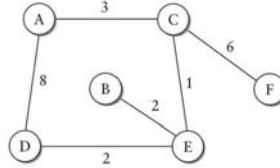


# GUIA 5: RUTEO (RESOLUCIÓN)

## EJERCICIO 1

### Ejercicio 1

En la red de la figura los enlaces están etiquetados con los costos relativos.



- Mostrar la tabla de forwarding para cada nodo. Cada tabla en cada nodo debe reflejar la ruta de menor costo para el envío de un paquete a un determinado destino.
- ¿De qué maneras se pueden llenar esas tablas?
- En el caso de ruteo dinámico, ¿Qué problemas se resuelven, además del llenado de las tablas?

1)

a)

	A	B	C	D	E	F
A	0	8	3	6	4	9
B	8	0	3	4	2	9
C	3	3	0	3	1	6
D	6	4	3	0	2	9
E	4	2	1	2	0	7
F	9	9	6	9	7	0

b) Esas tablas se pueden llenar a través de los algoritmos de ruteo, entre los que tenemos los distancia-vector (como RIP) y los link-state (como OSPF). Estos forman parte del enrutamiento dinámico. Otra opción es establecerlas estáticamente al momento de conectar la red (enrutamiento estático).

c) El enrutamiento dinámico nos salva de la carga administrativa provisto por el estático puesto que basta con definir las reglas para que un router aprenda del resto.

Esto hace el problema más escalable, adaptable a fallos/cambios en la topología de la red y hace que en los vecinos de un router haya consistencia al compartir su tabla entre sí.

## EJERCICIO 2

### Ejercicio 2

Entre Link State y Distance Vector:

- Compare la información que llevan los mensajes. ¿Qué datos envía cada uno?
- ¿Cuanto conocimiento de la red necesita un nodo para poder correr cada algoritmo? (uso de memoria)
- Compare los envíos de los paquetes. ¿Entre quienes se da el intercambio de información?
- Compare la carga de CPU dedicada a la ejecución del algoritmo en cada nodo.
- Para cada uno de los aspectos anteriores analice su crecimiento en función del tamaño de la red. ¿Qué tipo de protocolo escala mejor?

2.) a) En link-state los mensajes son  $\langle id\ del\ emisor, lista\ de\ los\ vecinos, n^{\circ}\ de\ saltos, TTL \rangle$  por lo que un nodo envía al resto de la red la información que obtiene al ver a sus vecinos y actualiza su tabla en base a los mensajes que recibe (en base a un criterio de confianza). Por otra parte, distancia-vector envía el mensaje  $\langle destino, distancia \rangle$  desde un router hacia sus vecinos de manera de propagar toda la información de su tabla y actualizar la suya en base a la recibida (puede ser inestable).

b) Para el caso de la red, el nodo debe conocer el costo a sus vecinos y la cantidad de saltos que le tomara como mínimo para llegar a cada uno de los nodos de la red (TTL). Por otra parte, como debe ser confiable debe guardar en memoria el estado de cada nodo que recibe por iteración y con ello formar la tabla de destino. En cambio, para distancia-vector basta con conocer la información de los vecinos y tener memoria suficiente para recibirla y procesarla en base a la adquirida en la tabla de ruteo.

c) En link-state el envío de paquetes se realiza a toda la red, de manera que cada nodo conozca el estado del resto. En cambio, en distancia-vector la información de la tabla solo es transmitida a los vecinos de un router.

d) En link-state el consumo de CPU es mayor debido a que se debe procesar el estado de todos los nodos de la red, lo cual conlleva a más información almacenada y la comparación de la recibida de un nodo de la red con la almacenada para actualizar la tabla. En el otro extremo es mejor puesto que solo compara las tablas de sus vecinos.

e) Si la red crece vemos que por su convergencia link-state nos asegura un fiabilidad. Sin embargo esto demanda un mayor consumo de memoria por parte de cada nodo de la red, conllevando a problemas de congestión y de flujo en los nodos. Esto hace que según la tecnología disponible convenga más al uso del segundo (distancia-vector) o del primero (link-state).

## EJERCICIO 3

### Ejercicio 3

¿Cuáles de las siguientes estrategias de ruteo y forwarding obtienen el camino más corto a destino para un datagrama dado en todo tiempo  $t$ ?

- Forwarding IP con Ruteo Estático.
- Forwarding IP con OSPF.
- Forwarding IP con RIP.
- Flooding.

3) Dentro de los diferentes estrategias vemos que la única que se puede adaptar en todo momento a cambios y topologías en la red para enviar un mensaje a destino a través del camino más corto posible es flooding. El enrutamiento estático requiere de carga administrativa para reactiva a estos cambios, mientras que si bien OSPF y RIP se adaptan a estos cambios, no lo hacen instantáneamente por lo que puede existir un intervalo de tiempo casi despreciable en que un paquete no sea enviado por la ruta más óptima. El problema de Flooding se basa en que no es escalable.

## EJERCICIO 4

### Ejercicio 4

Dada la red del Ejercicio 1 presentar la matriz global de Distance Vector en los siguientes escenarios:

- a. Los nodos recién bootean y solo conocen las distancias de sus vecinos inmediatos.
- b. Los nodos ya propagaron la información del inciso anterior.
- c. Otro paso de propagación más.

4) a)

	A	B	C	D	E	F
A	0	∞	3	∞	∞	∞
B	∞	0	∞	∞	2	∞
C	3	∞	0	∞	1	6
D	∞	∞	∞	0	2	∞
E	∞	2	1	2	0	∞
F	∞	∞	6	∞	∞	0

b)

	A	B	C	D	E	F
A	0	∞	3	8	4	9
B	∞	0	3	4	2	∞
C	3	3	0	3	1	6
D	8	4	3	0	2	∞
E	4	2	1	2	0	7
F	9	∞	6	∞	7	0

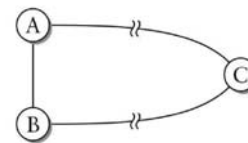
c)

	A	B	C	D	E	F
A	0	6	3	6	4	9
B	6	0	3	4	2	9
C	3	3	0	3	1	6
D	6	4	3	0	2	9
E	4	2	1	2	0	7
F	9	9	6	9	7	0

## EJERCICIO 5

### Ejercicio 5

En la red de la figura, los nodos usan un algoritmo basado en Link State. En un momento dado C recibe dos Link State Packets (LSPs) contradictorios: uno de A que dice que el enlace entre A y B está caído y uno de B diciendo que el enlace entre A y B está activo.



- a. ¿Cómo pudo haber sucedido?
- b. ¿Que debería hacer C? ¿Qué debería asumir?

*No asumir que los LSPs contienen marcas de tiempo sincronizadas.*

5) a) Esto pudo haber sucedido en el caso en que B haya mandado su mensaje antes que el enlace se caiera y A después, o bien la situación adversa es que A mandó su mensaje antes de que el enlace se activara y B después. No tener como al hecho de que los LSPs tengan marcas de tiempo sincronizadas no garantizan que su arribo a destino también lo sea.

b) C debería primero revisar para cada LSP si tiene guardado uno de cada nodo y en caso de ser así, si es más reciente que el que tenía en base a su n° de secuencia. Luego, de ambos puede tomar el que conserve y propagarlo. En caso de ser ambos, puede asumir que el enlace está caído para asegurarse de usar enlaces no caídos.

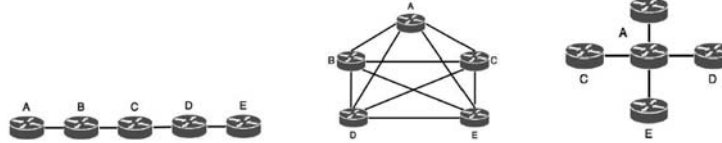
## EJERCICIO 6

### Ejercicio 6

Calcule la capacidad de red (bps) consumida por los protocolos OSPF y RIP para las redes ya convergidas (presentadas al final del ejercicio) asumiendo las siguientes condiciones:

- Los updates automáticos se producen cada 30 segundos.
- El overhead impuesto por los headers es de 32 bits para ambos protocolos.
- Las métricas se almacenan con un entero de 32 bits.
- Las direcciones utilizadas son IPv4.
- Para el caso de OSPF: no tener en cuenta paquetes de control (ACK, HELLO, etc); los updates automáticos **modifican** las tablas de forwarding.

Redes a utilizar:

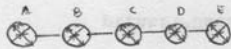


- 6) Para poder calcular la capacidad de la red en cada caso vemos las condiciones sobre las cuales corren los protocolos:
- \* Los updates se producen cada 30s, es decir, hay 30s entre cada actualización de mensajes. Teniendo en cuenta las implementaciones de las redes de las figuras con la tecnología actual, esto nos dice que durante cada actualización no circulan en ninguna red dos paquetes de un nodo correspondientes a actualizaciones diferentes. Usaremos este intervalo de tiempo para medir la capacidad de red consumida en base a los mensajes transmitidos en él.
  - \* Que el overhead de los headers sea de 32b para ambos protocolos nos indica cuanto ocupa el header en ambos y por ende podemos medir el tamaño de los mensajes en base a las datos que transmite. Nótese que esta es una simplificación del tamaño del header impuesto para realizar los cálculos.
  - \* Las métricas se almacenan en un entero de 32b, lo cual indica cuanto ocupa el campo costo de la información transmitida.
  - \* Las direcciones utilizadas son IPv4, es decir, hasta 32b para identificarlos.
  - \* La última consideración nos indica que bajo el protocolo OSPF los updates modifican las tablas de forwarding, es decir, no hay mensajes de control.

Ahora, con el protocolo RIP los mensajes se envían de la forma <destino, distancia>, es decir, cada nodo envía al costo de llegar a todos los destinos pero sólo lo transmite a sus vecinos. Teniendo 32b para direcciones, 32b de costo y 32 de overhead (simplifica el cálculo del tamaño del header en ambos protocolos), luego el tamaño del mensaje es  $32b + 64b \times \text{cantidad de nodos del dominio}$

Por otra parte, el mensaje de OSPF es de la forma <id emisor, vecinos, n° secuencia, TTL> donde para el emisor tenemos 32b correspondientes a su dirección (para los routers usamos uno de sus interfaces), vecinos lista los costos para cada vecino del nodo en la red, n° de secuencia podemos tomarlo en 32b para asegurarnos que no haya overflow y TTL, podemos usar los 16b del header aunque como mucho su valor sea 4 (para la primera red). Esto nos da un tamaño de mensajes:  $32b + 32b + 16b + 64b \times \text{cantidad de nodos vecinos} + 32b \text{ (overhead)}$

En base a todo esto vemos los diferentes casos:

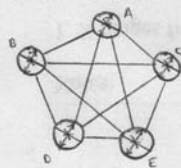


Para este caso vemos que en RIP por cada enlace circulan a lo sumo dos mensajes a la vez correspondientes a los routers de sus extremos, y cada uno ocupa un tamaño  $32b + 64b \times 5 = 352b \Rightarrow 704b$  por enlace. Ahora, considerando que se necesitan 4 iteraciones para que A obtenga la tabla de E y viceversa:

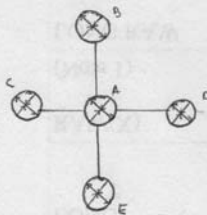
Capacidad de la red consumida:  $4 \times \frac{4 \times 704b}{30s} = 373,46 \text{ bps}$  En el caso de OSPF tenemos que los mensajes se transmiten de un nodo a toda la red (para los routers usamos uno de sus interfaces), vecinos lista los costos para cada vecino del nodo en la red, n° de secuencia podemos tomarlo en 32b para asegurarnos que no haya overflow y TTL, podemos usar los 16b del header aunque como mucho su valor sea 4 (para la primera red). Esto nos da un tamaño de mensajes:  $32b + 32b + 16b + 64b \times \text{cantidad de nodos vecinos} + 32b \text{ (overhead)}$

Cada uno de estos mensajes atraviesa cada enlace una vez, quedando la capacidad de red consumida:  $\frac{4 \times (144b + 208b)}{30s} = 121,6 \text{ bps}$

Sea ahora la red:



Por último, sea la red:



Vemos que en el caso del protocolo RIP se tiene un caso análogo al de la red anterior en cada enlace. 2 mensajes por enlace de cada nodo a su vecino. En este caso como todos son vecinos de todos, el protocolo converge en 1 iteración.

Esto hace que la capacidad de red consumida por enlace sea:  $\frac{10 \times 1 \times 704b}{30s} \approx 234,6 \text{ bps}$

Por otra parte, en OSPF los mensajes son más grandes porque todos son vecinos de todos, aunque podemos asumir que si todos los envíos son simultáneos, cada mensaje se retransmite 1 vez. Esto hace que cada nodo envíe 4 mensajes a través de sus enlaces y luego cada uno sea retransmitido a 3 (no al emisor), quedando:

Capacidad de red consumida:  $\frac{5 \times 4 \times 3 \times (80b + 4 \times 64b)}{30s} = 672 \text{ bps}$

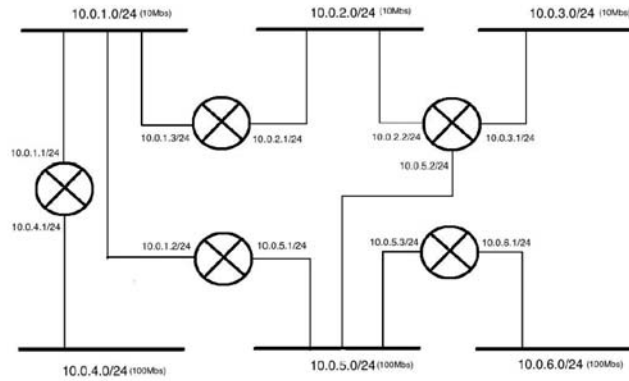
Vemos que para el protocolo RIP la convergencia se da en 2 iteraciones. Luego, considerando el costo por enlace y la cantidad de enlaces de la red, la capacidad consumida es de:  $\frac{2 \times 4 \times 704b}{30s} \approx 187,73 \text{ bps}$

Por otra parte, para OSPF los mensajes de los nodos B, C, D y E ocupan 144b, se envían al nodo A y este los retransmite a los otros 3. También, el mensaje de A ocupa 336b pero se transmite sólo una vez a cada vecino sin necesidad de retransmisión. Con ello obtenemos que la capacidad de red consumida es:  $\frac{4 \times 336b + 4 \times 4 \times 144b}{30s} = 121,6 \text{ bps}$

# EJERCICIO 7

## Ejercicio 7

Dada la red de la figura donde recién se encienden los routers, se pide:



- Mostrar intercambio de mensajes y tablas de forwarding generados por el uso del algoritmo RIP.
- Idem a. para el algoritmo OSPF. No olvidar tener en cuenta las métricas

7) *a) (conside métrica 1 para RIP vemos que por iteración los mensajes y tablas de forwarding de los routers son de la siguiente forma:*

Iteración 0 (usamos como base):

	RA	RB	RC	RD	RE
RA	0	1	1	∞	∞
RB	1	0	1	1	∞
RC	1	1	0	1	1
RD	∞	1	1	0	1
RE	∞	∞	1	1	0

Iteración 1:

	RA	RB	RC	RD	RE
RA	0	1	1	2	2
RB	1	0	1	1	2
RC	1	1	0	1	1
RD	2	1	1	0	1
RE	2	2	1	1	0

Con ello obtenemos las tablas de Forwarding (las juntamos por simplicidad):

Red	Próximo salto (RA)	Próximo salto (RB)	Próximo salto (RC)	Próximo salto (RD)	Próximo salto (RE)
10.0.1.0/24	IF0/0	IF0/0	IF0/0	10.0.2.1	10.0.5.1
10.0.2.0/24	10.0.1.3	IF0/1	10.0.1.3	1F0/0	10.0.5.2
10.0.3.0/24	10.0.1.3	10.0.2.2	10.0.2.2	1F0/2	10.0.5.2
10.0.4.0/24	IF0/1	10.0.1.1	10.0.1.1	10.0.2.1	10.0.5.2
10.0.5.0/24	10.0.1.2	10.0.1.2	1F0/1	1F0/1	IF0/6
10.0.6.0/24	10.0.1.2	10.0.1.2	10.0.5.3	10.0.5.3	1F0/1

*b) Para el algoritmo OSPF debemos a la métrica 10<sup>8</sup>/Ancho de banda [bps]. Esto nos dice que los enlaces de 10Mbps cuestan 10, mientras que los de 100Mbps, 1.*

Con esto en mente vemos que para el envío del LSP por cada router tenemos:

ID Router	Lista de vecinos	Nº Seq	TTL	Router	Lista tras procesar lo recibido
RA	<(RB,10), (RC,10)>	X	2	RA	<(RA,0), (RB,10), (RC,10), (RD,11), (RE,11)>
RB	<(RA,10), (RC,10), (RD,10)>	X	2	RB	<(RA,10), (RB,0), (RC,10), (RD,10), (RE,10)>
RC	<(RA,10), (RB,10), (RD,1), (RE,11)>	X	2	RC	<(RA,10), (RB,10), (RC,0), (RD,1), (RE,11)>
RD	<(RB,10), (RC,1), (RE,11)>	X	2	RD	<(RA,11), (RB,10), (RC,1), (RD,0), (RE,11)>
RE	<(RC,1), (RD,11)>	X	2	RE	<(RA,11), (RB,11), (RC,1), (RD,1), (RE,0)>

Finalmente quedan las tablas de forwarding (condensadas):

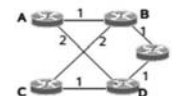
Red	Próximo salto (RA)	Próximo salto (RB)	Próximo salto (RC)	Próximo salto (RD)	Próximo salto (RE)
10.0.4.0/24	1F0/1	10.0.1.1	10.0.1.1	10.0.2.1	10.0.5.1
10.0.1.0/24	1F0/0	1F0/0	1F0/0	10.0.2.1	10.0.5.1
10.0.2.0/24	10.0.1.3	1F0/1	10.0.1.3	1F0/0	10.0.5.2
10.0.3.0/24	10.0.1.3	10.0.2.2	10.0.2.2	1F0/2	10.0.5.2
10.0.5.0/24	10.0.1.2	10.0.1.2	1F0/1	1F0/1	1F0/6
10.0.6.0/24	10.0.1.2	10.0.2.2	10.0.5.3	10.0.5.3	1F0/1

# EJERCICIO 8

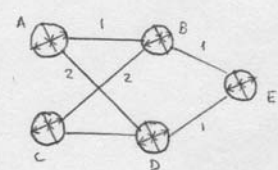
## Ejercicio 8

En la red de la figura, el router E que estaba apagado, se acaba de conectar. Todos los demás routers han alcanzado el estado estable y tienen sus tablas de ruteo construidas.

- Muestre los vectores de distancias (destino, distancia) que recibirá E describiendo cómo E, a partir de la información recibida, construye la tabla de forwarding hasta que la red converge.
- Muestre un posible mensaje RIP que E pueda distribuir a sus vecinos.
- Además de RIP, esta red implementa OSPF. Muestre un posible mensaje OSPF que salga de B y su inundación en la red. (Asuma la red ya convergida)



B) Siendo que el router E se acaba de conectar y los demás alcanzaron el estado estable con sus tablas de rutas:



a) Iteración 0 (vectores que recibe el router E):

	A	B	C	D	E
A	0	1	3	2	∞
B	1	0	2	3	1
C	3	2	0	1	∞
D	2	3	1	0	1

Tabla de E:

Router	costo	Próximo salto
A	2	B
B	1	B
C	2	D
D	1	D
E	-	-

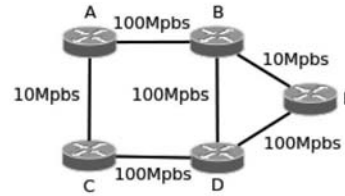
b) Mensaje RIP de E:  $\langle (A, \infty), (B, 1), (C, \infty), (D, 1), (E, 0) \rangle$

c) Mensaje OSPF de B: ID: B Vecinos:  $\langle (A, 1), (C, 2), (E, 1) \rangle$  N° seg: X TTL: 2  
 Tras inundarse en la red vemos que se retransmite desde A, C y E con TTL: 1 y luego de D con TTL: 0.

### EJERCICIO 9

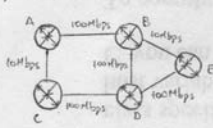
#### Ejercicio 9

Dada la topología de red de la figura, mostrar la ruta que seguirá un paquete IP una vez que los routers alcanzaron el estado estable:



- Desde A hasta E si construyeron sus tablas utilizando RIP con *triggered updates*.
- Desde E hasta A si construyeron sus tablas utilizando OSPF en área única.
- En un instante se cae el enlace entre A y B. Resolver los dos items anteriores una vez que la red converge.

a) Considerando la red de la figura con las métricas RIP (1) y OSPF ( $10^6/\text{Ancho de banda (bps)}$ ):



a) Mandar un mensaje de A hasta E con RIP y *triggered updates* nos dice que se toma el camino más corto en cuando a cantidad de saltos. Esto, si miramos la tabla de ruteo y de forwarding de A:

	Router	Próximo salto
A	D	B
B	B	B
C	C	C
D	D	D
E	E	B

Entonces A transmite su mensaje a B, que lo forwardea a E.

b) Si utilizaron OSPF en área única vemos que los enlaces de 100Mbps cuestan 1 y los de 10Mbps, 10, por lo que las tablas de los routers son de la forma:

	A	B	C	D	E
A	0	1	3	2	3
B	1	0	2	1	2
C	3	2	0	1	2
D	2	1	1	0	1
E	3	2	2	1	0

Ruteo

	A	B	C	D	E
A	-	B	B	B	B
B	A	-	D	D	D
C	D	D	-	D	D
D	B	B	C	-	E
E	D	D	D	D	-

Forwarding

Esto nos dice que transmitir un mensaje de E hasta A conlleva 3 de costo y hace que E envíe el mensaje a D, que forwardea a B y este a A.

c) Siendo que ahora se cae el enlace entre A y B vemos que tras converger la red en RIP tenemos:

	A	B	C	D	E
A	0	3	1	2	3
B	3	0	2	1	1
C	1	2	0	1	2
D	2	1	1	0	1
E	3	1	2	1	0

Ruteo

	A	B	C	D	E
A	-	C	C	C	C
B	D	-	D	D	E
C	A	D	-	D	D
D	C	B	C	-	E
E	D	B	D	D	-

Forwarding

Mientras que en OSPF tenemos las tablas:

	A	B	C	D	E
A	0	12	1	2	3
B	12	0	2	1	2
C	1	2	0	1	2
D	2	1	1	0	1
E	3	2	2	1	0

Ruteo

	A	B	C	D	E
A	-	C	C	C	C
B	D	-	D	D	D
C	A	D	-	D	D
D	C	B	C	-	E
E	D	D	D	D	-

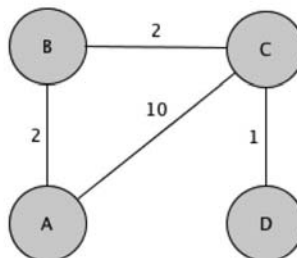
Forwarding

Notemos como la nueva topología hizo que difirieron los protocolos en su resultado al enfocarse en los rufos B y E

### EJERCICIO 10

#### Ejercicio 10

Considerando la red de la figura, asuma que todos los nodos son routers que están recién encendidos y no han corrido aun ningún protocolo de ruteo:



- Describir una secuencia posible de paquetes RIP que envía el router *A* hasta que converge el protocolo.
- Mostrar la tabla de forwarding de todos los routers resultante de correr el protocolo OSPF.
- En un momento dado se cae el enlace entre *B* y *C*. Muestre una secuencia de cambios posible en la tabla de forwarding del router *B* hasta que el protocolo RIP converge a la nueva topología. Justifique los cambios en base a los mensajes del protocolo.

## EJERCICIO 11

### Ejercicio 11

Dada la red de la figura, suponga que la red corrió exitosamente los algoritmos OSPF y RIPV1 y desde entonces no se han producido cambios en el topología.

- Muestre el contenido de los campos fundamentales para la ejecución de un paquete LSP y un paquete RIP generado como actualización periódica en el nodo 3.
- Que consecuencias desencadena la transmisión de los paquetes del punto (a.) en el resto de la red. (explicar que decisiones y acciones toman los routers de la red para OSPF y RIP)
- Basado en el punto (b.) que algoritmo genera mas trafico en el segmento de red 3 – 7.  
Nota: Considere evaluar la sumatoria de la cantidad de paquetes por el tamaño de los mismos como indicador del trafico generado.

