

1. El comando ping sirve básicamente para saber si una máquina es accesible o no lo es. Pero también informa del tiempo que tardan los paquetes en llegar a una máquina. Supongamos que se hace ping a un ordenador que está en EEUU y que los paquetes tardan 200 ms en llegar.

a. Supongamos que el paquete que genera el ping es de 64 bytes, que todos los enlaces atravesados son de 2 Mbps, que la distancia total es de 10.000 km y que la velocidad de propagación es de $2 \cdot 10^8$ ms. Calcular cuántos nodos ha atravesado el paquete.

En primer lugar, hay que considerar que Internet usa el protocolo IP, que es no orientado a la conexión, y que funciona como una red de datagramas. Ya hemos visto que en las redes de datagramas no hay establecimiento ni cierre de la conexión, con lo que el tiempo total obtenido por el comando ping será igual al tiempo de propagación más el tiempo de transmisión del paquete a cada nodo:

$$t_{total} = t_p + (N - 1) \cdot \frac{P}{v_t}$$

Así:

$$t_{total} = \frac{10000km}{2 \cdot 10^8 m/s} + (N - 1) \cdot \frac{64 \cdot 8bit}{2Mbps} \Rightarrow 0,2 = 0,05 + (N - 1) \cdot 0,000256 \Rightarrow N \cong 587nodos$$

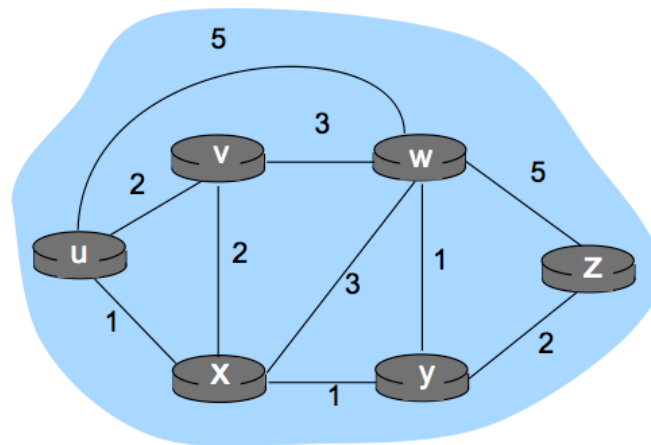
Este resultado parece un disparate, ya que no hay 587 nodos desde aquí a EEUU. Lo que pasa es que no se pueden descuidar los tiempos dentro de los nodos. Es decir, ya comentamos que el problema que presenta la conmutación de paquetes mediante datagramas es que los paquetes llegan al destino con cierto retardo, a causa del procesamiento que experimentan dentro de los nodos, donde se establecen colas (primer paquete en llegar, primero en salir). Este retardo además es variable, porque las condiciones de la red influyen en todos los paquetes que circulan.

b. El ping también puede informar de cuántos nodos han atravesado los paquetes. Supongamos que en el caso anterior han sido 19 nodos. ¿A qué se debe la discrepancia?.

Si sabemos que el paquete ha atravesado 19 nodos en realidad, podemos ver que el tiempo de espera en colas no sólo no se puede descuidar, sino que es la parte más importante del tiempo total.

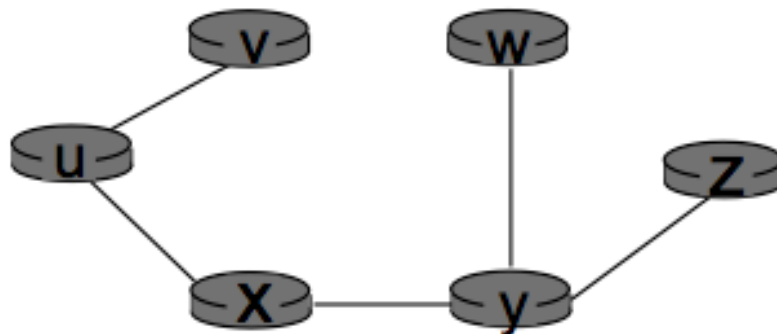
$$t_{total} = t_p + (N - 1) \cdot \frac{P}{v_t} + N \cdot t_N \Rightarrow 0,2 = 0,05 + 0,004608 + 19 \cdot t_N \Rightarrow t_N \cong 7,6ms$$

2. Aplicar el algoritmo de enrutamiento por la ruta más corta para llegar del nodo U al Z dado el grafo de la siguiente red.



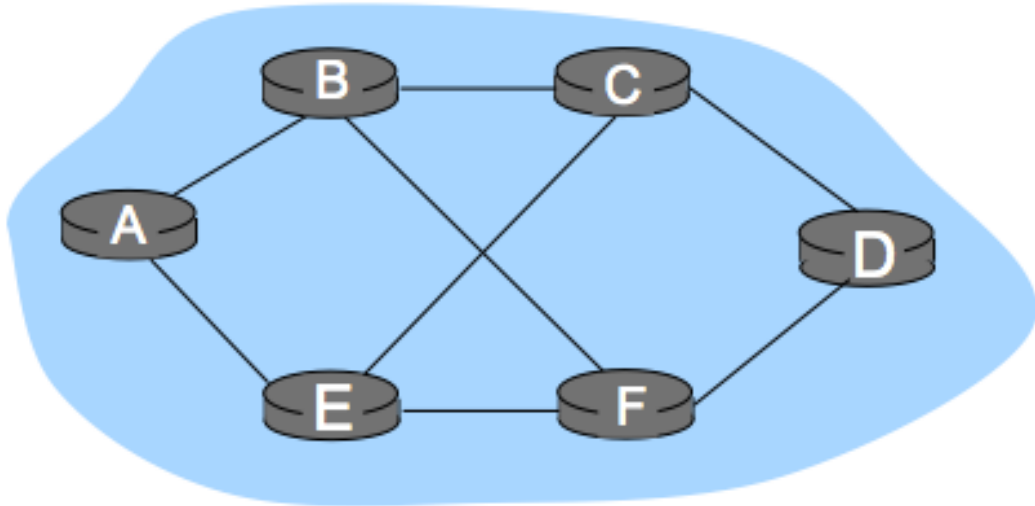
Paso	Definitivos	D(v),p(v)	D(w),p(w)	D(x),p(x)	D(y),p(y)	D(z),p(z)
0	u	2,u	5,u	1,u	∞	∞
1	ux	2,u	4,x		2,x	∞
2	uxy	2,u	3,y			4,y
3	uxyv		3,y			4,y
4	uxvww					4,y
5	uxyvwz					

El árbol sumidero resultante es el siguiente:



3. Considere la subred de la figura. Se usa enrutamiento por vector distancia y acaban de llegar los siguientes vectores al router C:
- De B: (5,0,8,12,6,2)
 - De D: (16,12,6,0,8,10)
 - De E: (7,6,3,9,0,4)

Los retardos medios a B, D y E son de 6, 3 y 5 mseg, respectivamente. ¿Cuál es la nueva tabla de enrutamiento de C? Indicar tanto la línea de salida a usar como el retardo específico.



Ir a los diferentes destinos desde C pasando por B nos daría el siguiente vector: (11,6,14,18,12,8). Pasando por D: (19,15,9,3,12,13). Y por E: (12,11,8,14,5,9). Cogiendo el mínimo a cada destino excepto para C (estamos en el router C), nos daría: (11,6,0,3,5,8). Las líneas de salida correspondientes son (B,B,-,D,E,B).

4. Si en una red de 50 enrutadores los retardos se registran como números de 8 bits y se intercambian vectores de retardo dos veces por segundo, ¿qué ancho de banda por línea es consumido por el algoritmo de enrutamiento?

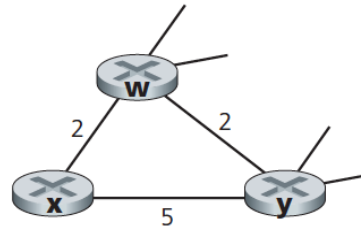
1º) Calculamos el tamaño de la tabla. Si hay 50 routers, tendrá 50 entradas, por 8 bit/enrutador = 400 bits

2º) Sobre cada enlace hay dos veces esta cantidad de bits cada segundo. Por tanto, el ancho de banda consumido por el algoritmo será:

$400 \cdot 2 \text{ bits/s} = 800 \text{ bps}$ del enlace serán para información de encaminamiento.

5. Considere el fragmento de red de la figura. x tiene sólo dos vecinos, w e y . w tiene un coste mínimo al router destino u (que no se muestra en la figura) de 5, mientras que y tiene un coste de 6 hasta u . Los caminos completos de w e y hasta u tampoco se muestran.

Gopas 3,90€ Tapas desde 1€ Caña 0,60€



a. Calcular el vector distancia de x para los destinos w, y y u .

El vector distancia de x sería el siguiente: $(2, 4, 7)$ y las líneas de salida correspondientes son (w, w, w) .

b. Modificar el coste del enlace entre x y alguno de sus vecinos de tal forma que dicha modificación haga que sea necesario informar a los vecinos de un nuevo camino de coste mínimo como resultado de la ejecución del algoritmo de vector distancia.

Consideremos primero el enlace entre x e y . Como el coste de ir desde y a u es de 6, y el coste mínimo actual es de 7, la única modificación posible para que se viera afectado el camino mínimo es que el coste entre x e y fuera inferior a 1.

Por su parte, consideremos el enlace $x-w$. Si el coste actual, que es 2, disminuye, el camino mínimo seguirá pasando por w . Ahora bien, si el coste actual se ve incrementado, mientras no pase de 6, el camino mínimo desde x a u se mantendrá. Si pasa de 6, entonces el camino mínimo sería el que pasa por y en lugar de w .

6. Para un enrutamiento jerárquico con 4800 routers, ¿qué región y tamaños de clúster debemos elegir para minimizar el tamaño de la tabla de enrutamiento para una jerarquía de 3 capas? Un buen lugar de inicio es la hipótesis de que una solución con k clústeres de k regiones de k routers está cerca de ser óptima, lo cual significa que k es aproximadamente la raíz cúbica de 4800 (cerca de 16). Utilice la prueba y error para verificar las combinaciones en las que los 3 parámetros están en el límite de 16.

Si tenemos 16 clústeres de 16 regiones de 16 routers, tendremos que habrá 4096 routers.

Si suponemos $k=10 \rightarrow 10 \cdot 10 \cdot 10 = 1000$ routers

Si $k=20$ tenemos que $20 \cdot 20 \cdot 20 = 8000$ routers

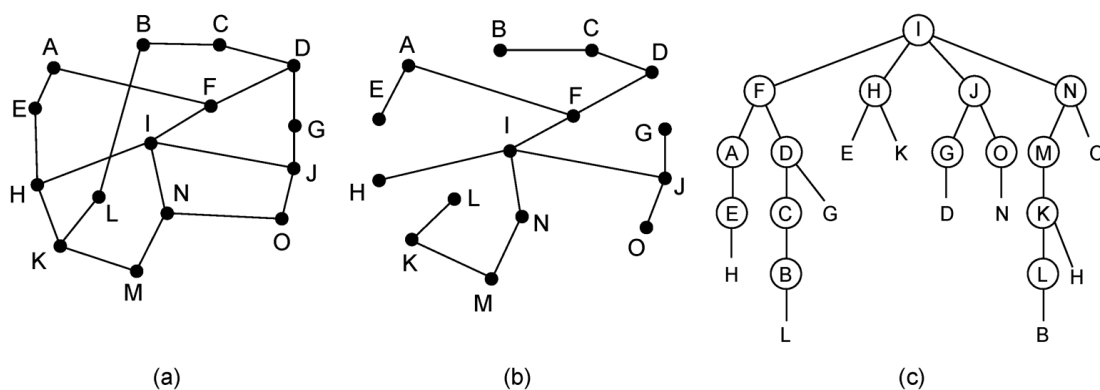
Por tanto, la idea es ir probando una descomposición de 4800 donde los factores estén entre 10 y 20, y el divisor nos permita alcanzar un resto igual a 0.

Los posibles divisores de 4800 serían, pues, 20, 16, 15, 12 y 10.

Supongamos que hay 20 clústeres. $4800/20 = 240$. Y ahora que hay 12 regiones por cluster. Habrá, por tanto, 20 routers por región. La tabla de encaminamiento de cada router tendría un tamaño de $20 + 12 + 20 = 52$.

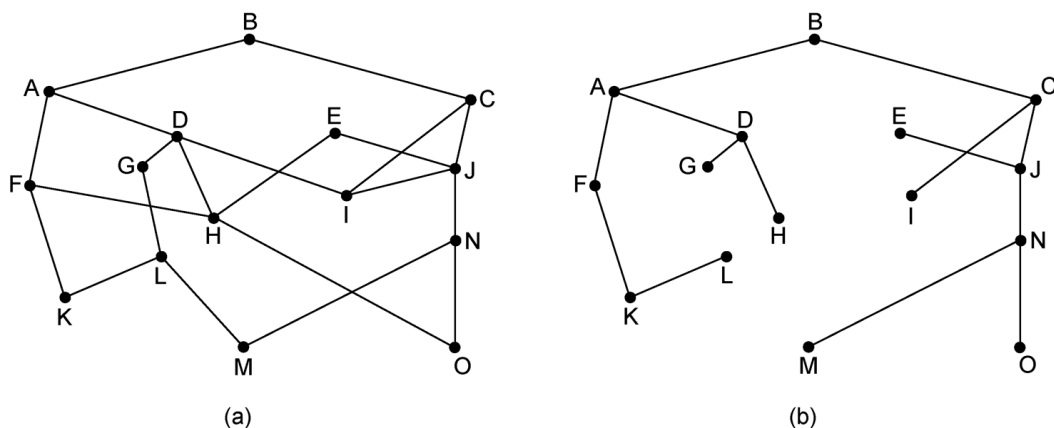
Probemos ahora una configuración de 20,16 y 15. Podríamos tener 20 clústeres de 16 regiones cada uno con 15 routers por región, lo que implicaría una tabla de $15+16+20 = 51$. Se comprueba que cualquier combinación de estos 3 factores es la que permite una tabla de menor tamaño.

7. Considere la subred de la figura. Imagine que entre F y G se agrega una línea nueva, pero el árbol sumidero de b) permanece sin cambios. ¿Qué cambios ocurren en la figura c) que representa el árbol construido mediante reenvío por ruta invertida?



El nodo F tenía inicialmente dos descendientes, A y D, y ahora adquiere uno nuevo, G. Por su parte, el nodo G tenía un descendiente, D, y ahora adquiere también a F. Si el árbol sumidero no sufre cambios en su estructura, en c) sólo hay que añadir una rama en F y otra en G que representen el nuevo enlace.

8. Dada la red de la figura:



a. ¿Cuántos paquetes se generan por una difusión de B usando el reenvío por ruta invertida?

Vamos indicando los envíos de paquetes por etapas y marcando en negrita los routers que reciben paquete y no lo vuelven a difundir porque no lo han recibido por la ruta óptima:

- 1) En la primera ronda, B envía 2 paquetes: AC. Total: 2 paquetes
- 2) En la segunda ronda, A envía 2 paquetes: FD; y C envía otros 2: IJ. Total: 4 paquetes.
- 3) En la tercera ronda, F envía 2 paquetes: KH; D envía 3 paquetes: GHI; I envía 2 paquetes: DJ; y J envía 3 paquetes: EIN. Total: 10 paquetes.
- 4) En la cuarta ronda, K envía 1 paquete: L; G envía 1 paquete: L; H envía 2 paquetes: FO; E envía 1 paquete: H; y N envía 2 paquetes: MO. Total: 7 paquetes.
- 5) En la quinta, L envía 2 paquetes: GM; O envía 1 paquete: H; y M envía 1 paquete: L. Total: 4 paquetes

En total se envían $2+4+10+7+4 = 27$ paquetes en 5 etapas.

b. ¿Y utilizando el árbol sumidero?

El árbol sumidero necesita cuatro etapas y 14 paquetes.

9. Suponga una especificación de flujo que tiene un tamaño máximo de paquete de 1000 bytes, una tasa de cubeta con tokens de 10 millones de bytes/seg, un tamaño de cubeta con tokens de 1 millón de bytes y una tasa máxima de transmisión de 50 millones de bytes/seg. ¿Cuánto tiempo puede durar una ráfaga a máxima velocidad?

$$C = 1 \cdot 10^6 \text{ bytes}$$

$$M = 50 \cdot 10^6 \text{ bytes/s}$$

$$\rho = 10 \cdot 10^6 \text{ bytes/s}$$

La ráfaga a máxima velocidad vendrá dada por $S = C / (M - \rho) = 0,025 \text{ s}$