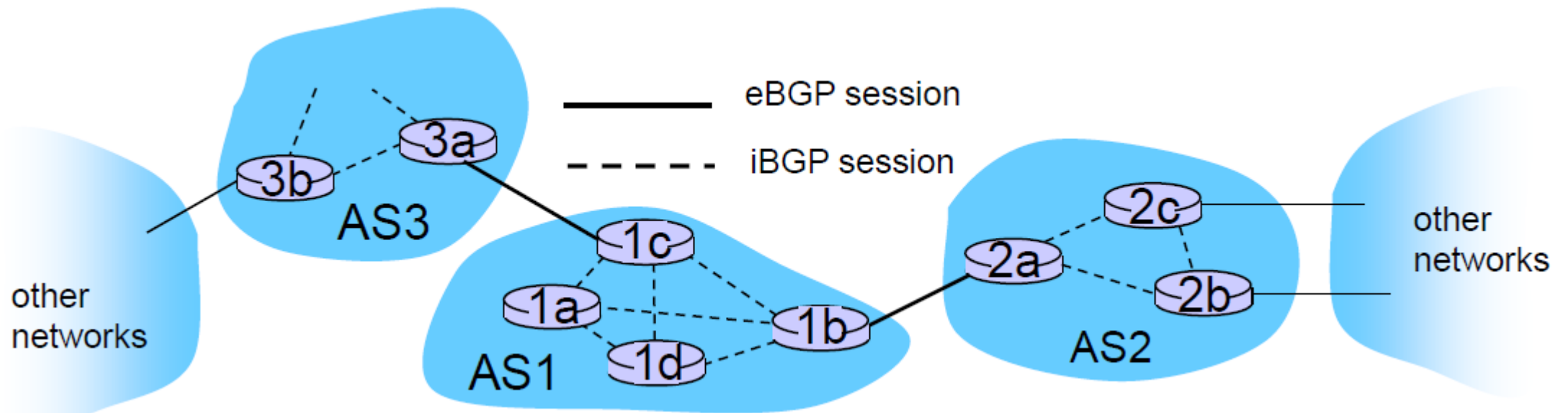
# BGP

- **Problema:** ¿Cómo hacer para propagar información de rutas en BGP?
- **Solución:** En BGP pares de enrutadores *intercambian información* de rutas sobre *conexiones TCP semipermanentes* usando el puerto 179.
  - Hay típicamente una conexión BGP TCP para
    - cada enlace que conecta directamente dos **enrutadores EBSA** (o **enrutadores BGP**) en dos SA diferentes y
    - para enlaces entre enrutadores dentro del SA
  - Para cada conexión TCP, los 2 enrutadores al final de la conexión se llaman **compañeros BGP**.
    - Los compañeros BGP se *avisan rutas*.

# BGP

- **Sesiones BGP:**

- La conexión TCP con todos los mensajes BGP enviados por la conexión se llama **sesión BGP**.
- Una sesión BGP entre enrutadores de dos SA se llama **sesión externa BGP (eBGP)**
- Una sesión BGP entre enrutadores en el mismo SA se llama **sesión interna BGP (iBGP)**
- Las líneas de las sesiones BGP no siempre se corresponden con los enlaces físicos.



# Aviso de Rutas

- Cuando una puerta de enlace  $P$  cuando recibe rutas
  - $P$  usa las sesiones iBGP para distribuir las rutas a los otros enrutadores del SA de  $P$ .
  - Las sesiones iBGP se usan para distribuir rutas a los enrutadores dentro del SA.
- Cuando un enrutador (puerta de enlace o no) sabe cual es la mejor ruta de que dispone hacia un nuevo prefijo,
  - puede querer crear una entrada para el prefijo en su **tabla de reenvío**.

# Atributos BGP

- **Problema:** ¿Dónde puede guardar un enrutador las rutas con que trabaja (o sea, la mejor ruta a cada prefijo)?
- **Solución:** Usar una **base de información de enrutamiento (BIE)**.
  - Es un repositorio donde se colocan esas rutas.

# Atributos BGP

- **Problema:** ¿Qué tipos de mensajes se pueden usar para el aviso de rutas?
  - ellos deben considerar cuando se tienen nuevas rutas, o cuando rutas existentes dejan de ser válidas – debido a cambios en políticas o en topología.
- **Solución:** Se usan **mensajes de actualización**, los cuales comunican dos tipos de información:
  - **Información acerca de una ruta** a través de la internet.
    - La misma está disponible para ser agregada en la BIE de todo enrutador BGP receptor.
  - Una **lista de rutas previamente avisadas** por el enrutador emisor que ya no son más válidas.
  - Un mensaje de actualización puede contener ambos o uno de esos tipos de información.

# Atributos BGP

- Para dar la lista de rutas previamente avisadas a cancelar, basta con identificar cada una de esas rutas con el prefijo de la red de destino.
- **Efectos que produce la recepción de un mensaje de actualización:**
  - Hace que se actualice la BIE de un enrutador,
  - Se emiten mensajes de actualización hacia los otros vecinos.



# Uso de los atributos AS-PATH

- **Uso por los enrutadores de los atributos AS-PATH:**
  - **Para detectar y prevenir ciclos:** si un enrutador ve que su SA está contenido en la lista del camino, entonces va a rechazar el aviso.
  - **Para elegir** entre varios caminos al mismo prefijo.

# BGP

- **Aprenderemos:**

1. Tareas realizadas por protocolo BGP
2. Mensajes en BGP que avisan prefijos
3. **Política de importación**
  - Para entender un poco más qué son políticas y su uso para filtrar rutas avisadas a prefijos.
4. Cómo BGP se adapta a cambios en las políticas y en la topología.
5. Elección entre las rutas a un prefijo en BGP.
6. Actualizaciones a tablas de reenvío

# Política de Importación

- ¿Si un enrutador BGP tiene una ruta a un destino tiene que avisarla?
- Un enrutador BGP **no** tiene obligación de avisar una ruta a un destino.
- **Por ejemplo:** un SA puede **implementar una política de no proveer tránsito,**
  - refutando el anuncio de rutas a prefijos que no están dentro del SA.
- ¿Si un enrutador BGP recibe una aviso de ruta, tiene que colocar el aviso de esa ruta en la tabla de reenvío?
  - No siempre va a querer hacerlo.
  - Porque puede que todas las rutas a un prefijo no cumplan con las políticas fijadas por el SA.

# Política de Importación

- **Problema:** ¿qué hace una puerta de enlace cuando recibe un aviso de ruta?
- **Solución:** Cuando una puerta de enlace recibe un aviso de ruta usa su **política de importación** para decidir si **aceptar o filtrar** la ruta.
  - La política de importación puede filtrar una ruta porque el SA puede no querer enviar tráfico por uno de los SA en la ruta del AS-PATH.
  - La puerta de enlace puede filtrar la ruta porque ya conoce una ***ruta preferible*** al mismo prefijo.

# Protocolos de Puerta de Enlace Exterior

- **Aprenderemos:**

1. Tareas realizadas por protocolo BGP
2. Mensajes en BGP que avisan prefijos
3. Política de importación
4. **Cómo BGP se adapta a cambios en las políticas y en la topología.**
  - **Para entender cómo se cancelan rutas debido a esos cambios.**
5. Elección entre las rutas a un prefijo en BGP.
6. Actualizaciones a tablas de reenvío

# BGP

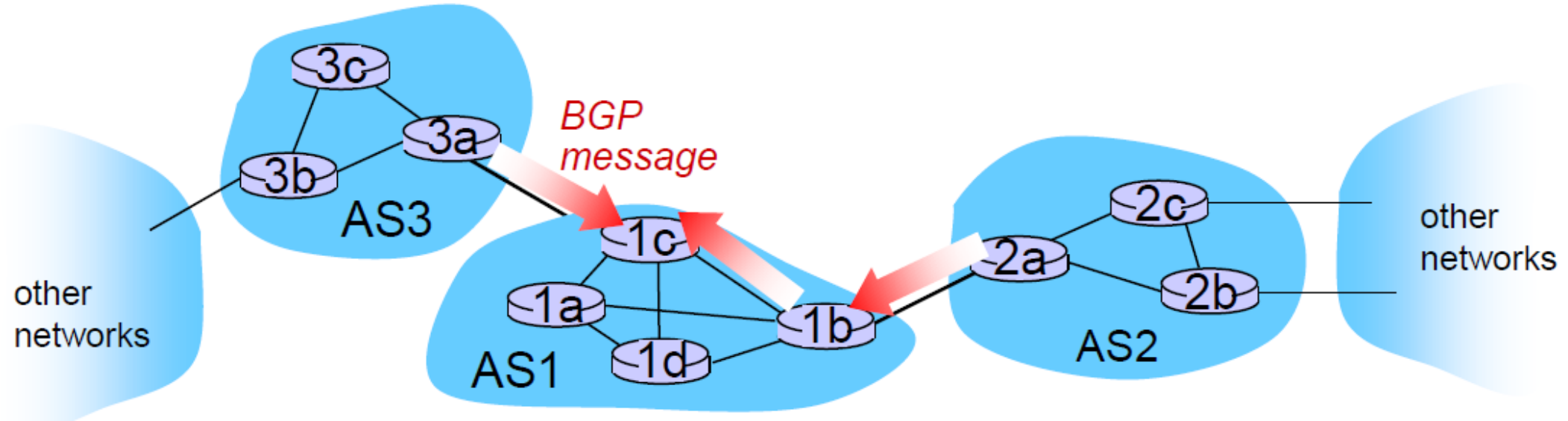
- **Requisito: Cuándo los enlaces fallan y las políticas cambian**
  - Los enrutadores deben cambiar sus BIE para que respeten la nueva topología o las nuevas políticas.
- **Problema: ¿Cómo cumplir con ese requisito?**
- **Idea:** Los enrutadores BGP necesitan poder **cancelar caminos** previamente avisados.
- **Implementación de la idea**
- **Solución:** se usa un aviso conocido como **ruta removida**.
  - Para esto se usan los **mensajes de actualización** ya explicados.

# Protocolos de Puerta de Enlace Exterior

- **Aprenderemos:**

1. Tareas realizadas por protocolo BGP
2. Mensajes en BGP que avisan prefijos
3. Política de importación
4. Cómo BGP se adapta a cambios en las políticas y en la topología.
- 5. Elección entre las rutas a un prefijo en BGP.**
  - **Porque puede haber varias rutas a un prefijo.**
6. Actualizaciones a tablas de reenvío

# Elección entre las rutas a un prefijo



- ❖ **Situación:** Un enrutador puede recibir múltiples rutas al mismo prefijo.
- ❖ La **mejor ruta** a un prefijo debe guardarse en la BIE.
- ❖ **Problema:** ¿Cómo escoge el enrutador una de esas rutas al mismo prefijo?



# Elección entre las rutas a un prefijo

- **Solución:** Si hay *más de una ruta* al mismo prefijo, BGP secuencialmente invoca las siguientes **reglas de eliminación** hasta que queda una ruta:
  1. Las rutas con el **mayor valor de preferencia local** son elegidas.
    - A las rutas se les asigna un **valor de preferencia local** que puede haber sido fijado por el enrutador o aprendido de otro enrutador en el mismo SA (esto lo define el administrador del SA).
  2. De las rutas restantes, la ruta con el **camino AS-PATH más corto** es elegida (la métrica es la cantidad de saltos SA).
  3. De las rutas restantes la ruta con el **enrutador NEXT-HOP más cercano es elegida**;
    - o sea, se considera el enrutador NEXT-HOP con el camino más corto determinado por el algoritmo de enrutamiento intra-SA (a esto se lo llama **hot potato routing**).
  4. Si queda mas de una ruta, se usan criterios adicionales.

# Elección entre las rutas a un prefijo

- Elegir ruta basada en el AS-PATH más corto

## ❖ Ejemplo:

- ❖ AS2 AS17 to 138.16.64/22
- ❖ AS3 AS131 AS201 to 138.16.64/22

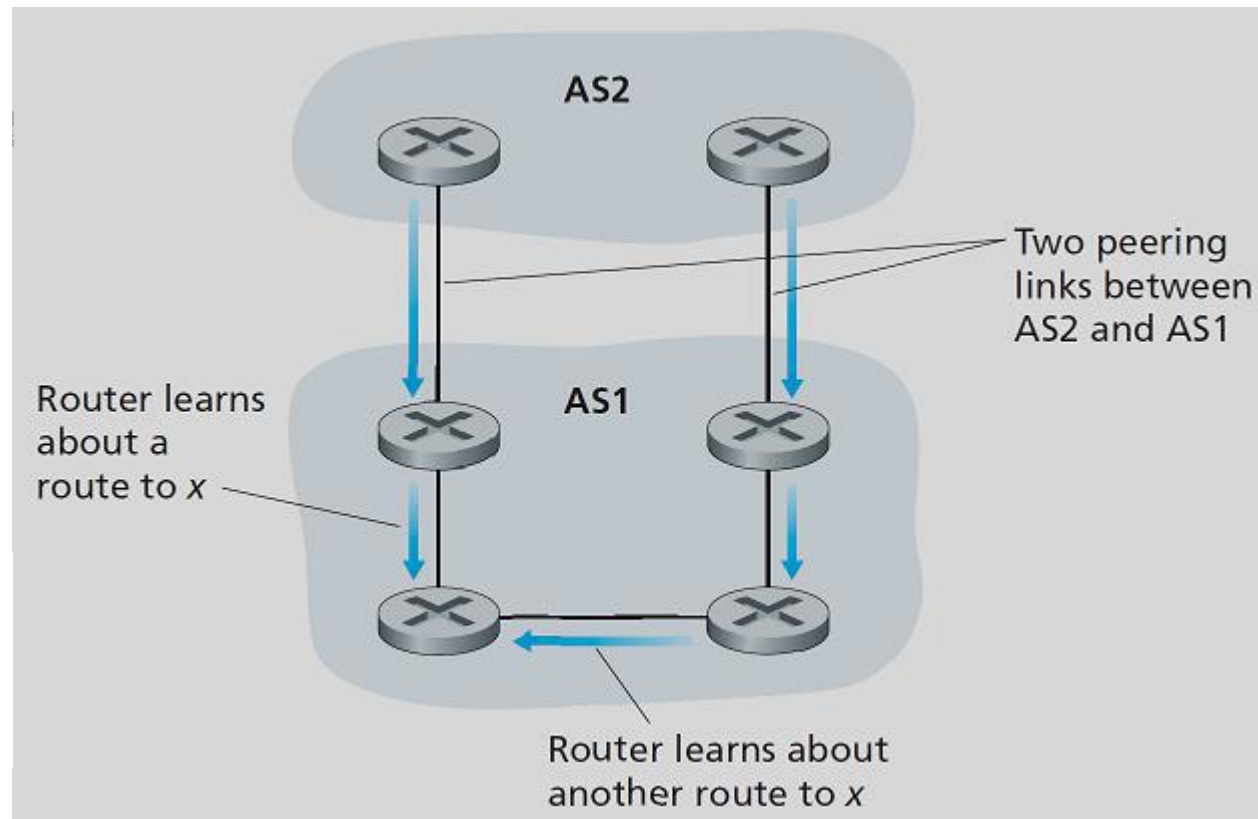
select



## Elección entre las rutas a un prefijo

Key:

← Route advertisements message for destination x



### Ejercicio:

- Un enrutador en AS1 puede aprender acerca de dos rutas al mismo prefijo x .
- Estas dos rutas pueden tener el mismo AS-PATH a x, pero pueden tener diferentes valores de NEXT-HOP correspondientes a los distintos enlaces de compañerismo ente AS1 y AS2. **¿Cómo elegir entre las rutas a usar?**
- **Sol:** Usando los valores de NEXT HOP y el algoritmo de enrutamiento intra-SA el enrutador puede determinar el costo del camino a cada enlace de compañerismo,
  - y luego entre ellos elegir el camino de menor costo para determinar el enlace de compañerismo apropiado.

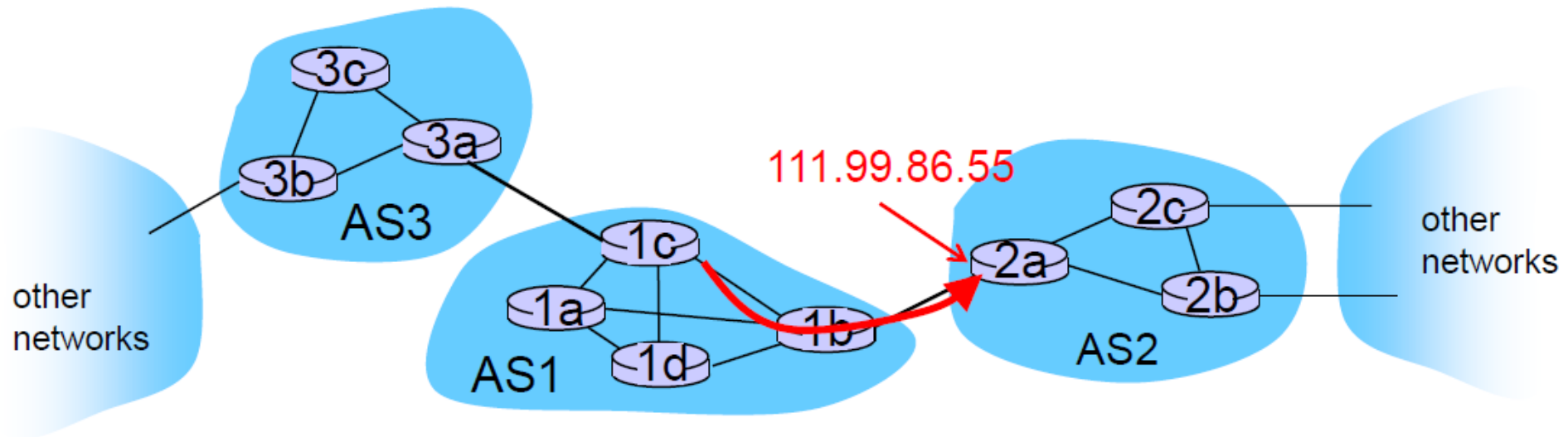
# Protocolos de Puerta de Enlace Exterior

- **Aprenderemos:**

1. Tareas realizadas por protocolo BGP
2. Mensajes en BGP que avisan prefijos
3. Política de importación
4. Cómo BGP se adapta a cambios en las políticas y en la topología.
5. Elección entre las rutas a un prefijo en BGP.
6. **Actualizaciones a tablas de reenvío**
  - Para entender cómo construir tablas de reenvío a partir de la mejor ruta a cada prefijo.

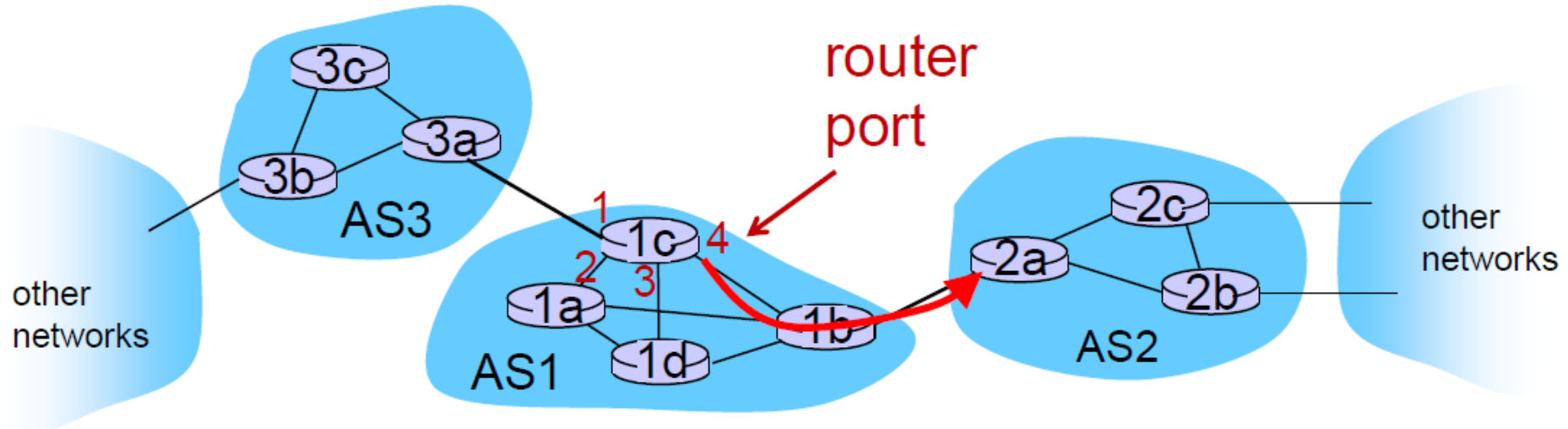
# Encontrar la mejor intra-ruta a una ruta BGP

- **Ejercicio:** Dado el aviso de ruta al sistema autónomo AS1
  - Prefijo 138.16.64/22, AS-PATH: AS2 AS17 ; NEXT-HOP: 111.99.86.55
  - Supongamos que es el único aviso de ruta a ese prefijo y que respeta las políticas de AS1.
  - ¿Cómo hace el enrutador 1c para poner entrada para el prefijo anterior en su tabla de reenvío?



## Encontrar la mejor intra-ruta a una ruta BGP

- ❖ **Solución:** 1c provee la dirección IP del atributo NEXT-HOP al algoritmo OSPF.
- ❖ 1c usa OSPF para encontrar el camino más corto de 1c a la subred para el enlace entre 1b y 2a (que tiene **111.99.86.55**).
- ❖ Supongamos que el puerto de 1c a lo largo de ese camino más corto es el puerto 4.
- Entonces **1c** agrega el puerto 4 de entrada para el prefijo de la red de destino a su tabla de reenvío:
  - (138.16.64/22 , port 4)



# Cómo se hace una entrada en tabla de reenvío

**Problema:** ¿Usando lo que vimos anteriormente, cómo un enrutador hace entrada en la tabla de reenvío de un prefijo perteneciente a otro SA?

**Solución:**

1. El enrutador pasa a ser consciente del prefijo
  - via avisos BGP de ruta de otros enrutadores
2. Determinar el puerto de salida del enrutador para el prefijo
  - Usar selección de ruta BGP para encontrar la mejor ruta inter-SA
  - Usar OSPF para encontrar la mejor ruta intra-SA que lleva a la mejor ruta inter-SA.
  - El enrutador identifica el puerto de salida del enrutador para esa mejor ruta.
3. Ingresar el puerto del prefijo en la tabla de reenvío