

ENRUTAMIENTO DINAMICO Y ESTATICO

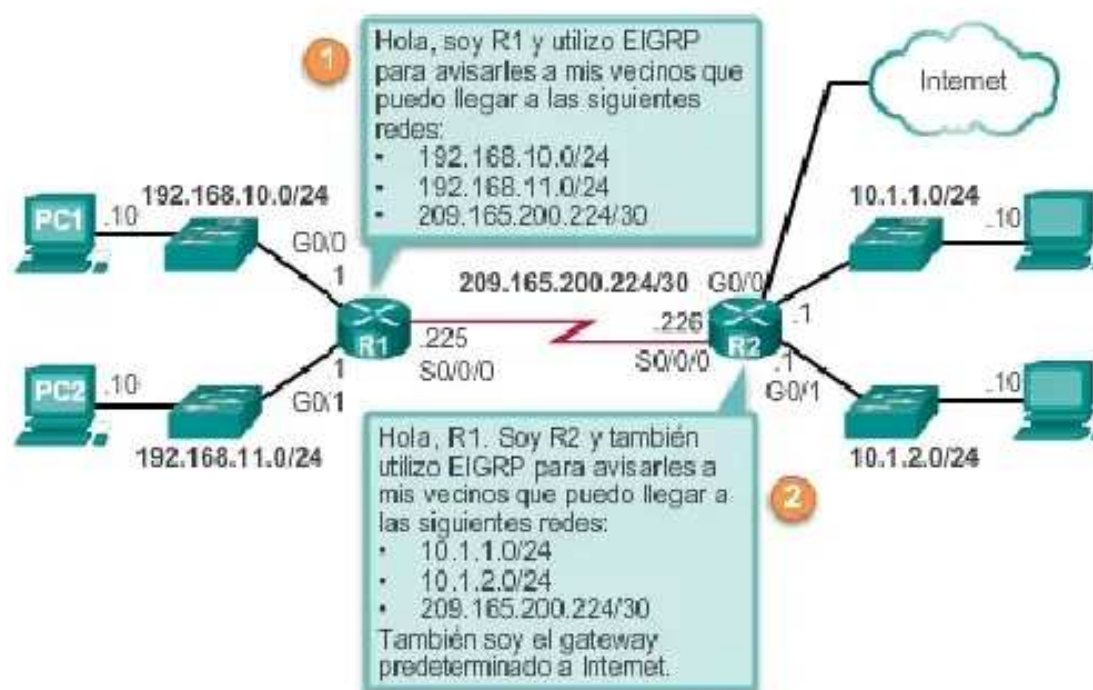
Enrutamiento dinámico

Los routers usan protocolos de enrutamiento dinámico para compartir información sobre el estado y la posibilidad de conexión de redes remotas. Los protocolos de routing dinámico realizan diversas actividades, como la detección de redes y el mantenimiento de las tablas de routing.

El descubrimiento de redes es la capacidad de un protocolo de enrutamiento de compartir información sobre las redes que conoce con otros routers que también están usando el mismo protocolo de enrutamiento. En lugar de depender de las rutas estáticas configuradas manualmente hacia redes remotas en cada router, los protocolos de routing dinámico permiten que los routers descubran estas redes de forma automática a través de otros routers. Estas redes y la mejor ruta hacia cada una se agregan a la tabla de routing del router y se identifican como redes descubiertas por un protocolo de routing dinámico específico.

Durante la detección de redes, los routers intercambian rutas y actualizan sus tablas de routing. Los routers convergen una vez que finalizan el intercambio y actualizan sus tablas de routing. Luego, los routers conservan las redes en sus tablas de routing.

Situación de routing dinámico



router que ejecuta un protocolo de routing dinámico no solo determina la mejor ruta hacia una red, sino que también determina una nueva mejor ruta si la ruta inicial se vuelve inutilizable (o si cambia la topología).

Enrutamiento estatico

Un administrador de red puede configurar una ruta estática de forma manual para alcanzar una red específica. A diferencia de un protocolo de routing dinámico, las rutas estáticas no se actualizan automáticamente, y se deben volver a configurar de forma manual cada vez que cambia la topología de la red.

El routing estático proporciona algunas ventajas en comparación con el routing dinámico, por ejemplo:

- Las rutas estáticas no se anuncian a través de la red, lo cual aumenta la seguridad.
- Las rutas estáticas consumen menos ancho de banda que los protocolos de routing dinámico. No se utiliza ningún ciclo de CPU para calcular y comunicar las rutas.
- La ruta que usa una ruta estática para enviar datos es conocida.

El routing estático tiene las siguientes desventajas:

- La configuración inicial y el mantenimiento son prolongados.
- La configuración es propensa a errores, especialmente en redes extensas.
- Se requiere la intervención del administrador para mantener la información cambiante de la ruta.
- No se adapta bien a las redes en crecimiento; el mantenimiento se torna cada vez más complicado.
- Requiere un conocimiento completo de toda la red para una correcta implementación.

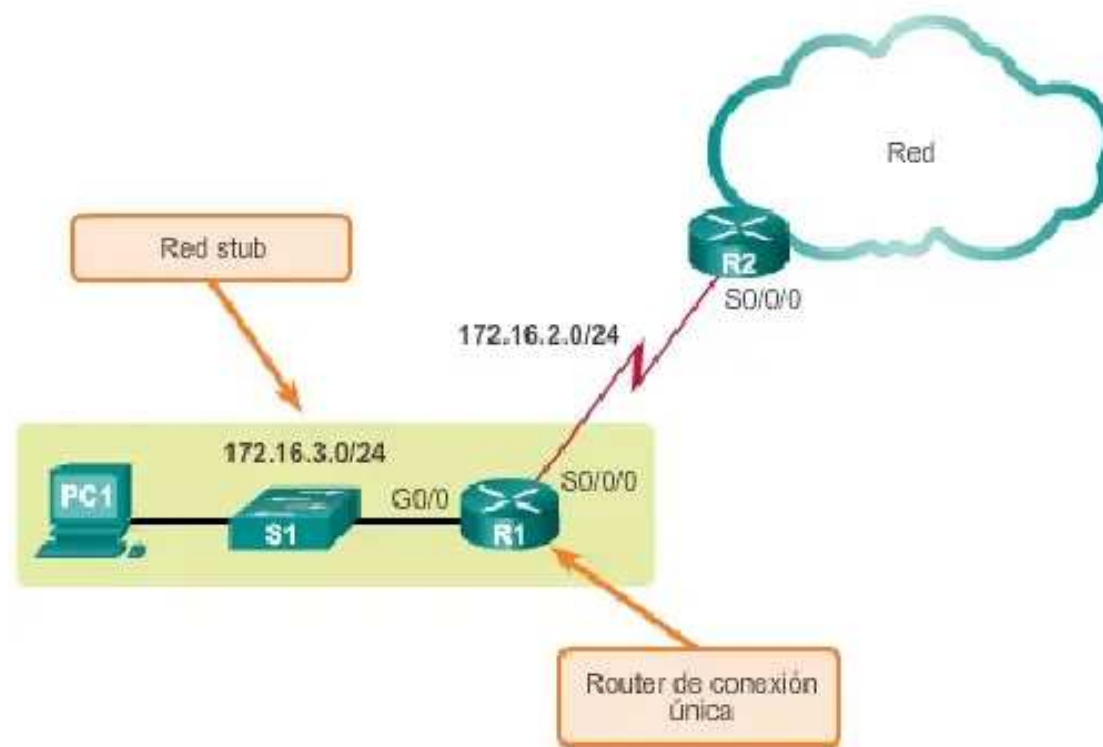
Comparación entre routing dinámico y estático

	Enrutamiento dinámico	Enrutamiento estático
Complejidad de la configuración	Generalmente independiente del tamaño de la red	Aumentos en el tamaño de la red
Cambios de topología	Se adapta automáticamente a los cambios de topología	Se requiere intervención del administrador
Escalamiento	Adecuado para topologías simples y complejas	Adecuado para topologías simples
Seguridad	Menos segura	Más segura
Uso de recursos	Utiliza CPU, memoria y ancho de banda de enlace	Sin necesidad de recursos adicionales
Facilidad de pronóstico	La ruta depende de la topología actual	La ruta a destino siempre es la misma

El routing estático tiene tres usos principales:

- Facilita el mantenimiento de la tabla de enrutamiento en redes más pequeñas en las cuales no está previsto que crezcan significativamente.
- Proporciona routing hacia las redes de rutas internas y desde estas. Una red de rutas internas es aquella a la cual se accede a través un de una única ruta y cuyo router tiene solo un vecino.
- Utiliza una única ruta predeterminada para representar una ruta hacia cualquier red que no tenga una coincidencia más específica con otra ruta en la tabla de routing. Las rutas predeterminadas se utilizan para enviar tráfico a cualquier destino que esté más allá del próximo router ascendente.

Redes y routers de rutas internas



Rutas predeterminadas

Aquella que coincide con todos los paquetes. Una ruta predeterminada identifica la dirección IP del gateway al cual el router envía todos los paquetes IP para los que no tiene una ruta descubierta o estática.

Nota: todas las rutas que identifican un destino específico con una máscara de subred más grande tienen prioridad sobre la ruta predeterminada.

Las rutas estáticas predeterminadas se utilizan en los siguientes casos:

- Cuando ninguna otra ruta de la tabla de routing coincide con la dirección IP destino del paquete. En otras palabras, cuando no existe una coincidencia más específica. Se utilizan comúnmente cuando se conecta un router periférico de una compañía a la red ISP.
- Cuando un router tiene otro router único al que está conectado. Esta condición se conoce como router de conexión única.

Rutas resumidas

Para reducir el número de entradas en la tabla de routing, se pueden resumir varias rutas estáticas en una única ruta estática si se presentan las siguientes condiciones:

- Las redes de destino son contiguas y se pueden resumir en una única dirección de red.
- Todas las rutas estáticas utilizan la misma interfaz de salida o la dirección IP del siguiente salto.

Rutas flotantes

Las rutas estáticas flotantes son rutas estáticas que se utilizan para proporcionar una ruta de respaldo a una ruta estática o dinámica principal, en el caso de una falla del enlace. La ruta estática flotante se utiliza únicamente cuando la ruta principal no está disponible.

Para lograrlo, la ruta estática flotante se configura con una distancia administrativa mayor que la ruta principal. Recuerde que la distancia administrativa representa la confiabilidad de una ruta. Si existen varias rutas al destino, el router elegirá la que tenga una menor distancia administrativa.

Configurar una ruta estatica

El siguiente salto se puede identificar mediante una dirección IP, una interfaz de salida, o ambas. El modo en que se especifica el destino genera uno de los siguientes tres tipos de ruta:

- Ruta del siguiente salto: solo se especifica la dirección IP del siguiente salto.
- Ruta estática conectada directamente: solo se especifica la interfaz de salida del router.
- Ruta estática completamente especificada: se especifican la dirección IP del siguiente salto y la interfaz de salida.

En una ruta estática de siguiente salto, solo se especifica la dirección IP del siguiente salto. La interfaz de salida se deriva del siguiente salto.

Antes de que un router reenvíe un paquete, el proceso de la tabla de enrutamiento debe determinar qué interfaz de salida utilizará para reenviar el paquete. A esto se lo conoce como resolución de rutas. El proceso de resolución de la ruta varía en función del tipo de mecanismo de reenvío que utiliza el router.

Nota: En realidad, se requieren dos procesos de búsqueda en la tabla de routing para reenviar cualquier paquete. Cuando el router realiza varias búsquedas en la tabla de routing antes de reenviar un paquete, lleva a cabo un proceso que se conoce como “búsqueda recursiva”. Debido a que las búsquedas recursivas consumen recursos del router, deben evitarse siempre que sea posible.

Nota: CEF proporciona búsquedas optimizadas para el reenvío de paquetes eficaz mediante dos estructuras de datos principales almacenadas en el plano de datos: una base de información de reenvío (FIB), que es una copia de la tabla de routing y la tabla de adyacencia que incluye información de direccionamiento de la capa 2. La información combinada en estas dos tablas trabaja en conjunto de manera que no sea necesario

realizar una búsqueda recursiva para encontrar direcciones IP del siguiente salto. Es decir, una ruta estática que utiliza una IP del siguiente salto solo requiere una única búsqueda cuando CEF está habilitado en el router.

Ruta estática completamente especificada

Una ruta estática completamente especificada tiene determinadas tanto la interfaz de salida como la dirección IP del siguiente salto. Este es otro tipo de ruta estática que se utiliza en versiones más antiguas de IOS, antes de CEF. Esta forma de ruta estática se utiliza cuando la interfaz de salida es una interfaz de accesos múltiples y se debe identificar explícitamente el siguiente salto. El siguiente salto debe estar conectado directamente a la interfaz de salida especificada.

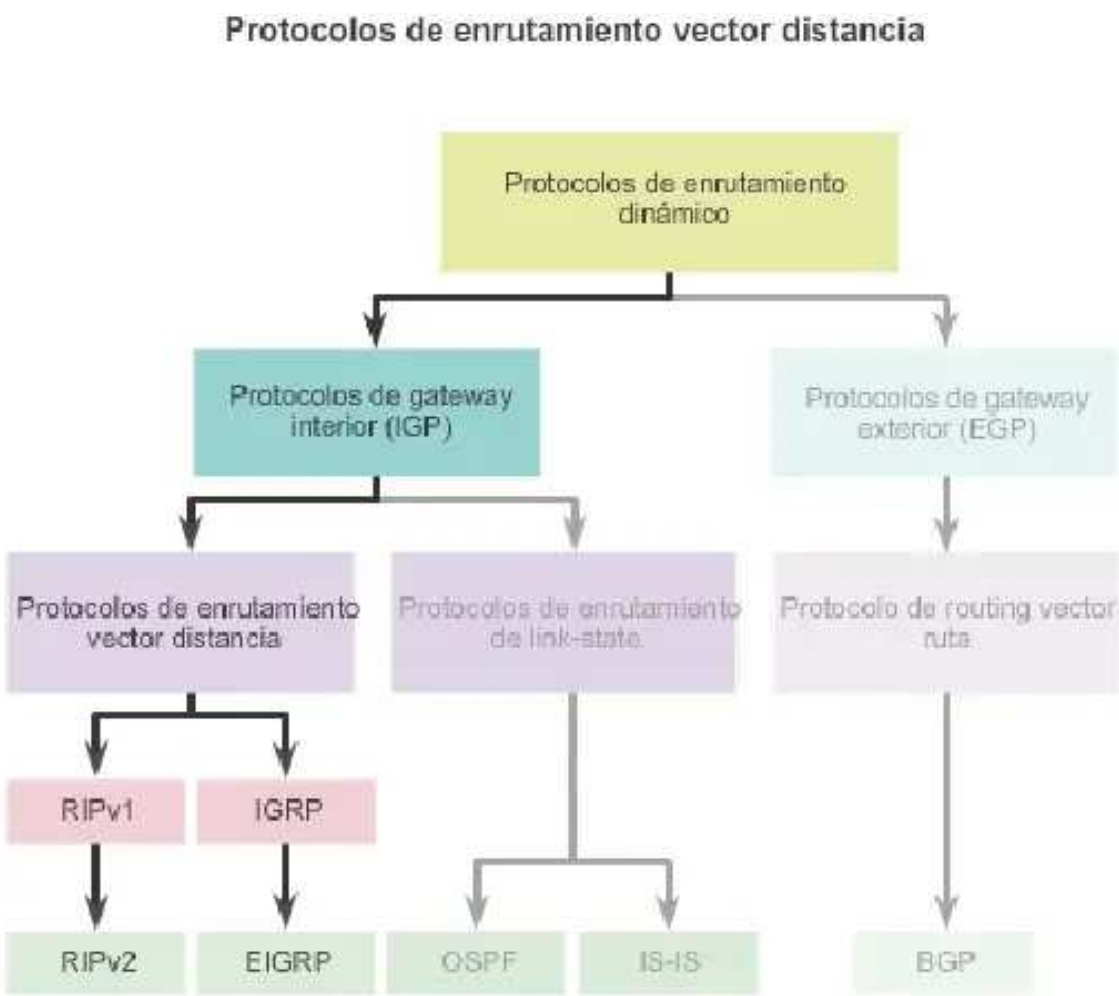
Routing dinámico vector distancia

Los protocolos de routing vector distancia comparten actualizaciones entre vecinos. Los vecinos son routers que comparten un enlace y que están configurados para usar el mismo protocolo de enrutamiento. El router sólo conoce las direcciones de red de sus propias interfaces y las direcciones de red remota que puede alcanzar a través de sus vecinos. Los routers que utilizan el enrutamiento vector distancia no tienen información sobre la topología de la red.

Algunos protocolos de routing vector distancia envían actualizaciones periódicas.

Para llegar a todos sus vecinos, RIPv1 envía actualizaciones a la dirección IPv4 de todos los hosts 255.255.255.255 mediante una difusión.

La difusión de actualizaciones periódicas es ineficiente, debido a que las actualizaciones consumen ancho de banda y recursos de la CPU del dispositivo de red. Cada dispositivo de red debe procesar un mensaje de difusión. En cambio, RIPv2 y EIGRP utilizan direcciones de multidifusión, de modo que solamente reciben las actualizaciones los vecinos que las necesitan. EIGRP también puede enviar un mensaje de unidifusión solamente al vecino afectado. Además, EIGRP envía una actualización solo cuando se la necesita, en lugar de hacerlo en forma periódica.



El algoritmo de routing se encuentra en el centro del protocolo vector distancia. El algoritmo se utiliza para calcular los mejores caminos y después enviar dicha información a los vecinos.

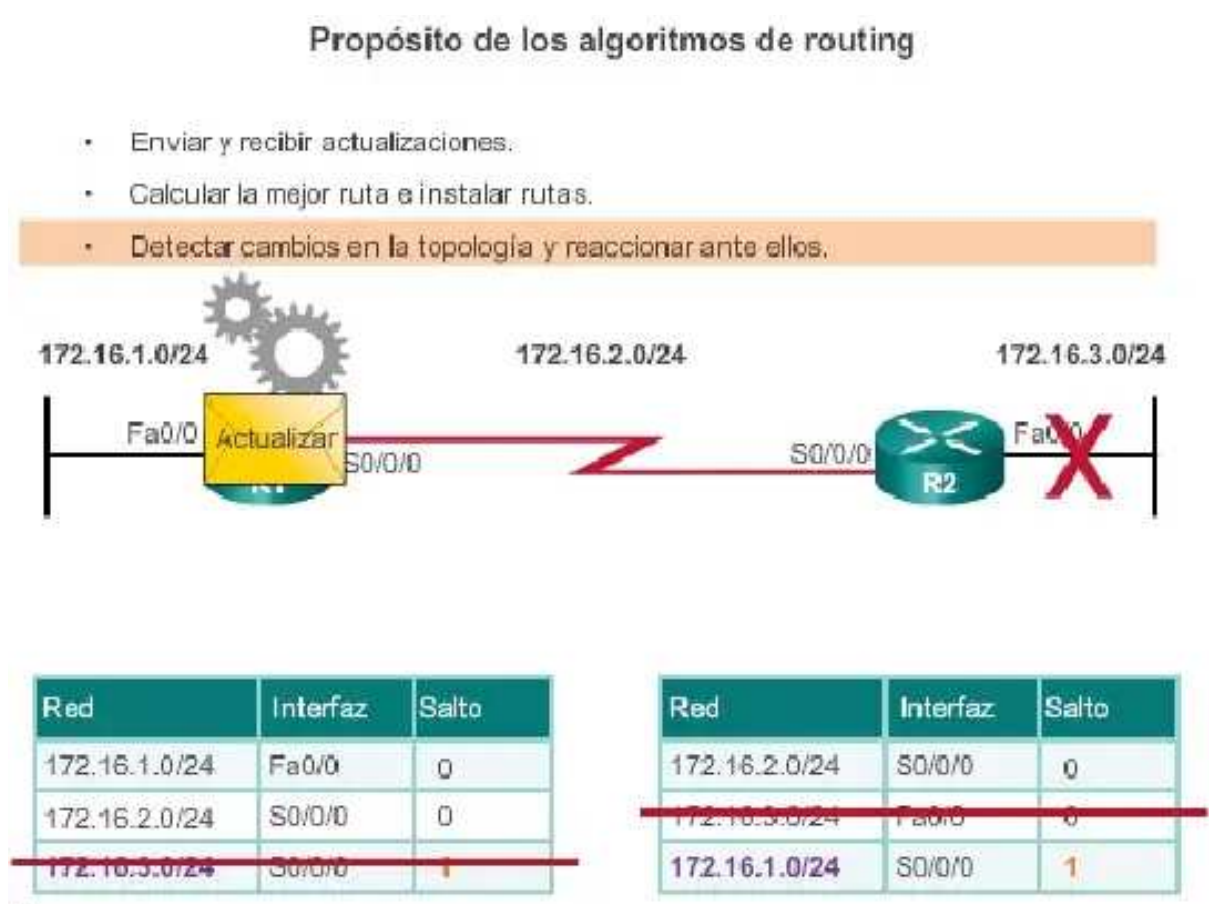
El algoritmo utilizado para los protocolos de enrutamiento define los siguientes procesos:

- El mecanismo para enviar y recibir información de routing.

- El mecanismo para calcular las mejores rutas e instalar rutas en la tabla de routing.
- El mecanismo para detectar cambios en la topología y reaccionar ante ellos.

Los diferentes protocolos de enrutamiento utilizan diversos algoritmos para instalar rutas en la tabla de enrutamiento, enviar actualizaciones a los vecinos y determinar las rutas. Por ejemplo:

- RIP utiliza el algoritmo de Bellman-Ford como algoritmo de routing. Se basa en dos algoritmos desarrollados por Richard Bellman y Lester Ford júnior en 1958 y 1956.
- IGRP y EIGRP utilizan el algoritmo de actualización por difusión (DUAL) como algoritmo de routing, desarrollado por el Dr. J. J. Garcia-Luna-Aceves en SRI International.



Tipos de protocolos de routing vector distancia

El protocolo de información de routing (RIP) era un protocolo de routing de primera generación para IPv4 especificado inicialmente en RFC 1058. Dado que es fácil de configurar, es una buena opción para redes pequeñas.

Las características clave del protocolo RIPv1 son las siguientes:

- ❓ Las actualizaciones de routing se transmiten por difusión (255.255.255.255) cada 30 segundos.
- ❓ Se utiliza el conteo de saltos como métrica para la selección de rutas.
- ❓ Se considera que un conteo de saltos de más de 15 saltos es infinito (demasiado alejado); el router del decimoquinto salto no propagaría la actualización de routing al siguiente router.

En 1993, RIPv1 evolucionó a un protocolo de routing sin clase conocido como “RIP versión 2” (RIPv2). RIPv2 introdujo las siguientes mejoras:

- ❓ Protocolo de routing sin clase: admite VLSM y CIDR, debido a que incluye la máscara de subred en las actualizaciones de routing.
- ❓ Mayor eficiencia: reenvía actualizaciones a la dirección de multidifusión 224.0.0.9, en lugar de a la dirección de difusión 255.255.255.255.
- ❓ Entradas de routing reducidas: admite la sumarización de ruta manual en cualquier interfaz.
- ❓ Protección: admite un mecanismo de autenticación para proteger las actualizaciones de la tabla de routing entre vecinos.

Comparación entre RIPv1 y RIPv2

Características y funciones	RIPv1	RIPv2
Métrica	Ambos usan el conteo de saltos como métrica. La cantidad máxima de saltos es 15.	
Dirección a la que se envían las actualizaciones	255.255.255.255	224.0.0.9
Admite VLSM	✗	✓
Admite CIDR	✗	✓
Admite sumarización	✗	✓
Admite autenticación	✗	✓

El protocolo de routing de gateway interior (IGRP) fue el primer protocolo de routing IPv4 exclusivo desarrollado por Cisco en 1984. Tenía las siguientes características de diseño:

- ❓ Se utilizan el ancho de banda, el retraso, la carga y la confiabilidad para crear una métrica compuesta.
 - ❓ De manera predeterminada, se envía un broadcast de las actualizaciones de enrutamiento cada 90 segundos.
- En 1992, el protocolo IGRP se vio reemplazado por IGRP mejorado (EIGRP). Al igual que RIPv2, EIGRP también introdujo compatibilidad con VLSM y CIDR. Con EIGRP se aumenta la eficiencia, se reducen las actualizaciones de routing y se admite el intercambio seguro de mensajes.

EIGRP también introdujo lo siguiente:

- ❓ Actualizaciones dirigidas limitadas: no se envían actualizaciones periódicas. Solo se propagan los cambios de la tabla de routing, siempre que se produce un cambio.
- ❓ Mecanismo de saludo keepalive: se intercambia periódicamente un pequeño mensaje de saludo para mantener adyacencias con los routers vecinos.
- ❓ Mantenimiento de una tabla de topología: se mantienen todas las rutas recibidas de los vecinos (no sólo las mejores rutas) en una tabla de topología.

- ❓ **Convergencia rápida:** en la mayoría de los casos, se trata del IGP más rápido para realizar la convergencia debido a que mantiene rutas alternativas, lo que permite una convergencia casi instantánea.
- ❓ **Compatibilidad con varios protocolos de capa de red:** EIGRP utiliza módulos dependientes de protocolo (PDM), lo que significa que es el único protocolo compatible con otros protocolos además de IPv4 e IPv6, como el IPX antiguo y AppleTalk.

Comparación entre IGRP y EIGRP

Características y funciones	IGRP	EIGRP
Métrica	Ambos utilizan una métrica compuesta que consta del ancho de banda y el retraso. La confiabilidad y la carga también se pueden incluir en el cálculo de la métrica.	
Dirección a la que se envían las actualizaciones	255.255.255.255	224.0.0.10
Admite VLSM	✗	✓
Admite CIDR	✗	✓
Admite summarización	✗	✓
Admite autenticación	✗	✓

Routing dinámico de estado de enlace

A los protocolos de enrutamiento de link-state también se les conoce como protocolos shortest path first y se desarrollan en torno al algoritmo shortest path first (SPF) de Edsger Dijkstra.

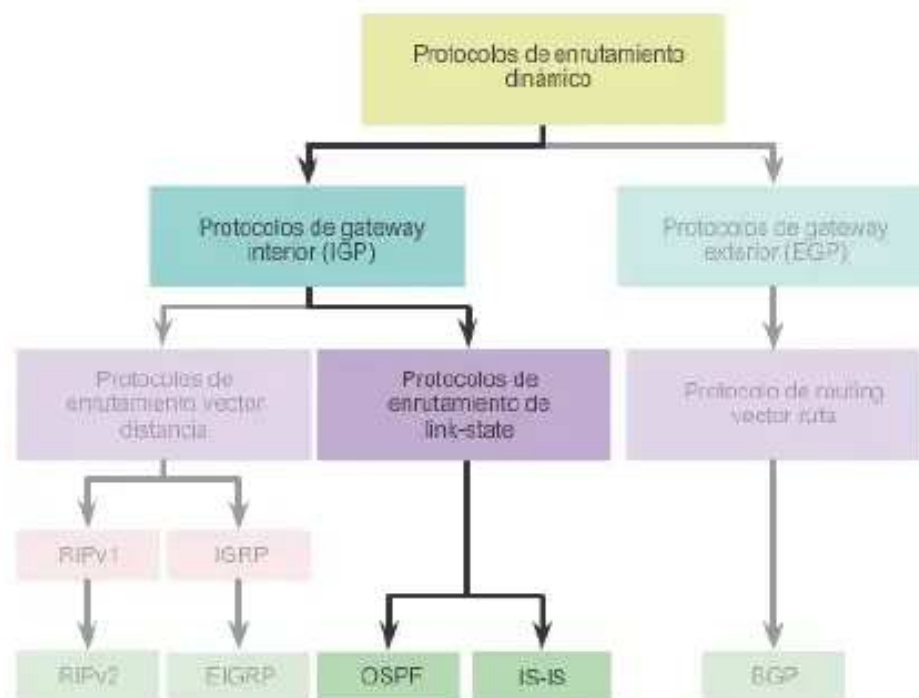
- ❓ **Open Shortest Path First (OSPF)**
- ❓ **Intermediate-System-to-Intermediate-System (IS-IS)**

Los protocolos de enrutamiento de link-state son conocidos por presentar una complejidad bastante mayor que sus vectores distancia equivalentes. Sin embargo, la funcionalidad básica y la configuración de los protocolos de routing de estado de enlace son igualmente sencillas.

Al igual que RIP y EIGRP, las operaciones básicas de OSPF se pueden configurar mediante los siguientes comandos:

- ❓ **router ospf id-proceso** (comando de configuración global)
- ❓ **network** para anunciar redes

Protocolos de enrutamiento de link-state



Todos los protocolos de routing de estado de enlace aplican el algoritmo de Dijkstra para calcular la mejor ruta. A este algoritmo se le llama comúnmente “algoritmo SPF” (Shortest Path First). Para determinar el costo total de una ruta, este algoritmo utiliza costos acumulados a lo largo de cada ruta, de origen a destino.

Actualizaciones de estado de enlace

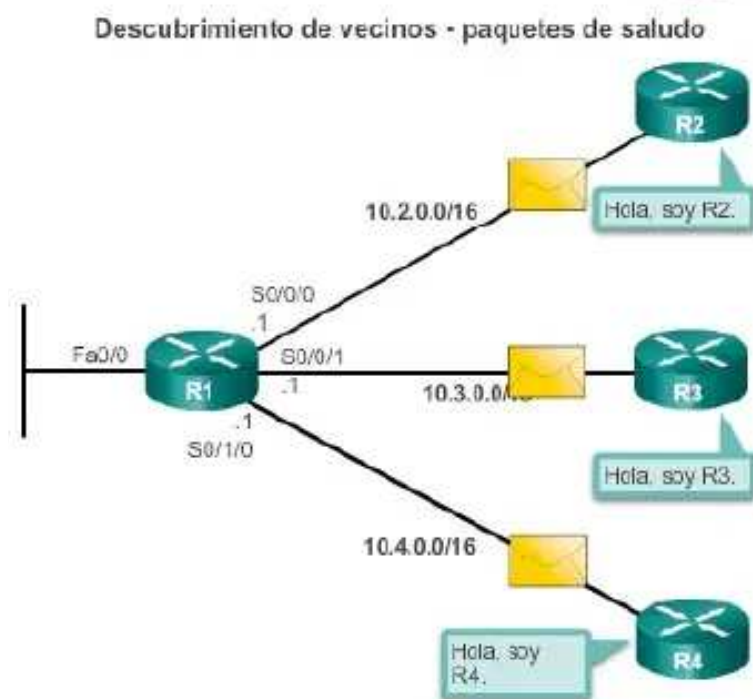
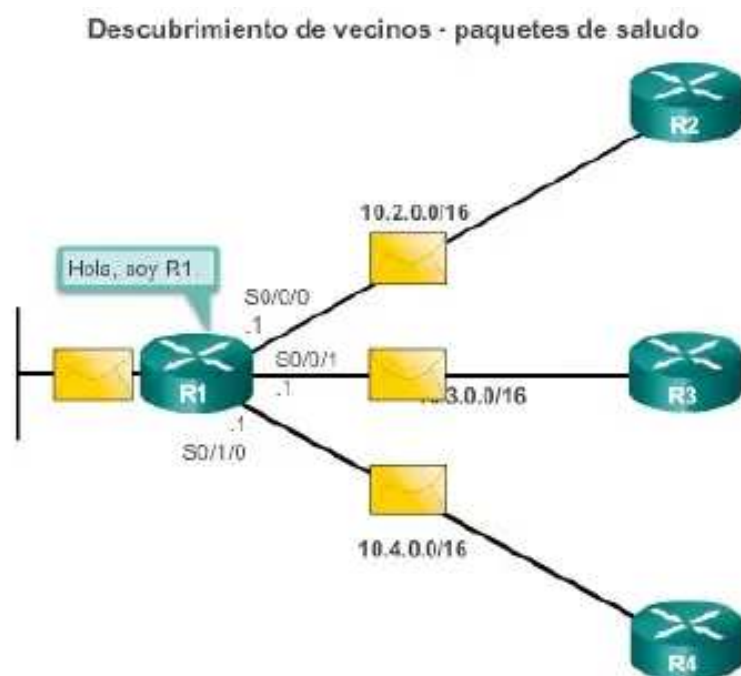
Todos los routers de la topología realizarán el siguiente proceso genérico de routing de estado de enlace para alcanzar un estado de convergencia:

1. Cada router obtiene información acerca de sus propios enlaces y sus propias redes conectadas directamente. Esto se realiza al detectar que una interfaz se encuentra en el estado activado.
2. Cada router es responsable de reunirse con sus vecinos en redes conectadas directamente. Los routers de estado de enlace lo hacen mediante el intercambio paquetes de saludo con otros routers de estado de enlace en redes conectadas directamente.
3. Cada router crea un Paquete de link-state (LSP) que incluye el estado de cada enlace directamente conectado. Esto se realiza registrando toda la información pertinente acerca de cada vecino, que incluye el ID de vecino, el tipo de enlace y el ancho de banda.
4. Cada router satura a todos los vecinos con el LSP. Estos vecinos almacenan todos los LSP recibidos en una base de datos. A continuación, saturan a sus vecinos con los LSP hasta que todos los routers del área hayan recibido los LSP. Cada router almacena una copia de cada LSP recibido por parte de sus vecinos en una base de datos local.
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. En forma similar a tener un mapa de carretera, el router tiene ahora un mapa completo de todos los destinos de la topología y las rutas para alcanzarlos. El algoritmo SPF se utiliza para construir el mapa de la topología y determinar el mejor camino hacia cada red.

Nota: la implementación de OSPF de Cisco especifica la métrica de routing OSPF como el costo del enlace sobre la base del ancho de banda de la interfaz de salida. A los fines de este capítulo, utilizamos valores de costo arbitrarios para simplificar la demostración.

Los routers con protocolos de enrutamiento de link-state utilizan un protocolo de saludo para descubrir cualquier vecino en sus enlaces. Un vecino es cualquier otro router habilitado con el mismo protocolo de enrutamiento de link-state.

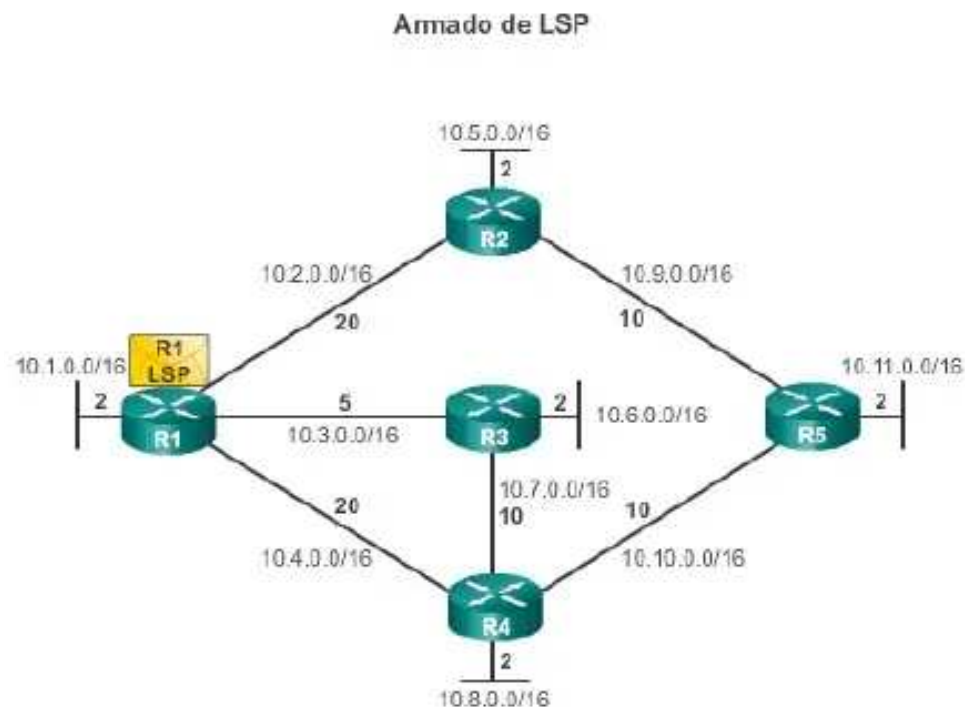
Cuando dos routers de estado de enlace descubren que son vecinos, forman una adyacencia. Dichos pequeños paquetes de saludo continúan intercambiándose entre dos vecinos adyacentes y cumplen la función de keepalive para monitorear el estado del vecino. Si un router deja de recibir paquetes de saludo por parte de un vecino, dicho vecino se considera inalcanzable y se rompe la adyacencia.



Una vez que un router establece sus adyacencias, puede armar LSP que contienen la información de estado de enlace de sus enlaces. Una versión simplificada de LSP del R1, que se muestra en la ilustración, contendría lo siguiente:

1. R1; Red Ethernet 10.1.0.0/16; Costo 2

2. R1 -> R2; Red serial punto a punto; 10.2.0.0/16; Costo 20
3. R1 -> R3; Red serial punto a punto; 10.3.0.0/16; Costo 5
4. R1 -> R4; Red serial punto a punto; 10.4.0.0/16; Costo 20



El cuarto paso en el proceso de routing de estado de enlace es que cada router satura con LSP a todos los vecinos, quienes luego almacenan todos los LSP recibidos en una base de datos.

Cada router inunda con su información de link-state a todos los demás routers de link-state en el área de enrutamiento. Siempre que un router recibe un LSP de un router vecino, envía de inmediato dicho LSP a todas las demás interfaces, excepto la interfaz que recibió el LSP. Este proceso crea un efecto de saturación de los LSP desde todos los routers a través del área de enrutamiento.

Recuerde que los LSP no necesitan enviarse periódicamente. Un LSP sólo necesita enviarse:

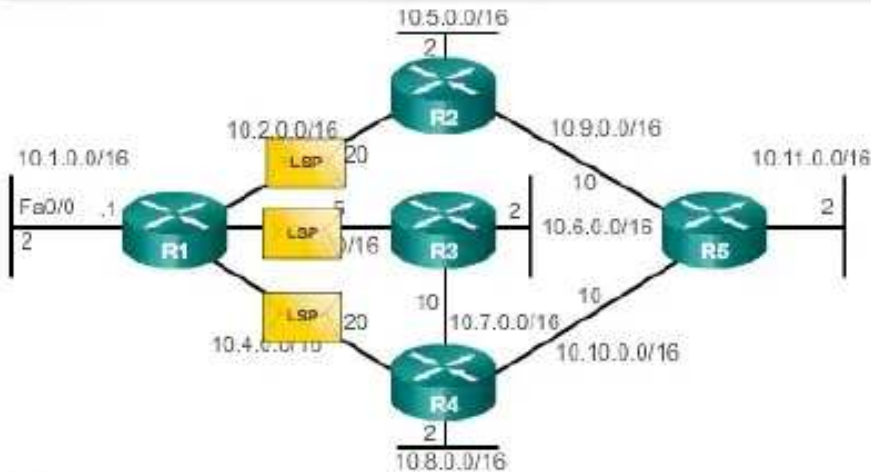
- ❓ Durante el arranque inicial del proceso del protocolo de routing (por ejemplo, en el reinicio del router)
- ❓ Cuando hay un cambio en la topología (por ejemplo, un enlace que se desactiva o activa, o una adyacencia de vecinos que se establece o se rompe)

Además de la información de estado de enlace, se incluye información adicional en el LSP, como los números de secuencia y la información de vencimiento, para ayudar a administrar el proceso de saturación. Cada router utiliza esta información para determinar si ya recibió el LSP de otro router o si el LSP tiene información más nueva que la contenida en la base de datos de link-state. Este proceso permite que un router conserve sólo la información más actual en su base de datos de link-state.

Saturación con LSP

Contenido del estado de enlace del R1

- 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



El paso final en el proceso de routing de estado de enlace es que cada router utiliza la base de datos para construir un mapa completo de la topología y calcula la mejor ruta para cada red de destino.

Finalmente, todos los routers reciben un LSP de todos los demás routers de estado de enlace en el área de routing. Dichos LSP se almacenan en la base de datos de link-state. Con una base de datos de estado de enlace completa, el R1 ahora puede utilizar la base de datos y el algoritmo SPF (Shortest Path First) para calcular la ruta preferida o la ruta más corta a cada red, lo que da como resultado el árbol SPF

Cada router construye su propio árbol SPF independientemente de los otros routers. Para garantizar el enrutamiento adecuado, las bases de datos de link-state utilizadas para construir dichos árboles deben ser idénticas en todos los routers.

Razones para utilizar protocolos de routing de estado de enlace

❓ Armado de un mapa topológico: los protocolos de routing de estado de enlace crean un mapa topológico o árbol SPF de la topología de la red

❓ Convergencia rápida: cuando reciben un LSP, los protocolos de routing de estado de enlace saturan de inmediato todas las interfaces con el LSP, excepto la interfaz desde la que se lo recibió.

❓ Actualizaciones desencadenadas por eventos: después de la saturación inicial con LSP, los protocolos de routing de estado de enlace solo envían un LSP cuando se produce un cambio en la topología.

❓ Diseño jerárquico: los protocolos de routing de estado de enlace utilizan el concepto de áreas. Las áreas múltiples crean un diseño jerárquico para redes y permiten un mejor agregado de rutas (sumarización) y el aislamiento de los problemas de enrutamiento dentro del área.