

Práctica 3: Enrutamiento IP: RIP, VLSM y resumen de rutas

1.- Objetivos

El objetivo de esta práctica es:

- Conocer cómo funciona el enrutamiento dinámico en IP, en concreto, empleando RIP.
- Conocer el concepto de “ruta por defecto” y cómo se emplea.
- Repasar los conceptos de VLSM, dividiendo una red en múltiples subredes.
- Aprender cómo funcionan los mecanismos de resumen de rutas en RIPv2.

Para ello, se construirá un modelo en el simulador compuesto por múltiples subredes unidas mediante routers, con todos los equipos conectados y configurados apropiadamente.

2.- Conocimientos previos

2.1.- Tipos de rutas

El enrutamiento IP define cómo un paquete IP puede ser entregado desde la computadora que crea el paquete hasta su destinatario.

Cada router de la red puede conocer rutas por tres medios diferentes:

- **Rutas conectadas:** las correspondientes a la red asociada a la dirección IP de cada interfaz del router que esté en estado UP/UP.
- **Rutas estáticas:** las configuradas manualmente por el administrador de la red.
- **Rutas dinámicas:** las aprendidas mediante un protocolo de encaminamiento, como RIP, OSPF o ISIS.

En esta práctica realizaremos la primera toma de contacto con las rutas dinámicas.

2.2.- Enrutamiento RIP

RIP (*Routing Information Protocol*) es un protocolo de encaminamiento interno del tipo **vector distancia** que emplea el **número de saltos de la ruta** como **métrica de coste**. Empleando RIP, cada router de la red difunde periódicamente a sus vecinos toda su tabla de enrutamiento (el “vector de distancias”). El cálculo de las rutas mínimas se realiza mediante una **implementación distribuida del algoritmo de Bellman-Ford**, en que cada nodo calcula su distancia a una cierta red (que no sea estática ni conectada) mediante la información recibida de los vecinos.

RIP difunde la información de encaminamiento a todos los vecinos periódicamente. Por defecto, el periodo de difusión son 30 segundos, pero en el simulador está reducido para poder observar mejor los efectos de los cambios de topología. Por otra parte, RIP permite un máximo de 15 saltos, considerándose el valor de 16 como “infinito”.

Al ser un protocolo del tipo vector-distancia, RIP genera una cantidad de tráfico considerable, presenta un tiempo de convergencia relativamente lento y permite transitoriamente la aparición de bucles en la red durante este tiempo. Por estos motivos ya no se emplea demasiado, siendo progresivamente reemplazado por otros protocolos como OSPF o IS-IS. Aun

así, existen implementaciones actuales de RIP que funcionan perfectamente en redes relativamente pequeñas. Las tres implementaciones existentes son:

- **RIP (RIPv1):** Mecanismo original. Funciona en base a clases, es decir, no permite emplear máscaras que no se correspondan con una clase A (/8), B (/16) o C (/24). De hecho, en RIP (versión 1) ni siquiera se define y difunde la máscara de cada subred: Se asume a partir del valor del primer byte de la dirección. Por estos motivos está completamente desfasado a día de hoy.
- **RIP versión 2:** Mecanismo RIP actualizado, que no funciona en base a clases (es *classless*, sin clase). En las actualizaciones sí que difunde la máscara correspondiente junto con la dirección de cada red. Permite el resumen manual de direcciones (ver más adelante), aunque esta función no está implementada en el simulador.
- **RIPng (RIP next generation):** RIPv2 adaptado al protocolo IPv6, con direcciones y máscaras de 128 bits.

El protocolo con el que operaremos en la práctica es RIPv2.

2.3.- Configuración de RIPv2

La configuración de RIPv2 es muy sencilla. Lo único que hay que indicar al router es que se va a utilizar RIP, el número de versión (2), y las redes que tiene que anunciar. Para ello se introducen los siguientes comandos:

Example 20-6 *Sample Router Configuration with RIP Enabled*

```
R1#configure terminal
R1(config)#router rip
R1(config-router)#version 2
R1(config-router)#network 199.1.1.0
R1(config-router)#network 199.1.2.0
R1(config-router)#network 10.0.0.0
```

En el ejemplo anterior, se ha habilitado RIPv2, y se van a difundir los anuncios de rutas a través de todas las interfaces que estén configuradas con una IP dentro de la red 199.1.1.0, 199.1.2.0 o 10.0.0.0. Nótese que, por herencia de RIP versión 1, estas redes se indican “con clase”, es decir, sin especificar la máscara y asumiendo que son de clase C, C y A respectivamente por el valor de su primer byte (199, 199 y 10).

Nota: Una limitación del simulador es que no permite indicar más de un comando *network*; los siguientes se ignoran. Lo que sí funciona es indicar una única red *con clase* que esté dividida en diferentes subredes, RIP entonces anuncia todas ellas. En el ejemplo anterior, el router anunciaría todas las subredes de 199.1.1.0 (por ejemplo, 199.1.1.0/25 y 199.1.1.128/25) a través de todas las interfaces con una IP de dichas subredes. Las otras dos redes del ejemplo se ignoran (de hecho, no aparecen en un ‘show run’). En un router real esta limitación no existe.

2.4.- Horizonte dividido y envenenamiento inverso

Un problema de RIP consiste en que los routers no conocen el camino concreto hasta cada red de destino, solo el primer salto. Por ello, cuando se “cae” un router pueden aparecer bucles en la red mientras converge: un router A anuncia al vecino B que sabe cómo llegar al destino

caído C, pero resulta que la ruta de A a C pasaría por B. Esto puede generar mensajes iterativos entre A y B hasta que llegan a contar a infinito.

Para evitar este problema hay varios mecanismos, entre ellos:

- Horizonte dividido: un router no envía los elementos de su vector de rutas al vecino por el que pasa la ruta mínima.
- Envenenamiento inverso: un router envía un coste de 16 (infinito) al vecino que es el siguiente salto hacia una red concreta.

El simulador permite comprobar lo que ocurre con y sin estas funciones. Para ello, en la barra de opciones, en la zona inferior izquierda, puede habilitarse o deshabilitarse el uso de horizonte dividido y envenenamiento inverso.

2.5.- Organización en subredes

Para organizar los equipos de una red, es frecuente hacer una división en subredes más pequeñas; por ejemplo, una red /24 podría dividirse en dos /25, o bien en cuatro /26, en ocho /27, etc.

Ejemplo 1: 192.168.1.0/24 puede dividirse en las dos redes 192.168.1.0/25 y 192.168.1.128/25, alargando la máscara un bit. Análogamente, éstas pueden subdividirse en las subredes 192.168.1.0/26, 192.168.1.64/26, 192.168.1.128/26 y 192.168.1.192/26.

La división en subredes no debe emplear necesariamente la misma máscara en todas las subredes. En ocasiones puede interesar dividir una red en algunas subredes grandes (para poder dar servicio a muchos equipos) y otras subredes pequeñas (para dar servicio a pocos equipos sin desperdiciar direcciones). Esto se conoce como división en subredes con máscaras de longitud variable (*Variable Length Subnet Masking, VLSM*)

Ejemplo 2: 192.168.1.0/24 puede dividirse en 192.168.1.0/25, 192.168.1.128/26, 192.168.1.192/27 y 192.168.1.224/27, con tamaños decrecientes.

Para hacer la división es recomendable comenzar por asignar los bloques más grandes al comienzo del rango. De esta manera, el resto de direcciones se encuentran siempre correctamente alineadas. Para ello, es necesario comenzar por una planificación de cuántas subredes va a haber y de qué tamaño cada una.

Ejemplo: En el anterior ejemplo 2, se ha colocado la red más grande (/25, hasta 2^7 direcciones) al comienzo del rango. Si se hubiera comenzado por colocar una red /27 (hubiera sido 192.168.1.0/27), entonces la siguiente dirección libre sería la 192.168.1.32. Sin embargo, no se puede asignar una dirección /25 comenzando en ese rango, ya que las siguientes 2^7 direcciones no tienen los primeros 25 bits constantes: pasa de 192.168.1.32 a 192.168.1.160, y el último bit de la máscara de estas direcciones (el 25, es decir el primer bit del último byte) no es constante.

2.6.- Resumen de direcciones

Para reducir el número de rutas que anuncia y procesa cada router, es posible hacer un resumen de direcciones (*address summarization*, a veces denominado *sumarización de*

direcciones). La idea es que si un router tiene dos o más redes conectadas consecutivas, puede anunciar solo una con una máscara mayor.

Ejemplo: si de un router cuelgan las redes 192.168.1.0/25 y 192.168.1.128/25, el router puede anunciar solo una red, la 192.168.1.0/24.

Nótese que esto no consiste en deshacer la división en subredes; los equipos están configurados en redes diferentes y es necesario un router para conectarlos. La diferencia viene en que no se anuncian las dos subredes al resto de routers por separado (al ser innecesario, ya que ambas cuelgan del mismo router).

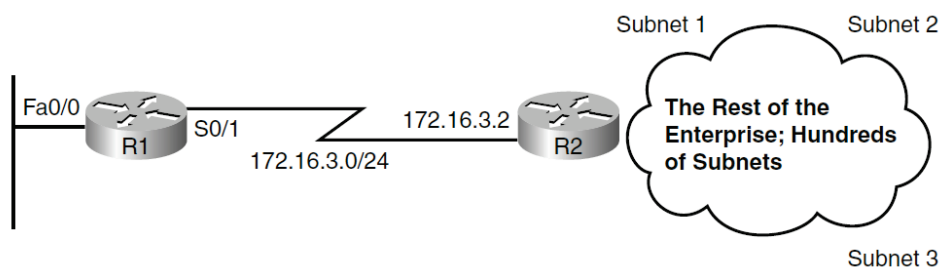
El simulador empleado en las prácticas NO PERMITE que los routers resuman las direcciones manualmente. Por ello, no se puede modelar el comportamiento buscado. Sin embargo, cuando hagamos una asignación de direcciones, deberíamos tener en cuenta el resumen de direcciones (que sí se emplea con equipos reales) para reducir el tamaño de las tablas.

2.7.- Rutas por defecto

En ocasiones resulta interesante asignar una ruta por defecto (*default route*), que se empleará cuando la red de destino no se encuentre en la tabla de encaminamiento del router. Estas rutas por defecto se emplean típicamente para enviar el tráfico dirigido al exterior hacia Internet, o bien para encaminar tráfico hacia el “core” de la red.

Para establecer una ruta por defecto en un router basta con añadir una ruta estática a la red de destino 0.0.0.0/0. Cualquier paquete coincide con esta regla, ya que no fuerza ningún bit; sin embargo, las normas de IP dicen que un router debe encaminar el tráfico de acuerdo a la regla más específica (es decir, con la máscara más larga) que tenga en la tabla. Por este motivo, la ruta por defecto solo se empleará cuando no haya otra ruta.

La siguiente figura muestra un ejemplo. Al router R1 no le interesa conocer todas las rutas que hay en la empresa, ya que solo tiene una única vía de salida, sea cual sea el destino. Se puede activar una ruta por defecto y se puede desactivar el protocolo de encaminamiento.



```
R1(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 172.16.3.2
```

```
R1#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 172.16.3.2 to network 0.0.0.0

```
172.16.0.0/24 is subnetted, 3 subnets
C    172.16.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C    172.16.3.0 is directly connected, Serial0/1
S*   0.0.0.0/0 [1/0] via 172.16.3.2
```

3.- Desarrollo de la práctica

En la práctica se busca que nos familiaricemos con el enrutamiento dinámico. Para ello, vamos a crear y probar una configuración de red para una empresa, una hipotética academia con varias aulas de ordenadores. El objetivo de la práctica es planificar el despliegue y después realizar la disposición y configuración de los diferentes equipos. Las tareas concretas a realizar son las siguientes.

3.1 Organización del direccionamiento con VLSM.

Se dispone del rango de direcciones 192.168.1.0/24 para utilizar en todos los equipos de nuestra red. Precisamos dividirlo en las siguientes subredes:

- 3 subredes para aulas de ordenadores, con hasta 25 equipos por aula
- 3 subredes de diferentes funciones, con hasta 10 equipos por cada una
- Las subredes necesarias para los enlaces entre routers.

Para ello, queremos construir la red de la siguiente manera:

- Se emplearán routers de 4 puertos. Tómese el modelo “UserDefine” y configúrese con 4 tomas Ethernet y 0 tomas serie.
- Emplearemos 4 de estos routers (puede emplearse “copiar y pegar”). El primero (R1, arriba) será el que proporcione el acceso al exterior (*ISP, Internet Service Provider*, la nube amarilla) y los otros tres se colocarán abajo en hilera, cada uno conectado con el siguiente. El router de acceso al exterior se conectará con el primero y último de esta hilera.
- Haremos que las subredes necesarias estén colocadas de la manera más favorable a la *sumarización* de rutas.

Nota: puede facilitar la tarea el incluir etiquetas de texto junto a cada red.

Se pide:

- a) Determinar un rango de direcciones para cada subred que desperdicie el mínimo número de direcciones. Puedes ayudarte de la tabla de la última página.
- b) Realícese el despliegue en el simulador, y configúrense las interfaces en cada router y PC.

Nota: puede emplearse un único PC por cada subred, conectado a un switch (al que se conectarían el resto de PC's de la subred) y éste a la toma correspondiente del router.

3.2 Encaminamiento dinámico.

- c) Seleccione la opción del menú “View” → “Display yellow routing tables ...” para poder observar en el propio esquema las tablas de rutas.
- d) Habilítese RIPv2 en todos los routers y en todas las interfaces disponibles, según se ha indicado en el apartado 2.3.

- e) Obsérvense los cambios en las tablas de rutas según se activa el protocolo de enrutamiento en los diferentes routers. Identifíquese a qué corresponde cada elemento de la tabla de rutas que se muestra en amarillo. También puede obtenerse la tabla de rutas de cada router con el comando **show ip route**.
- f) Verificar que hay conectividad desde un PC de un aula de ordenadores hasta un PC de una de las redes más pequeñas.
- g) Verifíquese qué ocurre cuando se desconecta uno de los enlaces entre los tres routers de abajo en hilera.
- h) Repítase la prueba anterior probando a deshabilitar en el simulador el uso de *Split Horizon* y de *poisoned Reverse*, y búsquense los cambios.

3.3 Rutas por defecto

- i) Añádase una ruta por defecto que permita que todos los equipos se comuniquen hacia Internet. Verifíquese que el tráfico se envía apropiadamente.

Bibliografía

CCENT/CCNA ICND1 Guía Oficial para el examen de Certificación, Wendell Odom, Cisco Press

CCNA ICND2 Guía Oficial para el examen de Certificación, Wendell Odom, Cisco Press

Tabla de apoyo para la división en subnetting con máscaras variables

Subred	# hosts	Bits host	Direcciones totales	Dirección de red	Dirección de broadcast	Máscara