

# Sistemas de Computación 2

## « Redes »

### Enrutamiento



# Enrutamiento

Enrutamiento se refiere al proceso en el que los Routers aprenden sobre redes remotas, encuentran todas las rutas posibles para llegar a ellas y luego escogen las mejores rutas (las más rápidas) para intercambiar datos entre las mismas. En otras palabras, los Routers deciden - después de examinar la dirección IP de destino- dónde enviar los paquetes, para que eventualmente lleguen a su red de destino, o simplemente descartan los paquetes si es que, por algún motivo, fallan todos los intentos de enrutarlos.

Sin embargo, al principio un Router no conoce ninguna otra red que no sea la que está directamente conectada a si mismo. Para que un Router pueda llevar a cabo el enrutamiento, primero debe saber de la existencia de redes remotas y para que esto suceda tiene que estar configurado con **enrutamiento dinámico** y / o **enrutamiento estático**.

El Router es el dispositivo físico utilizado para enrutar, pero no puede lograr esto por sí solo, debe haber algo que le indique como hacerlo. En términos generales hay dos maneras de hacer esto; Una opción es indicar exactamente donde enviar los datos, configurando el Router con rutas estáticas, esto se llama "enrutamiento estático" o se puede implementar "enrutamiento dinámico", donde el Router se encarga del enrutamiento por sí solo, haciendo uso de un Protocolo de Enrutamiento Dinámico. El objetivo es el mismo; Indicarle al Router cómo aprender rutas por las cuales enviar paquetes, para que eventualmente lleguen a su red de destino final.

# Protocolos de Enrutamiento

Básicamente, el protocolo de enrutamiento establece las reglas sobre cómo un Router aprende redes remotas y luego anuncia estas redes a Routers vecinos dentro del mismo sistema autónomo (o AS por sus siglas en inglés) para luego "enrutar" los paquetes a través de estas rutas, hasta su destino final.

Hay actualmente tres distintas maneras en que un protocolo de enrutamiento dinámico puede decidir por donde enviará un paquete, o de medir la distancia hacia una red.

Las tres maneras son: Distance Vector, Link State y Hybrid.

- **Distance Vector** (Vector de Distancia): Estos protocolos tienen por concepto que la red es un vector, o sea, como una línea, compuesta por puntos, con un sentido y una dirección. En este caso los puntos serían los Routers conectados en forma lineal.

Si para llegar a una red en particular se debe pasar de un Router a otro, se genera un salto.

El mejor camino es el que tiene una menor cantidad de saltos para este tipo de protocolo.

RIP es un protocolo de enrutamiento por Distance Vector.

# Protocolos de Enrutamiento

- **Link State** (Estado de Link): Estos protocolos entienden que la red moderna tiene distintos links y trata de mejorar la manera de tomar decisiones.

Estos protocolos evalúan el link entre los routers por su ancho de banda. Así que cada una de las velocidades es representada por un costo.

Cuanto menor es el costo para llegar a una red, mejor es considerado el camino. Ejemplos de protocolos de estado de link son OSPF y IS-IS.

- **Hybrid** (híbridos): Son clasificados así los protocolos que utilizan más de una medida para definir su costo, lo que los hace mucho más precisos. También hace que el camino que va a tomar cambie según los parámetros que están utilizando.

Los mejores ejemplos de protocolos híbridos son EIGRP y BGP.

En el caso del EIGRP, el costo se calcula con la fórmula:

$$\text{Costo de EIGRP} = 256 * ((K1 * Bw) + (K2 * Bw) / (256 - \text{Load}) + K3 * \text{Delay}) * (K5 / (\text{Reliability} + K4))$$

Los Ks son binarios, así que pueden ser 1 o 0.

Los 1s son considerados para el costo y los 0s no serán considerados.

Velocidad	Costo
4 Mbps	250
10 Mbps	100
16 Mbps	62
100 Mbps	19
1 Gbps	4
2 Gbps	3
10 Gbps	2
100 Gbps	1

# Saltos

Después de que los paquetes salen de la interfaz de origen de un Router y cada vez, a partir de entonces, que los paquetes pasan a través de otro Router (es decir, los paquetes entran en una interfaz y salen por otra interfaz del Router), se denomina "salto" (Hop, en inglés), por lo tanto, la información continuará "saltando" de Router en Router, hasta que llegue a su destino.

Es importante saber qué son los saltos, ya que algunos protocolos de enrutamiento como ser RIP, utilizan un conteo de saltos como métrica para determinar las mejores rutas.

También, la terminología "salto" se aplica durante el enrutamiento de paquetes;

Cuando un Router envía paquetes a una red directamente conectada, se dice que lo hace utilizando la "interfaz de salida". Esto se debe a que, si pensamos en ello, no hay necesidad de "saltar" a ningún otro lugar, si la red de destino está conectada directamente al Router.

Por lo contrario, cuando el Router está enviando datos a una red remota, se dice que envía los paquetes a la dirección del "siguiente salto", que es simplemente la dirección IP del próximo Router en el camino hacia el destino final del paquete.

# Métrica

Un protocolo de enrutamiento seleccionará como mejor ruta, después de ejecutar su algoritmo, la ruta que tenga la métrica más baja y cada protocolo utiliza su propia métrica, por ejemplo; RIP utiliza una métrica de "conteo de saltos", OSPF utiliza "Costo" y EIGRP utiliza una combinación de "ancho de banda y retraso".

Aquí hay una tabla que muestra las métricas de cada protocolo, incluyendo una breve descripción:

Protocolo	Métrica	Descripción
RIP	Conteo de saltos	RIP selecciona, como mejor ruta, la ruta con menos cantidad de saltos a la red de destino
EIGRP	Ancho de banda y retraso	EIGRP utiliza el valor de ancho de banda del enlace mas lento en la ruta, y los valores de retraso de las interfaces (acumulativas) en la ruta
OSPF	Costo	OSPF usa la suma de los costos acumulativos de las interfaces en la ruta. El costo esta basado (por defecto) en el ancho de banda de cada interfaz

# Distancia Administrativa

En la mayoría de las redes sólo habrá un protocolo dinámico encargado del enrutamiento. Sin embargo, es posible (especialmente en redes más grandes) implementar más de un solo protocolo de enrutamiento a la vez. Si este fuera el caso, el Router no tendrá en su tabla de enrutamiento sólo rutas conectadas directamente o (quizás), rutas estáticas y predeterminadas, también tendrá rutas dinámicas de todos los protocolos de enrutamiento implementados, y también es posible que algunas de estas rutas apunten a la misma red de destino, aunque la ruta en sí sea distinta, entonces, ¿qué camino seleccionara el enrutador para enviar datos a la red de destino?

Bueno, la respuesta es que el Router ignorará las rutas reportadas por RIP y OSPF, y seleccionará la ruta estática configurada por el administrador.

La razón por la que el Router seleccionó la ruta estática e ignoró las rutas indicadas por los protocolos dinámicos, es debido a algo llamado Distancia Administrativa (DA), las rutas estáticas tienen una mejor DA.

Podemos pensar en DA como un "valor de confiabilidad" con los que se miden los diferentes tipos de ruta. Este valor va desde 0 hasta 255, y cuanto menor sea el valor, más confiable será la ruta.

Básicamente, cuando el Router tiene más de una ruta a una misma red, optará por seleccionar la ruta más confiable, la que tenga menor DA.

# Distancia Administrativa

La distancia administrativa define la fiabilidad de un protocolo de enrutamiento. Cada protocolo de enrutamiento da prioridad a los caminos de mayor a menor fiabilidad usando un valor de distancia administrativa. Es preferible un valor bajo: por ejemplo, una ruta OSPF con una distancia administrativa de 110 prevalecerá sobre una ruta RIP con una distancia administrativa de 120.

Cada tipo de ruta tiene su propio valor de distancia administrativa, aquí está la tabla:

Tipo de ruta	Valor de DA
Conexión directa	0
Estática	1
BGP (externa)	20
EIGRP	90
IGRP	100
OSPF	110
IS-IS	115
RIP	120
EIGRP (externa)	170
BGP	200
Desconocida	255



# Enrutamiento Estático

El enrutamiento estático proporciona un método que otorga a los administradores de redes control absoluto sobre las rutas por las que se transmiten los datos en una red. Para adquirir este control, en lugar de configurar protocolos de enrutamiento dinámico para que creen las tablas de enrutamiento, se crean manualmente.

La tabla de enrutamiento contiene la información más importante que usan los routers. Esta tabla proporciona la información que usan los routers para reenviar los paquetes recibidos. Si la información de la tabla de enrutamiento no es correcta, el tráfico se reenviará incorrectamente y posiblemente no llegue al destino.

Es importante entender las ventajas y desventajas de la implementación de rutas estáticas, porque se utilizan extensamente en redes pequeñas y para establecer la conectividad con proveedores de servicios. Es posible que se crea que el enrutamiento estático es sólo un método antiguo de enrutamiento y que el enrutamiento dinámico es el único método usado en la actualidad. Esto no es así, además, se destaca que escribir una ruta estática en un router no es más que especificar una ruta y un destino en la tabla de enrutamiento, y que los protocolos de enrutamiento hacen lo mismo, sólo que de manera automática. Sólo hay dos maneras de completar una tabla de enrutamiento: manualmente (el administrador agrega rutas estáticas) y automáticamente (por medio de protocolos de enrutamiento dinámico).

# Enrutamiento Estático

Las rutas estáticas permiten que los administradores reduzcan significativamente el tamaño de las tablas de enrutamiento. Como la tabla de enrutamiento contiene la información más importante para el router, la tabla debe completarse eficazmente. El uso de rutas estáticas hace que el proceso de enrutamiento sea más eficaz. Concretamente, las tablas de enrutamiento más pequeñas reducen el tiempo de búsqueda de rutas y el uso del procesador, y aceleran el reenvío de paquetes.

El enrutamiento estático es la solución para redes pequeñas por su seguridad y por la economía de sus recursos; no consume ancho de banda, no hace trabajar a la CPU del router y es fácil de configurar.

A diferencia de lo que ocurre cuando se configura una red con protocolos de enrutamiento dinámico, la configuración de rutas estáticas exige la intervención del administrador cada vez que se producen cambios en esta, por este motivo lo normal es que en la mayoría de las redes se utilicen tanto rutas estáticas (configuradas manualmente) como protocolos de enrutamiento dinámico

# Enrutamiento Estático

El administrador de red configura manualmente las rutas estáticas en el Router. Se indica al Router, literalmente; "Para enviar paquetes a la red X, envíalos por la interfaz X o, a la dirección IP del próximo salto X".

El enrutamiento estático tiene algunas desventajas en comparación con el enrutamiento dinámico, con respecto a rendimiento y escalabilidad, sin embargo, tiene sus ventajas también:

- 1) Control total sobre selección de ruta: Una ruta estática le indica al Router, exactamente dónde enviar los datos, por lo tanto, el administrador puede crear una ruta específica y controlada, por donde los paquetes pueden llegar a su destino final.
- 2) Disponibilidad: A menos que algo falle físicamente con la ruta estática, la misma siempre estará disponible para el enrutamiento de los paquetes en la red.
- 3) Fácil de implementar (en redes pequeñas): Las rutas estáticas se configuran una línea de comandos a la vez, por lo tanto, si su red sólo tiene unos pocos Routers, configurar enrutamiento estático es muy fácil.
- 4) Bajos "Gastos Generales"(Overhead): Debido que al Router se le ha indicado literalmente por donde o a dónde enviar los datos, no es necesario para el mismo hacer cálculos para encontrar el mejor camino. Y además, y si por alguna razón la/s rutas estáticas fallan, el Router no calculará una ruta alternativa.

# Enrutamiento Estático

- 🌐 *Enrutamiento Estático 3 Routers*
- 🌐 *Enrutamiento Estático de 5 Routers*
- 🌐 *Enrutamiento Estático 5 Router Anillo*
- 🌐 *Enrutamiento Estático 5 Routers Estrella*

# Enrutamiento Dinámico

Los protocolos de enrutamiento dinámico se utilizan en el ámbito de las redes desde finales de la década de los ochenta. Uno de los primeros protocolos fue el RIP. RIPv1 se lanzó en 1988, pero ya en 1969 se utilizaban algunos de los algoritmos básicos en dicho protocolo en la Advanced Research Projects Agency Network (ARPANET).

A medida que las redes evolucionaron y se volvieron más complejas, surgieron nuevos protocolos de enrutamiento. El protocolo RIP se actualizó a RIPv2 para hacer lugar al crecimiento en el entorno de red. Sin embargo, RIPv2 aún no se implementa en las redes de mayor tamaño de la actualidad. Con el objetivo de satisfacer las necesidades de las redes más grandes, se desarrollaron dos protocolos: el protocolo OSPF (abrir primero la ruta más corta) y sistema intermedio a sistema intermedio (IS-IS). Cisco desarrolló el protocolo de routing de gateway interior (IGRP) e IGRP mejorado (EIGRP), que también tiene buena escalabilidad en implementaciones de redes más grandes.

Asimismo, surgió la necesidad de conectar distintas internetworks y proporcionar routing entre ellas. En la actualidad, se utiliza el protocolo de gateway fronterizo (BGP) entre proveedores de servicios de Internet (ISP). El protocolo BGP también se utiliza entre los ISP y sus clientes privados más grandes para intercambiar información de routing.

# Enrutamiento Dinámico

El enrutamiento dinámico se logra mediante el uso de un o más protocolos de enrutamiento, como ser RIP, IGRP, EIGRP u OSPF.

Un Router configurado con un protocolo de enrutamiento dinámico puede:

- 1) Recibir y procesa las actualizaciones enviadas por Routers vecinos, que ejecutan el mismo protocolo de enrutamiento.
- 2) Aprender sobre redes remotas por medio de las actualizaciones recibidas de Routers vecinos.
- 3) Si existiesen múltiples rutas a una misma red remota, aplicar un algoritmo para determinar la mejor ruta, la más rápida.
- 4) Anunciar, a Routers vecinos, sobre sus rutas a redes remotas.
- 5) Actualizar sus rutas cuando, por algún motivo, ocurre algún cambio en la topología.

El enrutamiento dinámico posee un tiempo de convergencia más rápido y su escalabilidad es mucho mejor en redes más grandes, comparándolo con el enrutamiento estático, pero a costo de más utilización de recursos como ser RAM, ciclos del CPU (micro-procesador del Router) y también más ancho de banda de la propia red.

# Enrutamiento Dinámico RIP

El Protocolo de Información de Enrutamiento, Routing Information Protocol (RIP), es un protocolo de puerta de enlace interna o interior (Interior Gateway Protocol, IGP) utilizado por los routers para intercambiar información acerca de redes del Internet Protocol (IP) a las que se encuentran conectados.

Por medio de este protocolo se puede conseguir que los routers compartan información sobre las redes que conocen, de manera que un router llegue a aprender las rutas hacia redes que no se encuentran directamente conectadas a él.

Para hacer la configuración del protocolo hay que decidir con qué interfaces (tarjetas de red) se va a comunicar con otros routers, así como la versión del protocolo a utilizar, usualmente la V2. Esas interfaces deben poner en contacto ambos routers, y los dos han de utilizar la misma versión. A través de esas tarjetas se envía la información de enrutamiento (mensajes RIP, llamados actualizaciones, con la información sobre las rutas para alcanzar las redes remotas)

Su algoritmo de enrutamiento está basado en el vector de distancia, ya que calcula la métrica o ruta más corta posible hasta el destino a partir del número de "saltos" o equipos intermedios que los paquetes IP deben atravesar. El límite máximo de saltos en RIP es de 15, de forma que al llegar a 16 se considera una ruta como inalcanzable o no deseable.

# Enrutamiento Dinámico RIP

- **RIPv1:** La definición original, recogida en el RFC 1058, define RIP como un protocolo de enrutamiento con clase, es decir, basado en las clases de las direcciones IP. No soporta máscaras de tamaño variable (VLSM) ni direccionamiento sin clase (CIDR). Esto implica que las redes tratadas por este protocolo deben tener la máscara de red predefinida para su clase de dirección IP, lo que resulta poco eficiente. Además, RIPv1 tampoco incluye ningún mecanismo de autenticación de los mensajes, haciéndolo vulnerable a ataques. Utiliza UDP para enviar sus mensajes a través del puerto 520.1
- **RIPv2:** Desarrollado en 1993, estandarizado en 1998. Esta versión soporta subredes, permitiendo así CIDR y VLSM. Además, para tener retrocompatibilidad con RIPv1, se mantuvo la limitación de 15 saltos. Se agregó una característica de "interruptor de compatibilidad" para permitir ajustes de interoperabilidad más precisos. RIPv2 soporta autenticación, utilizando uno de los siguientes mecanismos: no autenticación, autenticación mediante contraseña, y autenticación mediante contraseña codificada mediante MD5 (desarrollado por Ronald Rivest en 1997). RIPv2 es el estándar de Internet STD56 (que corresponde al RFC 2453).
- **RIPng:** RIP para IPv6. Se rige por la RFC 2080.

Una de las ventajas es que si se añade una nueva red en alguno de los routers de la red, basta con configurarla en este router, no es necesario configurar los otros routers (lo cual sería necesario en el caso de enrutamiento estático)



# Enrutamiento Dinámico

- 🌐 *Enrutamiento Dinamico RIP v2*
- 🌐 *Practica de Enrutamiento Dinamico*
- 🌐 *Practica de Enrutamiento Dinamico con Configuracion de Areas*
- 🌐 *Laboratorio de Enrutamiento Dinamico*

# Bibliografía & Licencia

- ◆ CCNA 2 (2017). Switching, Routing and Wireless Essentials. Cisco Press.
- ◆ Textos tomados, corregidos y modificados de diferentes páginas de Internet, tutoriales y documentos.
- ◆ Este documento se encuentra bajo Licencia Creative Commons Attribution – NonCommercial - ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0), por la cual se permite su exhibición, distribución, copia y posibilita hacer obras derivadas a partir de la misma, siempre y cuando se cite la autoría del Prof. Matías E. García y sólo podrá distribuir la obra derivada resultante bajo una licencia idéntica a ésta.
- ◆ Autor:

*Matías E. García*

*Prof. & Tec. en Informática Aplicada*

[www.profmatiasgarcia.com.ar](http://www.profmatiasgarcia.com.ar)

[info@profmatiasgarcia.com.ar](mailto:info@profmatiasgarcia.com.ar)

