

Enrutamiento IP dinámico

Daniel Morató
Area de Ingeniería Telemática
Departamento de Automática y Computación
Universidad Pública de Navarra
daniel.morato@unavarra.es
Laboratorio de Programación de Redes
<http://www.tlm.unavarra.es/asignaturas/lpr>

Contenido

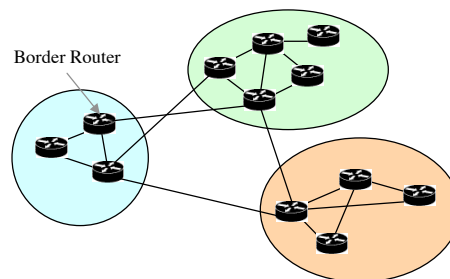
- Introducción sobre el routing IP en Internet
- Tipos de protocolos de enrutamiento
- Casos concretos:
 - RIP (versión 1)
 - OSPF

Routing IP

- Las rutas son caminos acíclicos
- Para llegar a una red destino cada router sabe el siguiente router (next hop) a quien debe entregar los paquetes
- Los routers pueden conseguir esa información de dos formas:
 - Mediante configuración manual estática
 - Dinámicamente a través de un protocolo de enrutamiento
 - Ventajas:
 - Escalabilidad
 - Adaptabilidad
 - Desventajas:
 - Complejidad
 - Funcionamiento: Los routers intercambian información sobre las rutas o routers que conocen y con esa información calculan el siguiente salto correcto para llegar a una red destino
- Normalmente cada enlace entre routers tiene asociado un coste (métrica)
- Muchos protocolos de enrutamiento escogen el camino que tenga menor coste total (la suma de los costes de todos los enlaces en el mismo)

Arquitectura del enrutamiento en Internet

- Existe un conjunto de Autonomous Systems (AS) o Sistemas Autónomos
- Cada AS está bajo el control de un solo administrador
- Cada AS tiene asignado un identificador único de 16 bits
- Enlaces conectan routers de los diferentes ASs
- Los routers que tienen enlaces con routers de otros ASs se llaman Routers Frontera o *Border Routers*
- ASs que ofrecen conectividad con Internet generalmente se conocen como ISPs (Internet Service Providers)



Tipos de enrutamiento

- **Intradomain**
 - Dentro de un dominio (AS)
 - Un protocolo de enrutamiento para calcular rutas dentro de un dominio se llama IGP o Interior Gateway Protocol
 - Características:
 - Simples
 - Calculan caminos eficientes respecto a una métrica
 - Recalculan rápidamente ante cambios
 - No escalan bien para redes grandes
 - Ejemplos: RIP (Routing Information Protocol), OSPF (Open Shortest Path First), IGRP (Interior Gateway Routing Protocol), EIGRP (Enhanced IGRP)
- **Interdomain**
 - Entre dominios
 - Un protocolo de enrutamiento para calcular rutas entre dominios se llama EGP o Exterior Gateway Protocol
 - Características:
 - Mejor escalabilidad
 - Mayor carga para el router
 - Habilidad para agregar rutas
 - Habilidad para expresar políticas
 - Ejemplos: EGP, BGP (Border Gateway Protocol)

5 Nov

Enrutamiento IP dinámico

4/22

Tipos de protocolos de enrutamiento

(Por el algoritmo para diseminar la información)

- **Distant Vector (DV)**
 - Cada router calcula el mejor camino a todos los destino y lo informa a los demás
 - Informan de la dirección y distancia (métrica) a un destino. La dirección es generalmente a través del router que hace el anuncio
 - El cálculo es simple, incremental y distribuido
 - Ejemplos: RIP, IPX-RIP, DECnet, IGRP, EIGRP (incluye capacidades típicas de protocolos link-state)
- **Link State (LS)**
 - Aproximación de base de datos distribuida replicada en vez de un cálculo distribuido incremental
 - Los routers informan de sus enlaces a redes activos y con routers vecinos
 - Inundan la red con esta información para que llegue a todos los routers
 - Todos los routers obtienen información sobre toda la topología, tienen una imagen (grafo) de la red (todos la misma) y a partir de ahí eligen los caminos
 - Menor tiempo de convergencia que DV ante cambios en la red
 - Sobre el grafo se suele emplear el algoritmo de Dijkstra para calcular las rutas
 - Ejemplos: OSPF, IS-IS, PNNI
- **Path Vector**
 - Como distance-vector pero comunican todo el camino a la red destino
 - Ejemplo: BGP

5 Nov

Enrutamiento IP dinámico

5/22

RIP

- Routing Information Protocol
- IGP
- Distance Vector
- La métrica que emplea es el “número de saltos”. Una red directamente conectada a un router tiene coste 1
- Cada router envía información de su tabla de rutas a los routers adyacentes (en redes a las que él está directamente conectado)
- Para el intercambio de información emplean datagramas UDP
- El puerto reservado es el 520
- Emplea el algoritmo de Bellman-Ford distribuido

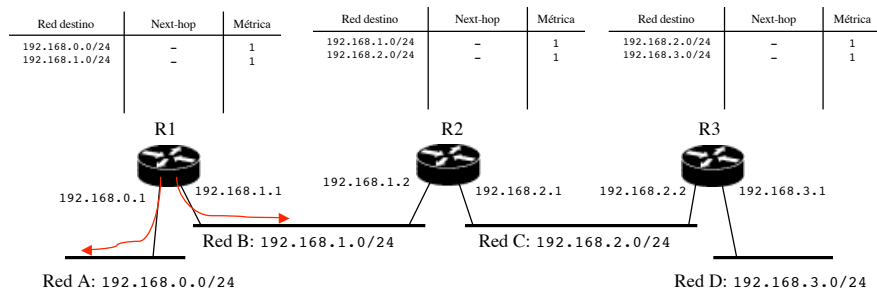
5 Nov

Enrutamiento IP dinámico

6/22

RIP

- Veamos su funcionamiento con un ejemplo
- Inicialmente los routers tienen en su tabla de rutas solo las redes a las que están directamente conectados. Es lo único que conocen
- Periódicamente (cada 30secs) los routers envían su tabla de rutas por cada uno de sus interfaces a la dirección IP de broadcast (255.255.255.255) (no están sincronizados)
- Supongamos que el primero que envía su tabla de rutas es R1
- R2 recibe el paquete de R1 por la red B, con su tabla de rutas. Ese paquete (a esa red) lo ha enviado con la dirección IP origen 192.168.1.1 y dirección destino 255.255.255.255
- El paquete contiene la tabla de rutas actual de R1



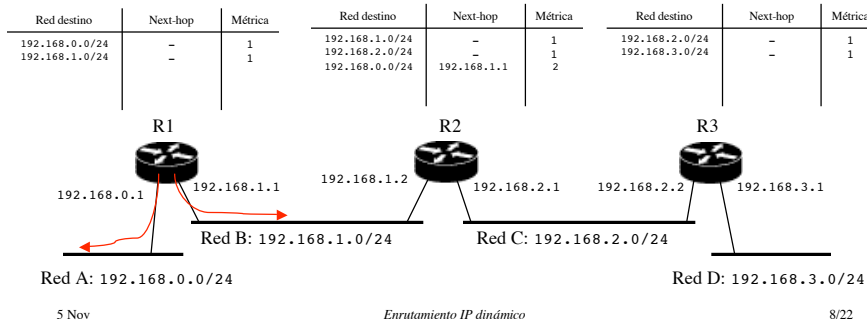
5 Nov

Enrutamiento IP dinámico

7/22

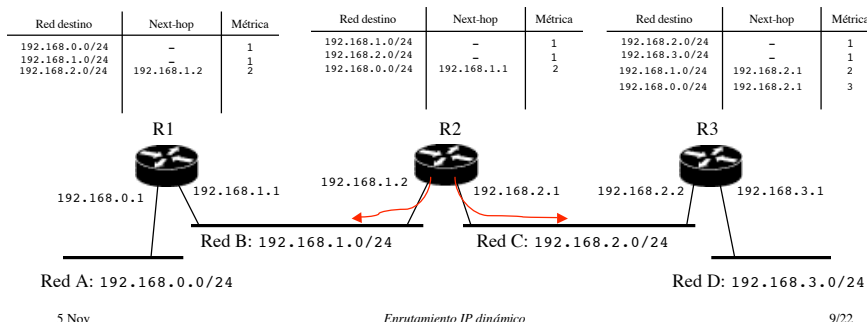
RIP

- En un paquete con una tabla de rutas se pueden encontrar rutas con diferentes características respecto al router que lo recibe:
 - Redes destino que no conoce (no tiene en su tabla de rutas)
 - Redes destino que conoce con una métrica peor
 - Redes destino que conoce con una métrica mejor
 - Redes destino que conoce con una métrica igual
- En el paquete que recibe R2 hay una red destino que desconoce (192.168.0.0). Añade a su tabla de rutas que puede llegar a esa red entregándole los paquetes al router 192.168.1.1 (la IP origen del paquete de RIP) con métrica la que viene en esa ruta (1) + 1
- En el paquete que recibe R2 también viene una ruta a una red que conoce (192.168.1.0). En el paquete viene con coste 1, +1 quedaría en tu tabla con coste 2, peor que la que conoce (coste 1) así que la ignora



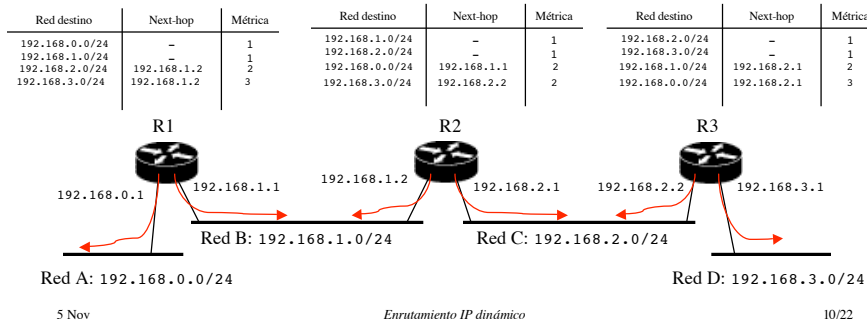
RIP

- Supongamos que a continuación es R2 quien decide (pasan sus 30segs) mandar su tabla de rutas
- R1 recibe el paquete que R2 envía a la red B. R2 lo envía con IP origen 192.168.1.2 e IP destino 255.255.255.255
- R1 ignora la ruta a la red 192.168.1.0 que viene en ese paquete porque daría un coste de 2 y él sabe llegar con coste 1. También ignora la ruta a 192.168.0.0 porque daría un coste de 3 y él sabe llegar con coste 1
- R1 aprende la ruta a la red 192.168.2.0
- Aprende que los paquetes llegan a la red 192.168.2.0 si los entrega a 192.168.1.2 (coste 2)
- R3 recibe el paquete que R2 envía a la red B. R2 lo envía con IP origen 192.168.2.1 e IP destino 255.255.255.255
- R3 ignora la ruta a la red 192.168.2.0 porque daría un coste de 2 y él sabe llegar con coste 1
- R3 aprende que puede llegar a la red 192.168.1.0 si entrega los paquetes a 192.168.2.1 (coste 2)
- R3 aprende que puede llegar a la red 192.168.0.0 si entrega los paquetes a 192.168.2.1 (coste 3)



RIP

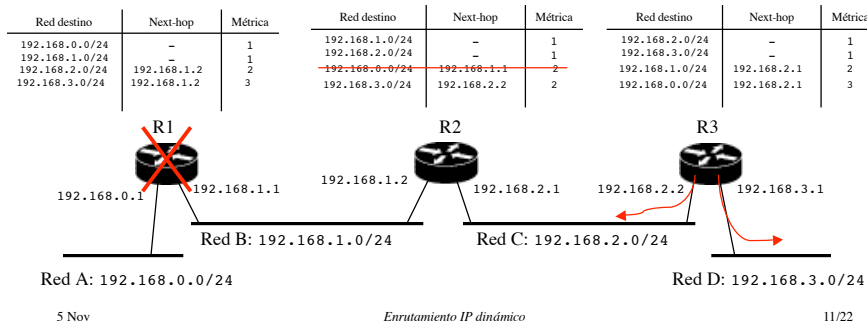
- A continuación es R3 quien envía su tabla de rutas
- R2 recibe la tabla de rutas que envía R3 por la red C con IP origen 192.168.2.2, IP destino 255.255.255.255
- R2 aprende la ruta a la red D e ignora el resto porque conoce mejores caminos
- Lo siguiente que sucederá es que de nuevo R1 envíe su tabla de rutas
- R2 recibe esa actualización. No hace ningún cambio en su tabla
- A continuación es R2 quien envía su actualización
- R3 no modifica su tabla pero R1 aprende que puede llegar a la red 192.168.3.0 si envía los paquetes a 192.168.1.2
- A partir de aquí los routers siguen enviando periódicamente su tabla de rutas pero mientras no haya cambios en la topología no cambiarán las tablas de rutas



RIP

(cuenta a infinito)

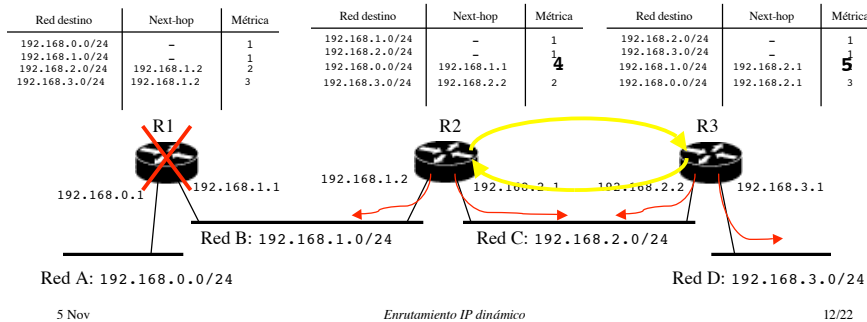
- Supongamos que llegado cierto momento se apaga/estropea el router R1
- R2 seguirá enviando el tráfico destinado para la red A hacia el interfaz de R1 sin darse cuenta de que no está
- Si existiera un camino alternativo para llegar a la red A, R2 no lo usaría mientras creyera que puede llegar a ella a través de R1
- R1 ya no manda su tabla de rutas periódicamente
- Pasados 180 segundos sin recibir actualizaciones de R1 que “refresquen” la ruta hacia la red A, R2 la marca como inalcanzable o la elimina, con lo que deja de anunciarla
- Desde que R2 deja de anunciar la ruta a la red A, R3 tardará unos 180 segundos en borrarla de su tabla
- Sin embargo, antes de que esto suceda, R3 habrá enviado de nuevo su tabla de rutas (actualización periódica cada 30 segs)
- Entonces R2 introducirá una entrada en su tabla, a la red A, a través de R3, con métrica 4



RIP

(cuenta a infinito)

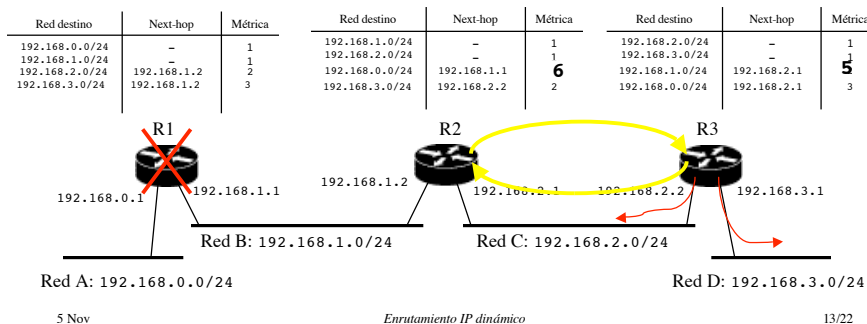
- Ahora R2 cree que se llega a la red A a través de R3 y R3 cree que se llega a través de R2. ¡Se crea un lazo!
- La próxima vez que R2 envíe de nuevo su tabla de rutas le anunciará a R3 la ruta hacia la red A con coste 4
- Ese coste es peor que el que R3 conoce, sin embargo, como el router que se lo anuncia es el mismo que tiene como siguiente salto para esa ruta cambiará el coste en su entrada en la tabla de rutas
- Lo siguiente que sucederá es que R3 envíe su tabla de rutas en una actualización periódica
- R2 verá que ha cambiado el coste de llegar a la red A a través de R3. Cambiará el coste en su ruta a $5+1=6$



RIP

(cuenta a infinito)

- Ahora R2 cree que se llega a la red A a través de R3 y R3 cree que se llega a través de R2. ¡Se crea un lazo!
- La próxima vez que R2 envíe de nuevo su tabla de rutas le anunciará a R3 la ruta hacia la red A con coste 4
- Ese coste es peor que el que R3 conoce, sin embargo, como el router que se lo anuncia es el mismo que tiene como siguiente salto para esa ruta cambiará el coste en su entrada en la tabla de rutas
- Lo siguiente que sucederá es que R3 envíe su tabla de rutas en una actualización periódica
- R2 verá que ha cambiado el coste de llegar a la red A a través de R3. Cambiará el coste en su ruta a $5+1=6$
- Este proceso se repetirá hasta que en alguno de esos routers la métrica de la ruta alcance el coste *infinito*
- En RIP se emplea 16 como *infinito*
- Cuando la métrica en uno de los routers alcance 16 la marcará como inalcanzable, dejará de anunciarla
- En el otro router la entrada desaparecerá a los 180 segundos de la última actualización
- Este es el proceso que se llama de "cuenta a infinito"



RIP

- El proceso de cuenta a infinito es típico en protocolos distance-vector
- Existen mejoras a este algoritmo para intentar evitarlo:
 - Split horizon
 - Poisoned reverse
 - Triggered updates
 - Hold-down interval
- Además de las actualizaciones periódicas, RIP soporta solicitar a un router mediante un paquete su tabla de rutas en un momento determinado
- Esto sirve por ejemplo cuando arranca un router para que no tenga que esperar a que le manden las tablas de rutas sus vecinos

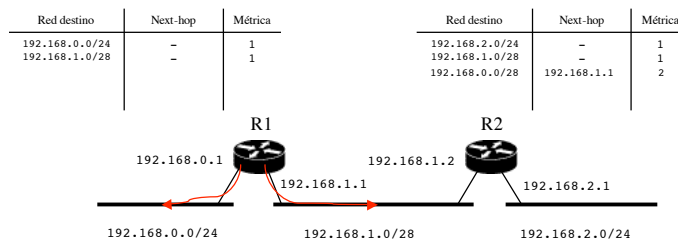
RIP

- En una paquete de RIP pueden ir hasta 25 rutas
- Si la tabla de rutas a enviar es mayor se tendrán que enviar varios paquetes (varios datagramas UDP)
- La información de cada ruta es la dirección de la red destino y el coste
- Como el valor 16 se emplea como infinito no va a soportar caminos con más de ese número de saltos entre dos redes
- No sirve para redes grandes. Además en ellas el proceso de cuenta a infinito es más grave
- El router que recibe el paquete sabe que el “next-hop” es el origen del paquete (IP origen del paquete de RIP)
- RIP proviene de la época del direccionamiento Classful y el Subnetting clásico
- En el paquete con las rutas *no hay máscaras asociadas a ellas*
- El router que recibe el paquete solo conoce la dirección de la red destino
- Subnetting está diseñado de forma que se pueda emplear con RIP
- Cuando un router en una red con subredes recibe un paquete de RIP asocia a esas redes en su tabla de rutas la máscara del interfaz por el cual recibió el paquete
- Este funcionamiento puede dar problemas cuando haya máscaras de logitud variable dentro de la red (VLSM o CIDR)
- RIP versión 2 sí transporta máscaras

RIP

(problemas con VLSM)

- Ejemplo en que RIP da problemas con VLSM
- R1 envía su tabla de rutas a R2
- R2 introduce una ruta a la red 192.168.0.0 pero con la máscara del interfaz por el cual recibe el paquete de RIP
- R2 no aprende a llegar a 192.168.0.0/24 sino a 192.168.0.0/28 con lo que ¡hay direcciones a las que no sabe llegar! Por ejemplo a 192.168.0.200



5 Nov

Enrutamiento IP dinámico

16/22

OSPF

- Open Shortest Path First
- IGP
- Link State
- Los routers envían a todos los demás routers de la red paquetes (LSPs=Link State Packets o LSAs=Link State Advertisements) en los que informan de las redes a las que están directamente conectados y los routers adyacentes que tienen
- Envía esos paquetes directamente en datagramas IP, con campo de protocolo a 89
- Soporta CIDR. Transporta máscaras al informar de las redes a las que está conectado
- La métrica puede ser la que se desee. El coste de los enlaces puede ser diferente de unos a otros e incluso según el sentido
- No tiene un coste asignado como infinito
- Se emplea el algoritmo de Dijkstra para elegir los caminos más cortos
- Si hay varios caminos al mismo destino con igual coste puede quedarse con los dos

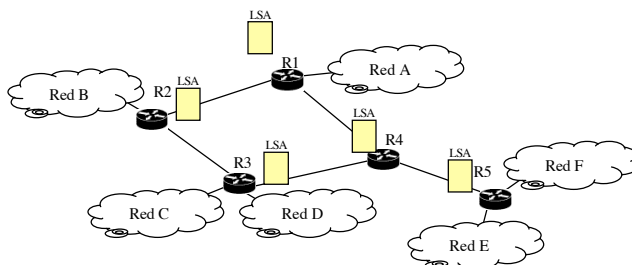
5 Nov

Enrutamiento IP dinámico

17/22

OSPF

- Por ejemplo R1 construye un LSA que dice:
 - Tengo conexión directa con la red A
 - Tengo un enlace con el router R2
 - Tengo un enlace con el router R4
- R1 hace llegar este LSA a todos los routers de la red mediante *flooding*
- Los demás routers hacen lo mismo. Crean un LSA e inundan la red con él
- Al final todos los routers conocen el grafo de la topología con el coste de cada enlace (mediante una base de datos de LSAs)



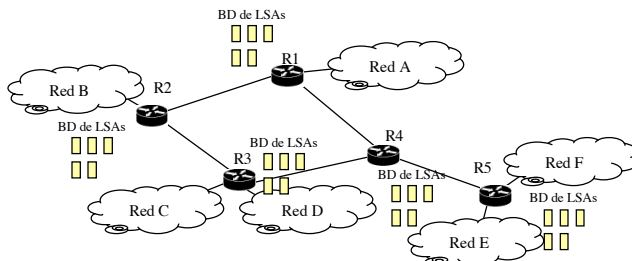
5 Nov

Enrutamiento IP dinámico

18/22

OSPF

- Por ejemplo R1 construye un LSA que dice:
 - Tengo conexión directa con la red A
 - Tengo un enlace con el router R2
 - Tengo un enlace con el router R4
- R1 hace llegar este LSA a todos los routers de la red mediante *flooding*
- Los demás routers hacen lo mismo. Crean un LSA e inundan la red con él
- Al final todos los routers conocen el grafo de la topología con el coste de cada enlace (mediante una base de datos de LSAs)
- Sobre ese grafo emplean el algoritmo de Dijkstra para calcular los caminos más cortos



5 Nov

Enrutamiento IP dinámico

19/22

OSPF

- Si se corta un enlace entre routers los routers de los extremos del enlace anuncian un nuevo LSA avisando de la desaparición de ese enlace
- Si un router deja de funcionar los adyacentes a él lo detectan e informan de este cambio a los demás
- Ante un cambio se actualiza la base de datos de LSAs en cada router y se recalculan los caminos
- El cálculo (algoritmo de Dijkstra) es más complejo que el empleado por RIP (Bellman-Ford)
- Ante cambios en la topología reacciona más rápido (no hay cuentas a infinito, mayor velocidad de convergencia)
- Consume más memoria que un protocolo distance-vector por tener que guardar la base de datos de LSAs que describe a toda la topología

Resumen

- La estructura de enrutamiento de Internet se divide en protocolos de enrutamiento internos a los ASs y un protocolo externo para la interconexión de ASs
- Internamente cada AS puede emplear el protocolo que desee dado que no afecta al exterior
- Hay protocolos diseñados para redes pequeñas (solo como IGP) y protocolos diseñados para redes más grandes
- Según el funcionamiento tenemos protocolos distance-vector como RIP y link-state como OSPF
- El protocolo externo actual es BGPv4, de tipo path-vector

Próximo día

Temas avanzados:

NAT

Proxies

Ejemplo:

Laboratorio de Telemática