

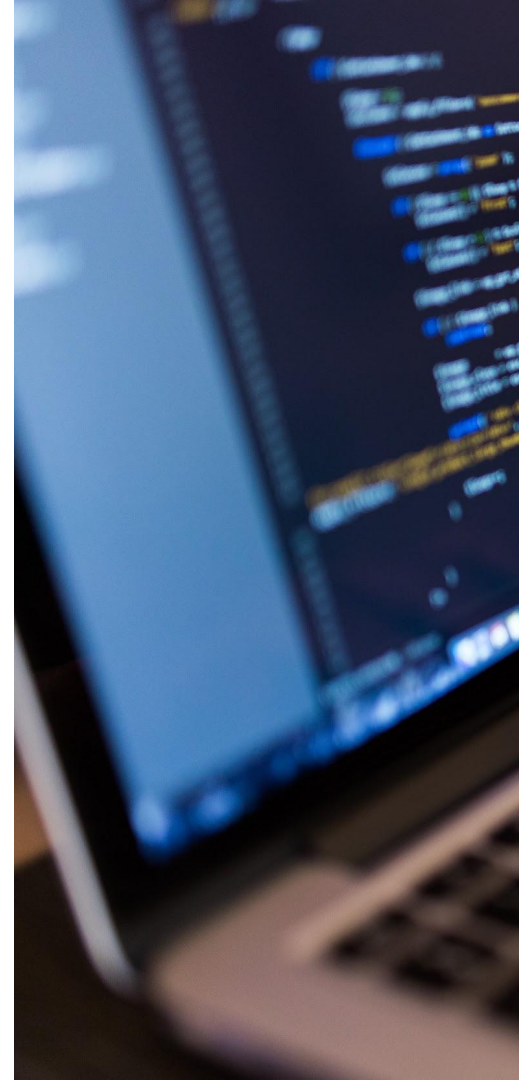


udp

CIT2114 - Redes de Datos

Capítulo 7 - Enrutamiento (Routing)

Rodrigo Muñoz Lara

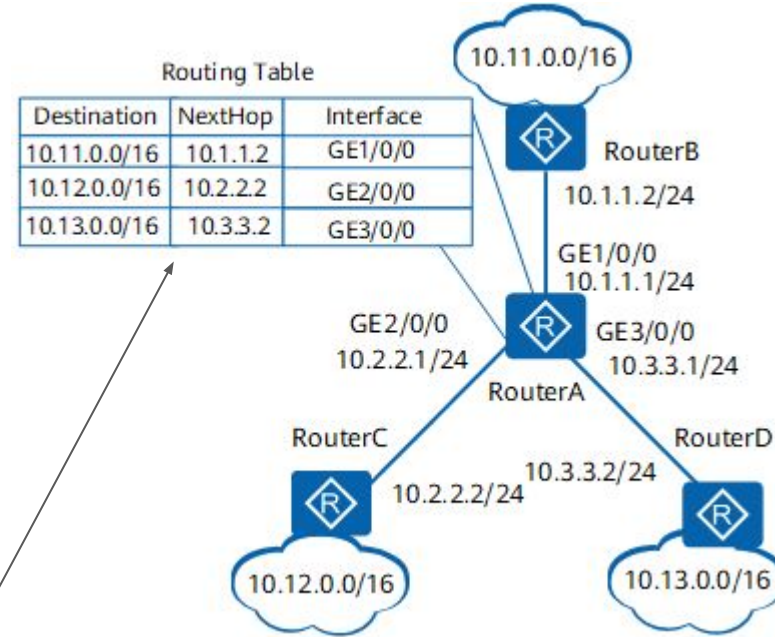


¿Que es el enrutamiento?

En capa 2, la decisión para entregar un *frame* está basada exclusivamente en la dirección MAC de destino. El switch revisa su **tabla CAM** y encuentra el puerto por donde debe salir el *frame*

En capa 3, el asunto es diferente. El puerto de destino o el siguiente router a quien enviar el mensaje está basado en la **red a la que pertenece el destino**.

Por lo tanto, los routers poseen una tabla de enrutamiento similar a la siguiente figura:



¿Que es el enrutamiento?

- El enrutamiento o ruteo es la ***función de buscar un camino entre todos los posibles*** en una red de paquetes cuyas topologías poseen una gran conectividad.
- El enrutamiento es efectuado por los ***routers***.
- El resultado del enrutamiento efectuado por un router es completar su tabla de rutas con el mayor conocimiento posible.

Tipos de enrutamiento

- Existen dos formas de “llenar” o completar las tablas de rutas en un router. De forma **estática** y de forma **dinámica**.
- En la forma estática, un administrador de red configura de forma manual cada ruta en la tabla de ruteo
- En la forma dinámica, las tablas de rutas son “llenadas” a través de un ***protocolo de ruteo*** o ***routing protocol***.

Tipos de enrutamiento

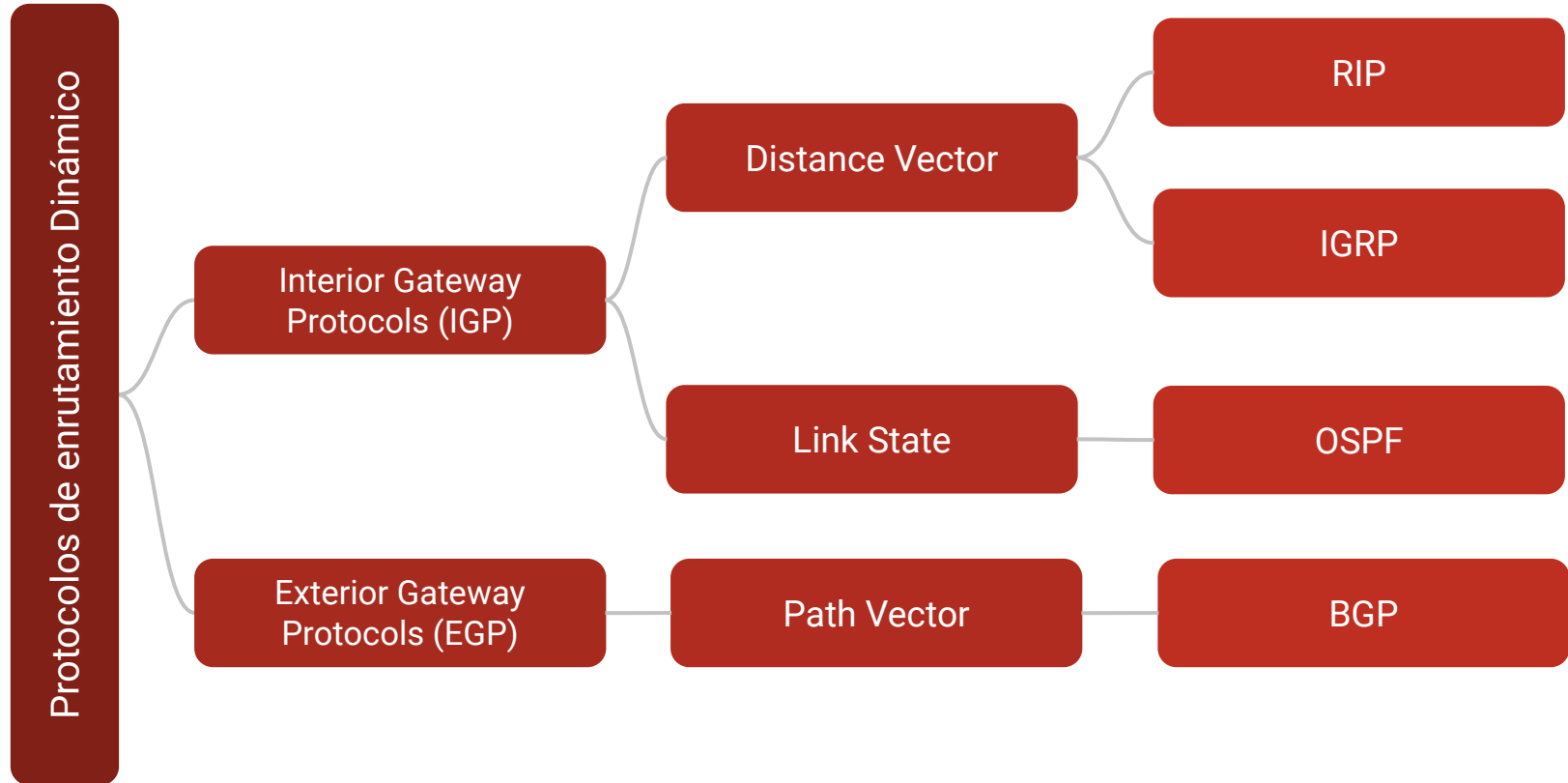
| | Enrutamiento dinámico | Enrutamiento estático |
|---|--|---|
| Complejidad de la configuración | Por lo general es independiente del tamaño de la red | Se incrementa con el tamaño de la red |
| Conocimientos requeridos del administrador | Se requiere de un conocimiento avanzado | No se requieren conocimientos adicionales |
| Cambios de topología | Se adapta automáticamente a los cambios de topología | Se requiere la intervención del administrador |
| Escalamiento | Adecuado para las topologías simples y complejas | Adecuada para topologías simples |
| Seguridad | Es menos seguro | Más segura |
| Uso de recursos | Utiliza CPU, memoria y ancho de banda de enlace | No se requieren recursos adicionales |
| Capacidad de predicción | La ruta depende de la topología actual | La ruta hacia el destino es siempre la misma |

Enrutamiento Dinámico

Todos los protocolos de ruteo dinámico cumplen una serie de pasos relativamente similares para poder **completar**, **mantener** y **modificar** las tablas de rutas en los routers.

1. Cuando los routers tienen sus tablas de ruteo vacías, **comienza el proceso de convergencia**. Los router comienzan a enseñar sus redes
2. Cuando todos los router ya tienen sus tablas con la información de la red, se dice que el **protocolo de ruteo ha convergido**
3. Después de la convergencia, comienza el **envío y recepción de mensajes de mantenimiento y modificación** frente a algún cambio de topología
4. Los router deben comunicarse con sus pares utilizando el **mismo protocolo de ruteo**

Protocolos para enrutamiento dinámico



Enrutamiento por Vector de Distancia

- Utiliza el algoritmo de Bellman-Ford para calcular las rutas.
- Fue el algoritmo original de ARPANET.
- Se usó en DECNET, IPX y Appletalk.
- Lo usa el protocolo RIP (Routing Information Protocol), que hasta 1988 era el único utilizado en Internet.
- También se utiliza en los protocolos propietarios ampliamente extendidos IGRP y EIGRP de Cisco.

Enrutamiento por Vector de Distancia

El protocolo requiere que un ***router informe a sus vecinos de los cambios en la topología periódicamente*** y en algunos casos cuando se detecta un cambio en la topología de la red.

El algoritmo VD se basa en ***calcular la dirección y la distancia*** hasta cualquier enlace en la red.

El costo de alcanzar un destino se lleva a cabo usando cálculos matemáticos como la métrica del camino.

Enrutamiento por Vector de Distancia

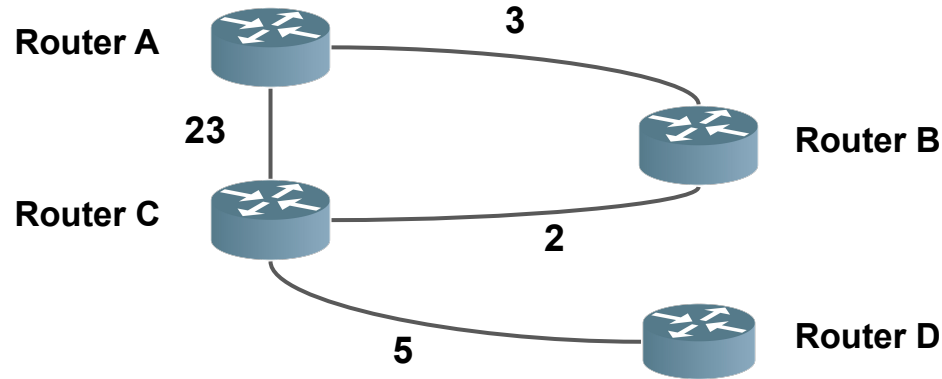
RIP cuenta los saltos efectuados hasta llegar al destino mientras que IGRP utiliza otra información como el retardo y el ancho de banda.

Los cambios son detectados periódicamente ya que la tabla de enrutamiento de cada router se envía a todos los vecinos que usan el mismo protocolo. Una vez que el router tiene toda la información, actualiza su tabla e informa a sus vecinos de los mismos.

Este proceso se conoce también como “enrutamiento por rumor” ya que los nodos utilizan la información de sus vecinos y no pueden comprobar a ciencia cierta si ésta es verdadera o no.

Enrutamiento por Vector de Distancia

Ejemplo: T0



| desde A | vía A | vía B | vía C | vía D |
|---------|-------|-------|-------|-------|
| a A | | | | |
| a B | | 3 | | |
| a C | | | 23 | |
| a D | | | | |

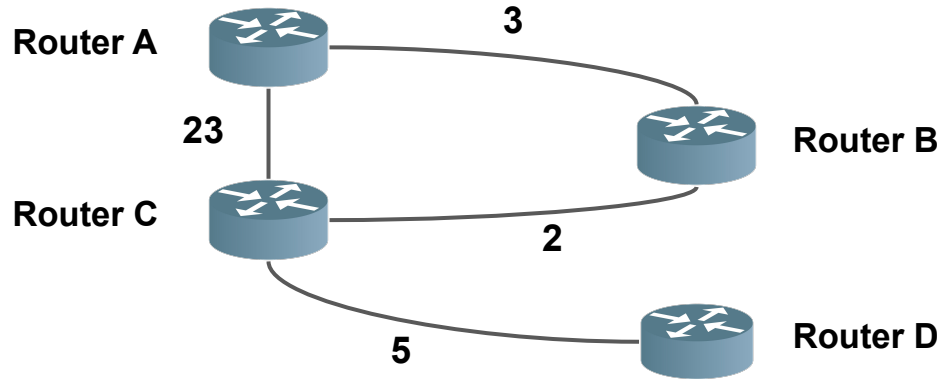
| desde B | vía A | vía B | vía C | vía D |
|---------|-------|-------|-------|-------|
| a A | 3 | | | |
| a B | | | | |
| a C | | | 2 | |
| a D | | | | |

| desde C | vía A | vía B | vía C | vía D |
|---------|-------|-------|-------|-------|
| a A | 23 | | | |
| a B | | 2 | | |
| a C | | | | |
| a D | | | | 5 |

| desde D | vía A | vía B | vía C | vía D |
|---------|-------|-------|-------|-------|
| a A | | | | |
| a B | | | | |
| a C | | | 5 | |
| a D | | | | |

Enrutamiento por Vector de Distancia

Ejemplo: T1



| desde A | vía A | vía B | vía C | vía D |
|---------|-------|-------|-------|-------|
| a A | | | | |
| a B | | 3 | 25 | |
| a C | | 5 | 23 | |
| a D | | | 28 | |

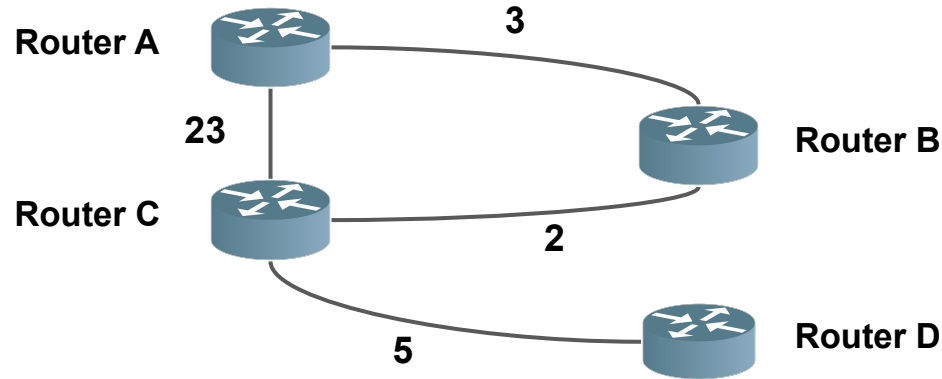
| desde B | vía A | vía B | vía C | vía D |
|---------|-------|-------|-------|-------|
| a A | 3 | | 25 | |
| a B | | | | |
| a C | 26 | | 2 | |
| a D | | | 7 | |

| desde C | vía A | vía B | vía C | vía D |
|---------|-------|-------|-------|-------|
| a A | 23 | 5 | | |
| a B | 26 | 2 | | |
| a C | | | | |
| a D | | | | 5 |

| desde D | vía A | vía B | vía C | vía D |
|---------|-------|-------|-------|-------|
| a A | | | 28 | |
| a B | | | 7 | |
| a C | | | 5 | |
| a D | | | | |

Enrutamiento por Vector de Distancia

Ejemplo: T2



| desde A | vía A | vía B | vía C | vía D |
|---------|-------|-------|-------|-------|
| a A | | | | |
| a B | | 3 | 25 | |
| a C | | 5 | 23 | |
| a D | | 10 | 28 | |

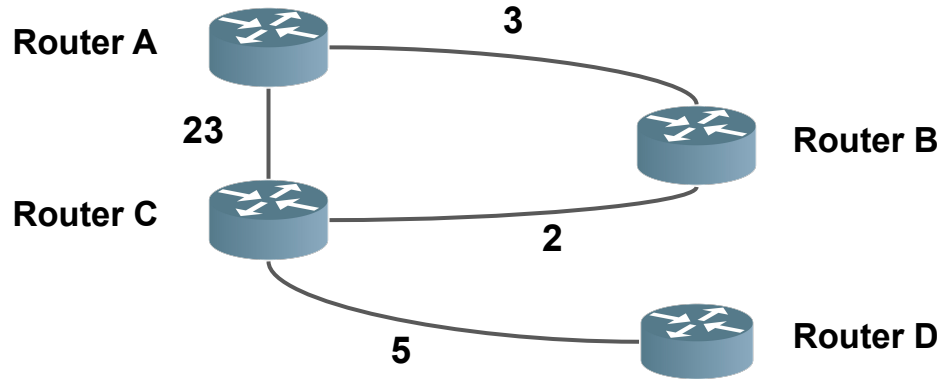
| desde B | vía A | vía B | vía C | vía D |
|---------|-------|-------|-------|-------|
| a A | 3 | | 25 | |
| a B | | | | |
| a C | 26 | | 2 | |
| a D | 31 | | 7 | |

| desde C | vía A | vía B | vía C | vía D |
|---------|-------|-------|-------|-------|
| a A | 23 | 5 | | 33 |
| a B | 26 | 2 | | 12 |
| a C | | | | |
| a D | 33 | 9 | | 5 |

| desde D | vía A | vía B | vía C | vía D |
|---------|-------|-------|-------|-------|
| a A | | | 10 | |
| a B | | | 7 | |
| a C | | | 5 | |
| a D | | | | |

Enrutamiento por Vector de Distancia

Ejemplo: T3



| desde A | vía A | vía B | vía C | vía D |
|---------|-------|-------|-------|-------|
| a A | | | | |
| a B | | 3 | 25 | |
| a C | | 5 | 23 | |
| a D | | 10 | 28 | |

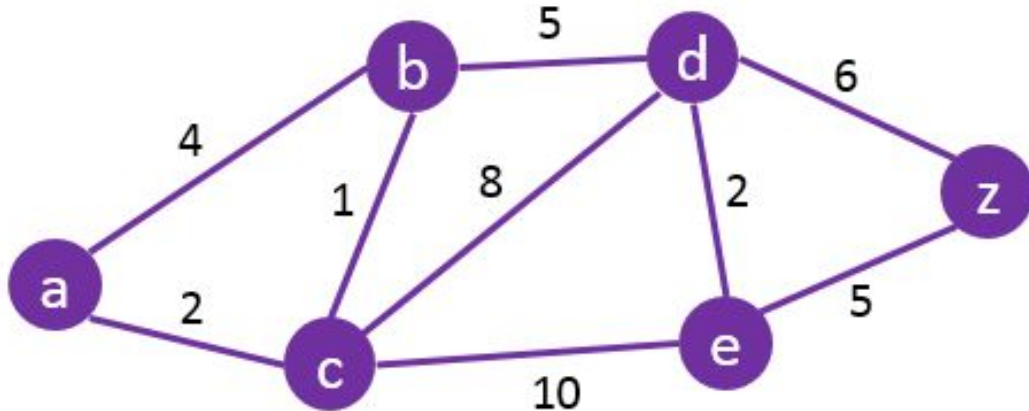
| desde B | vía A | vía B | vía C | vía D |
|---------|-------|-------|-------|-------|
| a A | 3 | | 7 | |
| a B | | | | |
| a C | 8 | | 2 | |
| a D | 31 | | 7 | |

| desde C | vía A | vía B | vía C | vía D |
|---------|-------|-------|-------|-------|
| a A | 23 | 5 | | 15 |
| a B | 26 | 2 | | 12 |
| a C | | | | |
| a D | 33 | 9 | | 5 |

| desde D | vía A | vía B | vía C | vía D |
|---------|-------|-------|-------|-------|
| a A | | | 10 | |
| a B | | | 7 | |
| a C | | | 5 | |
| a D | | | | |

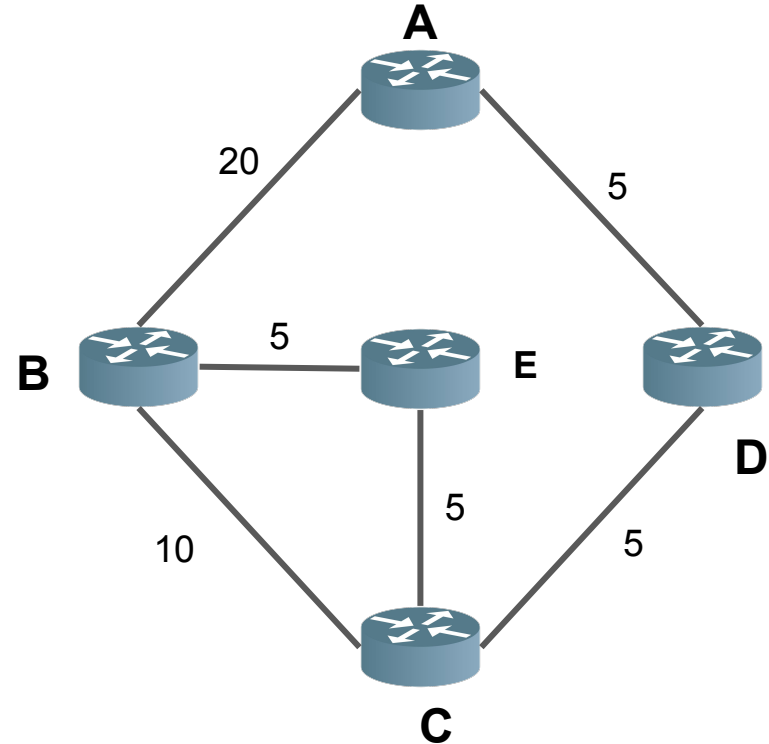
Enrutamiento por estado de enlace

- El algoritmo de Dijkstra permite encontrar la ruta más corta entre dos nodos en un grafo.
- Un grafo está compuesto por nodos (círculos con letras) y aristas (líneas moradas con valores)
- La ruta más corta no se refiere a la ruta con menos cantidad de saltos.



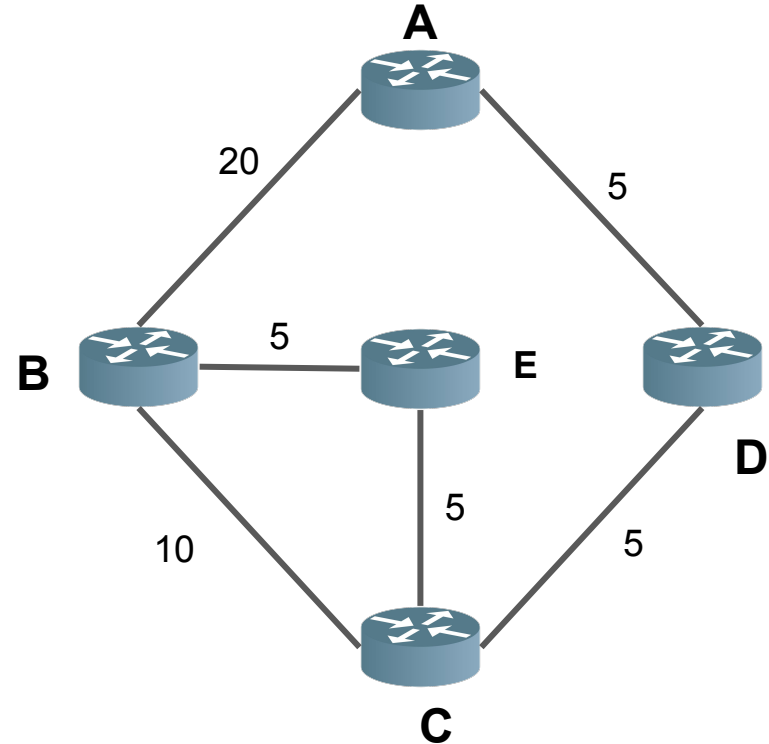
Enrutamiento por estado de enlace

- En nuestro caso, el grafo estará compuesto por ***nodos*** que serán ***router*** y **aristas** que serán **enlaces**.
- El protocolo de enrutamiento de estado de enlace se encarga de *darle un peso o costo* a cada arista basado en parámetros como ancho de banda, latencia, etc.



Enrutamiento por estado de enlace

- El algoritmo entrega la ruta más corta entre dos nodos. Por ejemplo suponga que quiere saber cual es la ruta más corta entre el router A y el router E
- Camino 1: ABE con costo 25
- Camino 2: ADCE con costo 15

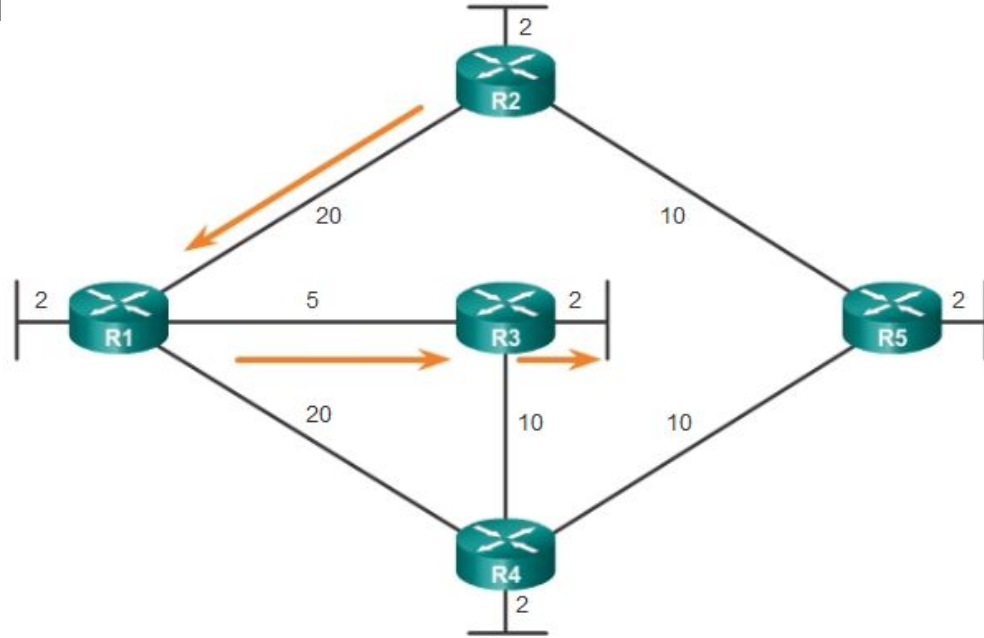


Enrutamiento por estado de enlace

- Protocolos de ***estado de enlace*** son más complejos que los protocolos de ***vector de distancia***
- Al ser más complejos incurren en un mayor consumo de BW, CPU y memoria
- Su configuración es simple, similar a el caso de los protocolos de vector de distancia

Enrutamiento por Estado de Enlace

Por ejemplo, observe la ruta hacia la LAN R5. Podría suponerse que el R1 realizaría el envío directamente al R4 en lugar de al R3. Sin embargo, el costo para llegar a R4 directamente (20) es más alto que el costo para llegar a R4 a través de R3 (15).



Enrutamiento por Estado de Enlace

En la siguiente tabla, se muestra la ruta más corta y el costo acumulado para llegar a las redes de destino identificadas desde la perspectiva del R1.

La ruta más corta no es necesariamente la ruta con la menor cantidad de saltos

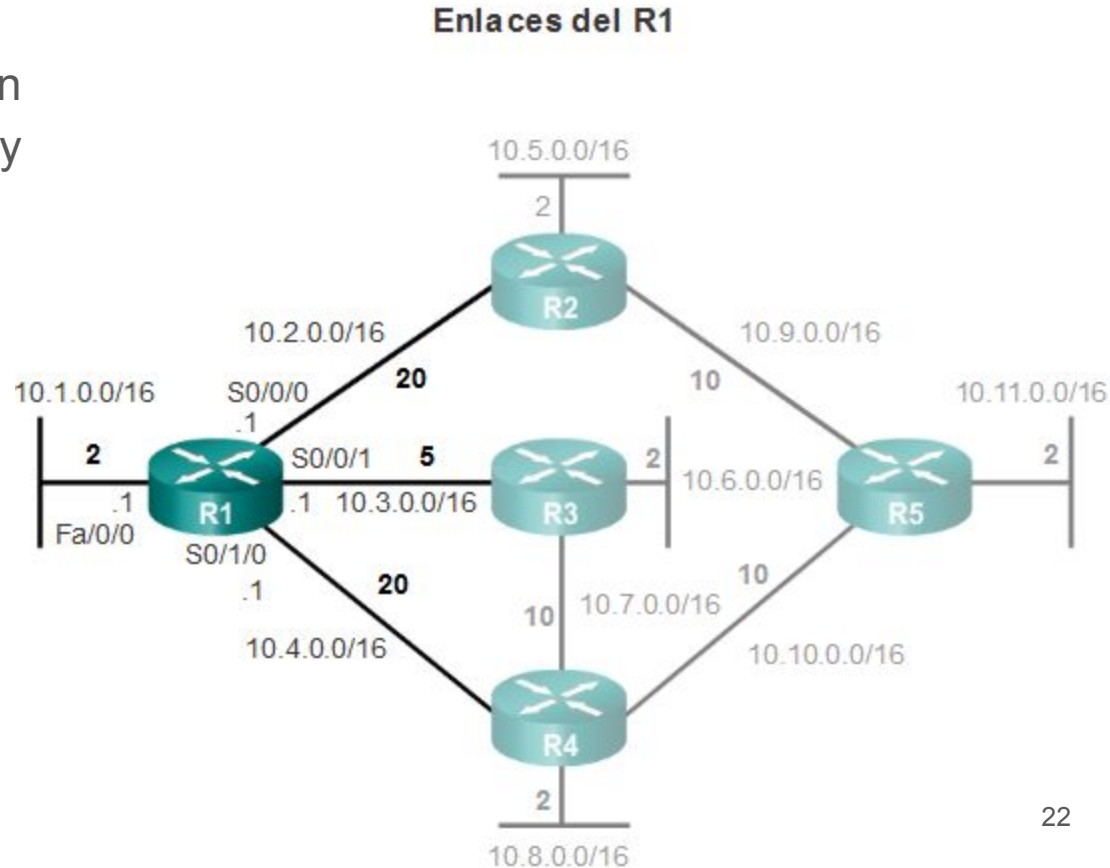
| Destino | Ruta más corta | Costo |
|------------|--------------------------|-------|
| LAN del R2 | R1 a R2 | 22 |
| LAN del R3 | R1 a R3 | 7 |
| LAN del R4 | Del R1 al R3 al R4 | 17 |
| LAN del R5 | Del R1 al R3 al R4 al R5 | 27 |

Proceso del enrutamiento de estado de enlace

1. Cada router obtiene información acerca de sus propios enlaces y sus propias redes conectadas directamente.
2. Cada router es responsable de saludar a sus vecinos en redes conectadas directamente.
3. Cada router crea un Paquete de link-state (LSP) que incluye el estado de cada enlace directamente conectado.
4. Cada router satura a todos los vecinos con el LSP. Estos vecinos almacenan todos los LSP recibidos en una base de datos.
5. Cada router utiliza la base de datos para construir un mapa completo de la topología y calcula el mejor camino hacia cada red de destino.

Proceso del enrutamiento de estado de enlace

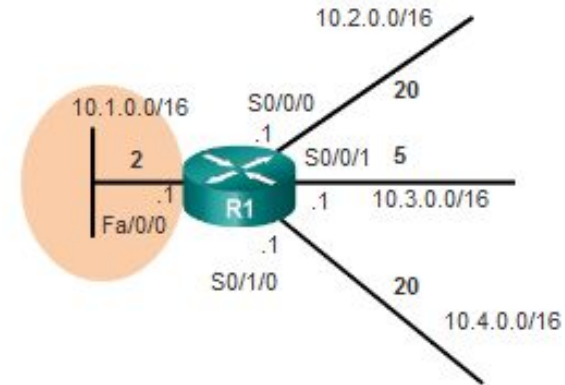
1. Cada router obtiene información acerca de sus propios enlaces y sus propias redes conectadas directamente.



Proceso del enrutamiento de estado de enlace

1. Cada router obtiene información acerca de sus propios enlaces y sus propias redes conectadas directamente.

Estado de enlace de la interfaz Fa0/0



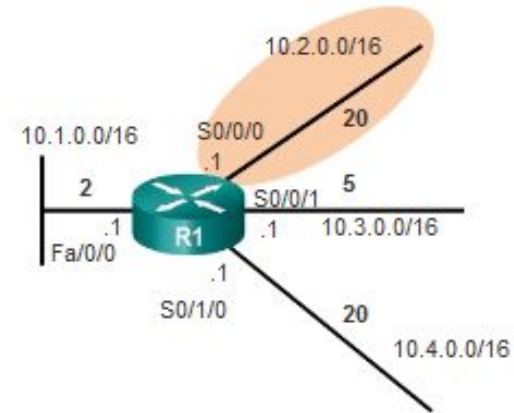
Enlace 1

- Red: **10.1.0.0/16**
- Dirección IP: **10.1.0.1**
- Tipo de red: **Ethernet**
- Costo del enlace: **2**
- Vecinos: **ninguno**

Proceso del enrutamiento de estado de enlace

1. Cada router obtiene información acerca de sus propios enlaces y sus propias redes conectadas directamente.

Estado de enlace de la interfaz S0/0/0



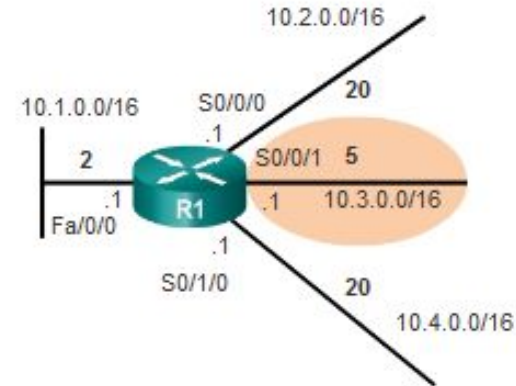
Enlace 2

- Red: 10.2.0.0/16
- Dirección IP: 10.2.0.1
- Tipo de red: serial
- Costo del enlace: 20
- Vecinos: R2

Proceso del enrutamiento de estado de enlace

1. Cada router obtiene información acerca de sus propios enlaces y sus propias redes conectadas directamente.

Estado de enlace de la interfaz S0/0/1



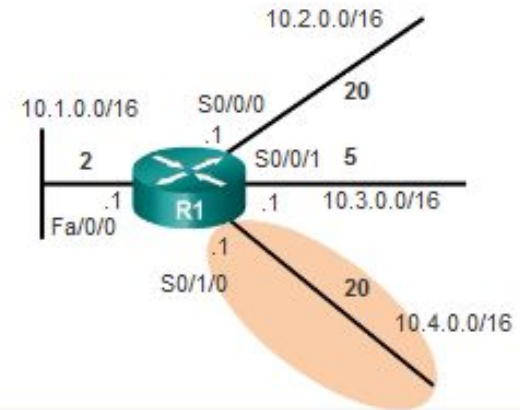
Enlace 3

- Red: **10.3.0.0/16**
- Dirección IP: **10.3.0.1**
- Tipo de red: **serial**
- Costo del enlace: **5**
- Vecinos: **R3**

Proceso del enrutamiento de estado de enlace

1. Cada router obtiene información acerca de sus propios enlaces y sus propias redes conectadas directamente.

Estado de enlace de la interfaz S0/1/0

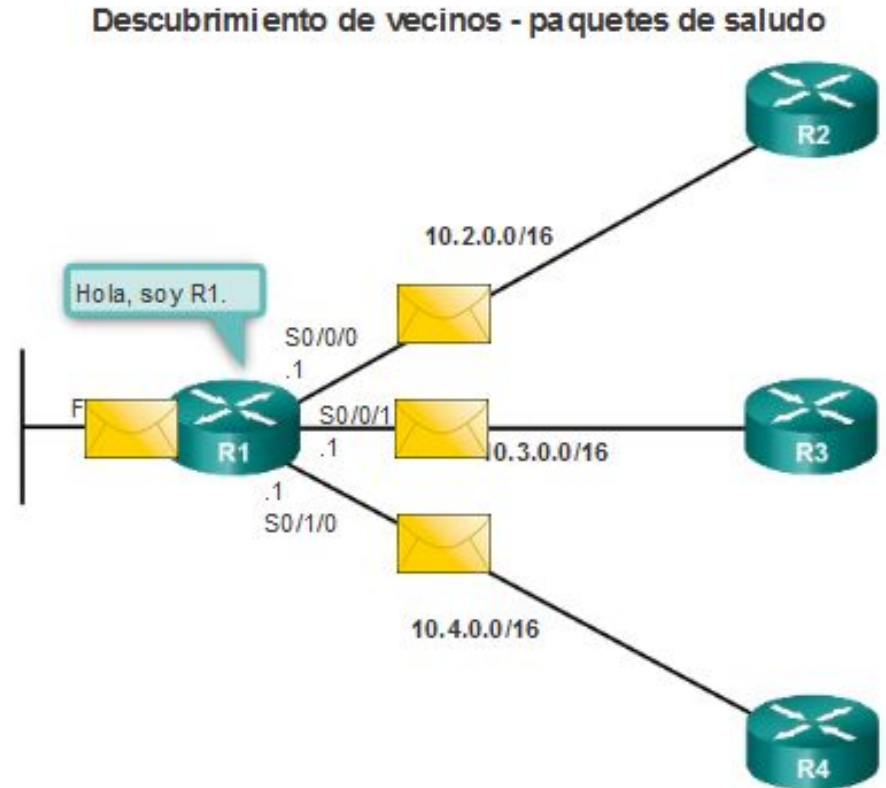


Enlace 4

- Red: 10.4.0.0/16
- Dirección IP: 10.4.0.1
- Tipo de red: serial
- Costo del enlace: 20
- Vecinos: R4

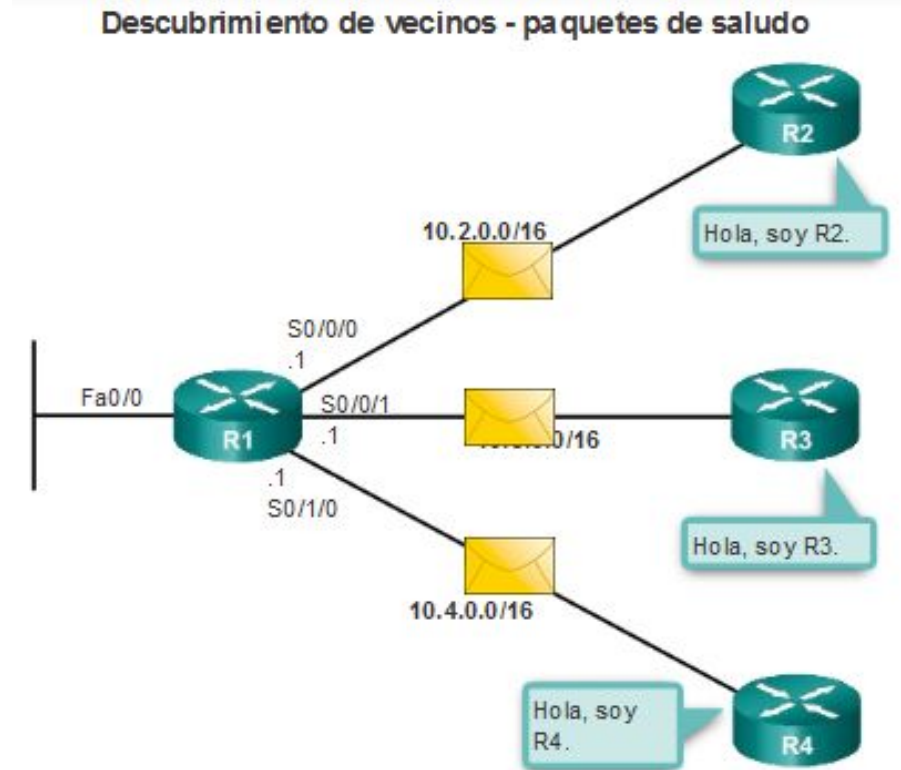
Proceso del enrutamiento de estado de enlace

2. Cada router es responsable de saludar a sus vecinos en redes conectadas directamente.



Proceso del enrutamiento de estado de enlace

2. Cada router es responsable de saludar a sus vecinos en redes conectadas directamente.



Proceso del enrutamiento de estado de enlace

3. Cada router crea un Paquete de link-state (LSP) que incluye el estado de cada enlace directamente conectado.

Una vez que un router establece sus adyacencias, puede armar LSP que contienen la información de estado de enlace de sus enlaces.

R1; Red Ethernet 10.1.0.0/16; Costo 2

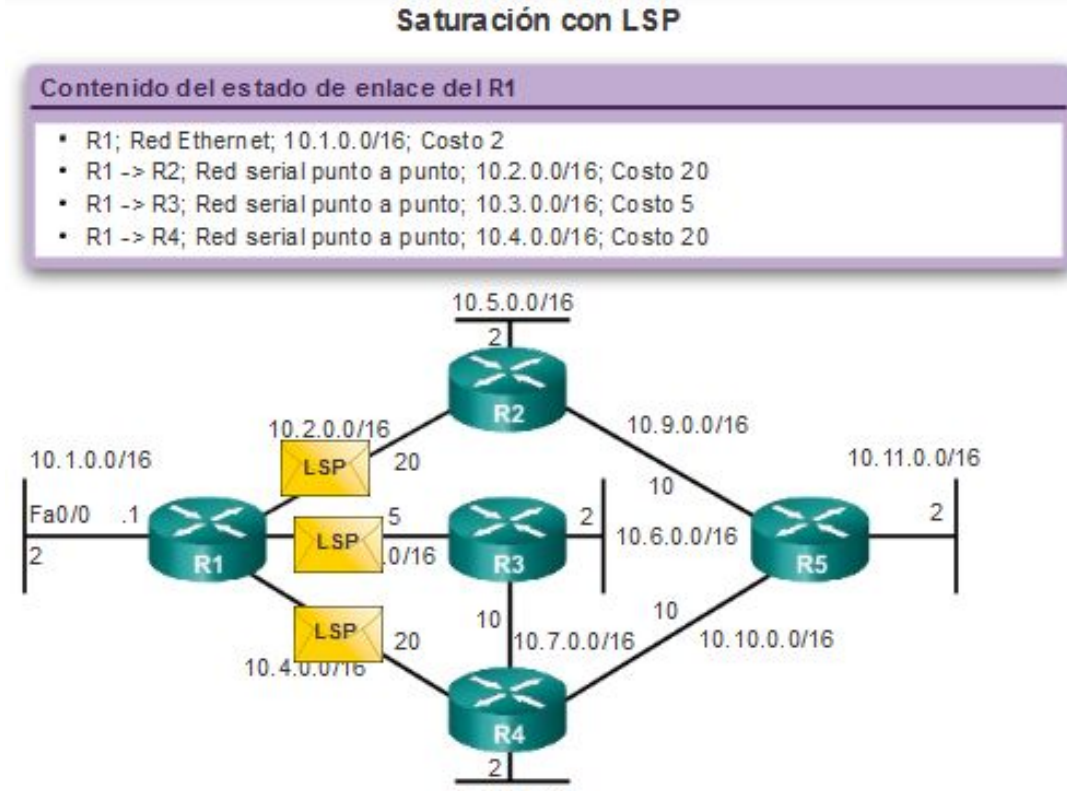
R1 -> R2; Red serial punto a punto; 10.2.0.0/16; Costo 20

R1 -> R3; Red serial punto a punto; 10.3.0.0/16; Costo 5

R1 -> R4; Red serial punto a punto; 10.4.0.0/16; Costo 20

Proceso del enrutamiento de estado de enlace

4. Cada router satura a todos los vecinos con el LSP. Estos vecinos almacenan todos los LSP recibidos en una base de datos.



Proceso del enrutamiento de estado de enlace

Contenido de la base de datos de estado de enlace

5. Cada router utiliza la base de datos para construir un mapa completo de la topología y calcula el mejor camino hacia cada red de destino.

Base de datos de Link-State de R1

Estados de enlace del R1:

- Conectado a la red 10.1.0.0/16, costo = 2
- Conectado al R2 en la red 10.2.0.0/16, costo = 20
- Conectado al R3 en la red 10.3.0.0/16, costo = 5
- Conectado al R4 en la red 10.4.0.0/16, costo = 20

Estados de enlace del R2:

- Conectado a la red 10.5.0.0/16, costo = 2
- Conectado al R1 en la red 10.2.0.0/16, costo = 20
- Conectado al R5 en la red 10.9.0.0/16, costo = 10

Estados de enlace del R3:

- Conectado a la red 10.6.0.0/16, costo = 2
- Conectado al R1 en la red 10.3.0.0/16, costo = 5
- Conectado al R4 en la red 10.7.0.0/16, costo = 10

Estados de enlace del R4:

- Conectado a la red 10.8.0.0/16, costo = 2
- Conectado al R1 en la red 10.4.0.0/16, costo = 20
- Conectado al R3 en la red 10.7.0.0/16, costo = 10
- Conectado al R5 en la red 10.10.0.0/16, costo = 10

Estados de enlace del R5:

- Conectado a la red 10.11.0.0/16, costo = 2
- Conectado al R2 en la red 10.9.0.0/16, costo = 10
- Conectado al R4 en la red 10.10.0.0/16, costo = 10