

REDES 2 – UNIDAD 4

Los protocolos de enrutamiento definen el cómo serán las comunicaciones en entornos de redes de área basta, a través de diferentes mecanismos como lo son los protocolos de RIP, OSPF, IGRP y EIGRP.

1.1. RIP (Routing Information Protocol) Protocolo de encaminamiento de información) RFC 1058, 2453, 2080.

De acuerdo con Shaughnessy (2000), este protocolo es diseñado para sistemas autónomos de tamaño moderado, es decir, su desempeño es como protocolo de enrutamiento interior. RIP, es un protocolo de vector-distancia, desarrollado inicialmente 1968 como algoritmo de Bellman-Ford, que utiliza el protocolo UDP de capa de transporte para enviar sus mensajes. Este protocolo según Hill (2002), envía en forma de broadcast (Difusión) información de enrutamiento (Tablas de Enrutamiento) a todos sus routers vecinos en intervalos de aproximadamente 30 segundos, asimismo tiene una distancia administrativa de 120 que indica la confiabilidad del protocolo (Mientras más cercano sea a 0 la distancia administrativa, mejor será la confiabilidad).

Este protocolo utiliza como métrica el número de saltos, siendo en este caso 15 como máximo, los saltos se definen como el número de routers por los cuales un paquete de datos tiene que atravesar para llegar a la red destino, también goza de gran notoriedad debido a que la mayoría de los routers basados en IP lo soportan, es relativamente fácil de implementar e incluso, soporta seis rutas de igual costo (métrica) cuando el número máximo de ellas es cuatro.

1.2. IGRP (Interior Gateway Routing Protocol) Protocolo de enrutamiento de gateway interior.

Es un protocolo de vector-distancia desarrollado por CISCO SYSTEM que soporta un numero de redes mayor que RIP. Según Hill (2002), el IGRP a diferencia de RIP soporta desde 100 hasta 255 saltos con una distancia administrativa de 100, asimismo, maneja una métrica de 24 bits, basada en retardo y ancho de banda, y opcionalmente por fiabilidad, carga y MTU (Unidad Máxima de Transferencia).

Otro factor importante de IGRP es que puede balancear hasta seis caminos diferentes sin necesidad de que tengan la misma métrica, a diferencia de RIP que especifica seis rutas del mismo costo y finalmente, previene los bucles de enrutamiento a través del empleo de la técnica de horizontes divididos (Split Horizon).

1.3. EIGRP (Enhanced Interior Gateway Routing Protocol) Protocolo de enrutamiento de gateway interior Mejorado)

Es un protocolo hibrido desarrollado por CISCO SYSTEM que une las propiedades de los protocolos de vector-distancia y estado-enlace, asimismo, mantiene información de enrutamiento y de la topología en varias tablas y bases de datos. Este protocolo de acuerdo con Huidobro (2001), maneja tres (3) tipos de tablas: **de topología**, que está compuesta por todas las tablas de enrutamiento EIGRP recibidas de los vecinos y junto con la **tabla de vecinos** calcula las rutas de menor costo hacia cada red destino. Asimismo, maneja la **tabla de enrutamiento**, que contiene las mejores rutas hacia cualquier red destino, esta información es incorporada a esta tabla a través de información recopilada de la tabla de topología y

finalmente y la más importante, la tabla de vecinos que cada router con EIGRP mantiene y que enumera a los routers vecinos. Otra funcionalidad interesante, es que maneja actualizaciones parciales y detección de errores, propias de los protocolos de estado-enlace.

EIGRP, no se basa en TCP/IP para intercambiar información de enrutamiento a diferencia de RIP y otros protocolos de enrutamiento tales como OSPF é IGRP. Este protocolo, hace uso del protocolo RTP (Protocolo de Transporte Confiable) que es un protocolo de capa de transporte que proporciona un servicio confiable o no confiable para garantizar la entrega de información de enrutamiento. Por otra parte el EIGRP define un algoritmo llamado DUAL (Algoritmo de actualización Difusa) que es el algoritmo de vector-distancia propio de EIGRP. Este algoritmo, inicia el proceso de búsqueda de rutas alternativas (llamado sucesor factible), cuando el router detecta que un vecino no está disponible, todo esto, para que recalculé la nueva topología.

1.4. OSPF (Open Shortest Path First) Primero la ruta libre más Corta RFC 2328

Este protocolo según Shaughnessy (2000), es un algoritmo utilizado como protocolo de enrutamiento interior (IGP) similar a RIP, también es protocolo estado-enlace desarrollado inicialmente en 1959 como algoritmo de Dijkstra de estado-enlace (LSA - Link State Algorithm) que permite calcular la ruta más corta posible. Una propiedad de OSPF construye la topología completa en cada router de la red, es decir, que cada router posee la información completa de toda la topología lo que exige que los router posean especiales características.

Una desventaja de OSPF es que solo soporta TCP/IP, sin embargo, a diferencia de RIP que también utiliza a TCP/IP como transporte, el

OSPF soporta redes de gran tamaño en configuraciones jerárquicas llamadas backbone, estas son también denominada área de distribución ó área 0. Este enfoque, permite un control extenso de las actualizaciones como lo define CISCO (2006), y reduce el gasto de procesamiento, mejora el rendimiento y la convergencia y limita la inestabilidad de la red a un área.

ALGORITMOS DE ENRUTAMIENTO

Los algoritmos de enrutamiento especifican el cómo se desarrollarán las comunicaciones a través de los distintos protocolos de enrutamiento. Estos algoritmos sientan las bases para que sea posible diseñar ó rediseñar los nuevos ó mejores protocolos de enrutamiento tomando como punto de partida: algoritmo de vector distancia y algoritmo de estado-enlace.

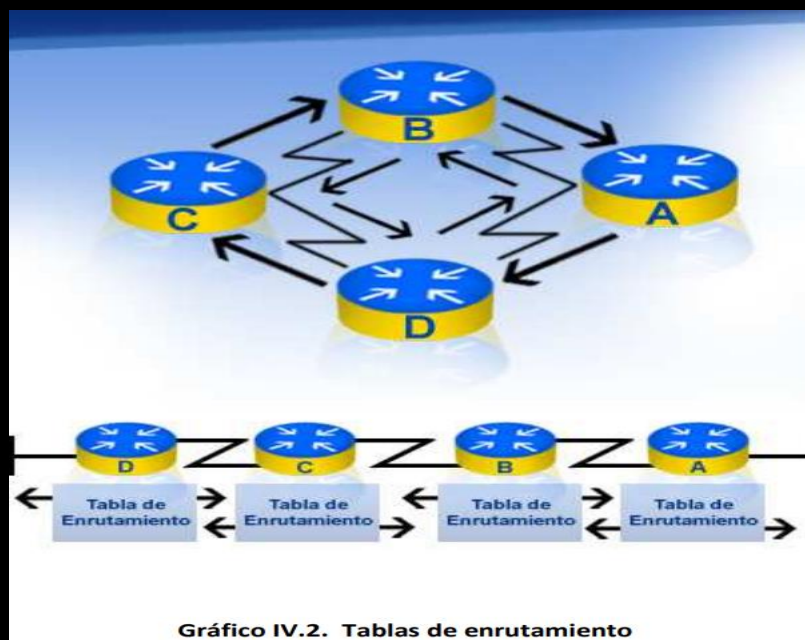
2.1. Algoritmo de Vector – Distancia

De acuerdo con Comer (1997), en los protocolos de vector-distancia los router envían información de enrutamiento a los routers vecinos, es decir, a sus vecinos directamente conectados. Esta información de enrutamiento, consiste en el envío de tablas periódicas llamadas actualizaciones que informan acerca de los cambios en la topología, el algoritmo que define el protocolo de vector-distancia es conocido como Bellman-Ford.

El algoritmo por su parte, recolecta la información acerca de la distancia (Métricas de enrutamiento) de la red que le permiten mantener actualizada la base de datos de toda la red, es importante precisar que este algoritmo no permite conocer al router toda la

topología de la red, solo conocer los routers que están directamente conectados a él.

De acuerdo con Shaughnessy (2000), la siguiente grafica muestra las diferentes métricas de enrutamiento utilizadas por los routers para calcular el costo del envío de paquetes. Por lo tanto, las tablas de enrutamiento mantienen información acerca de la métrica de enrutamiento definida por el costo total de la ruta y la dirección lógica del primer router, tal como se evidencia en el siguiente gráfico.



Asimismo, las actualizaciones permiten tener con información precisa a las tablas de enrutamiento de cada router y son enviadas

periódicamente o cuando existen cambios en la topología. Es importante, que este proceso sea manejado eficientemente para garantizar el enrutamiento, por lo tanto, cada router debe enviar toda la tabla de enrutamiento a cada uno de sus routers vecinos, tal como se ejemplariza en el siguiente gráfico.

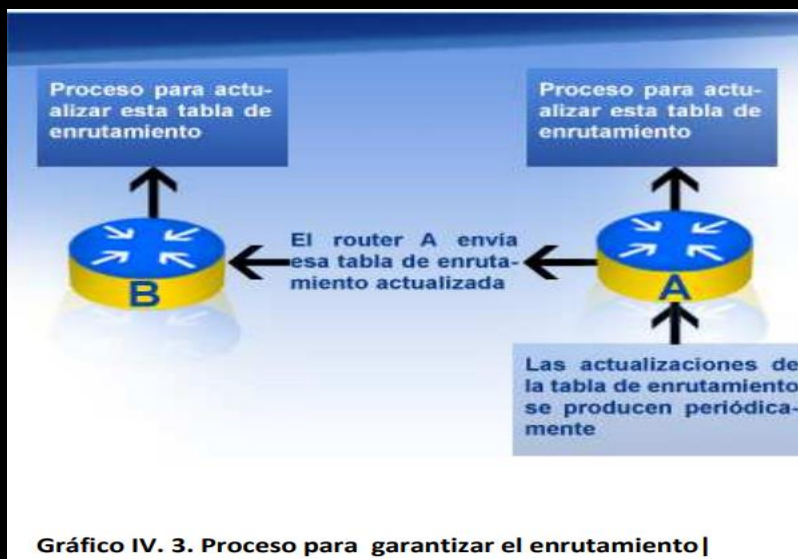


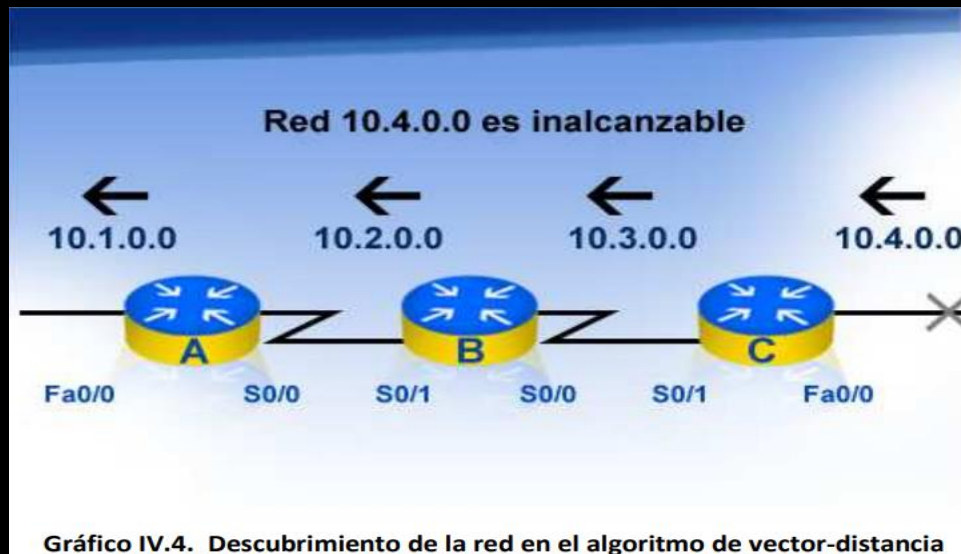
Gráfico IV. 3. Proceso para garantizar el enrutamiento]

DESCUBRIMIENTO DE LA RED

En relación con el punto anterior y según Hill (2002), los router envían de forma periódica sus actualizaciones (tablas de enrutamiento) a los routers directamente conectados a él, sin embargo, algún evento que podría sugerir la caída parcial ó permanente de algún router dentro de la topología, genera una actualización que es enviada inmediatamente como respuesta debido al cambio en la tabla de enrutamiento.

Este evento por ende, se da lugar en cada router dentro de la topología al detectar algún cambio en sus tablas de enrutamiento, ellos envían actualizaciones inmediatamente para restituir todas las posibles rutas dentro de la topología (convergencia) y genera una reacción en cadena con todos los router que estén directamente conectados a el. Es preciso resaltar, que estas actualizaciones

generadas por eventos no esperan a que el temporizador de actualizaciones (de aproximadamente 30 segundos) expire, sino por el contrario, son enviadas inmediatamente ante dicho evento, tal como se evidencia en el siguiente gráfico.



Problemas de enrutamiento y técnicas de solución en el algoritmo de vector-distancia

En el enrutamiento de paquetes a través de los routers se pueden generar bucles a consecuencia de tablas de enrutamiento no actualizadas (incongruencia), producto de una red que constantemente está sujeta a cambios, generando ciclos continuos (bucles) hasta que algún otro proceso lo detenga. La circunstancia en la cual se producen los bucles de enrutamiento es denominada cuenta al infinito, debido a que los paquetes recorren la red en un ciclo continuo a pesar de que la red destino es inalcanzable.

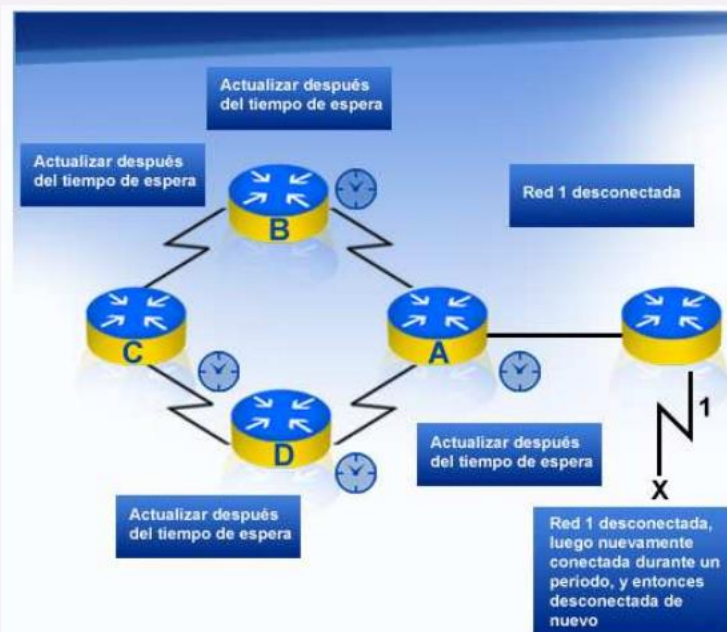
Mientras los routers cuentan al infinito, la tabla de enrutamiento errónea hace que se produzca un bucle de enrutamiento. Este ciclo, producto de la incongruencia y/o latencia de la red permanecerá constante hasta que algún proceso lo detenga. Los algoritmos de vector-distancia por su parte, definen ciertas técnicas para evitar

que bucles de enrutamiento (ciclos continuos) inunden la red generando alto tráfico, estas técnicas son: temporizador de espera, horizontes divididos, envenenamiento de rutas, actualizaciones inmediatas, las cuales se describen a continuación.

- **Temporizador de Espera:** Es una técnica que se emplea cuando un router recibe una actualización de su router vecino que muestra un cambio en la topología, es decir, que una red está fuera de servicio. En este caso, el router no acepta mensajes de enrutamiento de sus routers adyacentes por un período determinado de tiempo.

Ejemplo IV.1. Temporizador de Espera

Si un Router **A** recibe una actualización de su Router vecino **B** indicándole que una red accesible esta ahora inalcanzable, el Router marca esa ruta como inaccesible e inicia un temporizador de espera, si antes de expirar este temporizador se recibe una actualización por parte de Router vecino **B** indicándole que la red de nuevo esta accesible, este la marca accesible y detiene el temporizador de espera.

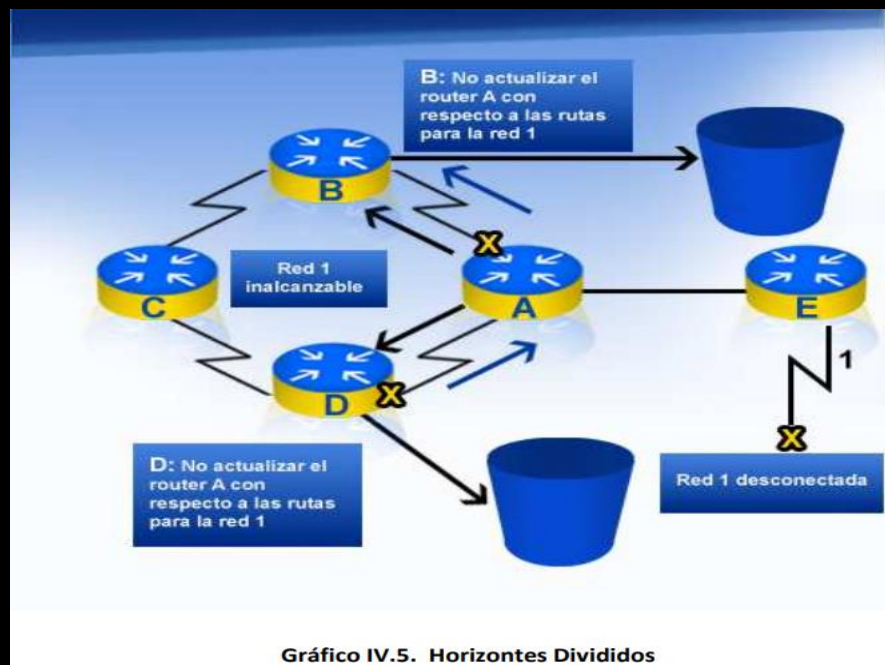


- **Horizontes divididos:** Es una técnica que solo mitiga el problema de cuenta al infinito en una topología mas no lo resuelve. Cuando un router

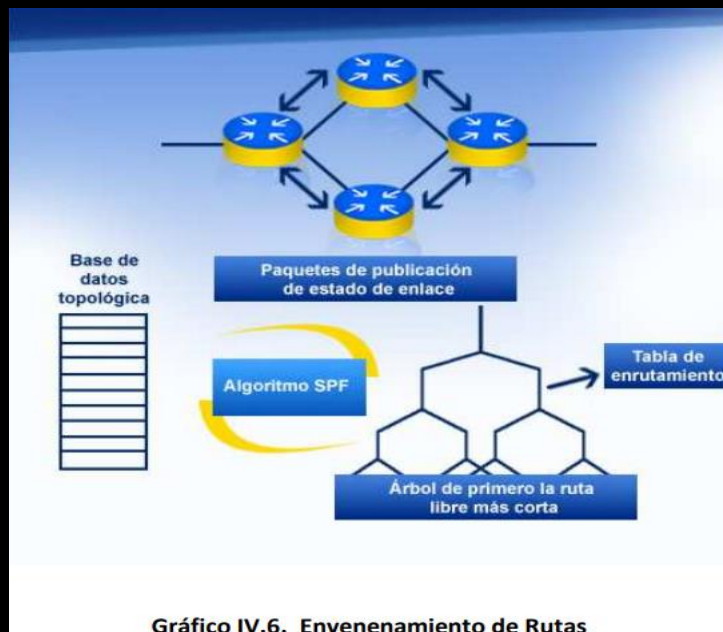
recibe por una de sus interfaces una actualización que se haya producido por un evento, tal es el caso de una red fuera de servicio, este no generara actualizaciones cada 30 segundos por la misma interfaz hasta tanto no se restablezca la topología y exista de nuevo convergencia en la red, una vez reestablecida la topología de la red (entre en servicio la red caída), el router generara información de enrutamiento correcta por la misma interfaz, con esta técnica se elimina la cuenta al infinito, a continuación se describe un ejemplo relacionado a los horizontes divididos, tomado del Currículo CCNA de CISCO.

Ejemplo IV.2. Horizontes Divididos
Ejemplo. 1. El <i>router A</i> envía una actualización al <i>Router B</i> y al <i>Router D</i> indicándole que <i>1</i> está fuera de servicio. El <i>Router C</i> , sin embargo, transmite una actualización periódica al <i>Router B</i> , que señala que la <i>red 1</i> está disponible a una distancia de través del <i>Router D</i> . Esto no rompe las reglas del horizonte dividido.
Ejemplo. 2. El <i>Router B</i> determina erróneamente que el <i>Router C</i> todavía tiene una ruta válida hacia <i>1</i> , aunque con una métrica mucho menos favorable. El <i>Router B</i> envía una actualización periódica al <i>Router A</i> la cual indica al router A la nueva ruta hacia <i>1</i> .
Ejemplo. 3. El <i>Router A</i> ahora determina que puede enviar paquetes a través del <i>Router B</i> , el <i>Router B</i> determina que puede enviar paquetes a través del <i>Router C</i> , y el <i>Router C</i> determina que puede enviar paquetes a través del <i>Router D</i> . Cualquier paquete introducido en este entorno quedará atrapado en un bucle entre los routers.

Siguiendo con la idea del ejemplo anterior, se evidencia en el gráfico IV.5 lo allí, mencionado.



- **Envenenamiento de rutas:** La técnica de envenenamiento de rutas consiste en colocar al número de saltos (métrica de enrutamiento) con un valor máximo específico más uno, es decir, en 16 convirtiendo a la red inaccesible como inalcanzable ó fuera de servicio. Esta técnica hace que el protocolo de enrutamiento genere actualizaciones de rutas de métricas infinitas para la ruta que está fuera de servicio, tal como se evidencia en el siguiente gráfico.



- **Actualizaciones inmediatas:** Como se describió previamente, los routers periódicamente envían información de enrutamiento (actualizaciones ó tablas de enrutamiento) cada 30 segundos a todos sus routers vecinos. Cuando un evento se da lugar, una actualización inmediata se dispara con el fin de informar a todos los routers adyacentes de un cambio en la topología, esta acción se repite cada vez que un router recibe dicha actualización repitiéndose de vecino en vecino.

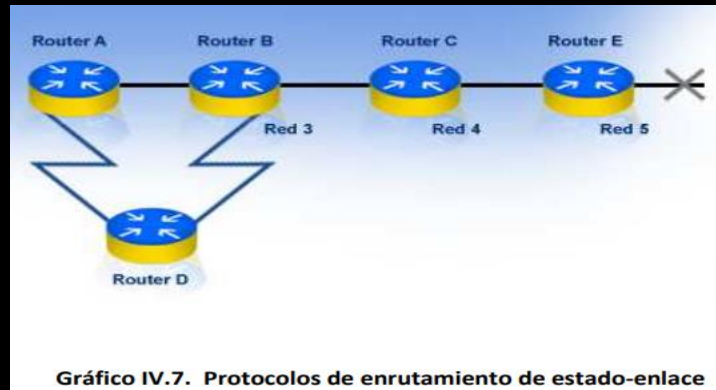
Las actualizaciones generadas por eventos, se envían inmediatamente sucedido un evento, sin esperar a que los

temporizadores de actualizaciones expiren. Esta técnica, combinada con el envenenamiento de rutas aseguran que todos los routers conozcan los cambios en la topología, aun antes de que se cumpla el lapso de tiempo para una actualización periódica.

2.2. Algoritmo de Estado Enlace.

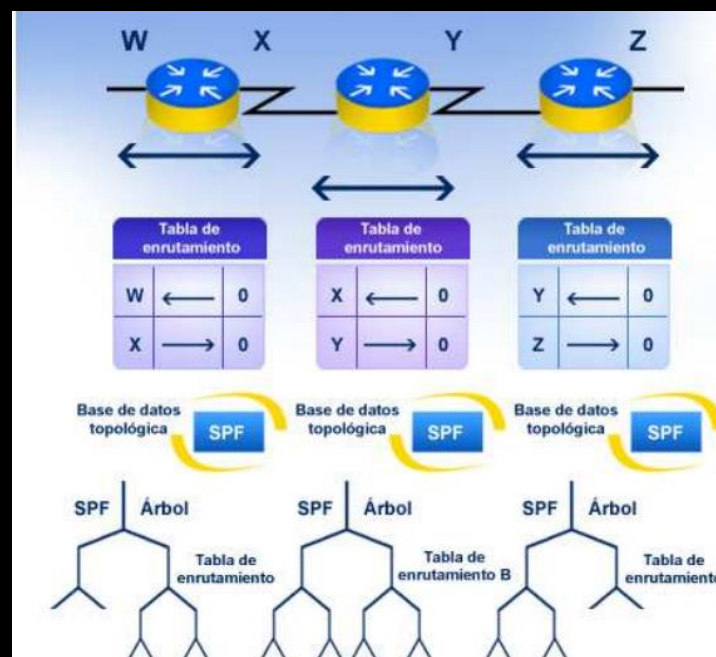
El algoritmo de estado-enlace, es también conocido como SPF (primero la ruta más corta). Este algoritmo que define el protocolo de estado-enlace es conocido como Dijkstra. Los protocolos de enrutamiento que se rigen bajo este algoritmo, conocen toda la topología de la red, mantienen información completa de los routers lejanos y de sus conexiones y todo a través de una amplia base de datos de toda la topología.

Los protocolos de enrutamiento de estado-enlace hacen uso de las publicaciones de estado-enlace (LSA) definidas como paquetes de datos que viajan de router en router con información de enrutamiento, la base de datos topológica, que contienen toda la información de la topología agrupada gracias a las publicaciones de estado-enlace, el algoritmo SPF, que contiene el árbol de toda la topología como resultado de los cálculos realizados en la base de datos topológica y finalmente las tablas de enrutamiento, que es una lista de las rutas e interfaces conocidas, tal como se visualiza en el siguiente gráfico.



DESCUBRIMIENTO DE LA RED CON ESTADO-ENLACE

Los routers, constantemente comparten paquetes LSA con los routers adyacentes, lo que les permite a cada uno crear una gran base de datos topológica de la red con toda la información recopilada a través de los paquetes LSA. Cada router por su parte, genera en paralelo su topología lógica en forma de árbol ubicándose el mismo como Root (Raíz) donde sus ramas son todas las rutas posibles hacia cada subred de topología. El router, ordena todas las rutas ubicando las mejores rutas hacia las redes destino y de las interfaces que permiten llegar a ellas, generando con ello las tablas de enrutamiento, tal como se evidencia en el siguiente gráfico.



De acuerdo con CISCO (2000), el proceso de descubrimiento de la red funciona de la siguiente manera: El router que primero conoce de un cambio en la topología envía la información al resto de los routers, para que puedan usarla para hacer sus actualizaciones y publicaciones. Esto implica el envío de información de enrutamiento, la cual es común a todos los routers de la red. Para lograr la convergencia, cada router monitorea sus routers vecinos, sus nombres, el estado de la interconexión y el costo del enlace con cada uno de ellos.

El router genera una LSA, la cual incluye toda esa información, junto con información relativa a nuevos vecinos, los cambios en el costo de los enlaces y los enlaces que ya no son válidos. La LSA es enviada entonces, a fin de que los demás routers la reciban. Cuando un router recibe una LSA, actualiza su base de datos con la información más reciente y elabora un mapa de la red con base en los datos acumulados, y calcula la ruta más corta hacia otras redes mediante el algoritmo SPF.

Cada vez que una LSA genera cambios en la base de datos, el algoritmo de estado del enlace (SPF) vuelve a calcular las mejores rutas, y actualiza la tabla de enrutamiento.