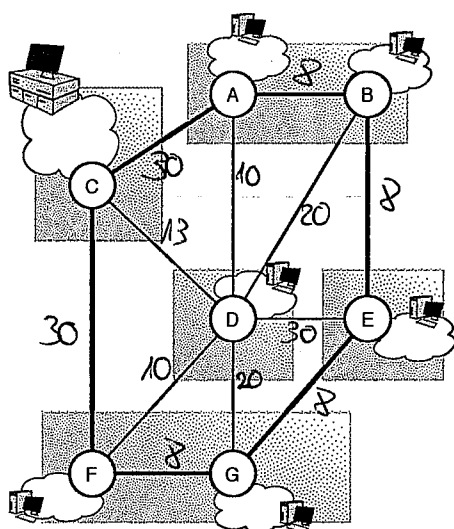


## Parcial 2 de Redes 4º Ingeniería Informática,

Duración: 50 minutos. Se permiten libros y apuntes.

**Problema 1** Una organización tiene 7 sedes en 5 ciudades. La red de cada sede esta conectada a la red exterior a través de un router. Designaremos a cada sede y a su router exterior con las letras A a G. Las sedes están interconectadas mediante una malla de enlaces de red privada virtual contratados a un operador de telecomunicaciones. Se han contratado diferentes enlaces de 8Mbps y 10Mbps. Estos enlaces cursan el tráfico que se envía entre las sedes de la multinacional de forma segura cifrando todos los datos antes de enviarlos. Los routers de salida también tienen conexión al resto de internet para el tráfico que se intercambie con otros destinos fuera de la organización. Los enlaces contratados entre las sedes se monitorizan continuamente midiendo el retardo de entrega de los paquetes entre nodos de la organización. En la figura 1 se muestra la topología de la red y las características de los enlaces.



Enlace	BW contratado	retardo al atravesar el enlace
C-A	10Mbps	≈ 30ms
A-B	10Mbps	≈ 8ms
B-E	10Mbps	≈ 8ms
C-D	8Mbps	≈ 13ms
A-D	8Mbps	≈ 10ms
B-D	8Mbps	≈ 20ms
C-F	10Mbps	≈ 30ms
F-G	10Mbps	≈ 8ms
G-E	10Mbps	≈ 8ms
F-D	8Mbps	≈ 10ms
G-D	8Mbps	≈ 20ms
E-D	8Mbps	≈ 30ms

Figura 1: Red del problema

Para organizar el enrutamiento del tráfico interno de la organización se utiliza un algoritmo link-state que corre en cada uno de los routers exteriores. El protocolo es simple y cada router solo genera información cada 30 segundos. Se pretende minimizar el tiempo de propagación de los paquetes por lo que se consideran pesos proporcionales al RTT para el enrutamiento. Suponiendo que se pone a funcionar en todos los nodos en el mismo momento...

a) Dibuje el árbol de expansión que generará el algoritmo de enrutamiento con los caminos a todos los nodos desde el nodo E. ¿Qué camino de ida y de vuelta recorrerán los paquetes intercambiados entre los nodos C y E? ¿Cuanto tardará en llegar un paquete desde C hasta E?

- Camino: E-B-A-D-C  
C-D-A-B-E
- 39 ms. (Supongo incluido el tamaño del paquete).

Una vez funcionando la red se pretende retransmitir un evento que tendrá lugar en la sede C al resto de las sedes para que pueda proyectarse en pantallas en cada sede de cada ciudad. La idea es enviar video de toda la calidad que se pueda. Se planea emitir el evento en directo y se usará un protocolo de envío de vídeo sobre TCP. Desde cada una de las sedes se realizará una única conexión al servidor de video en la red C para descargar el vídeo y reproducirlo conforme llega. La aplicación utilizará la mejor configuración posible de TCP con ventana de 64kB y MTU de 1460B. El video se estará generando en directo por lo que nunca puede transmitirse más rápido de la velocidad a la que se genera a la que llamaremos V Mbps. Esta velocidad de generación del video esta determinada por la calidad del video que generemos. Si suponemos que durante el evento la principal carga de la red vendrá dada por el tráfico de la retransmisión de video y no habrá prácticamente mas tráfico en la red de la organización... Queremos saber cual es la máxima calidad de vídeo (y por tanto V) que tiene sentido utilizar. Explique razonadamente

b) Si sólo está pidiendo el video la sede E ¿Cual es la máxima velocidad de vídeo que puede enviarse mediante este programa desde C hasta la sede E ?

$$V = \frac{64 \text{ KB}}{39 \text{ ms}}$$

39 es el tiempo de ida  
el RTT se va x 2  $\approx 80 \text{ ms}$ , no?

$$64 \text{ KB} = 512 \text{ kb} = \cancel{524288} \text{ bits}$$

$$39 \text{ ms} = 0.039 \text{ s}$$

$$V = \frac{524288 \text{ b}}{0.039 \text{ s}} \approx 13.443282 \text{ b/s} \approx 13.44 \text{ Mb/s}$$

que es mejor que la capacidad del canal. ✓

La máxima velocidad es 8 Mbps; el cuello de botella es la capacidad del enlace, no el protocolo.

Note: De cada 1500 B que envío, 40 B son cabecera, así que no se pueden usar para datos de vídeo, aproximadamente un 2.6% que consideraré despreciable.

b) ¿Qué ocurrirá cuando estén conectadas a la retransmisión las sedes E y D únicamente? ¿Cual es la máxima velocidad de vídeo que puede utilizarse para enviar correctamente a esas dos sedes?

El canal sigue siendo el cuello de botella. La máxima velocidad será  $P$  Mbps.  
si usamos broadcast.

si no usamos broadcast,  $4$  Mbps para cada uno.

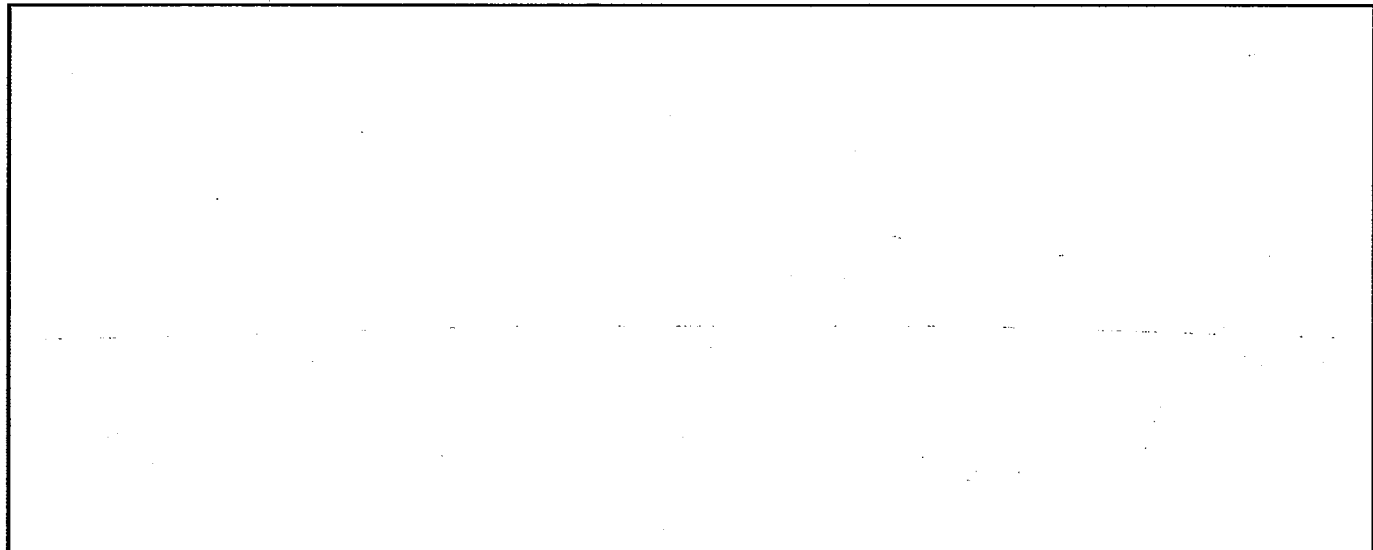
y quien le da el dedo que vamos a usar broadcast? dice una conexión TCP por cada uno

+

c) Durante el evento se estará transmitiendo simultáneamente desde C al resto de sedes, para ello cada sede mantendrá su propia descarga sobre TCP desde el servidor principal. ¿Cual es la máxima velocidad de vídeo que podemos usar asegurándonos que puede llegar correctamente a todas las sedes?

Hay 6 sedes y el cuello de botella es claramente el canal. Además todas pasan por C-D, que es de  $8$  Mbps, luego la máxima velocidad es  $\frac{8}{6} = 1.33$  Mbps.

✓



d) Estime cual será la utilización del enlace entre C y D en cada dirección (C→D y D→C) durante la transmisión del evento.

El enlace C-D estará utilizado al 100% al ser el cuello de botella en el sentido C→D.

En el sentido D→C solo habrá ACKs (40 B cada uno). 8 Mbps dan para

enviar  $\frac{1 \text{ MBps}}{1500 \text{ B/paquete}} \approx 666'6 \text{ paquetes/s} \cdot 40 = 26.666'6 \text{ Bytes}$

por segundo en subida = ~~26.666'6 Kbits~~ ~~26.666'6 Mbps~~ ~~26.666'6 Gbps~~

$$\frac{26.666 \text{ Bps}}{1 \text{ MBps}} = 0'026\% \text{ de uso.}$$

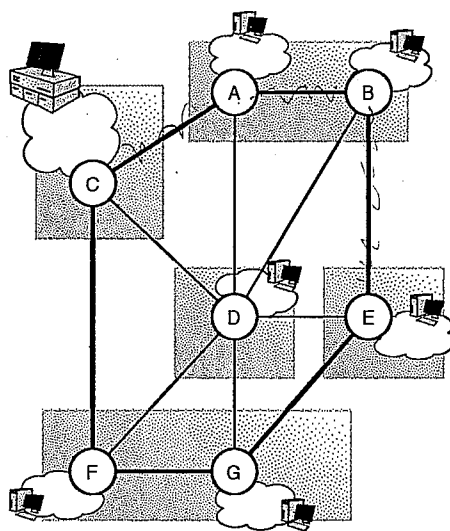
Si TCP tiene delayed ACK mandara solo 1 ACK por cada 2 paquetes asi que mas bien la mitad de eso

✓ —

## Parcial 2 de Redes 4º Ingeniería Informática,

Duración: 50 minutos. Se permiten libros y apuntes.

**Problema 1** Una organización tiene 7 sedes en 5 ciudades. La red de cada sede esta conectada a la red exterior a través de un router. Designaremos a cada sede y a su router exterior con las letras A a G. Las sedes están interconectadas mediante una malla de enlaces de red privada virtual contratados a un operador de telecomunicaciones. Se han contratado diferentes enlaces de 8Mbps y 10Mbps. Estos enlaces cursan el tráfico que se envía entre las sedes de la multinacional de forma segura cifrando todos los datos antes de enviarlos. Los routers de salida también tienen conexión al resto de internet para el tráfico que se intercambie con otros destinos fuera de la organización. Los enlaces contratados entre las sedes se monitorizan continuamente midiendo el retardo de entrega de los paquetes entre nodos de la organización. En la figura 1 se muestra la topología de la red y las características de los enlaces.



Enlace	BW contratado	retardo al atravesar el enlace
/ C-A	10Mbps	≈ 30ms
/ A-B	10Mbps	≈ 8ms
/ B-E	10Mbps	≈ 8ms
/ C-D	8Mbps	≈ 13ms
/ A-D	8Mbps	≈ 10ms
/ B-D	8Mbps	≈ 20ms
/ C-F	10Mbps	≈ 30ms
F-G	10Mbps	≈ 8ms
G-E	10Mbps	≈ 8ms
/ F-D	8Mbps	≈ 10ms
/ G-D	8Mbps	≈ 20ms
/ E-D	8Mbps	≈ 30ms

Figura 1: Red del problema

Para organizar el enrutamiento del tráfico interno de la organización se utiliza un algoritmo link-state que corre en cada uno de los routers exteriores. El protocolo es simple y cada router solo genera información cada 30 segundos. Se pretende minimizar el tiempo de propagación de los paquetes por lo que se consideran pesos proporcionales al RTT para el enrutamiento. Suponiendo que se pone a funcionar en todos los nodos en el mismo momento...

a) Dibuje el árbol de expansión que generará el algoritmo de enrutamiento con los caminos a todos los nodos desde el nodo E. ¿Qué camino de ida y de vuelta recorrerán los paquetes intercambiados entre los nodos C y E? ¿Cuanto tardará en llegar un paquete desde C hasta E?

		A	B	C	D	F	G
0	{E}	∞	8 E-B	∞	13 E-D	∞	8 E-G
1	{E, B}	16 E-B-A	8 E-B	∞	13 E-D	∞	8 E-G
2	{E, B, C}	16 E-B-A	8 E-B	∞	13 E-D	16 E-G-F	8 E-G
3	{E, B, C, D}	16 E-B-A	8 E-B	46 E-B-A-C	13 E-D	16 E-G-F	8 E-G
4	{E, B, C, D, F}	16 E-B-A	8 E-B	46 E-B-A-C	13 E-D	16 E-G-F	8 E-G
5	{E, B, C, D, F, G}	16 E-B-A	8 E-B	16 E-B-A-C	13 E-D	16 E-G-F	8 E-G
6	{E, B, C, D, F, G}	16 E-B-A	8 E-B	25 E-B-C	13 E-D	16 E-G-F	8 E-G

*unos libros*  
*al nodo D el camino de C ps a a*  
*con E-B-A-C*

• El camino de ida y vuelta entre los nodos C y E es:  
E - D - C - D - E

Una vez funcionando la red se pretende retransmitir un evento que tendrá lugar en la sede C al resto de las sedes para que pueda proyectarse en pantallas en cada sede de cada ciudad. La idea es enviar video de toda la calidad que se pueda. Se planea emitir el evento en directo y se usará un protocolo de envío de vídeo sobre TCP. Desde cada una de las sedes se realizará una única conexión al servidor de video en la red C para descargar el vídeo y reproducirlo conforme llega. La aplicación utilizará la mejor configuración posible de TCP con ventana de 64kB y MTU de 1460B. El video se estará generando en directo por lo que nunca puede transmitirse más rápido de la velocidad a la que se genera a la que llamaremos V Mbps. Esta velocidad de generación del video esta determinada por la calidad del video que generemos. Si suponemos que durante el evento la principal carga de la red vendrá dada por el tráfico de la retransmisión de video y no habrá prácticamente mas tráfico en la red de la organización... Queremos saber cual es la máxima calidad de vídeo (y por tanto V) que tiene sentido utilizar. Explique razonadamente

b) Si sólo está pidiendo el video la sede E ¿Cual es la máxima velocidad de vídeo que puede enviarse mediante este programa desde C hasta la sede E ?

Calculamos el throughput:

C-3:


$$\frac{\text{Tamaño Ventana}}{RTT} = \frac{64 \times 8}{43 \times 10^{-3}} = 11906,98 \text{ kbps}$$

min (vel. contratada throughput) = min (8 x 10<sup>3</sup>, 11906,98) = 8,000 Kbps


→ Nota de velocidad contratada esto lo es ADSL

Como el video se genera en directo la máxima calidad de video es: 8,000 kbps

La velocidad máxima nos da mosca la velocidad mínima, conforme más alejados estemos del servidor la velocidad sería m



d) Estime cual será la utilización del enlace entre C y D en cada dirección (C→D y D→C) durante la transmisión del evento.



b) ¿Qué ocurrirá cuando estén conectadas a la retransmisión las sedes E y D únicamente? ¿Cual es la máxima velocidad de vídeo que puede utilizarse para enviar correctamente a esas dos sedes?

como las sedes E y D están conectadas a máxima velocidad de 8000 kbps, que significa que cualquier conexión que se establezca con ellas debe ser a una velocidad máxima de 8000 kbps. Por lo tanto, la velocidad máxima de vídeo que se puede utilizar para enviar correctamente a esas dos sedes es de 8000 kbps.

C-D:

$$\frac{64 \times 8}{13 \times 10^{-3}} = 39384,62 \text{ Kbps} \quad \min(8000, 39384,62) = 8000 \text{ Kbps.}$$

como hemos calculado antes que de C-E la velocidad es 8000 kbps. La velocidad máxima será 8000 kbps. *pero tienen que recibir una conexión de vídeo a una conexión TCP*

c) Durante el evento se estará transmitiendo simultáneamente desde C al resto de sedes, para ello cada sede mantendrá su propia descarga sobre TCP desde el servidor principal. ¿Cual es la máxima velocidad de vídeo que podemos usar asegurándonos que puede llegar correctamente a todas las sedes?

C-A y C-F:

$$\frac{64 \times 8}{30 \times 10^{-3}} = 17066,67 \text{ Kbps} \quad \min(10 \times 10^3, 17066,67) = 10000 \text{ Kbps}$$

C-B:

$$\frac{64 \times 8}{30 \times 10^{-3}} = 17066,67 \text{ Kbps} \quad \min(8 \times 10^3, 17066,67) = 8000 \text{ Kbps}$$

B-D y G-D:

$$\frac{64 \times 8}{20 \times 10^{-3}} = 25600 \text{ Kbps} \quad \min(8 \times 10^3, 25600) = 8000 \text{ Kbps}$$

C-D:

$$\frac{64 \times 8}{13 \times 10^{-3}} = 39384,61 \text{ Kbps} \quad \min(8 \times 10^3, 39384,61) = 8000 \text{ Kbps}$$

D-D y F-D:

$$\frac{64 \times 8}{10 \times 10^{-3}} = 51200 \text{ Kbps} \quad \min(8 \times 10^3, 51200) = 8000 \text{ Kbps}$$

B-E, D-B, F-G, G-E:

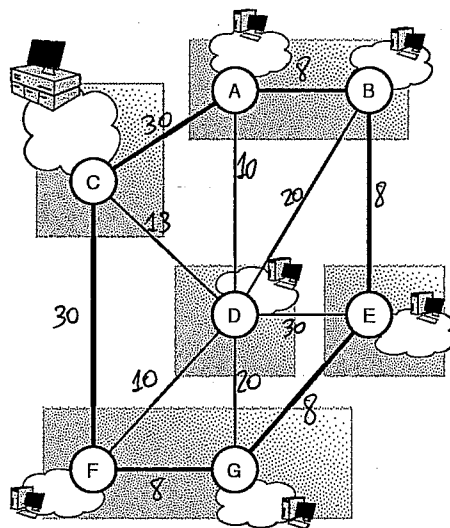
$$\frac{64 \times 8}{8 \times 10^{-3}} = 64000 \text{ Kbps} \quad \min(10 \times 10^3, 64000) = 10000 \text{ Kbps}$$



## Parcial 2 de Redes 4º Ingeniería Informática,

Duración: 50 minutos. Se permiten libros y apuntes.

**Problema 1** Una organización tiene 7 sedes en 5 ciudades. La red de cada sede esta conectada a la red exterior a través de un router. Designaremos a cada sede y a su router exterior con las letras A a G. Las sedes están interconectadas mediante una malla de enlaces de red privada virtual contratados a un operador de telecomunicaciones. Se han contratado diferentes enlaces de 8Mbps y 10Mbps. Estos enlaces cursan el tráfico que se envía entre las sedes de la multinacional de forma segura cifrando todos los datos antes de enviarlos. Los routers de salida también tienen conexión al resto de internet para el tráfico que se intercambie con otros destinos fuera de la organización. Los enlaces contratados entre las sedes se monitorizan continuamente midiendo el retardo de entrega de los paquetes entre nodos de la organización. En la figura 1 se muestra la topología de la red y las características de los enlaces.



Enlace	BW contratado	retardo al atravesar el enlace
C-A	10Mbps	≈ 30ms
A-B	10Mbps	≈ 8ms
B-E	10Mbps	≈ 8ms
C-D	8Mbps	≈ 13ms
A-D	8Mbps	≈ 10ms
B-D	8Mbps	≈ 20ms
C-F	10Mbps	≈ 30ms
F-G	10Mbps	≈ 8ms
G-E	10Mbps	≈ 8ms
F-D	8Mbps	≈ 10ms
G-D	8Mbps	≈ 20ms
E-D	8Mbps	≈ 30ms

Figura 1: Red del problema

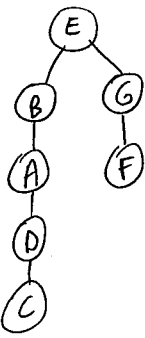
Para organizar el enrutamiento del tráfico interno de la organización se utiliza un algoritmo link-state que corre en cada uno de los routers exteriores. El protocolo es simple y cada router solo genera información cada 30 segundos. Se pretende minimizar el tiempo de propagación de los paquetes por lo que se consideran pesos proporcionales al RTT para el enrutamiento. Suponiendo que se pone a funcionar en todos los nodos en el mismo momento...

a) Dibuje el árbol de expansión que generará el algoritmo de enrutamiento con los caminos a todos los nodos desde el nodo E. ¿Qué camino de ida y de vuelta recorrerán los paquetes intercambiados entre los nodos C y E? ¿Cuanto tardará en llegar un paquete desde C hasta E?

Nº	T	L(A) Camino(A)	L(B) Camino(B)	L(C) Camino(C)	L(D) Camino(D)	L(F) Camino(F)	L(G) Camino(G)
1	{E}	-	(8) E-B	-	30 E-D	-	8 E-G
2	{B, E}	16 E-B-A	(8) E-B	-	28 E-B-D	-	(8) E-G
3	{B, E, G}	(16) E-B-A	(8) E-B	-	28 E-B-D	-	(8) E-G
4	{A, B, E, G}	(16) E-B-A	(8) E-B	46 E-B-A-C	28 E-B-D	16 E-G-F	(8) E-G
5	{A, B, E, F, G}	(16) E-B-A	(8) E-B	46 E-B-A-C	26 E-B-A-D	(16) E-G-F	(8) E-G
6	{A, B, D, E, F, G}	(16) E-B-A	(8) E-B	46 E-B-A-C	(26) E-B-A-D	(16) E-G-F	(8) E-G
7	{A, B, C, D, E, F, G}	(16) E-B-A	(8) E-B	(39) E-B-A-D-C	(26) E-B-A-D	(16) E-G-F	(8) E-G

Árbol de expansión: sig. página.

Árbol de expansión: Camino de los paquetes entre C y E: E-B-A-D-C



Tiempo en llegar un paquete desde C hasta E:

- C → D : 13 mseg
- D → A : 10 mseg
- A → B : 8 mseg
- B → E : 8 mseg

Tiempo: 39 mseg

✓

Una vez funcionando la red se pretende retransmitir un evento que tendrá lugar en la sede C al resto de las sedes para que pueda proyectarse en pantallas en cada sede de cada ciudad. La idea es enviar video de toda la calidad que se pueda. Se planea emitir el evento en directo y se usará un protocolo de envío de vídeo sobre TCP. Desde cada una de las sedes se realizará una única conexión al servidor de video en la red C para descargar el vídeo y reproducirlo conforme llega. La aplicación utilizará la mejor configuración posible de TCP con ventana de 64kB y MTU de 1460B. El video se estará generando en directo por lo que nunca puede transmitirse más rápido de la velocidad a la que se genera a la que llamaremos V Mbps. Esta velocidad de generación del video esta determinada por la calidad del video que generemos. Si suponemos que durante el evento la principal carga de la red vendrá dada por el tráfico de la retransmisión de video y no habrá prácticamente mas tráfico en la red de la organización... Queremos saber cual es la máxima calidad de vídeo (y por tanto V) que tiene sentido utilizar. Explique razonadamente

⇒ b) Si sólo está pidiendo el video la sede E; Cual es la máxima velocidad de vídeo que puede enviarse mediante este programa desde C hasta la sede E ?

$w = 64 \text{ KB}$   
 $MTU = 1460 \text{ Bytes}$   
 $v_{\text{generación video}} = V \text{ Mbps}$

Calcular las velocidades de C-D, D-A, A-B y B-E  
 Entonces, la velocidad menor de todas ellas es la que limita la conexión, por lo que esa será la máxima velocidad.

C-D:  $v = \frac{w}{RTT} = \frac{64 \text{ KB}}{13 \text{ mseg}} = 4923,08 \text{ KB/seg} = 39,39 \text{ Mbps}$

D-A:  $v = \frac{w}{RTT} = \frac{64 \text{ KB}}{10 \cdot 10^{-3} \text{ seg}} = 6400 \text{ KB/seg} = 51,2 \text{ Mbps}$

A-B:  $v = \frac{w}{RTT} = \frac{64 \text{ KB}}{8 \cdot 10^{-3} \text{ seg}} = 8000 \text{ KB/seg} = 64 \text{ Mbps}$

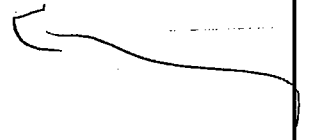
B-E:  $v = \frac{w}{RTT} = \frac{64 \text{ KB}}{8 \cdot 10^{-3} \text{ seg}} = 8000 \text{ KB/seg} = 64 \text{ Mbps}$

8 Mbps será la máxima velocidad

→ No Hay una conexión TCP independiente en cada enlace

b) ¿Qué ocurrirá cuando estén conectadas a la retransmisión las sedes E y D únicamente? ¿Cuál es la máxima velocidad de vídeo que puede utilizarse para enviar correctamente a esas dos sedes?

- E y D comparten enlaces, por lo que las velocidades se reducirán a la mitad en los enlaces compartidos, y cada una de las sedes irá a la mitad de la velocidad inicial por dichos enlaces compartidos.
- D-C es el único enlace compartido, entonces:  
Para cada sede irá a una velocidad de  $\frac{8}{2} = 4$  Mbps.
- Los enlaces D-A, A-B y B-E irán a la velocidad anteriormente calculada, ya que no estaban compartidos.



c) Durante el evento se estará transmitiendo simultáneamente desde C al resto de sedes, para ello cada sede mantendrá su propia descarga sobre TCP desde el servidor principal. ¿Cuál es la máxima velocidad de vídeo que podemos usar asegurándonos que puede llegar correctamente a todas las sedes?

- La velocidad de vídeo no podrá ser mayor que las velocidades de transferencia de los enlaces, porque si fuera así no se vería el vídeo correctamente.
- Entonces, la máxima velocidad de vídeo sería 8 Mbps, porque si fuera mayor, en los enlaces C-D y D-A ~~sería~~ no habría velocidad suficiente para transmitir el vídeo a la velocidad necesaria. (En el caso anterior, por ejemplo).

Pero queremos  
transmitir a la  
vez  
condicionalmente  
con

d) Estime cual será la utilización del enlace entre C y D en cada dirección (C→D y D→C) durante la transmisión del evento.

- Si la ventana nos permite ir a 39'39 Mbps, pero la velocidad máxima del enlace es 8 Mbps, entonces la velocidad a la que se transmitirá será de 8 Mbps, que es la que limita.

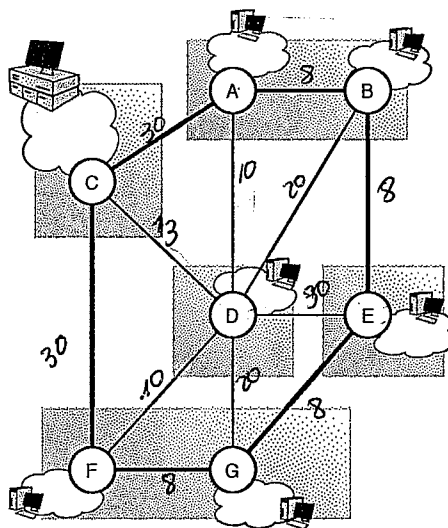
- Por lo tanto, la utilización del enlace en ambas direcciones será del 100%. ~~Es~~ Es la conexión la que limita. Si ésta no limitase, la velocidad sería de 39'39 Mbps.

en una dirección vale  
pero de vuelta un link  
data

## Parcial 2 de Redes 4º Ingeniería Informática,

Duración: 50 minutos. Se permiten libros y apuntes.

**Problema 1** Una organización tiene 7 sedes en 5 ciudades. La red de cada sede esta conectada a la red exterior a través de un router. Designaremos a cada sede y a su router exterior con las letras A a G. Las sedes están interconectadas mediante una malla de enlaces de red privada virtual contratados a un operador de telecomunicaciones. Se han contratado diferentes enlaces de 8Mbps y 10Mbps. Estos enlaces cursan el tráfico que se envía entre las sedes de la multinacional de forma segura cifrando todos los datos antes de enviarlos. Los routers de salida también tienen conexión al resto de internet para el tráfico que se intercambie con otros destinos fuera de la organización. Los enlaces contratados entre las sedes se monitorizan continuamente midiendo el retardo de entrega de los paquetes entre nodos de la organización. En la figura 1 se muestra la topología de la red y las características de los enlaces.



Enlace	BW contratado	retardo al atravesar el enlace
C-A	10Mbps	≈ 30ms
A-B	10Mbps	≈ 8ms
B-E	10Mbps	≈ 8ms
C-D	8Mbps	≈ 13ms
A-D	8Mbps	≈ 10ms
B-D	8Mbps	≈ 20ms
C-F	10Mbps	≈ 30ms
F-G	10Mbps	≈ 8ms
G-E	10Mbps	≈ 8ms
F-D	8Mbps	≈ 10ms
G-D	8Mbps	≈ 20ms
E-D	8Mbps	≈ 30ms

Figura 1: Red del problema

Para organizar el enrutamiento del tráfico interno de la organización se utiliza un algoritmo link-state que corre en cada uno de los routers exteriores. El protocolo es simple y cada router solo genera información cada 30 segundos. Se pretende minimizar el tiempo de propagación de los paquetes por lo que se consideran pesos proporcionales al RTT para el enrutamiento. Suponiendo que se pone a funcionar en todos los nodos en el mismo momento...

a) Dibuje el árbol de expansión que generará el algoritmo de enrutamiento con los caminos a todos los nodos desde el nodo E. ¿Qué camino de ida y de vuelta recorrerán los paquetes intercambiados entre los nodos C y E? ¿Cuanto tardará en llegar un paquete desde C hasta E?

Link - State hace que cada nodo envíe a los vecinos todos los nodos a los que llega y con qué peso.

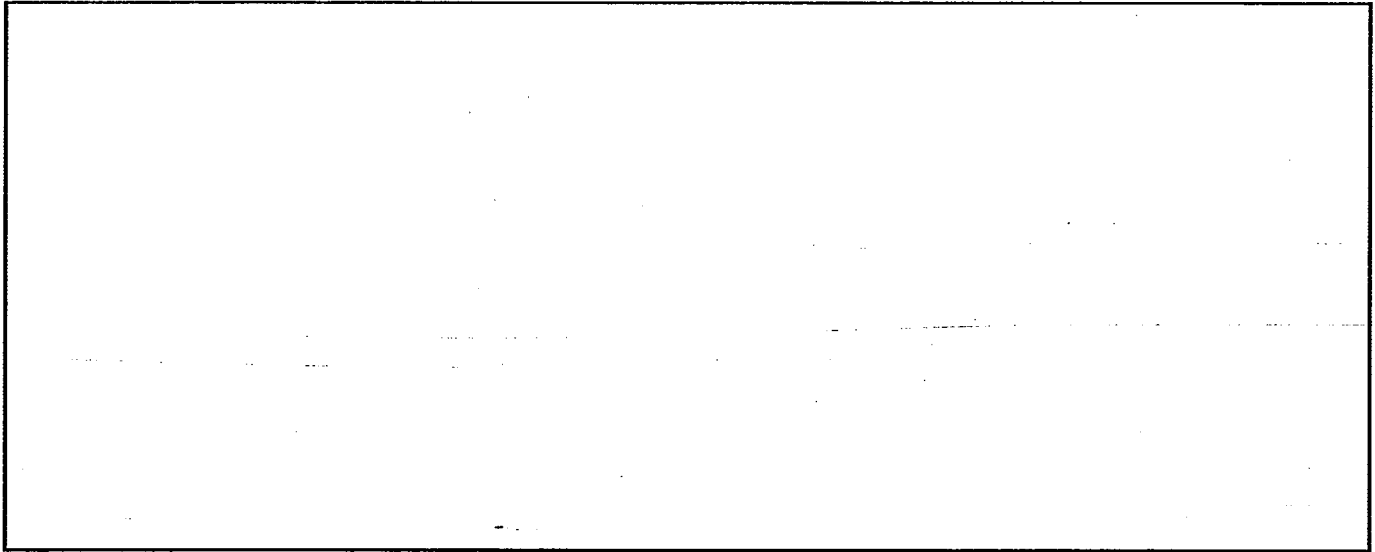
⇒ Podemos comprobar que los caminos con menos peso de C a E son:

C → D → A → B → E      6      C → D → F → G → E (depende del orden en el que llega el paquete LSP a los nodos)

por lo que el camino de ida o vuelta que recorrerán los paquetes será uno de los dos.

⇒ El tiempo que tardará en llegar un paquete de C hasta E es de 39ms suponiendo que no se pierde tiempo en procesar el paquete en cada nodo. (ya que 39ms es el retardo al atravesar los enlaces)

No responde al árbol



Una vez funcionando la red se pretende retransmitir un evento que tendrá lugar en la sede C al resto de las sedes para que pueda proyectarse en pantallas en cada sede de cada ciudad. La idea es enviar video de toda la calidad que se pueda. Se planea emitir el evento en directo y se usará un protocolo de envío de vídeo sobre TCP. Desde cada una de las sedes se realizará una única conexión al servidor de video en la red C para descargar el vídeo y reproducirlo conforme llega. La aplicación utilizará la mejor configuración posible de TCP con ventana de 64kB y MTU de 1460B. El video se estará generando en directo por lo que nunca puede transmitirse más rápido de la velocidad a la que se genera a la que llamaremos V Mbps. Esta velocidad de generación del video esta determinada por la calidad del video que generemos. Si suponemos que durante el evento la principal carga de la red vendrá dada por el tráfico de la retransmisión de video y no habrá prácticamente mas tráfico en la red de la organización... Queremos saber cual es la máxima calidad de vídeo (y por tanto V) que tiene sentido utilizar. Explique razonadamente

b) Si sólo está pidiendo el video la sede E ¿Cual es la máxima velocidad de vídeo que puede enviarse mediante este programa desde C hasta la sede E ?

Ventana 64kB  
 RTT 33ms

no es el RTT es solo ida

$$V = \frac{64 \text{ kB}}{33 \text{ ms}} = 1'94 \text{ kB/ms} = 1940 \text{ B/ms} = 194 \text{ MB/s}$$

⇒ La máxima velocidad a la que puede mandarse el video es a 194 MB/s.

Como el canal tiene un ancho de banda mínimo de 8 MBps, vemos que la velocidad está limitada por el protocolo TCP.

↓

8 MBps  
 8 MBps

+

b) ¿Qué ocurrirá cuando estén conectadas a la retransmisión las sedes E y D únicamente? ¿Cual es la máxima velocidad de vídeo que puede utilizarse para enviar correctamente a esas dos sedes?

La máxima velocidad a la que se podrá enviar el vídeo será la mínima entre  $v_1$  y  $v_2$ , siendo:

$$v_1(C-D) = \frac{64}{13} = 4'92 \text{ kB/s} = 4'92 \text{ MB/s}$$

$$v_2(C-E) = \frac{64}{38} = 1'64 \text{ MB/s}$$

⇒ Si se mandase a  $4'92 \text{ MB/s}$ , a la sede E no llegaría el vídeo en directo porque se estaría mandando a más velocidad de la que es capaz de recibir. (se almacenaría en el buffer de D y se iría enviando a la velocidad correspondiente).

~~✗~~  
✓

por que la minima? por el enlace f1 que pasa por los 2

c) Durante el evento se estará transmitiendo simultáneamente desde C al resto de sedes, para ello cada sede mantendrá su propia descarga sobre TCP desde el servidor principal. ¿Cual es la máxima velocidad de vídeo que podemos usar asegurándonos que puede llegar correctamente a todas las sedes?

~ Para llegar a A, B, F, G y E paso por D. Voy a comprobar los 8Mbps del enlace C-D es suficiente para mantener tantas conexiones.

$$v_{(C-A)} = \frac{64}{23} = 2'78 \text{ MB/s}$$

$$v_{(C-B)} = \frac{64}{38} = 1'66 \text{ MB/s}$$

en el enlace C-D tenemos:

- C-A + 2'78 MBps
- C-F + 2'78 MBps
- C-B + 1'66 MBps
- C-G + 2'06 MBps
- C-E + 1'64 MBps

11'32 MBps ⇒ no podemos

OJO QUE AUNQUE EL LIMITE SEA DIFERENTE EL VÍDEO SERIA DE UNA S.O.LA VELOCIDAD SE SUMA LA MINIMA

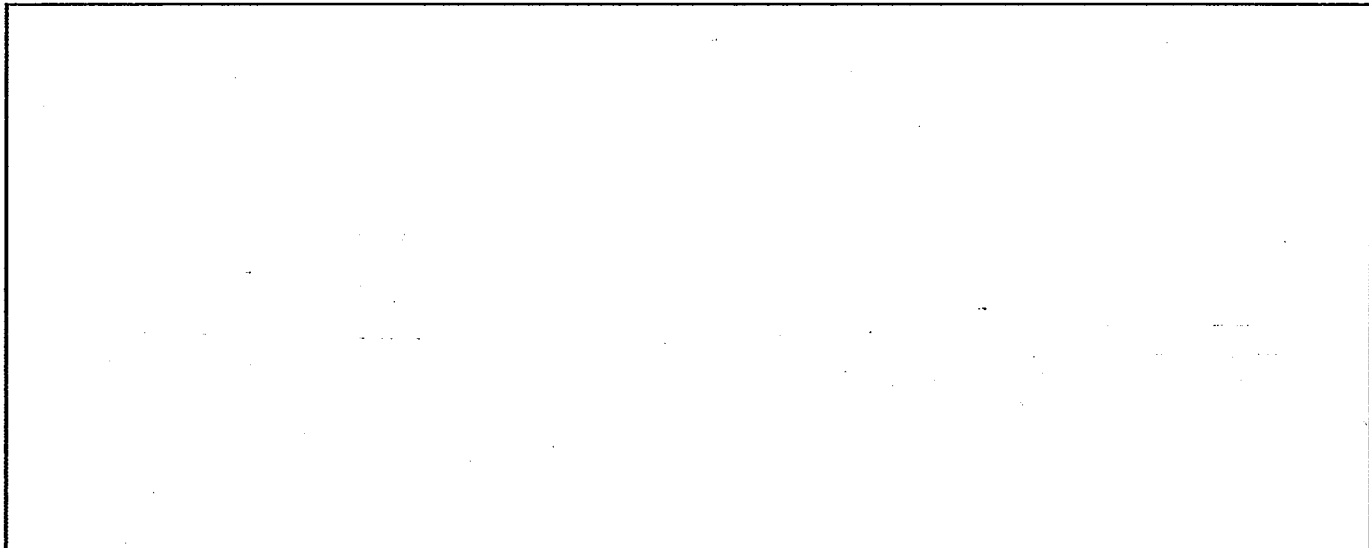
⇒ Si mando el vídeo a F directamente, y a G desde F (para que no me limite el ancho de banda en los otros envíos):

• La velocidad máxima es la mínima entre C-D-A-B-E ó C-F-G

$$v_1 = \frac{64}{38} = 1'64 \text{ MB/s}$$

$$v_2 = \frac{64}{38} = 1'68 \text{ MB/s}$$

f



d) Estime cual será la utilización del enlace entre C y D en cada dirección (C→D y D→C) durante la transmisión del evento.

Por el enlace C-D se mandan los vídeos que llegan a A. →

$$\begin{array}{l}
 V_{C-D} = \frac{64}{13} = 4.92 \text{ MB/s} \\
 V_{C-A} = \frac{64}{23} = 2.78 \text{ MB/s} \\
 V_{C-B} = \frac{64}{37} = 1.73 \text{ MB/s} \\
 V_{C-E} = \frac{64}{39} = 1.64 \text{ MB/s} \\
 \hline
 11.40 \text{ MB/s}
 \end{array}$$

Solo puedo mandar a los 2 para aprovechar el ancho de banda. 77 MB utilizados.

Los mandaría por F y G.

Una vez elegida la velocidad del vídeo todos envían su

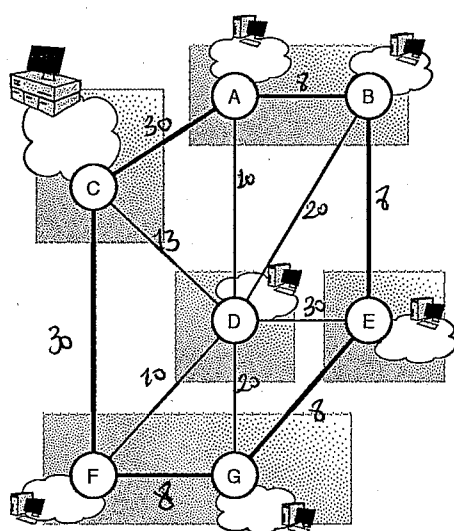
No dice nada del ancho de banda



## Parcial 2 de Redes 4º Ingeniería Informática,

Duración: 50 minutos. Se permiten libros y apuntes.

**Problema 1** Una organización tiene 7 sedes en 5 ciudades. La red de cada sede esta conectada a la red exterior a través de un router. Designaremos a cada sede y a su router exterior con las letras A a G. Las sedes están interconectadas mediante una malla de enlaces de red privada virtual contratados a un operador de telecomunicaciones. Se han contratado diferentes enlaces de 8Mbps y 10Mbps. Estos enlaces cursan el tráfico que se envía entre las sedes de la multinacional de forma segura cifrando todos los datos antes de enviarlos. Los routers de salida también tienen conexión al resto de internet para el tráfico que se intercambie con otros destinos fuera de la organización. Los enlaces contratados entre las sedes se monitorizan continuamente midiendo el retardo de entrega de los paquetes entre nodos de la organización. En la figura 1 se muestra la topología de la red y las características de los enlaces.



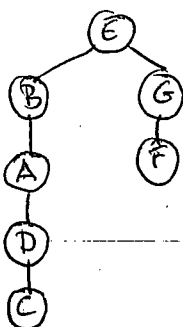
Enlace	BW contratado	retardo al atravesar el enlace
C-A	10Mbps	≈ 30ms
→A-B	10Mbps	≈ 8ms
→B-E	10Mbps	≈ 8ms
→C-D	8Mbps	≈ 13ms
→A-D	8Mbps	≈ 10ms
B-D	8Mbps	≈ 20ms
C-F	10Mbps	≈ 30ms
F-G	10Mbps	≈ 8ms
G-E	10Mbps	≈ 8ms
F-D	8Mbps	≈ 10ms
G-D	8Mbps	≈ 20ms
E-D	8Mbps	≈ 30ms

Figura 1: Red del problema

Para organizar el enrutamiento del tráfico interno de la organización se utiliza un algoritmo link-state que corre en cada uno de los routers exteriores. El protocolo es simple y cada router solo genera información cada 30 segundos. Se pretende minimizar el tiempo de propagación de los paquetes por lo que se consideran pesos proporcionales al RTT para el enrutamiento. Suponiendo que se pone a funcionar en todos los nodos en el mismo momento...

a) Dibuje el árbol de expansión que generará el algoritmo de enrutamiento con los caminos a todos los nodos desde el nodo E. ¿Qué camino de ida y de vuelta recorrerán los paquetes intercambiados entre los nodos C y E? ¿Cuanto tardará en llegar un paquete desde C hasta E?

T	L(A) camino (A)	L(B) camino (B)	L(C) camino (C)	L(D) camino (D)	L(F) camino (F)	L(G) camino (G)
{E}	∞ -	8 E-B	∞ -	30 E-D	∞ -	8 E-G
{E, B}	16 E-B-A	8 E-B	∞ -	28 E-B-D	∞ -	8 E-G
{E, B, G}	16 E-B-A	8 E-B	∞ -	28 E-B-D	16 E-G-F	8 E-G
{E, B, G, A}	16 E-B-A	8 E-B	46 E-B-A-C	26 E-B-A-D	16 E-G-F	8 E-G
{E, B, G, A, F}	16 E-B-A	8 E-B	46 E-B-A-C	26 E-B-A-D	16 E-G-F	8 E-G
{E, B, G, A, F, D}	16 E-B-A	8 E-B	39 E-B-A-D	26 E-B-A-D	16 E-G-F	8 E-G
{E, B, G, A, F, D, C}	16 E-B-A	8 E-B	39 E-B-A-D	26 E-B-A-D	16 E-G-F	8 E-G

Árbol de Expansión

- camino entre los nodos E-C

Irán por el camino más corto determinado por el algoritmo de Dijkstra que es E-B-A-D-C

- Desde C hasta E, un paquete tardará 39 ms



Una vez funcionando la red se pretende retransmitir un evento que tendrá lugar en la sede C al resto de las sedes para que pueda proyectarse en pantallas en cada sede de cada ciudad. La idea es enviar video de toda la calidad que se pueda. Se planea emitir el evento en directo y se usará un protocolo de envío de vídeo sobre TCP. Desde cada una de las sedes se realizará una única conexión al servidor de video en la red C para descargar el vídeo y reproducirlo conforme llega. La aplicación utilizará la mejor configuración posible de TCP con ventana de 64kB y MTU de 1460B. El video se estará generando en directo por lo que nunca puede transmitirse más rápido de la velocidad a la que se genera a la que llamaremos V Mbps. Esta velocidad de generación del video esta determinada por la calidad del video que generemos. Si suponemos que durante el evento la principal carga de la red vendrá dada por el tráfico de la retransmisión de video y no habrá prácticamente mas tráfico en la red de la organización... Queremos saber cual es la máxima calidad de vídeo (y por tanto V) que tiene sentido utilizar. Explique razonadamente

b) Si sólo está pidiendo el video la sede E ¿Cual es la máxima velocidad de vídeo que puede enviarse mediante este programa desde C hasta la sede E ?

$$W = 64 \text{ KB}$$

$$\text{MTU} = 1460 \text{ Bytes}$$

$$\text{Video} = V \text{ Mbps}$$

$$\text{RTT}_{C-E} = 39 \text{ ms}$$

Es el tiempo de IDA

$$\text{Throughput} = \frac{W}{\text{RTT}} = \frac{64 \text{ KB}}{39 \text{ ms}} = \frac{64000 \cdot 8}{0.039} \approx 13.12 \text{ Mbps} > C$$

Como la menor velocidad de los enlaces es 8Mbps,

no ~~podemos~~ para que se vea perfectamente, la máxima calidad de video no puede superar los 8Mbps.



b) ¿Qué ocurrirá cuando estén conectadas a la retransmisión las sedes E y D únicamente? ¿Cuál es la máxima velocidad de vídeo que puede utilizarse para enviar correctamente a esas dos sedes?

Si están conectadas E y D únicamente, sabemos que la capacidad del enlace C-D es 8 Mbps y el RTT = 33 ms

$$\text{Por lo tanto el throughput} = \frac{W}{RTT} = \frac{64 \text{ KB}}{0.033 \text{ s}} = \frac{64000 \cdot 8}{0.033} = 393 \text{ Mbps} > C = 8 \text{ Mbps}$$

~~Como 393 Mbps > 8 Mbps, por lo tanto queda limitado también por la capacidad del enlace.~~

Cuando estén conectadas a la retransmisión las sedes E y D únicamente, la máxima capacidad de los enlaces es 8 Mbps por lo que no se podrá superar esa velocidad, por lo que al ser 2 sedes pidiendo al mismo tiempo, la velocidad será la mitad  $8 \text{ Mbps} / 2 = 4 \text{ Mbps}$ . ✓

c) Durante el evento se estará transmitiendo simultáneamente desde C al resto de sedes, para ello cada sede mantendrá su propia descarga sobre TCP desde el servidor principal. ¿Cuál es la máxima velocidad de vídeo que podemos usar asegurándonos que puede llegar correctamente a todas las sedes?

Si transmite desde C a todas las sedes, en total 6, tendrá que repartir las velocidades.

~~Desde C a todas las sedes,~~

~~De C a D y E por el mismo enlace~~

~~De C a F y A~~

Como transmitirá ~~de C~~ por el mismo enlace, ya que es el camino más corto, la velocidad del enlace C-D se dividirá en 6, por lo que enviará a cada uno a una velocidad de  $\frac{8 \text{ Mbps}}{6} = 1.33 \text{ Mbps}$ . ✓

d) Estime cual será la utilización del enlace entre C y D en cada dirección (C→D y D→C) durante la transmisión del evento.

Todo el tráfico pasará por allí, debido a que es <sup>parte</sup> el camino más corto para ir a ~~cada~~ cada una de las sedes, por lo que ~~el tráfico~~ se usará en todas las conexiones a las sedes.

$$\text{La utilización} = \frac{\text{tiempo usado}}{\text{tiempo total}}$$

de cada sentido

## Parcial 2 de Redes 4º Ingeniería Informática,

Duración: 50 minutos. Se permiten libros y apuntes.

**Problema 1** Una organización tiene 7 sedes en 5 ciudades. La red de cada sede esta conectada a la red exterior a través de un router. Designaremos a cada sede y a su router exterior con las letras A a G. Las sedes están interconectadas mediante una malla de enlaces de red privada virtual contratados a un operador de telecomunicaciones. Se han contratado diferentes enlaces de 8Mbps y 10Mbps. Estos enlaces cursan el trafico que se envía entre las sedes de la multinacional de forma segura cifrando todos los datos antes de enviarlos. Los routers de salida tambien tienen conexión al resto de internet para el trafico que se intercambie con otros destinos fuera de la organización. Los enlaces contratados entre las sedes se monitorizan continuamente midiendo el retardo de entrega de los paquetes entre nodos de la organización. En la figura 1 se muestra la topología de la red y las características de los enlaces.

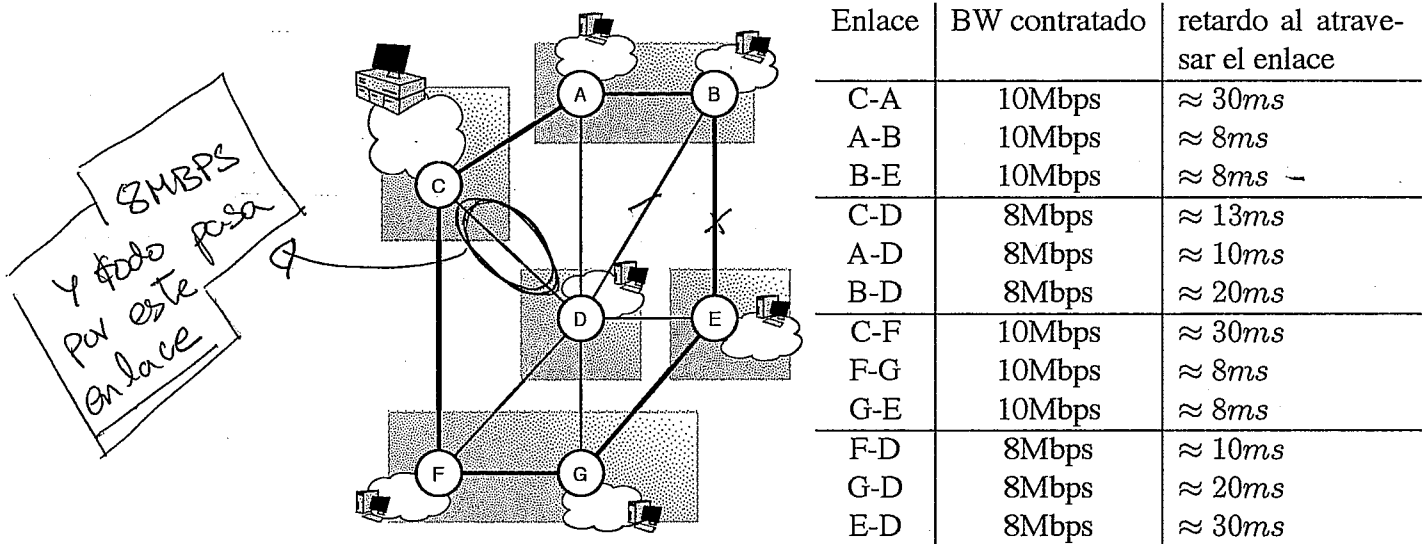


Figura 1: Red del problema

Para organizar el enrutamiento del trafico interno de la organización se utiliza un algoritmo link-state que corre en cada uno de los routers exteriores. El protocolo es simple y cada router solo genera información cada 30 segundos. Se pretende minimizar el tiempo de propagación de los paquetes por lo que se consideran pesos proporcionales al RTT para el enrutamiento. Suponiendo que se pone a funcionar en todos los nodos en el mismo momento...

Dibuje el árbol de expansion que generará el algoritmo de enrutamiento con los caminos a todos los nodos desde el nodo E. ¿Qué camino de ida y de vuelta recorreran los paquetes intercambiados entre los nodos C y E? ¿Cuanto tardará en llegar un paquete desde C hasta E?

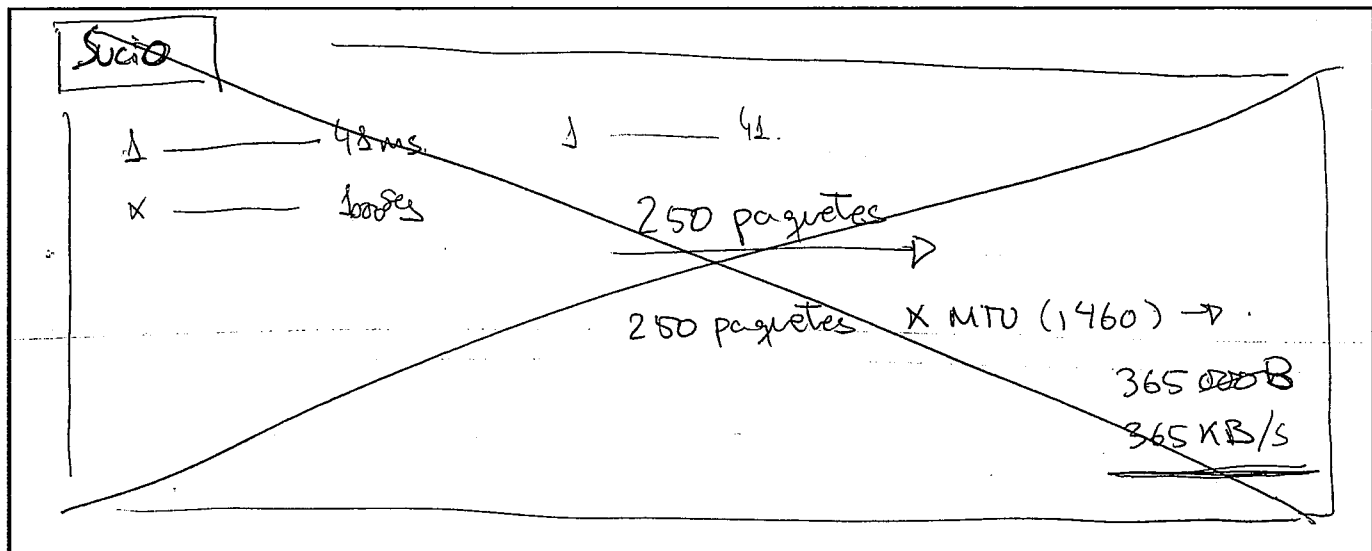
A)

B)  $E \rightarrow B \rightarrow D \rightarrow C$   
 $8ms \quad 20ms \quad 13ms$

C)  $8 + 20 + 13 \rightarrow \boxed{41ms}$

$E-B-A-D-C$  es de 39

✓-



Una vez funcionando la red se pretende retransmitir un evento que tendrá lugar en la sede C al resto de las sedes para que pueda proyectarse en pantallas en cada sede de cada ciudad. La idea es enviar vídeo de toda la calidad que se pueda. Se planea emitir el evento en directo y se usará un protocolo de envío de vídeo sobre TCP. Desde cada una de las sedes se realizará una única conexión al servidor de vídeo en la red C para descargar el vídeo y reproducirlo conforme llega. La aplicación utilizará la mejor configuración posible de TCP con ventana de 64kB y MTU de 1460B. El vídeo se estará generando en directo por lo que nunca puede transmitirse más rápido de la velocidad a la que se genera a la que llamaremos V Mbps. Esta velocidad de generación del vídeo está determinada por la calidad del vídeo que generemos. Si suponemos que durante el evento la principal carga de la red vendrá dada por el tráfico de la retransmisión de vídeo y no habrá prácticamente más tráfico en la red de la organización... Queremos saber cual es la máxima calidad de vídeo (y por tanto V) que tiene sentido utilizar. Explique razonadamente

b) Si sólo está pidiendo el vídeo la sede E ¿Cual es la máxima velocidad de vídeo que puede enviarse mediante este programa desde C hasta la sede E ?

$W = 64 \text{ KB}$       || Generación V mbps  
 $MTU = 1460 \text{ B}$

eso es el tiempo de RTT

El RTT entre C y E, es lo calculado en el ejercicio 1, y son 48ms

Sabemos que la ventana de congestión limita el ancho de banda debido a la calidad del protocolo, es decir, reenvíos de paquetes. Por tanto la calidad del vídeo vendrá dada por el máximo de bits posibles por segundo que podamos enviar.

$$Th = \frac{512 \text{ KB}}{0,041 \text{ seg}} = 12.487,80 \text{ Kb/s}$$

**12,5 Mbps** ✓

$W = 64 \text{ KB} \rightarrow 512 \text{ KB}$   
 $RTT = 48 \text{ ms} \rightarrow 0,041 \text{ seg}$

Como el enlace es de 8 Mbps la máxima es **8 mbps**

b) ¿Qué ocurrirá cuando estén conectadas a la retransmisión las sedes E y D únicamente? ¿Cual es la máxima velocidad de vídeo que puede utilizarse para enviar correctamente a esas dos sedes?

Como el RTT a D es menor, la calidad de vídeo nos saldría mejor. Sin embargo, si emitieramos el vídeo con esa calidad, a E no le llegaría a tiempo

→ A "E"

→ A "D"

$$Th = \frac{512 \text{ kb}}{0,043 \text{ seg}} = 12,5 \text{ mbps}$$

$$Th = \frac{512 \text{ kb}}{0,013 \text{ seg}} = \cancel{51,5 \text{ mbps}}$$

El canal es de 8 mbps

El canal es de 8 mbps

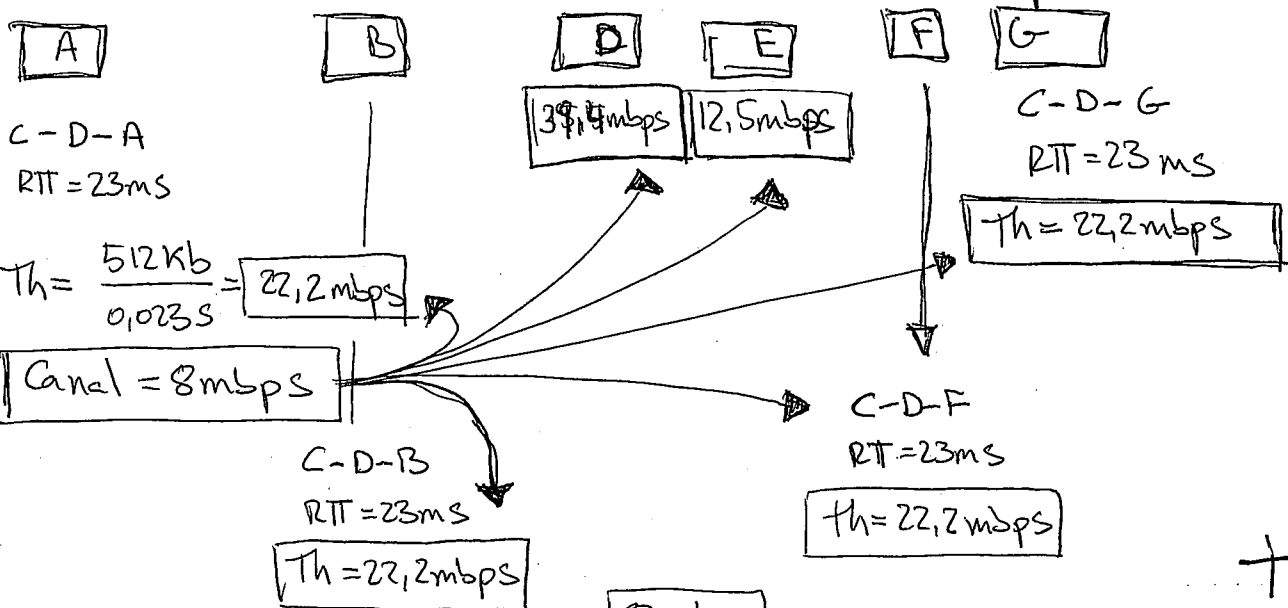
39,4 mbps

Para que se vea bien en ambos, tomaremos el mínimo entre ellos. En cualquier caso estoy limitado por el canal así que la máxima será 8 mbps ← y no importa cuan

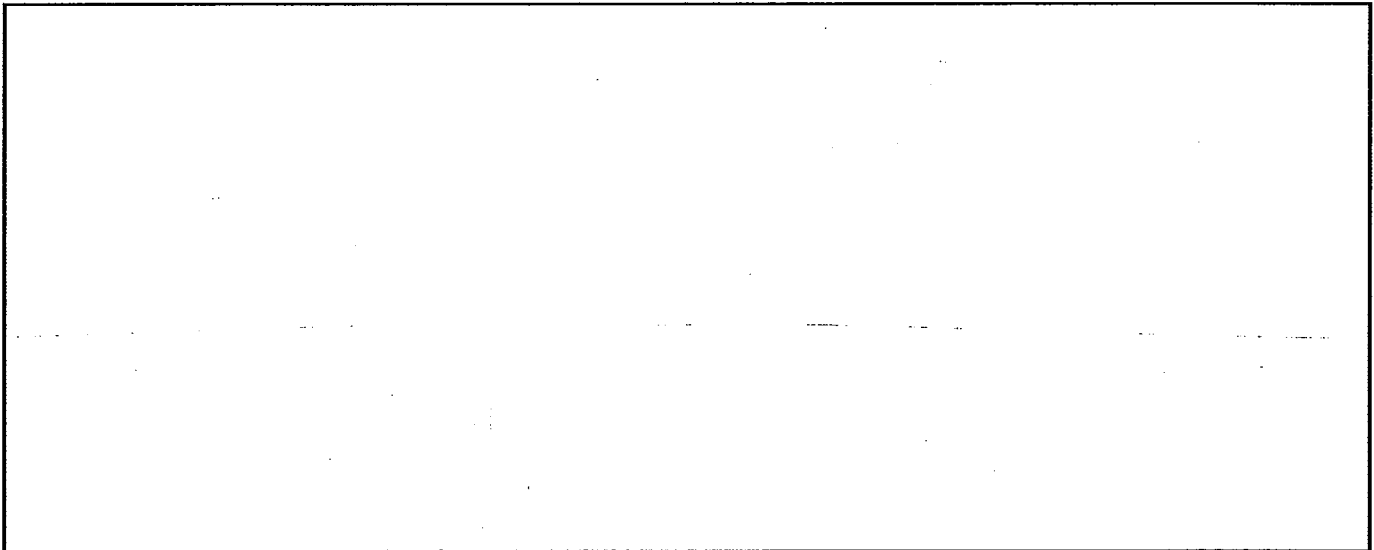
2 de 8 Mbps por un canal 8 Mbps

c) Durante el evento se estará transmitiendo simultáneamente desde C al resto de sedes, para ello cada sede mantendrá su propia descarga sobre TCP desde el servidor principal. ¿Cual es la máxima velocidad de vídeo que podemos usar asegurándonos que puede llegar correctamente a todas las sedes?

Hay que calcular la máxima tasa de vídeo a cada sede y de ahí, tomar el mínimo. → pero al final solo son 8 Mbps reportar



la mínima velocidad será 8 mbps y esta será la máxima calidad del vídeo, limitada por el canal.

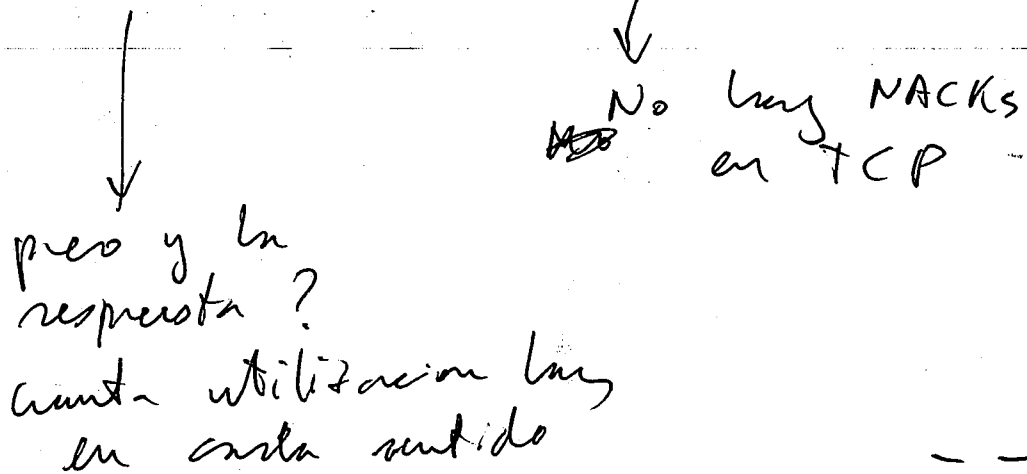


\*) Estime cual será la utilización del enlace entre C y D en cada dirección (C→D y D→C) durante la transmisión del evento.

Total: Todas las Comunicaciones pasan por este enlace es parte del camino más corto para llegar a todos los nodos.

El sentido D → C será en función de nuestra configuración ya que según el evento no hay información de retorno.

Contabilizaremos entonces los Ack y los Nack, que estimo altas por la cantidad de información viajando por el bus durante el evento. ¡La película tiene mucha calidad! y es normal que haya congestión y que haya paquetes que se pierdan.

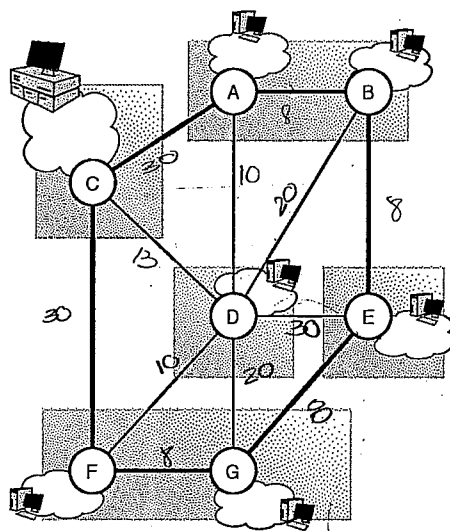




## Parcial 2 de Redes 4º Ingeniería Informática,

Duración: 50 minutos. Se permiten libros y apuntes.

**Problema 1** Una organización tiene 7 sedes en 5 ciudades. La red de cada sede esta conectada a la red exterior a través de un router. Designaremos a cada sede y a su router exterior con las letras A a G. Las sedes están interconectadas mediante una malla de enlaces de red privada virtual contratados a un operador de telecomunicaciones. Se han contratado diferentes enlaces de 8Mbps y 10Mbps. Estos enlaces cursan el tráfico que se envía entre las sedes de la multinacional de forma segura cifrando todos los datos antes de enviarlos. Los routers de salida también tienen conexión al resto de internet para el tráfico que se intercambie con otros destinos fuera de la organización. Los enlaces contratados entre las sedes se monitorizan continuamente midiendo el retardo de entrega de los paquetes entre nodos de la organización. En la figura 1 se muestra la topología de la red y las características de los enlaces.



Enlace	BW contratado	retardo al atravesar el enlace
C-A	10Mbps	≈ 30ms
A-B	10Mbps	≈ 8ms
B-E	10Mbps	≈ 8ms
C-D	8Mbps	≈ 13ms
A-D	8Mbps	≈ 10ms
B-D	8Mbps	≈ 20ms
C-F	10Mbps	≈ 30ms
F-G	10Mbps	≈ 8ms
G-E	10Mbps	≈ 8ms
F-D	8Mbps	≈ 10ms
G-D	8Mbps	≈ 20ms
E-D	8Mbps	≈ 30ms

Figura 1: Red del problema

Para organizar el enrutamiento del tráfico interno de la organización se utiliza un algoritmo link-state que corre en cada uno de los routers exteriores. El protocolo es simple y cada router solo genera información cada 30 segundos. Se pretende minimizar el tiempo de propagación de los paquetes por lo que se consideran pesos proporcionales al RTT para el enrutamiento. Suponiendo que se pone a funcionar en todos los nodos en el mismo momento...

a) Dibuje el árbol de expansión que generará el algoritmo de enrutamiento con los caminos a todos los nodos desde el nodo E. ¿Qué camino de ida y de vuelta recorrerán los paquetes intercambiados entre los nodos C y E? ¿Cuanto tardará en llegar un paquete desde C hasta E?

Utilizando Dijkstra calculamos los caminos mínimos.

	A	B	C	D	F	G
E	-∞	8 E-B	-∞	30 E-D	-∞	8 E-G
E-B	16 E-B-A	8 E-B	-∞	28 E-B-D	-∞	8 E-G
E-B-G	16 E-B-A	8 E-B	-∞	28 E-B-D	16 E-G-F	8 E-G
E-B-G-A	16 E-B-A	8 E-B	46 E-B-A-C	26 E-B-A-D	16 E-G-F	8 E-G
E-B-G-A-F	16 E-B-A	8 E-B	46 E-B-A-C	26 E-B-A-D	16 E-G-F	8 E-G
E-B-G-A-F-D	16 E-B-A	8 E-B	39 E-B-A-D-C	26 E-B-A-D	16 E-G-F	8 E-G
E-B-G-A-F-D-C	16 E-B-A	8 E-B	39 E-B-A-D-C	26 E-B-A-D	16 E-G-F	8 E-G

Árbol de expansión

camino de ida y vuelta por los nodos c y e

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

desde c hasta e tardará en llegar 39 ms

Una vez funcionando la red se pretende retransmitir un evento que tendrá lugar en la sede C al resto de las sedes para que pueda proyectarse en pantallas en cada sede de cada ciudad. La idea es enviar vídeo de toda la calidad que se pueda. Se planea emitir el evento en directo y se usará un protocolo de envío de vídeo sobre TCP. Desde cada una de las sedes se realizará una única conexión al servidor de vídeo en la red-C para descargar el vídeo y reproducirlo conforme llega. La aplicación utilizará la mejor configuración posible de TCP con ventana de 64kB y MTU de 1460B. El vídeo se estará generando en directo por lo que nunca puede transmitirse más rápido de la velocidad a la que se genera a la que llamaremos V Mbps. Esta velocidad de generación del vídeo está determinada por la calidad del vídeo que generemos. Si suponemos que durante el evento la principal carga de la red vendrá dada por el tráfico de la retransmisión de vídeo y no habrá prácticamente más tráfico en la red de la organización... Queremos saber cual es la máxima calidad de vídeo (y por tanto V) que tiene sentido utilizar. Explique razonadamente

b) Si sólo está pidiendo el vídeo la sede E ¿Cual es la máxima velocidad de vídeo que puede enviarse mediante este programa desde C hasta la sede E ?

~~El~~ El tiempo de enviar un paquete entre C y E es de 39 ms por tanto el RTT será  $(39 \times 2) \text{ ms} = 78 \text{ ms}$

$$V = \frac{w}{\text{RTT}} = \frac{64.8 \text{ Kb}}{0.078 \text{ s}} = 6.56410 \text{ Kbps}$$

Como los enlaces ~~entre~~ ~~entre~~ entre C y E tienen 8 Mbps o 10 Mbps no habrá limitación por el contrato.

Por tanto, la velocidad V que sería la máxima calidad del vídeo como máximo podría ser 6.56410 Kbps.

b) ¿Qué ocurrirá cuando estén conectadas a la retransmisión las sedes E y D únicamente? ¿Cual es la máxima velocidad de vídeo que puede utilizarse para enviar correctamente a esas dos sedes?

Si únicamente están conectadas las sedes E y D sólo se podrá utilizar el enlace e-D con un tiempo de retardo de ~~30ms~~ 30ms. ??? la conexión de D si pero la de E tiene un Sm 2 CONEXIONES DIFERENTES

$$RTT = 30 \times 2 \text{ms} = 60 \text{ms}$$

$$v = \frac{w}{RTT} = \frac{64.8 \text{ Kb}}{0.060 \text{ s}} = 8.533 \text{ Kbps}$$

Pero como la velocidad contratada para ese enlace es de 8 Mbps = 8000 Kbps.

La velocidad estará limitada por el contrato y por tanto la máxima velocidad será 8000 kbps.

c) Durante el evento se estará transmitiendo simultáneamente desde C al resto de sedes, para ello cada sede mantendrá su propia descarga sobre TCP desde el servidor principal. ¿Cual es la máxima velocidad de vídeo que podemos usar asegurándonos que puede llegar correctamente a todas las sedes?

El árbol de expansión de C será el siguiente:

calculamos el throughput a cada sede

$$th_D = \frac{64.8 \text{ Kb}}{(0.013 \times 2) \text{ s}} = 19.892 \text{ Kbps}$$

capacidad enlace 8000 Kbps. por tanto  $th_D = 8000 \text{ Kbps}$ .

$$th_A = \frac{64.8 \text{ Kb}}{(0.023 \times 2) \text{ s}} = 11.130 \text{ Kbps}$$

limitado por enlace  $th_A = 8000 \text{ Kbps}$

$$th_E = \frac{64.8 \text{ Kb}}{(0.039 \times 2) \text{ s}} = 6.564 \text{ Kbps}$$

$$th_B = \frac{64.8 \text{ Kb}}{(0.031 \times 2) \text{ s}} = 8.258 \text{ Kbps}$$

No limitado limitado 8000 Kbps.

$th_B = 8000 \text{ Kbps}$ .

$$th_F = \frac{64.8 \text{ Kb}}{0.048 \text{ s}} = 11.130 \text{ Kbps}$$

limitado 8000 Kbps

$th_F = 8000 \text{ Kbps}$

$$th_G = \frac{64.8 \text{ Kb}}{0.062 \text{ s}} = 8.258 \text{ Kbps}$$

limitado 8000 Kbps

velocidad máxima = ~~64.8 Kb~~ ~~8000 Kbps~~ suma de los throughputs pero esto limitado por la capacidad de no mínima que son ~~8000~~ 8000 Kbps

velocidad máxima será el mínimo throughput que es 6.564 Kbps

y como máximo  $6.5 \text{ Mbps} \times 6$  por el enlace C-D ?

d) Estime cual será la utilización del enlace entre C y D en cada dirección (C→D y D→C) durante la transmisión del evento.

Utilización del enlace C y D

~~Utilización del enlace~~ capacidad del enlace 8000 Kbps.

$$\text{Utilización} = \frac{\text{throughput}}{\text{capacidad}} = \frac{64.8 \text{ Kb}}{(0,013 \times 2) \text{ s}} = 19.692 \text{ Kbps}$$

centro de datos con 50 Kbps

pero como la capacidad del enlace son 8000 Kbps el throughput quedará limitado por 8000 Kbps.

$$\text{Utilización} = \frac{8000 \text{ kbps}}{8000 \text{ kbps}} \times 100 = 100\%$$

se estará utilizando el enlace a un 100%.

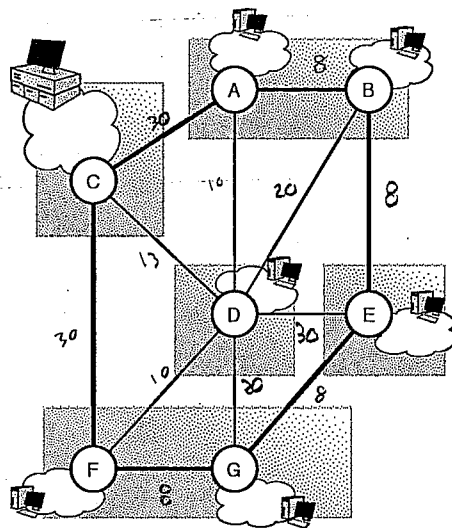
y en el otro sentido ?

+

## Parcial 2 de Redes 4º Ingeniería Informática,

Duración: 50 minutos. Se permiten libros y apuntes.

**Problema 1** Una organización tiene 7 sedes en 5 ciudades. La red de cada sede esta conectada a la red exterior a través de un router. Designaremos a cada sede y a su router exterior con las letras A a G. Las sedes están interconectadas mediante una malla de enlaces de red privada virtual contratados a un operador de telecomunicaciones. Se han contratado diferentes enlaces de 8Mbps y 10Mbps. Estos enlaces cursan el tráfico que se envía entre las sedes de la multinacional de forma segura cifrando todos los datos antes de enviarlos. Los routers de salida también tienen conexión al resto de internet para el tráfico que se intercambie con otros destinos fuera de la organización. Los enlaces contratados entre las sedes se monitorizan continuamente midiendo el retardo de entrega de los paquetes entre nodos de la organización. En la figura 1 se muestra la topología de la red y las características de los enlaces.



Enlace	BW contratado	retardo al atravesar el enlace
C-A	10Mbps	≈ 30ms
A-B	10Mbps	≈ 8ms
B-E	10Mbps	≈ 8ms
C-D	8Mbps	≈ 13ms
A-D	8Mbps	≈ 10ms
B-D	8Mbps	≈ 20ms
C-F	10Mbps	≈ 30ms
F-G	10Mbps	≈ 8ms
G-E	10Mbps	≈ 8ms
F-D	8Mbps	≈ 10ms
G-D	8Mbps	≈ 20ms
E-D	8Mbps	≈ 30ms

Figura 1: Red del problema

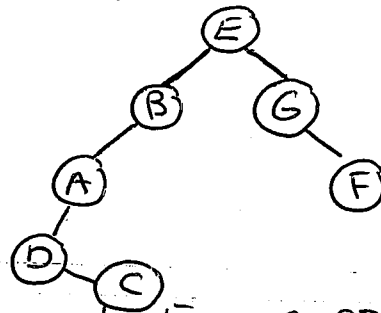
Para organizar el enrutamiento del tráfico interno de la organización se utiliza un algoritmo link-state que corre en cada uno de los routers exteriores. El protocolo es simple y cada router solo genera información cada 30 segundos. Se pretende minimizar el tiempo de propagación de los paquetes por lo que se consideran pesos proporcionales al RTT para el enrutamiento. Suponiendo que se pone a funcionar en todos los nodos en el mismo momento...

a) Dibuje el árbol de expansión que generará el algoritmo de enrutamiento con los caminos a todos los nodos desde el nodo E. ¿Qué camino de ida y de vuelta recorrerán los paquetes intercambiados entre los nodos C y E? ¿Cuanto tardará en llegar un paquete desde C hasta E?

Link-state → algoritmo Dijkstra.

Nº	T	L(A)	C(A)	L(B)	C(B)	L(C)	C(C)	L(D)	C(D)	L(E)	C(E)	L(F)	C(F)	L(G)	C(G)
1	{E}	∞		8	E-C	∞		30	E-D	∞		8	E-G		
2	{E, B}	16	E-B-A	8	E-C	∞		28	E-B-D	∞		8	E-G		
3	{E, B, G}	16	E-B-A	8	E-C	∞		28	E-B-D	16	E-G-F	8	E-G		
4	{A, B, E, G}	16	E-B-A	8	E-C	40	E-B-A-C	28	E-B-A-D	16	E-G-F	8	E-G		
5	{A, B, E, F, G}	16	E-B-A	8	E-C	40	E-B-A-C	26	E-B-A-D	16	E-G-F	8	E-G		
6	{A, B, D, E, F, G}	16	E-B-A	8	E-C	39	E-B-A-D-C	26	E-B-A-D	16	E-G-F	8	E-G		

Árbol de expansión de E:



El camino que recorrerá de E a C es: E-B-A-D-C

y un pequeño trazo 39 ms.



Una vez funcionando la red se pretende retransmitir un evento que tendrá lugar en la sede C al resto de las sedes para que pueda proyectarse en pantallas en cada sede de cada ciudad. La idea es enviar video de toda la calidad que se pueda. Se planea emitir el evento en directo y se usará un protocolo de envío de vídeo sobre TCP. Desde cada una de las sedes se realizará una única conexión al servidor de video en la red C para descargar el vídeo y reproducirlo conforme llega. La aplicación utilizará la mejor configuración posible de TCP con ventana de 64kB y MTU de 1460B. El video se estará generando en directo por lo que nunca puede transmitirse más rápido de la velocidad a la que se genera a la que llamaremos V Mbps. Esta velocidad de generación del video esta determinada por la calidad del video que generemos. Si suponemos que durante el evento la principal carga de la red vendrá dada por el tráfico de la retransmisión de video y no habrá prácticamente mas tráfico en la red de la organización... Queremos saber cual es la máxima calidad de vídeo (y por tanto V) que tiene sentido utilizar. Explique razonadamente

b) Si sólo está pidiendo el video la sede E ¿Cual es la máxima velocidad de vídeo que puede enviarse mediante este programa desde C hasta la sede E ?

$$\begin{aligned}
 * \text{ Velocidad máxima} &= \frac{64 \text{ kBytes}}{39 \text{ ms}} = \frac{64 \cdot 8 \cdot 10^3 \text{ bits}}{0.039 \text{ s}} = \\
 &= 13128.205 \text{ bits/s} = \underline{13.12 \text{ Mbps}}
 \end{aligned}$$

ojo IDA ≠ RTT

~~La máxima velocidad de vídeo que puede enviarse es 13.12 Mbps~~

La menor capacidad de los enlaces que se atraviesan en el camino E-B-A-D-C es de 8 Mbps. (conexión C-D).

Por lo tanto, la velocidad no la limita TCP, sino el canal, 8 Mbps.

La máxima velocidad de vídeo que puede enviarse es 8 Mbps.



b) ¿Qué ocurrirá cuando estén conectadas a la retransmisión las sedes E y D únicamente? ¿Cual es la máxima velocidad de vídeo que puede utilizarse para enviar correctamente a esas dos sedes?

Desde C a D: 13 ms RTT.

$$\text{velocidad máxima} = \frac{64 \text{ KB}}{13 \text{ ms}} = \frac{64 \cdot 8 \cdot 10^3 \text{ bits}}{0.013 \text{ s}} = 39384615 \text{ bits/s} = 39 \text{ Mbps}$$

Però nos limita la capacitat del enllaç que és 8 Mbps

Según mi árbol de expansión, para llegar de C a E pasa por D. Por lo tanto el canal D-C lo utiliza tanto E como D para la retransmisión del vídeo. Por lo tanto, en el mejor de los casos la máxima velocidad será de  $8/2 \text{ Mbps} = 4 \text{ Mbps}$  ✓

~~El escenario de conexión TCP...~~

c) Durante el evento se estará transmitiendo simultáneamente desde C al resto de sedes, para ello cada sede mantendrá su propia descarga sobre TCP desde el servidor principal. ¿Cual es la máxima velocidad de vídeo que podemos usar asegurándonos que puede llegar correctamente a todas las sedes?

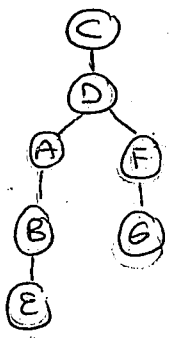
~~En el peor de los casos...~~

Arbol expansión de C:

Para transmitir a todas las sedes en el peor caso, para ir desde C al nodo más lejano, pasa por 4 nodos (incluido E).

Por lo tanto, el enlace C-D que es de 8 Mbps está soportando 4 conexiones. Además, también soporta las conexiones de F y G. Por lo tanto, 6 conexiones simultáneas.

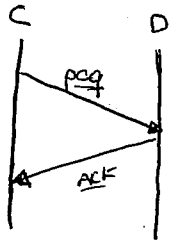
Ya hemos visto que la capacidad máxima de C-D es 8 Mbps / 6 = 1.33 Mbps ← máxima velocidad de vídeo



```

graph TD
    C((C)) --- D((D))
    D --- A((A))
    D --- F((F))
    A --- B((B))
    B --- E((E))
    F --- G((G))
    
```

d) Estime cual será la utilización del enlace entre C y D en cada dirección (C→D y D→C) durante la transmisión del evento.



En la dirección C → D la utilización

$$e = \frac{1'33 + 100}{8 \text{ Mbps}} = \underline{\underline{16'625\%}}$$

↑  
eso es contando  
solo 1 transmisión

En la dirección D → C :

+ Por cada paquete enviado recibes un ACK.

El máximo tamaño de paquete (MTU) es 1460 bytes.

El ACK tiene un tamaño aprox de 40 bytes (cabecera + cuerpo).

$$\frac{40 * 1'33}{1460} = \underline{\underline{0'036 \text{ Mbps}}}$$

La utilización D → C es:

$$\frac{0'036 + 100}{8 \text{ Mbps}} = \underline{\underline{0'450\%}}$$

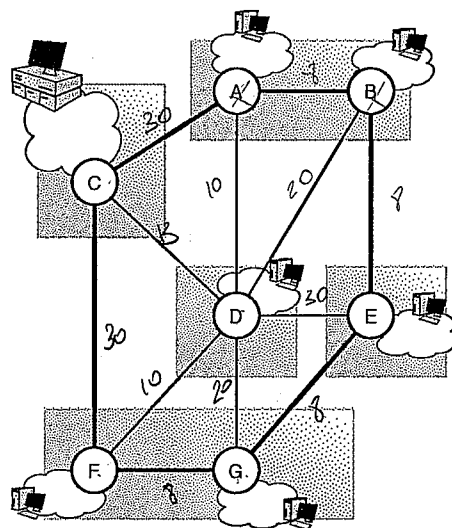
+



## Parcial 2 de Redes 4º Ingeniería Informática,

Duración: 50 minutos. Se permiten libros y apuntes.

**Problema 1** Una organización tiene 7 sedes en 5 ciudades. La red de cada sede esta conectada a la red exterior a través de un router. Designaremos a cada sede y a su router exterior con las letras A a G. Las sedes están interconectadas mediante una malla de enlaces de red privada virtual contratados a un operador de telecomunicaciones. Se han contratado diferentes enlaces de 8Mbps y 10Mbps. Estos enlaces cursan el trafico que se envía entre las sedes de la multinacional de forma segura cifrando todos los datos antes de enviarlos. Los routers de salida tambien tienen conexión al resto de internet para el trafico que se intercambie con otros destinos fuera de la organización. Los enlaces contratados entre las sedes se monitorizan continuamente midiendo el retardo de entrega de los paquetes entre nodos de la organización. En la figura 1 se muestra la topología de la red y las características de los enlaces.



Enlace	BW contratado	retardo al atravesar el enlace
C-A	10Mbps	≈ 30ms
A-B	10Mbps	≈ 8ms
B-E	10Mbps	≈ 8ms
C-D	8Mbps	≈ 13ms
A-D	8Mbps	≈ 10ms
B-D	8Mbps	≈ 20ms
C-F	10Mbps	≈ 30ms
F-G	10Mbps	≈ 8ms
G-E	10Mbps	≈ 8ms
F-D	8Mbps	≈ 10ms
G-D	8Mbps	≈ 20ms
E-D	8Mbps	≈ 30ms

Figura 1: Red del problema

Para organizar el enrutamiento del trafico interno de la organización se utiliza un algoritmo link-state que corre en cada uno de los routers exteriores. El protocolo es simple y cada router solo genera información cada 30 segundos. Se pretende minimizar el tiempo de propagación de los paquetes por lo que se consideran pesos proporcionales al RTT para el enrutamiento. Suponiendo que se pone a funcionar en todos los nodos en el mismo momento...

a) Dibuje el árbol de expansion que generará el algoritmo de enrutamiento con los caminos a todos los nodos desde el nodo E. ¿Qué camino de ida y de vuelta recorreran los paquetes intercambiados entre los nodos C y E? ¿Cuanto tardará en llegar un paquete desde C hasta E?

Si calculamos el camino desde el nodo E al resto de nodos obtenemos el siguiente árbol:  $E \rightarrow B \rightarrow A \rightarrow D \rightarrow G \rightarrow F \rightarrow C$  esto es el árbol

Entre C y E el camino va seguir será  $C \rightarrow D \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow E$

El tiempo que le costará llegar a un paquete desde C hasta E será el tiempo que le costará atravesar el camino por lo que

Realizamos la suma de los retardos entre los respectivos enlaces y vemos que le costará  $13+10+8+8 = \underline{\underline{39ms}}$



Una vez funcionando la red se pretende retransmitir un evento que tendrá lugar en la sede C al resto de las sedes para que pueda proyectarse en pantallas en cada sede de cada ciudad. La idea es enviar video de toda la calidad que se pueda. Se planea emitir el evento en directo y se usará un protocolo de envío de vídeo sobre TCP. Desde cada una de las sedes se realizará una única conexión al servidor de video en la red C para descargar el vídeo y reproducirlo conforme llega. La aplicación utilizará la mejor configuración posible de TCP con ventana de 64kB y MTU de 1460B. El video se estará generando en directo por lo que nunca puede transmitirse más rápido de la velocidad a la que se genera a la que llamaremos V Mbps. Esta velocidad de generación del video esta determinada por la calidad del video que generemos. Si suponemos que durante el evento la principal carga de la red vendrá dada por el tráfico de la retransmisión de video y no habrá prácticamente mas tráfico en la red de la organización... Queremos saber cual es la máxima calidad de vídeo (y por tanto V) que tiene sentido utilizar. Explique razonadamente

b) Si sólo está pidiendo el video la sede E ¿Cual es la máxima velocidad de vídeo que puede enviarse mediante este programa desde C hasta la sede E ?

Para realizar la conexión estamos utilizando el protocolo TCP por lo que la velocidad vendrá determinada por la ventana de dicho protocolo. No tiene sentido enviar a más calidad porque ésta está limitada por los 64kB de la ventana TCP y por tanto la reproducción del video no sería buena.

Para ir del nodo C hasta E vemos visto que tenemos que atravesar una serie de nodos diferentes que son D-A-B. la velocidad contratada mediante estos enlaces será la que nos limite la máxima velocidad de video que puede ser enviada sin que se produzcan cuellos de botella y de este modo obtener una buena reproducción. Vemos que entre C-D y D-A la velocidad es 8Mbps mientras

que entre A-B y B-E es 10Mbps. Por tanto, la velocidad máxima será 8Mbps. y el protocolo no influye para nada? -

b) ¿Qué ocurrirá cuando estén conectadas a la retransmisión las sedes E y D únicamente? ¿Cual es la máxima velocidad de vídeo que puede utilizarse para enviar correctamente a esas dos sedes?

$ventana\ TCP = 64KB = 512Kb$   
 $RTT = 30ms = 0.03s$

$$v = \frac{ventana\ TCP}{RTT} = \frac{512}{0.03} = 17066.67\ Kbps = \underline{\underline{17.06\ Mbps}}$$

la limitación vendrá impuesta por el ancho de banda contratado, en este caso 8Mbps

c) Durante el evento se estará transmitiendo simultáneamente desde C al resto de sedes, para ello cada sede mantendrá su propia descarga sobre TCP desde el servidor principal. ¿Cual es la máxima velocidad de vídeo que podemos usar asegurándonos que puede llegar correctamente a todas las sedes?

Calculamos la velocidad a la que llegaría a cada sede:

C-D:  $\frac{512}{0.013} = 39.38\ Mbps$

C-D:  $\frac{512}{0.03} = 17.06\ Mbps$

C-F →  $\frac{512}{0.03} = 17.06\ Mbps$

C-B →  $\frac{512}{0.031} = 16.52\ Mbps$

C-G:  $\frac{512}{0.031} = 16.52\ Mbps$

C → E:  $\frac{512}{0.039} = 13.12\ Mbps$

pero el video tenemos que elegir una velocidad cual?

la velocidad vendría limitada por el último enlace pero como excede del ancho de banda contratado será 8Mbps.

d) Estime cual será la utilización del enlace entre C y D en cada dirección (C→D y D→C) durante la transmisión del evento.

$$\text{Throughput} = \frac{512}{0'03} = 17'06 \text{ kbps} \rightarrow \frac{17'06}{256} = 6'67\%$$

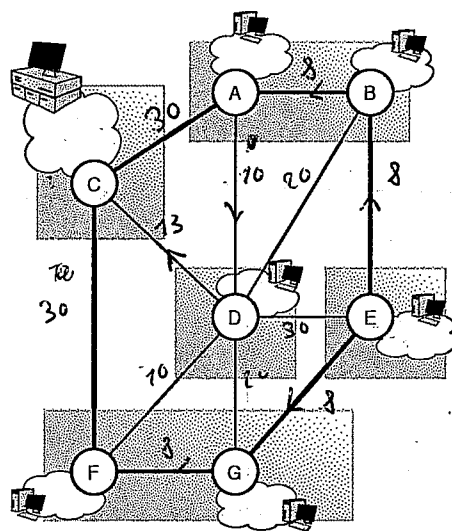
La utilización del enlace será del 6'67%

X

## Parcial 2 de Redes 4º Ingeniería Informática,

Duración: 50 minutos. Se permiten libros y apuntes.

**Problema 1** Una organización tiene 7 sedes en 5 ciudades. La red de cada sede esta conectada a la red exterior a través de un router. Designaremos a cada sede y a su router exterior con las letras A a G. Las sedes están interconectadas mediante una malla de enlaces de red privada virtual contratados a un operador de telecomunicaciones. Se han contratado diferentes enlaces de 8Mbps y 10Mbps. Estos enlaces cursan el tráfico que se envía entre las sedes de la multinacional de forma segura cifrando todos los datos antes de enviarlos. Los routers de salida también tienen conexión al resto de internet para el tráfico que se intercambie con otros destinos fuera de la organización. Los enlaces contratados entre las sedes se monitorizan continuamente midiendo el retardo de entrega de los paquetes entre nodos de la organización. En la figura 1 se muestra la topología de la red y las características de los enlaces.



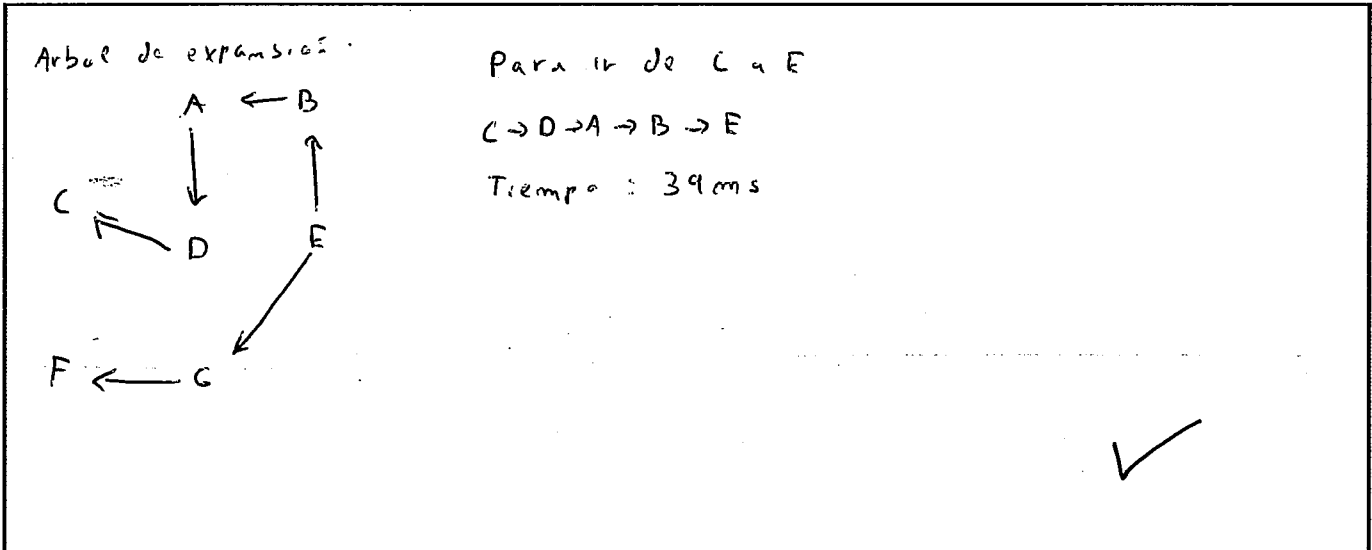
Enlace	BW contratado	retardo al atravesar el enlace
C-A	10Mbps	≈ 30ms
A-B	10Mbps	≈ 8ms
B-E	10Mbps	≈ 8ms
C-D	8Mbps	≈ 13ms
A-D	8Mbps	≈ 10ms
B-D	8Mbps	≈ 20ms
C-F	10Mbps	≈ 30ms
F-G	10Mbps	≈ 8ms
G-E	10Mbps	≈ 8ms
F-D	8Mbps	≈ 10ms
G-D	8Mbps	≈ 20ms
E-D	8Mbps	≈ 30ms

Figura 1: Red del problema

Para organizar el enrutamiento del tráfico interno de la organización se utiliza un algoritmo link-state que corre en cada uno de los routers exteriores. El protocolo es simple y cada router solo genera información cada 30 segundos. Se pretende minimizar el tiempo de propagación de los paquetes por lo que se consideran pesos proporcionales al RTT para el enrutamiento. Suponiendo que se pone a funcionar en todos los nodos en el mismo momento...

a) Dibuje el árbol de expansión que generará el algoritmo de enrutamiento con los caminos a todos los nodos desde el nodo E. ¿Qué camino de ida y de vuelta recorrerán los paquetes intercambiados entre los nodos C y E? ¿Cuanto tardará en llegar un paquete desde C hasta E?

T	A	B	C	D	F	G	T	A	B	C	D	F	G
E	-	1/E	-	1/E	-	1/E	E	-	3/E	-	30/E	-	3/E
E, B	2/B	1/E	-	1/E	-	1/E	E, B	1/B	3/E	-	23/B	-	3/E
E, B, D	2/B	1/E	2/D	1/E	2/D	1/E	E, B, D	1/B	3/E	4/D	28/B	38/D	3/E
...	...	...	...	...	...	...	E, B, D, A	1/B	3/E	4/D	26/A	34/D	3/E
...	...	...	...	...	...	...	E, B, D, A, C	1/B	3/E	4/D	26/A	34/D	3/E
A...C	2/B	1/E	2/D	1	...	...	E, B, D, A, C, F	1/B	3/E	39/D	24/A	16/G	3/E



Una vez funcionando la red se pretende retransmitir un evento que tendrá lugar en la sede C al resto de las sedes para que pueda proyectarse en pantallas en cada sede de cada ciudad. La idea es enviar video de toda la calidad que se pueda. Se planea emitir el evento en directo y se usará un protocolo de envío de vídeo sobre TCP. Desde cada una de las sedes se realizará una única conexión al servidor de video en la red C para descargar el vídeo y reproducirlo conforme llega. La aplicación utilizará la mejor configuración posible de TCP con ventana de 64kB y MTU de 1460B. El video se estará generando en directo por lo que nunca puede transmitirse más rápido de la velocidad a la que se genera a la que llamaremos V Mbps. Esta velocidad de generación del video esta determinada por la calidad del video que generemos. Si suponemos que durante el evento la principal carga de la red vendrá dada por el tráfico de la retransmisión de video y no habrá prácticamente mas tráfico en la red de la organización... Queremos saber cual es la máxima calidad de vídeo (y por tanto V) que tiene sentido utilizar. Explique razonadamente

b) Si sólo está pidiendo el video la sede E ¿Cual es la máxima velocidad de vídeo que puede enviarse mediante este programa desde C hasta la sede E ?

$$V = \frac{64 \text{ KB}}{39 \text{ ms}} = \frac{64 \text{ KB}}{39 \cdot 10^{-3}} = \frac{64 \cdot 8}{39} = 13,13 \text{ Mb o MB??}$$

como el ancho de Banda es 8 MB

la máxima velocidad de C a E sera ~~13,13 MB~~ ~~8 MB/s~~ ~~8 MB/s~~ 8 MB/s

b) ¿Qué ocurrirá cuando estén conectadas a la retransmisión las sedes E y D únicamente? ¿Cual es la máxima velocidad de vídeo que puede utilizarse para enviar correctamente a esas dos sedes?

$$V_D = \frac{64 \text{ KB}}{26 \text{ ms}} = \frac{64 \cdot 8 \cdot 10^3}{26} = 19.6 \text{ MB/s} \rightarrow 8 \text{ MB/s}$$

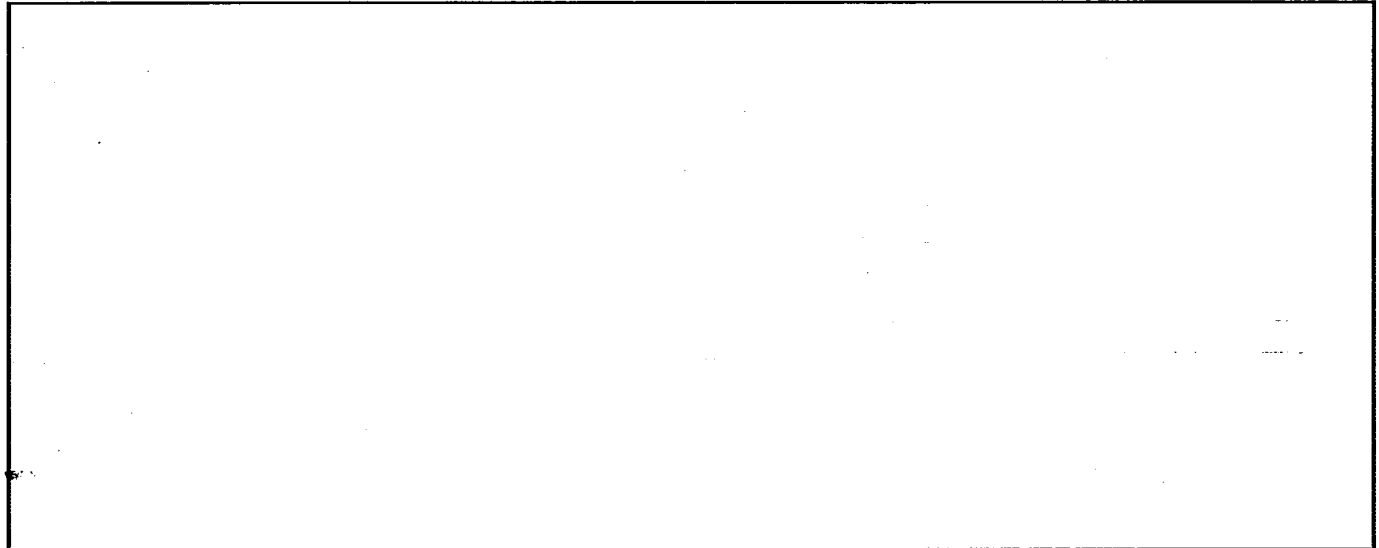
Entendiendo que al haber dos conexiones, tienen que repartirse el ancho de banda, la velocidad máxima sera  $8/2 = 4 \text{ MB/s}$

✓

c) Durante el evento se estará transmitiendo simultáneamente desde C al resto de sedes, para ello cada sede mantendrá su propia descarga sobre TCP desde el servidor principal. ¿Cual es la máxima velocidad de vídeo que podemos usar asegurándonos que puede llegar correctamente a todas las sedes?

En este caso habria que repartir entre todas las sedes  $\frac{8}{6} \text{ Mbs}$  ya que el retardo no es muy grande y el throughput viene determinada por el ancho de banda contratada

✓



d) Estime cual será la utilización del enlace entre C y D en cada dirección (C→D y D→C) durante la transmisión del evento.

El uso del enlace será  $\frac{8}{6}$  Mb a manera de conexiones  
como todas las conexiones pasan por él, será  $\frac{8}{6} \times 6$  es  
decir 8 Mbs, se utilizará al máximo

y en el otro sentido?

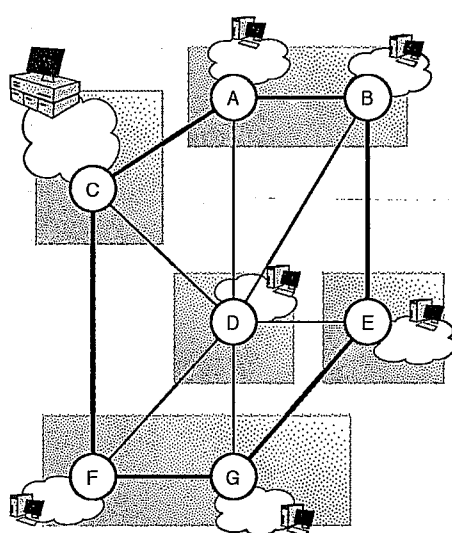
+



## Parcial 2 de Redes 4º Ingeniería Informática,

Duración: 50 minutos. Se permiten libros y apuntes.

**Problema 1** Una organización tiene 7 sedes en 5 ciudades. La red de cada sede esta conectada a la red exterior a través de un router. Designaremos a cada sede y a su router exterior con las letras A a G. Las sedes están interconectadas mediante una malla de enlaces de red privada virtual contratados a un operador de telecomunicaciones. Se han contratado diferentes enlaces de 8Mbps y 10Mbps. Estos enlaces cursan el tráfico que se envía entre las sedes de la multinacional de forma segura cifrando todos los datos antes de enviarlos. Los routers de salida también tienen conexión al resto de internet para el tráfico que se intercambie con otros destinos fuera de la organización. Los enlaces contratados entre las sedes se monitorizan continuamente midiendo el retardo de entrega de los paquetes entre nodos de la organización. En la figura 1 se muestra la topología de la red y las características de los enlaces.



Enlace	BW contratado	retardo al atravesar el enlace
C-A	10Mbps	≈ 30ms
A-B	10Mbps	≈ 8ms
B-E	10Mbps	≈ 8ms
C-D	8Mbps	≈ 13ms
A-D	8Mbps	≈ 10ms
B-D	8Mbps	≈ 20ms
C-F	10Mbps	≈ 30ms
F-G	10Mbps	≈ 8ms
G-E	10Mbps	≈ 8ms
F-D	8Mbps	≈ 10ms
G-D	8Mbps	≈ 20ms
E-D	8Mbps	≈ 30ms

Figura 1: Red del problema

Para organizar el enrutamiento del tráfico interno de la organización se utiliza un algoritmo link-state que corre en cada uno de los routers exteriores. El protocolo es simple y cada router solo genera información cada 30 segundos. Se pretende minimizar el tiempo de propagación de los paquetes por lo que se consideran pesos proporcionales al RTT para el enrutamiento. Suponiendo que se pone a funcionar en todos los nodos en el mismo momento...

a) Dibuje el árbol de expansión que generará el algoritmo de enrutamiento con los caminos a todos los nodos desde el nodo E. ¿Qué camino de ida y de vuelta recorrerán los paquetes intercambiados entre los nodos C y E? ¿Cuanto tardará en llegar un paquete desde C hasta E?

	A	B	C	D	E	F	G
1 D	10 D-A	20 D-E	30 D-C	0	30 D-E	10 D-F	20 D-G
2 D, A	10 D-A	18 A-A-B	33 D-C	0	30 D-E	10 D-F	20 D-G
3 D, A, B	10 D-A	18 D-A-B	13 D-C	0	26 D-A-B-E	10 D-F	20 D-G
4 D, A, B, C	10 D-A	18 D-A-B	13 D-C	0	26 D-A-B-E	10 D-F	20 D-G
5 D, A, B, C, F	10 D-A	18 D-A-B	13 D-C	0	26 D-A-B-E	10 D-F	18 D-F-G
6 D, A, B, C, F, G	10 D-A	18 D-A-B	13 D-C	0	26 D-A-B-E	10 D-F	18 D-F-G
7 D, A, B, C, F, G, E	10 D-A	18 D-A-B	13 D-C	0	26 D-A-B-E	10 D-F	18 D-F-G

Los paquetes entre C-E realizarán el camino C-D-A-B-E

C-D = 13ms  
D-A-B-E = 26ms  $\Rightarrow$  Los paquetes tardarán 39ms

es el árbol  
controlando en D  
me lo dijo  
al entregar!

✓

Una vez funcionando la red se pretende retransmitir un evento que tendrá lugar en la sede C al resto de las sedes para que pueda proyectarse en pantallas en cada sede de cada ciudad. La idea es enviar vídeo de toda la calidad que se pueda. Se planea emitir el evento en directo y se usará un protocolo de envío de vídeo sobre TCP. Desde cada una de las sedes se realizará una única conexión al servidor de vídeo en la red C para descargar el vídeo y reproducirlo conforme llega. La aplicación utilizará la mejor configuración posible de TCP con ventana de 64kB y MTU de 1460B. El vídeo se estará generando en directo por lo que nunca puede transmitirse más rápido de la velocidad a la que se genera a la que llamaremos V Mbps. Esta velocidad de generación del vídeo está determinada por la calidad del vídeo que generemos. Si suponemos que durante el evento la principal carga de la red vendrá dada por el tráfico de la retransmisión de vídeo y no habrá prácticamente más tráfico en la red de la organización... Queremos saber cual es la máxima calidad de vídeo (y por tanto V) que tiene sentido utilizar. Explique razonadamente

b) Si sólo está pidiendo el vídeo la sede E ¿Cual es la máxima velocidad de vídeo que puede enviarse mediante este programa desde C hasta la sede E ?

$w = 64 \text{ kB}$   
 $RTT_{C-E} = 39 \text{ ms}$   $\rightarrow$  esto es el retardo de ida no de RTT

$$\text{Throughput} = \frac{w}{RTT} = \frac{64 \cdot 10^3 \cdot 8}{39 \cdot 10^{-3}} = 13,128 \text{ Mbps}$$

Tenemos un throughput de 13,128 Mbps, pero el enlace entre C y D es de 8 Mbps, entre D y A de 8 Mbps y el resto es de 10 Mbps, por lo que la máxima calidad en este caso vendrá limitada por la velocidad del canal y en este caso serían 8 Mbps.

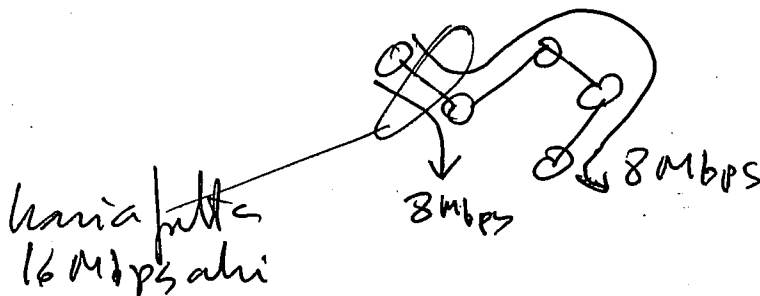
✓

b) ¿Qué ocurrirá cuando estén conectadas a la retransmisión las sedes E y D únicamente? ¿Cual es la máxima velocidad de vídeo que puede utilizarse para enviar correctamente a esas dos sedes?

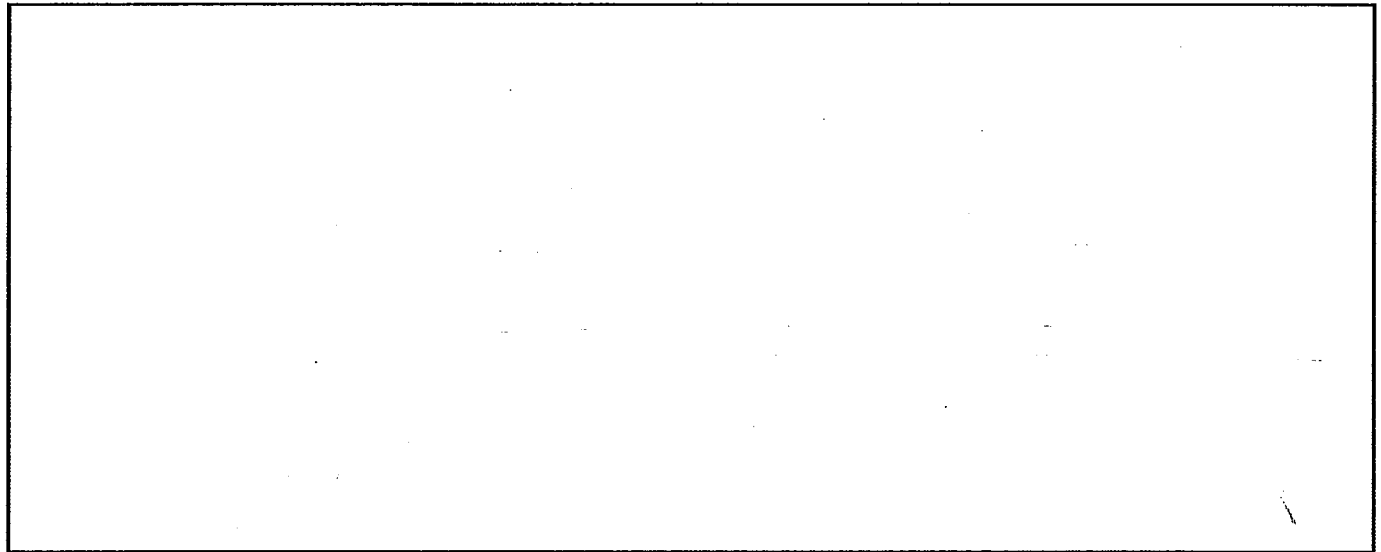
$$T_P = \frac{w}{RTT_{C \rightarrow D}} = \frac{64 \cdot 10^3 \cdot 8}{13 \cdot 10^{-3}} = 39,38 \text{ Mbps} > C_{\text{enlace}} = 8 \text{ Mbps}$$

La velocidad para ir a las dos sedes será la del canal ya que el throughput sigue siendo mayor.

pero las dos conexiones van por el mismo enlace = computer 8 Mbps



c) Durante el evento se estará transmitiendo simultáneamente desde C al resto de sedes, para ello cada sede mantendrá su propia descarga sobre TCP desde el servidor principal. ¿Cual es la máxima velocidad de vídeo que podemos usar asegurándonos que puede llegar correctamente a todas las sedes?



d) Estime cual será la utilización del enlace entre C y D en cada dirección (C→D y D→C) durante la transmisión del evento.

Puesto que en este enlace tenemos un throughput de 39,38 Mbps y su capacidad es de 8 Mbps y estamos transmitiendo el video a la velocidad del canal, su utilización sera del 100 %

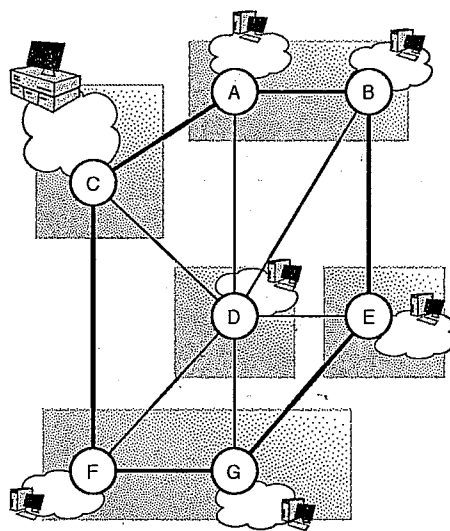
y en dirección D→C ? <sup>OK</sup>

+

## Parcial 2 de Redes 4º Ingeniería Informática,

Duración: 50 minutos. Se permiten libros y apuntes.

**Problema 1** Una organización tiene 7 sedes en 5 ciudades. La red de cada sede esta conectada a la red exterior a través de un router. Designaremos a cada sede y a su router exterior con las letras A a G. Las sedes están interconectadas mediante una malla de enlaces de red privada virtual contratados a un operador de telecomunicaciones. Se han contratado diferentes enlaces de 8Mbps y 10Mbps. Estos enlaces cursan el tráfico que se envía entre las sedes de la multinacional de forma segura cifrando todos los datos antes de enviarlos. Los routers de salida también tienen conexión al resto de internet para el tráfico que se intercambie con otros destinos fuera de la organización. Los enlaces contratados entre las sedes se monitorizan continuamente midiendo el retardo de entrega de los paquetes entre nodos de la organización. En la figura 1 se muestra la topología de la red y las características de los enlaces.



Enlace	BW contratado	retardo al atravesar el enlace
C-A	10Mbps	≈ 30ms
A-B	10Mbps	≈ 8ms
B-E	10Mbps	≈ 8ms
C-D	8Mbps	≈ 13ms
A-D	8Mbps	≈ 10ms
B-D	8Mbps	≈ 20ms
C-F	10Mbps	≈ 30ms
F-G	10Mbps	≈ 8ms
G-E	10Mbps	≈ 8ms
F-D	8Mbps	≈ 10ms
G-D	8Mbps	≈ 20ms
E-D	8Mbps	≈ 30ms

Figura 1: Red del problema

Para organizar el enrutamiento del tráfico interno de la organización se utiliza un algoritmo link-state que corre en cada uno de los routers exteriores. El protocolo es simple y cada router solo genera información cada 30 segundos. Se pretende minimizar el tiempo de propagación de los paquetes por lo que se consideran pesos proporcionales al RTT para el enrutamiento. Suponiendo que se pone a funcionar en todos los nodos en el mismo momento...

a) Dibuje el árbol de expansión que generará el algoritmo de enrutamiento con los caminos a todos los nodos desde el nodo E. ¿Qué camino de ida y de vuelta recorrerán los paquetes intercambiados entre los nodos C y E? ¿Cuanto tardará en llegar un paquete desde C hasta E?

ÁRBOL DE EXPANSIÓN

```

graph TD
    E --- B
    E --- D
    E --- G
    B --- A
    D --- C
    D --- F
            
```

Dijkstra :

T	A	B	C	D	F	G
E	∞	1, E	∞	1, E	∞	1, E
E, B	2, B	1, E	∞	1, E	∞	1, E
E, B, D	2, B	1, E	2, D	1, E	2, D	1, E
E, B, D, G	2, B	1, E	2, D	1, E	2, D	1, E

Camino de ida entre C y E → C, D, E  
 Camino de vuelta entre C y E → E, D, C

Los pesos siempre que sea el retardo

Tiempo paquete de C a E:  $\frac{13\text{ ms} + 30\text{ ms}}{2} = 21,5\text{ ms}$

↓ porque la media?

Una vez funcionando la red se pretende retransmitir un evento que tendrá lugar en la sede C al resto de las sedes para que pueda proyectarse en pantallas en cada sede de cada ciudad. La idea es enviar video de toda la calidad que se pueda. Se planea emitir el evento en directo y se usará un protocolo de envío de vídeo sobre TCP. Desde cada una de las sedes se realizará una única conexión al servidor de video en la red C para descargar el vídeo y reproducirlo conforme llega. La aplicación utilizará la mejor configuración posible de TCP con ventana de 64kB y MTU de 1460B. El video se estará generando en directo por lo que nunca puede transmitirse más rápido de la velocidad a la que se genera a la que llamaremos V Mbps. Esta velocidad de generación del video esta determinada por la calidad del video que generemos. Si suponemos que durante el evento la principal carga de la red vendrá dada por el tráfico de la retransmisión de video y no habrá prácticamente mas tráfico en la red de la organización... Queremos saber cual es la máxima calidad de vídeo (y por tanto V) que tiene sentido utilizar. Explique razonadamente

b) Si sólo está pidiendo el video la sede E ¿Cual es la máxima velocidad de vídeo que puede enviarse mediante este programa desde C hasta la sede E ?

Ventana TCP de 64KB  
MTU de 1460B

Camino: E-D-C

De E a D: 
$$\text{Velocidad máxima (ventana TCP)} = \frac{\text{Tam. ventana}}{\text{RTT}} = \frac{64\text{ KB}}{30\text{ ms}} = \frac{512\text{ Kb}}{0,030\text{ s}} = 17066\text{ Kbps} > 8\text{ Mbps}$$

Vel. máxima E-D =  $\min(17066\text{ Kbps}, 8\text{ Mbps}) = 8\text{ Mbps}$

De D a C: 
$$\text{Vel. máx} = \frac{64\text{ KB}}{13\text{ ms}} = \frac{512\text{ Kb}}{0,013\text{ s}} = 39384\text{ Kbps} > 8\text{ Mbps}$$

Vel. máxima D-C =  $\min(39384\text{ Kbps}, 8\text{ Mbps}) = 8\text{ Mbps}$

Hay 1 conexión TCP no 2

Vel. máxima de vídeo = 8Mbps

b) ¿Qué ocurrirá cuando estén conectadas a la retransmisión las sedes E y D únicamente? ¿Cual es la máxima velocidad de vídeo que puede utilizarse para enviar correctamente a esas dos sedes?

~~La máxima velocidad será:~~

Como se ve en el apartado anterior, la ventana TCP no limita la velocidad, y por tanto, se puede utilizar toda la contratada.

Cuando estén ambas sedes conectadas, comparten el enlace D-C, por tanto, la máxima velocidad ahí sería de 8Mbps para las 2 conexiones, y de 8Mbps en el enlace D-E para una de dichas conexiones.

$$\text{Vel. máx} = \frac{8\text{Mbps}}{2}$$



c) Durante el evento se estará transmitiendo simultáneamente desde C al resto de sedes, para ello cada sede mantendrá su propia descarga sobre TCP desde el servidor principal. ¿Cual es la máxima velocidad de vídeo que podemos usar asegurándonos que puede llegar correctamente a todas las sedes?

Siguiendo el planteamiento anterior, la velocidad se calcularía con las siguientes reglas:

De (C) a (A) : enlace con 2 conexiones TCP (C-A y C-B)

De (C) a (D) : enlace con 3 conexiones TCP (C-D, C-E y C-G)

De (C) a (F) : enlace con 1 conexión TCP (C-F)

De (A) a (B) : 1 conex

De (D) a (E) : " "

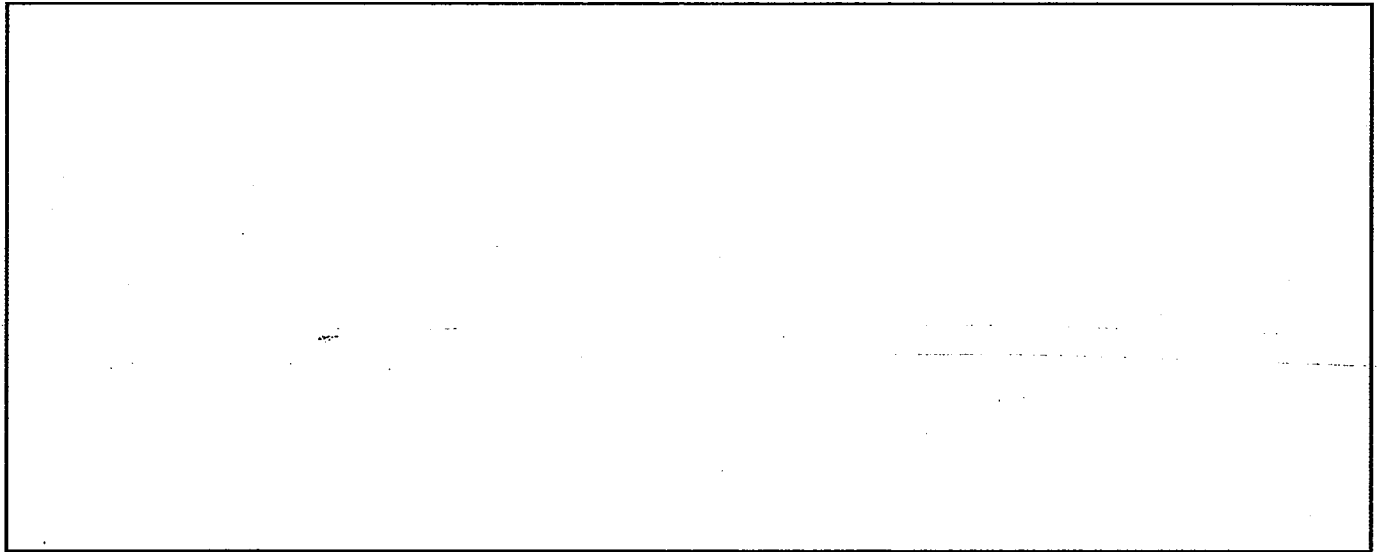
De (D) a (G) : " "

Vel. máxima = mínima de las anteriores  $\Rightarrow$  la del enlace C-D :

$$\frac{8\text{Mbps}}{3}$$

3





d) Estime cual será la utilización del enlace entre C y D en cada dirección (C→D y D→C) durante la transmisión del evento.

$$\text{Utilización} = \frac{\text{Throughput}}{\text{capacidad}} = \frac{8\text{Mbps}}{8\text{Mbps}} = 1 \Rightarrow \boxed{100\%}$$

y en el sentido D → C ?

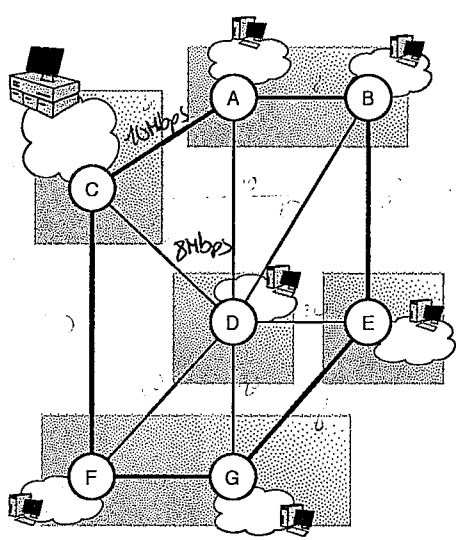
+



### Parcial 2 de Redes 4º Ingeniería Informática,

Duración: 50 minutos. Se permiten libros y apuntes.

**Problema 1** Una organización tiene 7 sedes en 5 ciudades. La red de cada sede esta conectada a la red exterior a través de un router. Designaremos a cada sede y a su router exterior con las letras A a G. Las sedes están interconectadas mediante una malla de enlaces de red privada virtual contratados a un operador de telecomunicaciones. Se han contratado diferentes enlaces de 8Mbps-10Mbps. Estos enlaces cursan el trafico que se envía entre las sedes de la multinacional de forma segura cifrando todos los datos antes de enviarlos. Los routers de salida tambien tienen conexión al resto de internet para el trafico que se intercambia con otros destinos fuera de la organización. Los enlaces contratados entre las sedes se monitorizan continuamente midiendo el retardo de entrega de los paquetes entre nodos de la organizacion. En la figura 1 se muestra la topología de la red y las características de los enlaces.

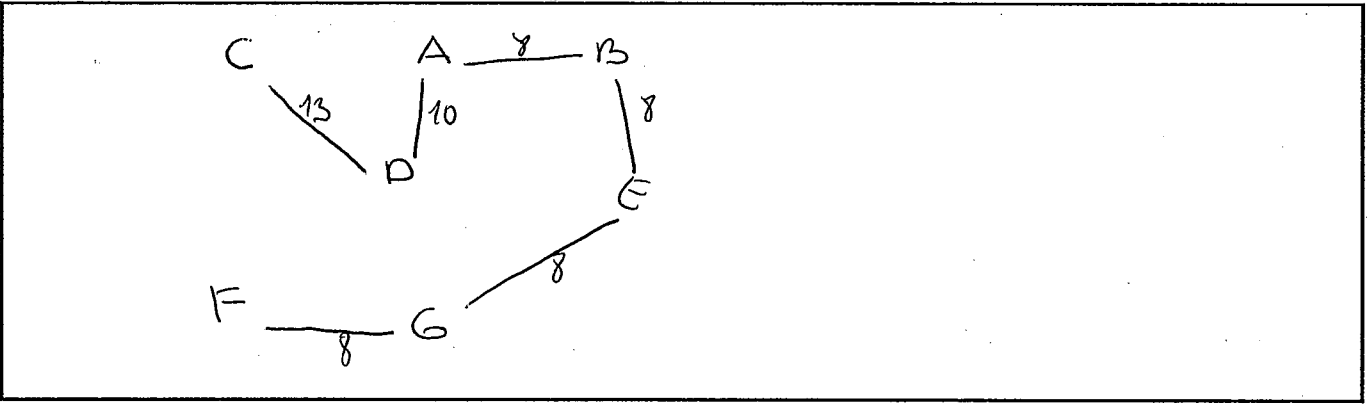


Enlace	BW contratado	retardo al atravesar el enlace
C-A	10Mbps	≈ 30ms
A-B	10Mbps	≈ 8ms
B-E	10Mbps	≈ 8ms
C-D	8Mbps	≈ 13ms
A-D	8Mbps	≈ 10ms
B-D	8Mbps	≈ 20ms
C-F	10Mbps	≈ 30ms
F-G	10Mbps	≈ 8ms
G-E	10Mbps	≈ 8ms
F-D	8Mbps	≈ 10ms
G-D	8Mbps	≈ 20ms
E-D	8Mbps	≈ 30ms

Figura 1: Red del problema

Para organizar el enrutamiento del trafico interno de la organización se utiliza un algoritmo link-state que corre en cada uno de los routers exteriores. El protocolo es simple y cada router solo genera información cada 30 segundos. Se pretende minimizar el tiempo de propagación de los paquetes por lo que se consideran pesos proporcionales al RTT para el enrutamiento. Suponiendo que se pone a funcionar en todos los nodos en el mismo momento...

a) Dibuje el árbol de expansion que generará el algoritmo de enrutamiento con los caminos a todos los nodos desde el nodo E. ¿Qué camino de ida y de vuelta recorreran los paquetes intercambiados entre los nodos C y E? ¿Cuanto tardará en llegar un paquete desde C hasta E?



Desde E a C el camino es:  $E \rightarrow B \rightarrow A \rightarrow D \rightarrow C$   
 y el de vuelta  $C \rightarrow D \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow E$

También la suma de los retardos entre los enlaces

$$E-B = 8 \text{ ms}$$

$$B-A = 8 \text{ ms}$$

$$A-D = 10 \text{ ms}$$

$$D-C = 13 \text{ ms}$$

$$8 + 8 + 10 + 13 = \boxed{39 \text{ ms}}$$



Una vez funcionando la red se pretende retransmitir un evento que tendrá lugar en la sede C al resto de las sedes para que pueda proyectarse en pantallas en cada sede de cada ciudad. La idea es enviar video de toda la calidad que se pueda. Se planea emitir el evento en directo y se usará un protocolo de envío de vídeo sobre TCP. Desde cada una de las sedes se realizará una única conexión al servidor de video en la red C para descargar el vídeo y reproducirlo conforme llega. La aplicación utilizará la mejor configuración posible de TCP con ventana de 64kB y MTU de 1460B. El video se estará generando en directo por lo que nunca puede transmitirse más rápido de la velocidad a la que se genera a la que llamaremos V Mbps. Esta velocidad de generación del video esta determinada por la calidad del video que generemos. Si suponemos que durante el evento la principal carga de la red vendrá dada por el tráfico de la retransmisión de video y no habrá prácticamente mas tráfico en la red de la organización... Queremos saber cual es la máxima calidad de vídeo (y por tanto V) que tiene sentido utilizar. Explique razonadamente

b) Si sólo está pidiendo el video la sede E ¿Cual es la máxima velocidad de vídeo que puede enviarse mediante este programa desde C hasta la sede E ?

$$\text{Ventana} = 64 \text{ kB}$$

Un paquete desde C hasta E se ha calculado que tarda 39ms.  
 El RTT (Round Trip Time) será el tiempo de ida y vuelta  $+ 39 + 39 = \underline{78 \text{ ms}}$

Sabemos que se cumple la siguiente fórmula

$$v = \frac{\text{tam ventana}}{\text{RTT}} = \frac{64 \text{ kB}}{78 \text{ ms}} = 0.82 \text{ kB/ms} = 6.56 \text{ kb/ms} =$$

$$= \underline{65644 \text{ kbps}} = \underline{6.56 \text{ Mbps}}$$



La máxima velocidad de video será 6.56 Mbps ya que tenemos todo el canal para la retransmisión y es un valor mayor que el ancho de banda contratado.

b) ¿Qué ocurrirá cuando estén conectadas a la retransmisión las sedes E y D únicamente? ¿Cual es la máxima velocidad de vídeo que puede utilizarse para enviar correctamente a esas dos sedes?

Hay que calcular primero la velocidad posible en cada enlace

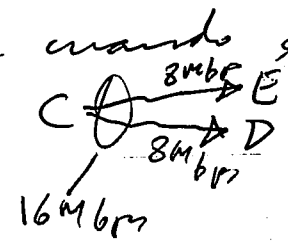
$V_E = 6'56 \text{ Mbps}$  calculado en apartado anterior

$V_D = \frac{\text{tamaño}}{\text{RTT}} = \frac{6 \text{ MB}}{13 \text{ ms}} = 39'38 \text{ kb/ms} = 39'38 \text{ Mbps}$  *falta el x 2*

En este caso estará limitado por el ancho de banda  $\rightarrow 8 \text{ Mbps} = V_D$

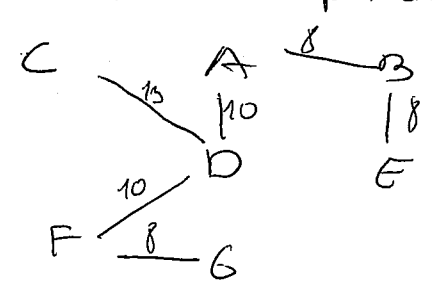
La limitación total será el mínimo entre la velocidad posible en los enlaces y la velocidad del canal.  $\Rightarrow 6'56 \text{ Mbps}$

pero que para cuando estén los dos a la vez



c) Durante el evento se estará transmitiendo simultáneamente desde C al resto de sedes, para ello cada sede mantendrá su propia descarga sobre TCP desde el servidor principal. ¿Cual es la máxima velocidad de vídeo que podemos usar asegurándonos que puede llegar correctamente a todas las sedes?

El árbol de expansión desde C es:



El nodo más alejado sigue siendo E, con un RTT de 78ms. Por eso, si queremos que llegue en directo y al mismo tiempo a todas las nodos, será E quien limite la velocidad. Se ha calculado que su velocidad es 6'56 Mbps, así que esa será la velocidad máxima del vídeo

pero en el enlace  $C \rightarrow D$  están todos

6 cas

d) Estime cual será la utilización del enlace entre C y D en cada dirección (C→D y D→C) durante la transmisión del evento.

El enlace entre C y D trae un ancho de banda contratado de 8 Mbps. Durante la transmisión del evento estamos enviando desde C a D un flujo continuo de 6'56 Mbps, por lo que la utilización es:

$$\frac{6'56 \text{ Mbps}}{8 \text{ Mbps}} = 0'82 = \boxed{82\%}$$

Un 82% de utilización del enlace C→D.

A 'C' no le están mandando datos, solo llegarán confirmaciones (ACK) de los paquetes que envía, que serán de 40 bytes (suma de cabeceras), por lo que la utilización en ese sentido puede considerarse prácticamente nula.

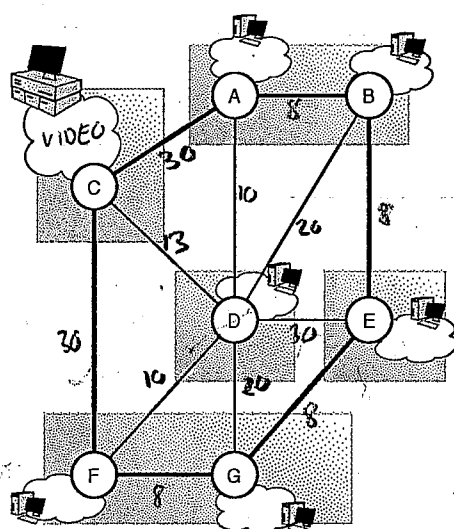
no, puedes calcularlo?

✓-

## Parcial 2 de Redes 4º Ingeniería Informática,

Duración: 50 minutos. Se permiten libros y apuntes.

**Problema 1** Una organización tiene 7 sedes en 5 ciudades. La red de cada sede esta conectada a la red exterior a través de un router. Designaremos a cada sede y a su router exterior con las letras A a G. Las sedes están interconectadas mediante una malla de enlaces de red privada virtual contratados a un operador de telecomunicaciones. Se han contratado diferentes enlaces de 8Mbps y 10Mbps. Estos enlaces cursan el tráfico que se envía entre las sedes de la multinacional de forma segura cifrando todos los datos antes de enviarlos. Los routers de salida tambien tienen conexión al resto de internet para el tráfico que se intercambie con otros destinos fuera de la organización. Los enlaces contratados entre las sedes se monitorizan continuamente midiendo el retardo de entrega de los paquetes entre nodos de la organización. En la figura 1 se muestra la topología de la red y las características de los enlaces.



Enlace	BW contratado	retardo al atravesar el enlace
C-A	10Mbps	≈ 30ms
A-B	10Mbps	≈ 8ms
B-E	10Mbps	≈ 8ms
C-D	8Mbps	≈ 13ms
A-D	8Mbps	≈ 10ms
B-D	8Mbps	≈ 20ms
C-F	10Mbps	≈ 30ms
F-G	10Mbps	≈ 8ms
G-E	10Mbps	≈ 8ms
F-D	8Mbps	≈ 10ms
G-D	8Mbps	≈ 20ms
E-D	8Mbps	≈ 30ms

Figura 1: Red del problema

Para organizar el enrutamiento del tráfico interno de la organización se utiliza un algoritmo link-state que corre en cada uno de los routers exteriores. El protocolo es simple y cada router solo genera información cada 30 segundos. Se pretende minimizar el tiempo de propagación de los paquetes por lo que se consideran pesos proporcionales al RTT para el enrutamiento. Suponiendo que se pone a funcionar en todos los nodos en el mismo momento...

a) Dibuje el árbol de expansion que generará el algoritmo de enrutamiento con los caminos a todos los nodos desde el nodo E. ¿Qué camino de ida y de vuelta recorreran los paquetes intercambiados entre los nodos C y E? ¿Cuanto tardará en llegar un paquete desde C hasta E?

Nº	T	L(A) Camino	L(B) Camino	L(C) Camino	L(D) Camino	L(E) Camino	L(F) Camino	L(G) Camino
1	E	30 C-A	00	00	13 C-D	00	30 C-F	00
2	C, D	23 C, D, A	33 C-D-E	0	13 C-D	43 C-D-E	23 C-D-F	33 C-D-G
3	C, D, A	23 C-D-A	33 C-D-E	0	13 C-D	43 C-D-E	23 C-D-F	33 C-D-G
4	C, D, A, B	23 C-D-A	33 C-D-E	0	13 C-D	43 C-D-E	23 C-D-F	33 C-D-G
5	C, D, A	23 C-D-A	31 C-D-G	0	13 C-D	39 C-D-B	23 C-D-F	31 C-D-F-G

Y la respuesta?

V -

Una vez funcionando la red se pretende retransmitir un evento que tendrá lugar en la sede C al resto de las sedes para que pueda proyectarse en pantallas en cada sede de cada ciudad. La idea es enviar video de toda la calidad que se pueda. Se planea emitir el evento en directo y se usará un protocolo de envío de vídeo sobre TCP. Desde cada una de las sedes se realizará una única conexión al servidor de video en la red C para descargar el vídeo y reproducirlo conforme llega. La aplicación utilizará la mejor configuración posible de TCP con ventana de 64kB y MTU de 1460B. El video se estará generando en directo por lo que nunca puede transmitirse más rápido de la velocidad a la que se genera a la que llamaremos V Mbps. Esta velocidad de generación del video esta determinada por la calidad del video que generemos. Si suponemos que durante el evento la principal carga de la red vendrá dada por el tráfico de la retransmisión de video y no habrá prácticamente mas tráfico en la red de la organización... Queremos saber cual es la máxima calidad de vídeo (y por tanto V) que tiene sentido utilizar. Explique razonadamente

b) Si sólo está pidiendo el video la sede E ¿Cual es la máxima velocidad de vídeo que puede enviarse mediante este programa desde C hasta la sede E ?

Velocidad generada = V Mbps

Debe usarse  $V =$  mínima velocidad de todos los solicitantes para que no produzca más video del que el receptor pueda aguantar.

El camino que sigue un paquete entre C y E es C-D-A-B por lo que la capacidad de bajada es la mínima de ellos = 8 Mbps

el RTT calculado de  $C-D = 13 + D-A = 10 + A-B = 8 + B-E = 8$

= 39 ms

asi que nos da una velocidad de

$$v = \frac{84 \text{ kB}}{\frac{39}{1000}} = 1691 \text{ kBps} = 13.1 \text{ Mbps}$$

que es mayor que 8

esto es un RTT

asi que nos quedamos con 8 Mbps

✓ -

b) ¿Qué ocurrirá cuando estén conectadas a la retransmisión las sedes E y D únicamente? ¿Cual es la máxima velocidad de vídeo que puede utilizarse para enviar correctamente a esas dos sedes?

[Empty space for handwritten answer to question b)]

c) Durante el evento se estará transmitiendo simultáneamente desde C al resto de sedes, para ello cada sede mantendrá su propia descarga sobre TCP desde el servidor principal. ¿Cual es la máxima velocidad de vídeo que podemos usar asegurándonos que puede llegar correctamente a todas las sedes?

Para esto debemos calcular la velocidad de transmisión de todos los puntos y quedarnos con el menor de todos.

Calcularemos la velocidad como  $v = \frac{64 \text{ KB}}{\text{RTT}}$  siendo RTT el valor devuelto por el sistema.

$$V_{C-A} = \frac{64}{23/1000} =$$

$$V_{C-B} = \frac{64}{11/1000} =$$

$$V_{C-D} = \frac{64}{13/1000} =$$

$$V_{C-E} = \frac{64}{39/1000} =$$

$$V_{C-F} = \frac{64}{23/1000} =$$

$$V_{C-G} = \frac{64}{31/1000} =$$

observo que esta será la menor por ser el mayor RTT

Cómo lo he calculado antes este enlace aguanta 8 Mbps aunque TCP nos ofrece 13 Mbps pero como varias conexiones en los mismos 8 Mbps

d) Estime cual será la utilización del enlace entre C y D en cada dirección ( $C \rightarrow D$  y  $D \rightarrow C$ ) durante la transmisión del evento.

Utilización de  $C \rightarrow D$  y  $D \rightarrow C$

Del enlace  $D \rightarrow C$  tiene 8 Mbps de capacidad máxima y se está usando dicho valor de transmisión así que está usando el 100%  $\rightarrow$  es de  $C \rightarrow D$

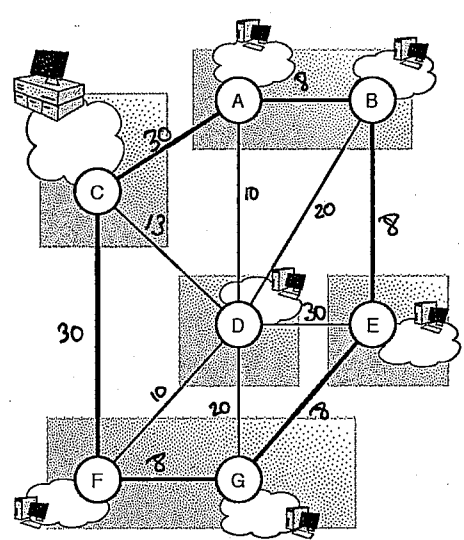
y de  $C \rightarrow D$  ?



## Parcial 2 de Redes 4º Ingeniería Informática,

Duración: 50 minutos. Se permiten libros y apuntes.

**Problema 1** Una organización tiene 7 sedes en 5 ciudades. La red de cada sede esta conectada a la red exterior a través de un router. Designaremos a cada sede y a su router exterior con las letras A a G. Las sedes están interconectadas mediante una malla de enlaces de red privada virtual contratados a un operador de telecomunicaciones. Se han contratado diferentes enlaces de 8Mbps y 10Mbps. Estos enlaces cursan el trafico que se envía entre las sedes de la multinacional de forma segura cifrando todos los datos antes de enviarlos. Los routers de salida tambien tienen conexión al resto de internet para el trafico que se intercambie con otros destinos fuera de la organización. Los enlaces contratados entre las sedes se monitorizan continuamente midiendo el retardo de entrega de los paquetes entre nodos de la organizacion. En la figura 1 se muestra la topología de la red y las características de los enlaces.



Enlace	BW contratado	retardo al atravesar el enlace
C-A	10Mbps	≈ 30ms
A-B	10Mbps	≈ 8ms
B-E	10Mbps	≈ 8ms
C-D	8Mbps	≈ 13ms
A-D	8Mbps	≈ 10ms
B-D	8Mbps	≈ 20ms
C-F	10Mbps	≈ 30ms
F-G	10Mbps	≈ 8ms
G-E	10Mbps	≈ 8ms
F-D	8Mbps	≈ 10ms
G-D	8Mbps	≈ 20ms
E-D	8Mbps	≈ 30ms

Figura 1: Red del problema


Para organizar el enrutamiento del trafico interno de la organización se utiliza un algoritmo link-state que corre en cada uno de los routers exteriores. El protocolo es simple y cada router solo genera información cada 30 segundos. Se pretende minimizar el tiempo de propagación de los paquetes por lo que se consideran pesos proporcionales al RTT para el enrutamiento. Suponiendo que se pone a funcionar en todos los nodos en el mismo momento...

a) Dibuje el árbol de expansión que generará el algoritmo de enrutamiento con los caminos a todos los nodos desde el nodo E. ¿Qué camino de ida y de vuelta recorreran los paquetes intercambiados entre los nodos C y E? ¿Cuanto tardará en llegar un paquete desde C hasta E?

Link State → Dijkstra

N:	T	d(A)	d(B)	d(C)	d(D)	d(F)	d(G)
1	{E}	∞	8 E-B	∞	∞	∞	∞
2	{E, B}	∞	8 E-B	∞	∞	∞	8 E-G
3	{E, B, G}	16 {E, B, A}	8 E-B	∞	∞	∞	8 E-G
4	{E, B, G, A}	16 E-B-A	8 E-B	∞	26 E-G-F-D	16 E-G-F	8 E-G
5	{E, B, G, A, F}	16 E-B-A	8 E-B	39 E-G-F-D-C	26 E-G-F-D	16 E-G-F	8 E-G
6	{E, B, G, A, F, D}	16 E-B-A	8 E-B				8 E-G

Un paquete mandado desde C tardará en llegar 39 ms al nodo E.



Una vez funcionando la red se pretende retransmitir un evento que tendrá lugar en la sede C al resto de las sedes para que pueda proyectarse en pantallas en cada sede de cada ciudad. La idea es enviar video de toda la calidad que se pueda. Se planea emitir el evento en directo y se usará un protocolo de envío de vídeo sobre TCP. Desde cada una de las sedes se realizará una única conexión al servidor de video en la red C para descargar el vídeo y reproducirlo conforme llega. La aplicación utilizará la mejor configuración posible de TCP con ventana de 64kB y MTU de 1460B. El video se estará generando en directo por lo que nunca puede transmitirse más rápido de la velocidad a la que se genera a la que llamaremos V Mbps. Esta velocidad de generación del video esta determinada por la calidad del video que generemos. Si suponemos que durante el evento la principal carga de la red vendrá dada por el tráfico de la retransmisión de video y no habrá prácticamente mas tráfico en la red de la organización... Queremos saber cual es la máxima calidad de vídeo (y por tanto V) que tiene sentido utilizar. Explique razonadamente

b) Si sólo está pidiendo el video la sede E ¿Cual es la máxima velocidad de vídeo que puede enviarse mediante este programa desde C hasta la sede E ?

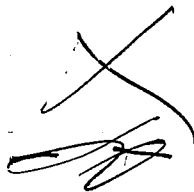
$R_{TT} = 39ms \cdot 2 \text{ (Ida y Vuelta)} = 78ms$  .  $MTU = 1460B = 11680B$  Ventana  $64KB = 512KB$   
 Primero elegimos el tamaño de ventana paquete:  
 $Throughput = \frac{\text{Ventana}}{R_{TT}} = \frac{64KB}{78ms} = \frac{512KB}{78ms} = 6564b < MTU$  **ERROR DE CONECT**  
 No +, con = unidades. Nos quedamos con este tamaño de ventana.  
 Es lo tanto la velocidad máxima que alcanzará será  $\approx 512KB/s \rightarrow 512Kbps$

b) ¿Qué ocurrirá cuando estén conectadas a la retransmisión las sedes E y D únicamente? ¿Cual es la máxima velocidad de vídeo que puede utilizarse para enviar correctamente a esas dos sedes?

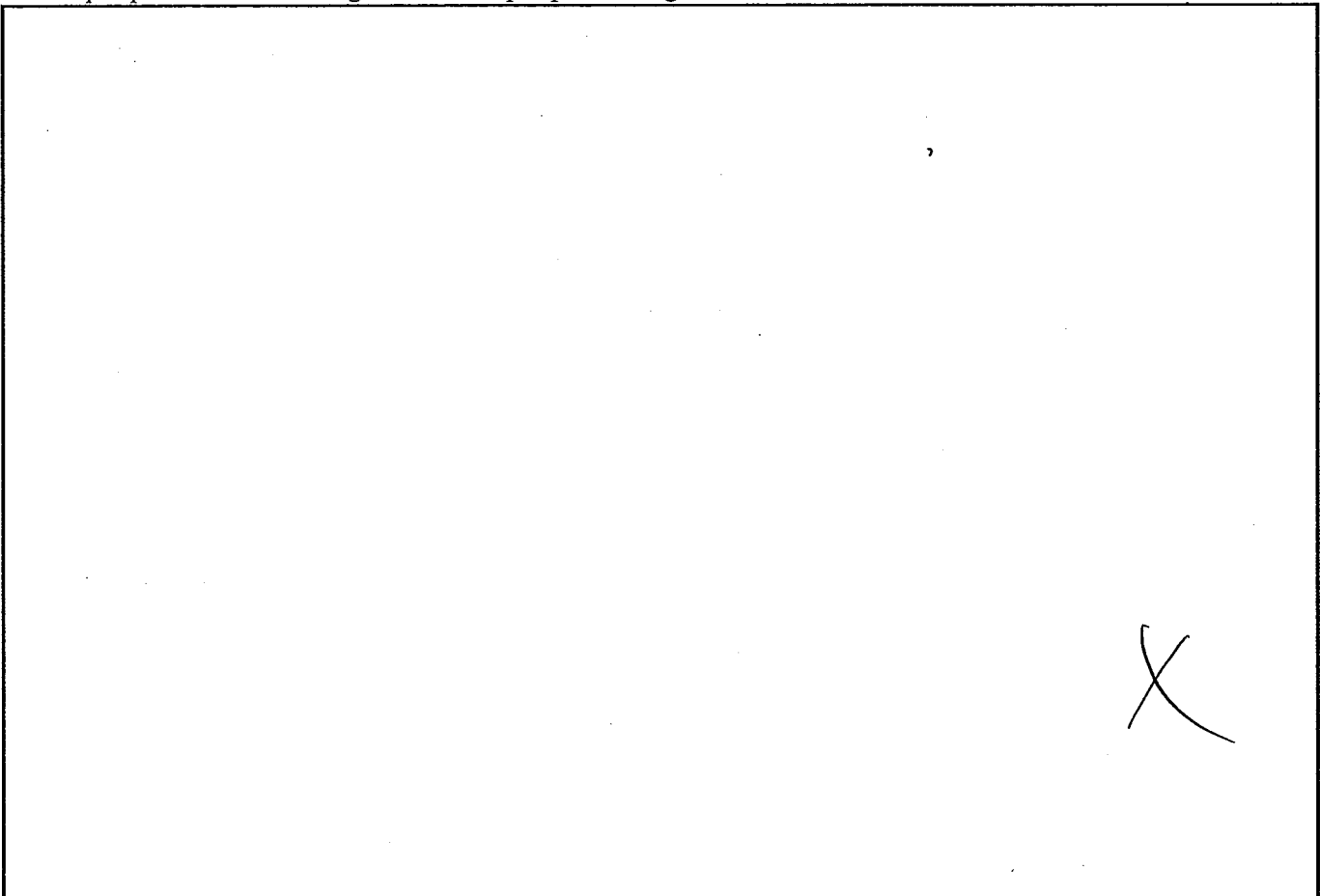

$R_{TT} = B_{ms} \cdot 2 = 26 \text{ ms}$      $MTU = 11680 \text{ b}$      $ventana = 64 \text{ KB} = 512 \text{ Kb}$   
 Necesitamos el tamaño del paquete  

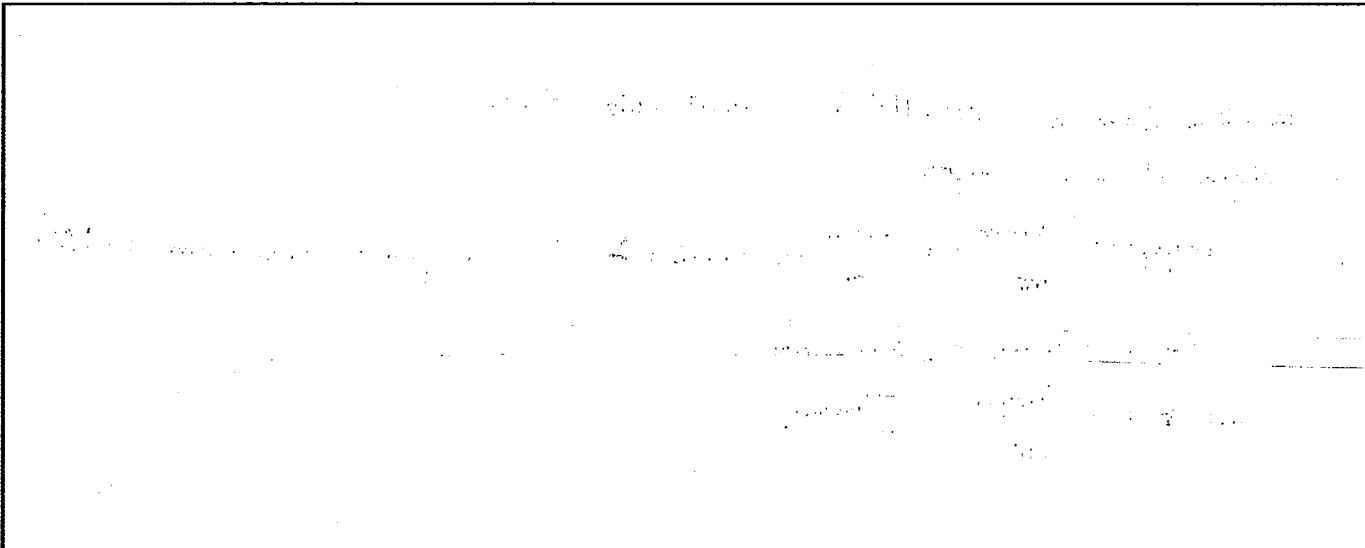
$$\text{Throughput} = \frac{T_{ventana}}{R_{TT}} = \frac{512 \text{ Kb}}{26} = 19692 \text{ b} \Rightarrow MTU$$
 Nos quedamos con el tamaño de MTU  
 Calculamos el tamaño de ventana máximo  

$$11680 \text{ b} = \frac{T_{ventana}}{R_{TT}} = \frac{T_{ventana}}{26}$$

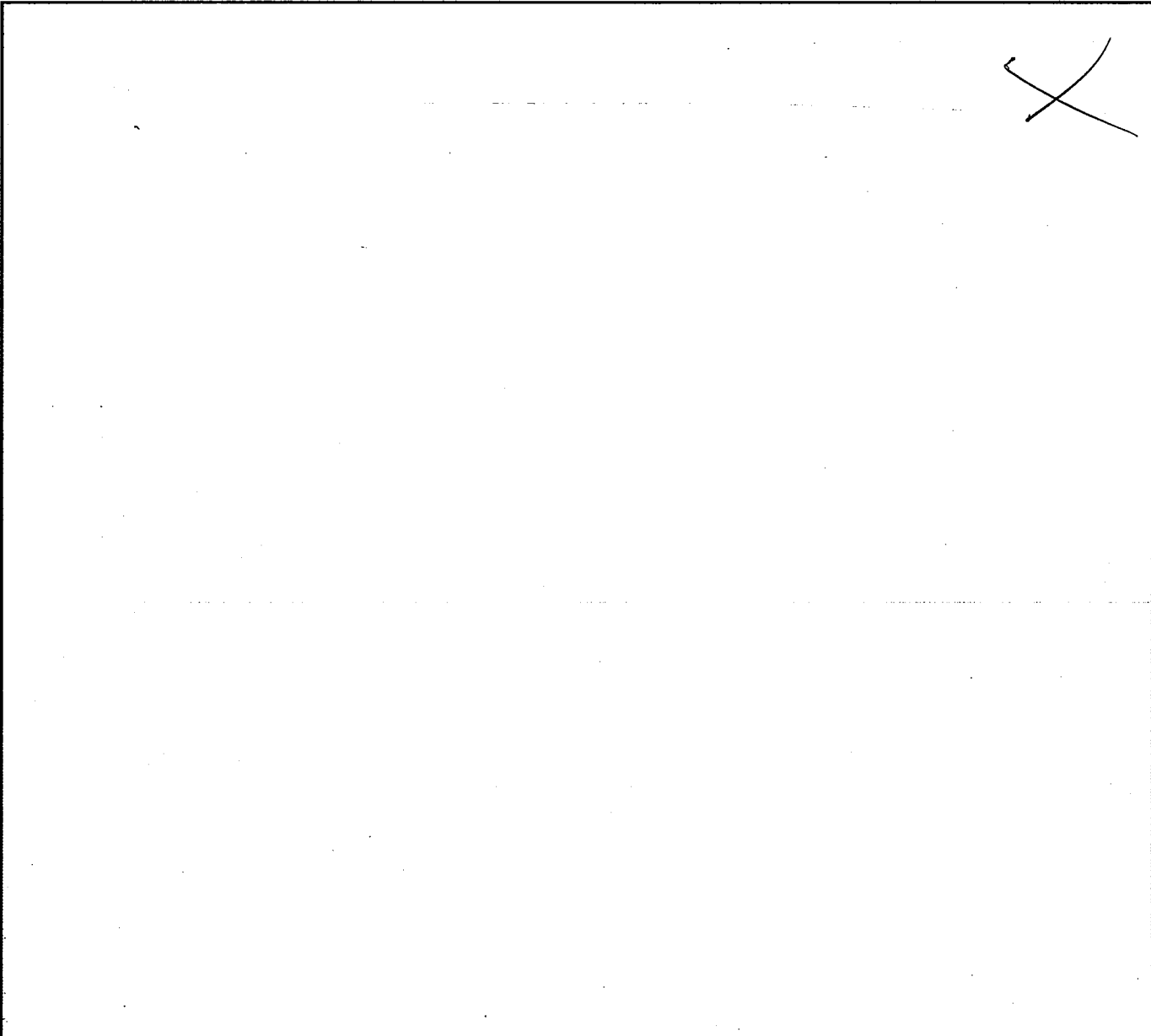


c) Durante el evento se estará transmitiendo simultáneamente desde C al resto de sedes, para ello cada sede mantendrá su propia descarga sobre TCP desde el servidor principal. ¿Cual es la máxima velocidad de vídeo que podemos usar asegurándonos que puede llegar correctamente a todas las sedes?



d) Estime cual será la utilización del enlace entre C y D en cada dirección (C→D y D→C) durante la transmisión del evento.



## Parcial 2 de Redes 4º Ingeniería Informática,

Duración: 50 minutos. Se permiten libros y apuntes.

**Problema 1** Una organización tiene 7 sedes en 5 ciudades. La red de cada sede esta conectada a la red exterior a través de un router. Designaremos a cada sede y a su router exterior con las letras A a G. Las sedes están interconectadas mediante una malla de enlaces de red privada virtual contratados a un operador de telecomunicaciones. Se han contratado diferentes enlaces de 8Mbps y 10Mbps. Estos enlaces cursan el trafico que se envía entre las sedes de la multinacional de forma segura cifrando todos los datos antes de enviarlos. Los routers de salida tambien tienen conexión al resto de internet para el trafico que se intercambia con otros destinos fuera de la organización. Los enlaces contratados entre las sedes se monitorizan continuamente midiendo el retardo de entrega de los paquetes entre nodos de la organización. En la figura 1 se muestra la topología de la red y las características de los enlaces.

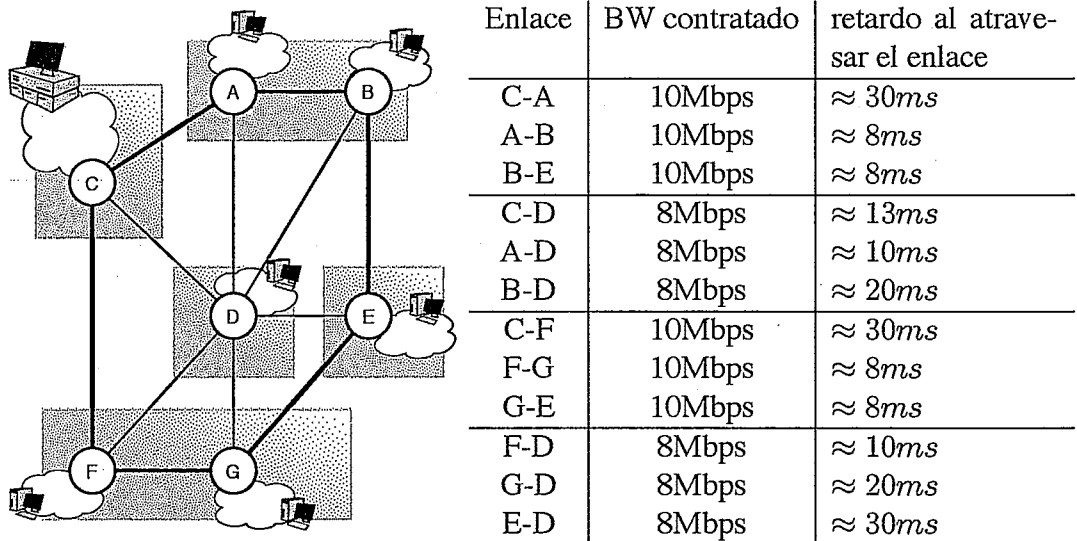


Figura 1: Red del problema

Para organizar el enrutamiento del trafico interno de la organización se utiliza un algoritmo link-state que corre en cada uno de los routers exteriores. El protocolo es simple y cada router solo genera información cada 30 segundos. Se pretende minimizar el tiempo de propagación de los paquetes por lo que se consideran pesos proporcionales al RTT para el enrutamiento. Suponiendo que se pone a funcionar en todos los nodos en el mismo momento...

a) Dibuje el árbol de expansion que generará el algoritmo de enrutamiento con los caminos a todos los nodos desde el nodo E. ¿Qué camino de ida y de vuelta recorreran los paquetes intercambiados entre los nodos C y E? ¿Cuanto tardará en llegar un paquete desde C hasta E?

El árbol de expansión será:

Con los caminos mínimos desde E.

El camino mínimo de un paquete desde C hasta E será: E-B-A-D-C. Como los enlaces tienen la misma velocidad en ambos sentidos el camino de vuelta será el inverso: C-D-A-B-E.

El tiempo que tardará un paquete en ir de E hasta C será la suma del retardo en cada enlace del camino: 29ms. ERROR AL SUMAR ✓

Una vez funcionando la red se pretende retransmitir un evento que tendrá lugar en la sede C al resto de las sedes para que pueda proyectarse en pantallas en cada sede de cada ciudad. La idea es enviar video de toda la calidad que se pueda. Se planea emitir el evento en directo y se usará un protocolo de envío de vídeo sobre TCP. Desde cada una de las sedes se realizará una única conexión al servidor de video en la red C para descargar el vídeo y reproducirlo conforme llega. La aplicación utilizará la mejor configuración posible de TCP con ventana de 64kB y MTU de 1460B. El video se estará generando en directo por lo que nunca puede transmitirse más rápido de la velocidad a la que se genera a la que llamaremos V Mbps. Esta velocidad de generación del video esta determinada por la calidad del video que generemos. Si suponemos que durante el evento la principal carga de la red vendrá dada por el tráfico de la retransmisión de video y no habrá prácticamente mas tráfico en la red de la organización... Queremos saber cual es la máxima calidad de vídeo (y por tanto V) que tiene sentido utilizar. Explique razonadamente

b) Si sólo está pidiendo el video la sede E ¿Cual es la máxima velocidad de vídeo que puede enviarse mediante este programa desde C hasta la sede E ?

Si sólo la sede E pide el vídeo habrá que tener en cuenta la máxima velocidad que puede obtener dicha sede. El RTT será el doble del tiempo de ida de un paquete:  $RTT = 58ms$ .

La velocidad que nos ofrece TCP será:

$$\text{Throughput} = \frac{W}{RTT} = \frac{64KB}{58ms} = 1.1KB/ms = 1.1MBps = 8.8Mbps$$

Aunque el protocolo ~~ofrece~~ ofrece mayor velocidad, el camino pasa por un enlace de 8Mbps, por lo que esa será la mayor velocidad alcanzable. ✓

La mejor calidad de vídeo que puede enviarse es 8Mbps.

b) ¿Qué ocurrirá cuando estén conectadas a la retransmisión las sedes E y D únicamente? ¿Cuál es la máxima velocidad de vídeo que puede utilizarse para enviar correctamente a esas dos sedes?

Hacemos el mismo cálculo para la sede D. Sabemos que el mejor camino desde D hasta C es el directo por B que  $RTT = 26ms$

$$\text{Throughput} = \frac{64}{26} = 2.46 \text{ MB/s} = \underline{22.75 \text{ Mbps}}$$

Igualmente es el canal el que limita: la mayor velocidad sigue siendo 8 Mbps. En total. Como deber enviar a 2 sedes, dividimos la velocidad: la mejor calidad de vídeo podrá ser 4 Mbps (ya que ambas pasan por el mismo enlace). ✓

c) Durante el evento se estará transmitiendo simultáneamente desde C al resto de sedes, para ello cada sede mantendrá su propia descarga sobre TCP desde el servidor principal. ¿Cuál es la máxima velocidad de vídeo que podemos usar asegurándonos que puede llegar correctamente a todas las sedes?

El mejor camino desde cada sede hasta el servidor C pasa por el enlace C-D por lo que habrá 6 retransmisiones simultáneas por dicho enlace.

El mayor retardo lo sufrirá E y este no limita la velocidad por el protocolo, por lo que ninguno lo hace, por lo que tomaremos como máxima velocidad la del canal. (8 Mbps).

Al transmitir para las 6 sedes, la máxima velocidad será  $\frac{8}{6} = 1.33 = \underline{1.33 \text{ Mbps}}$  ✓

d) Estime cual será la utilización del enlace entre C y D en cada dirección (C→D y D→C) durante la transmisión del evento.

Como todos los paquetes pasan por dicho enlace, en el sentido C→D será  $1'33 \cdot 6 \approx 8 \text{ Mbps}$ , es decir, todo el ancho de banda.

En subida, D→C, se llegarán los ACK. Suponiendo que no haya pérdidas, se llegará un ACK cada dos paquetes enviados (de cada lado).

Dos paquetes tardan en llegar (siendo paquetes de 1460 B):

$$2920 \text{ B} \cdot \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ B}} \cdot \frac{1 \text{ s}}{133,1 \text{ Mbps}} = 0'018 \text{ s} = \underline{18 \text{ ms}}$$

Como en este caso el ACK no devuelve datos, en el mismo tiempo deben llegar 40 B de datos. (cabecera IP + cabecera TCP).

$$\frac{40 \text{ B}}{18 \text{ ms}} = 2'22 \text{ B/ms} = 2'22 \text{ KBps} \quad \text{de cada lado, es decir,}$$

$$\underline{2'22 \cdot 6 = 13'33 \text{ KBps en total}}$$

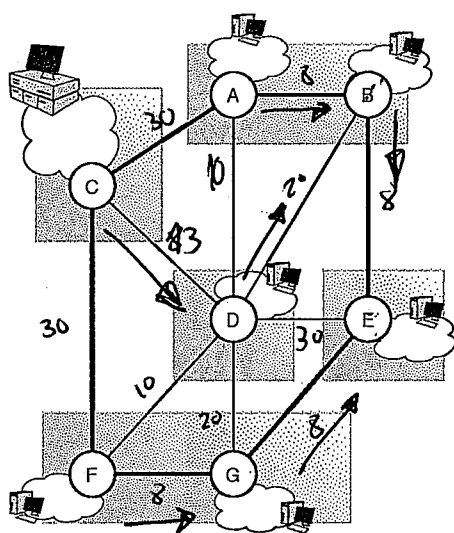
✓



**Parcial 2 de Redes**  
**4º Ingeniería Informática,**

Duración: 50 minutos. Se permiten libros y apuntes.

**Problema 1** Una organización tiene 7 sedes en 5 ciudades. La red de cada sede esta conectada a la red exterior a través de un router. Designaremos a cada sede y a su router exterior con las letras A a G. Las sedes están interconectadas mediante una malla de enlaces de red privada virtual contratados a un operador de telecomunicaciones. Se han contratado diferentes enlaces de 8Mbps y 10Mbps. Estos enlaces cursan el trafico que se envía entre las sedes de la multinacional de forma segura cifrando todos los datos antes de enviarlos. Los routers de salida tambien tienen conexión al resto de internet para el trafico que se intercambie con otros destinos fuera de la organización. Los enlaces contratados entre las sedes se monitorizan continuamente midiendo el retardo de entrega de los paquetes entre nodos de la organización. En la figura 1 se muestra la topología de la red y las características de los enlaces.



Enlace	BW contratado	retardo al atravesar el enlace
C-A	10Mbps	≈ 30ms
A-B	10Mbps	≈ 8ms
B-E	10Mbps	≈ 8ms
C-D	8Mbps	≈ 13ms
A-D	8Mbps	≈ 10ms
B-D	8Mbps	≈ 20ms
C-F	10Mbps	≈ 30ms
F-G	10Mbps	≈ 8ms
G-E	10Mbps	≈ 8ms
F-D	8Mbps	≈ 10ms
G-D	8Mbps	≈ 20ms
E-D	8Mbps	≈ 30ms

Figura 1: Red del problema

Para organizar el enrutamiento del trafico interno de la organización se utiliza un algoritmo link-state que corre en cada uno de los routers exteriores. El protocolo es simple y cada router solo genera información cada 30 segundos. Se pretende minimizar el tiempo de propagación de los paquetes por lo que se consideran pesos proporcionales al RTT para el enrutamiento. Suponiendo que se pone a funcionar en todos los nodos en el mismo momento...

a) Dibuje el árbol de expansion que generará el algoritmo de enrutamiento con los caminos a todos los nodos desde el nodo E. ¿Qué camino de ida y de vuelta recorreran los paquetes intercambiados entre los nodos C y E? ¿Cuanto tardará en llegar un paquete desde C hasta E?

$C \rightarrow E \Rightarrow E - B - D (41)$   
Me he dejado meter D.

Habría que calcular el árbol usando el algoritmo de Dijkstra con E como origen.

T	d(A) s(A)	d(B) s(B)	d(C) s(C)	d(D) s(D)	d(E) s(E)	d(F) s(F)	d(G) s(G)	d(H) s(H)
{E}	∞ Desc	8 E	∞ Desc	30 E	∞ Desc	8 Desc	0 50770	
{E, B}	16 B	8 B	∞ Desc	28 B	∞ Desc	8 Desc	0 50770	
{E, B, D}	16 B	8 B	∞ Desc	28 B	16 G	8 E	0 50770	
{E, B, D, A}	16 B	8 B	8 E	46 A	28 B	16 G	8 E	0 50770
{E, B, D, G, A, F}	16 B	8 B	8 E	46 A	28 B	16 G	8 E	0 50770
{E, B, D, G, A, F, C}	16 B	8 B	8 E	46 A	28 B	16 G	8 E	0 50770

Vecinos (E) = {B, D, G}    Vecinos (G) = {E, D, F}    Vecinos (F) = {C, D, G}    Vecinos (D) = {E, B, G, A, F}

Los paquetes entre C y E irán así, según el árbol de expansión calculado  
 C-D-B-E (vuelta)  
 C-D-B-E (ida)  
 El paquete tardará en llegar, sin conocer el tamaño del paquete, tomamos la longitud del camino (medido con el RTT) y es decir, el coste del camino C-D-B-E,  
 41.  
 con eso sale 37 +

e mejor en

Una vez funcionando la red se pretende retransmitir un evento que tendrá lugar en la sede C al resto de las sedes para que pueda proyectarse en pantallas en cada sede de cada ciudad. La idea es enviar video de toda la calidad que se pueda. Se planea emitir el evento en directo y se usará un protocolo de envío de vídeo sobre TCP. Desde cada una de las sedes se realizará una única conexión al servidor de video en la red C para descargar el vídeo y reproducirlo conforme llega. La aplicación utilizará la mejor configuración posible de TCP con ventana de 64kB y MTU de 1460B. El video se estará generando en directo por lo que nunca puede transmitirse más rápido de la velocidad a la que se genera a la que llamaremos V Mbps. Esta velocidad de generación del video esta determinada por la calidad del video que generemos. Si suponemos que durante el evento la principal carga de la red vendrá dada por el tráfico de la retransmisión de video y no habrá prácticamente mas tráfico en la red de la organización... Queremos saber cual es la máxima calidad de vídeo (y por tanto V) que tiene sentido utilizar. Explique razonadamente

b) Si sólo está pidiendo el video la sede E ¿Cual es la máxima velocidad de vídeo que puede enviarse mediante este programa desde C hasta la sede E ?

$W = 64KB$   $MTU = 1460B$   
 Tenemos que ver la relación entre  $\frac{W}{RTT}$  y C para ver si la limitación es la ventana o el canal.  
 De B a E, los enlaces del camino son de 8Mbps. Para calcular la velocidad, sabemos que vamos limitados por el enlace más lento, que es el cuello de botella. Así que tomamos  $C_{down} = C_{up} = 8Mbps$ .

$Th_{B \rightarrow E} \Rightarrow Th_{C \rightarrow D} + Th_{D \rightarrow B} + Th_{B \rightarrow E} ?$  NO (No bajamos de 4 puentes en paralelo como en un torrent).

$Th_{C \rightarrow D} \Rightarrow \frac{W}{RTT_{C \rightarrow D}} = \frac{64KB}{33ms} = \frac{64 \cdot 8}{0.033} = 39384 kbps \Rightarrow C_{C \rightarrow D} \Rightarrow Th_{C \rightarrow D} = 8Mbps$

$Th_{D \rightarrow B} \Rightarrow \frac{W}{RTT_{D \rightarrow B}} = \frac{64KB}{20ms} = \frac{64 \cdot 8}{0.02} = 25600 kbps \Rightarrow C_{D \rightarrow B} \Rightarrow Th_{D \rightarrow B} = 8Mbps$

$Th_{B \rightarrow E} \Rightarrow \frac{W}{RTT_{B \rightarrow E}} = \frac{64KB}{8ms} \Rightarrow C_{B \rightarrow E} \rightarrow Th_{B \rightarrow E} \leq 10Mbps$

Vamos limitados por el cuello de botella.

$Th = \frac{W}{RTT_{C \rightarrow E}} = \frac{64KB}{41ms} = \frac{64 \cdot 8}{0.041} = 12487 kbps > 8Mbps \Rightarrow$  Máxima calidad = 8Mbps

Camino C-D-B-E = 41ms  $\rightarrow$  es una sola conexión no 4

b) ¿Qué ocurrirá cuando estén conectadas a la retransmisión las sedes E y D únicamente? ¿Cual es la máxima velocidad de vídeo que puede utilizarse para enviar correctamente a esas dos sedes?

El servidor está en C.  
 Cuando sólo estén conectados E y D (ambos tienen enlaces de 8Mbps), como  $Th_{C \rightarrow D} = 8Mbps$  y  $Th_{B \rightarrow E} = 8Mbps$  y  $Th_{D \rightarrow B} = 8Mbps$ , no habría problema en enviar 8Mbps para ambos.

cada uno tiene su conexión

c) Durante el evento se estará transmitiendo simultáneamente desde C al resto de sedes, para ello cada sede mantendrá su propia descarga sobre TCP desde el servidor principal. ¿Cual es la máxima velocidad de vídeo que podemos usar asegurándonos que puede llegar correctamente a todas las sedes?

Habría que ver el throughput de los enlaces, para ver cuánto podríamos mandar.  
 Necesitamos conocer  $Th_{A \rightarrow B}$ ,  $Th_{F \rightarrow G}$  y  $Th_{G \rightarrow E}$

$$Th_{A \rightarrow B} \Rightarrow \frac{W}{RTT_{A \rightarrow B}} = \frac{64.8}{8ms} = 8000kps < C_{A \rightarrow B} \Rightarrow Th_{A \rightarrow B} \approx 8Mbps$$

$$Th_{F \rightarrow G} \Rightarrow \frac{W}{RTT_{F \rightarrow G}} = \frac{64.8}{8ms} < C_{F \rightarrow G} \approx 8Mbps$$

$$Th_{G \rightarrow E} \Rightarrow \frac{W}{RTT_{G \rightarrow E}} = \frac{64.8}{0.008} < C_{G \rightarrow E} \approx 8Mbps.$$

Max. vel = Al ntmo del más lento?  
 Un flujo para 6 interesados  $\rightarrow$  ~~8Mbps~~

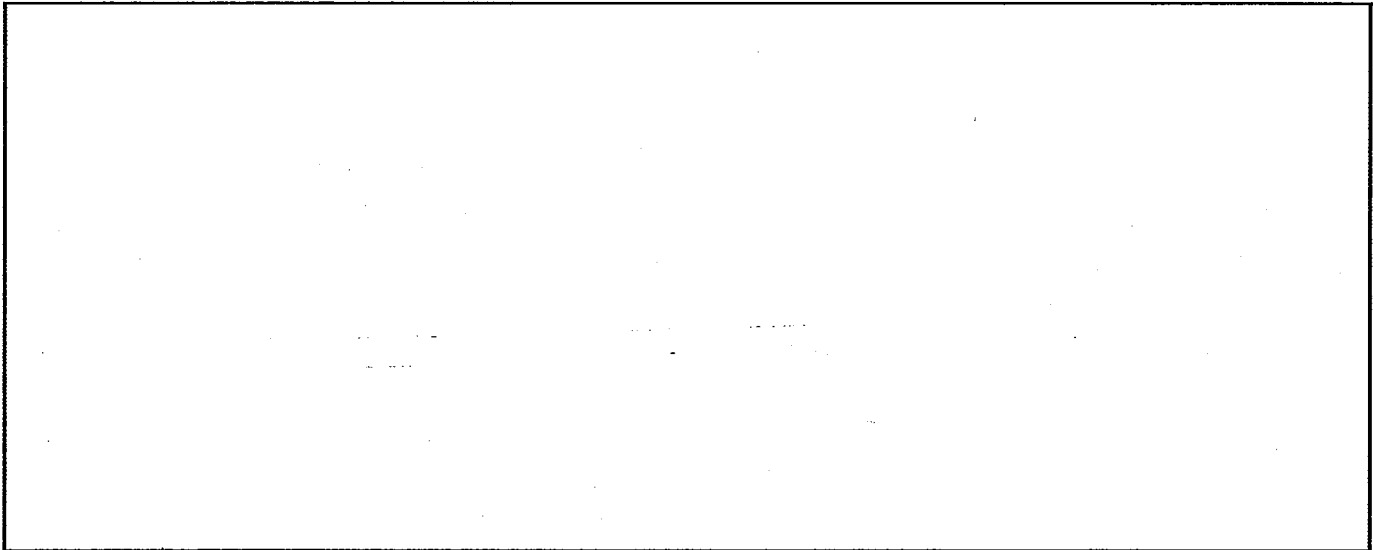
Tenemos que asegurarnos de que por ejemplo en B, de los 8Mbps, al dividirlo, llegue a A y a E  $\rightarrow$  8Mbps = 4Mbps

Con  $V = 4Mbps$  podría llegar a todos.

Se genera aquí.

Y van a ser ahí no

por que no



d) Estime cual será la utilización del enlace entre C y D en cada dirección (C→D y D→C) durante la transmisión del evento.

La utilización de C→D será el 50% ( $\frac{4}{8}$ ) y la de D→C del 100%.

por que??