



Módulo 04

La Capa de Red

(Pt. 5)



Redes de Computadoras
Depto. Cs. e Ing. de la Comp.
Universidad Nacional del Sur



Copyright

- Copyright © **2010-2024** A. G. Stankevicius
- Se asegura la libertad para copiar, distribuir y modificar este documento de acuerdo a los términos de la **GNU Free Documentation License**, versión 1.2 o cualquiera posterior publicada por la Free Software Foundation, sin secciones invariantes ni textos de cubierta delantera o trasera
- Una copia de esta licencia está siempre disponible en la página <http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html>
- La versión transparente de este documento puede ser obtenida de la siguiente dirección:

<http://cs.uns.edu.ar/~ags/teaching>



Contenidos

- Modelos de servicios de la capa de red
- Estructura interna de un router
- El protocolo **IP**
- **IPv4 vs. IPv6**
- Protocolos de ruteo
- Ruteo jerárquico
- Ruteo en internet
- Multicast

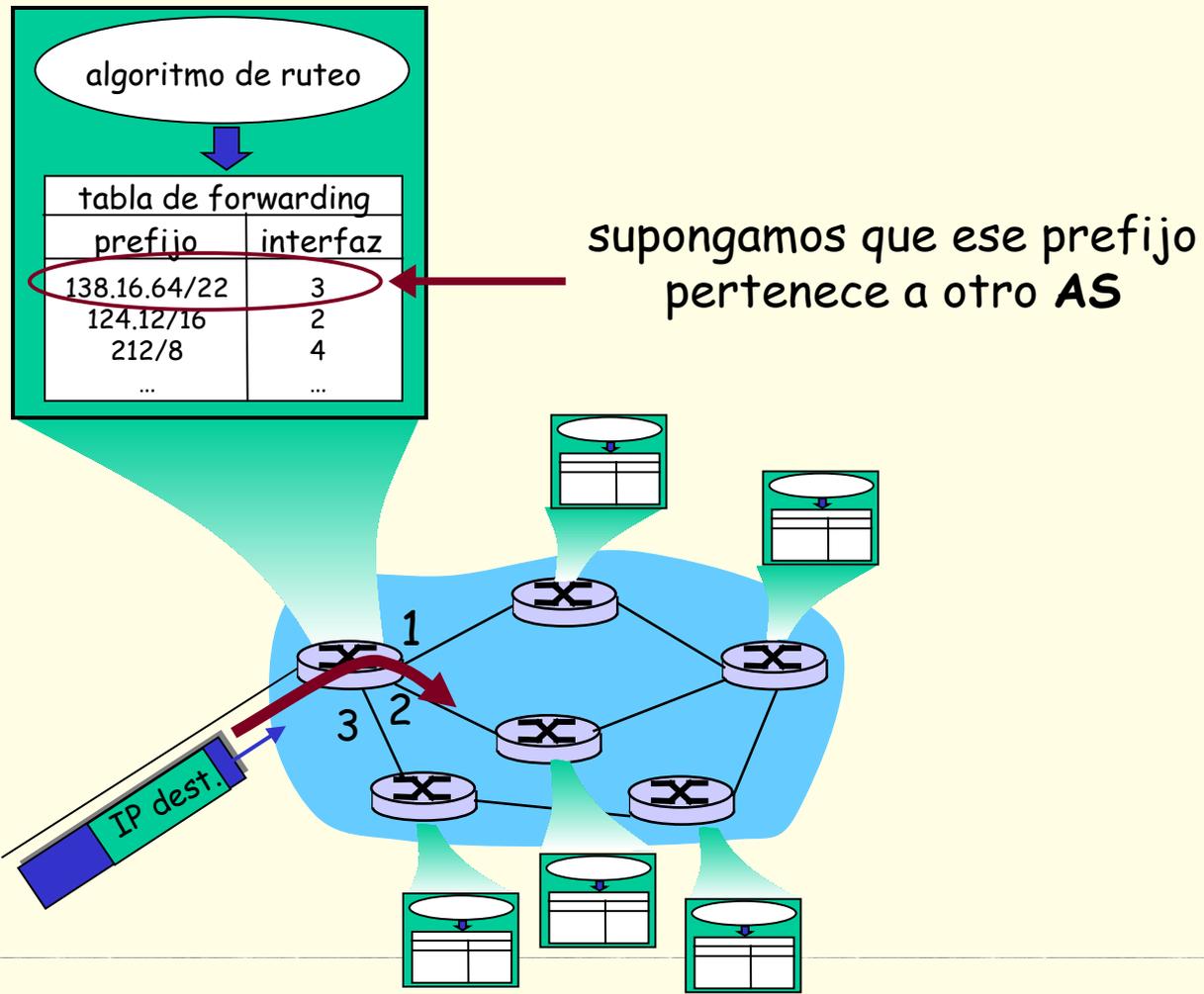


Putting it altogether

- **Pregunta del millón:** ¿cómo llega la información de una cierta entrada de la tabla de forwarding de un router hasta ese router?
 - La respuesta es no es simple
 - Este ejercicio a manera de ejemplo integra el funcionamiento de **BGP** con el de **OSPF**
 - De paso, nos da una idea (si bien somera) de cómo trabaja el protocolo **BGP** en la práctica



Putting it altogether

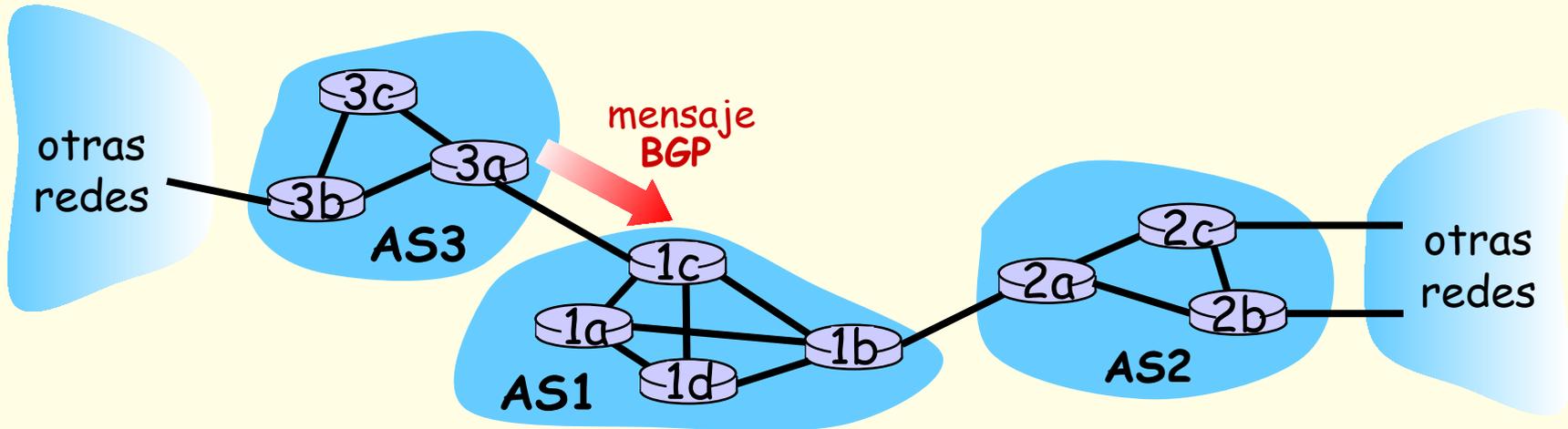


Putting it altogether

- Esta tarea admite ser descompuesta en tres subtareas:
 - El router en primer lugar descubre al prefijo en cuestión
 - Luego, el router determina por qué interfaz rutear los datagramas para ese prefijo
 - Como último paso el router incorpora el par prefijo-interfaz en su tabla de forwarding



El router descubre al prefijo

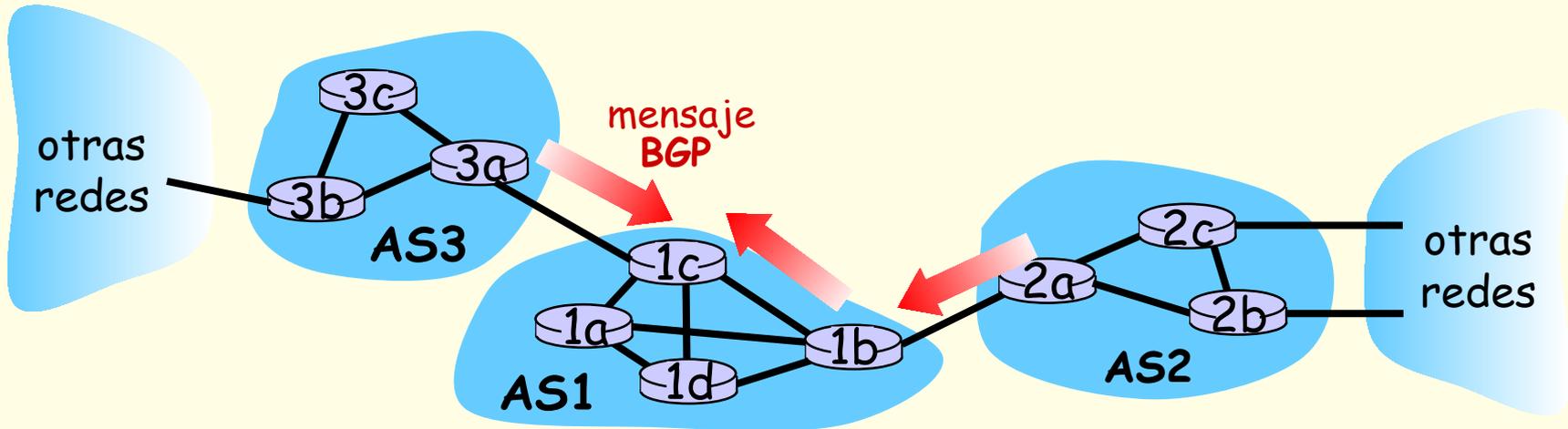


● El mensaje **BGP** contiene rutas:

- Una ruta es un prefijo junto con sus atributos
- Por caso, prefijo: **138.16.64/22**; AS-PATH: **AS3 AS13 AS20**; NEXT-HOP: **201.44.13.125**



El router debe elegir



- El router puede recibir varias rutas alternas para alcanzar al mismo prefijo
 - ➔ Naturalmente debe optar por una de ellas



El router debe elegir

● El router elegirá la ruta en base al camino más corto reflejado en el atributo **AS-PATH**:

→ Por caso, ¿cuál conviene entre estos dos caminos?

Prefijo: **138.16.64/22**; AS-PATH: AS2 AS8 ←

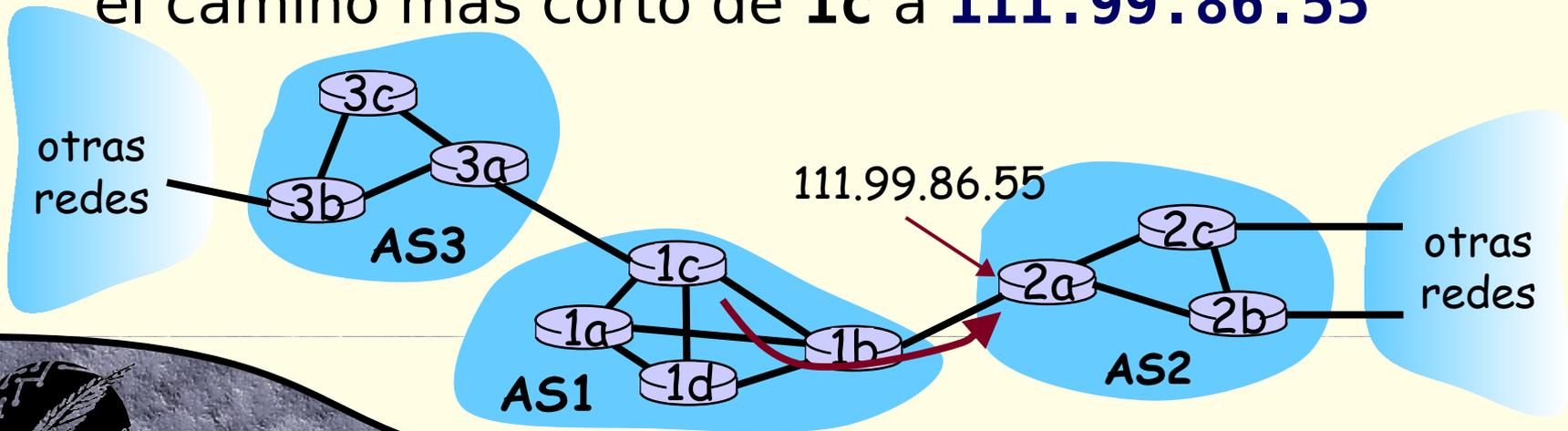
Prefijo: **138.16.64/22**; AS-PATH: AS3 AS13 AS20

→ ¿Y si hay un empate?



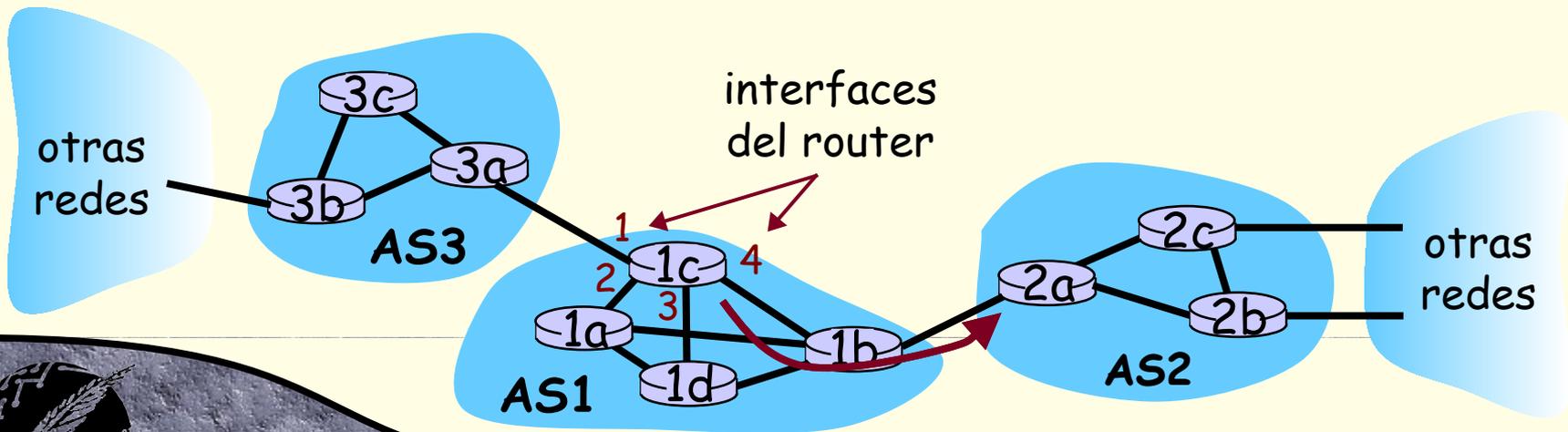
¿Qué interfaz debe usar?

- Usaremos el valor del atributo **NEXT-HOP** del camino seleccionado
 - Este atributo es la dirección **IP** de la interfaz del router que comienza el camino contenido en **AS-PATH**
 - Por caso: **AS-PATH: AS2 AS8; NEXT-HOP: 111.99.86.55**
 - El router usa por ejemplo **OSFP** para encontrar el camino más corto de **1c** a **111.99.86.55**



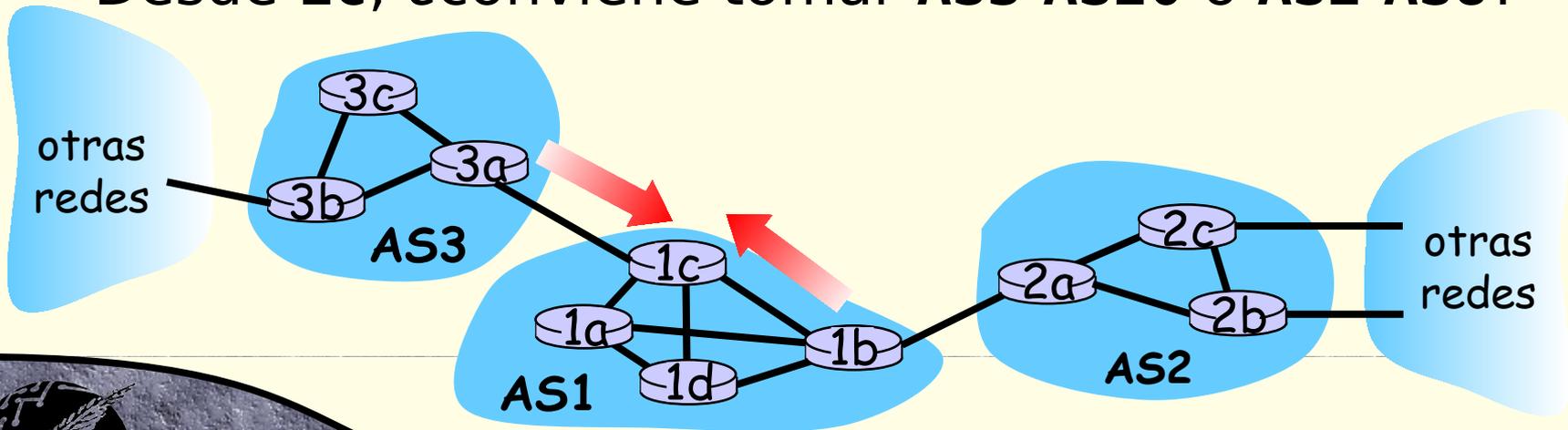
¿Qué interfaz debe usar?

- A esta altura, el router identifica qué interfaz debe utilizar:
 - El protocolo **OSPF** provee el camino más corto, la interfaz utilizada será incorporada a la tabla de forwarding
 - Por caso, se agregará (**138.16.64/22**, interfaz **4**)



Hot potato routing

- Retomemos el caso hipotético de que se encuentren múltiples rutas óptimas
- Simplemente se debe optar por la ruta que cuente con el **NEXT-HOP** más cercano
 - Simplemente usaremos la información de **OSPF**
 - Desde **1c**, ¿conviene tomar **AS3 AS20** ó **AS2 AS8**?



Síntesis

1) El router descubre al prefijo

- A través de los mensajes de propagación de rutas del protocolo **BGP**

2) El router determina por qué interfaz va a acceder a ese prefijo

- Usa **BGP** para comparar los caminos inter-**AS**
- En base a **OSPF** encuentra la mejor ruta intra-**AS**
- Finalmente, toma nota de cuál interfaz ha de usar

3) Por último, incorpora este par a la tabla



Inter-AS vs. intra-AS

- Para entender por qué razón es conveniente poder contar con diferentes algoritmos a nivel inter-**AS** e intra-**AS** debemos analizar esta problemática desde diversos enfoques.
- Considerando el **establecimiento de políticas**:
 - ➔ Inter-AS: los administradores desean tener control total sobre cómo rutean su propio tráfico y más aun, elegir el tráfico de quién más atravesará sus redes
 - ➔ Intra-AS: existe un único administrador, por lo que no hay decisiones políticas que tomar



Inter-AS vs. intra-AS

- Considerando la posibilidad de poder **escalar la infraestructura**:
 - El ruteo jerárquico se transforma en una necesidad a la hora de disminuir el tamaño de la tablas de ruteo y de reducir el tráfico producto de las actualizaciones
- Considerando el **desempeño**:
 - Intra-AS: se puede y es conveniente elegir una solución que brinde un alto desempeño
 - Inter-AS: las decisiones políticas puede tener más importancia que el desempeño



Taxonomía de tráficos

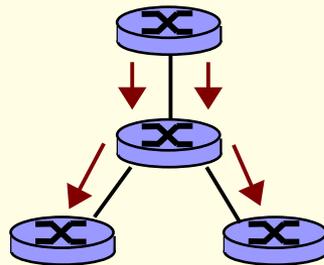
- La capa de red puede soportar distintos tipos de tráficos:
 - **Tráfico unicast**: el cual involucra un único origen y un único destino
 - **Tráfico broadcast**: el cual involucra un único origen pero la totalidad de los nodos como destino
 - **Tráfico multicast**: el cual involucra un único origen pero un subconjunto propio del total de los nodos como destino



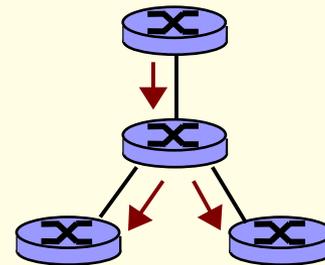
Ruteo broadcast

- Al enrutar tráfico de tipo broadcast debería ser evidente que en algún punto **se debe duplicar el datagrama original**

- Al hacer **broadcast via unicast** se toma la decisión de duplicar el datagrama en origen
- Al hacer **broadcast con asistencia de la capa de red**, el datagrama se va duplicando a medida que haga falta



duplicación
en origen



duplicación con
asistencia de la red



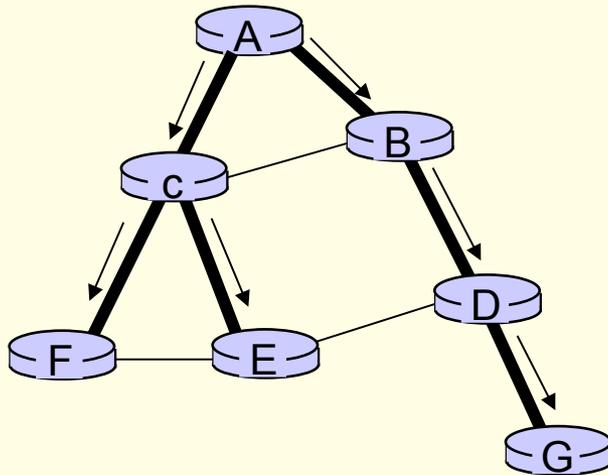
Asistencia de la capa de red

- La capa de red puede asistir en esta tarea de diversas formas:
 - Inundación indiscriminada: los routers replican por todas sus interfaces los datagramas que van recibiendo
 - Inundación selectiva: los routers sólo replican por todas sus interfaces la primera vez que toman contacto con un cierto datagrama
 - Árbol cubriente: los routers sólo replican por determinadas interfaces los datagramas recibidos

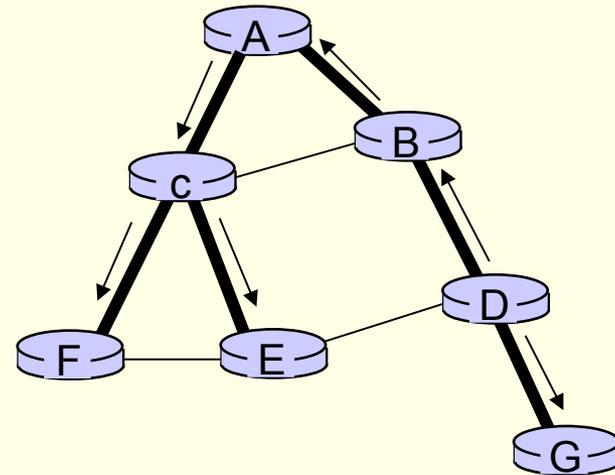


Árbol cubriente

- Primeramente, se construye el árbol cubriente
- Luego, los nodos propagan los datagramas sólo sobre los arcos de dicho árbol



broadcast iniciado en A



broadcast iniciado en D

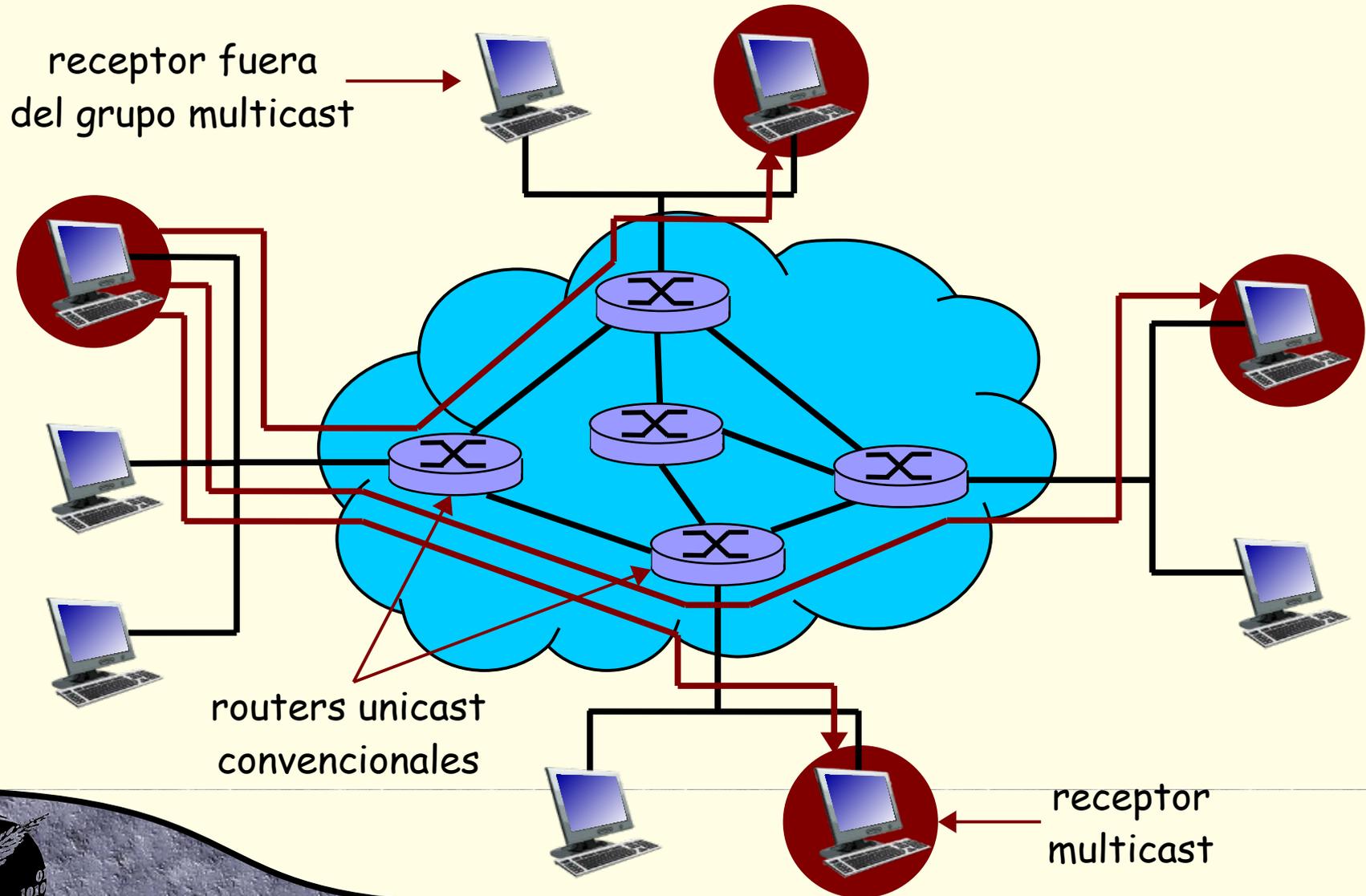


Ruteo multicast

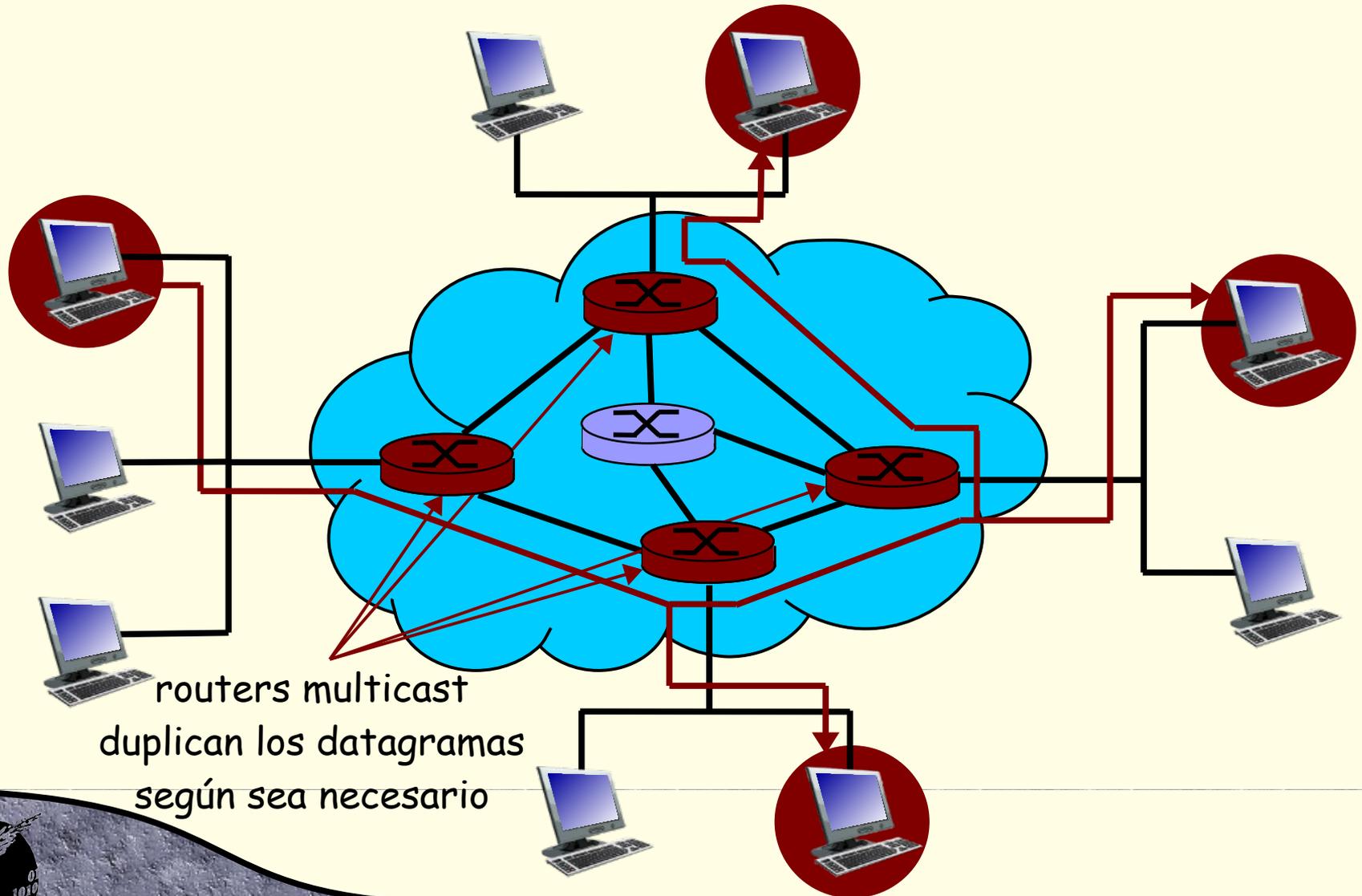
- El **ruteo multicast** consiste en distribuir el mismo datagrama a múltiples destinos
- ¿Cómo implementar el ruteo multicast?
 - Haciendo uso de **tantos envíos unicast como sea necesario** (duplicación en origen)
 - Otra posibilidad es contar con alguna forma de **asistencia por parte de la capa de red**
 - Finalmente se puede implementar el multicast a **nivel de la capa de aplicaciones**



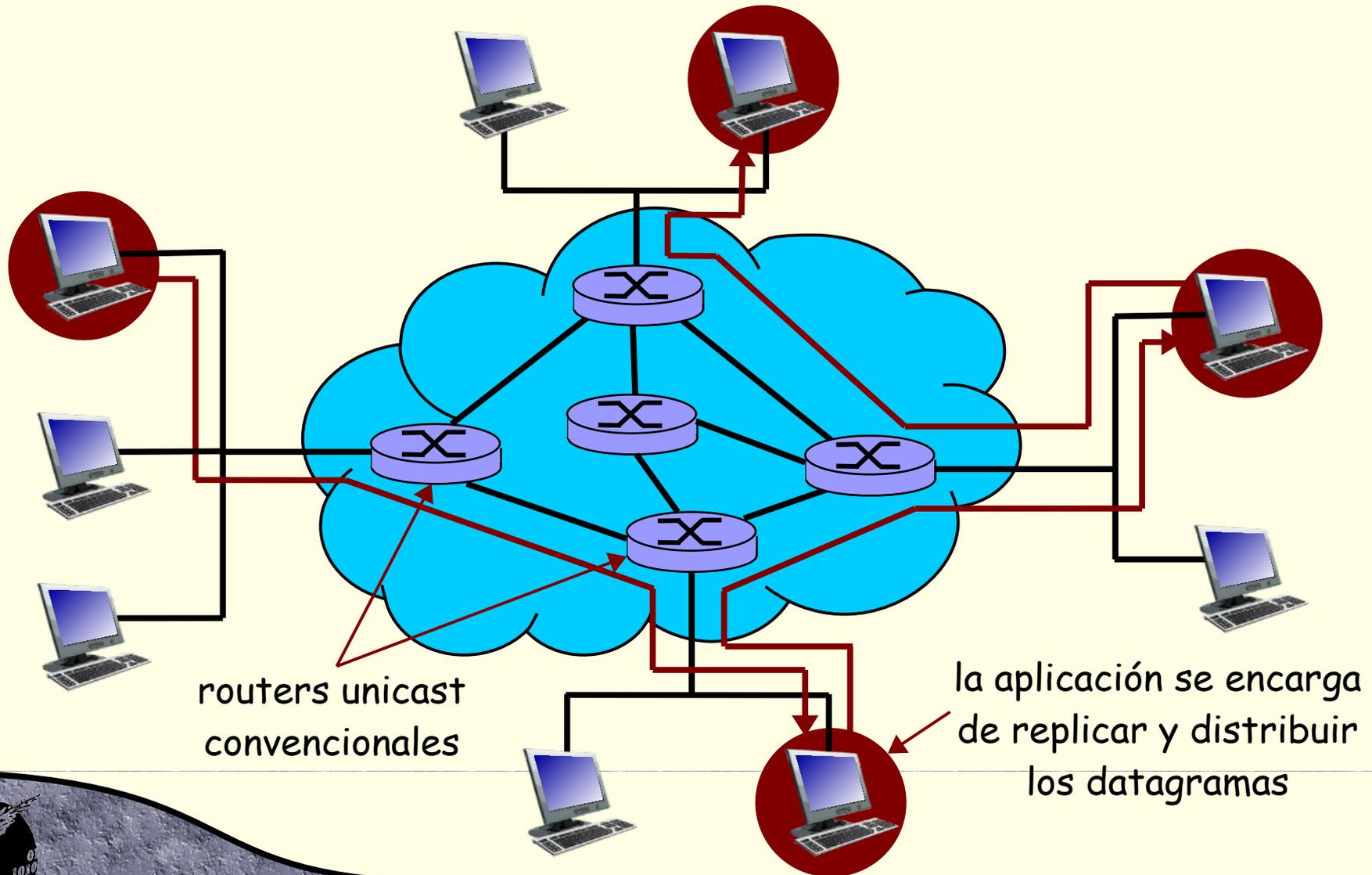
Multicast via unicast



Multicast con soporte de red



Multicast via aplicaciones

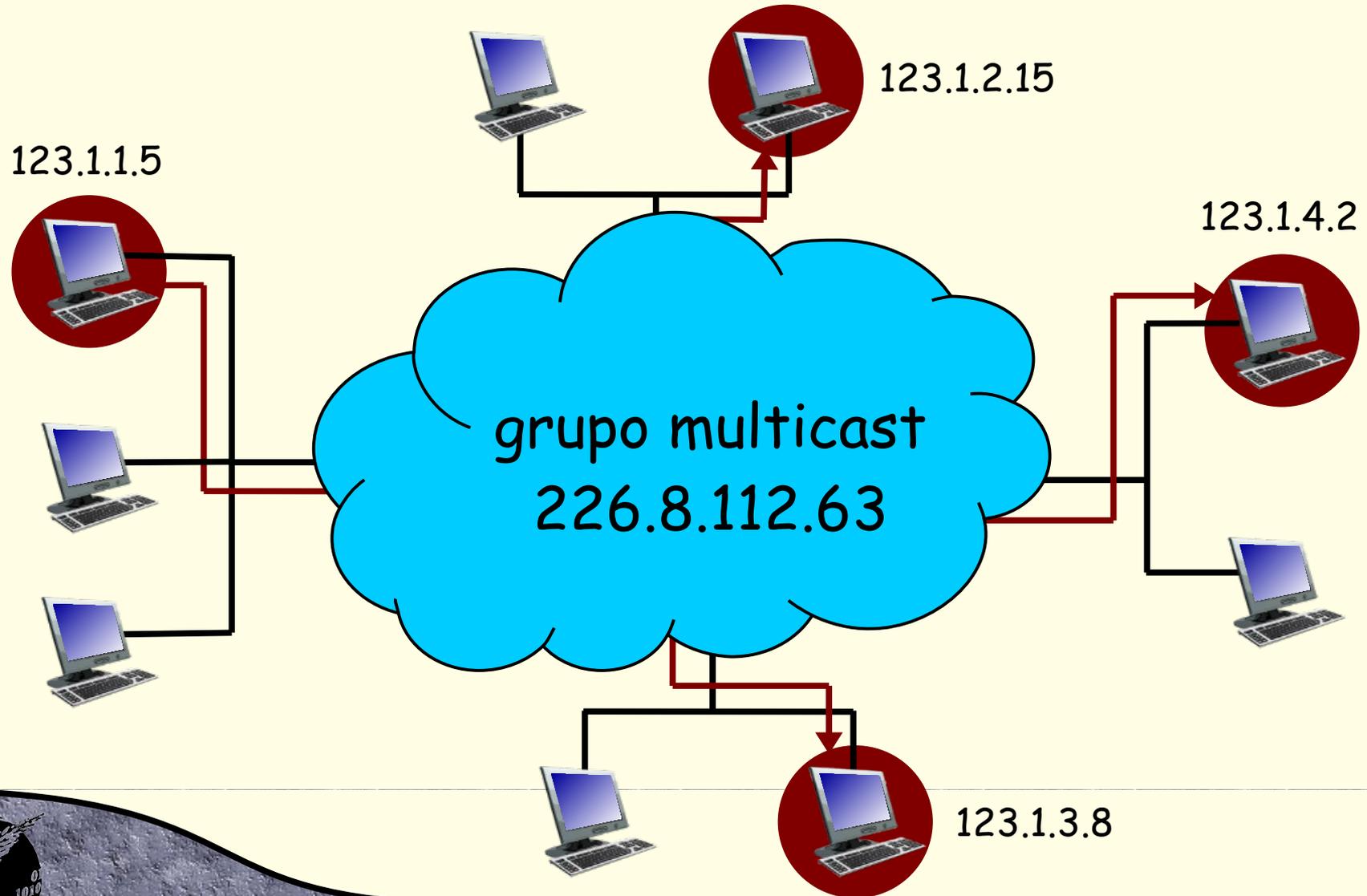


Multicast en internet

- La implementación de multicast en internet se basa en **agregar un nivel de indirección** a la infraestructura de red preexistente
 - ➔ Las computadores direccionan el tráfico multicast hacia una dirección en particular que denota a un cierto grupo multicast
 - ➔ Los routers se encargan de hacer llegar una copia de esos datagramas a las direcciones **IP** efectivas de las computadoras que conformen ese grupo multicast

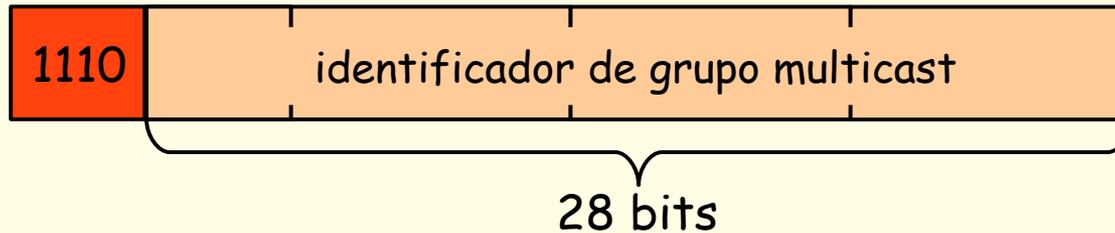


Multicast en internet



Grupos multicast

- La clasificación de las direcciones **IP** reservó un conjunto de direcciones para ser usadas como identificadores de grupos multicast



- Semántica del grupo multicast:
 - ➔ Cualquiera puede unirse al grupo multicast
 - ➔ Cualquiera puede enviar al grupo multicast



Incorporación a un grupo

- La incorporación a un grupo multicast se lleva adelante en dos etapas:
 - ➔ En la red de área local: la computadora informa al router multicast local que desea incorporarse a un cierto grupo multicast haciendo uso del protocolo **IGMP** (Internet Group Management Protocol)
 - ➔ En la red de área amplia: el router local interactúa con otros routers para recibir el flujo de datagramas multicast correspondiente haciendo uso de diversos protocolos (por caso, **DVMRP**, **MOSPF**, **PIM**, etc.)



¿Preguntas?

