

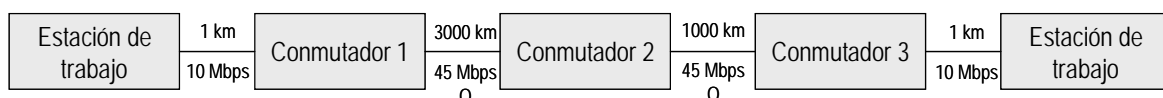


Transmisión de datos y redes de computadores
3º Grado en Ing. de Tecnologías de Telecomunicación
Curso 12/13

Problemas

4. Encaminamiento e interconexión de redes

1. Un mensaje de 64 kB se transmite a lo largo de dos saltos de una red. Ésta limita la longitud máxima de los paquetes a 2 kB y cada paquete tiene una cabecera de 32 bytes. Las líneas de transmisión de la red no presentan errores y tienen una capacidad de 50 Mbps. Cada salto corresponde a una distancia de 1000 km.
 - a) ¿Qué tiempo se emplea en la transmisión del mensaje mediante datagramas?
 - b) ¿Y mediante circuitos virtuales si los mensajes de control tienen una longitud de 64 bytes?
2. Suponga que una red de datagramas usa cabeceras de H bytes y que una red de paquetes de circuitos virtuales utiliza cabeceras de h bytes. Determine la longitud M de un mensaje que se consigue transmitir más rápido haciendo uso de la técnica de conmutación de circuitos virtuales que mediante la de datagramas. Suponga que los paquetes tienen la misma longitud en ambas redes y que los retardos de procesamiento son idénticos.
3. Una aplicación audiovisual en tiempo real hace uso de conmutación de paquetes para transmitir voz a 32 kbps y vídeo a 64 kbps a través de la conexión de red de la figura. Se consideran paquetes de voz e información de audio con dos longitudes distintas: 10 ms y 100 ms. Cada paquete tiene además una cabecera de 40 octetos.
 - a) Encuentre para ambos casos el porcentaje de bits suplementarios que supone la cabecera.
 - b) Dibuje un diagrama temporal e identifique todas las componentes del retardo extremo a extremo en la conexión anterior. Recuerde que un paquete no puede ser transmitido hasta que esté completo y que no se puede retransmitir hasta que no se haya recibido completamente. Suponga despreciables los errores a nivel de bit.
 - c) Evalúe todas las componentes del retardo de las que se dispone suficiente información. Considere las dos longitudes de paquete aceptadas. Suponga que la señal se propaga a una velocidad de 1 km/5 microsegundos y considere dos velocidades para la red troncal: 45 Mbps y 1,5 Mbps. Resuma el resultado para los cuatro posibles casos en una tabla con cuatro entradas.
 - d) ¿Cuál de las componentes anteriores implica la existencia de retardos de cola?



4. Un mensaje de m bits se transmite por una ruta de L saltos en una red de paquetes como una serie de N paquetes consecutivos, cada uno de ellos con k bits de datos y h bits de cabecera. Suponga que $m \gg k+h$, que la velocidad de los enlaces es R bits/segundo y que los retardos de propagación y de cola son despreciables.
- ¿Cuál será el número total de bits transmitidos?
 - ¿Cuál es el retardo total experimentado por el mensaje (es decir, el tiempo entre el primer bit transmitido por el emisor y el último recibido por el receptor)?
 - ¿Qué valor de k minimiza el retardo total?

5. Suponga una red de conmutación de paquetes sobre la que se lleva a cabo un envío origen-destino basado en datagramas, para la que se especifican los siguientes parámetros:

M : tamaño en *bits* del mensaje a transmitir,
 L : longitud en *bits* de todos y cada uno de los paquetes a considerar,
 H : tamaño en *bits* de la cabecera de los paquetes,
 S : número de saltos intermedios en la ruta origen-destino,
 R_i : velocidad de transmisión en *bps* del enlace i -ésimo,
 D_i : longitud en *m* del enlace i -ésimo,
 V_i : velocidad de propagación en *m/s* correspondiente al enlace i -ésimo,
 P_i : tiempo de procesamiento en *s* de un paquete en cada nodo.

Se pide:

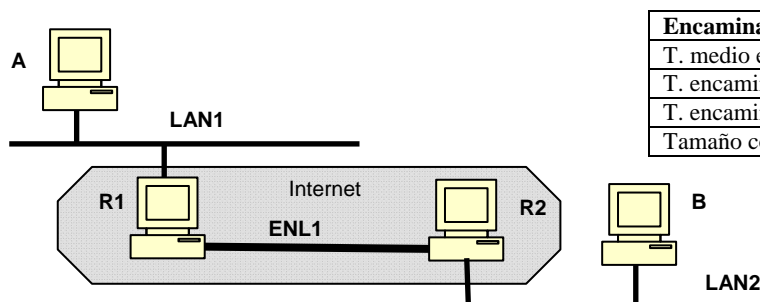
- Esquematice gráficamente el proceso involucrado en el envío completo del mensaje M si aceptamos que el tiempo involucrado se puede aproximar a través de la siguiente expresión:

$$T_{total} = \sum_{i=1}^S \left[\frac{M}{L-H} \cdot \left(\frac{L}{R_i} + P_i \right) + \frac{D_i}{V_i} \right]$$

- ¿Qué implicaciones presenta el tipo de transmisión propuesta?

6. Dos entidades paritarias de nivel de red sitas en A y B intercambian paquetes de 1504 bytes a través de una red conmutada (véase la figura). Los paquetes deben atravesar 2 nodos (R1 y R2) para llegar desde una a otra. Los parámetros más relevantes de las redes, enlaces y encaminadores se indican en la tabla adjunta. Determine el tamaño mínimo de un archivo para que resulte más rápida su transmisión mediante circuitos virtuales (CV) que mediante conmutación de paquetes (CP), sabiendo que el tamaño de la cabecera en CV es de 32 bytes, mientras que en CP es de 48 bytes. La longitud del enlace ENL1 es de 10 km.

NOTA: Suponga despreciables los tiempos de acceso al medio y de propagación en LAN1 y LAN2 y que las tramas de confirmación y establecimiento tienen un tamaño despreciable.



Encaminador	R1	R2
T. medio en cola (ms.)	256	512
T. encaminamiento datagramas (ms)	64	64
T. encaminamiento CV (ms)	48	48
Tamaño cola (MB)	1024	2048

Elemento	V_{transm}
LAN1	10 Mbps
LAN2	4 Mbps
ENL1	256 kbps

7. Estime el tiempo involucrado en la transmisión de un mensaje de datos para las técnicas de conmutación de circuitos (CC) y de paquetes mediante datagramas (CDP) y mediante circuitos virtuales (CPCV) considerando los siguientes parámetros:

M: longitud en bits del mensaje a enviar.

V: velocidad de transmisión de las líneas en bps.

P: longitud en bits de los paquetes, tanto en CPD como en CPCV.

H_d : bits de cabecera de los paquetes en CPD.

H_c : bits de cabecera de los paquetes en CPCV.

T: longitud en bits de los mensajes intercambiados para el establecimiento y cierre de conexión, tanto en CC como en CPCV.

N: número de nodos intermedios entre las estaciones finales.

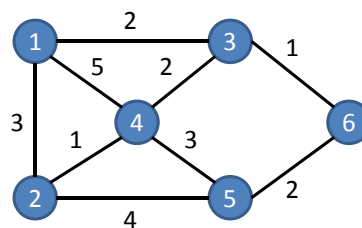
D: tiempo de procesamiento en segundos en cada nodo, tanto en CC como en CPD y en CPCV.

R: retardo de propagación, en segundos, asociado a cada enlace, en CC, en CPD y en CPCV.

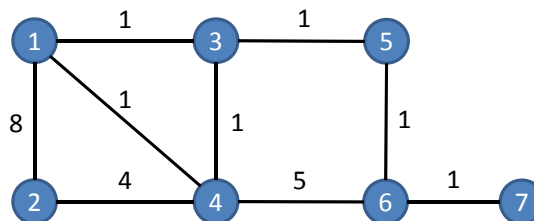
8. Se desea transmitir un mensaje de M bits entre dos estaciones origen y destino separadas entre sí S enlaces, sobre una red de conmutación de paquetes mediante datagramas. D es el retardo de propagación en cada línea (en m/s.), R el tiempo de procesamiento en cada nodo (en s.) y P la longitud total de cada paquete (en bits), con H bits de cabecera. Calcule el tiempo total involucrado en la transmisión del mensaje M si se supone que la velocidad de cada enlace (expresada en bps) es tal que $V_1 < V_2 < \dots < V_S$.

9. Considere la red de la figura.

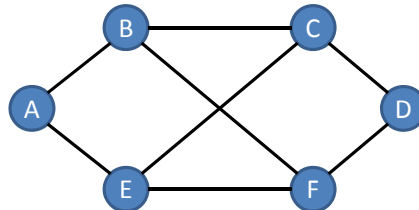
- Utilice al algoritmo de Bellman-Ford para encontrar el mejor conjunto de rutas más cortas desde todos los nodos al nodo de destino 2.
- Continúe el algoritmo suponiendo que el enlace entre los nodos 2 y 4 ha caído.
- Utilice al algoritmo de Dijkstra para encontrar el mejor conjunto de rutas más cortas desde el nodo 4 al resto de nodos.
- Obtenga el conjunto de entradas de la tabla de encaminamiento asociada.



10. Determinar la tabla de encaminamiento y el árbol de alcanzabilidad para la siguiente configuración de red. Aplicar los algoritmos de Dijkstra y Bellman-Ford.



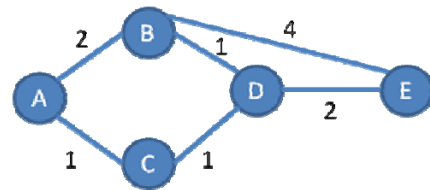
11. Considere la subred de la figura. Se utiliza el algoritmo de encaminamiento de vector distancia, habiéndose recibido en el encaminador C los siguientes vectores de encaminamiento: desde B (5, 0, 8, 12, 6, 2), desde D (16, 12, 6, 0, 9, 10) y desde E (7, 6, 3, 9, 0, 4). Los retardos medidos a B, D y E son, respectivamente, 6, 3 y 5. ¿Cuál es la nueva tabla de encaminamiento de C? Indique la línea de salida y el retardo esperado.



12. Si los valores de los retardos se almacenan como números de 8 bits en una red compuesta por 50 *routers* y los vectores de retardo se intercambian dos veces por segundo, ¿cuánto ancho de banda por línea se dedica a los algoritmos de encaminamiento? Suponga que cada *router* comparte tres líneas con otros *routers*.

13. Considere la red mostrada en la figura adjunta, en la que se representan 5 nodos unidos con enlaces y para cada uno de ellos el retardo, en ms, sufrido por los paquetes al atravesarlo. Si se considera un protocolo de encaminamiento dinámico de tipo distribuido que toma como métrica el retardo:

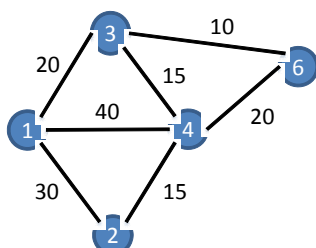
- a) Muestre la evolución de las tablas de encaminamiento hasta su estabilización, considerando un periodo de intercambio de las mismas de 10 segundos, comenzando éste en $t=0$ s. ¿En qué instante de tiempo se consigue la estabilidad?



- b) Si suponemos que en $t=45$ s cae el enlace DE, ¿en qué instante temporal volverán a ser estables las rutas?

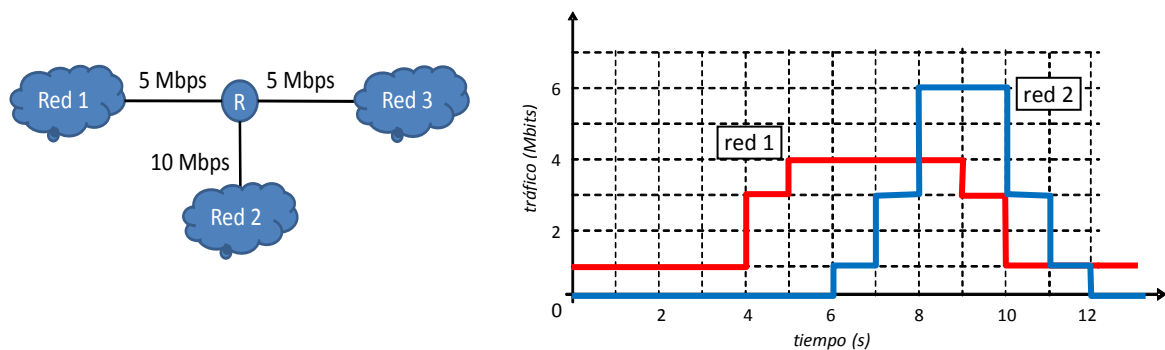
14. En la topología de red adjunta se indica la capacidad, en Kbps, de las líneas de transmisión entre los distintos nodos intermedios. Considérese al respecto que los enlaces son *full-duplex* y que la velocidad es la misma para cada uno de los sentidos. Por otra parte, la tabla anexa especifica el tráfico, en paquetes/segundo, entre cada par de nodos. Además, en cursiva se indica la ruta (secuencia de nodos) seguida en la transmisión. Teniendo en cuenta todo lo anterior, se pide:

- a) Determine el retardo medio en el envío de un paquete sobre la red global.
b) Suponga ahora que se usa el algoritmo de vector distancia para obtener las tablas de encaminamiento y que el valor numérico del retardo coincide, en ms, con la capacidad de la línea, en kpbs. Estime la nueva tabla de encaminamiento asociada a la topología mostrada.

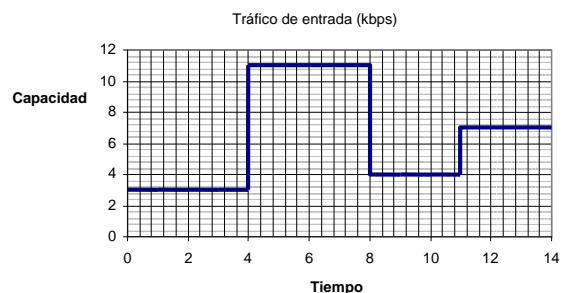


		Nodo destino				
		1	2	3	4	5
Nodo origen	1		2 - 12	3 - 13	1 - 14	2 - 145
	2	2 - 21		4 - 243	2 - 24	2 - 25
	3	3 - 31	4 - 342		3 - 34	5 - 345
	4	1 - 41	2 - 42	3 - 43		1 - 45
	5	2 - 541	2 - 52	5 - 543	1 - 54	

15. Un ordenador en una red operando a 6 Mbps es regulado mediante un cubo con permisos. El cubo de permisos se llena a razón de 1 Mbps, conteniendo inicialmente permisos para una capacidad de 8 megabits. ¿Durante cuánto tiempo puede el ordenador transmitir a la velocidad máxima de 6 Mbps?
16. Un proveedor de servicios de red quiere ofrecer un servicio consistente en el transporte de datos a una empresa que envía información de video por internet. Se quiere, por tanto, garantizar una velocidad media de transmisión de datos al cliente y que, además, no se produzcan retardos considerables en la información a enviar. En este escenario, responda a las siguientes preguntas:
- ¿Qué técnica de adaptación de tráfico se deberá utilizar? Justifique la propuesta indicando por qué se descartan otras técnicas posibles.
 - El encaminador de entrada a la red posee una línea de entrada (procedente del cliente) y otra de salida, ambas a C Mbps. Suponga que se desea dar al cliente una velocidad media de datos de E Kbps ($E < C \cdot 10^3$). Suponga que, además, se quiere garantizar que el máximo tiempo durante el que el cliente puede enviar tráfico a mayor velocidad que la media (ráfagas) es de T segundos. Diseñe los parámetros del sistema de adaptación propuesto para garantizar las restricciones descritas.
17. Considere un dispositivo de encaminamiento R que interconecta tres redes de paquetes como se indica en la figura inferior izquierda, redirigiendo el tráfico de las redes 1 y 2 hacia la red 3.
- ¿Cuál sería el tamaño del *buffer* necesario para que no se desborde el cubo si se utiliza un cubo de goteo?
 - ¿Y si se utiliza un esquema de *cubo de permisos*, con una tasa de generación de permisos de 4 Mbps, teniendo siempre presente la capacidad de las líneas de transmisión consideradas?



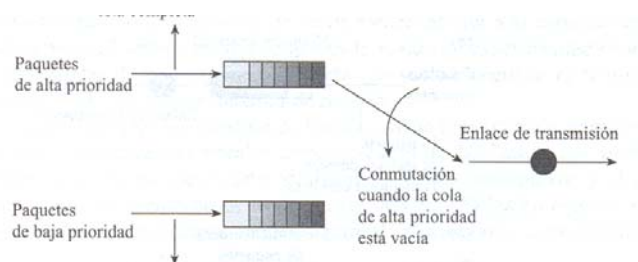
18. Se dispone de un nodo que implementa un algoritmo de cubo de goteo con testigos, con una capacidad de almacenamiento de 15 kbits. Si el tráfico de entrada a dicho nodo sigue la evolución mostrada en la figura adjunta y la tasa de creación de testigos equivale a un tráfico de 6 kbps, obtenga:
- El gráfico correspondiente al tráfico de salida generado por dicho nodo.
 - ¿Se desbordará el cubo de goteo como consecuencia de la ráfaga a 11 kbps indicada?
 - ¿Cuánto tiempo tardará en desbordarse si se mantiene la tasa de entrada a 7 kbps indefinidamente?



19. Si un enlace punto a punto de 100 Mbps y con un RTT (Round Trip Time) de 10 ms utiliza un sistema de control de congestión basado en paquetes de obstrucción (*choke packet*), ¿qué tamaño mínimo de buffer es necesario en el receptor para no perder paquetes suponiendo que el paquete de obstrucción se envía cuando el receptor tiene ocupado la mitad del buffer?
20. Sea un enlace ATM punto a punto de 155 Mbps entre dos nodos A y B. El nodo A transmite 2 celdas por milisegundo y el nodo B consume 1 celda por milisegundo. ¿Cuánto tiempo tardará el nodo B en congestionarse si no existe ningún mecanismo de control de congestión y suponiendo que el nodo B posee un buffer de 10 celdas de capacidad?
21. Se dispone de un enlace de 500 kbps y una fuente de tráfico que transmite ráfagas de 1 s de duración a 12 Mbps cada 2 segundos. Determine:
 - a) La mejor técnica de control de congestión que se puede aplicar.
 - b) El retardo que ésta introducirá en el peor caso.
 - c) Si se quiere garantizar un retardo máximo añadido de 0,5 s, ¿qué técnica aplicaría?
22. Determine la tasa media, tasa de pico, tamaño de ráfaga, mínimo y máximo retardo para un cubo de permisos con los siguientes parámetros medidos en tramas:

Tasa de testigos = p
 Capacidad del cubo de testigos (en testigos) = b
 Capacidad del buffer = K
 Velocidad del enlace de salida = R

¿Cuántos paquetes se transmitirían en t segundos si había en ese momento g testigos en el cubo? Dibuje la tasa instantánea de salida para ese caso.
23. Sea un cubo de permisos de tamaño b bytes, que se generan a razón de p bytes/s y con una tasa de salida máxima de R bytes/s. Calcule la máxima tasa de ráfaga y la longitud de la ráfaga a tasa máxima.
24. Considere el sistema de prioridad HOL de la figura. Explique el efecto del tráfico de baja prioridad sobre el retardo y las pérdidas bajo las siguientes condiciones:
 - a) El tráfico de alta prioridad consiste en paquetes de longitud fija uniformemente espaciados.
 - b) El tráfico de alta prioridad consiste en paquetes de longitud variable uniformemente espaciados.
 - c) El tráfico de alta prioridad consiste en paquetes de longitud variable a ráfagas.



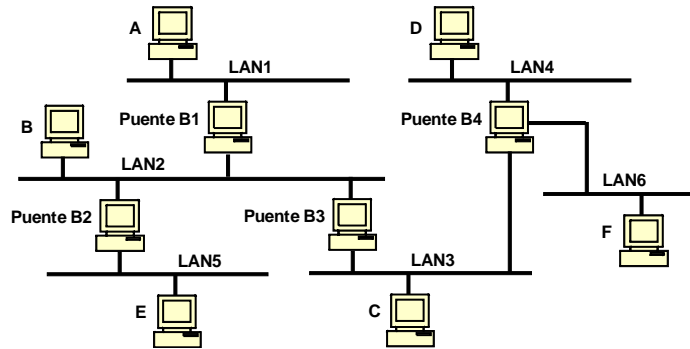
25. Añada algún tipo de sistema de colas equitativas ponderadas al sistema de prioridad HOL de la figura del ejercicio anterior de modo que se garantice que al tráfico de baja prioridad se le asignen r bps de la velocidad total R del enlace de transmisión. Explique el motivo por el que resulta deseable este hecho. ¿Cómo afecta esto al tráfico de alta prioridad?
26. Considere un sistema de colas equitativas paquete a paquete con tres colas lógicas y con una velocidad de servicio de 1 unidad/segundo. Muestre la secuencia de transmisiones de este sistema para el siguiente patrón de llegadas de paquetes. Cola 1: llegada en $t=0$, longitud 2;

llegada en $t=4$, longitud 1. Cola 2: llegada en $t=1$, longitud 3; llegada en $t=2$, longitud 1. Cola 3: llegada en $t=3$, longitud 5.

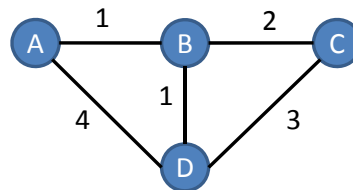
27. Considere las redes LAN de la figura. Suponga que todas las tablas de encaminamiento se encuentran inicialmente vacías y que las transmisiones siguen el orden que se indica a continuación:

A envía una trama a F.
E envía una trama a A.
D envía una trama a E.
C envía una trama a B.

¿Por qué redes se transmitirán cada una de las tramas? Muestre la tabla de encaminamiento de cada uno de los puentes después de que se hayan enviado todas las tramas.



28. Calcule el árbol de expansión de la red de la figura para el nodo A suponiendo el coste de los enlaces indicado.



29. Se dispone de la topología de red adjunta, donde se implementa un algoritmo distribuido de actualización de tablas de *routing* basado en el número de saltos. Supuesto que la actualización comienza para todos los nodos en $t = 15$ s. con una periodicidad de 30 s. y que las tablas de cada nodo están inicialmente vacías:

- Indique cuáles serán las tablas de *routing* estables finales para cada uno de los nodos. ¿En qué instante de tiempo se alcanza esta situación?
- Suponga ahora que los nodos implementan el algoritmo *backward learning* y que tiene lugar el siguiente envío de mensajes:

- Un *host* en la red C envía un mensaje a un *host* en la red E, en $t = 8$ s.
- Un *host* en la red B envía un mensaje a un *host* en la red D, en $t = 12$ s.

¿Cuáles serían las tablas de *routing* de los nodos justo antes de iniciarse su actualización en $t = 15$ s.? ¿En qué instante temporal se consigue ahora la estabilidad de las tablas? ¿Se modifican éstas respecto de las obtenidas en a)?

