

## Ejercicios de Redes

1. Supongamos un paquete de longitud  $L$  que tiene su origen en el host A y que viaja a través de tres enlaces, conectados mediante dos dispositivos de conmutación de paquetes, hasta un host destino B. Supongamos que  $d_i$ ,  $v_i$  y  $R_i$  son la longitud, la velocidad de propagación y la velocidad de transmisión del enlace  $i$ , para  $i = 1, 2, 3$ , respectivamente. Cada dispositivo de conmutación de paquetes retarda cada paquete un tiempo  $t_{\text{proc}}$ .
  - a) Suponiendo que no se produce retardo en las colas, ¿cuál es el retardo total de extremo a extremo en función de los parámetros  $d_i$ ,  $v_i$ ,  $R_i$  (con  $i = 1, 2, 3$ ) y  $L$ .
  - b) Supongamos que la longitud del paquete es de 1.500 bytes, la velocidad de propagación de los enlaces es  $2,5 \cdot 10^8$  m/s, la velocidad de transmisión en los tres enlaces es de 2 Mbps, el retardo de procesamiento en cada conmutador de paquetes es de 3 milisegundos, la longitud del primer enlace es de 5.000 Km, la del segundo 4.000 Km y la del último 1.000 Km. Para estos valores, ¿cuál es el retardo total de extremo a extremo?
  - c) Dibuja la situación del apartado anterior en un diagrama de tiempo.
2. Suponer que se necesita enviar de forma urgente 40 terabytes (usar 1 terabyte como  $10^{12}$  bytes) desde Santiago a Ginebra, que son 1.600 Km. Se dispone de un enlace dedicado a 100 Mbps para la transferencia de datos, con velocidad de propagación infinita. ¿Qué es preferible, transmitir los datos a través del enlace o utilizar una empresa de mensajería que los entregue en 24 horas? Razona la respuesta.
3. Suponer un enlace de microondas a 10 Mbps entre un satélite geoestacionario y su estación base en la Tierra, a una distancia de 36.000 Km. El satélite toma una fotografía digital por minuto y la envía a la estación base. La velocidad de propagación es de  $2,4 \times 10^8$  m/s.
  - a) ¿Cuál es el retardo de propagación del enlace?
  - b) Calcular el producto retardo por ancho de banda.
  - c) Sea  $x$  el tamaño de la fotografía en bytes. Calcular el valor mínimo de  $x$  para que el enlace esté transmitiendo continuamente.
4. ¿Cuál es el retardo de total de una trama de 5 millones de bits que se envía por un enlace con 10 nodos, cada uno de los cuales tiene un tiempo de espera en la cola de  $2 \mu\text{s}$  y un tiempo de procesamiento de  $1 \mu\text{s}$ . La longitud total de los enlaces es de 2000 Km y la velocidad de la señal a través de los enlaces es de  $2 \times 10^8$  m/s. Los once enlaces tienen un ancho de banda de 5 Mbps. ¿Qué componente del retardo total es dominante? ¿Cuál es despreciable?
5. Un conmutador recibe un paquete y determina el enlace saliente por el que deberá ser reenviado. Cuando el paquete llega, hay otro paquete ya transmitido hasta la mitad por el mismo enlace de salida y además hay otros cuatro paquetes esperando para ser transmitidos. Los paquetes se transmiten por orden de llegada. Supón que todos los paquetes tienen una longitud de 1.500 bytes y que la velocidad del enlace es de 2 Mbps. ¿Cuál es el retardo de cola para el paquete?
6. Cierta portal de Internet utiliza *cookies* para mantener un registro de las preferencias del usuario. En algunos casos, estas preferencias podrían ser tan grandes (equipos de deportes, tipos de noticias, productos de interés...) que se podría alcanzar el límite de 4 KB de las *cookies*. Describe una forma alternativa para mantener el registro de preferencias que no tenga ese problema.

7. Indica si las siguientes afirmaciones sobre el DNS son verdaderas o falsas. Razona **brevemente** la respuesta.
- El DNS informa sobre los servidores autorizados para un dominio.
  - El protocolo HTTP necesita del DNS para que funcione.
  - El mecanismo NAT permite que varios hosts puedan realizar consultas al DNS.
  - En las consultas recursivas, el servidor DNS local es el único que contacta con todos los servidores necesarios.
8. Representar con un diagrama todos los pasos involucrados en la resolución de nombres recursiva donde el equipo `jefe.empresa.com` consulta a su servidor DNS local (`dns.empresa.com`) por la dirección IP asociada al host `www.serrico.gr`. Suponer que la caché DNS del servidor TLD dispone de la entrada correspondiente con IP del host `www.serrico.gr`. Completar la siguiente tabla con los datos de los sucesivos mensajes DNS que se producen. Inventar las direcciones IP que necesitéis durante todo el proceso.

Paso	Origen	Destino	Tipo	Información
1	<code>jefe.empresa.com</code>	<code>dns.empresa.com</code>	Consulta	¿IP de <code>www.serrico.gr</code> ?
2				
...				

9. Los host A y B están comunicándose a través de una conexión TCP y el host B ya ha recibido todos los bytes hasta el byte 126. Supongamos que a continuación el host A envía dos segmentos seguidos a B. El primer y segundo segmentos contienen 70 y 50 bytes de datos, respectivamente. En el primer segmento, el número de secuencia es 127, el puerto origen 5302 y el puerto destino 80. El host B envía un ACK cuando recibe un segmento de A.
- En el segundo segmento enviado desde A a B, ¿cuál es el número de secuencia, el puerto origen y el puerto destino?
  - Si el primer segmento llega antes que el segundo, ¿cuál es el número de ACK, el puerto origen y el puerto destino en el ACK correspondiente al primer segmento?
  - Si el segundo segmento llega antes que el primero, ¿cuál es el número de ACK correspondiente al primer ACK que llega?
  - Supongamos que los dos segmentos enviados llegan en orden. El primer ACK se pierde y el segundo llega después de transcurrido el primer intervalo de fin de temporización. Dibujar un diagrama de tiempo que muestre estos segmentos y todos los segmentos restantes y ACKs enviados, con los números de secuencia o de ACK. Dibujar en el esquema un segmento posterior de 30 bytes de datos que A envía a B y su ACK correspondiente.
10. Se desea transferir un archivo de gran tamaño de  $L$  bytes del host A al host B. Suponer un MSS de 536 bytes.
- ¿Cuál es el valor máximo de  $L$  tal que no se agoten los números de secuencia de TCP? Recordar que el campo número de secuencia de TCP tiene 4 bytes.
  - Para el valor de  $L$  obtenido, calcular el tiempo que tarda en transmitirse el archivo. Suponer que a cada segmento se le añade un total de 66 bytes para las cabeceras de la capas de transporte, red y enlace antes de enviar el paquete resultante a través de un enlace de 155 Mbps. Ignorar el control de flujo y el control de congestión de modo que A pueda bombear los segmentos seguidos y de forma continuada.

11. Supongamos que una aplicación intercambia mensajes entre el host A y el host B usando TCP con un MSS de 500 bytes. La aplicación en A envía un mensaje de 10 Kbytes al host B y la aplicación en B también envía un mensaje de 10 Kbytes a A. Si en el establecimiento de la conexión TCP el número de secuencia de A (SNA) es 50 y el de B (SNB) es 90, se utiliza piggybacking siempre que sea posible y se envían segmentos completos, indica la opción correcta sobre cuáles son los números de secuencia y ACKs que se envían, suponiendo que comienza a enviar A y que B empieza a enviar datos con el primer ACK que envíe a A. Razona la respuesta.

Nota: ACKA se refiere a los ACKs que A envía a B y ACKB a los que envía B a A.

	Opción a	Opción b	Opción c	Opción d
1 <sup>er</sup> segmento A → B	SNA 50, ACKA 90	SNA 51, ACKA 90	SNA 50, ACKA 91	SNA 50, ACKA 90
1 <sup>er</sup> segmento B → A	SNB 90, ACKB 550	SNB 91, ACKB 50	SNB 90, ACKB 551	SNB 90, ACKB ?
SNA	50, 550, 1050...	51, 551, 1051...	50, 550, 1050...	50, 550, 1050...
SNB	90, 590, 1090...	91, 591, 1091...	90, 590, 1090...	90, 590, 1090...
ACKA	90, 590, 1090...	90, 590, 1090...	91, 591, 1091...	No se pueden precisar
ACKB	550, 1050...	50, 550, 1050...	551, 1051...	No se pueden precisar

**Opción e:** ninguna de las anteriores

12. Suponer que se tiene un cliente y un servidor web directamente conectado a través de un enlace de velocidad  $R$ , que el cliente desea obtener un archivo de tamaño  $15S$  donde  $S$  es el MSS y que el RTT es constante. Ignorando las cabeceras del protocolo HTTP, determinar el tiempo necesario para obtener el objeto (incluyendo el tiempo necesario para establecer la conexión TCP), suponiendo que está en la fase de inicio lento, en los siguientes casos:

- $S/R + \text{RTT} > 4S/R$  o bien  $\text{RTT} > 3S/R$  (RTT alto)
- $S/R > \text{RTT}$  (RTT bajo)
- $4S/R > S/R + \text{RTT} > 2S/R$  o bien  $3S/R > \text{RTT} > S/R$  (RTT intermedio)

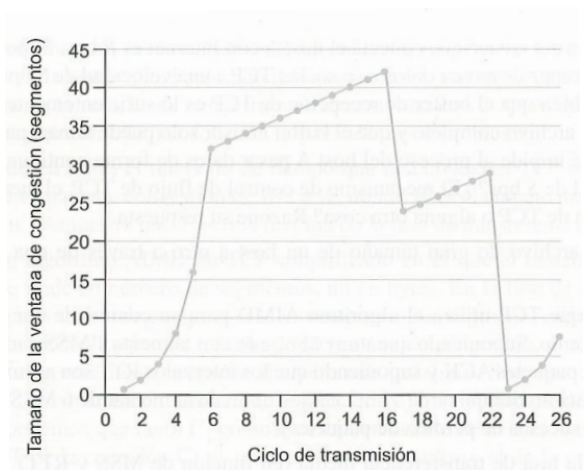
Para ello, dibujar los diagramas de tiempo que muestren los segmentos transmitidos.

13. Explica brevemente qué es el control de flujo y cómo funciona en TCP.
14. Supongamos una aplicación que consiste en el envío y recepción de palabras entre dos hosts A y B usando TCP como protocolo de transporte y que la aplicación fuerza un PUSH con cada palabra. Un host envía un ACK cuando recibe un segmento del otro. El host A utiliza el puerto 5301 y el host B el 6666. En un instante determinado el host A tiene como número de secuencia el 76, el host B el 145 y la ventana otorgada es de 50 bytes. A continuación el host A envía las palabras 'no' 'encuentro' 'nada' y justo después el host B responde con las palabras 'buscaste' 'mal'. Dibujar un diagrama de tiempo que muestre todos los segmentos y ACKs enviados con sus números de secuencia, números de ACK, puertos origen y destino y tamaño de los datos en los siguientes casos:
- Suponiendo que todos los segmentos llegan en orden.
  - Suponiendo que el segundo segmento que envía A llega antes que el primero.
  - Supongamos que los segmentos enviados llegan en orden, el primer ACK se pierde y el segundo llega después de transcurrido el primer intervalo de fin de temporización.
15. Consideremos una única conexión TCP (Reno, con recuperación rápida) que emplea un enlace a 10 Mbps, que es el único entre los hosts emisor y receptor. Supongamos que se quiere enviar un archivo de gran tamaño y que el buffer de recepción es mucho mayor que la ventana de congestión. El tamaño de segmento TCP es de 1.500 bytes, el RTT es de 100 milisegundos y nunca se pierde un segmento por expiración del temporizador.

- a) ¿Cuál es el tamaño máximo de ventana (en segmentos) que esta conexión TCP puede alcanzar?
- b) ¿Cuáles son el tamaño medio de ventana (en segmentos) y la tasa de transferencia media (en bps) de esta conexión?
- c) Asumiendo que la ventana de congestión está en su valor máximo, ¿cuánto tarda esta conexión TCP en alcanzar de nuevo su tamaño de ventana máximo después de recuperarse de una pérdida de paquete?

16. En la figura se muestra el comportamiento de TCP Reno. Responder a las siguientes preguntas, razonando brevemente las respuestas.

- a) Identifica los intervalos de tiempo en los que TCP opera en inicio lento.
- b) Identifica los intervalos de tiempo en los que TCP opera en AIMD (evitación de la congestión).
- c) Al final del ciclo 16, ¿se detecta pérdida de segmento mediante 3 ACKs duplicados o mediante un fin de temporización?
- d) Al final del ciclo 22, ¿se detecta pérdida de segmento mediante 3 ACKs duplicados o mediante un fin de temporización?
- e) ¿Cuál es el valor inicial de `umbral`?
- f) ¿Cuál es el valor de `umbral` transcurridos 18 ciclos?
- g) ¿Cuál es el valor de `umbral` transcurridos 24 ciclos?
- h) ¿Durante qué ciclo se envía el segmento 100?
- i) Suponiendo que se detecta una pérdida de paquete después del ciclo 26 a causa de la recepción de 3 ACKs duplicados, ¿cuáles serán los valores de la ventana de congestión y `umbral`?
- j) Supón que se utiliza TCP Tahoe (no tiene recuperación rápida) y que se han recibido 3 ACKs duplicados en el ciclo 16. ¿Cuáles serán los valores de la ventana de congestión y `umbral` en el ciclo 19?
- k) Supón que se utiliza TCP Tahoe y que se produce un fin de temporización en el ciclo 22. ¿Cuántos segmentos han sido enviados desde ciclo 17 al 22, ambos incluidos?



17. Supongamos que llegan  $N$  paquetes simultáneamente a un router con destino a un enlace en el que no se está transmitiendo ningún paquete. El router tampoco tiene ningún paquete en la cola. Cada paquete tiene una longitud  $L$  y el enlace tiene una velocidad de transmisión  $R$ . ¿Cuál es el retardo medio de cola para los  $N$  paquetes?
18. Supongamos un router de Internet con 4 enlaces, numerados del 0 al 3, y que los paquetes son reenviados a las interfaces de los enlaces como se indica en la tabla:

Rango de direcciones destino	Interfaz de enlace
194.32.0.0 – 194.63.255.255	0
194.64.0.0 – 194.64.255.255	1
194.65.0.0 – 195.127.255.255	2
en cualquier otro caso	3

- a) Proporciona la tabla de reenvío en formato dirección base/máscara con seis entradas en total (incluida la de por defecto), que use la regla de coincidencia del prefijo más largo y que reenvíe los paquetes a las interfaces correctas.
- b) Indica la interfaz apropiada para los datagramas con las siguientes direcciones de destino y describe cómo se determina.
  - 1) 194.145.81.85
  - 2) 194.64.95.60
  - 3) 194.28.13.225

Nota: el rango de direcciones de la interfaz 2 va de 194... a 195...

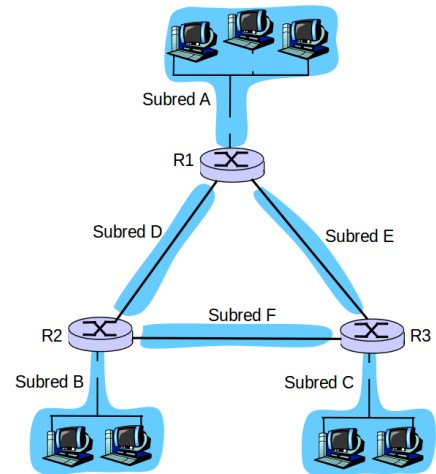
19. Supongamos que el ISP A conecta a 4 organizaciones, asignando las direcciones IP de la siguiente manera:

- 200.23.16.0/23 a la organización 0
- 200.23.18.0/23 a la organización 1
- 200.23.20.0/22 a la organización 2
- 200.23.24.0/21 a la organización 3

Además, el ISP B dispone del bloque de direcciones IP 199.31.0.0/16. Supongamos un router C de Internet, con una interfaz hacia el ISP A y otra al ISP B, además de otras interfaces hacia otros ISPs. Contesta razonando las respuestas.

- a) Indica las entradas en formato dirección base/máscara que tendrá el router C para encaminar paquetes con destinos pertenecientes los ISP A y B. Indica también la máscara en formato máscara.
- b) Supongamos ahora que la organización 1 cambia al ISP B, pero sin cambiar sus direcciones IP asignadas, ¿qué entradas tendrá ahora el router C?
- c) Indica cómo determina el router C la entrada apropiada para un datagrama con destino a 200.23.19.160 en ambos casos.

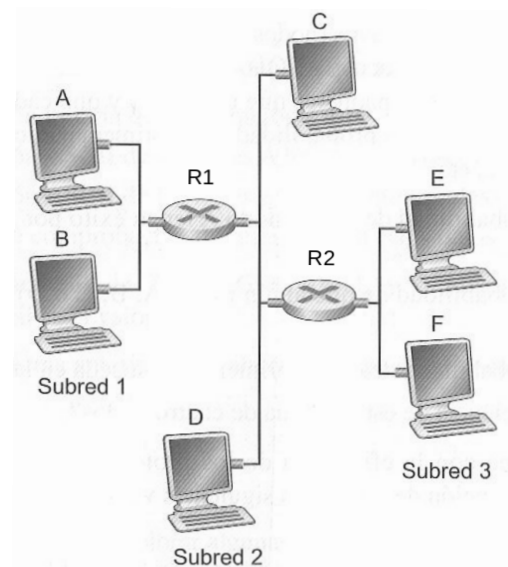
20. A partir de la red 193.144.130.0/23, asignar direcciones IP a cada una de las seis subredes de la figura, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones: la subred A dispondrá de direcciones suficientes como para dar soporte a 250 interfaces, la subred B a 120 interfaces y la subred C a 60 interfaces. Las subredes D, E y F, al no tener hosts conectados, es suficiente con dos interfaces cada una. Para cada una de las subredes, especificar la dirección de red (en formato a.b.c.d/x) y el rango de direcciones. En base a la asignación realizada, indicar las entradas que habría que incluir en el router R1. Si es posible, aplicar agregación de rutas.



21. Dada la red de la figura, proporciona direcciones IP y MAC para las interfaces de todos los hosts y de ambos routers R1 y R2. Supongamos que el host A envía un datagrama al host F. Indica las direcciones MAC origen y destino de la trama que contiene el datagrama a medida que se va transmitiendo:

- desde el host A al router R1,
- desde el router R1 al router R2,
- desde el router R2 al host F.

Indica también las direcciones IP origen y destino del datagrama contenido en la trama en cada uno de los instantes de tiempo.



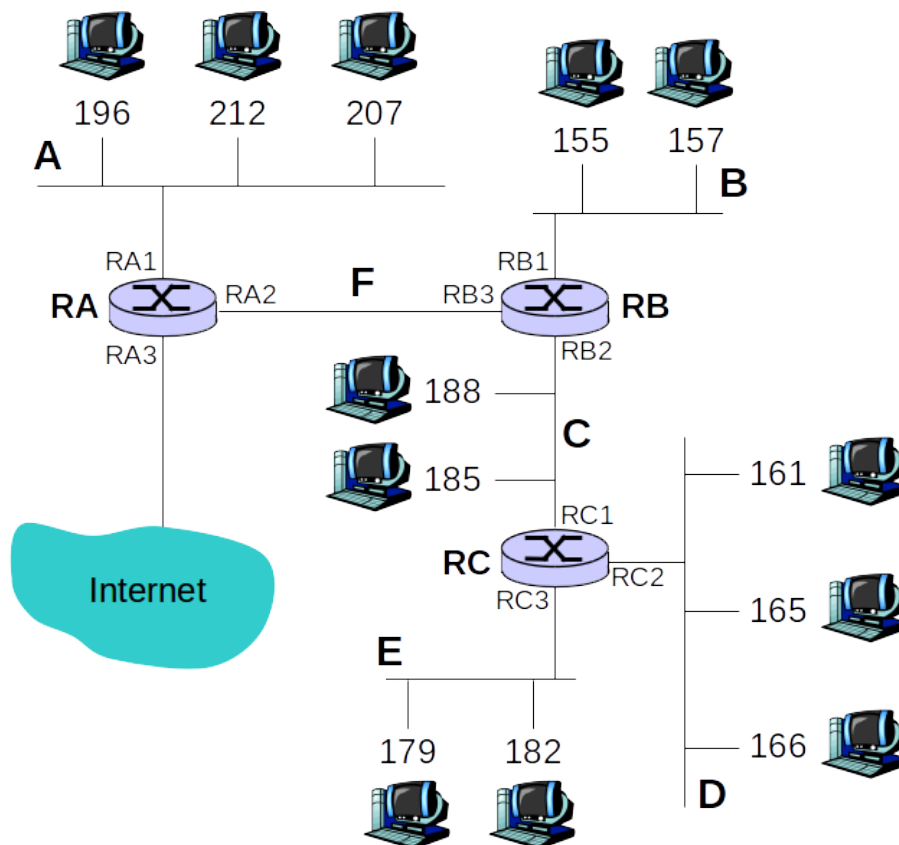
22. Suponer que un router ha construido la tabla de encaminamiento que se muestra a continuación. El router puede entregar paquetes directamente por las interfaces 0 y 1 o puede reenviar paquetes a los routers R2, R3 o R4. Asumir que el router busca la correspondencia con el prefijo más largo. Describir qué hace el router con un paquete dirigido a cada uno de los destinos siguientes:

- 128.96.171.92
- 128.96.167.151
- 128.96.163.151
- 128.96.169.192
- 128.96.165.121

Subred	SiguienteSalto
128.96.164.0/22	Interfaz 0
128.96.170.0/23	Interfaz 1
128.96.168.0/23	R2
128.96.166.0/23	R3
<por defecto>	R4

**Tabla de encaminamiento del router**

23. Considerar la red de la figura, en la que la dirección IP de todas las interfaces es 199.53.10.X. En la figura se muestra X para los hosts. Contestar de forma razonada a las siguientes preguntas.



- Determinar la máscara de la subred A, en formato sufijo y dirección. Indicar las opciones posibles.
- Determinar la máscara de la subred D, en formato sufijo y dirección. Indicar las opciones posibles.
- ¿Se podría cambiar la IP del host 199.53.10.155 por la IP 199.53.10.159?
- Indica la dirección base de la subred B, asumiendo la máscara más grande.
- En el router RB, para encaminar paquetes hacia las subredes D y E, ¿se usan dos entradas independientes o una entrada agregada?
- En el router RB, para encaminar paquetes hacia la subred A, ¿se usa la entrada por defecto o hay una entrada para A?
- En el router RA, para encaminar paquetes hacia las subredes C, D y E, ¿se usan entradas independientes o una entrada agregada?
- Si se realiza un ping desde el host 199.53.10.182 al 199.53.10.212, ¿cuál es la dirección MAC destino en la subred E?

24. Determina si las siguientes direcciones IPv6 son correctas o no. Razona las respuestas.

- ::0f53:6382:ab00:67db:bb27:7332
- 7803:42f2:::88ec:d4ba:b75d:11cd
- ::4ba8:95cc::db97:4eab
- 74dc::02ba
- ::ffff:128.112.92.116
- :::1

25. Desde un navegador en un PC de casa voy a la página `whatismyip.com` y me indica que la IP que estoy usando es 81.36.100.42. Desde un terminal ejecuto `ifconfig` o `ip address show` y me devuelve 192.168.1.109. También desde el terminal ejecuto `dig www.cesga.es` y me devuelve en la ANSWER SECTION 193.144.34.236. Desde el navegador accedo a `www.cesga.es`.
- ¿Cuáles son la IP origen, puerto origen, IP destino y puerto destino en el datagrama **una vez que ha dejado router de casa?**
  - ¿Cuáles son la IP origen, puerto origen, IP destino y puerto destino en el datagrama **de respuesta que viaja por la red de casa?**
  - Indica también cómo se llama el mecanismo utilizado y qué significan sus siglas.
26. Suponer que la MTU de los enlaces entre el host A y el host B está limitado a 1.500 bytes. Se utiliza un protocolo de aplicación para transferencia de archivos con una cabecera de 64 bytes. Indicar cuántos datagramas IPv4 del host A al host B se necesitarían para enviar un archivo de 4.096 bytes en los siguientes casos:
- La aplicación utiliza TCP con un MSS de 1.400 bytes y es necesario establecer la conexión. No considerar la fase de desconexión.
  - La aplicación utiliza UDP.
- Especificar para cada caso el tamaño, el valor del campo identificación suponiendo que comienza en 356, el valor de los indicadores MF (Más Fragmentos) y NF (No Fragmentar) y el valor del campo desplazamiento de fragmento de cada uno de los datagramas. Asumir el tamaño de las cabeceras sin opciones: TCP de 20 bytes, UDP de 8 bytes, IPv4 de 20 bytes e IPv6 de 40 bytes. ¿Qué ocurriría en ambos casos con IPv6?
27. Se desea diseñar un sistema de comunicaciones basado en CSMA/CD que interconecte equipos a lo largo de una distancia de 500 metros. Suponiendo que la velocidad de transmisión es de 5 Mbps, el retardo de propagación es de  $0,02 \mu\text{s}/\text{m}$  y que el tiempo máximo de transmisión de una estación debe ser inferior a 1 ms, determinar el tamaño máximo y mínimo de las tramas en bits.
28. Se desea diseñar un sistema de comunicaciones basado en CSMA/CD que interconecte equipos a lo largo de una distancia de  $D$  metros. Suponiendo que la velocidad de transmisión  $R$  es de 1 Gbps, el retardo de propagación  $t_p$  es de  $5 \text{ ns}/\text{m}$ , el tamaño máximo de las tramas es de 1.518 bytes y el tamaño mínimo de 64 bytes, ¿cuáles son los tamaños máximo y mínimo de los segmentos  $D$ ?
29. Suponer un conmutador Ethernet con autoaprendizaje que tiene seis nodos, A, B, C, D, E y F, conectados en estrella. Supongamos que ocurren los siguientes sucesos en orden:
- B envía una trama a E
  - E responde enviando una trama a B
  - A envía una trama a B
  - B responde enviando una trama a A

Inicialmente la tabla del conmutador está vacía. Mostrar el estado de la tabla del conmutador antes y después de cada uno de estos sucesos. Para cada suceso, identificar el enlace o los enlaces a través de los cuales se reenviará la trama transmitida y justificar brevemente las respuestas.



30. Suponer que hay cuatro nodos conectados a un concentrador mediante enlaces Ethernet a 10 Mbps. Las distancias entre el concentrador y estos cuatro nodos son 300, 400, 500 y 700 metros, respectivamente. La velocidad de propagación de la señal es de  $2 \times 10^8$  m/s. ¿Cuál es el tamaño mínimo de trama requerido? ¿Cuál es el tamaño máximo de trama requerido?
31. Supongamos que se quiere incrementar la velocidad de enlace en el cable Ethernet. ¿Cómo afectará esta actualización al tamaño mínimo de las tramas? Si se actualiza a una velocidad mayor y no es posible modificar el tamaño de la trama, ¿qué otra cosa se puede hacer para que la red pueda seguir operando correctamente?