Capítulo 4

RIP COMO PROTOCOLO DE ENCAMINAMIENTO IP, RUTAS ESTÁTICAS

RIP es un protocolo de enrutamiento que permite interconectar varias redes y conformar una red unificada de cara al usuario. Aunque RIP es fácil de configurar y puede resultar útil en muchas situaciones, hay que tener en cuenta sus principales limitaciones. En primer lugar, la versión 1 (estandarizada en el RFC 1058) no soporta máscara de subred de longitud variable. En segundo lugar, tanto la versión 1 como la versión 2 (documentada en el RFC 1723) están limitadas a tener un número máximo de 15 saltos.

Una de las características de RIP es que distribuye toda la tabla de enrutamiento cada vez que se completa un ciclo de actualización de 30 segundos. Un encaminador considera una ruta como inválida cuando no es recibida tras 6 ciclos (180 segundos) y la elimina cuando no es recibida luego de 8 ciclos (240 segundos). En el presente capítulo se pretende realizar la interconexión básica de redes por medio del protocolo RIP, experimentar con algunas opciones adicionales de dicho protocolo e interpretar los resultados obtenidos.

Objetivo

Al finalizar la presente unidad, el estudiante estará en capacidad de:

- Configurar direcciones IP en las interfaces del encaminador (enrutador).
- Mapear un nombre de host estático a una dirección IP del encaminador.
- Especificar uno o más servidores de dominio de nombres en el encaminador.

- Describir cómo los encaminadores aprenden información de la red.
- Listar algunos protocolos de enrutamiento soportados por IP.
- Explicar el término Métrica de enrutamiento.
- Configurar el protocolo de enrutamiento RIP.
- Verificar el funcionamiento del protocolo RIP.

Prerrequisitos: Manejo del esquema de direccionamiento IP tipo classful y de la extensión para establecer subredes.

Procedimiento

Configuración de direcciones IP en un encaminador

El comando *ip address* se usa para configurar una dirección lógica de red –dirección IP– en la interfaz en referencia.

A continuación se muestra de qué manera se asigna una dirección IP y una máscara de subred, y cómo se inicia el procesamiento de IP sobre esta interfaz.

```
R1(config)# in s0
R1(config-if)# ip address ip-address subnet-mask
```

Descripción de los campos del comando IP:

- ip-address: número de 32 bits en notación punto decimal.
- subnet-mask: número de 32 bits en notación punto decimal que indica la parte de la dirección IP que corresponde a la red física –mediante los bits cuyo valor lógico sea "uno"– y la parte de la dirección IP que corresponde a los hosts –mediante los bits cuyo valor sea "cero".

Mapeo de direcciones IP a hostname

El comando *ip host* crea una entrada estática de nombre-dirección en el archivo de configuración del encaminador.

```
R1(config)# ip host name [tcp-port-number] address [address]
```

Por ejemplo, para mapear un nombre de host estático a una (o varias) dirección(es) IP:

```
R1(config)# ip host mafalda 10.0.0.5 10.0.0.6
```

Las interfaces y los hosts son seleccionados por su nombre.

El comando *show hosts* puede usarse para ver la lista de los hostnames y las direcciones asociadas.

Asignación del servidor de nombres

El comando *ip name-server* define cuáles hosts proporcionan el servicio de nombres DNS (Domain Name Services). Se pueden especificar un máximo de seis direcciones de servidores de nombres en un solo comando. El comando *no ip domain-lookup* desactiva el servicio de nombres, lo cual significa que el encaminador no difundirá paquetes solicitando dicho servicio.

Especifica uno o más servidores que suministran información de nombres:

R1(config)# *ip name-server* server-address1 [server-address2]
...[server-address6]

Deshabilita el servicio de nombres:

R1(config)# *no ip domain lookup*

Ejemplo:

R1(config)# *ip domain-lookup*
R1(config)# *ip name-server* 10.0.0.20

Protocolos de enrutamiento IP

Contenido de la tabla de enrutamiento IP

Inicialmente un encaminador solamente sabe cómo llegar a las redes que están directamente conectadas a él. Por ejemplo, el encaminador R1, conectado directamente por medio de las interfaces Ethernet 0 (Eth0) a Net1, Ethernet 1 (Eth1) a Net2 y Serial 0 (S0) –como se representa en la Figura 4.1–, tendrá inicialmente información en su tabla de enrutamiento como la incluida en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1 Tabla de enrutamiento del encaminador R1: al inicio R1 conoce solamente las redes directamente conectadas

Network	Next Hop	Interfaz
10.3.1.0/24	Directa	EO
10.3.2.0/24	Directa	E1
8.3.1.4/30	Directa	SO

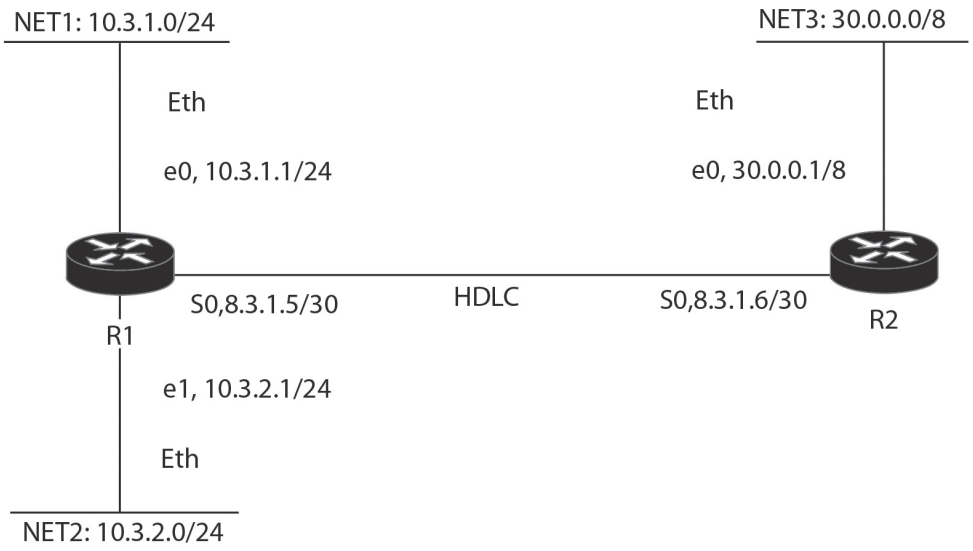

Figura 4.1 Conexión directa de R1 a las redes Net1, Net2 y HDLC

Rutas estáticas

Las rutas estáticas son configuradas manualmente por el administrador de la red; se utilizan para conectar redes de tipo "stub" en las que solamente hay un camino hacia el destino. Conservan ancho de banda y, aunque se usan más frecuentemente con enlaces seriales, también se pueden definir para cualquier tipo de medio.

La sintaxis del comando que configura una ruta estática es:

R1(config)# *ip route* network [mask] {address | interface}[distance]

Por ejemplo, el siguiente comando crea una entrada en la tabla de enrutamiento de R1, esta entrada le permite saber que para llegar hasta la red 30.0.0.0 se deben enviar los datagramas a la dirección IP "8.3.1.6" del próximo salto (next hop).

R1(config)# *ip route* 30.0.0.0 255.0.0.0 8.3.1.6

Ruta por defecto

La ruta por defecto la define manualmente el administrador de la red, ésta indicará el camino a seguir al encaminador cuando no conozca la ruta hacia un destino específico; se utiliza, por ejemplo, para interconectar una compañía con Internet.

Si la compañía X –conformada por varias redes físicas– cuya dirección de red es la 192.168.0.0 se conecta a la Internet por medio de la red 193.50.1.0, y al encaminador que une la compañía X con Internet se le asigna como red por defecto la dirección 193.50.1.0, dicho encaminador informará a los otros encaminadores de la compañía X sobre esta dirección (la 193.50.1.0) para que la usen como red por defecto.

Cuando los encaminadores de la red 192.168.0.0 tengan que enviar un datagrama cuya ruta de destino no se encuentre en la tabla de enrutamiento, estos enviarán dicho paquete al próximo salto (next hop) que conduzca hacia la red por defecto.

La sintaxis del comando es.

R1(config)# *ip default-network* network-number

Por ejemplo, para configurar la red 193.50.1.0 para que sea la red por defecto, se ejecuta el comando

R1(config)# *ip default-network* 193.50.1.0

Rutas dinámicas

Los encaminadores aprenden los caminos que llevan hacia los diferentes destinos por medio de las actualizaciones que reciben periódicamente de sus vecinos, para ello usan un protocolo en común (protocolo de enrutamiento) que les permite intercambiar información de enrutamiento, dicho intercambio se realiza mediante el envío de información de actualización de enrutamiento –Routing updates– a intervalos fijos de tiempo o cuando se presenta un cambio topológico de la red. Las actualizaciones de enrutamiento llevan información acerca de las redes que se pueden acceder y del valor de la métrica asociado con cada camino utilizable. De lo anterior se puede concluir que: el camino hacia un destino cambia en la medida en que las condiciones de la red cambien.

Métricas de los protocolos de enrutamiento

El mejor camino entre las redes, o entre las subredes, es determinado por la métrica de enrutamiento. Las variables usadas como métricas incluyen las siguientes:

Hop count: número de paradas intermedias que hace un paquete en su viaje hacia el destino. El paso a través de un encaminador suma un salto (Hop count). Usado por: IP RIP, IPX RIP.

Bandwidth: capacidad que tiene un enlace para transportar datos, usualmente medida en bits por segundos (bps). Usado por: IP EIGRP, IP IGRP.

Delay: cantidad de tiempo asociado con el uso de un enlace en particular, usualmente medido en milisegundos (msec). Usado por: IP EIGRP, IP IGRP.

Reliability: valor asignado a cada enlace para indicar la probabilidad de que el paquete sea despachado exitosamente, usualmente expresado como un valor fraccional; algún número dividido por 255. Usado por: IP EIGRP, IP IGRP.

Load: valor dinámico que indica la utilización de un enlace, usualmente expresado como un valor fraccional; algún número dividido por 255. Usado por: IP EIGRP, IP IGRP.

***MTU* (Maximun Transfer Unit)**: expresado en bytes, es el tamaño más grande de la unidad de datos del nivel de red que puede encapsularse en el campo de datos de una trama. Usado por: IP EIGRP, IP IGRP.

Cost: valor arbitrario que indica el costo de usar una interfaz, usualmente expresado como un valor entero y asignado a una interfaz de salida. Usado por: IP OSPF, IPX NLSP.

Ticks: valor arbitrario asociado con el retardo al usar una interfaz o un enlace. El valor preciso es 1/18 de segundo. Usado por: IPX RIP.

Sistema Autónomo

Un sistema autónomo –Autonomous System (AS)– está constituído por un conjunto de encaminadores que comparten información a través del mismo protocolo de enrutamiento. Estos encaminadores están normalmente bajo el control de una administración común.

A cada sistema autónomo se le asigna un número único que es requerido por algunos protocolos de enrutamiento –como el Interior Gateway Routing Protocol (IGRP).

Protocolos de enrutamiento interiores vs. protocolos de enrutamiento exteriores

Los protocolos de enrutamiento interiores (RIP, OSPF, IGRP y EIGRP) son usados dentro del mismo sistema autónomo. Los protocolos de enrutamiento exteriores son usados para comunicar diferentes sistemas autónomos.

Dos protocolos de enrutamiento interiores son:

Routing Information Protocol (RIP) version 1.0

Especificado en el RFC 1058. RIP fue liberado con BSD UNIX como un programa denominado "routed"; debido a sus limitaciones, se recomienda usar la versión actual (RIPv2.0), las características claves de RIPv1 son:

- Es un protocolo abierto de enrutamiento tipo "vector distancia" –distance vector.
- Usa como métrica la variable número de saltos "Hop count".
- El máximo número de saltos es 15.
- Las actualizaciones de enrutamiento son difundidas cada 30 segundos.
- Soporta seis caminos iguales –de igual costo– para una sola ruta, estos pueden colocarse en la tabla de enrutamiento y permiten hacer balanceo de carga hacia un destino único.
- Es un protocolo classful, limitado al uso de una máscara de subred uniforme en toda la red.

Interior gateway Routing Protocol (IGRP)

Es un protocolo de enrutamiento propietario de Cisco tipo "vector distancia" con un número de saltos máximo de 100 (por defecto).

Su métrica es la combinación de las variables Bandwidth, Delay, Load, Reliability y MTU, soporta múltiples caminos de costo desigual para balanceo de cargas.

Envía actualizaciones a intervalos fijos de 90 segundos y soporta el envío de actualizaciones activadas por cambios topológicos (triggered updates) de la red.

Tiene soporte de sistema autónomo –Autonomous System (AS).

Configuración de RIP

En términos generales, la selección de un protocolo de enrutamiento para IP incluye la configuración de parámetros Globales y de Interfaz.

Tareas Globales

Seleccionar un protocolo de enrutamiento (RIP, IGRP, EIGRP, OSPF).

Asignar los números de red IP sin especificar los valores de subred.

Tareas de Interfaz

Asignar las direcciones IP a las interfaces y la máscara apropiada.

Ejemplo de tareas globales:

R1(config)# *router* protocol [keyword]

Con lo anterior se define un protocolo de enrutamiento IP.

El comando *router* arranca un proceso de enrutamiento, "protocol" define el protocolo de enrutamiento que se arrancará (RIP, IGRP, EIGRP, OSPF), mientras que keyword es requerida por algunos protocolos de enrutamiento para asignarle una identificación al sistema autónomo. Una vez se digite el comando anterior, el indicador del sistema (prompt) cambia a:

R1(config-router)#

Entonces, se ejecuta el subcomando de configuración, que es obligatorio para cada proceso de enrutamiento IP.

R1(config-router)# n*etwork* network-number

El comando *network* es requerido porque permite que el proceso de enrutamiento determine cuáles interfaces participarán en el intercambio –envío y recepción– de las actualizaciones de enrutamiento (routing updates). En el campo *network-number* se especifica una o varias redes que se encuentran directamente conectadas. Este campo está basado en los números de red classful, no en números de subred o en direcciones IP individuales.

Ejemplo de configuración de RIP para la red de la Figura 4.1:

R1(config)# *router* rip
R1(config-router)# *network* 10.0.0.0
R1(config-router)# *network* 8.0.0.0

R2(config)# *router* rip
R2(config-router)# *network* 30.0.0.0
R2(config-router)# *network* 8.0.0.0

En R1 el comando *router rip* selecciona a RIP como protocolo de enrutamiento IP, mientras que los comandos *network 10.0.0.0* y *network 8.0.0.0* especifican las redes directamente conectadas al encaminador R1; las interfaces de R1 conectadas a estas redes intercambiarán información de en-

rutamiento (por medio de RIP) con otros encaminadores vecinos que se conecten directamente a dichas redes.

Monitoreo de IP

El comando *show ip protocols* muestra los valores de los temporizadores de enrutamiento, filtros e información de la(s) red(es) asociada(s) con el encaminador.

R1# *show ip protocols*

```
Routing Protocol is "rip"
  Outgoing update filter list for all interfaces is not set
  Incoming update filter list for all interfaces is not set
  Sending updates every 30 seconds, next due in 21 seconds
  Invalid after 180 seconds, hold down 180, flushed after 240
  Redistributing: rip
  Default version control: send version 1, receive any version
    Interface          Send  Recv  Triggered RIP  Key-chain
    FastEthernet0/0    1     12
    Serial0/0          1     12
    FastEthernet0/1          12
  Automatic network summarization is in effect
  Maximum path: 4
  Routing for Networks:
    8.0.0.0
    10.0.0.0
  Routing Information Sources:
    Gateway         Distance      Last Update
    8.3.1.6              120      00:00:05
  Distance: (default is 120)
```

El comando *show ip route* muestra el contenido de la tabla de enrutamiento, ésta contiene las redes y subredes que el encaminador conoce y un código que indica cómo se obtuvo la información (cuál fue el protocolo de enrutamiento utilizado).

R1# *show ip route*

```
Codes: C - connected, S - static, 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
 i - IS-IS, su - IS-IS summary, 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

 8.0.0.0/30 is subnetted, 1 subnets
C 8.3.1.4 is directly connected, Serial0/0
 10.0.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
C 10.3.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C 10.3.2.0 is directly connected, FastEthernet0/1
R 30.0.0.0/8 [120/1] via 8.3.1.6, 00:00:15, Serial0/0
```

Informe

Consulte las ventajas y desventajas que tienen los protocolos de enrutamiento de tipo "vector distancia" –Distance vector– y de tipo "estado de enlace" –Link state.

Por medio del software Configmaker de Cisco, interconectar dos redes de área local (LAN) sobre las cuales corren aplicaciones TCP/IP. Utilizar dos encaminadores cisco de la serie 1751, un enlace HDLC a 64.000 bps y el protocolo de enrutamiento RIP versión 2. Entregar los archivos de configuración generados y hacer los comentarios respectivos del significado de las líneas de configuración.

Distinguir en qué situación se justifica utilizar la redistribución de rutas.

Ejercicios de laboratorio

Este ejercicio tiene como finalidad configurar los encaminadores R1, R2 y R3 de la red de la Figura 4.2, utilizando el protocolo de enrutamiento

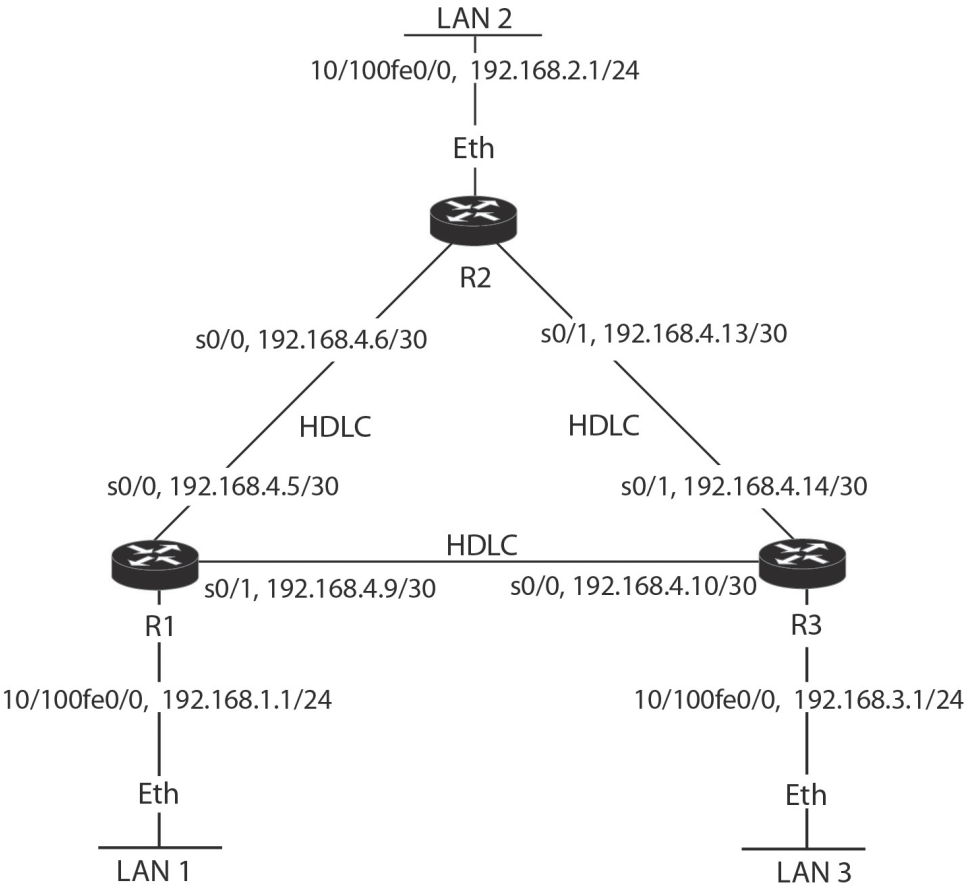

Figura 4.2 Red en delta, funcionando con protocolo RIP

RIP.

Configurar los encaminadores R1, R2 y R3 para que intercambien tablas utilizando el protocolo RIP versión 2.

Información complementaria

Repaso de enrutamiento

Los encaminadores funcionan en el nivel 3 o nivel de red del modelo de referencia OSI. Un encaminador tiene dos funciones: encontrar caminos a un destino y conmutar los datagramas a dicho destino. Para realizar la primera función, el encaminador requiere información sobre:

- La localización de los diferentes números de red destino.
- Los encaminadores desde los cuales se puede aprender redes de destino.
- El mejor camino para alcanzar la red destino.
- Actualizaciones regulares sobre las redes destino que son alcanzables.

Para realizar la segunda función, el encaminador tiene que examinar la dirección IP destino del datagrama y diferenciar entre el componente de red y el componente de host de dicha dirección. Para tomar una decisión de enrutamiento, el encaminador utiliza el componente de red, puesto que éste es el único componente en su tabla de enrutamiento.

El enrutamiento dinámico se consigue ejecutando en el encaminador un protocolo de enrutamiento que permite aprender la ubicación de las redes destino de forma automática. El enrutamiento dinámico –del encaminador– depende de que el protocolo de enrutamiento en ejecución –por ejemplo, RIP– comparta información de enrutamiento relativa a los números de red del protocolo enrutado –por ejemplo, IP– y de que dichas redes se puedan alcanzar. En la Tabla 4.2 se presentan, a modo de ejemplo, algunos protocolos enrutados (enrutables) y los protocolos de enrutamiento que ellos pueden usar.

Tabla 4.2 Protocolos enrutados y protocolos enrutamiento

Protocolos Enrutados	Protocolos de enrutamiento
IP	RIP, OSPF, IGRP, EIGRP, BGP, IS-IS
IPX	RIP, NLSP, EIGRP
AppleTalk	RMTP, AURP, EIGRP

Un protocolo enrutado es el protocolo que define los mecanismos para adicionar y procesar la información de capa 3. Asimismo, determina cómo conseguir esta información entre dos máquinas.

Ruta por defecto

Es un caso especial de ruta estática; puede ser usada cuando el encaminador no conozca la red destino.

Por defecto, si un encaminador no tiene un camino hacia el destino, descartará el datagrama; este comportamiento es diferente al de un bridge o un switch capa 2, los cuales inundan la red cuando desconocen el destino. Una ruta por defecto cambia este comportamiento en el encaminador: si

éste no conoce el destino, entonces usa la ruta por defecto para reenviar el datagrama.

Cuando se configura una ruta por defecto, se usa el comando de configuración global *ip route.* Para la red destino y la máscara de subred se usa el valor 0.0.0.0 0.0.0.0.

Por ejemplo, el siguiente comando permite tener una ruta por defecto:

R1(config)# *ip route* 0.0.0.0 0.0.0.0 "Dir IP del next hop vecino" | "interfaz de salida" ["distancia administrativa"] [permanent]

En esta nomenclatura 0.0.0.0 0.0.0.0 representa todas las redes.

Rutas por defecto y protocolos vector distancia

Por defecto, para IP un protocolo vector distancia no usará la ruta por defecto configurada, aunque esta ruta por defecto se encuentre en la tabla de enrutamiento. Esto se debe a que para IP los protocolos vector distancia, tales como RIP v1 e IGRP, son classful –estos no entienden una máscara de subred de 32 ceros: 0.0.0.0. Para cambiar este comportamiento se usa el siguiente comando de configuración global:

R1(config)# *ip classless*

Esto permite que un encaminador que ejecuta un protocolo classful use la ruta por defecto que se haya configurado.

Distancia administrativa

Es una convención de Cisco para medir la importancia de los protocolos de enrutamiento IP. Por ejemplo, si un encaminador tiene que escoger entre dos protocolos de enrutamiento –tal como una ruta estática o una ruta aprendida por RIP que apuntan al mismo destino–, escogerá la ruta del protocolo que considere mejor. Realmente, la distancia administrativa es una medida que determina cuál selección será la mejor.

Para el parámetro de distancia administrativa, Cisco asigna un peso entre 0 y 255 a cada protocolo de enrutamiento IP. Cuando se toma una decisión de enrutamiento, el protocolo que tenga el menor peso es el preferido sobre los otros. La Tabla 4.3 presenta una lista de los protocolos de enrutamiento y sus respectivas distancias administrativas por defecto.

Tabla 4.3 Distancia administrativa por defecto de los diferentes protocolos de enrutamiento

Tipo de ruta	Distancia administrativa
Interfaz conectada	0
Ruta estática	1
Ruta interna EIGRP	90
Ruta IGRP	100
Ruta OSPF	110
Ruta RIP	120
Ruta externa EIGRP	170
Ruta desconocida (considerada ruta inválida y no será usada)	255

Dadas las anteriores distancias administrativas, si un encaminador Cisco aprende acerca de la red destino 172.16.0.0/16 por medio de RIP y de IGRP simultáneamente, le creerá más a la ruta de IGRP, puesto que tiene una mejor distancia administrativa.

Tipos de Protocolos de enrutamiento dinámicos

Los protocolos de enrutamiento caen en una de las siguientes categorías:

- Vector distancia *–Distance Vector*.
- Estado de enlace *–Link State*.
- Híbrido *–Hybrid*.

Cada uno de estos toma un enfoque diferente para compartir información de enrutamiento y escoger caminos hacia los destinos. Debido a sus diferencias, cada uno presenta ventajas y desventajas cuando se compara con los otros. La selección de cuál protocolo de enrutamiento debe utilizar el encaminador es algo que se debe hacer teniendo en cuenta las ventajas y desventajas de dicha decisión. A continuación se indican algunos de los factores a considerar cuando se decide el protocolo de enrutamiento que se implementará:

- Métricas usadas por el protocolo.
- Cómo es compartida la información de enrutamiento por el protocolo.
- La velocidad de convergencia del protocolo.
- Cómo procesan la información los encaminadores.

Protocolos Distance Vector

Los protocolos de enrutamiento "vector distancia" usan la distancia (costo) y la dirección (vector) para encontrar caminos hacia las redes de destino. Algunas veces los protocolos "vector distancia" son llamados protocolos por rumor, porque los encaminadores que los utilizan aprenden información de enrutamiento por medio de los encaminadores vecinos directamente conectados, los cuales, a su vez, no están necesariamente conectados físicamente a las direcciones de red que anuncian. Ejemplos de protocolos de enrutamiento "vector distancia" para IP son RIP v1.0 e IGRP.

Con estos protocolos, los encaminadores periódicamente anuncian su tabla de enrutamiento por medio de la dirección local de broadcast –con una dirección IP destino de 255.255.255.255. Estos anuncios se hacen periódicamente, independientemente de que haya o no haya información nueva para compartir. Una vez el periodo del temporizador expira, estos difunden su tabla de enrutamiento a sus vecinos.

Un encaminador con protocolo "vector distancia" conoce de la existencia de otras redes por medio de la tabla de enrutamiento difundida por sus vecinos (no hay un proceso de "handshake" o "hello" formal para descubrir a los encaminadores vecinos). Igualmente, no hay una supervisión para asegurarse de que los vecinos recibieron la tabla de enrutamiento difundida por un encaminador. Puesto que las actualizaciones de la tabla de enrutamiento (routing updates) se envían periódicamente, se asume que los vecinos eventualmente aprenderán la información difundida por el encaminador, aunque se pierdan algunas actualizaciones.

Procesando las actualizaciones de enrutamiento

Cada vez que un encaminador recibe una actualización de la tabla de enrutamiento enviada por un encaminador vecino, realizará lo siguiente:

1. Incrementa la métrica a cada una de las rutas anunciadas por su vecino –para RIP, le suma 1 al número de saltos (hop count).
2. Compara cada entrada de la actualización recibida del vecino con las entradas que él tiene en su propia tabla de enrutamiento (routing table).
3. Si la información del vecino es mejor, pone dicha entrada en su tabla de enrutamiento y remueve la entrada vieja.
4. Si la información del vecino es peor, ignora dicha entrada.
5. Si la información del vecino es exactamente igual que la entrada de su tabla, reinicia el temporizador para dicha entrada en su tabla de enrutamiento –en otras palabras, el encaminador ya aprendió de esta ruta por medio del mismo vecino.

6. Si la información del vecino contiene una ruta diferente, pero tiene la misma métrica que una ruta ya existente en la tabla del encaminador, éste añadirá dicha entrada a su tabla de enrutamiento, asumiendo que no se ha excedido el número máximo de caminos de igual costo para esa red destino. En esta situación, el encaminador está aprendiendo acerca de la misma red destino, pero de dos vecinos diferentes, y ambos vecinos han anunciado un número de red destino con la misma métrica.

   Una de las ventajas de los protocolos "vector distancia" es que son muy fáciles de configurar y depurar, adicionalmente, demandan poca memoria y procesamiento del encaminador. Esto puede deducirse, porque en el proceso de actualización lo que se hace es básicamente incrementar la métrica de las rutas anunciadas y comparar el resultado con la información que el encaminador tiene en su tabla de enrutamiento.

Protocolos "Estado de enlace" (Link State)

Los protocolos de enrutamiento de "Estado de enlace" usan un algoritmo llamado Shorted Path First (SPF), inventado por Dijkstra para encontrar los caminos hacia las redes destino. A diferencia de los protocolos "vector distancia", los protocolos de "Estado de enlace" tienen un gráfico exacto de la topología de la red: conocen cuál encaminador está conectado a qué número de red. Note que algunos protocolos "link state", como OSPF, permiten limitar el conocimiento del encaminador, esto tiene como objetivo aumentar la velocidad de convergencia y disminuir la disrupción de enrutamiento en la red. Ejemplos de protocolos de "Estado de enlace" incluyen a OSPF e IS-IS de IP, y a NLSP de IPX. OSPF está definido en el RFC 2328.

Para compartir la información de enrutamiento, los encaminadores que ejecuten el algoritmo SPF anunciarán el estado de sus enlaces, lo cual se conoce como LSA (Link State Advertisements) –algunas veces también referido como LSP (Link State Packets). Un LSA es un mensaje que proviene de un encaminador y contiene información acerca de quién generó el anuncio, así como el número de red que está siendo anunciada.

Los LSA típicamente son generados solo cuando se presentan cambios. En otras palabras, las actualizaciones periódicas suceden muy poco. Los LSA son compartidos como mensajes multicast y se intercambian de manera confiable; el destino le enviará una confirmación (acknowledge) de regreso al origen de la actualización. Se puede distinguir que este funcionamiento es muy diferente al de los protocolos "vector distancia".

Cuando todos los datos de los LSA son recibidos, los encaminadores de "Estado de enlace" pueden construir la topología completa de la red,

conociendo exactamente cuáles encaminadores están conectados a qué redes; a menudo esto es denominado como enrutamiento por propaganda. Los LSA son almacenados en una base de datos local del encaminador. Una vez haya un cambio en la base de datos, el encaminador ejecuta el algoritmo SPF; con base en este algoritmo, el encaminador construirá un árbol SPF (SPF tree), ubicándose él mismo en la raíz del árbol. Usando el árbol, el encaminador poblará la tabla de enrutamiento con el camino más corto (shortest path) a cada red destino.

Ventajas de los protocolos Link State

Para limitar el alcance del viaje de los LSA y reducir el impacto que causan los cambios topológicos en la ejecución del algoritmo SPF, los protocolos de "Estado de enlace" soportan una estructura jerárquica. Esto es bien diferente a los protocolos "vector distancia"; por ejemplo, RIP es una red plana, donde un cambio en un encaminador afecta a todos los encaminadores. Con los protocolos de "Estado de enlace", esto no es necesariamente cierto.

Otra ventaja de los protocolos de "Estado de enlace" es que estos soportan enrutamiento *classless* o Variable Length Subnet Masking (VLSM). Esto permite que un encaminador use diferentes máscaras de subred para el mismo número de red de una determinada clase (A, B o C), maximizando la eficiencia del direccionamiento. Por medio de este proceso se puede tomar un conjunto de subredes y resumirlas en una sola entrada de la tabla de enrutamiento. Este proceso, llamado "resumen de rutas" (route summarization), ayuda a contener problemas de enrutamiento (como una condición de ruta oscilante, en la que el enlace baja y sube permanentemente, esto es disruptivo para los encaminadores, especialmente para los que ejecutan protocolos de "Estado de enlace") y reduce el tamaño de las tablas de enrutamiento en el encaminador.

A diferencia de los protocolos "vector distancia" que realizan actualizaciones usando una dirección IP de broadcast, los protocolos de "Estado de enlace" usan dirección IP multicast y solamente envían actualizaciones incrementales. Una actualización incremental, comparada con una actualización periódica, es una actualización que se genera solamente cuando sucede un cambio. Cuando se analiza un protocolo "vector distancia", se concluye que no tiene sentido anunciar una tabla de enrutamiento cada 30 ó 90 segundos cuando no han ocurrido cambios porque ello gasta recursos valiosos de computación y ancho de banda de la red.

Desventajas de los potocolos Link State

Aunque los protocolos de "Estado de enlace" permiten escalar redes de mayor tamaño, en comparación a lo que permiten los protocolos "vector distancia", los protocolos de "Estado de enlace" también tienen sus inconvenientes.

Un problema con los protocolos de "Estado de enlace" es que usan intensivamente la memoria RAM y la CPU debido a que estos requieren tener una tabla de vecinos, una base de datos del estado de los enlaces y una tabla de enrutamiento. Estos protocolos requieren más memoria del encaminador, comparada con la requerida por un protocolo "vector distancia". Igualmente, cada vez que ocurre un cambio topológico en la red, los encaminadores de "Estado de enlace" deben actualizar sus bases de datos, ejecutar el algoritmo SPF, construir el árbol SPF y reconstruir la tabla de enrutamiento. En particular, este proceso emplea de forma intensiva la CPU.

Protocolos Híbridos

Combinan las ventajas de los protocolos "vector distancia" y "Estado de enlace". Dos ejemplos de protocolos híbridos son los protocolos RIP V2.0 de IP y el protocolo propietario de Cisco llamado EIGRP. Estos protocolos reducen el uso de la memoria y de la CPU, comportándose de manera similar a un protocolo "vector distancia" cuando procesan nueva información de enrutamiento. No obstante, los protocolos híbridos reducen la utilización del ancho de banda, compartiendo solamente actualizaciones incrementales (no actualizaciones periódicas). Esto lo realizan usando direcciones multicast por medio de mecanismos confiables orientados a la conexión. Los protocolos híbridos también soportan otras características de los protocolos de "Estado de enlace", como redes jerárquicas, VLSM y resumen de rutas.

Características de RIPv2

- Es un protocolo abierto.
- Soporta actualizaciones generadas por eventos "triggered updates".
- Usa dirección IP de multicast (224.0.0.9) en lugar de dirección IP de broadcast (255.255.255.255).
- Es un protocolo de tipo classless VLSM; soporta muchas máscaras de subred para una clase de dirección dada, permitiendo maximizar la eficiencia de las direcciones y realizar un resumen de rutas para crear redes escalables muy grandes.

Problemas

1. Configurar el encaminador R1 de la Figura 4.2 para que redistribuya una ruta estática –192.168.5.0/24– hacia RIP. Probar el siguiente trozo de código y verificar el resultado en R2 y R3 usando el comando "*show ip route*".

```
R1(config)# ip route 192.168.5.0 255.255.255.0 192.168.1.2
R1(config)# router rip
R1(config-router)# redistribute static
```

2. Configurar el encaminador R1 de la Figura 4.2 para que, de las tres rutas estáticas que tiene configuradas, solamente redistribuya dos rutas estáticas hacia RIP –las rutas 192.168.5.0/24 y 192.168.6.0/24–; usar "Route Maps". Probar el siguiente trozo de código y verificar el resultado en R1 mediante los comandos "*show route-map* NOMBRE" y "*show ip rip database*".

```
R1(config)# ip route 192.168.5.0 255.255.255.0 192.168.1.2
R1(config)# ip route 192.168.6.0 255.255.255.0 192.168.1.2
R1(config)# ip route 192.168.7.0 255.255.255.0 192.168.1.2
R1(config)# access-list 50 permit 192.168.5.0
R1(config)# access-list 51 permit 192.168.6.0
R1(config)# route-map NOMBRE permit 10
R1(config-route-map)# match ip address 50
R1(config-route-map)# set metric 3
R1(config-route-map)# set tag 3
R1(config-route-map)# exit
R1(config)# route-map NOMBRE permit 20
R1(config-route-map)# match ip address 51
R1(config-route-map)# set metric 5
R1(config-route-map)# exit
R1(config)# route-map NOMBRE deny 30
R1(config-route-map)# exit
R1(config)# router rip
R1(config-router)# redistribute static route-map NOMBRE
```

3. Configurar el encaminador R1 de la Figura 4.2 para que propague una ruta por defecto hacia RIP. Probar el siguiente trozo de código y verificar el resultado en R2 y R3 usando el comando "*show ip route*".

```
R1(config)# ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.1.3
R1(config)# router rip
R1(config-router)# default-information originate
```

4. Configurar el encaminador R1 de la Figura 4.2 para que la única interfaz que pueda participar de RIP sea la interfaz Serial 0/0 –y las interfaces Serial 0/1 y FastEthernet 0/0 se vuelvan pasivas. Probar el siguiente trozo de código y verificar el resultado en R1 usando el comando "*show ip protocols*".

```
R1(config)# router rip
R1(config-router)# passive-interface default
R1(config-router)# no passive-interface default serial 0/0
R1(config-router)# network 192.168.1.0
R1(config-router)# network 192.168.4.0
```

5. Configurar los encaminadores R1, R2 y R3 de la Figura 4.2 para que usen RIP versión 2. Habilitar la autenticación MD5 entre R1 y R2. Probar el siguiente trozo de código y verificar el resultado en R1 usando el comando "*show ip protocols*".
   Para R1, R2 y R3:

```
Router(config)# router rip
Router(config-router)# version 2
```

   Para R1 y R2:

```
Router(config)# key chain LAB
Router(config-keychain)# key 1
Router(config-keychain-key)# key-string laboratorio
Router(config-keychain-key)# exit
Router(config)# interface serial 0/0
Router(config-if)# ip rip authentication key-chain LAB
Router(config-if)# ip rip authentication mode md5
```

Glosario

AppleTalk: conjunto de protocolos propietarios desarrollados por Apple Inc. para la interconexión de redes –obsoleto a favor de TCP/IP.

Encapsular: transporte de un paquete –o unidad de datos– de un protocolo de capa superior dentro del campo de datos de un protocolo de capa inferior.

Enrutamiento: proceso que permite decidir la interfaz por la que se debe enviar un datagrama IP y la dirección IP del próximo equipo al que se le debe enviar.

IPX (Internetwork Packet Exchange): protocolo de capa tres de la arquitectura de protocolos IPX/SPX que usa el sistema operativo NetWare de Novell –obsoleto a favor de IP.

Proceso de handshake: es aquel en el que hay un intercambio de mensajes entre varios equipos que permite descubrir y mantener sus relaciones de vecindad, como es el caso del protocolo OSPF.

Red tipo classful: hace referencia a una red clase A (máscara 255.0.0.0), clase B (máscara 255.255.0.0) o clase C (máscara 255.255.255.0).

Red tipo colilla (stub): hace referencia a la red (conformada por varias redes interconectadas por encaminadores) caracterizada por tener solamente una conexión que le permite llegar al resto de redes, razón por la cual sus encaminadores requieren tener una entrada en la tabla de enrutamiento que apunte a una puerta de enlace por defecto.

Bibliografía

COMER, D. (2005). *Internetworking with TCP/IP, Vol. 1: Principles, Protocols, and Architecture*. 5th Ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall.

DOOLEY, K.; BROWN, I. (2007). *Cisco IOS Cookbook ™*. 2nd Ed. Sebastopol, CA: O'Reilly.

DOYLE, J.; CARROLL, J. (2007). *Routing TCP/IP*. 2nd Ed. Indianapolis, IN: Cisco Press. Vol. 1.

KUROSE J. F.; ROSS, K. W. (2012). *Computer Networking: A Top-down Approach*. 7th Ed. Boston: Addison-Wesley.

STEVENS, W. R. (1994). *TCP/IP Illustrated, Vol. 1: The Protocols*. Reading, MA: Addison-Wesley.