



# Protocolos de enrutamiento de estado de enlace

Jean Polo Cequeda Olago



## Conceptos y protocolos de enrutamiento. Capítulo 10

Cisco | Networking Academy®  
Mind Wide Open™

## Objetivos

- Describir las funciones básicas y los conceptos de los protocolos de enrutamiento de estado de enlace.
- Enumerar los beneficios y los requisitos de los protocolos de enrutamiento de estado de enlace.

# Enrutamiento de estado de enlace

- Protocolos de enrutamiento de estado de enlace
  - También se conocen como algoritmos shortest path first (SPF, primero la ruta más corta)
  - Estos protocolos se crean sobre la base de los algoritmos SPF de Dijkstra

Clasificación de los protocolos de enrutamiento

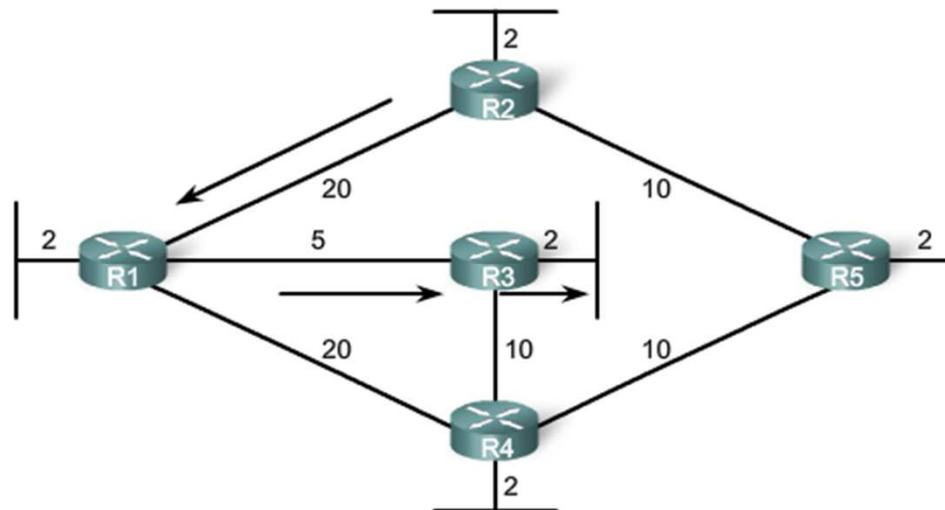
	Protocolos de gateway interiores		Protocolos de Gateway Exterior
	Protocolos de enrutamiento por vector de distancia	Protocolos de enrutamiento de estado de enlace	Vector de ruta
Con clase	<b>RIP</b> IGRP		EGP
Sin clase	<b>RIPv2</b> <b>EIGRP</b>	<b>OSPFv2</b> IS-IS	BGPv4
IPv6	RIPng <b>EIGRP para IPv6</b>	OSPFv3 <b>IS-IS para IPv6</b>	<b>BGPv4 para IPv6</b>

El currículum se concentra en los protocolos de enrutamiento escritos en negrita.

# Enrutamiento de estado de enlace

El algoritmo de Dijkstra también es conocido como el algoritmo shortest path first (SPF, primero la ruta más corta)

Shortest path first del algoritmo de Dijkstra



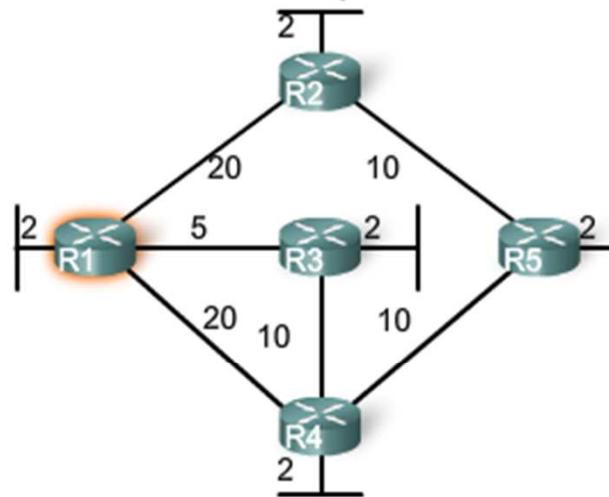
Ruta más corta para que el host en la LAN del R2 alcance al host en la LAN de R3:  
 $R2 \text{ a } R1 (20) + R1 \text{ a } R3 (5) + R3 \text{ a } LAN (2) = 27$

# Enrutamiento de estado de enlace

- La ruta más corta a un destino no es necesariamente la ruta con menor cantidad de saltos

Introducción al algoritmo SPF

Árbol SPF para R1



Destino	Ruta más corta	Costo
LAN de R2	R1 a R2	22
LAN de R3	R1 a R3	7
LAN de R4	R1 a R3 a R4	17
LAN de R5	R1 a R3 a R4 a R5	27

# Enrutamiento de estado de enlace

## Proceso de enrutamiento de estado de enlace

- Cómo logran la **convergencia** los routers que utilizan protocolos de enrutamiento de estado de enlace:
  - Cada router conoce sus propias redes conectadas directamente.
  - Los routers de estado de enlace intercambian un paquete de saludo para “conocer” a los routers de estado de enlace conectados directamente.
  - Cada router crea su propio paquete de estado de enlace (LSP) que incluye información sobre los vecinos, como la ID, el tipo de enlace y el ancho de banda.
  - Una vez que se crea el LSP, el router lo envía a todos sus vecinos, que almacenan la información y, luego, la reenvían hasta que todos los routers tengan la misma información.
  - Cuando todos los routers han recibido los LSP, los routers crean un mapa topológico de la red que se utiliza para determinar las mejores rutas para un destino.

# Enrutamiento de estado de enlace

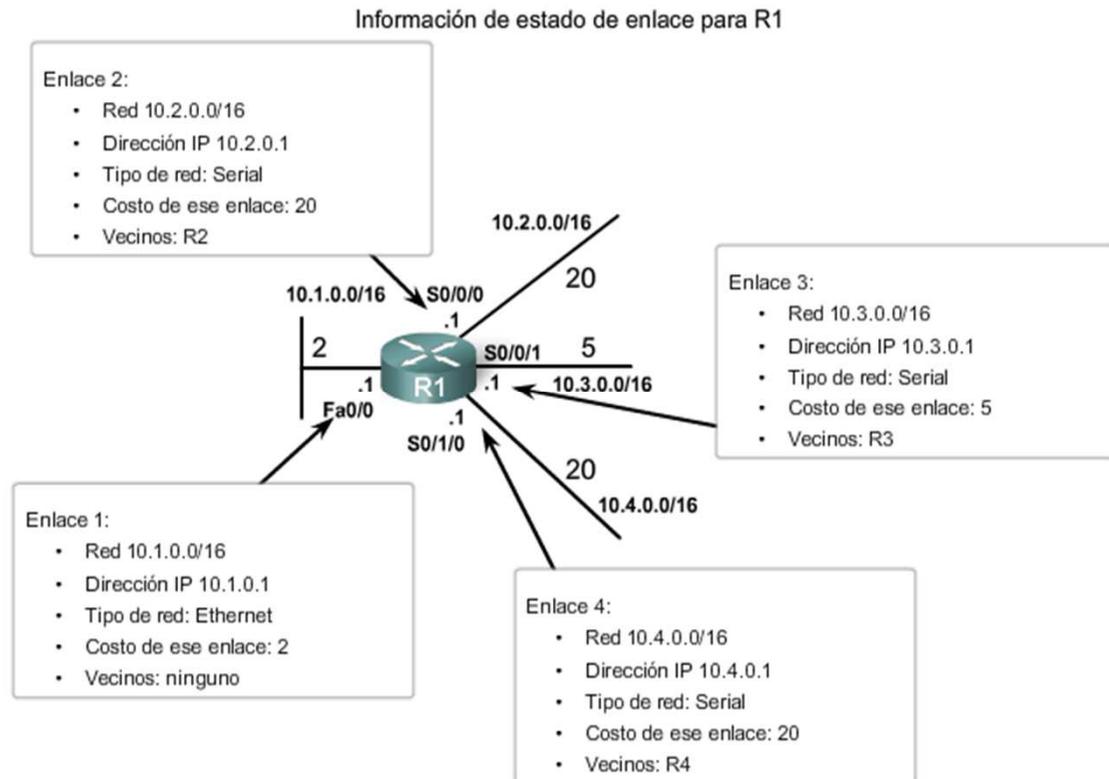
- Redes conectadas directamente

- Enlace

Es una interfaz de 'un router

- Estado de enlace

Es la información sobre el estado de los enlaces



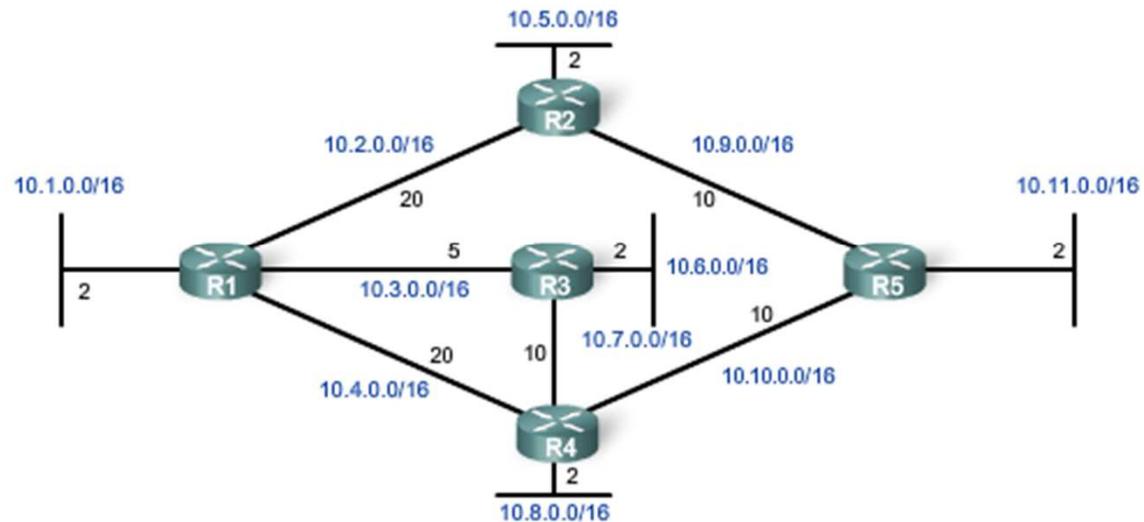
# Enrutamiento de estado de enlace

- Los protocolos de enrutamiento de estado de enlace utilizan un protocolo de saludo

Objetivo de un protocolo de saludo:

- Descubrir vecinos (que utilicen el mismo protocolo de enrutamiento de estado de enlace) en su enlace

Proceso de enrutamiento de estado de enlace

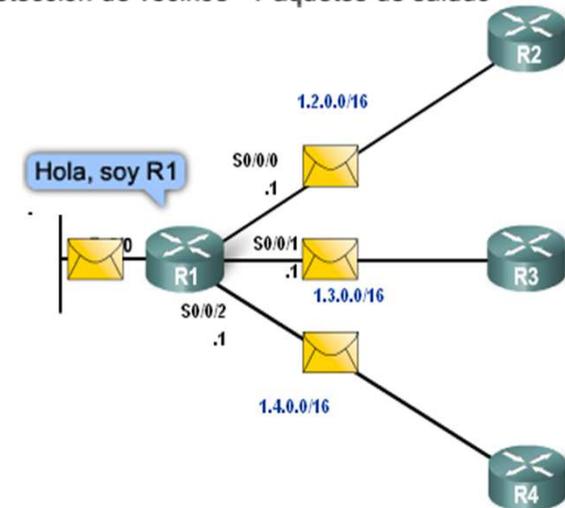


# Enrutamiento de estado de enlace

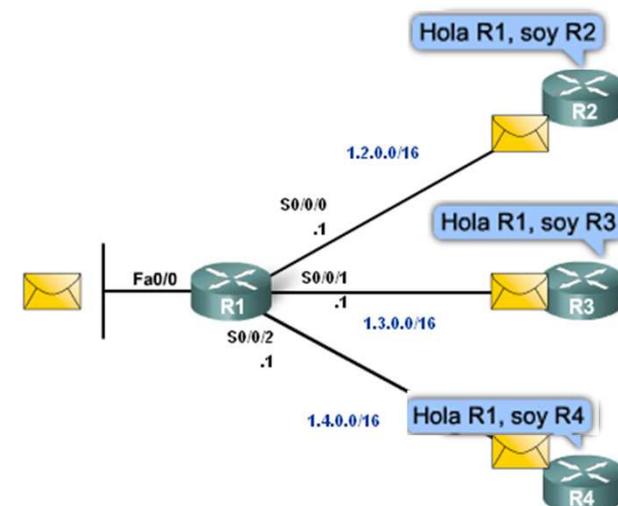
## Envío de paquetes de saludo a los vecinos

- Intercambiarán paquetes de saludo las interfaces conectadas que utilicen los mismos protocolos de enrutamiento de estado de enlace
- Una vez que los routers conozcan a sus vecinos formarán una adyacencia
  - Dos vecinos adyacentes intercambiarán paquetes de saludo
  - Estos paquetes servirán como función de actividad

Detección de vecinos—Paquetes de saludo



Detección de vecinos—Paquetes de saludo



# Enrutamiento de estado de enlace

## Creación del paquete de estado de enlace

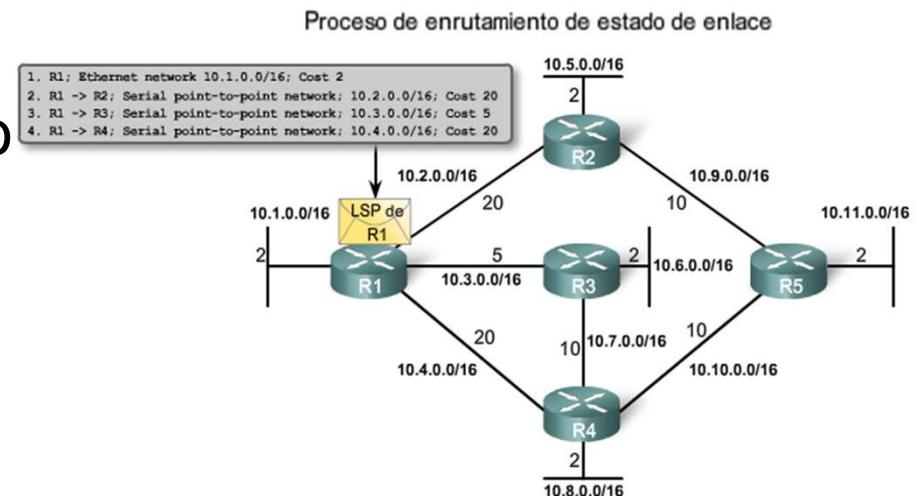
- Cada router crea su propio paquete de estado de enlace (LSP)

### Contenido del LSP:

- Estado de cada enlace conectado directamente
- Incluye información sobre los vecinos, como la ID, el tipo de enlace y el ancho de banda

**Proceso de enrutamiento de estado de enlace**

1. Cada router aprende de cada una de sus propias redes conectadas directamente.
2. Cada router tiene la responsabilidad de "saludar" a sus vecinos en redes conectadas directamente.
3. Cada router crea un Paquete de estado de enlace (LSP) que contiene el estado de cada enlace conectado directamente.
4. Cada router inunda el LSP hacia todos sus vecinos, quienes luego almacenan en una base de datos todos los LSP recibidos.
5. Cada router utiliza la base de datos para construir un mapa topológico completo y computa la mejor ruta para cada red de destino.

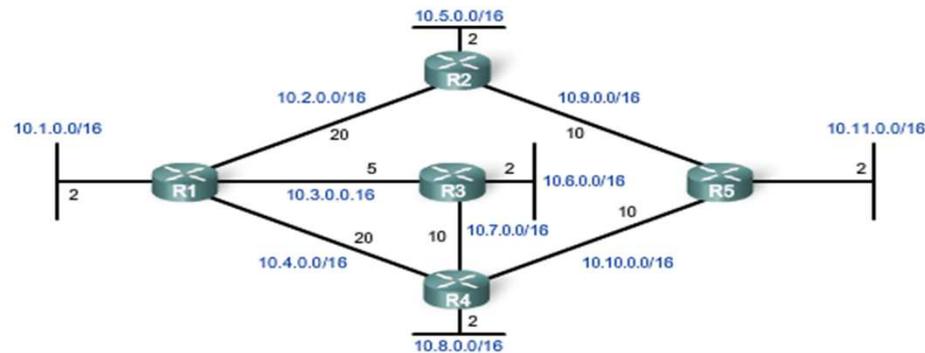


# Enrutamiento de estado de enlace

Flooding o inundacion de LSP a los vecinos

- Una vez que se crean los LSP, éstos se reenvían a los vecinos
  - Cuando recibe el LSP, el vecino continúa reenviándolo por el área de enrutamiento

Proceso de enrutamiento de estado de enlace

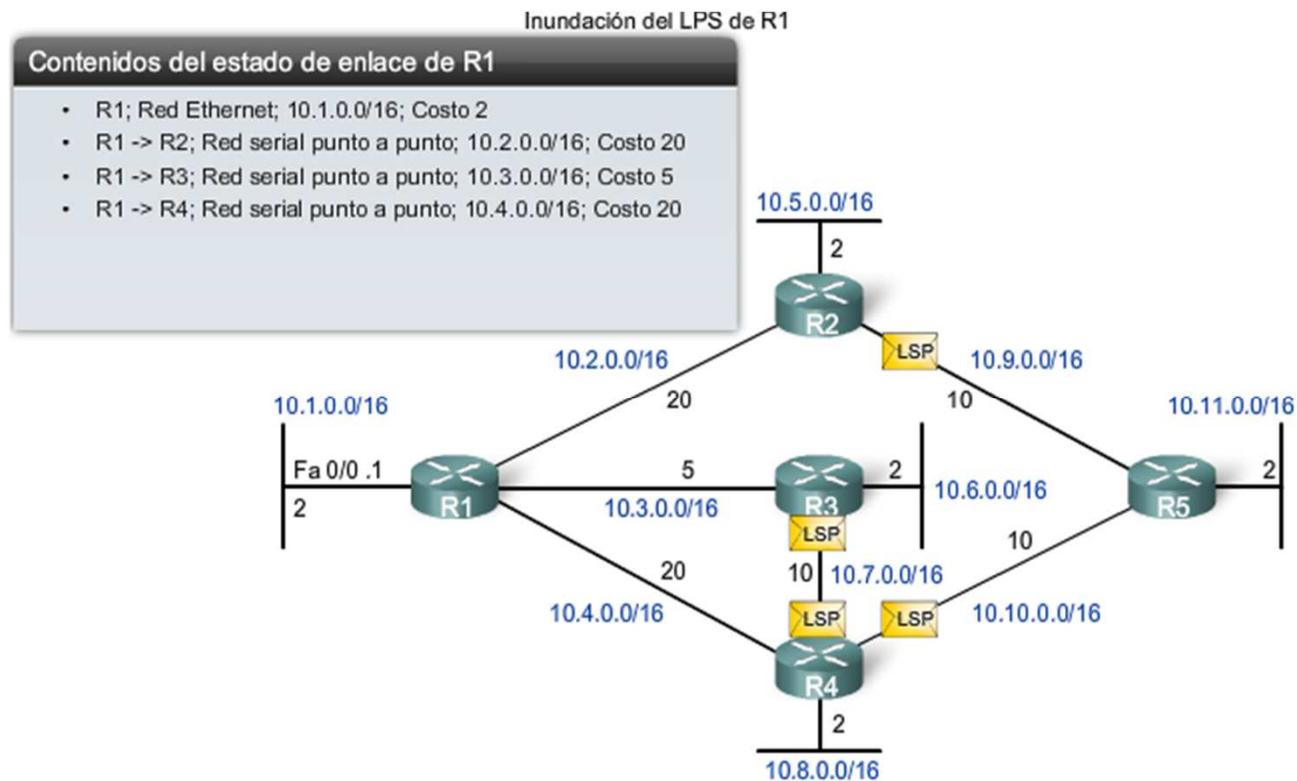


**Proceso de enrutamiento de estado de enlace**

1. Cada router aprende de cada una de sus propias redes conectadas directamente.
2. Cada router tiene la responsabilidad de "saludar" a sus vecinos en redes conectadas directamente.
3. Cada router crea un Paquete de estado de enlace (LSP) que contiene el estado de cada enlace conectado directamente.
4. Cada router inunda el LSP hacia todos sus vecinos, quienes luego almacenan en una base de datos todos los LSP recibidos.
5. Cada router utiliza la base de datos para construir un mapa topológico completo y calcula la mejor ruta para cada red de destino.

# Enrutamiento de estado de enlace

- Los LSP se envían en las siguientes condiciones:
  - Inicio del router o proceso de enrutamiento
  - Cuando hay un cambio en la topología

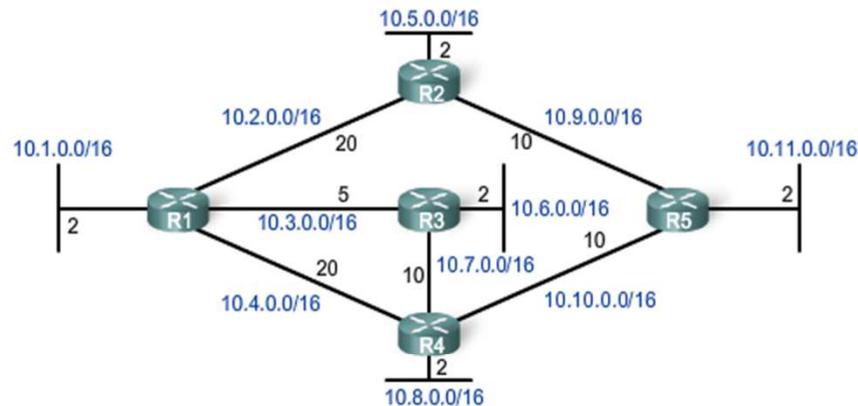


# Enrutamiento de estado de enlace

Construcción de una base de datos de estado de enlace

- Los routers utilizan una base de datos para crear un mapa de la topología de la red

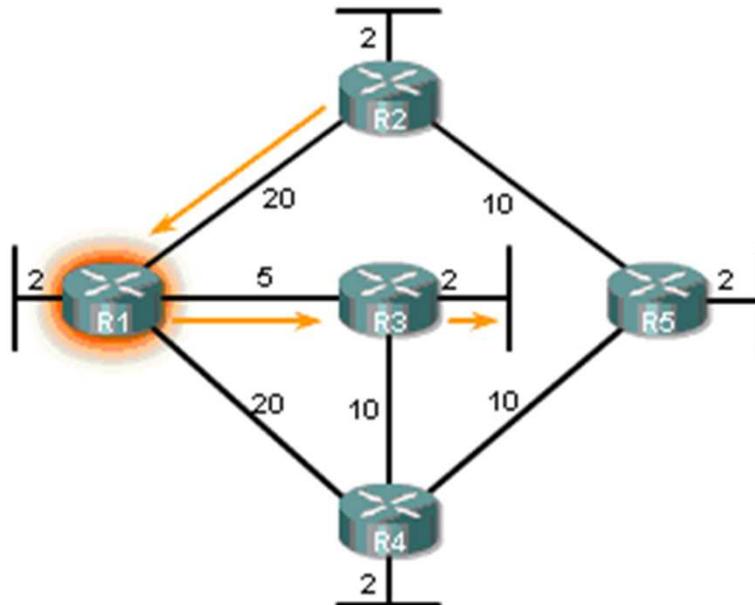
Proceso de enrutamiento de estado de enlace



## Proceso de enrutamiento de estado de enlace

- Cada router aprende de cada una de sus propias redes conectadas directamente.
- Cada router tiene la responsabilidad de "saludar" a sus vecinos en redes conectadas directamente.
- Cada router crea un Paquete de estado de enlace (LSP) que contiene el estado de cada enlace conectado directamente.
- Cada router inunda el LSP hacia todos sus vecinos, quienes luego almacenan en una base de datos todos los LSP recibidos.
- Cada router utiliza la base de datos para construir un mapa topológico completo y calcula la mejor ruta para cada red de destino.

# Enrutamiento de estado de enlace



Destino	Ruta más corta	Costo
LAN de R2	R1 -> R2	22
LAN de R3	R1 -> R3	7
LAN de R4	R1 -> R3 -> R4	17
LAN de R5	R1 -> R3 -> R4 -> R5	27

## Base de datos de estado de enlace de R1

### LSP de R2:

- Conectado al vecino R1 en la red 10.2.0.0/16, costo de 20
- Conectado al vecino R5 en la red 10.9.0.0/16, costo de 10
- Posee una red 10.5.0.0/16, costo de 2

### LSP de R3:

- Conectado al vecino R1 en la red 10.3.0.0/16, costo de 5
- Conectado al vecino R4 en la red 10.7.0.0/16, costo de 10
- Posee una red 10.6.0.0/16, costo de 2

### LSP de R4:

- Conectado al vecino R1 en la red 10.4.0.0/16, costo de 20
- Conectado al vecino R3 en la red 10.7.0.0/16, costo de 10
- Conectado al vecino R5 en la red 10.10.0.0/16, costo de 10
- Posee una red 10.8.0.0/16, costo de 2

### LSP de R5:

- Conectado al vecino R2 en la red 10.9.0.0/16, costo de 10
- Conectado al vecino R4 en la red 10.10.0.0/16, costo de 10
- Posee una red 10.11.0.0/16, costo de 2

### Estados de enlace del R1:

- Conectado al vecino R2 en la red 10.2.0.0/16, costo de 20
- Conectado al vecino R3 en la red 10.3.0.0/16, costo de 5
- Conectado al vecino R4 en la red 10.4.0.0/16, costo de 20
- Posee una red 10.1.0.0/16, costo de 2

# Enrutamiento de estado de enlace

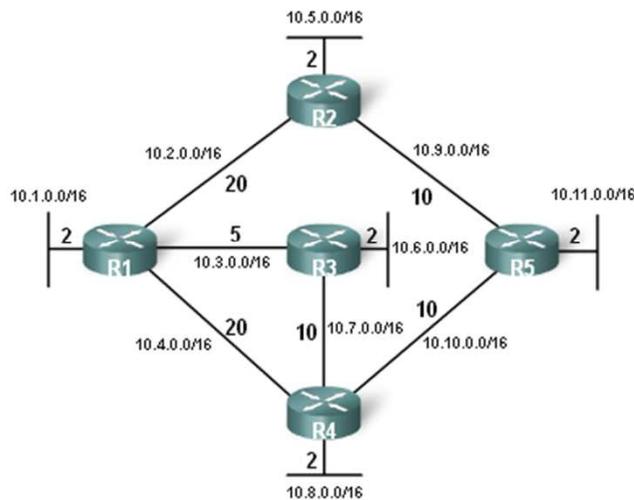
Árbol shortest path first (SPF, primero la ruta más corta)

- Creación de una **porción** del árbol SPF

El proceso comienza con la examinación de la información LSP de R2

- R1 *ignora* el primer LSP

Motivo: R1 ya sabe que está conectado a R2

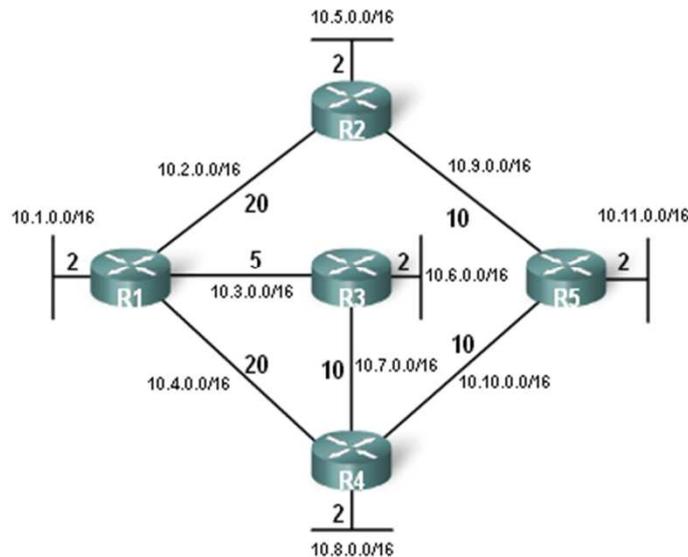


Base de datos de estado de enlace R1	
<b>Estados de enlace de R1:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Conectado al vecino R2 en la red 10.2.0.0/16, costo de 20</li> <li>Conectado al vecino R3 en la red 10.3.0.0/16, costo de 5</li> <li>Conectado al vecino R4 en la red 10.4.0.0/16, costo de 20</li> <li>Posee una red 10.1.0.0/16, costo de 2</li> </ul>	
<b>LSP de R2:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Conectado al vecino R1 en la red 10.2.0.0/16, costo de 20</li> <li>Conectado al vecino R5 en la red 10.9.0.0/16, costo de 10</li> <li>Posee una red 10.5.0.0/16, costo de 2</li> </ul>	
<b>LSP de R3:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Conectado al vecino R1 en la red 10.3.0.0/16, costo de 5</li> <li>Conectado al vecino R4 en la red 10.7.0.0/16, costo de 10</li> <li>Posee una red 10.6.0.0/16, costo de 2</li> </ul>	
<b>LSP de R4:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Conectado al vecino R1 en la red 10.4.0.0/16, costo de 20</li> <li>Conectado al vecino R3 en la red 10.7.0.0/16, costo de 10</li> <li>Conectado al vecino R5 en la red 10.10.0.0/16, costo de 10</li> <li>Posee una red 10.8.0.0/16, costo de 2</li> </ul>	
<b>LSP de R5:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Conectado al vecino R2 en la red 10.9.0.0/16, costo de 10</li> <li>Conectado al vecino R4 en la red 10.10.0.0/16, costo de 10</li> <li>Posee una red 10.11.0.0/16, costo de 2</li> </ul>	

# Enrutamiento de estado de enlace

- Creación de una **porción** del árbol SPF
  - R1 utiliza el segundo LSP

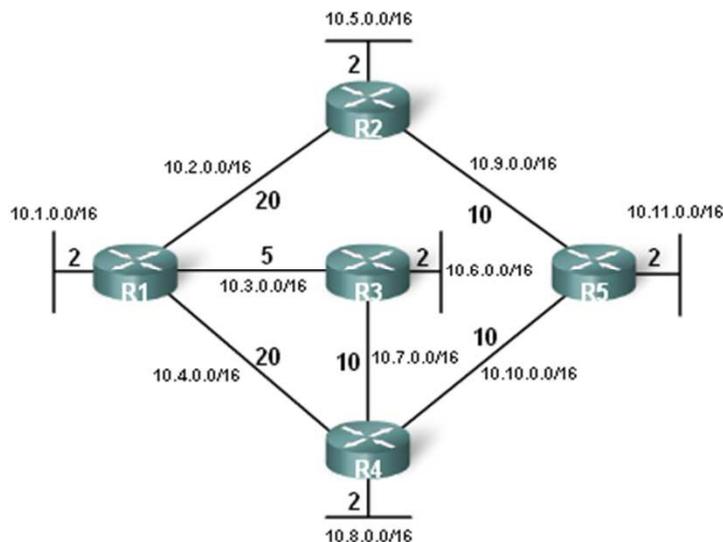
Motivo: R1 puede crear un enlace desde R2 hasta R5. Esta información se agrega al árbol SFP de R1



Base de datos de estado de enlace R1	
<b>Estados de enlace de R1:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conectado al vecino R2 en la red 10.2.0.0/16, costo de 20</li> <li>• Conectado al vecino R3 en la red 10.3.0.0/16, costo de 5</li> <li>• Conectado al vecino R4 en la red 10.4.0.0/16, costo de 20</li> <li>• Posee una red 10.1.0.0/16, costo de 2</li> </ul>	
<b>LSP de R2:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conectado al vecino R1 en la red 10.2.0.0/16, costo de 20</li> <li>• Conectado al vecino R5 en la red 10.9.0.0/16, costo de 10</li> <li>• Posee una red 10.5.0.0/16, costo de 2</li> </ul>	
<b>LSP de R3:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conectado al vecino R1 en la red 10.3.0.0/16, costo de 5</li> <li>• Conectado al vecino R4 en la red 10.7.0.0/16, costo de 10</li> <li>• Posee una red 10.6.0.0/16, costo de 2</li> </ul>	
<b>LSP de R4:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conectado al vecino R1 en la red 10.4.0.0/16, costo de 20</li> <li>• Conectado al vecino R3 en la red 10.7.0.0/16, costo de 10</li> <li>• Conectado al vecino R5 en la red 10.10.0.0/16, costo de 10</li> <li>• Posee una red 10.8.0.0/16, costo de 2</li> </ul>	
<b>LSP de R5:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conectado al vecino R2 en la red 10.9.0.0/16, costo de 10</li> <li>• Conectado al vecino R4 en la red 10.10.0.0/16, costo de 10</li> <li>• Posee una red 10.11.0.0/16, costo de 2</li> </ul>	

# Enrutamiento de estado de enlace

- Creación de una **porción** del árbol SPF
  - R1 utiliza el tercer LSP
    - Motivo: R1 sabe que R2 está conectado a 10.5.0.0/16
    - Este enlace se agrega al árbol SFP de R1



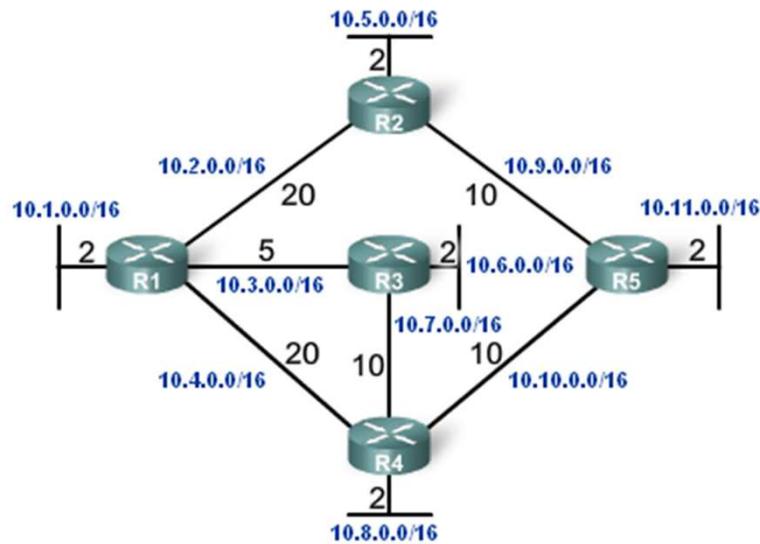
Base de datos de estado de enlace R1	
Estados de enlace de R1:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conectado al vecino R2 en la red 10.2.0.0/16, costo de 20</li> <li>• Conectado al vecino R3 en la red 10.3.0.0/16, costo de 5</li> <li>• Conectado al vecino R4 en la red 10.4.0.0/16, costo de 20</li> <li>• Posee una red 10.1.0.0/16, costo de 2</li> </ul>	
LSP de R2:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conectado al vecino R1 en la red 10.2.0.0/16, costo de 20</li> <li>• Conectado al vecino R5 en la red 10.9.0.0/16, costo de 10</li> <li>• Posee una red 10.5.0.0/16, costo de 2</li> </ul>	
LSP de R3:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conectado al vecino R1 en la red 10.3.0.0/16, costo de 5</li> <li>• Conectado al vecino R4 en la red 10.7.0.0/16, costo de 10</li> <li>• Posee una red 10.6.0.0/16, costo de 2</li> </ul>	
LSP de R4:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conectado al vecino R1 en la red 10.4.0.0/16, costo de 20</li> <li>• Conectado al vecino R3 en la red 10.7.0.0/16, costo de 10</li> <li>• Conectado al vecino R5 en la red 10.10.0.0/16, costo de 10</li> <li>• Posee una red 10.8.0.0/16, costo de 2</li> </ul>	
LSP de R5:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conectado al vecino R2 en la red 10.9.0.0/16, costo de 10</li> <li>• Conectado al vecino R4 en la red 10.10.0.0/16, costo de 10</li> <li>• Posee una red 10.11.0.0/16, costo de 2</li> </ul>	

# Enrutamiento de estado de enlace

- Determinación de la ruta más corta

La ruta más corta a un destino se determina mediante la adición de los costos y la búsqueda del menor costo

Árbol SPF para R1



Destino	Ruta más corta	Costo
LAN de R2	R1 a R2	22
LAN de R3	R1 a R3	7
LAN de R4	R1 a R3 a R4	17
LAN de R5	R1 a R3 a R4 a R5	27

# Enrutamiento de estado de enlace

- Una vez que el algoritmo SPF ha determinado las rutas más cortas, las rutas se colocan en la tabla de enrutamiento

Tabla de enrutamiento de R1

**Información de SPF:**

- Red 10.5.0.0/16 a través de serial R2 0/0/0 a un costo de 22
- Red 10.6.0.0/16 a través de serial R3 0/0/1 a un costo de 7
- Red 10.7.0.0/16 a través de serial R3 0/0/1 a un costo de 15
- Red 10.8.0.0/16 a través de serial R3 0/0/1 a un costo de 17
- Red 10.9.0.0/16 a través de serial R2 0/0/0 a un costo de 30
- Red 10.10.0.0/16 a través de serial R3 0/0/1 a un costo de 25
- Red 10.11.0.0/16 a través de serial R3 0/0/1 a un costo de 27

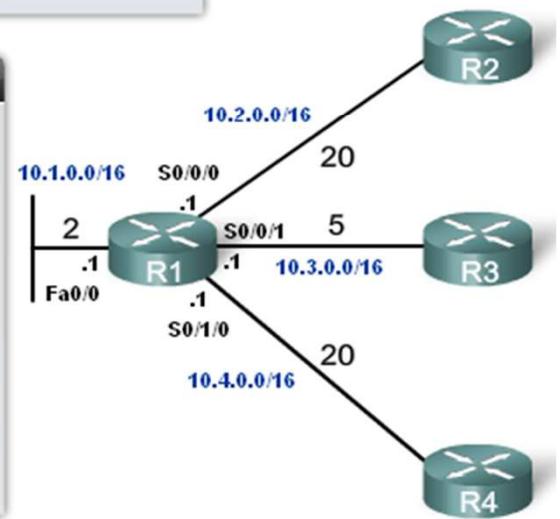
**Tabla de enrutamiento de R1**

Redes conectadas directamente

- Red 10.1.0.0/16 conectada directamente
- Red 10.2.0.0/16 conectada directamente
- Red 10.3.0.0/16 conectada directamente
- Red 10.4.0.0/16 conectada directamente

Redes remotas

- 10.5.0.0/16 a través de serial R2 0/0/0, costo = 22
- 10.6.0.0/16 a través de serial R3 0/0/1, costo = 7
- 10.7.0.0/16 a través de serial R3 0/0/1, costo = 15
- 10.8.0.0/16 a través de serial R3 0/0/1, costo = 17
- 10.9.0.0/16 a través de serial R2 0/0/0, costo = 30
- 10.10.0.0/16 a través de serial R3 0/0/1, costo = 25
- 10.11.0.0/16 a través de serial R3 0/0/1, costo = 27



# Protocolos de enrutamiento de estado de enlace

## Ventajas de un protocolo de enrutamiento de estado de enlace

Protocolo de enrutamiento	Construye el mapa topológico	El router puede determinar de manera independiente la ruta más corta a cualquier red	Convergencia	Actualizaciones de enrutamiento periódicas y generadas por eventos	Uso de LSP
Vector de distancia	No	No	Lenta	Generalmente no	No
Estado de enlace	Sí	Sí	Rápida	Generalmente sí	Sí

# Protocolos de enrutamiento de estado de enlace

Requisitos para el uso de un protocolo de enrutamiento de estado de enlace

- Requisitos de memoria

Generalmente, los protocolos de enrutamiento de estado de enlace utilizan más memoria

- Requisitos de procesamiento:

Se requiere más procesamiento de CPU para los protocolos de enrutamiento de estado de enlace

- Requisitos de ancho de banda:

La puesta en marcha inicial de los protocolos de enrutamiento de estado de enlace puede consumir mucho ancho de banda

# Protocolos de enrutamiento de estado de enlace

- Dos protocolos de enrutamiento de estado de enlace utilizados para la IP de enrutamiento.
  - Open shortest path first (OSPF, primero la ruta libre más corta)
  - Intermediate System-Intermediate System (IS-IS, sistema intermedio a sistema intermedio)

## OSPF e IS-IS

### OSPF

- OSPFv2: OSPF para redes IPv4 (RFC 1247 y RFC 2328)
- OSPFv3: OSPF para redes IPv6 (RFC 2740)
- OSPFv2 se analiza en el Capítulo 11

### IS-IS

- ISO 10589
- IS-IS integrado, Dual IS-IS soporta redes IP
- Utilizado principalmente por ISP y portadoras
- Analizado en CCNP

# Resumen

- Los protocolos de enrutamiento de estado de enlace también son conocidos como protocolos shortest path first (primero la ruta más corta)
- Resumen del proceso de estado de enlace:
  - Los routers primero detectan las redes conectadas directamente
  - Luego, los routers “saludan” a sus vecinos
  - Los routers crean paquetes de estado de enlace
  - Los routers inundan de LSP a todos sus vecinos
  - Los routers utilizan la base de datos de LSP para crear un mapa de la topología de la red y calcular la mejor ruta para cada destino

# Resumen

- Enlace

  - Interfaz en el router

- Estado de enlace

  - Información sobre la interfaz, como:

    - Dirección IP
    - Máscara de subred
    - Tipo de red
    - Costo relacionado con el enlace
    - Routers vecinos del enlace

# Resumen

- Paquetes de estado de enlace

Después del proceso de flooding inicial, se envían LSP adicionales cuando se produce un cambio en la topología.

- Ejemplos de protocolos de enrutamiento de estado de enlace

- Open shortest path first (OSPF, primero la ruta libre más corta)
- IS-IS

