

Universidad de Salamanca

Grado en Ingeniería Informática



**VNiVERSiDAD  
D SALAMANCA**

Redes de Computadores

# ENCAMINAMIENTO DINÁMICO: RIP Y OSPF

## **Autores**

Ángeles M<sup>a</sup> Moreno Montero

David Retortillo Manzano

Sergio Bravo Martín

Salamanca, marzo 2016 – Versión 1.2



## Contenido

1.	Encaminamiento dinámico entre routers	1
1.1.	Teoría	1
1.2.	Ejemplo teórico	5

## Índice de figuras

Figura 1. Maqueta sobre la que se aplicará RIP.	5
Figura 2. DR de la subred	6
Figura 3. Intercambio de mensajes en DHCP	7
Figura 4: Escenario inicial OSPF.	7
Figura 5. Escenario OSPF con rutas aprendidas.	8

# 1. Encaminamiento dinámico entre routers

En este manual se estudiarán los algoritmos de encaminamiento dinámico más conocidos, en concreto los basados en el Vector de Distancia y en el Estado del Enlace, así como sus dos implementaciones más utilizadas en Internet: los protocolos RIP y OSPF.

## 1.1. Teoría

En Internet se utilizan principalmente algoritmos de encaminamiento dinámicos y adaptativos pertenecientes a las siguientes familias:

- **Vector de Distancia:** Cada router mantiene una tabla interna con información (**destino, router de siguiente salto y coste**) para llegar hasta todos los demás routers, y envía esta información de manera periódica a sus vecinos. Cada vecino compara dicha información con la suya propia y, si es mejor que la que ellos tienen, la actualizan. Su implementación en Internet se denomina RIP (*Routing Information Protocol*).
- **Estado de Enlace:** Cada router crea un paquete que describe el Estado de sus Enlaces (LSP *Link State Packet*) con información del coste para llegar a sus vecinos y se lo envía siempre que exista un cambio de topología a todos los routers de la red mediante inundación. Para evitar duplicados, los paquetes llevan número de secuencia y un campo de edad. Su implementación en Internet se denomina OSPF (*Open Shortest Path First*).

Antes de explicar el funcionamiento de estos protocolos es necesario hablar de otros protocolos relacionados como IGMP. IGMP es el protocolo que permite a los routers averiguar qué grupos

*multicast* existen en sus interfaces para avanzar o no datagramas *multicast* por dichas interfaces. Existen tres versiones con distintos tipos de mensajes:

### IGMPv1

- **MQ (Membership Query):** Enviado por los routers. Pregunta si alguien está interesado en ingresar a algún grupo multicast.
- **MR (Membership Report):** Enviado por los hosts. Informa que quiere unirse a un grupo multicast.

### IGMPv2

- **MQ (Membership Query):** Enviado por los routers. Pregunta si alguien está interesado en ingresar a algún grupo multicast.
- **GSQ (Group-Specific Query):** Enviado por los routers. Preguntan a los hosts si están interesados en un determinado grupo multicast.
- **MR (Membership Report):** Enviado por los hosts. Informa que quiere unirse a un grupo multicast.
- **LG (Leave Group):** Enviado por los hosts. Informa a los routers de que el host deja un grupo multicast.

### IGMPv3

- **MQ (Membership Query):** Enviado por los routers. Pregunta si alguien está interesado en ingresar a algún grupo multicast.
- **GSQ (Group-Specific Query):** Enviado por los routers. Preguntan a los hosts si están interesados en un determinado grupo multicast.
- **GSSQ (Group-and-Source-Specific Query):** Enviado por los routers. Pregunta a los hosts si están interesados en un determinado grupo multicast de una serie de fuentes determinada.
- **MR (Membership Report (Modificado)):** Enviado por los hosts. Informa que quiere unirse a un grupo multicast indicando, además, una serie de fuentes a incluir o a excluir.

## RIP

Algunos datos importantes sobre RIP son los siguientes:

- El coste es el número de saltos, es decir, la cantidad de routers por los que tiene que pasar un paquete hasta alcanzar su destino.
- Un coste 16 representa un destino inalcanzable.
- La dirección IP multicast reservada para RIP es 224.0.0.9.
- Hay que indicarle a un router RIP por qué interfaces tiene que activar el protocolo.
- Cuando un router RIP arranca, envía por todas sus interfaces con RIP activo un mensaje IGMP de solicitud para entrar en el grupo multicast 224.0.0.9 (destino todos los routers IGMP (224.0.0.22) y TTL=1).
- La información de encaminamiento se envía a los vecinos casi siempre por multicast cada 30 seg±50%.
- Un router actualizará su tabla de rutas cuando:

- Recibe información para alcanzar un destino con una distancia menor a la que tiene en su tabla.
- Siempre que recibe información del router que es su siguiente salto para él, aunque la distancia pase a ser mayor. Esto es debido a que ante cambios en la topología de la red por la zona de ese router, el router que es nuestro siguiente salto detectará dichos cambios antes que nosotros. Si al siguiente intercambio de mensajes detectamos un camino más corto por otra interfaz (primer caso), actualizamos de nuevo nuestra tabla.
- RIP utiliza el puerto 520 en UDP.
- RIP utiliza dos tipos de mensajes:
  - REQUEST (orden 1): el router solicita información. Puede ser enviado cuando se comienza a ejecutar RIP (multicast) o en situaciones de diagnóstico.
  - RESPONSE (orden 2): el router envía actualizaciones de las tablas de encaminamiento. Se envía como actualización periódica (multicast) o en respuesta a una solicitud de otro router (unicast).

Si un router RIP dentro de una red deja de estar accesible se genera un problema con la eliminación de rutas en los momentos iniciales (180 seg por defecto). Esto provoca que se genere un bucle entre routers cuando se detecta una ruta inaccesible hasta que todos consideren esa ruta como inalcanzable (pase a valer 16). Para solucionar este problema existen distintas técnicas:

- **Split Horizon**: Indica que por una interfaz no se anuncian las rutas que se han aprendido por ella. Así descubriremos mucho antes que una ruta ha desaparecido.
- **Split Horizon + Poison Reverse**: Consiste en indicar por una interfaz las rutas que se han aprendido por ella, pero con coste 16.
- **Triggered Updates**: Cada vez que un router aprende una ruta hacia una red nueva, cuando cambia una métrica o cuando una ruta queda obsoleta debe enviar un mensaje RESPONSE con la información que ha cambiado sin necesidad de esperar a comunicar los cambios en el siguiente periodo de envío. Los mensajes Triggered Updates se envían por multicast.
- **Garbage Collect Timer**: Cuando un router tiene que eliminar una ruta de su tabla de encaminamiento, emite un Triggered Update con un anuncio de esa ruta con coste 16 por todas las interfaces salvo por la que la ha aprendido, pero en vez de eliminar la ruta de su tabla RIP, la mantiene durante el tiempo que indique el Garbage Collect Timer (120 seg por defecto). Pasado ese tiempo, la ruta se elimina.

## **OSPF**

Las características fundamentales de OSPF son las siguientes:

- Averigua los vecinos y mide el coste del enlace para posteriormente anunciar a TODOS los routers el estado de esos enlaces.
- Cada router calcula el camino más corto una vez construido el grafo de toda la red.
- El encaminamiento se realiza de forma jerárquica, por áreas dentro de un sistema autónomo (AS). Al área que conecta al resto de áreas dentro del AS se la conoce como Backbone (área 0).

- Cuando un router OSPF arranca, envía por sus interfaces donde tenga activo OSPF un mensaje IGMP de solicitud para entrar al grupo multicast 224.0.0.5 (destino todos los routers IGMP (224.0.0.22) y TTL=1). Desde ese momento recibirá todo lo que vaya dirigido a la dirección 224.0.0.5 y también utilizará esa dirección y TTL=1 para enviar información de encaminamiento a sus vecinos.
- Un router OSPF se identifica de forma exclusiva a través de su identificador. Lo más habitual es elegir como identificador la dirección IP más alta de las interfaces donde esté activado OSPF. Este dato se escribe en el campo *Source OSPF Router* de la cabecera de los mensajes OSPF.
- El funcionamiento general de OSPF es el siguiente:
  - Se descubren los vecinos mediante el protocolo HELLO.
    - Se envían mensajes HELLO a la dirección multicast 224.0.0.5 (todos los routers OSPF) cada 10 seg para descubrir los routers vecinos, comprobar permanentemente su accesibilidad y seleccionar un router designado (DR) y router designado de respaldo (BDR) para cada subred.
      - El DR y el BDR se eligen en función a un parámetro llamado *Router Priority* dentro de los mensajes HELLO y, en segunda instancia, según el menor identificador.
    - Si a los 4 períodos (40 seg) no se ha recibido ninguna respuesta al mensaje HELLO, supondremos que un vecino está desconectado.
    - Los mensajes HELLO no se propagan por inundación.
  - Se realiza el intercambio de la base de datos topológica de OSPF y cada router guarda dos bases de datos:
    - Router Link State DB: Información de cada una de las interfaces de todos los routers OSPF. Se guarda el último Router-LSA de cada router.
    - Network Link State DB: Información de las subredes conectadas a todos los routers OSPF. Se guarda el último Network-LSA de cada subred.
  - Se calcula el camino más corto en cada uno de los routers (con Dijkstra por ejemplo) para rellenar las tablas de encaminamiento.
  - Si se producen cambios en la topología de la red se envían mensajes de estado del enlace mediante inundación.
    - Estos anuncios de estado de enlace (LSA) se envían dentro de mensajes LSU, que pueden ser de dos tipos:
      - LSU-Router LSA: Informa de las interfaces que tiene configuradas un router.
      - LSU-Network LSA: Lo envía el DR de una subred para indicar los routers que están conectados a dicha subred.
    - Cada LSA debe ser asentido con un mensaje LS ACK. Si en 5 seg tras haber enviado un LSA no se ha recibido un LS ACK, se reenvía el LSA de forma unicast a la máquina que no ha contestado.
- Cuando dos routers OSPF se ven por primera vez a través de mensajes HELLO intercambian sus bases de datos mediante mensajes DB Description (unicast):
  - Indican una lista de los mensajes LSA que hay en sus bases de datos (sin el contenido).
  - Cada router solicita los LSA que le faltan.
  - El router vecino responde con los LSA solicitados.



## 1.2. Ejemplo teórico

### RIP

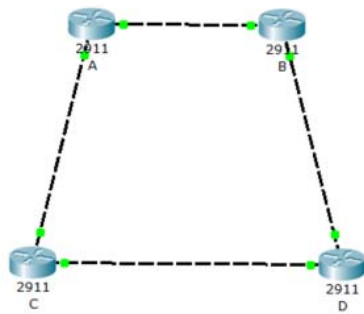


Figura 1. Maqueta sobre la que se aplicará RIP.

Suponiendo que los cuatro routers se conectan a la vez y tienen activado RIP por todas sus interfaces.

1) Inicialmente sólo se conocen a ellos mismos (Tabla 1), por lo tanto, en el primer intercambio cada router sólo recibirá la información de cómo llegar a sus vecinos. Como el coste del salto es 1, todas tendrán coste 1 (Tabla 2).

2) Será en el segundo intercambio donde ya se conocerán todos, puesto que los vectores de distancia de cada router ya contendrían más información que el propio router origen (Tabla 3). Para una red más grande harían falta más intercambios para que todos

los routers conociesen toda la red.

3) Los routers irían enviando sus vectores distancia de forma periódica, con lo que en caso de haber modificaciones en la topología de la red, todos los routers acabarían modificando sus tabla de rutas.

Nota: en caso de haber dos caminos hacia el mismo router con distinto coste, se elegiría el que menor coste tiene.

Tabla 1: Vectores de distancias iniciales.

Vector de A			Vector de B		
Dest	Coste	Línea	Dest	Coste	Línea
A	0	-	B	0	-
Vector de C			Vector de D		
Dest	Coste	Línea	Dest	Coste	Línea
C	0	-	D	0	-

Tabla 2: Tablas después del primer intercambio.

Vector de A			Vector de B		
Dest	Coste	Línea	Dest	Coste	Línea
A	0	-	B	0	-
B	1	B	A	1	A
C	1	C	D	1	D
Vector de C			Vector de D		
Dest	Coste	Línea	Dest	Coste	Línea
C	0	-	D	0	-
A	1	A	B	1	B
D	1	D	C	1	C

Tabla 3: Tablas después del segundo intercambio.

Vector de A			Vector de B		
Dest	Coste	Línea	Dest	Coste	Línea
A	0	-	B	0	-
B	1	B	A	1	A
C	1	C	D	1	D
D	2	B	C	2	A
Vector de C			Vector de D		
Dest	Coste	Línea	Dest	Coste	Línea
C	0	-	D	0	-
A	1	A	B	1	B
D	1	D	C	1	C
B	2	A	A	2	B

## OSPF

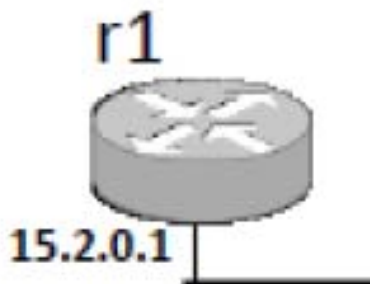


Figura 2. DR de la subred

Nuestro router es el único conectado en la subred (al menos el único con OSPF activo).

Enviaré mensajes HELLO cada 10 segundos pero no recibirá respuesta. Se selecciona a R1 como Router Designado.

DR de la subred = 15.2.0.1

BDR de la subred = 0.0.0.0

Llegado un momento, R2 se conecta:

- R2 pide conectarse al grupo multicast 224.0.0.5. Los mensajes multicast tendrán como destino esta dirección.
- R2 envía un mensaje HELLO (**multicast**) a todos los routers OSPF.
- El DR de la subred no se modifica pero el BDR pasa a ser R2. BDR=15.2.0.2.
- Cuando R1 y R2 descubren que son vecinos, intercambian sus listas de LSA mediante mensajes DB DESCRIPTION (**unicast**).
- Cada uno le pide al otro los LSA que le faltan (LS REQUEST **unicast**).
- Cada router envía los LSA que le han pedido (LS UPDATE **multicast**).
- Los LS UPDATE tienen que ser asentidos mediante un LS ACK (**multicast**).
- Mientras no haya cambios en la

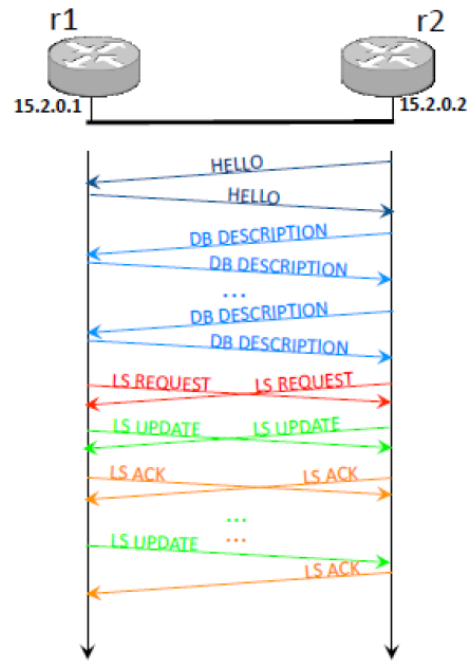


Figura 3. Intercambio de mensajes en DHCP

En caso de cambios en la topología, se enviarán mensajes LS UPDATE con los LSA modificados.

En cuanto al descubrimiento de la red:

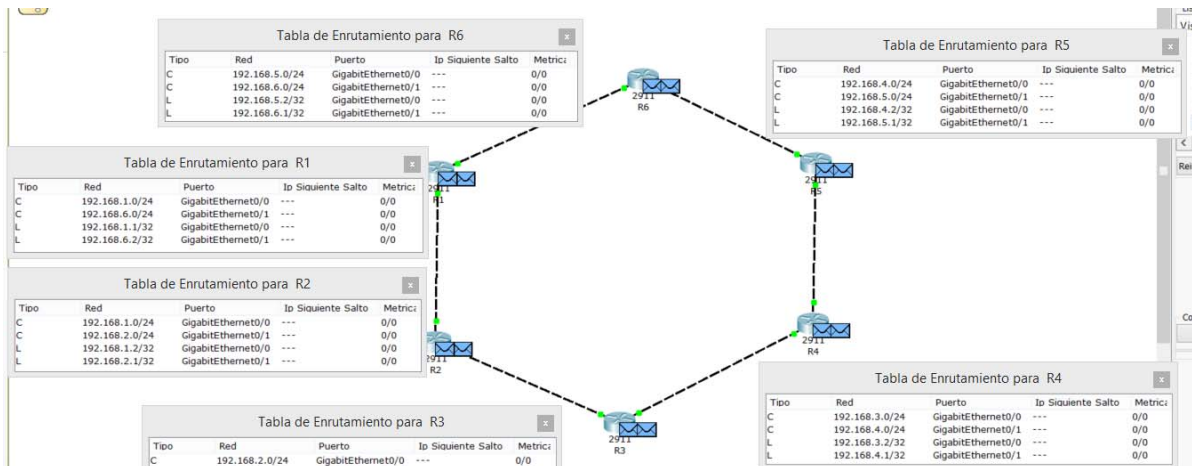


Figura 4: Escenario inicial OSPF.

En la Figura 4 los routers están recién iniciados y aún no han compartido información. Podemos ver que la única información de encaminamiento que poseen los routers es la de entrega directa. Los mensajes que aparecen en la imagen (los sobres) son los mensajes HELLO iniciales. Pasado el proceso descrito anteriormente, los routers tendrán sus tablas de rutas completas. En la Figura 5 se muestran como tipo O (aprendidas mediante OSPF).

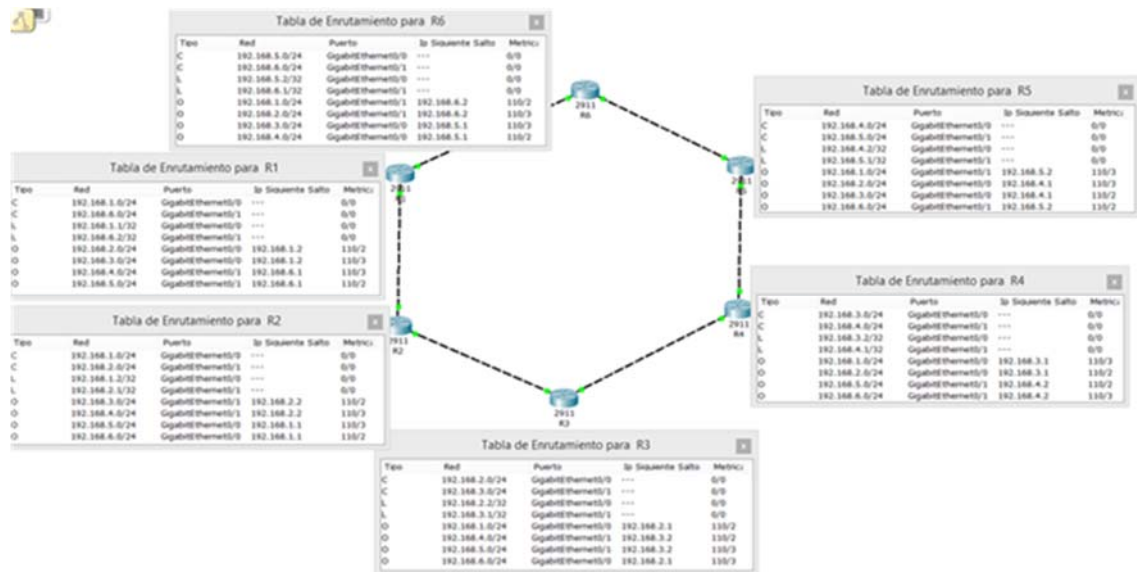


Figura 5. Escenario OSPF con rutas aprendidas.