

# ENRUTAMIENTO DINÁMICO

---

Protocolo de Información de Enrutamiento (RIP).

Protocolo de enrutamiento: Primero la ruta mas corta disponible (OSPF)

*Ing. William Marchand N.*

# FUNDAMENTOS BÁSICOS

---

Características de los protocolos basados en algoritmos vector-distancia y estado de enlace

# Algoritmos de enrutamiento

## ESTÁTICO

- Tablas creadas por el Administrador.
- Problemas con cambios y crecimiento rápidos.
- Si cambia la topología, el router debe ser actualizado manualmente.
- Ubicar errores es difícil.

## DINÁMICO

- Responden automáticamente a los cambios de topología.
- Responden automáticamente a problemas de congestión.

# Algoritmos de enrutamiento Dinámico

- Dos tipos:
  - Vector-Distancia (Bellman-Ford)
  - Estado de Enlace (Shortest Path First o Dijkstra)
- Usan métricas para calcular el camino más corto a la red destino.
- Algunas métricas usadas son:
  - Número de Saltos (hop).
  - Retardo de transmisión.
  - Ancho de Banda de la línea.
  - Definida por el administrador.

# Protocolos por Vector-distancia

- **Ventajas:**

- Fácil de implementar.
- Requiere pocos ciclos de CPU.

- **Desventajas:**

- Difícil de verificar la veracidad de las tablas.
- Actualización lenta en redes grandes.
- Difícil de localizar fallas en routers.
- Pueden generarse cadenas de actualización.
- Convergencia lenta.
- Problemas de crecimiento o escalabilidad

# Protocolos por Vector-distancia

- Frecuentemente llamado algoritmo de *Ford-Fulkerson* (1962) ó *Bellman-Ford* (1957).
- Algoritmo original de ARPANET. Se usó en Internet como RIP: *Routing Information Protocol*.
- La información intercambiada por los routers es una lista de Redes que se pueden alcanzar y sus distancias.
- Cada router elige una ruta seleccionando el router vecino con el camino más corto.
- Usado en las primeras versiones de DECnet y el IPX.

# Protocolos por Vector-distancia

- El objetivo principal de un algoritmo de enrutamiento es encontrar el camino más corto para alcanzar la red destino.
- Cada router mantiene una tabla (vector) de enrutamiento:
  - Mejor distancia conocida a cada destino.
  - La ruta para llegar al destino.
- El intercambio de tablas se realiza entre routers vecinos (***neighbors***).

# Protocolos por Estado de Enlace

- Conocen la topología completa de la red.
- Las tablas contienen el estado de cada ruta.
- Los routers usan la misma base de datos.
- Ventajas:
  - Elimina los lazos y convergencia lenta.
  - Fácil de detectar routers que fallan.
  - Facilidad de crecimiento o escalabilidad.
- Desventajas:
  - Uso de memoria.
  - Requiere muchos ciclos de CPU.



# Distancia administrativa

- La distancia administrativa es un número que mide la confiabilidad del origen de la información de la ruta
- Cuanto menor es la distancia administrativa, mayor la confiabilidad del origen
- Si un camino tiene la menor distancia administrativa, se incluye en la tabla de enrutamiento.
- La tabla de enrutamiento no incluye una ruta si la distancia administrativa desde otro origen es menor

# Distancia administrativa

Protocolos	Distancias administrativas por defecto
Conectado	0
Estática	1
Resumen de ruta EIGRP	5
eBGP	20
EIGRP (Interno)	90
IGRP	100
OSPF	110
IS-IS	115
RIP	120
EIGRP (Externo)	170
iBGP (Externo)	200

# PROTOCOLO RIP

---

Protocolo de Información de Enrutamiento

# Protocolo de Información de Enrutamiento (RIP).

- Definido por el RFC 1058 (RIP versión 1) y RFC 2453 (RIP versión 2)
- **Objetivos:**
  - Operación básica del algoritmo de vector distancia.
  - Time-outs, conteo a infinito, convergencia lenta, *Split horizon* (horizonte dividido), *Poison Reverse* (envenenamiento en reversa), *Triggered updates* (actualizaciones por disparo).
  - Estado de rutas: Up, Garbage-Collection, and Hold down.
  - Distribución basado en políticas de RIP.
  - Encapsulamiento de tramas RIP-IP.
  - Estructura y campos del paqueteRIP-IP.

# Protocolo de Información de Enrutamiento (RIP)

- **Características:**

- Es un protocolo de enrutamiento por vector-distancia.
- Utiliza el número de saltos como métrica para la selección de rutas.
- Si el número de saltos es superior a 15, el paquete es desechado.
- Por defecto, en RIP v1 se envía un *broadcast* de las actualizaciones de enrutamiento cada **30 segundos**.
- En RIP v2, se envía un *multicast* (224.0.0.9) de las actualizaciones de enrutamiento.

# RIP versión 1 y RIP versión 2

- RIP ha evolucionado a lo largo de los años desde el Protocolo de enrutamiento con definición de clases, **RIP Versión 1** (RIP v1), hasta el Protocolo de enrutamiento sin clase, **RIP Version 2** (RIP v2). Las mejoras en RIP v2 incluyen:
  - Capacidad para transportar mayor información relativa al enrutamiento de paquetes.
  - Mecanismo de autenticación para la seguridad de origen al hacer actualizaciones de las tablas.
  - Soporta enmascaramiento de subredes de longitud variable (VLSM).

# Tablas de enrutamiento en RIP

- Contiene una entrada para cada red destino:
  - Dirección IP de la red destino.
  - Número de saltos a la red destino.
  - La dirección del primer router IP en la ruta hacia la red destino.
  - La identidad del router IP vecino que es el origen de la información de la tabla.
  - Una marca del tiempo desde la última vez que la entrada ha sido actualizada.
- La tabla de enrutamiento se inicializa desde la configuración del usuario con una descripción de las redes que están conectadas directamente al router IP.
- La tabla se actualiza de acuerdo con la información recibida desde los routers vecinos, por medio de mensajes enviados periódicamente (default 30 segundos).

# Tablas de enrutamiento en RIP

- Antes de transmitir el mensaje de actualización de tablas de enrutamiento, el router origen debe incrementar el contador de saltos.
- Cuando una tabla de enrutamiento es recibida desde un vecino, el router receptor debe actualizar la información contenida en la tabla, de acuerdo con:
  - Si el nuevo salto es menor que el existente, debe adoptar la nueva ruta.
  - Si el router que originó la tabla actual está transmitiendo, se debe usar el nuevo salto aunque sea mayor que el anterior.



# Actualización de tablas de enrutamiento RIP

## Actualización desde Router A

129.1.0.0 Métrica = 5  
129.2.0.0 Métrica = 3  
129.3.0.0 Métrica = 5  
130.1.0.0 Métrica = 8

## Actualización desde Router B

130.1.0.0 Métrica = 7  
130.2.0.0 Métrica = 2  
130.3.0.0 Métrica = 5  
131.1.0.0 Métrica = 3

## Actualización desde Router C

131.1.0.0 Métrica = 9  
131.2.0.0 Métrica = 3  
131.3.0.0 Métrica = 7  
129.1.0.0 Métrica = 3



## Tabla de enrutamiento (Antes de la actualización)

Red	Métrica	Origen
129.1.0.0	5	Router A
129.2.0.0	3	Router A
129.3.0.0	2	Router A
130.1.0.0	7	Router B
130.2.0.0	3	Router B
130.3.0.0	5	Router B
131.1.0.0	9	Router C
131.2.0.0	3	Router C
131.3.0.0	7	Router C

## Tabla de enrutamiento (Después de la actualización)

Red	Métrica	Origen
129.1.0.0	3	Router C
129.2.0.0	3	Router A
129.3.0.0	5	Router A
130.1.0.0	7	Router B
130.2.0.0	2	Router B
130.3.0.0	5	Router B
131.1.0.0	3	Router B
131.2.0.0	3	Router C
131.3.0.0	7	Router C

# Time-outs en RIP

- Si los router y enlaces fallan, no hay forma de notificar a los vecinos.
- Se remueven las rutas de acuerdo con el procedimiento de time-out establecido.
- El valor establecido es 180 seg (6 veces el valor de actualización por default).

# RIP – Convergencia lenta

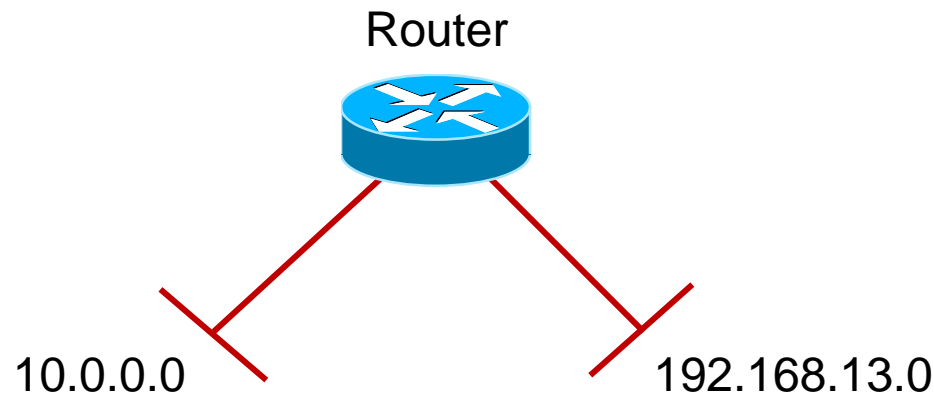
- La convergencia es el estado de la red en la que todos los routers están de acuerdo con la topología de enrutamiento.
- La convergencia se vuelve inestable cuando falla un enlace o un router y afecta la performance y se crean loops.
- Se incrementa el tráfico de mensajes por múltiples iteraciones.

# Acelerar convergencia en RIP

- Para lograr una rápida convergencia se tienen los siguientes métodos:
- Horizonte Dividido (*Split-Horizon*).
- *Poison reverse* (Antídoto).
- *Triggered Update* (Actualización por disparo).
- *Route States (Hold-Down, and Garbage-Collection)*.

# Configuración de RIP

Topología de ejemplo

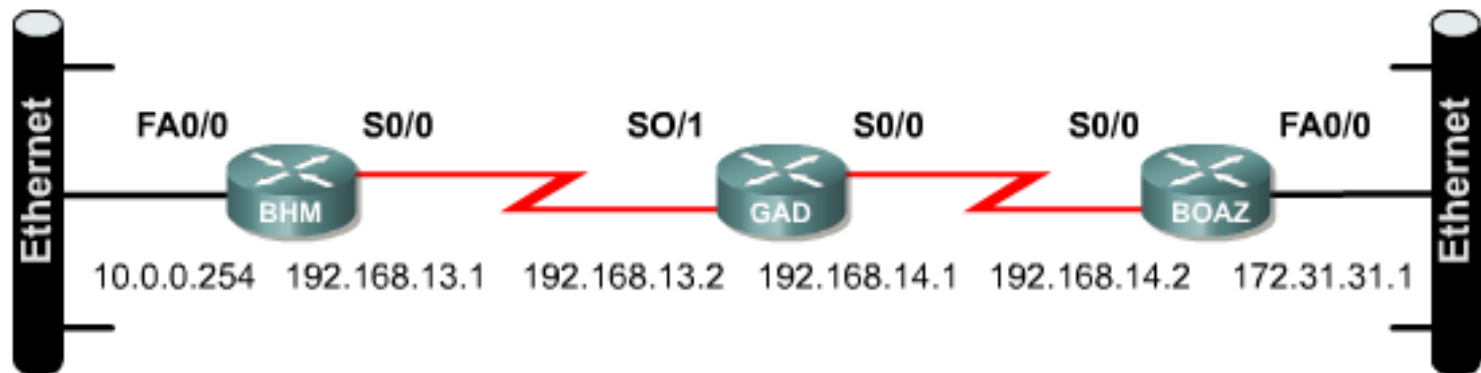


Referencia para configuración: Equipos Cisco

# Configuración de RIP

- Router(config)#**router rip**  
*selecciona al RIP como protocolo de enrutamiento.*
- Router(config-router)#**network 10.0.0.0**  
*especifica una red conectada directamente.*
- Router(config-router)#**network 192.168.13.0**  
*especifica una segunda red conectada directamente.*

# Ejemplo de config. RIP



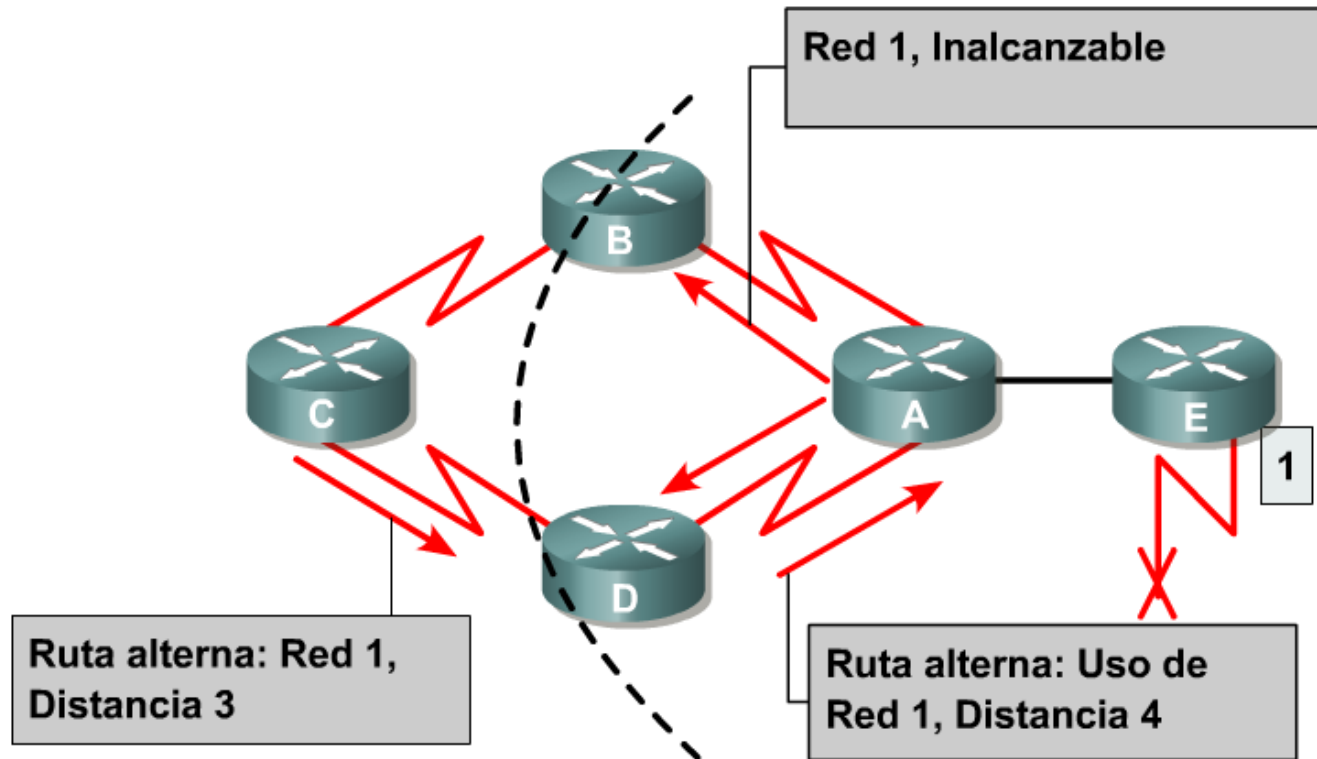
```
BHM(config)#router rip
BHM(config-router)#network 10.0.0.0
BHM(config-router)#network 192.168.13.0
```

```
GAD(config)#router rip
GAD(config-router)#network 192.168.14.0
GAD(config-router)#network 192.168.13.0
```

```
BOAZ(config)#router rip
BOAZ(config-router)#network 192.168.14.0
BOAZ(config-router)#network 172.31.0.0
```

# Problemas con RIP

- Bucles en enrutamiento por vector-distancia

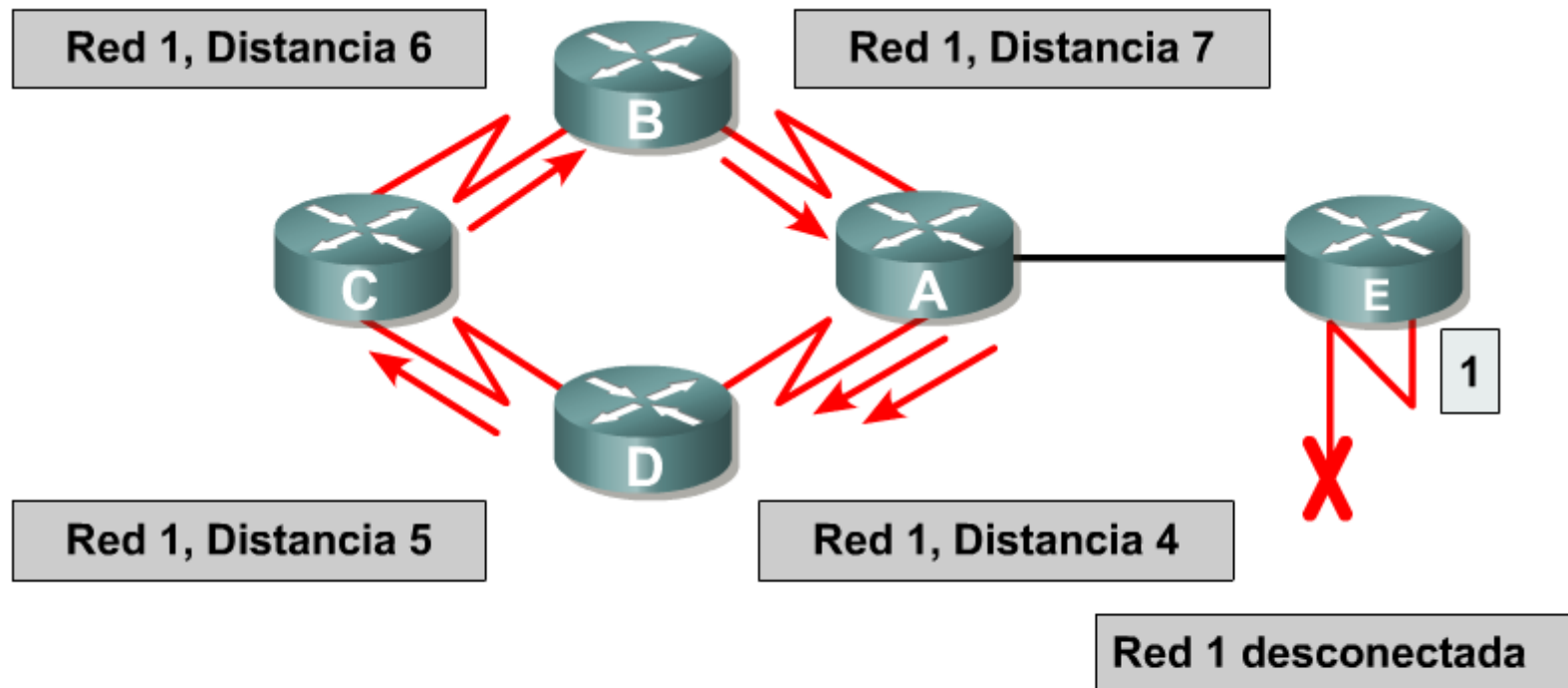


Rutas alternas, baja convergencia, enrutamiento incoherente



# Problemas con RIP

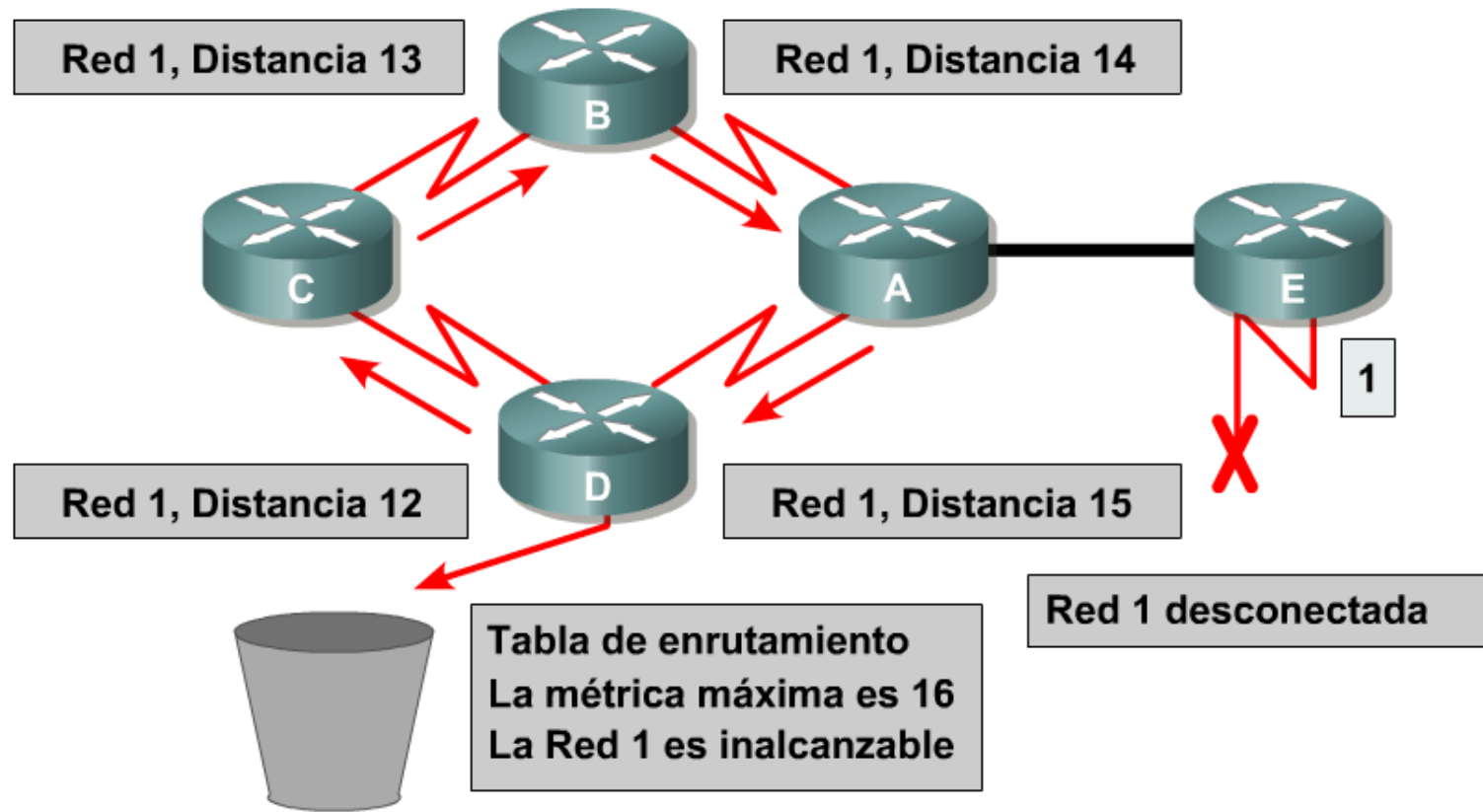
- Contar al infinito



Los bucles de enrutamiento aumentan el vector-distancia

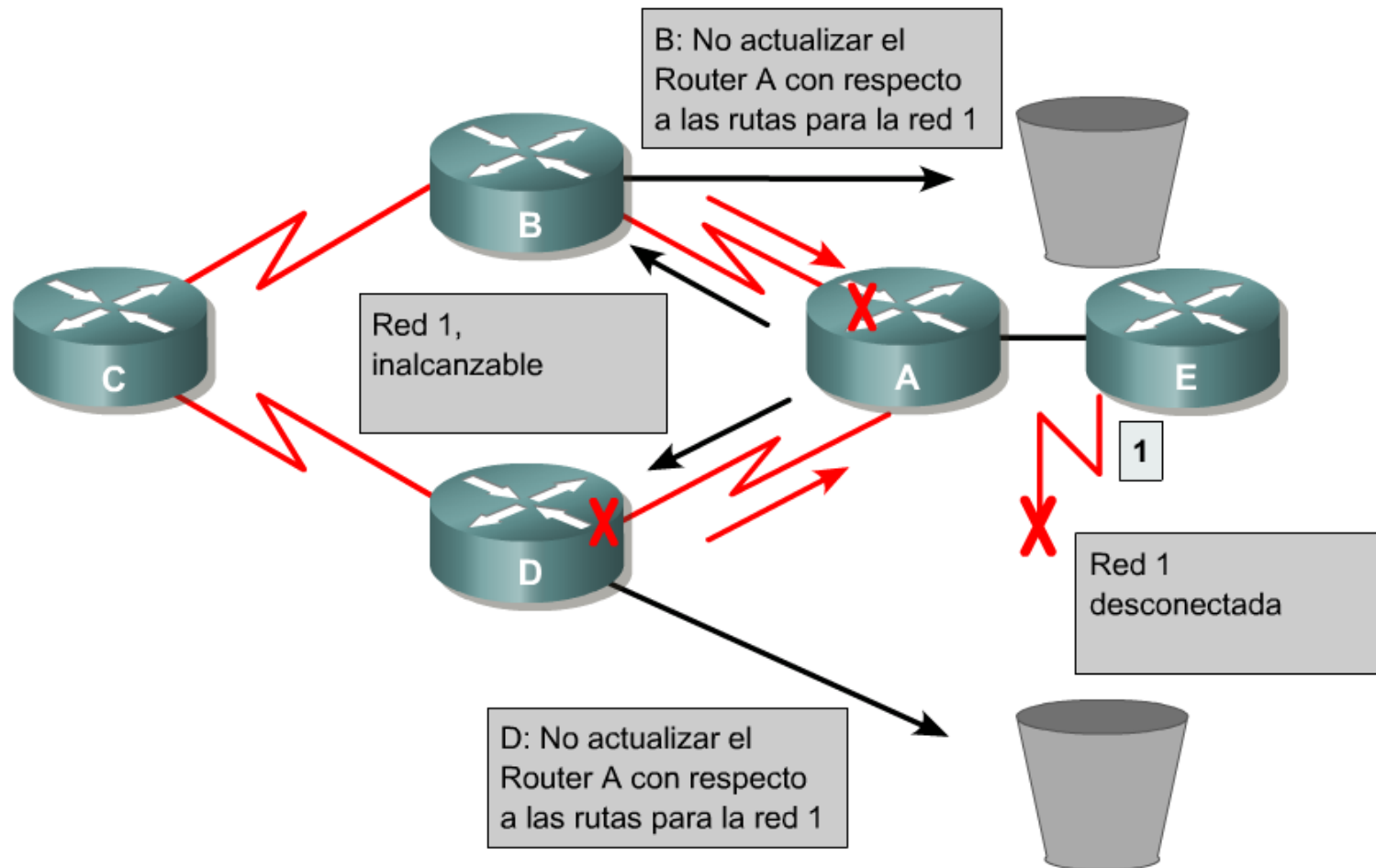
# Problemas con RIP

- Solución (Contar al infinito): Definición de un máximo



Especificar una métrica de vector-distancia máximo como infinito

- Solución a bucles: Horizonte Dividido



# Problemas con RIP

## Horizonte dividido con Poison Reverse (envenenamiento en reversa)

- Anuncia una ruta como inalcanzable (hop=16) a través del puerto donde recibió la ruta original para alcanzar la red destino.
- Mejora el comportamiento dinámico.
- Invalida rutas sin esperar el time-out.
- Split horizon con Poison reverse, previene los bucles que involucran a dos routers
- Desventajas:
  - Incrementa el número de actualizaciones de RIP.
  - Incrementa el número de entradas en cada tabla de enrutamiento.

# PROTOCOLO OSPF

---

Protocolo de Primero la ruta mas corta

# OSPF - Objetivos

- Operación básica del algoritmo de estado de enlace.
- Limitaciones del RIP-IP.
- La alternativa de solución mediante OSPF.
- Métricas configurables.
- Direccionamiento IP Multicast.
- Protocolo Hello.
- Adyacentes.
- Routers Designados (DR) y Routers Designados de Backup (BDR).
- Anuncios de estado de enlace OSPF.

# OSPF - Características

- Cuando se enciende un router, transmite un mensaje LSA(*Link-State Advertisement*) de estado del enlace a cada interface de red .
- El LSA contiene la siguiente información:
  - Número IP de la red asignado al enlace.
  - Máscara de la subred asignada al enlace.
  - Métrica asociada con el enlace.
  - Estado del enlace (Up o Down).
- Todos los *routers* en el sistema autónomo mantienen una idéntica base de datos de estado del enlace.
- Cada *router* comienza a crear su tabla de enrutamiento, basada en la información anterior.
- Finalmente crea el mapa topológico.

# OSPF - Características

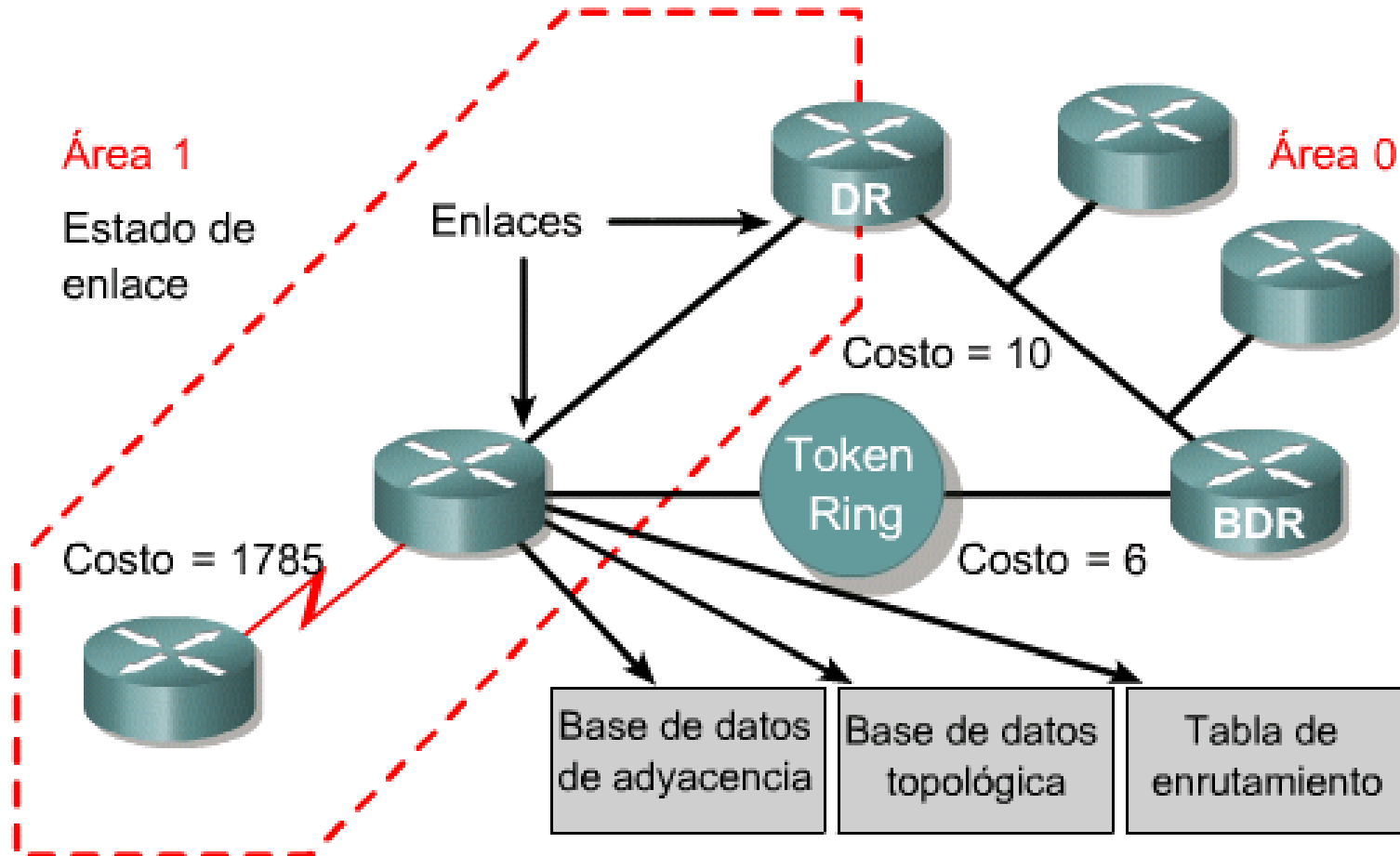
- Después de construir el mapa topológico, cada router construye el árbol de la ruta más corta a todos las posibles redes destino (el router es la raíz del árbol).
- Se consideran costos por cada conexión del router a la red, para construir la tabla.
- Las redes conectadas directamente tienen un costo cero en la tabla.
- Protocolo abierto, no propietario.
- Los routers mantienen la misma base de datos. Si hay cambios, todos los routers se informan rápidamente.
- Tablas con la ruta más corta a la red destino.



# OSPF - Características

- Información de enrutamiento:
  - Las LSA (Publicación del Estado del Enlace )
  - Una base de datos topológica
  - El algoritmo SPF
  - Una tabla de enrutamiento de rutas y puertos para determinar la mejor ruta para los paquetes

# OSPF - Terminología

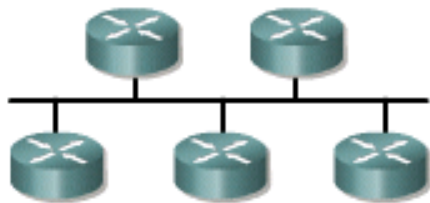


# OSPF - métricas

## **Métricas configurables**

- Costos definidos por el Administrador:
  - Desempeño (Throughput)
  - Confiabilidad (Reliability).
  - Retardo (Delay)
  - Número de saltos (Hop count)
- OSPF calcula la métrica por default basado en la velocidad de la línea.

# Tipos de Red OSP



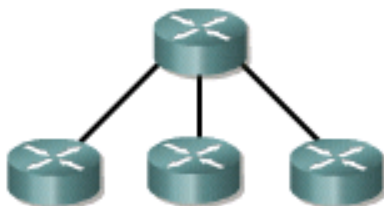
Multiacceso de broadcast



Punto a Punto



Multiacceso sin broadcast



Punto a multipunto

Tipo de red	Characteristics	¿Elección de DR?
Multiacceso de broadcast	Ethernet, Token Ring, o FDDI	Sí
Multiacceso sin broadcast	Frame Relay, X.25, SMDS	Sí
Punto a Punto	PPP, HDLC	No
Punto a multipunto	Configurado por el administrador	No

- Un router tiende a ser adyacente (o vecino) con por lo menos un router en cada red IP a la cual está conectado
- Una vez que se forma una adyacencia entre vecinos, se intercambia la información del estado de enlace
- En una red multiacceso, no se sabe de antemano cuántos routers estarán conectados
- En las redes punto a punto, sólo se pueden conectar dos routers
- En las redes punto a punto sólo existen dos nodos y no se elige ningún DR ni BDR

# OSPF - Multicast

- Direcciones de clase D asignadas para OSPF:
  - **224.0.0.5:** todos los routers OSPF pueden enviar y recibir tablas de rutas con esta dirección destino. A todos los routers.
  - **224.0.0.6:** todos los routers OSPF son capaces de recibir paquetes con esta dirección destino. También es una dirección usada para dirigirse al DR y BDR.
- De acuerdo con el RFC 1112, el mapa entre una dirección IP Multicast y una dirección MAC es la siguiente:

Clase D IP Address	MAC Address
224 . 0 . 0 . 5	01-00-5E-00-00-05
224 . 0 . 0 . 6	01-00-5E-00-00-06

# Protocolo HELLO

- Cuando un router inicia un proceso de enrutamiento OSPF en una interfaz, envía un paquete hello y sigue enviando hellos a intervalos regulares
- Las reglas que gobiernan el intercambio de paquetes hello de OSPF se denominan protocolo Hello
- En la capa 3 del modelo OSI, los paquetes hello se direccionan hacia la dirección multicast 224.0.0.5 (todos los routers OSPF)
- Los Hellos se envían cada 10 segundos por defecto en las redes multiacceso de broadcast y punto a punto
- En las redes multiacceso el protocolo Hello elige un router designado (DR) y un router designado de respaldo (BDR)

# Protocolo HELLO

## Contenido del mensaje HELLO

- Prioridad del router: DR o BDR.
- El intervalo de repetición del mensaje en segundos.
- El intervalo de respuesta de mensajes Hello en segundos.
- Lista de routers que enviaron mensajes Hello.
- Selección del router como DR o BDR.

# Operación OSPF

## Elegir el DR y BDR en una red multiacceso

- En las redes multiacceso el protocolo Hello elige un router designado (DR) y un router designado de respaldo (BDR)
- En las redes multiacceso, el DR y el BDR mantienen adyacencias con todos los demás routers OSPF en la red



# Operación OSPF

## Selección de la mejor ruta

- Los routers adyacentes pasan por una secuencia de estados
- Los routers adyacentes deben estar en su estado completo antes de crear tablas de enrutamiento y enrutar el tráfico
- Cada router envía publicaciones del estado de enlace (LSA) en paquetes de actualización del estado de enlace (LSU)
- Una vez completas las bases de datos, cada router utiliza el algoritmo SPF para calcular una topología lógica sin bucles hacia cada red conocida
- Se utiliza la ruta más corta con el menor costo para crear esta topología, por lo tanto, se selecciona la mejor ruta

**Intercambio de LSA para la selección de la mejor ruta**

# Operación OSPF

## Mantenimiento de la información de enrutamiento

- La información de enrutamiento ahora se mantiene
- Cuando existe un cambio en el estado de un enlace, los routers utilizan un proceso de inundación para notificar a los demás routers en la red acerca del cambio
- El intervalo muerto del protocolo Hello ofrece un mecanismo sencillo para determinar que un vecino adyacente está desactivado

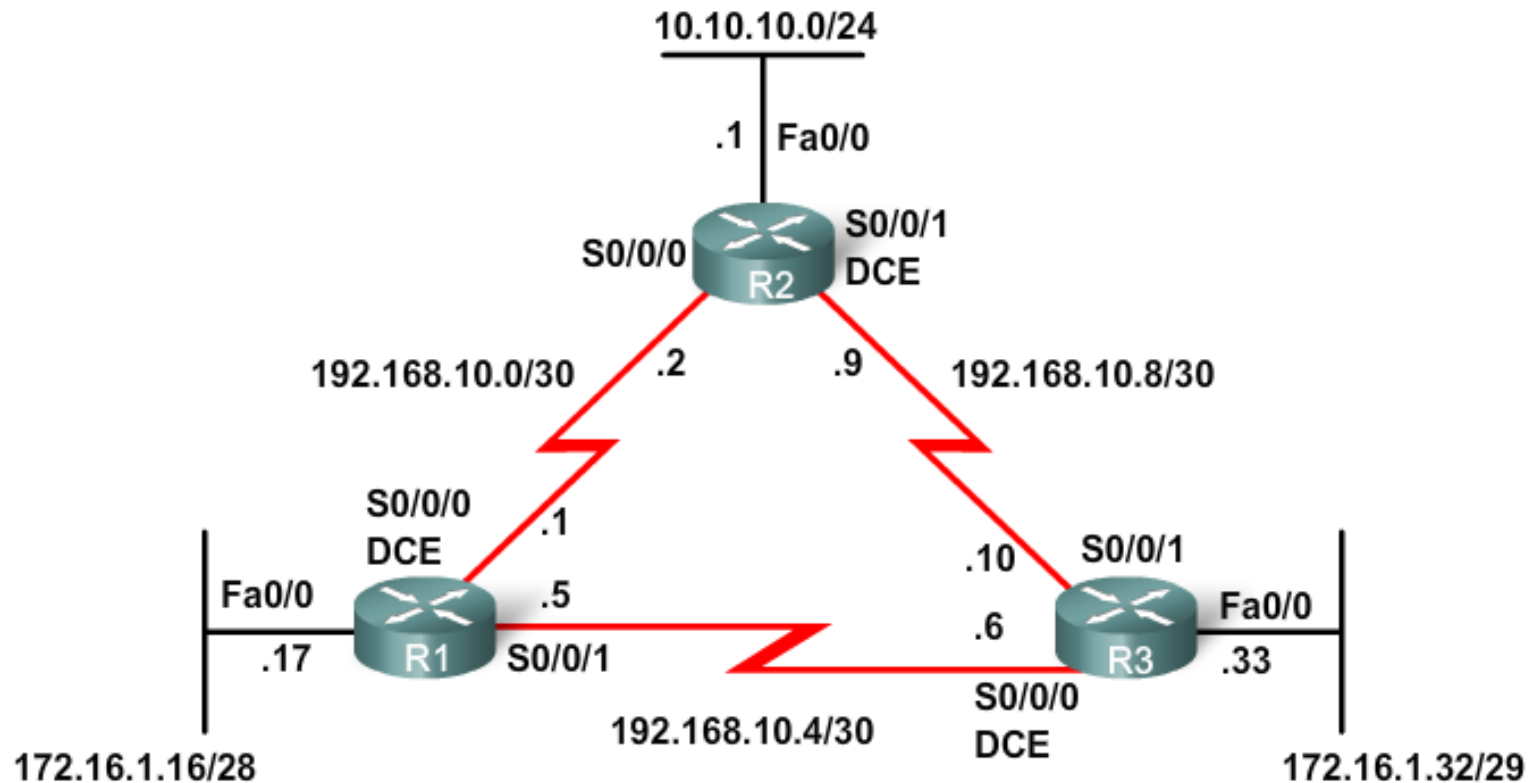
Intercambio de LSU para la operación y mantenimiento  
De OSPF

# Configuración básica de OSPF

- Para habilitar el enrutamiento OSPF, utilice la sintaxis de comando de configuración global
  - Router(config)#**router ospf** *process-id*
- El ID de proceso es un número que se utiliza para identificar un proceso de enrutamiento OSPF en el router
- Las redes IP se publican de la siguiente manera en OSPF
  - Router(config-router)#**network** *address wildcard-mask area area-id*

# Configuración básica de OSPF

Topología ejemplo:



# Configuración básica de OSPF

```
R1(config)#router ospf 1  
R1(config-router)#network 172.16.1.16 0.0.0.15 area 0  
R1(config-router)#network 192.168.10.0 0.0.0.3 area 0  
R1(config-router)#network 192.168.10.4 0.0.0.3 area 0
```

```
R2(config)#router ospf 1  
R2(config-router)#network 10.10.10.0 0.0.0.255 area 0  
R2(config-router)#network 192.168.10.0 0.0.0.3 area 0  
R2(config-router)#network 192.168.10.8 0.0.0.3 area 0
```

```
R3(config)#router ospf 1  
R3(config-router)#network 172.16.1.32 0.0.0.7 area 0  
R3(config-router)#network 192.168.10.4 0.0.0.3 area 0  
R3(config-router)#network 192.168.10.8 0.0.0.3 area 0
```

*Referencia para configuración: Equipos Cisco*

# Interface loopback en OSPF

- Automáticamente está “up” y “up”
- Muy útil en el router cuando se quiere que una interface nunca se pase al estado “down”
- Esta interfaz de loopback se puede configurar con una dirección que use una máscara de subred de 32 bits de 255.255.255.255
- Una máscara de subred de 32 bits se denomina una máscara de host porque la máscara de subred especifica la red de un host
- Su uso radica en mantener estable la convergencia OSPF.

# OSPF – Prioridad de router

- El router ID es utilizado para identificar a los routers en la red OSPF
  - Dirección IP configurada con el comando Router-ID
  - Dirección Loopback mas alta
  - Dirección IP mas alta de las interfaces activas
- La mas alta prioridad hace que un router se convierta en DR/BDR
- Default = 1
- Un Router no toma partida de la elección DR/BDR si la prioridad = 0