

Nivel de Red



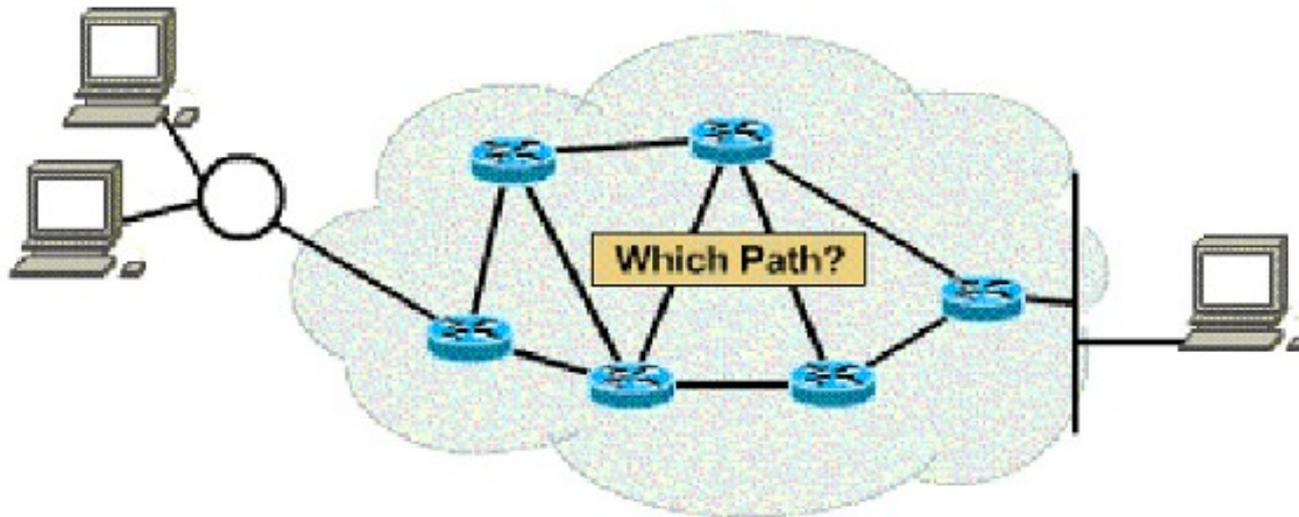
Protocolos de Ruteo

Repaso de Ruteo

- Enrutamiento (“ruteo”) es el proceso de escoger una trayectoria para enviar paquetes al destino correcto.
- El ruteo y el puenteo podrían denominarse conmutación de datos, sucede en la capa 3
- El ruteo implica dos actividades:
 - la selección de una ruta óptima para cada paquete
 - el envío del paquete a través de la ruta seleccionada

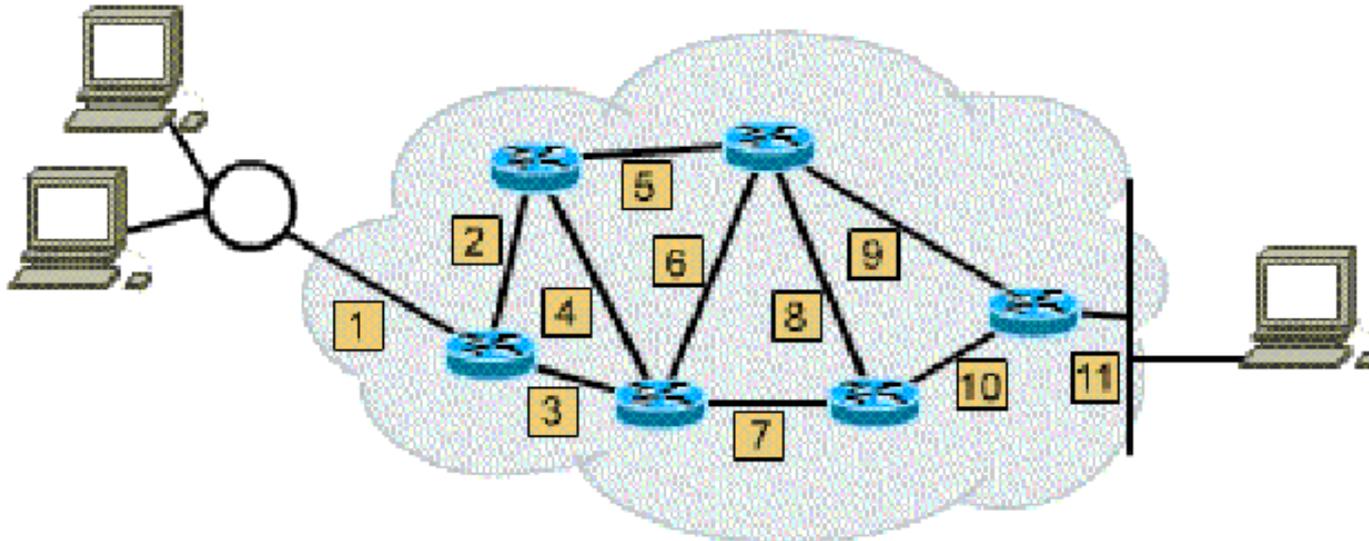
Determinando la mejor ruta

- De las funciones básicas de la capa de red es la determinación de la ruta
 - elegir el siguiente hop (salto) en la ruta
 - también conocido como enrutar el paquete



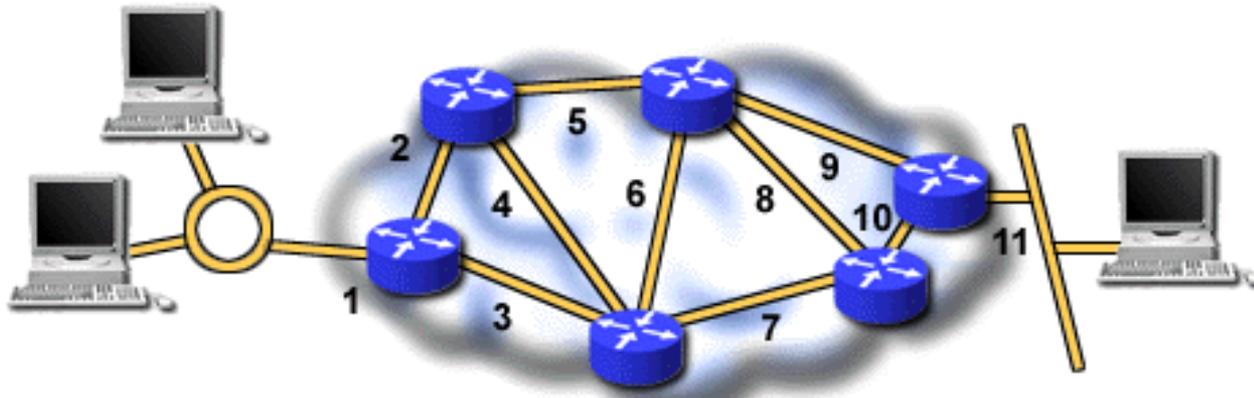
Direccionamiento nivel red

- ❑ Direcciones nivel red (lógicas o IP) son usadas para
 - representar la ruta
 - determinar el destino de los datos
- ❑ Las direcciones de los host en la red debe ser única.
- ❑ La dirección red es jerárquica, cuenta con una estructura lógica



¿Cómo se rutean los paquetes?

- ❑ Redes deben representar las rutas disponibles entre ruteadores.
- ❑ Direcciones de red proporcionan información usada para pasar paquetes desde una fuente a un destino.



Conmutación de paquetes

- ❑ El ruteador examina el destino de cada paquete y consulta su tabla de ruteo para determinar si sabe o no cómo encaminar el paquete.
- ❑ Si no hay una declaración que incluya a ese destino en la tabla de ruteo, el ruteador descarta (elimina) el paquete.
- ❑ Si existe una ruta para ese destino el ruteador conmuta el paquete a la interface de salida apropiada.
- ❑ El paquete se encapsula en una trama apropiada para el tipo de interface de salida y se envía.

Determinación de la mejor ruta

- Métrica
 - número entero que representa el costo de la ruta
 - cada segmento de la capa dos tiene asociada una métrica
 - la ruta completa a través de la nube (internet) tiene una métrica total igual a la suma de todas las métricas intermedias
- La métrica puede depender de:
 - longitud de la trayectoria (número de ruteadores intermedios)
 - ancho de banda
 - retardo total
 - confiabilidad

Routed vs Routing Protocols

- Routed protocols (protocolos enrutables)
 - para que un protocolo sea enrutable, su esquema de direccionamiento debe poder asociar prefijos de direcciones con ubicaciones geográficas
 - proporciona información en su nivel de red para permitir que los paquetes sean redireccionados de un host a otro
 - transportan información de los usuarios a través de una red
- Routing protocols (protocolo de ruteo)
 - proporcionan mecanismos para compartir información de ruteo (actualizaciones)

Rutas dinámicas y rutas estáticas

□ Rutas estáticas

- son establecidas por el administrador de red
- los cambios deben ser introducidos manualmente
- si solo existe una ruta: stub network
- incrementan seguridad ya que las rutas estáticas no son enviadas por toda la red
- utiles para establecer una ruta por default

□ Rutas dinámicas

- las tablas de ruteo son actualizadas periodicamente por protocolos de ruteo, reflejando los cambios en la topología de red

¿Para qué sirve el ruteo estático?

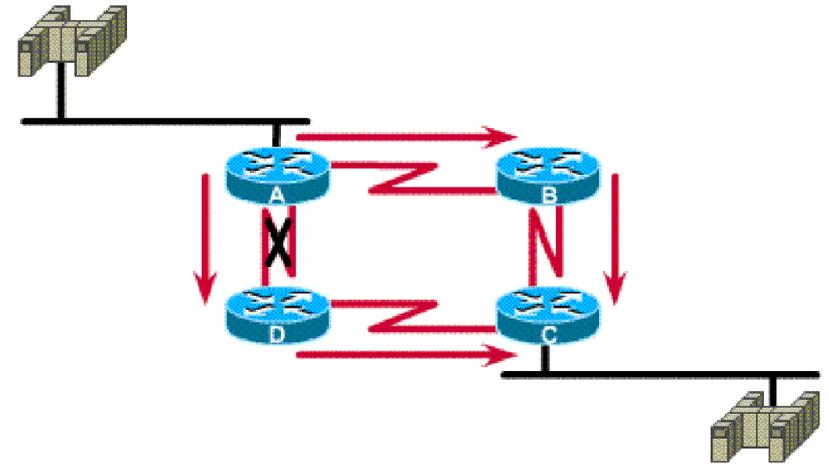
- Util si se desea controlar que ruta debe seleccionar un ruteador.
 - para probar un enlace en particular en la red
 - para conservar el ancho de banda
- Ruteo estático es el metodo preferido por las redes tipo stub, solo un hay un path para un red stub

¿Para qué sirve el ruteo dinámico?

- Ruteo dinámico ocurre cuando los ruteadores se envían actualizaciones automáticas de ruteo entre ellos.
 - recalcular automáticamente de la nueva mejor ruta
 - actualización automática de la tabla de ruteo
- Ruteadores pueden ajustarse dinámicamente a los cambios en las condiciones de la red
- Trabaja mejor cuando el ancho de banda y grandes cantidades de tráfico de red no son prioritarios.

Ejemplo

- ❑ La mejor ruta es la A-D-C
- ❑ Ruta alterna A-B-C también esta disponible.
- ❑ Si el enlace entre A y D se cae, la tabla de ruteo se ajusta automáticamente para enrutar paquetes a B.
- ❑ Cuando el enlace se reestablece, A ajusta su tabla para reflejar la ruta preferida a D



Tiempo de convergencia

- Convergencia
 - todos los ruteadores tienen un vista consistene de la topologia de la red
 - cuando todos los ruteadores estan operando con el mismo conocimiento
- La convergencia rápida es una característica deseable.
 - reduce el tiempo que los ruteadores realizan decisiones basados en datos incorrectos

Protocolos de Routing

- Protocolos de routing dentro de un AS
- Concepto de Sistema Autónomo (AS)
- Protocolos de routing entre ASes
- Arquitectura de Internet y puntos neutros de interconexión

Protocolos de routing en IP

- Algoritmo del vector distancia (Bellman-Ford)
 - RIP
 - IGRP y EIGRP
 - BGP (entre Sistemas Autónomos)
- Algoritmo de estado del enlace (Dijkstra)
 - IS-IS
 - OSPF

RIP (Routing Information Protocol)

- ❑ Sufre los problemas típicos del vector distancia (cuenta a infinito)
- ❑ Solo útil en redes pequeñas (5-10 routers)
- ❑ Métrica basada en número de saltos únicamente. Máximo 15 saltos
- ❑ La información se intercambia cada 30 segundos. Los routers tienden a sincronizarse y la red se bloquea cuando ocurre el intercambio.
- ❑ RIPv1 no soporta subredes ni máscaras de tamaño variable (sí en RIPv2)
- ❑ No permite usar múltiples rutas simultáneamente (algunas implementaciones sí)
- ❑ Es bastante habitual en sistemas UNIX

IGRP (Interior Gateway Routing Protocol) y EIGRP (Enhanced IGRP)

- Protocolos propietarios de Cisco
- Resuelven muchos de los problemas de RIP
 - Métrica sofisticada
 - Reparto de tráfico entre múltiples rutas
- Incluyen soporte multiprotocolo
- Mejoras de EIGRP sobre IGRP
 - Soporta subredes
 - Solo transmite modificaciones
 - Incorpora diversos mecanismos para evitar el problema de la cuenta a infinito

OSPF (Open Shortest Path First)

- ❑ Desarrollado por el IETF entre 1988-1990. Actualmente se usa OSPF V. 3 definido en el RFC 2740
- ❑ Basado en el algoritmo del estado del enlace
- ❑ Dos niveles jerárquicos (áreas):
 - Area 0 o backbone (obligatoria)
 - Areas adicionales (opcionales)
- ❑ Resuelve los problemas de RIP:
 - Rutas de red, subred y host (máscaras de tamaño variable)
 - Admite métricas complejas (costo). En la práctica se usa solo ancho de banda
 - Reparte tráfico entre múltiples rutas cuando tienen el mismo costo
- ❑ Las rutas óptimas pueden no ser simétricas.

IS-IS

(Intermediate System- Intermediate System)

- ❑ Intermediate-System significa router en 'ISOese' (host es ES, End System)
- ❑ Muy similar a OSPF, pero no es estándar Internet, es estándar ISO (OSI)
- ❑ Soporte Multiprotocolo (routing integrado). OSPF no lo tiene.
- ❑ Es el protocolo habitual en las grandes redes (ISPs). Se utiliza en RedIRIS, por ejemplo.

Protocolos de routing de Internet

Protocolo	Algoritmo	Subredes	Métrica compleja	Notifica Actualiz.	Niveles jerárquicos	Estándar
RIPv1	Vector Distancia	NO	NO	NO	NO	SI
RIPv2	Vector Distancia	SI	NO	NO	NO	SI
IGRP	Vector Distancia	NO	SI	NO	NO	NO
EIGRP	Vector Distancia	SI	SI	SI	NO	NO
OSPF	Estado Enlace	SI	SI	SI	SI	SI (Internet)
IS-IS	Estado Enlace	SI	SI	SI	SI	SI (ISO)

Mecanismo de enrutado de paquetes

- Los paquetes se enrutan de acuerdo con su dirección de destino. La dirección de origen no se toma en cuenta para nada.

- Si al enrutar un paquete el router descubre que existen varias rutas posibles para llegar a ese destino aplica tres criterios de selección, por este orden:
 - Usar la ruta de máscara más larga. En caso de empate...
 - Usar la ruta de distancia administrativa menor. En caso de empate...
 - Usar la ruta de métrica menor. En caso de empate...
 - Usarlas todas

Máscara más larga

- Supongamos que se han declarado las siguientes rutas estáticas en un router:
 - `ip route 20.0.0.0 255.255.254.0 10.0.0.1`
 - `ip route 20.0.0.0 255.255.255.0 10.0.0.2`
 - `ip route 20.0.0.0 255.255.255.128 10.0.0.3`
- Al tener máscaras diferentes las tres rutas son diferentes y se incorporan todas ellas en la tabla de rutas
- **Pregunta:** ¿Por donde se enviará un datagrama dirigido a 20.0.0.1?

Máscara más larga

- Supongamos que se han declarado las siguientes rutas estáticas en un router:
 - `ip route 20.0.0.0 255.255.254.0 10.0.0.1`
 - `ip route 20.0.0.0 255.255.255.0 10.0.0.2`
 - `ip route 20.0.0.0 255.255.255.128 10.0.0.3`
- Al tener máscaras diferentes las tres rutas son diferentes y se incorporan todas ellas en la tabla de rutas
- **Pregunta:** ¿Por donde se enviará un datagrama dirigido a 20.0.0.1?
- **Respuesta:** por 10.0.0.3 pues la ruta c) es la que tiene una máscara más larga

El orden como se introducen las rutas en la configuración es irrelevante. Lo único que cuenta es la longitud de la máscara.

Distancia administrativa

- Un router puede conocer dos rutas hacia un mismo destino por diferentes mecanismos. Ejemplos:
 - Un router está ejecutando simultáneamente RIP y OSPF y recibe rutas hacia un mismo destino por ambos protocolos.
 - Un router ejecuta IS-IS y recibe un anuncio de una ruta para la que tenía configurada una ruta estática.
- Cada ruta tiene asociada una distancia administrativa que depende del protocolo de routing por el que se ha conocido
- La distancia administrativa establece el orden o prioridad con que se aplicarán las rutas. Siempre se da preferencia a la ruta que tiene menor distancia administrativa
- Las distancias administrativas reflejan la confianza relativa que nos merece un protocolo de routing frente a otro

Distancias administrativas por defecto en routers cisco

Mecanismo como se conoce la ruta	Distancia administrativa
Red directamente conectada	0
Ruta estática	1
Sumarizada de EIGRP	5
BGP externa	20
EIGRP	90
IGRP	100
OSPF	110
IS-IS	115
RIP	120
EGP	140
Routing bajo demanda	160
EIGRP externo	170
BGP interno	200
Desconocido	255

← Las rutas con distancia 255 no se utilizan

Si se modifican los valores por defecto hay que hacerlo con cuidado y de forma consistente en toda la red (de lo contrario se pueden producir bucles)

Ejemplo de uso de la distancia administrativa

- Se puede cambiar la distancia administrativa de un protocolo determinado.
- También se puede cambiar, de forma individualizada, la distancia administrativa de una ruta estática. Ejemplo: queremos configurar una ruta por defecto de emergencia, de forma que solo actúe cuando un destino determinado no se nos anuncia por ningún protocolo de routing. Para ello le asignamos distancia 201:

```
ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 10.0.0.1 201
```

Esta ruta solo se aplicará como último recurso cuando fallen todas las demás.

Métrica menor

- Si dos rutas están empatadas en longitud de máscara y distancia administrativa se elige la de métrica más baja
- Si también hay empate en la métrica se hace balanceo de tráfico entre ambas rutas
- Las rutas de métrica peor quedan en reserva por si falla la elegida.
- Cada protocolo de routing maneja métricas diferentes, por lo que los valores de diferentes protocolos no son comparables. Al tener cada protocolo una distancia administrativa diferente la comparación de métricas solo se hace entre rutas obtenidas por el mismo protocolo

Sistema Autónomo

- Un Sistema Autónomo (AS) está formado por un conjunto de routers que tienen:
 - Un protocolo de routing común (posiblemente también rutas estáticas)
 - Una gestión común
- Normalmente cada ISP tiene al menos un sistema autónomo (a veces varios).
- También las grandes organizaciones (las que están conectadas a más de un proveedor).
- Cada AS en Internet se identifica por un número de 16 bits. Los números de AS los asignan los RIR (Registros Regionales).
- Los ASes del 64512 al 65535 están reservados para uso privado (RFC 1930). Equivalen a las direcciones privadas
- Ejemplos de AS: RedIRIS: 766. Univ. Valencia: 65432

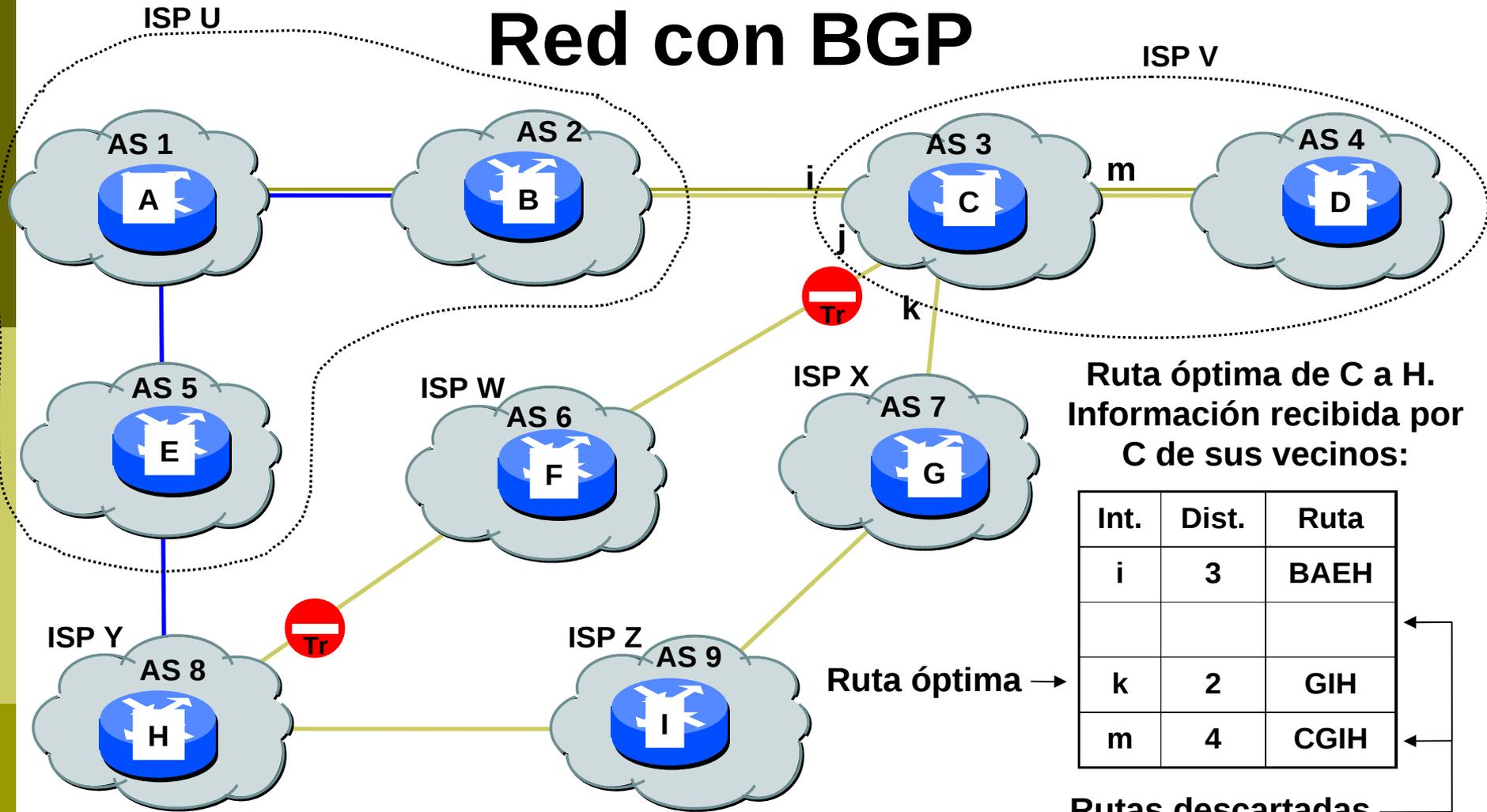
Protocolo de routing externo (entre ASes): BGP (Border Gateway Protocol)

- ❑ Necesario incluir factores 'políticos' en el cálculo de rutas entre ASes. Requiere otros protocolos.
- ❑ Hasta 1990 se usaba EGP (Exterior Gateway Protocol).
- ❑ En 1989 se desarrolló BGP. Hoy se usa la versión 4 (BGP-4 incluye soporte de CIDR)
- ❑ Usado por prácticamente todos los proveedores de Internet en la comunicación de rutas entre ASes.

BGP (Border Gateway Protocol)

- ❑ Algoritmo de vector distancia modificado: además de la interfaz y el costo se incluye la ruta completa en cada caso.
- ❑ El router descubre y descarta las rutas que pasan por él mismo. Así se evita el problema de la cuenta a infinito.
- ❑ La métrica suele ser número de saltos.
- ❑ Permite introducir restricciones o reglas 'políticas'. Una ruta que viola estas reglas recibe una distancia infinito.

Red con BGP



Ruta óptima de C a H.
Información recibida por C de sus vecinos:

Int.	Dist.	Ruta
i	3	BAEH
k	2	GIH
m	4	CGIH

Ruta óptima →

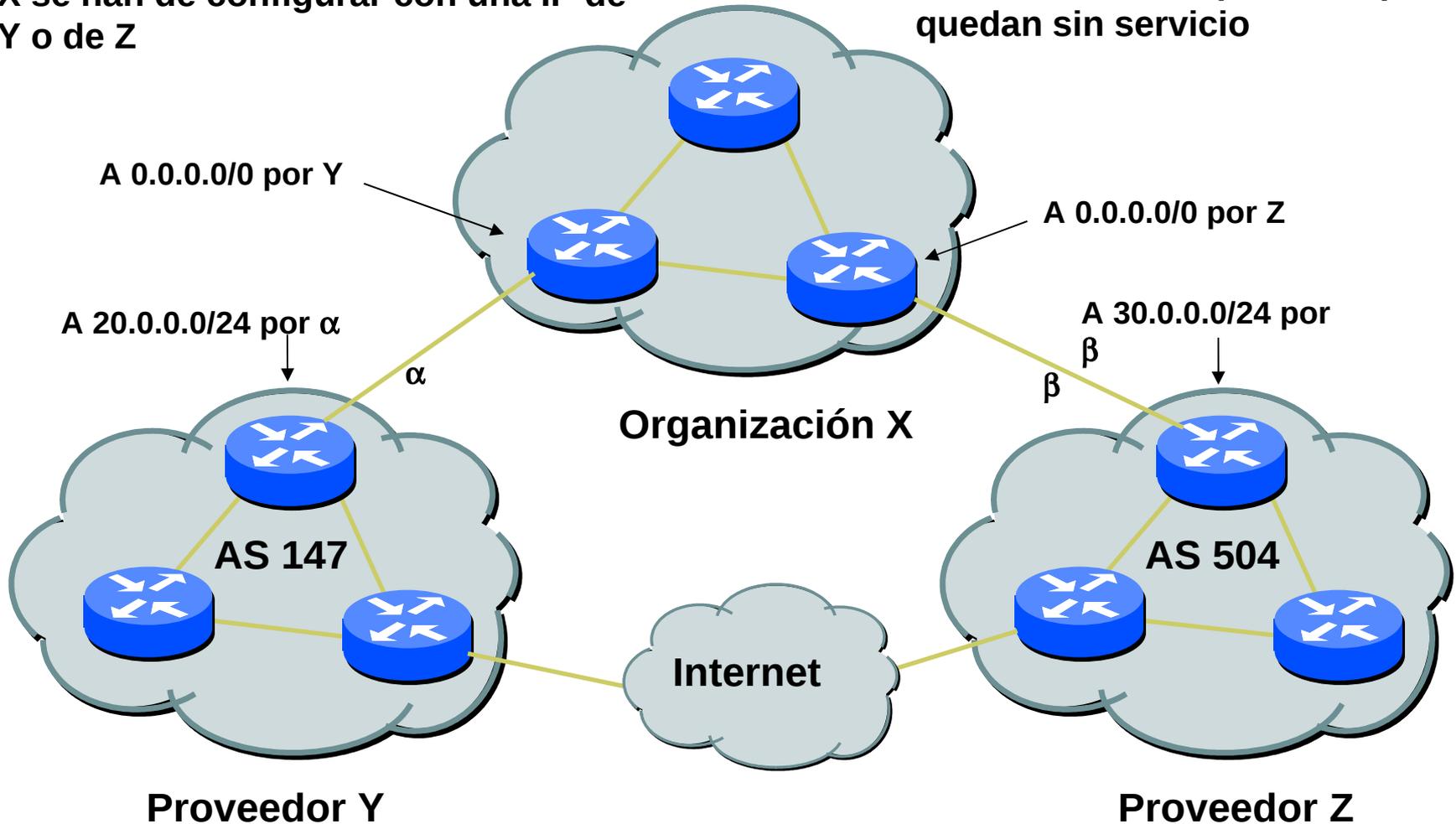
Rutas descartadas ←

EL AS 6 intercambia tráfico con AS 3 y AS 8, pero no acepta tráfico de tránsito. Para ello F oculta su conexión con C cuando se anuncia a H y su conexión con H cuando se anuncia a C

Organización conectada a dos ISPs

Los ordenadores de la organización X se han de configurar con una IP de Y o de Z

En caso de fallo de un proveedor los ordenadores que salen por él quedan sin servicio



Organización 'multihomed'

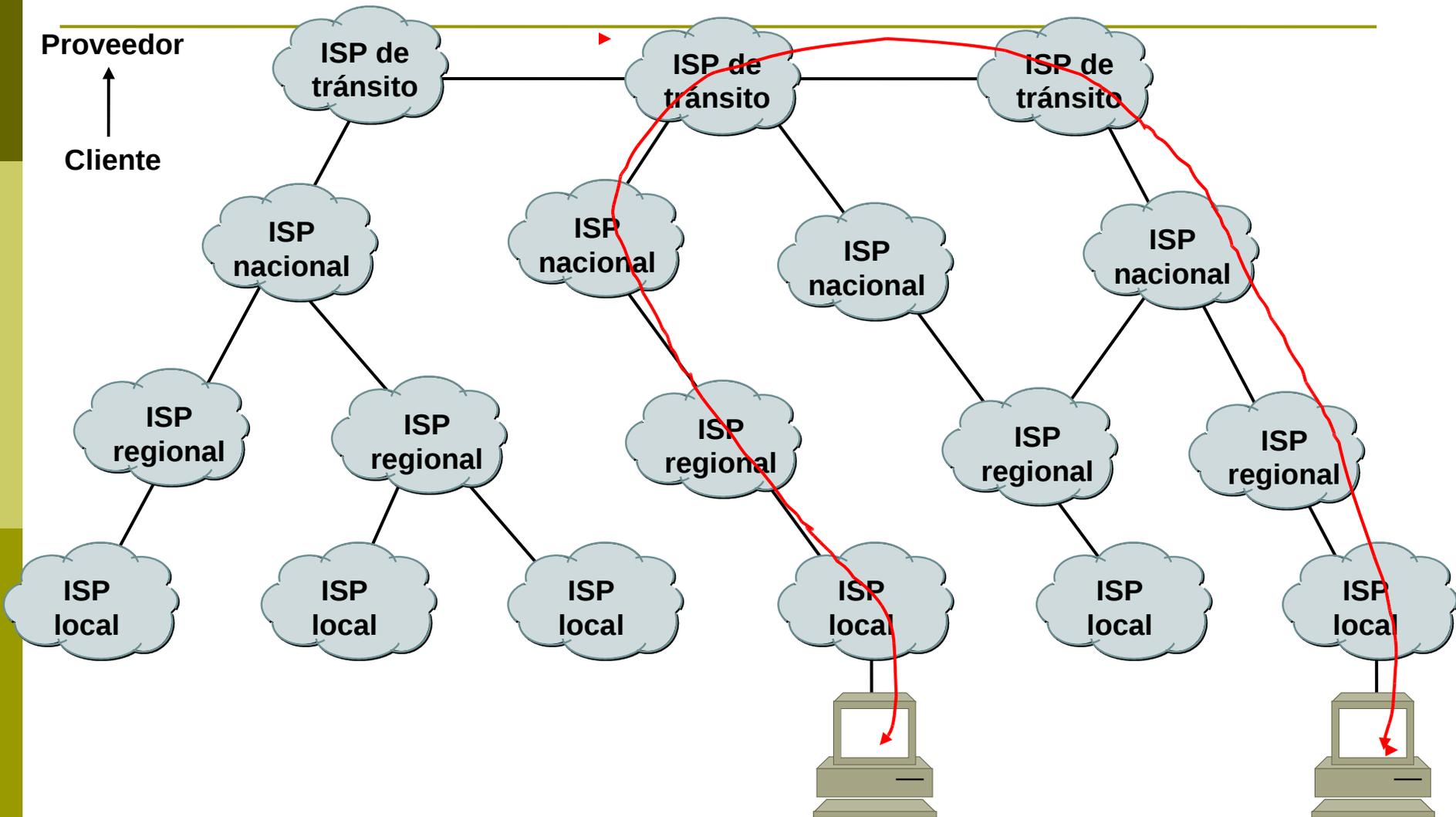
Con un AS propio la organización X puede elegir la ruta óptima en cada momento para cada destino

En caso de fallo de un proveedor el tráfico se reencamina de forma automática

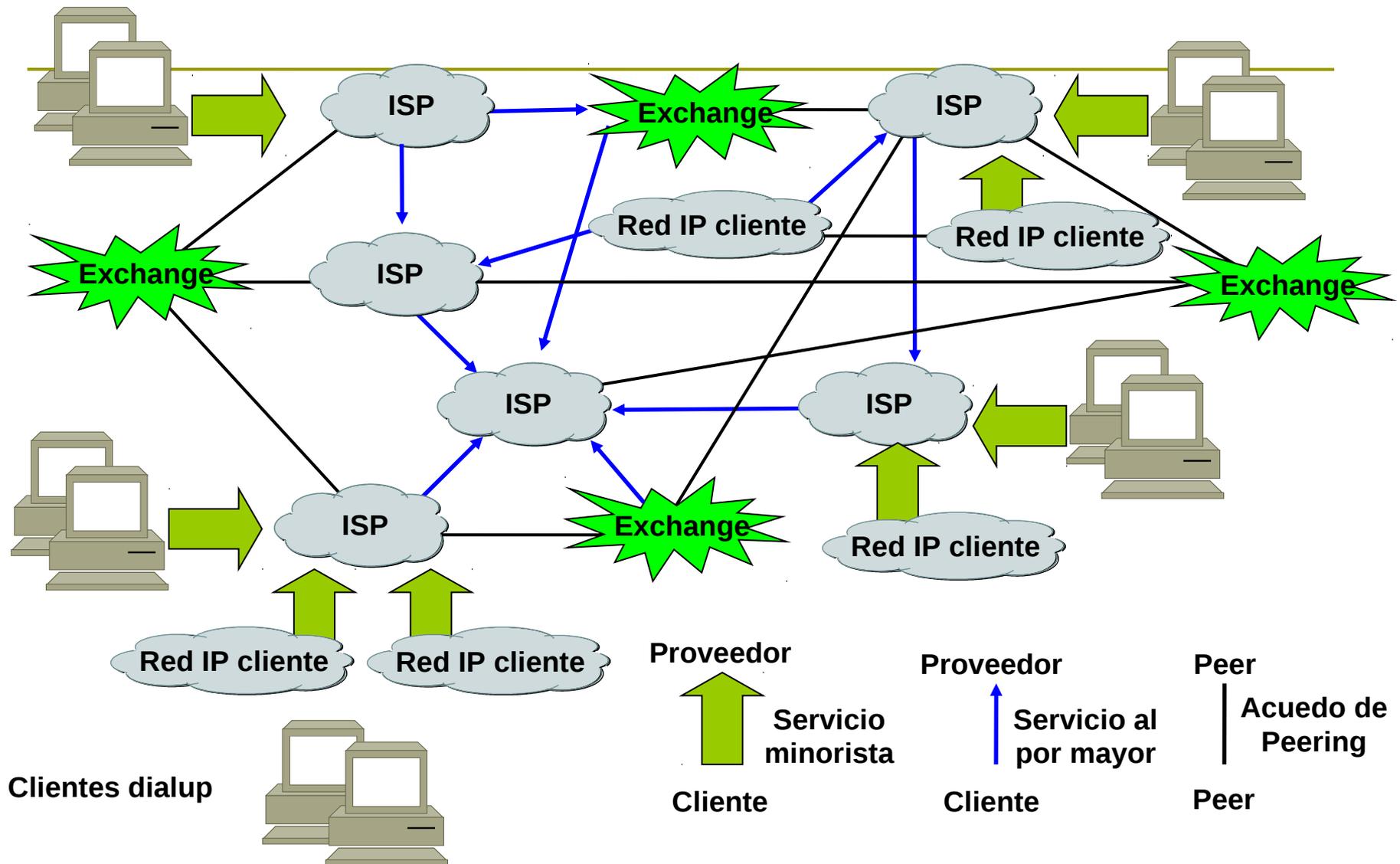
Las direcciones son de X, no pertenecen a Y ni a Z



Modelo jerárquico de Internet



Interconexiones y relaciones en Internet



Puntos neutros de interconexión

- ❑ Los puntos de interconexión (o puntos neutros de interconexión) permiten el fácil intercambio de tráfico entre ISPs.
- ❑ También se llaman IX ó IXP (Internet Exchange Point) ó CIX (Commercial Internet Exchange)
- ❑ El hecho de que dos ISPs estén conectados al mismo CIX no implica necesariamente que todos los ISPs a él conectados intercambien tráfico. Para ello es necesario que además haya acuerdo entre los ISPs

Acuerdos de peering

- Cuando dos ISPs acuerdan conectar sus redes e intercambiar tráfico normalmente no se cobran por el servicio que mutuamente se prestan. A esto se le denomina 'acuerdos de peering' (acuerdos entre pares)
- Sin embargo, a veces sí que hay pago pues el servicio no es simétrico, por ejemplo cuando un ISP utiliza a otro para acceder a terceros. O simplemente cuando un ISP pequeño se conecta a uno grande. Estrictamente hablando esto no sería un acuerdo de 'peering', pero el término se utiliza siempre que se trata de interconectar dos ISPs