

Ruteo

Ruteo vs. "Forwarding"

- ✓ Forwarding: selecciona un port de salida en función de la dirección de destino y tabla de ruteo
- ✓ Ruteo: proceso mediante el cual se construye la tabla de ruteo



Marrone (LINTI-UNLP) IGP 29 de octubre de 2021 4 / 64

Ruteo

¿Cuál es el problema?

- ✓ Recolectar y procesar un estado global
- ✓ Estado global:
 - "time consuming"
 - Dinámico
 - Difícil de recolectar
- ✓ Cuestiones a resolver
 - Consistencia
 - Completitud
 - Escalabilidad



Marrone (LINTI-UNLP) IGP 29 de octubre de 2021 5 / 64

Notas:

Ruteo

Consistencia

- ✓ Decisiones de "forwarding" local deben llevar a una conectividad entre cualquier origen y destino de la red
- ✓ Si los estados son inconsistentes la red no habrá convergido a un estado estable
- ✓ La inconsistencia genera loops



Marrone (LINTI-UNLP) IGP 29 de octubre de 2021 6 / 64

Ruteo

Complejidad

- ✓ La red como un todo y cada nodo deben tener la información suficiente para poder hallar todos los caminos
- ✓ Cuanto mayor sea la información disponible localmente mayor es la rapidez con que convergen los algoritmos de ruteo
- ✓ Eso significa que se debe recolectar mayor información en cada nodo
- ✓ Esto también limita la escalabilidad del algoritmo



Marrone (LINTI-UNLP) IGP 29 de octubre de 2021 7 / 64

Notas:

Ruteo

Modelo de Ruteo en Internet

- ✓ Ruteo dinámico
- ✓ Ruteo inter e intra SA (Sistema Autónomo)
- ✓ Sistema Autónomo: Control Administrativo
- ✓ Internet se organiza en base a SA
- ✓ Protocolos de ruteo interno (IGP)
 - Dentro de un SA
 - RIP, OSPF
- ✓ Protocolos de ruteo externo (EGP)
 - Entre SA
 - EGP, BGP-4



Marrone (LINTI-UNLP) IGP 29 de octubre de 2021 10 / 64

Protocolos de Ruteo Interno

Algoritmos de Ruteo Dinámico

- ✓ Distancia Vectorial
 - Los nodos intercambian tablas con sus vecinos
- ✓ "Link-state": información basada en los enlaces
 - Obtienen un mapa completo de la red
 - Encuentran el camino óptimo y determinan el próximo salto localmente (Algoritmo de Dijkstra).



Marrone (LINTI-UNLP) IGP 29 de octubre de 2021 12 / 64

Notas:

Protocolos de Ruteo Interno Algoritmo de Distancia Vectorial

Split Horizon ...

A:0 B:1,B A:1,A B:0 A:2,B B:1,B C:0

FACULTAD DE INFORMATICA Facultad de Ingeniería

Marrone (LINTI-UNLP) IGP 29 de octubre de 2021 23 / 64

Protocolos de Ruteo Interno Algoritmo de Distancia Vectorial

Split Horizon con Poison Reverse

Las rutas se publican pero con métrica infinito

A:inf A:1 B:0 C:1 C:inf A:2 B:inf B:1 C:0

FACULTAD DE INFORMATICA Facultad de Ingeniería

Marrone (LINTI-UNLP) IGP 29 de octubre de 2021 24 / 64

Notas:

Protocolos de Ruteo Interno Algoritmo de Distancia Vectorial

Split Horizon con Poison Reverse ...

A:inf
 B:0
 C:1 C:inf

A:inf A:2
 B:inf B:1
 C:0

FACULTAD DE INFORMATICA Facultad de Ingeniería

Marrone (LINTI-UNLP) IGP 29 de octubre de 2021 25 / 64

Protocolos de Ruteo Interno Algoritmo de Distancia Vectorial

Split Horizon con Poison Reverse ...

A:inf
 B:0
 C:1 C:inf

A:inf A:2
 B:inf B:1
 C:0

FACULTAD DE INFORMATICA Facultad de Ingeniería

Marrone (LINTI-UNLP) IGP 29 de octubre de 2021 26 / 64

Notas:

Protocolos de Ruteo Interno Algoritmo de Distancia Vectorial

Más mejoras

- ✓ Se asocia un timer con cada entrada de la tabla
- ✓ Si no se actualiza la entrada al cabo del temporizador entonces se marca con infinito dicha entrada
- ✓ Normalmente se lo configura 6 veces el intervalo de transmisión
- ✓ Un cambio en la tabla provoca la publicación del mismo, "triggered update"
- ✓ Publicación de tablas cada 90 segundos
- ✓ Hold-down: Si se recibe un incremento en alguna ruta se pasa su métrica a infinito durante el timer de hold-down
- ✓ Si luego se recibe el incremento nuevamente se lo adopta

FACULTAD DE INFORMÁTICA Facultad de Ingeniería

Marrone (LINTI-UNLP) IGP 29 de octubre de 2021 31 / 64

Protocolos de Ruteo Interno RIP

Routing Information Protocol

- ✓ 1960: Se realizó el ruteo por distancia vectorial en ARPANET
- ✓ 1982: Desarrollo de routed para BSD Unix
- ✓ 1988: RIP v1 (RFC 1058)
- ✓ Ruteo Classful
- ✓ 1993: RIP v2 (RFC 1388)
- ✓ 1998: RIP v2 (RFC 2453). STD 56

FACULTAD DE INFORMÁTICA Facultad de Ingeniería

Marrone (LINTI-UNLP) IGP 29 de octubre de 2021 32 / 64

Notas:

Protocolos de Ruteo Interno RIP

Mensaje RIP

- ✓ Los comandos son:
1: request
2: response
- ✓ Version : 1
- ✓ Address family:
2 para IP
0 para requerir la tabla completa



Marrone (LINTI-UNLP) IGP 29 de octubre de 2021 35 / 64

Protocolos de Ruteo Interno RIP

RIP – Subredes

- ✓ Los updates enviados a través de una interfaz de la red X, si contienen rutas de subredes de la red X, contienen los números de las subredes pero no las máscaras correspondientes
- ✓ Los updates enviados a través de una interfaz de la red X, si contienen rutas de subredes de la red Y, se sumarian en una sola ruta a la red Y
- ✓ Al recibir un update que contiene rutas de subredes de la red X, el receptor asume que la máscara correspondiente es la misma que la que él usa en una interfaz con dirección de la red X
- ✓ Al recibir un update de la red X, si el receptor no tiene interfaces en la red X, considera la ruta como ruta a la clase A, B, o C completa de X



Marrone (LINTI-UNLP) IGP 29 de octubre de 2021 36 / 64

Notas:

Protocolos de Ruteo Interno Algoritmos de Link State

Algoritmo de Flooding

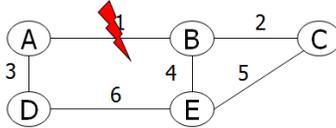
- ✓ Recibir el mensaje. Buscar el registro en la base
- ✓ Si no existe, agregarlo y hacer "broadcast" del mensaje
- ✓ Si el número en la base es menor que el recibido, reemplazarlo y enviarlo
- ✓ Si el número es mayor, transmitir el registro de la base a través del enlace por donde se recibió el mensaje
- ✓ Si son iguales no hacer nada
- ✓ El "broadcast" se hace sobre todos los enlaces, excepto sobre el que se recibió el mensaje



Marrone (LINTI-UNLP) IGP 29 de octubre de 2021 45 / 64

Protocolos de Ruteo Interno Algoritmos de Link State

Flooding . .



El mensaje que A contiene es:
A → B, link=1, dist=1, núm= 1

- ✓ El mensaje que A transmite a D es:
Desde A a B, link =1, dist = inf, núm = 2
- ✓ D actualiza su base y hace flooding a E, a su vez E a B y C
- ✓ B y C se transmiten el mensaje entre sí pero como el núm es igual se detiene el flooding



Marrone (LINTI-UNLP) IGP 29 de octubre de 2021 46 / 64

Notas:

Protocolos de Ruteo Interno Algoritmos de Link State

Algoritmo de Dijkstra. . .

- ✓ El número de caminos a considerar es el número de enlaces en la red
- ✓ El número de iteraciones es $M \cdot \log M$; donde M es el número de enlaces
- ✓ En el caso vectorial ese número es $M \cdot N$; dónde N es el número de nodos

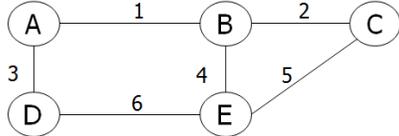


FACULTAD DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería

Marrone (LINTI-UNLP)
IGP
29 de octubre de 2021
49 / 64

Protocolos de Ruteo Interno Algoritmos de Link State

Algoritmo de Dijkstra – Ejemplo



Tomamos como nodo origen a D

- $E = \{D\}$; $R = \{A, B, C, E\}$; $O = \{D-A(1); D-E(1)\}$
- Examinamos D-A; A no está en E → es la ruta más corta
- $P = \{D-A\}$ y movemos A de R a E
- $E = \{D, A\}$; $R = \{B, C, E\}$
- Incorporamos a O las rutas a partir de D-A,
 $O = \{D-E(1); D-A-B(2)\}$
- Volvemos al paso 2 del algoritmo



FACULTAD DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería

Marrone (LINTI-UNLP)
IGP
29 de octubre de 2021
50 / 64

Notas:

Protocolos de Ruteo Interno Algoritmos de Link State

Algoritmo de Dijkstra – Ejemplo. . .

- Tomamos el camino D-E
 E no está en E \rightarrow D-E es el camino más corto a E,
 $P=\{D-A, D-E\}$,
 Movemos E de R a E
 $E=\{D,A,E\}$; $R=\{B,C\}$
- Incorporamos los nuevos caminos a O a partir de D-E
 $O=\{D-A-B(2); D-E-B(2); D-E-C(2)\}$
 Volvemos al paso 2
- $O=\{D-E-B(2); D-E-C(2)\}$, D-A-B , B no está en E \rightarrow D-A-B es camino
- $P=\{D-A; D-E; D-A-B\}$



Marrone (LINTI-UNLP) IGP 29 de octubre de 2021 51 / 64

Protocolos de Ruteo Interno Algoritmos de Link State

Algoritmo de Dijkstra – Ejemplo. . .

- Pasamos B de R a E
 $E=\{D,A,E,B\}$; $R=\{C\}$
- Incorporamos los nuevos caminos en O a partir de D-A-B
 $O=\{D-E-B(2); D-E-C(2); D-A-B-E(3); D-A-B-C(3)\}$
- Quitamos D-E-B de O, al analizarla comprobamos que B ya está en E por lo que volvemos al paso 2
 $O=\{D-E-C(2); D-A-B-E(3); D-A-B-C(3)\}$
- Quitamos D-E-C de O; como C no está en E, es un camino:
 $P=\{D-A; D-E; D-A-B; D-E-C\}$ y pasamos C de R a E



Marrone (LINTI-UNLP) IGP 29 de octubre de 2021 52 / 64

Notas:

Protocolos de Ruteo Interno Algoritmos de Link State

Algoritmo de Dijkstra – Ejemplo. . .

- $E = \{D, A, E, B, C\}$; $R \{ \}$
- Incorporamos los nuevos caminos a partir de D-E-C
- $O = \{D-A-B-E(3); D-A-B-C(3); D-E-C-B(3)\}$
- Volvemos al paso 2
- Todos los caminos de O tienen el último nodo en E por lo tanto O queda vacío y finaliza el algoritmo



Marrone (LINTI-UNLP) IGP 29 de octubre de 2021 53 / 64

Protocolos de Ruteo Interno Algoritmos de Link State

SPF

- ✓ Converge más rápido
- ✓ No genera lazos cerrados
- ✓ Soporta múltiples métricas
- ✓ Soporta múltiples caminos. Modificar el algoritmo
- ✓ Mejor interfase al ruteo externo
- ✓ Menor tráfico entre routers



Marrone (LINTI-UNLP) IGP 29 de octubre de 2021 54 / 64

Notas:

Protocolos de Ruteo Interno OSPF

OSPF

- ✓ Versión 2, abril 1998. RFC 2328. STD 54
- ✓ Encapsulado en IP directamente, protocolo = 89
- ✓ Soporta sistemas jerárquicos
- ✓ No necesita conocer la topología completa de la red

FACULTAD DE INFORMÁTICA Facultad de Ingeniería

Marrone (LINTI-UNLP) IGP 29 de octubre de 2021 55 / 64

Protocolos de Ruteo Interno OSPF

OSPF – Características

- ✓ Métrica = costo
- ✓ Costo = C_i (Costo de cada enlace)
- ✓ C_i = función del ancho de banda
- ✓ $C_i = 10^8 / \text{ancho de banda (bps)}$
- ✓ Se elige el costo menor
- ✓ Convergencia rápida
- ✓ VLSM
- ✓ Mensajes cortos
- ✓ Triggered updates
- ✓ Full flooding cada 30 minutos
- ✓ Consumo de procesamiento y memoria

FACULTAD DE INFORMÁTICA Facultad de Ingeniería

Marrone (LINTI-UNLP) IGP 29 de octubre de 2021 56 / 64

Notas:

Protocolos de Ruteo Interno OSPF

OSPF, jerarquía

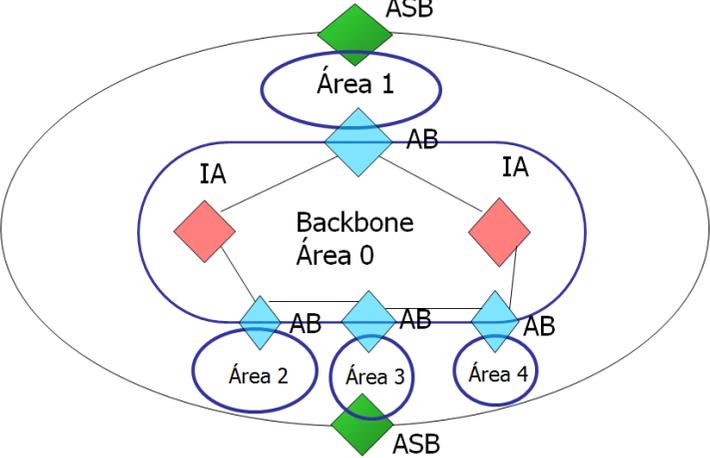
- ✓ Dividir la red en sectores independientes interconectados por un "backbone"
- ✓ Los sectores son las "áreas". Se comportan como redes independientes
- ✓ La base de datos incluye los enlaces del área
- ✓ El "flooding" se detiene en los bordes del área
- ✓ El costo resulta proporcional al tamaño del área y no al de la red
- ✓ Para mantener la integridad de la red existen routers que interconectan el área con el backbone
- ✓ Son los routers de borde de área
- ✓ Mantienen varias bases de datos, una para cada área a la que pertenecen



Marrone (LINTI-UNLP) IGP 29 de octubre de 2021 59 / 64

Protocolos de Ruteo Interno OSPF

OSPF – Áreas




Marrone (LINTI-UNLP) IGP 29 de octubre de 2021 60 / 64

Notas:

Protocolos de Ruteo Interno OSPF

Paquete de Hello

Encabezado OSPF		
Máscara de Red		
Intervalo de Hello	Opciones	Rtprio
Router Dead Interval		
Designated Router		
Backup Designated Router		
Neighbor		
.....		

FACULTAD DE INFORMÁTICA Facultad de Ingeniería

Marrone (LINTI-UNLP) IGP 29 de octubre de 2021 63 / 64

Protocolos de Ruteo Interno OSPF

CC BY NC SA

Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)

Esta obra está sujeta a la licencia Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) de Creative Commons.

Para detalle de esta licencia visite <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

FACULTAD DE INFORMÁTICA Facultad de Ingeniería

Marrone (LINTI-UNLP) IGP 29 de octubre de 2021 64 / 64

Notas:
