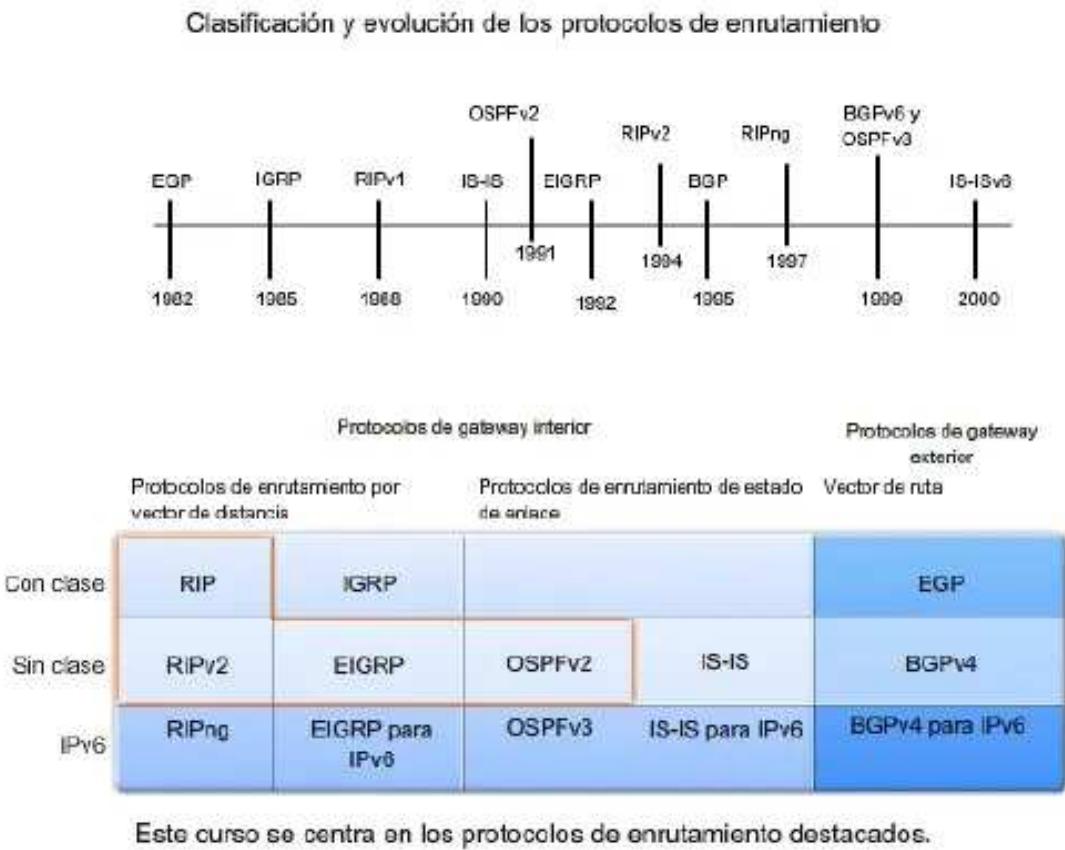


Evolución de los protocolos de enrutamiento dinámico

Los protocolos de enrutamiento dinámico se han usado en redes desde comienzos de la década de los ochenta. La primera versión de RIP se lanzó en 1982, pero algunos de los algoritmos básicos dentro del protocolo ya se usaban en ARPANET en 1969.

Debido a la evolución de las redes y a su complejidad cada vez mayor, han surgido nuevos protocolos de enrutamiento. La figura muestra la clasificación de los protocolos de enrutamiento.

Uno de los primeros protocolos de enrutamiento fue el Routing Information Protocol (RIP). RIP ha evolucionado a una nueva versión, el RIPv2. Sin embargo, la versión más nueva de RIP aún no escala a implementaciones de red más extensas. Para abordar las necesidades de redes más amplias, se desarrollaron dos protocolos de enrutamiento avanzados: Open Shortest Path First (OSPF) e Intermediate System-to-Intermediate System (IS-IS). Cisco desarrolló el Interior Gateway Routing Protocol (IGRP) y el Enhanced IGRP (EIGRP), que también escala bien en implementaciones de redes más grandes.



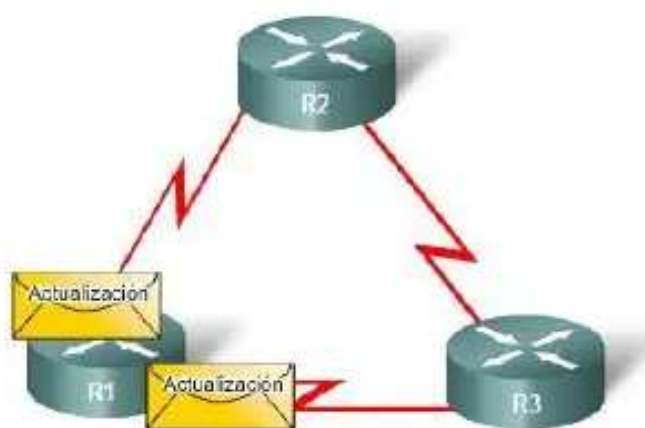
Asimismo, surgió la necesidad de interconectar diferentes internetworks y proveer el enrutamiento entre ellas. El protocolo Border Gateway Routing (BGP) ahora se usa entre ISP y entre ISP y sus clientes privados más grandes para intercambiar información de enrutamiento.

Con la llegada de numerosos dispositivos para consumidores que usan IP, el espacio de direccionamiento IPv4 está prácticamente agotado. Por tal motivo, ha surgido el IPv6. A fin de sostener la comunicación basada en IPv6, se han desarrollado versiones más nuevas de los protocolos de enrutamiento IP (consulte la fila IPv6 en la tabla).

Nota: Este capítulo presenta una descripción general de los diferentes protocolos de enrutamiento dinámico. Los protocolos de enrutamiento RIP, EIGRP y OSPF se analizarán en mayor detalle en los siguientes capítulos. Los protocolos de enrutamiento IS-IS y BGP se explican en el programa de estudio de CCNP. El IGRP es el antecesor de EIGRP y ahora ha caído en desuso.

Función de los protocolos de enrutamiento dinámico

Los routers envían las actualizaciones de manera dinámica



¿Qué son exactamente los protocolos de enrutamiento dinámico? Los protocolos de enrutamiento se usan para facilitar el intercambio de información de enrutamiento entre los routers. Estos protocolos permiten a los routers compartir información en forma dinámica sobre redes remotas y agregar esta información automáticamente en sus propias tablas de enrutamiento. Esto se muestra en la animación.

Los protocolos de enrutamiento determinan la mejor ruta a cada red que luego se agrega a la tabla de enrutamiento. Uno de los principales beneficios de usar un protocolo de enrutamiento dinámico es que los routers intercambian información de enrutamiento cuando se produce un cambio de topología. Este intercambio permite a los routers aprender automáticamente sobre nuevas redes y también encontrar rutas alternativas cuando se produce una falla de enlace en la red actual.

En comparación con el enrutamiento estático, los protocolos de enrutamiento dinámico requieren menos sobrecarga administrativa. Sin embargo, el costo de usar protocolos de enrutamiento dinámico es dedicar parte de los recursos de un router para la operación del protocolo, incluso el tiempo de la CPU y el ancho de banda del enlace de red. Pese a los beneficios del enrutamiento dinámico, el enrutamiento estático aún ocupa su lugar. En algunas ocasiones el enrutamiento estático es más apropiado, mientras que en otras, el enrutamiento dinámico es la mejor opción. Muy a menudo, se encontrará una combinación de los dos tipos de enrutamiento en una red que tiene un nivel de complejidad moderado. Analizaremos las ventajas y desventajas del enrutamiento estático y dinámico más adelante en este capítulo.

Propósito de los protocolos de enrutamiento dinámico

Un protocolo de enrutamiento es un conjunto de procesos, algoritmos y mensajes que se usan para intercambiar información de enrutamiento y completar la tabla de enrutamiento con la selección de las mejores rutas del protocolo de enrutamiento. El propósito de un protocolo de enrutamiento incluye:

- descubrimiento de redes remotas,
- mantenimiento de información de enrutamiento actualizada,
- selección de la mejor ruta hacia las redes de destino y
- capacidad de encontrar una mejor nueva ruta si la ruta actual deja de estar disponible.

¿Cuáles son los componentes de un protocolo de enrutamiento?

- Estructuras de datos: algunos protocolos de enrutamiento usan tablas y/o bases de datos para sus operaciones. Esta información se guarda en la RAM.
- Algoritmo: un algoritmo es una lista limitada de pasos que se usan para llevar a cabo una tarea. Los protocolos de enrutamiento usan algoritmos para facilitar información de enrutamiento y para determinar la mejor ruta.
- Mensajes del protocolo de enrutamiento: los protocolos de enrutamiento usan varios tipos de mensajes para descubrir routers vecinos, intercambiar información de enrutamiento y otras tareas para aprender y conservar información precisa sobre la red.

Operación del protocolo de enrutamiento dinámico

Todos los protocolos de enrutamiento tienen el mismo propósito: conocer sobre redes remotas y adaptarse rápidamente cuando ocurre un cambio en la topología. El método que usa un protocolo de enrutamiento para lograr su propósito depende del algoritmo que use y de las características operativas de ese protocolo. Las operaciones de un protocolo de enrutamiento dinámico varían según el tipo de protocolo de enrutamiento y el protocolo de enrutamiento en sí. En general, las operaciones de un protocolo de enrutamiento dinámico pueden describirse de la siguiente manera:

- El router envía y recibe mensajes de enrutamiento en sus interfaces.
- El router comparte mensajes de enrutamiento e información de enrutamiento con otros routers que están usando el mismo protocolo de enrutamiento.
- Los routers intercambian información de enrutamiento para aprender sobre redes remotas.
- Cuando un router detecta un cambio de topología, el protocolo de enrutamiento puede anunciar este cambio a otros routers.

Ventajas

Antes de identificar los beneficios de los protocolos de enrutamiento dinámico, debemos considerar los motivos por los que usaríamos el enrutamiento estático. El enrutamiento dinámico ciertamente tiene múltiples ventajas en comparación con el enrutamiento estático. Sin embargo, el enrutamiento estático aún se usa en las redes de la actualidad. De hecho, las redes generalmente usan una combinación de enrutamiento estático y dinámico.

- El enrutamiento estático tiene varios usos principales , entre ellos:
- Facilita el mantenimiento de la tabla de enrutamiento en redes más pequeñas en las cuales no está previsto que crezcan significativamente.
- Enrutamiento desde y hacia redes de conexión única (ver Capítulo 2).
- Uso de una única ruta por defecto que se usa para representar una ruta hacia cualquier red que no tiene una coincidencia más específica con otra ruta en la tabla de enrutamiento.

Ventajas y desventajas del enrutamiento estático

En la tabla se comparan directamente las ventajas y desventajas del enrutamiento dinámico y estático. A partir de esta comparación, podemos enumerar las ventajas de cada método de enrutamiento. Las ventajas de un método son las desventajas del otro.

Ventajas del enrutamiento estático:

- El procesamiento de la CPU es mínimo.
- Es más fácil de comprender para el administrador.
- Es fácil de configurar.

Desventajas del enrutamiento estático:

- La configuración y el mantenimiento son prolongados.
- La configuración es propensa a errores, especialmente en redes extensas.
- Se requiere la intervención del administrador para mantener la información cambiante de la ruta.
- No se adapta bien con las redes en crecimiento; el mantenimiento se torna cada vez más complicado.
- Requiere un conocimiento completo de toda la red para una correcta implementación.

Ventajas y desventajas del enrutamiento dinámico

Ventajas del enrutamiento dinámico:

- El administrador tiene menos trabajo en el mantenimiento de la configuración cuando agrega o quita redes.
- Los protocolos reaccionan automáticamente a los cambios de topología.
- La configuración es menos propensa a errores.
- Es más escalable, el crecimiento de la red normalmente no representa un problema.

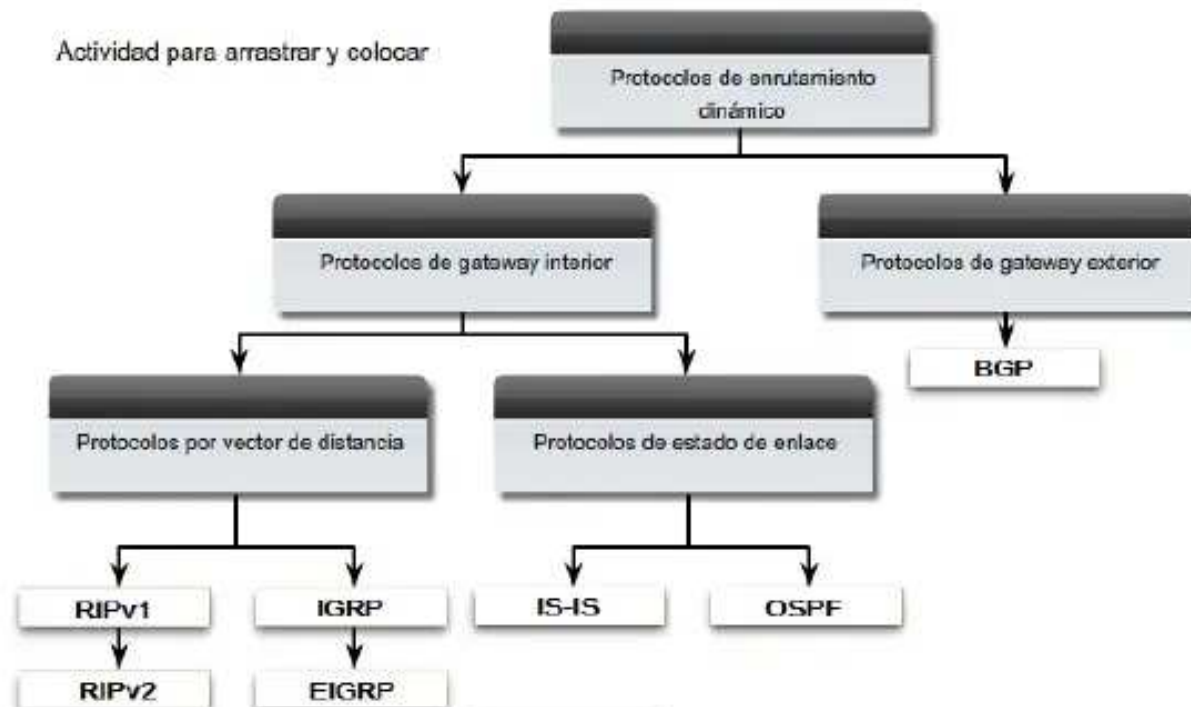
Desventajas del enrutamiento dinámico:

- Se utilizan recursos del router (ciclos de CPU, memoria y ancho de banda del enlace).
- El administrador requiere más conocimientos para la configuración, verificación y resolución de problemas.

Clasificación de los protocolos de enrutamiento dinámico

Los protocolos de enrutamiento pueden clasificarse en diferentes grupos según sus características. Los protocolos de enrutamiento que se usan con más frecuencia son:

- RIP: un protocolo de enrutamiento interior por vector de distancia
- IGRP: el enrutamiento interior por vector de distancia desarrollado por Cisco (en desuso desde 12.2 IOS y versiones posteriores)
- OSPF: un protocolo de enrutamiento interior de estado de enlace
- IS-IS: un protocolo de enrutamiento interior de estado de enlace
- EIGRP: el protocolo avanzado de enrutamiento interior por vector de distancia desarrollado por Cisco
- BGP: un protocolo de enrutamiento exterior de vector de ruta

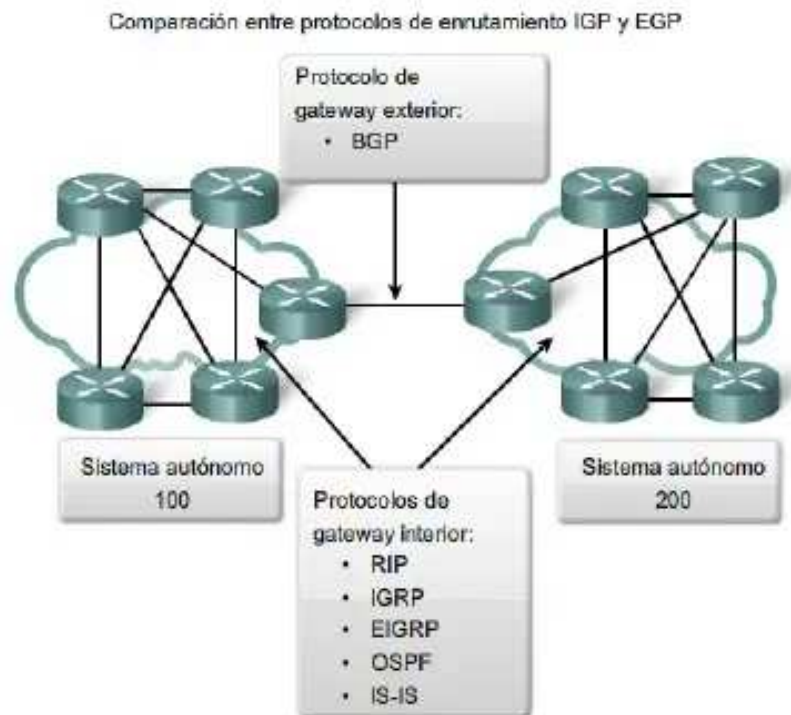


IGP y EGP

Un sistema autónomo (AS), conocido también como dominio de enrutamiento, es un conjunto de routers que se encuentran bajo una administración en común. Algunos ejemplos típicos son la red interna de una empresa y la red de un proveedor de servicios de Internet. Debido a que Internet se basa en el concepto de sistema autónomo, se requieren dos tipos de protocolos de enrutamiento: protocolos de enrutamiento interior y exterior. Estos protocolos son:

- Interior Gateway Protocols (IGP): se usan para el enrutamiento de sistemas intrautónomos (el enrutamiento dentro de un sistema autónomo)
- Exterior Gateway Protocols (EGP): se usan para el enrutamiento de sistemas interautónomos (el enrutamiento entre sistemas autónomos)

La figura es una vista simplificada de la diferencia entre IGP y EGP. El concepto de sistema autónomo se explicará con mayor detalle más adelante en el capítulo.



Características de los protocolos de enrutamiento IGP y EGP

Los IGP se usan para el enrutamiento dentro de un dominio de enrutamiento, aquellas redes bajo el control de una única organización. Un sistema autónomo está comúnmente compuesto por muchas redes individuales que pertenecen a empresas, escuelas y otras instituciones. Un IGP se usa para enrutar dentro de un sistema autónomo, y también se usa para enrutar dentro de las propias redes individuales. Por ejemplo, CENIC opera un sistema autónomo integrado por escuelas, colegios y universidades de California. CENIC usa un IGP para enrutar dentro de su sistema autónomo a fin de interconectar a todas estas instituciones. Cada una de las instituciones educativas también usa un IGP de su propia elección para enrutar dentro de su propia red individual. El IGP utilizado por cada entidad provee la determinación de la mejor ruta dentro de sus propios dominios de enrutamiento, del mismo modo que el IGP utilizado por CENIC provee las mejores rutas dentro del sistema autónomo en sí. Los IGP para IP incluyen RIP, IGRP, EIGRP, OSPF e IS-IS.

Los protocolos de enrutamiento, y más específicamente el algoritmo utilizado por ese protocolo de enrutamiento, utilizan una métrica para determinar la mejor ruta hacia una red. La métrica utilizada por el protocolo de enrutamiento RIP es el conteo de saltos, que es el número de routers

que un paquete debe atravesar para llegar a otra red. OSPF usa el ancho de banda para determinar la ruta más corta.

Por otro lado, los EGP están diseñados para su uso entre diferentes sistemas autónomos que están controlados por distintas administraciones. El BGP es el único EGP actualmente viable y es el protocolo de enrutamiento que usa Internet. El BGP es un protocolo de vector de ruta que puede usar muchos atributos diferentes para medir las rutas. En el ámbito del ISP, con frecuencia hay cuestiones más importantes que la simple elección de la ruta más rápida. En general, el BGP se utiliza entre ISP y a veces entre una compañía y un ISP.

Vector de Distancia y Estado de Enlace

Los protocolos de gateway interiores (IGP) pueden clasificarse en dos tipos:

- Protocolos de enrutamiento por vector de distancia
- Protocolos de enrutamiento de estado de enlace

Operación del protocolo de enrutamiento por vector de distancia

El vector de distancia significa que las rutas son publicadas como vectores de distancia y dirección. La distancia se define en términos de una métrica como el conteo de saltos y la dirección es simplemente el router del siguiente salto o la interfaz de salida. Los protocolos por vector de distancia generalmente usan el algoritmo Bellman-Ford para la determinación de la mejor ruta.

Algunos protocolos por vector de distancia envían en forma periódica tablas de enrutamiento completas a todos los vecinos conectados. En las redes extensas, estas actualizaciones de enrutamiento pueden llegar a ser enormes y provocar un tráfico importante en los enlaces.

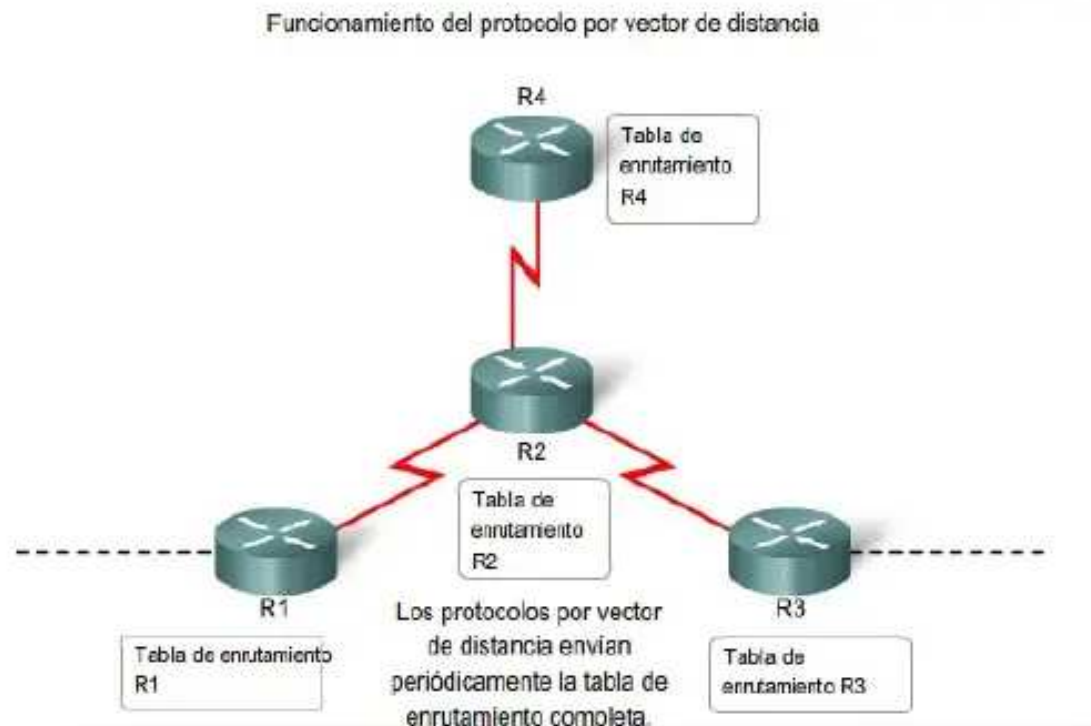
Aunque el algoritmo Bellman-Ford eventualmente acumula suficiente conocimiento como para mantener una base de datos de las redes alcanzables, el algoritmo no permite que un router conozca la topología exacta de una internetwork. El router solamente conoce la información de enrutamiento que recibió de sus vecinos.

Los protocolos por vector de distancia utilizan routers como letreros a lo largo de la ruta hacia el destino final. La única información que conoce el router sobre una red remota es la distancia o métrica para llegar a esa red y qué ruta o interfaz usar para alcanzarla. Los protocolos de enrutamiento por vector de distancia no tienen un mapa en sí de la topología de la red.

Los protocolos por vector de distancia funcionan mejor en situaciones donde:

- la red es simple y plana y no requiere de un diseño jerárquico especial,
- los administradores no tiene suficientes conocimientos como para configurar protocolos de estado de enlace y resolver problemas en ellos,
- se están implementando tipos de redes específicos, como las redes hub-and-spoke y
- Los peores tiempos de convergencia en una red no son motivo de preocupación.

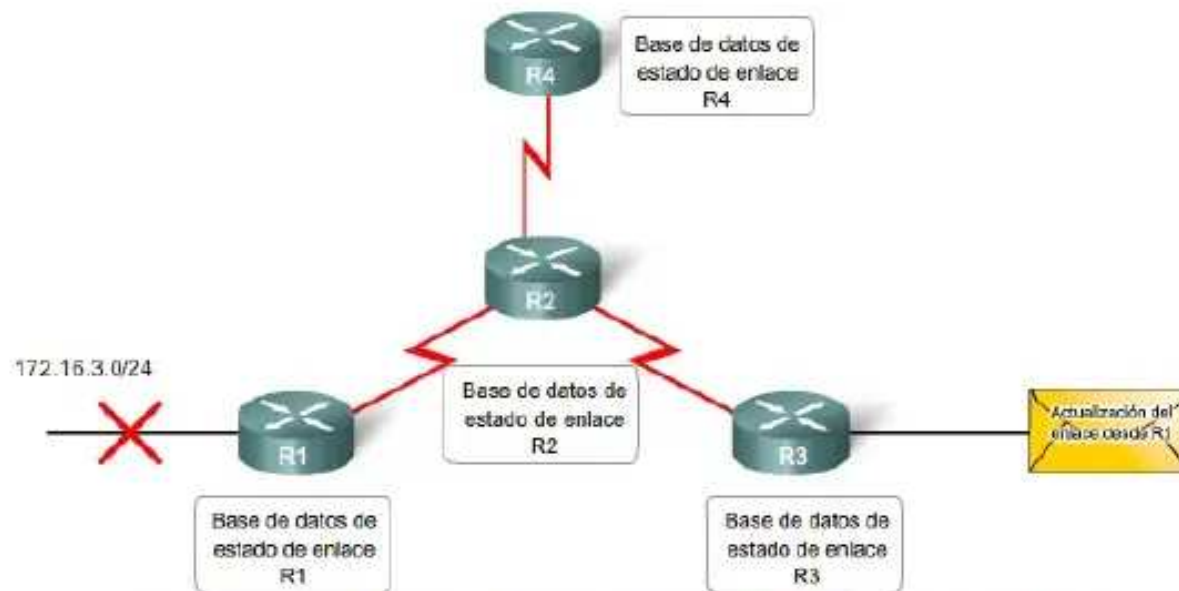
Las funciones y operaciones del protocolo de enrutamiento por vector de distancia se explicarán en el próximo capítulo. También se aprenderá sobre las operaciones y la configuración de los protocolos de enrutamiento por vector de distancia RIP y EIGRP.



Operación del protocolo de estado de enlace

A diferencia de la operación del protocolo de enrutamiento por vector de distancia, un router configurado con un protocolo de enrutamiento de estado de enlace puede crear una "vista completa" o topología de la red al reunir información proveniente de todos los demás routers. Para continuar con nuestra analogía de letreros, el uso de un protocolo de enrutamiento de estado de enlace es como tener un mapa completo de la topología de la red. Los letreros a lo largo de la ruta desde el origen al destino no son necesarios, porque todos los routers de estado de enlace usan un "mapa" idéntico de la red. Un router de estado de enlace usa la información de estado de enlace para crear un mapa de la topología y seleccionar la mejor ruta hacia todas las redes de destino en la topología.

Funcionamiento del protocolo de estado de enlace



Los protocolos de estado de enlace envían actualizaciones cuando cambia el estado de un enlace.

Con algunos protocolos de enrutamiento por vector de distancia, los routers envían actualizaciones periódicas de su información de enrutamiento a sus vecinos. Los protocolos de enrutamiento de estado de enlace no usan actualizaciones periódicas. Luego de que la red ha convergido, la actualización del estado de enlace sólo se envía cuando se produce un cambio en la topología. Por ejemplo, la actualización del estado de enlace en la animación no se envía hasta que la red 172.16.3.0 se desactiva.

Los protocolos de estado de enlace funcionan mejor en situaciones donde:

- El diseño de red es jerárquico, y por lo general ocurre en redes extensas.
- Los administradores conocen a fondo el protocolo de enrutamiento de estado de enlace implementado.
- Es crucial la rápida convergencia de la red.

Las funciones y operaciones del protocolo de enrutamiento de estado de enlace se explicarán en capítulos posteriores. También se aprenderán las operaciones y la configuración del protocolo de enrutamiento de estado de enlace OSPF.

Protocolos de enrutamiento con clase

Los protocolos de enrutamiento con clase no envían información de la máscara de subred en las actualizaciones de enrutamiento. Los primeros protocolos de enrutamiento tales como el RIP, fueron con clase. En aquel momento, las direcciones de red se asignaban en función de las clases; clase A, B o C. No era necesario que un protocolo de enrutamiento incluyera una máscara de subred en la actualización de enrutamiento porque la máscara de red podía determinarse en función del primer octeto de la dirección de red.

Los protocolos de enrutamiento con clase aún pueden usarse en algunas de las redes actuales, pero dado que no incluyen la máscara de subred, no pueden usarse en todas las situaciones. Los protocolos de enrutamiento con clase no pueden usarse cuando una red se divide en subredes utilizando más de una máscara de subred; en otras palabras, los protocolos de enrutamiento con clase no admiten máscaras de subred de longitud variable (VLSM).

Existen otras limitaciones de los protocolos de enrutamiento con clase, entre ellas la imposibilidad de admitir redes no contiguas. Los protocolos de enrutamiento con clase, las redes no contiguas y VLSM se analizarán en capítulos posteriores.

Los protocolos de enrutamiento con clase incluyen RIPv1 e IGRP.

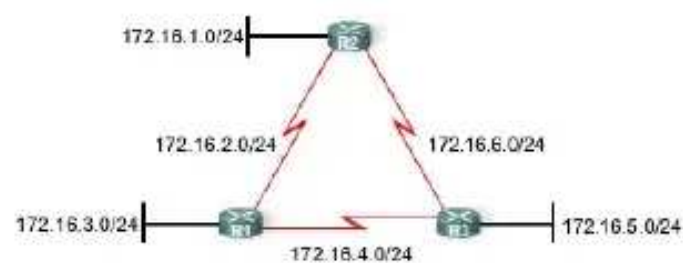
Protocolos de enrutamiento sin clase

Los protocolos de enrutamiento sin clase incluyen la máscara de subred con la dirección de red en las actualizaciones de enrutamiento. Las redes de la actualidad ya no se asignan en función de las clases y la máscara de subred no puede determinarse según el valor del primer octeto. La mayoría de las redes de la actualidad requieren protocolos de enrutamiento sin clase porque admiten VLSM, redes no contiguas y otras funciones que se analizarán en capítulos posteriores.

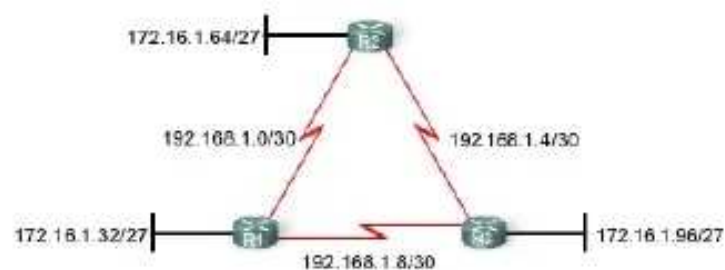
En la figura, observe que la versión sin clase de la red está usando máscaras de subred /30 y /27 en la misma topología. Además, observe que esta topología está usando un diseño no contiguo.

Los protocolos de enrutamiento sin clase son RIPv2, EIGRP, OSPF, IS-IS y BGP.

Comparación entre enrutamiento con clase y sin clase



Con clase: La máscara de subred es la misma en toda la topología



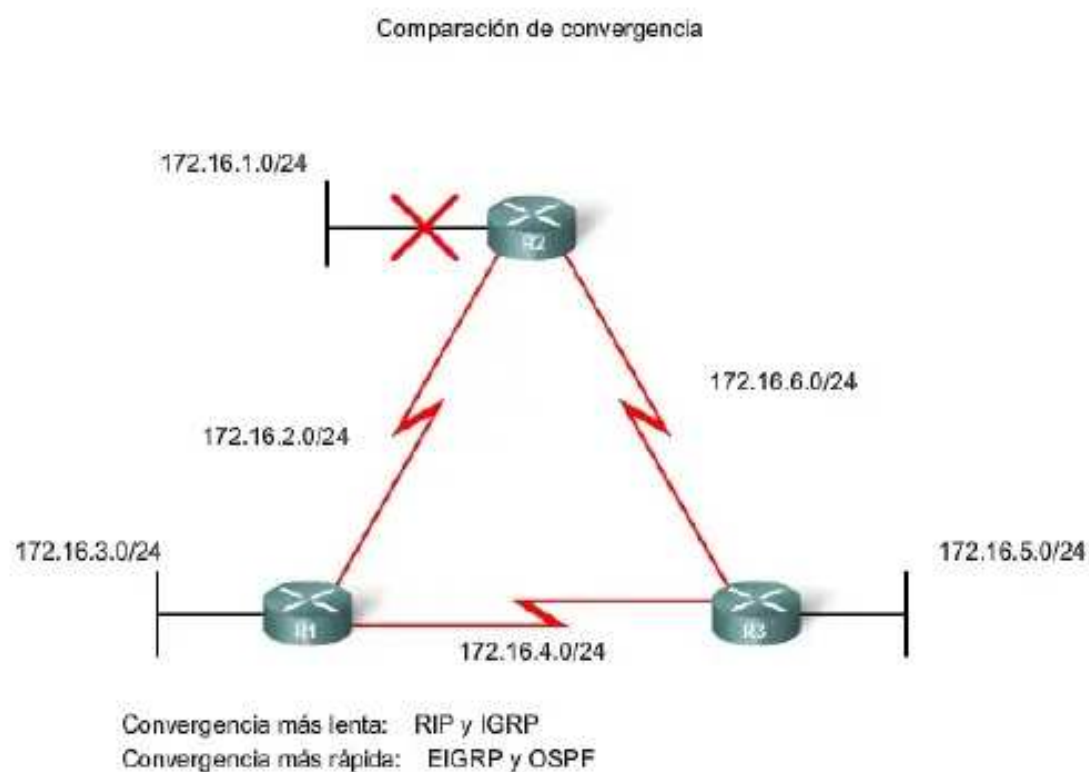
Sin clase: La máscara de subred puede variar en la topología

¿Qué es la convergencia?

La convergencia ocurre cuando todas las tablas de enrutamiento de los routers se encuentran en un estado de uniformidad. La red ha convergido cuando todos los routers tienen información completa y precisa sobre la red. El tiempo de convergencia es el tiempo que los routers tardan en compartir información, calcular las mejores rutas y actualizar sus tablas de enrutamiento. Una red no es completamente operativa hasta que la red haya convergido; por lo tanto, la mayoría de las redes requieren tiempos de convergencia cortos.

La convergencia es cooperativa e independiente. Los routers comparten información entre sí pero deben calcular en forma independiente los impactos del cambio de topología en sus propias rutas. Dado que establecen un acuerdo con la nueva topología en forma independiente, se dice que convergen sobre este consenso.

Las propiedades de convergencia incluyen la velocidad de propagación de la información de enrutamiento y el cálculo de rutas óptimas. Los protocolos de enrutamiento pueden clasificarse en base a la velocidad de convergencia; cuanto más rápida sea la convergencia, mejor será el protocolo de enrutamiento. Por lo general, RIP e IGRP tienen convergencia lenta, mientras que EIGRP y OSPF tienen una convergencia más rápida.

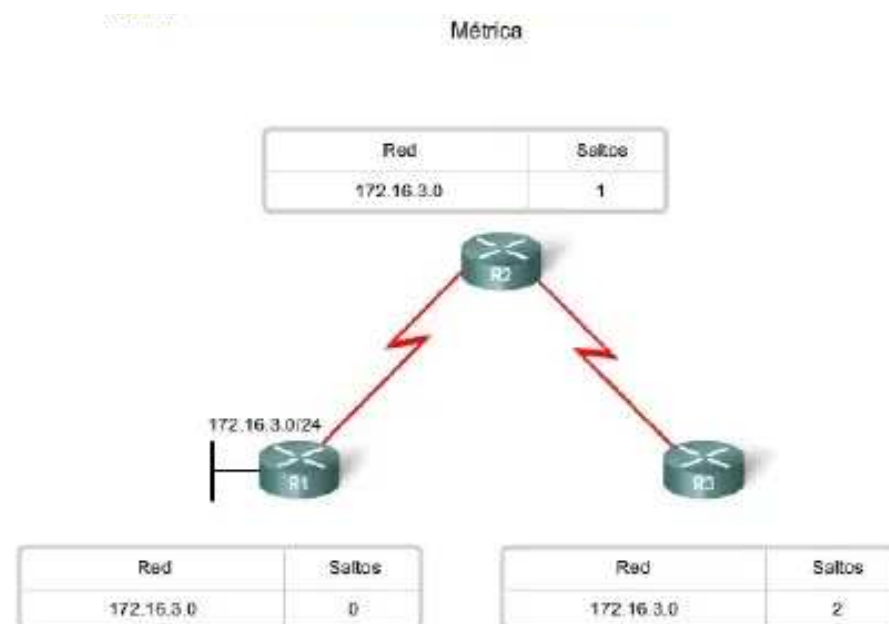


Propósito de una métrica

En algunos casos, un protocolo de enrutamiento aprende sobre más de una ruta hacia el mismo destino. Para seleccionar la mejor ruta, el protocolo de enrutamiento debe poder evaluar y diferenciar entre las rutas disponibles. Para tal fin, se usa una métrica. Una métrica es un valor utilizado por los protocolos de enrutamiento para asignar costos a fin de alcanzar las redes remotas. La métrica se utiliza para determinar qué ruta es más preferible cuando existen múltiples rutas hacia la misma red remota.

Cada protocolo de enrutamiento usa su propia métrica. Por ejemplo, RIP usa el conteo de saltos, EIGRP usa una combinación de ancho de banda y retardo, y la implementación de OSPF de Cisco usa el ancho de banda. El conteo de saltos es la métrica más sencilla para hacer previsiones. El conteo de saltos se refiere a la cantidad de routers que debe atravesar un paquete para llegar a la red de destino. Para R3 en la figura, la red 172.16.3.0 se encuentra a dos saltos o dos routers de distancia.

Nota: Las métricas para un protocolo de enrutamiento particular y su forma de calcularlas se analizarán en el capítulo dedicado a ese protocolo de enrutamiento específico.



Parámetros de las métricas

Diferentes protocolos de enrutamiento usan diferentes métricas. La métrica utilizada por un protocolo de enrutamiento no es comparable con la métrica utilizada por otro protocolo de enrutamiento. Dos protocolos de enrutamiento diferentes pueden elegir diferentes rutas hacia el mismo destino debido al uso de diferentes métricas.



El RIP elegirá la ruta con la menor cantidad de saltos, mientras que OSPF elegirá la ruta con el ancho de banda más alto.

Las métricas utilizadas en los protocolos de enrutamiento IP incluyen:

- Conteo de saltos: una métrica simple que cuenta la cantidad de routers que un paquete tiene que atravesar
- Ancho de banda: influye en la selección de rutas al preferir la ruta con el ancho de banda más alto
- Carga: considera la utilización de tráfico de un enlace determinado
- Retardo: considera el tiempo que tarda un paquete en atravesar una ruta
- Confiabilidad: evalúa la probabilidad de una falla de enlace calculada a partir del conteo de errores de la interfaz o las fallas de enlace previas
- Costo: un valor determinado ya sea por el IOS o por el administrador de red para indicar la preferencia hacia una ruta. El costo puede representar una métrica, una combinación de las mismas o una política.

El campo Métrica en la tabla de enrutamiento

La métrica para cada protocolo de enrutamiento es:

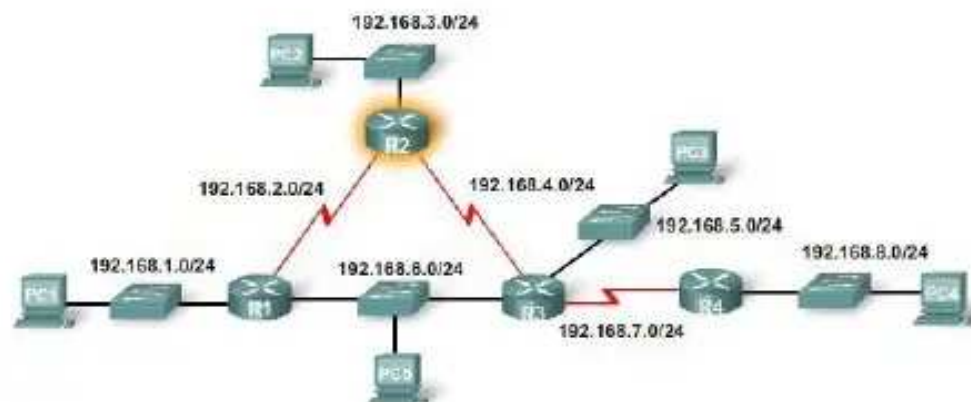
- RIP: conteo de saltos: la mejor ruta se elige según la ruta con el menor conteo de saltos.
- IGRP e EIGRP: ancho de banda, retardo, confiabilidad y carga; la mejor ruta se elige según la ruta con el valor de métrica compuesto más bajo calculado a partir de estos múltiples parámetros. Por defecto, sólo se usan el ancho de banda y el retardo.
- IS-IS y OSPF: costo; la mejor ruta se elige según la ruta con el costo más bajo. .

Los protocolos de enrutamiento determinan la mejor ruta en base a la ruta con la métrica más baja.

Consulte el ejemplo en la figura. Los routers están usando el protocolo de enrutamiento RIP. La métrica asociada con una ruta determinada puede visualizarse mejor utilizando el comando `show ip route`. El valor de métrica es el segundo valor en los corchetes para una entrada de la tabla de enrutamiento. En la figura, R2 tiene una ruta hacia la red 192.168.8.0/24 que se encuentra a 2 saltos de distancia.

R 192.168.8.0/24 [120/2] mediante 192.168.4.1, 00:00:26, Serial0/0/1

del router Métrica en la tabla de enrutamiento



del router Métrica en la tabla de enrutamiento

```
R2#show ip route
<output omitted>

Gateway of last resort is not set

R 192.168.1.0/24 [120/1] via 192.168.2.1, 00:00:24, Serial0/0
C 192.168.2.0/24 is directly connected, Serial0/0
C 192.168.3.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
C 192.168.4.0/24 is directly connected, Serial0/1
R 192.168.5.0/24 [120/1] via 192.168.4.1, 00:00:26, Serial0/1
R 192.168.6.0/24 [120/1] via 192.168.2.1, 00:00:24, Serial0/0
   [120/1] via 192.168.4.1, 00:00:26, Serial0/1
R 192.168.7.0/24 [120/1] via 192.168.4.1, 00:00:26, Serial0/1
R 192.168.8.0/24 [120/2] via 192.168.4.1, 00:00:26, Serial0/1
```

Son 2 saltos desde R2 a 192.168.8.0/24

Balanceo de Carga

Hemos visto que los protocolos de enrutamiento individuales utilizan métricas para determinar la mejor ruta para llegar a redes remotas. Pero, ¿qué sucede cuando dos o más rutas hacia el mismo destino tienen valores de métrica idénticos? ¿Cómo decidirá el router qué ruta usar para el envío de paquetes? En este caso, el router no elige sólo una ruta. En cambio, el router realiza un "balanceo de carga" entre estas dos rutas del mismo costo. Los paquetes se envían utilizando todas las rutas del mismo costo.

Para comprobar si el balanceo de carga está en uso, verifique la tabla de enrutamiento. El balanceo de carga está en uso si dos o más rutas se asocian con el mismo destino.

Nota: El balanceo de carga puede realizarse ya sea por paquete o por destino. El modo en que un router realiza realmente el balanceo de carga de los paquetes entre rutas del mismo costo depende del proceso de conmutación. El proceso de conmutación se analizará con más profundidad en otro capítulo.

```
R2#show ip route
<output omitted>

R    192.168.6.0/24 [120/1] via 192.168.2.1, 00:00:24, Serial0/0/0
                        [120/1] via 192.168.4.1, 00:00:26, Serial0/0/1
```

R2 realiza el balanceo de carga del tráfico hacia la PC5 a través de dos rutas del mismo

El comando show ip route revela que la red de destino 192.168.6.0 está disponible a través de 192.168.2.1 (Serial 0/0/0) y 192.168.4.1 (Serial 0/0/1).

R 192.168.6.0/24 [120/1] a través de 192.168.2.1, 00:00:24, Serial0/0/0

[120/1] a través de 192.168.4.1, 00:00:26, Serial0/0/1

Por defecto, todos los protocolos de enrutamiento analizados en este curso son capaces de realizar un balanceo de carga del tráfico en forma automática para un máximo de cuatro rutas del mismo costo por defecto. El EIGRP también admite el balanceo de carga a través de rutas de distinto costo.

Múltiples orígenes de enrutamiento

Sabemos que los routers aprenden sobre redes adyacentes que están conectadas directamente y sobre redes remotas mediante el uso de rutas estáticas y protocolos de enrutamiento dinámico. En realidad, un router puede aprender sobre una ruta hacia la misma red a través de más de un origen. Por ejemplo, una ruta estática puede haber sido configurada para la misma red/máscara de subred que se aprendió en forma dinámica mediante un protocolo de enrutamiento dinámico, como RIP. El router debe elegir qué ruta instalar.

Nota: Posiblemente se esté preguntando sobre las rutas del mismo costo. Sólo pueden instalarse múltiples rutas hacia la misma red cuando provienen del mismo origen de enrutamiento. Por ejemplo, para que se instalen rutas del mismo costo, ambas rutas deben ser estáticas o deben ser rutas RIP.

Aunque es menos común, puede implementarse más de un protocolo de enrutamiento dinámico en la misma red. En algunas situaciones, posiblemente sea necesario enrutar la misma dirección de red utilizando múltiples protocolos de enrutamiento como RIP y OSPF. Debido a que diferentes protocolos de enrutamiento usan diferentes métricas, RIP usa el conteo de saltos y OSPF usa el ancho de banda, no es posible comparar las métricas para determinar la mejor ruta.

Entonces, ¿cómo determina un router qué ruta instalar en la tabla de enrutamiento cuando se ha aprendido sobre una misma red desde más de un origen de enrutamiento?

El propósito de la distancia administrativa

La distancia administrativa (AD) define la preferencia de un origen de enrutamiento. A cada origen de enrutamiento, entre ellas protocolos de enrutamiento específicos, rutas estáticas e incluso redes conectadas directamente, se le asigna un orden de preferencia de la más preferible a la menos preferible utilizando el valor de distancia administrativa. Los routers Cisco usan la función de AD para seleccionar la mejor ruta cuando aprende sobre la misma red de destino desde dos o más orígenes de enrutamiento diferentes.

La distancia administrativa es un valor entero entre 0 y 255. Cuanto menor es el valor, mayor es la preferencia del origen de ruta. Una distancia administrativa de 0 es la más preferida. Solamente una red conectada directamente tiene una distancia administrativa igual a 0 que no puede cambiarse.

Es posible modificar la distancia administrativa para las rutas estáticas y los protocolos de enrutamiento dinámico.

Una distancia administrativa de 255 indica que el router no creará en el origen de esa ruta y no se instalará en la tabla de enrutamiento.

Nota: Comúnmente se usa el término confiabilidad cuando se define la distancia administrativa. Cuanto menor es el valor de la distancia administrativa, mayor será la confiabilidad de la ruta.



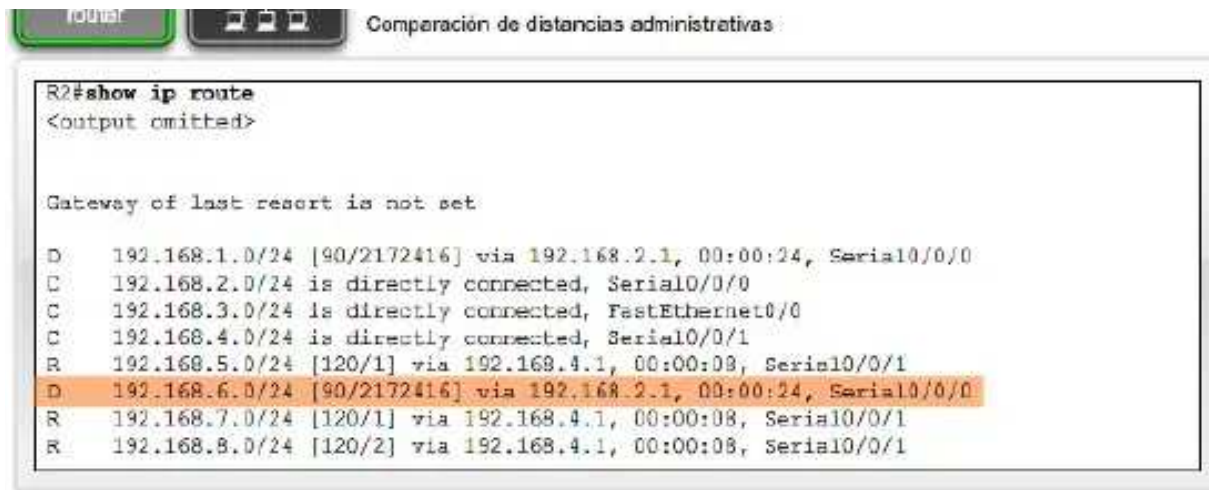
Haga clic en show ip route

El valor de AD es el primer valor en los corchetes para una entrada de la tabla de enrutamiento. Observe que R2 tiene una ruta hacia la red 192.168.6.0/24 con un valor de AD de 90.

D 192.168.6.0/24 [90/2172416] a través de 192.168.2.1, 00:00:24, Serial0/0/0

R2 está ejecutando los protocolos de enrutamiento RIP y EIGRP. (Recuerde: No es común que los routers ejecuten múltiples protocolos de enrutamiento dinámico, pero se usan aquí para

demostrar cómo funciona la distancia administrativa). R2 ha aprendido sobre la ruta 192.168.6.0/24 por R1 a través de actualizaciones de EIGRP y desde R3 a través de actualizaciones de RIP. RIP tiene una distancia administrativa de 120, pero EIGRP tiene una distancia administrativa más baja, igual a 90. Por lo tanto, R2 agrega la ruta que aprendió utilizando el EIGRP en la tabla de enrutamiento y envía todos los paquetes para la red 192.168.6.0/24 al router R1.



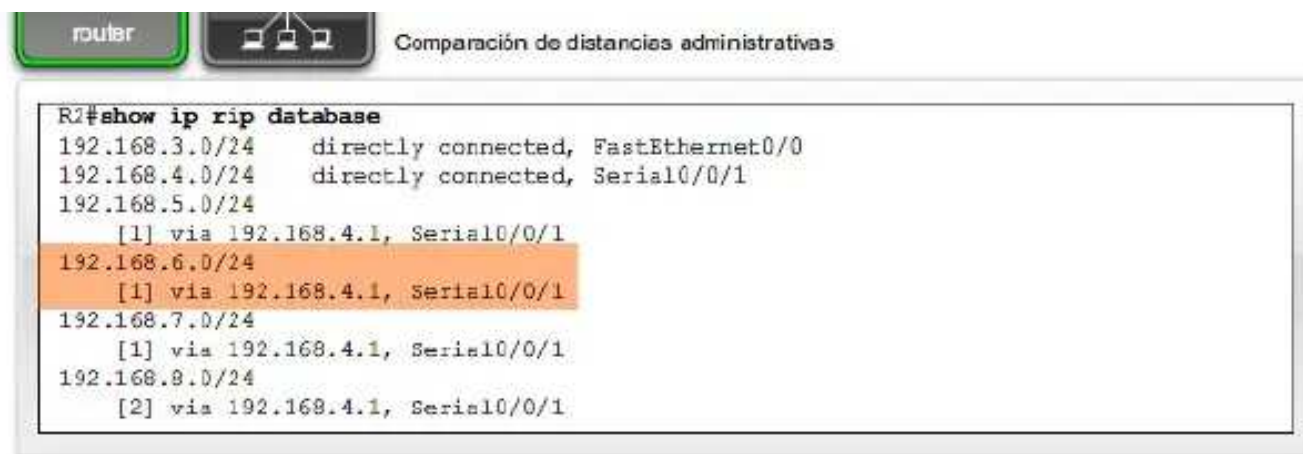
```
R2#show ip route
<output omitted>

Gateway of last resort is not set

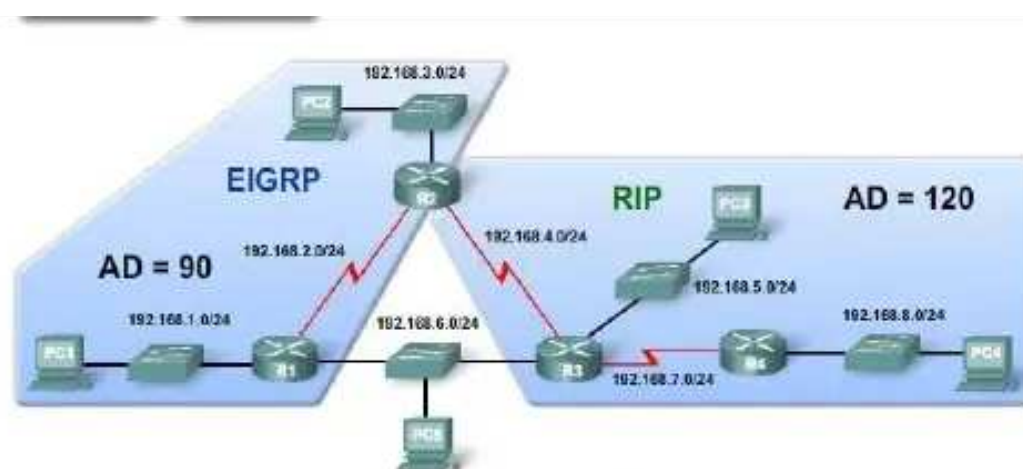
D    192.168.1.0/24 [90/2172416] via 192.168.2.1, 00:00:24, Serial0/0/0
C    192.168.2.0/24 is directly connected, Serial0/0/0
C    192.168.3.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
C    192.168.4.0/24 is directly connected, Serial0/0/1
R    192.168.5.0/24 [120/1] via 192.168.4.1, 00:00:08, Serial0/0/1
D    192.168.6.0/24 [90/2172416] via 192.168.2.1, 00:00:24, Serial0/0/0
R    192.168.7.0/24 [120/1] via 192.168.4.1, 00:00:08, Serial0/0/1
R    192.168.8.0/24 [120/2] via 192.168.4.1, 00:00:08, Serial0/0/1
```

Haga clic en show ip rip database

¿Qué sucede si el enlace hacia R1 deja de estar disponible? Entonces, R2 no tendrá una ruta hacia 192.168.6.0. En realidad, R2 aún tiene almacenada en la base de datos del RIP la información de ruta del RIP para 192.168.6.0. Esto puede verificarse con el comando show ip rip database. Este comando muestra todas las rutas RIP aprendidas por R2, independientemente de si la ruta RIP se instala en la tabla de enrutamiento.



```
R2#show ip rip database
192.168.3.0/24    directly connected, FastEthernet0/0
192.168.4.0/24    directly connected, Serial0/0/1
192.168.5.0/24
[1] via 192.168.4.1, Serial0/0/1
192.168.6.0/24
[1] via 192.168.4.1, Serial0/0/1
192.168.7.0/24
[1] via 192.168.4.1, Serial0/0/1
192.168.8.0/24
[2] via 192.168.4.1, Serial0/0/1
```



R1 y R2 no "habían" el mismo protocolo de enrutamiento.

Haga clic en show ip route

Usted ya sabe que puede verificar estos valores de AD con el comando show ip route.

```
R2#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
       * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
       P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

R    192.168.1.0/24 [90/2172416] via 192.168.2.1, 00:00:24, Serial0/0/0
C    192.168.2.0/24 is directly connected, Serial0/0/0
C    192.168.3.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
C    192.168.4.0/24 is directly connected, Serial0/0/1
R    192.168.5.0/24 [120/1] via 192.168.4.1, 00:00:08, Serial0/0/1
D    192.168.6.0/24 [90/2172416] via 192.168.2.1, 00:00:24, Serial0/0/0
R    192.168.7.0/24 [120/1] via 192.168.4.1, 00:00:08, Serial0/0/1
R    192.168.8.0/24 [120/2] via 192.168.4.1, 00:00:08, Serial0/0/1
```

Haga clic en show ip protocols

El valor de AD también puede verificarse con el comando show ip protocols. Este comando muestra toda la información pertinente sobre los protocolos de enrutamiento que funcionan en el router. Analizaremos el comando show ip protocols en detalle en reiteradas oportunidades durante el resto de este curso. Sin embargo, por ahora observe el resultado resaltado: R2 tiene dos protocolos de enrutamiento indicados y el valor de AD se denomina Distancia.

```
R2#show ip protocols
Routing Protocol is "EIGRP 100"
  Outgoing update filter list for all interfaces is not set
  Incoming update filter list for all interfaces is not set
  Default networks flagged in outgoing updates
  Default networks accepted from incoming updates
  EIGRP metric weight K1=1, K2=0, K3=1, K4=0, K5=0
  EIGRP maximum hopcount 100
  EIGRP maximum metric variance 1
  Redistributing: eigrp 100
  Automatic network summarization is in effect
  Automatic address summarization:
  Maximum path: 4
  Routing for Networks:
    192.168.2.0
    192.168.3.0
    192.168.4.0
```

Haga clic en la Tabla de AD

Observe los diferentes valores de distancia administrativa para los diversos protocolos de enrutamiento.

Origen de la ruta	Distancia administrativa
Conectado	0
Estática	1
Ruta sumariada EIGRP	5
BGP externo	20
EIGRP interno	90
IGRP	100
OSPF	110
IS-IS	115
RIP	120
EIGRP externo	170
BGP interno	200

Rutas Estáticas

Las rutas estáticas son ingresadas por un administrador que desea configurar en forma manual la mejor ruta hacia el destino. Por ese motivo, las rutas estáticas tienen un valor de AD por defecto igual a 1. Esto significa que después de las redes conectadas directamente, que tienen un valor de AD por defecto igual a 0, las rutas estáticas son el origen de ruta de mayor preferencia.

Existen situaciones en las que un administrador configurará una ruta estática al mismo destino que se aprendió utilizando un protocolo de enrutamiento dinámico pero utilizando una ruta diferente. La ruta estática se configurará con una AD mayor que la del protocolo de enrutamiento. Si ocurre una falla de enlace en la ruta utilizada por el protocolo de enrutamiento dinámico, la ruta ingresada por el protocolo de enrutamiento se elimina de la tabla de enrutamiento. La ruta

estática se convertirá entonces en el único origen y se agregará automáticamente a la tabla de enrutamiento. Esto se conoce como ruta estática flotante

Una ruta estática que usa una dirección IP del siguiente salto o una interfaz de salida, tiene un valor de AD por defecto igual a 1. Sin embargo, el valor de AD no figura en show ip route cuando se configura una ruta estática con la interfaz de salida especificada. Cuando se configura una ruta estática con una interfaz de salida, el resultado muestra a la red como conectada directamente a través de esa interfaz.

Haga clic en show ip route

```
R2#show ip route
<output omitted>

Gateway of last resort is not set

  172.16.0.0/24 is subnetted, 3 subnets
C    172.16.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C    172.16.2.0 is directly connected, Serial0/0/0
S    172.16.3.0 is directly connected, Serial0/0/0
C    192.168.1.0/24 is directly connected, Serial0/0/1
S    192.168.2.0/24 [1/0] via 192.168.1.1
```

La ruta estática a 172.16.3.0 aparece como conectada directamente. Sin embargo, no hay información sobre cuál es el valor de AD. Comúnmente se interpreta erróneamente que el valor de AD de esta ruta debe ser igual a 0 porque la indicación es "conectada directamente". Sin embargo, esta suposición es falsa. El valor de AD por defecto de cualquier ruta estática es 1, incluso de aquellas configuradas con una interfaz de salida. Recuerde que solamente una red conectada directamente puede tener una AD igual a 0. Esto puede verificarse extendiendo el comando show ip route con la opción [route]. Al especificar [route] se revela información detallada sobre la ruta, incluso su distancia o valor de AD.

Haga clic en show ip route 172.16.3.0

```
R2#show ip route 172.16.3.0
Routing entry for 172.16.3.0/24
Known via "static", distance 1, metric 0 (connected)
Routing Descriptor Blocks:
* directly connected, via Serial0/0/0
  Route metric is 0, traffic share count is 1
```

El comando show ip route 172.16.3.0 revela que, en realidad, la distancia administrativa es igual a 1.

Redes conectadas directamente

Las redes conectadas directamente se muestran en la tabla de enrutamiento en cuanto se configura la dirección IP en la interfaz y ésta se encuentra habilitada y operativa. El valor de AD de las redes conectadas directamente es igual a 0, lo cual significa que éste es el origen de enrutamiento de mayor preferencia. No existe una ruta mejor para un router que tener una de sus interfaces conectadas directamente a esa red. Por tal motivo, la distancia administrativa de una red conectada directamente no puede cambiarse y ningún otro origen de ruta puede tener una distancia administrativa igual a 0.

Haga clic en show ip route

```
R2#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
       * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
       P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

172.16.0.0/24 is subnetted, 3 subnets
C    172.16.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C    172.16.2.0 is directly connected, Serial0/0/0
S    172.16.3.0 is directly connected, Serial0/0/0
C    192.168.1.0/24 is directly connected, Serial0/0/1
S    192.168.2.0/24 [1/0] via 192.168.1.1
```

El resultado del comando show ip route muestra las redes conectadas directamente sin información sobre el valor de AD. El resultado es similar al de las rutas estáticas que señalan a una interfaz de salida. La única diferencia es la letra C al comienzo de la entrada, lo cual indica que ésta es una red conectada directamente.

Para visualizar el valor de AD de una red conectada directamente, use la opción [route].

Haga clic en show ip route 172.16.1.0

```
R2#show ip route 172.16.1.0
Routing entry for 172.16.1.0/24
Known via "connected", distance 0, metric 0 (connected, via interface)
Routing Descriptor Blocks:
* directly connected, via FastEthernet0/0
  Route metric is 0, traffic share count is 1
```

El comando show ip route 172.16.1.0 revela que la distancia es igual a 0 para esa ruta conectada directamente.

Identificación de elementos de la Tabla de Enrutamiento

El propósito de este ejercicio es practicar cómo identificar correctamente el origen de ruta, la distancia administrativa y la métrica para una ruta determinada en función del resultado del comando show ip route.

El resultado no es común en la mayoría de las tablas de enrutamiento. La ejecución de más de un protocolo de enrutamiento en el mismo router es poco frecuente. La ejecución de tres protocolos, como se muestra aquí, es más que nada un ejercicio académico cuyo valor es ayudar a aprender a interpretar el resultado de la tabla de enrutamiento.

Actividad para arrastrar y colocar

```

C    172.16.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C    172.16.2.0 is directly connected, Serial0/0
D    172.16.3.0 [90/2172416] via 172.16.2.1, 00:00:18, Serial0/0
C    192.168.1.0/24 is directly connected, Serial0/1
O    192.168.100.0/24 [110/65] via 172.16.2.1, 00:00:03, Serial0/0
  
```

Router	Origen del router	AD	Métrica
10.4.0.0/16	Estática	1	0
172.16.2.0/24	Conectado	0	0
172.16.1.0/24	Conectado	0	0
172.16.3.0/24	EIGRP	90	2172416
192.168.1.0/24	Conectado	0	0
192.168.100.0/24	OSPF	110	65
192.168.110.0/24	OSPF	110	65
192.168.120.0/24	RIP	120	1

EIGRP	1
RIP	65
OSPF	0
ODR	110
BGP	90
Estática	120
Conectado	2172416