

Protocolos de Enrutamiento

Redes de Computadoras II
M.C. Nancy Aguas García

Introducción

- ✍ Los protocolos de enrutamiento son algoritmos que permiten decidir cuál es la mejor ruta que debe seguir un datagrama para llegar a su destino.
- ✍ Los protocolos de enrutamiento se utilizan para actualizar dinámicamente las tablas de enrutamiento.

Introducción

- ✍ Internet es una red formada por Sistemas Autónomos interconectados.
- ✍ Un Sistema Autónomo está constituido por un conjunto de subredes y enrutadores que tienen una administración común.
 - ✍ UNAM SA 278
 - ✍ ITAM SA 21520

Introducción

- ✍ Internet se compone de múltiples subredes interconectadas por enrutadores.
- ✍ Nombre - Dirección - Ruta
 - ✍ El DNS traduce el nombre de una computadora en una dirección IP.
 - ✍ Los enrutadores utilizan la dirección IP para transportar datagramas sobre una ruta en Internet hasta la computadora destino.

Introducción

☞ Cada Sistema Autónomo

- ☞ puede escoger su propio protocolo de enrutamiento
- ☞ debe intercambiar información de enrutamiento con otros Sistemas Autónomos

Clasificación

☞ Protocolos de enrutamiento

- ☞ Al interior de un Sistema Autónomo
Interior Gateway Protocol (IGP)
- ☞ Entre Sistemas Autónomos
Exterior Gateway Protocol (EGP)

Protocolos de enrutamiento

IGP

- ↗ Vectores de Distancias RIP-2 (RFC 2453)
- ↗ Estado de Enlaces OSPF-2 (RFC 2328)

EGP

- ↗ Vectores de Ruta BGP-4 (RFC 1771)

RIP

↗ RIP Routing Information Protocol

↗ Utiliza un algoritmo de Vectores de Distancias.

↗ Este algoritmo fue usado en ARPANET desde 1969.

RIP

☞ Cada enrutador mantiene en su tabla de enrutamiento la distancia, en saltos, que lo separa de cada destino.

Red IP	Distancia	Siguiente salto
20.0.0.0	1	entrega directa
30.0.0.0	1	entrega directa
10.0.0.0	2	20.0.0.5
40.0.0.0	2	30.0.0.7

RIP

☞ Cada enrutador envía a sus vecinos su vector de distancias cada 30 segundos.

Red IP	Distancia
20.0.0.0	1
30.0.0.0	1
10.0.0.0	2
40.0.0.0	2

RIP

- ☞ Los mensajes RIP se encapsulan en datagramas UDP.
- ☞ En un mensaje RIP pueden enviarse hasta 25 entradas del vector de distancias.
- ☞ Para transportar vectores grandes se utilizan varios mensajes.

RIP

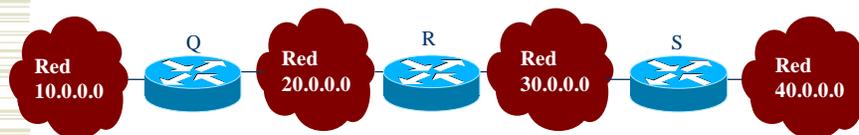
- ☞ Cuando un enrutador A recibe de un vecino B su vector de distancias, actualiza la entrada de su tabla de enrutamiento correspondiente a la red K si:
 - ☞ A no conocía a K
 - ☞ $B_k < A_k + 1$
 - ☞ A enruta por B hacia K y B_k cambió

RIP

- La actualización de la tabla de enrutamiento del enrutador A modifica el renglón correspondiente a la red K:
 - la nueva distancia es $B_k + 1$
 - el siguiente salto es B
- Una entrada de la tabla de enrutamiento se vuelve inválida si pasan 180 segundos sin que sea refrescada.

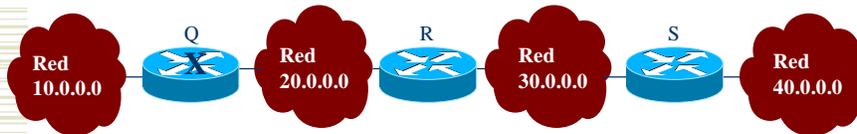
RIP

- Ejemplo de construcción de las tablas de enrutamiento.



RIP

☞ Cuenta al infinito (entre R y S)



☞ El destino se considera inalcanzable si la distancia es mayor a 15.

RIP

☞ Una solución complementaria para acelerar la convergencia se conoce con el nombre de *split horizon*:

- ☞ si S piensa que puede llegar a 10.0.0.0 vía R, sus mensajes a R no deben incluir a esta red.

RIP

- ✍ El esquema simple del *split horizon* omite las rutas aprendidas de un vecino en el vector que se le envía a ese vecino.
- ✍ El esquema con “veneno en reversa” utilizado en RIP incluye esas rutas en el vector pero establece la distancia a infinito.

RIP

- ✍ Para acelerar aún más la convergencia, un enrutador envía a todos sus vecinos su vector de distancias inmediatamente después de haber considerado inalcanzable un destino.
- ✍ Un enrutador también puede enviar su vector de distancias cuando cambia su distancia a un destino.

RIP-2

☞ Los mensajes incluyen para cada destino:

- ☞ dirección
- ☞ máscara de subred
- ☞ siguiente salto
- ☞ métrica

☞ Las actualizaciones se envían en multicast a la dirección 224.0.0.9 (y no en broadcast).

RIP-2

Comando	Versión	0
Familia de direcciones	Etiqueta de ruta	
Dirección		
Máscara de subred		
Siguiete salto		
Métrica		
Familia de direcciones	Etiqueta de ruta	
Dirección		
Máscara de subred		
Siguiete salto		
Métrica		

RIP-2

- ✍ Comando:
 - ✍ 1 solicitud
 - ✍ 2 respuesta
- ✍ Versión: 2
- ✍ Familia de direcciones: 2 para IP
- ✍ La etiqueta de ruta transporta información sobre el origen de una ruta aprendida del exterior.

RIP-2

- ✍ Permite tener una autenticación sencilla:
password o MD5.
- ✍ En la información para el primer destino:
 - ✍ Familia de direcciones: 0xFFFF
 - ✍ Etiqueta de ruta: Tipo de autenticación

IGRP

- ✍️ IGRP es un algoritmo propietario de Cisco que utiliza Vectores de Distancias.
- ✍️ El número de saltos no está limitado a 15.
- ✍️ Las actualizaciones se envían cada 90 segundos, por lo que se carga menos la red con información de enrutamiento.

IGRP

- ✍️ Para evitar los ciclos que involucran más de dos enrutadores, un enrutador no toma en cuenta las actualizaciones recibidas para una ruta:
 - ✍️ durante 90 segundos después de haberla considerado inaccesible (*hold down*),
 - ✍️ si el número de saltos ha crecido de manera importante (rutas envenenadas).

IGRP

- ✎ Utiliza como distancia una métrica compuesta ponderada:
 - ✎ velocidad de transmisión, retardo, carga, tasa de error.
- ✎ Puede balancear la carga entre múltiples rutas que tienen una distancia equivalente.

OSPF

- ✎ Los algoritmos de vectores de distancias son buenos para redes estables y pequeñas.
- ✎ Su principal desventaja es que no escalan bien: su desempeño es bajo en Sistemas Autónomos grandes ya que el tamaño de sus mensajes es directamente proporcional al número de redes existentes.

OSPF

- ☞ OSPF Open Shortest Path First
- ☞ Es un protocolo de enrutamiento muy usado en Internet.
- ☞ Utiliza un algoritmo de Estado de Enlaces.

OSPF

- ☞ La métrica utilizada por omisión por los enrutadores es inversamente proporcional a la velocidad de transmisión del enlace:
 - ☞ $\text{distancia} = 10^8 / \text{velocidad de transmisión}$
- ☞ Por ejemplo, para una red Ethernet a 10 Mbps, la distancia es 10.

OSPF

- ☞ Cada enrutador verifica continuamente los enlaces que lo unen con enrutadores adyacentes intercambiando mensajes *Hello*.
- ☞ Típicamente, los mensajes se envían cada 10 segundos y se considera que ha ocurrido una falla en un vecino si no se recibe un mensaje de él durante 40 segundos.

OSPF

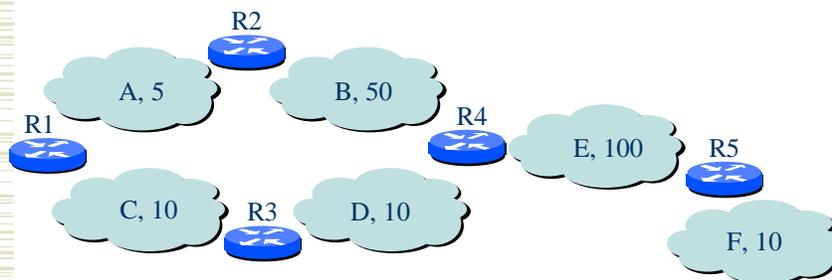
- ☞ Cada enrutador difunde cada 30 minutos, o cuando hay un cambio en el estado de uno de sus enlaces, *Link State Advertisements* a todos los enrutadores del Sistema Autónomo para notificarles el Estado de sus Enlaces.

OSPF

- ☞ Cada enrutador conoce entonces la topología completa del Sistema Autónomo (*link-state database*) y utiliza el algoritmo del camino más corto de Dijkstra para construir su tabla de enrutamiento.
- ☞ Cada enrutador construye un árbol de caminos más cortos con él como raíz.

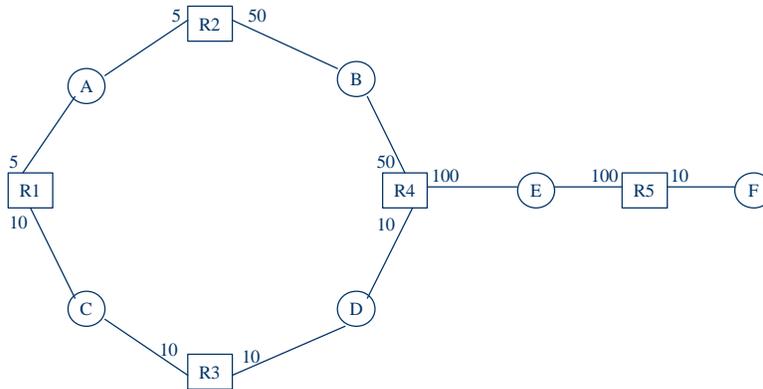
OSPF

- ☞ Ejemplo de construcción de las tablas de enrutamiento.



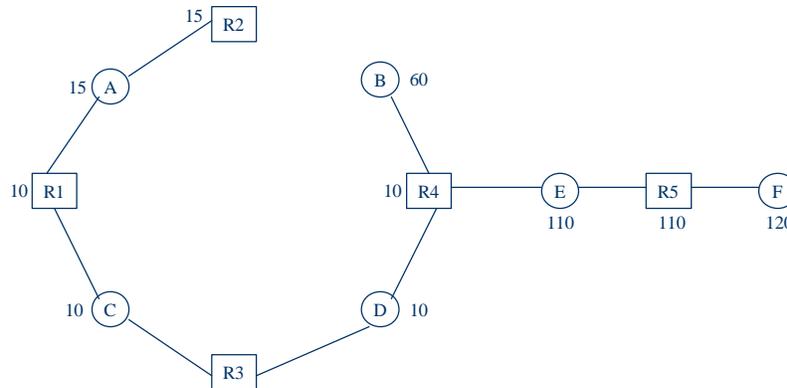
OSPF

- Grafo asociado.



OSPF

- Árbol SPF con R3 como raíz.



OSPF

☞ Tabla de enrutamiento de R3.

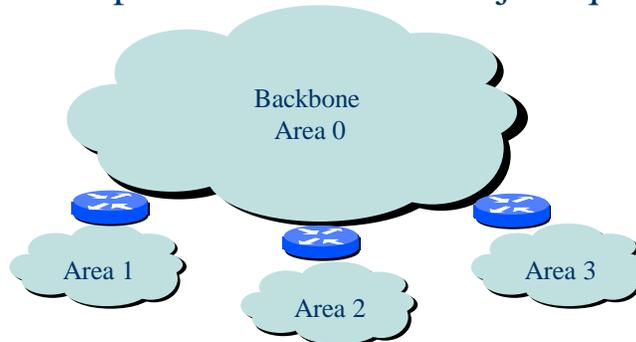
Red IP	Distancia	Siguiente salto
A	15	R1
B	60	R4
C	10	entrega directa
D	10	entrega directa
E	110	R4
F	120	R4

OSPF

- ☞ La difusión de la información necesaria para conocer la topología de la red y el cálculo de la tabla de enrutamiento son operaciones costosas si la red es grande.
- ☞ En este caso, OSPF limita la propagación de sus mensajes para reducir el tráfico en la red y la potencia de cálculo necesaria.

OSPF

☞ OSPF soporta un enrutamiento jerárquico.



OSPF

- ☞ Cada Sistema Autónomo tiene un backbone al cual se conectan todas las demás áreas.
- ☞ Los enrutadores de cada área conocen completamente su topología interna.
- ☞ La topología de cada área no es visible desde otras áreas, sólo se conoce que redes contiene.

OSPF



- ✍ Un grupo de bits identifica a un conjunto de redes.
- ✍ Se reduce el consumo de memoria y de procesador.
- ✍ Se agrega en el sentido del backbone.

OSPF

- ✍ El enrutamiento de un datagrama IP entre áreas consta de tres pasos:
 - ✍ de la fuente hasta un enrutador en su área que forme parte del backbone
 - ✍ a través del backbone hasta un enrutador que forme parte del área destinataria
 - ✍ hasta el destino

OSPF

- ☞ Los mensajes OSPF se encapsulan en datagramas IP.
- ☞ Las actualizaciones se envían en multicast a la dirección 224.0.0.5

OSPF

Versión	Tipo	Longitud del mensaje
Dirección IP enrutador fuente		
Número de Área		
Checksum	Tipo de autenticación	
Autenticación		
Autenticación		
Información dependiente del Tipo de mensaje		

OSPF

- ✎ Version: 2
- ✎ Tipo de autenticación:
 - ✎ Ninguna
 - ✎ Password
 - ✎ MD5

OSPF

- ✎ Tipo:
 - ✎ *Hello*
 - ✎ *Link State Update* (contiene los LSAs)
 - ✎ *Link State Ack*
 - ✎ *Database Description*
 - ✎ *Link State Request*

OSPF

- ✍ Es un protocolo abierto.
- ✍ Responde rápidamente a cambios en la topología de la red y genera poco tráfico.
- ✍ Proporciona balanceo de carga entre múltiples rutas que tengan la misma distancia.

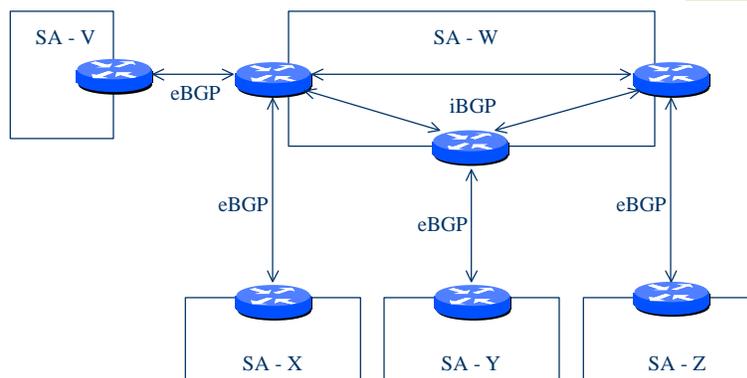
EIGRP

- ✍ EIGRP es un algoritmo de Cisco.
- ✍ Es una versión extendida de IGRP que combina vectores de distancias y estado de enlaces.

BGP

- ✎ BGP Border Gateway Protocol
- ✎ Es el protocolo usado entre Sistemas Autónomos para intercambiar información de enrutamiento.
- ✎ Utiliza un algoritmo de Vectores de Rutas.

BGP



BGP

- ✍ Los enrutadores BGP deben configurarse para saber con quiénes deben intercambiar información de enrutamiento.
- ✍ Los mensajes se intercambian a través de conexiones TCP.

BGP

- ✍ Al interior de un Sistema Autónomo todos los enrutadores de frontera son vecinos:
 - ✍ interconexión total
 - ✍ reflector de rutas
 - ✍ servidor de rutas
 - ✍ confederación de SAs privados

BGP

Marcador	
Longitud	Tipo

BGP

- ☞ El Marcador inicialmente consiste de 1s. Si los vecinos deciden utilizar un mecanismo de autenticación, entonces este campo contiene la información de autenticación.
- ☞ El campo Longitud (en bytes) sirve para delimitar los mensajes en el flujo de bytes de TCP.

BGP

☞ Tipo:

- ☞ Open
- ☞ Keepalive
- ☞ Notification
- ☞ Update

BGP

- ☞ La adquisición de vecinos se realiza mediante el envío de mensajes *OPEN* y *KEEPALIVE*.
 - ☞ Un mensaje *OPEN* inicia una relación de vecinos BGP con otro enrutador.
 - ☞ Un mensaje *KEEPALIVE* reconoce un mensaje *OPEN* y confirma periódicamente la relación de vecinos.
- ☞ Un mensaje *NOTIFICATION* termina una relación de vecinos cuando se detecta un error en el diálogo.

BGP

- ☞ Los mensajes *UPDATE* contienen anuncios de nuevas redes accesibles y la ruta correspondiente (*AS_PATH*), así como retiros de redes que ya no son accesibles.
- ☞ Anunciar una ruta implica que el Sistema Autónomo correspondiente puede y acepta transportar información hacia un destino.

BGP

- ☞ Cada enrutador BGP recibe de sus vecinos las rutas que emplean para llegar a cada posible destino y escoge la mejor.
- ☞ El criterio de selección no forma parte del protocolo.

BGP

- ✍ Para tomar decisiones de enrutamiento, pueden tenerse en cuenta, por ejemplo, cuestiones políticas, económicas, de confiabilidad o de seguridad.
- ✍ Este tipo de consideraciones se configura manualmente en los enrutadores.

BGP

- ✍ Por ejemplo, en función del SA fuente o de la composición del AS_PATH, la configuración manual puede:
 - ✍ autorizar o no un anuncio
 - ✍ asignar diferente preferencia a diferentes anuncios

BGP

- ✎ Los anuncios de nuevas redes accesibles contienen atributos que pueden utilizarse para tomar decisiones de enrutamiento:
 - ✎ LOCAL_PREF
 - ✎ AS_PATH
 - ✎ ORIGIN
 - ✎ MULTI_EXIT_DISC
 - ✎ NEXT_HOP

Multicast

- ✎ Existen también protocolos de enrutamiento para propagar qué redes están inscritas en qué grupos multicast:
 - ✎ Distance Vector Multicast Routing Protocol
 - ✎ Multicast extensions to OSPF
 - ✎ Protocol Independent Multicast