

ARQUITECTURA DE REDES, SISTEMAS Y SERVICIOS

Conjunto de problemas 2.1 (2026-2027)

1. En la topología de la Figura 1 se presentan dos equipos extremo de una red de área extensa de una tecnología de conmutación de paquetes. Hay dos hosts extremo (A y B) y un conmutador (S). El equipo central denomina a sus dos interfaces “este” y “oeste” según su posición relativa. El enlace entre A y S tiene una longitud de 10Km y una tasa de transmisión de 10Mb/s full duplex. El enlace entre B y S tiene una longitud de 20Km y una tasa de transmisión también de 10Mb/s full duplex. La velocidad de propagación en ambos enlaces es de 200000Km/s. El nodo A envía 4 paquetes dirigidos a B. Todos los paquetes son de 1000 bytes. En cuanto completa el tiempo de transmisión de un paquete comienza la transmisión del siguiente. El conmutador tarda 5µs en procesar cada paquete para decidir por dónde debe reenviarlo. Una vez tiene decidido el puerto de salida, si el medio está libre comienza a transmitirlo. El conmutador tiene capacidad para almacenar 500 paquetes. Recuerde que al hablar de “cuando se completa el tiempo de transmisión” no se está teniendo en cuenta el tiempo de propagación, ya que el emisor solo sabe cuándo ha terminado de colocar la señal en el medio y no sabe cuándo esa señal llega al destino.

Dibuje un diagrama de tiempos para las transmisiones y propagaciones en los dos enlaces y calcule, si es posible, el instante de tiempo en que se completa la recepción del cuarto paquete en B, relativo al comienzo de la transmisión del primer paquete en A.

El host A envía un quinto paquete hacia B en cuanto termina de enviar el cuarto. Este paquete es de 64 bytes. Calcule el instante de tiempo en que este paquete termina de ser recibido en el host B

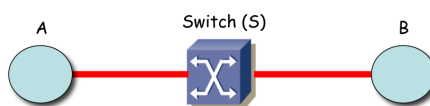


Figura 1 – Topología del problema

Solución: http://www.tlm.unavarra.es/videos/daniel/docencia/arss_itt/arss_itt26_27/?method=showVideo&videoId=1977935f

2. Empleando la misma topología de la Figura 1 suponga que el enlace A-S tiene una tasa de transmisión de 10Mb/s full duplex mientras que el enlace B-S una tasa de transmisión de 2Mb/s full duplex. Ambos enlaces son de 10Km de longitud. El medio empleado en el enlace A-S tiene una velocidad de propagación de 200000Km/s, mientras que el enlace B-S de 250000Km/s. El tiempo de procesado en el conmutador es despreciable. El conmutador es capaz de almacenar en memoria solo 3 paquetes simultáneamente. El host A envía 8 paquetes de tamaño 1000bytes hacia B consecutivos (cada uno al completar el tiempo de transmisión del anterior).

Dibuje un diagrama de tiempos para las transmisiones y propagaciones en los dos enlaces y calcule, si es posible, el instante de tiempo en que cada paquete llega (se completa la recepción) al host B.

Dibuje una gráfica que represente la ocupación de memoria en el conmutador. El eje de abscisas es el tiempo (relativo al comienzo de la transmisión del primer paquete en A) y el eje ordenadas la cantidad de paquetes en memoria del conmutador, entendiendo que un paquete pasa a estar en memoria en el instante en que se completa su recepción y deja de estarlo en el instante en el que se completa su transmisión. Estamos suponiendo que durante la recepción de los bits, hasta completarse la trama de nivel de enlace, es la interfaz quien va reconstruyendo el paquete en una memoria interna que no está contabilizada en la memoria que estamos analizando del conmutador (limitada a 3 paquetes) y que cuando indica a un interfaz que transmita un paquete espera a una indicación de que ha completado la transmisión para liberar la memoria ocupada por el paquete.

Solución: http://www.tlm.unavarra.es/videos/daniel/docencia/arss_itt/arss_itt26_27/?method=showVideo&videoId=6c732983

3. En la topología de la Figura 2 se presentan 3 equipos extremo de una red de área extensa de una tecnología de conmutación de paquetes. Hay tres hosts extremo (A, B y C) y un conmutador (S). El enlace A-S es de 40Km, 10Mb/s y 200000Km/s (distancia, tasa de transmisión y velocidad de propagación). El enlace B-S es de 80Km, 10Mb/s y 200000Km/s. El enlace C-S es de 100m, 5Mb/s y 200000 Km/s. Todos los enlaces son full duplex. El host B envía un paquete de 1000bytes dirigido a C, que será reenviado por S. 0.3ms más tarde del comienzo del envío de este paquete comienza A a enviar un paquete de 600bytes a C.

Dibuje un diagrama de tiempos para las transmisiones y propagaciones en los tres enlaces y calcule, si es posible, el instante de tiempo en que cada paquete llegará al host C.

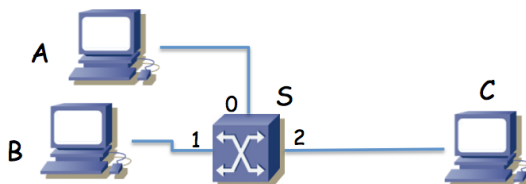


Figura 2 – Topología del problema

Solución: http://www.tlm.unavarra.es/videos/daniel/docencia/arss_itt/arss_itt26_27/?method=showVideo&videoId=426b0e5a

4. Empleando la topología de la Figura 1, la tasa de transmisión del enlace A-S es de 10Mb/s mientras que la del enlace B-S es de 15Mb/s. Ambos enlaces son de 10Km, full duplex, con una velocidad de propagación de 200000Km/s. En el instante $t=0$ el host A comienza a enviar un paquete de 1000bytes dirigido a B. En el mismo instante $t=0$ el host B comienza a enviar un paquete de 2000bytes dirigido al host A.

Dibuje un diagrama de tiempos para las transmisiones y propagaciones en los dos enlaces y calcule, si es posible, el instante de tiempo en que cada paquete llegará a su destino final. ¿Cuál ha llegado antes al destino?

Solución: http://www.tlm.unavarra.es/videos/daniel/docencia/arss_itt/arss_itt26_27/?method=showVideo&videoId=7e1665f8

5. En el escenario de la Figura 2 los nodos A y B envían paquetes al nodo C pasando por un conmutador de paquetes intermedio (S). El enlace A-S tiene una longitud de 10Km, el enlace B-S de 20Km y el S-C de 100m. Todos los enlaces son full duplex y con una velocidad de propagación de 200000 Km/s. Los enlaces A-S y B-S emplean una velocidad de transmisión de 10Mb/s. En el instante t_0 los nodos A y B comienzan a enviar sendos paquetes de 100bytes dirigidos al nodo C. El conmutador, cuando recibe un paquete, tarda 5 μ s en procesarlo y tomar la decisión de encaminamiento. Si el enlace por donde debe sacarlo está libre lo transmitirá inmediatamente y si no lo dejará almacenado en una memoria asociada a ese enlace de salida (lo que se llama una “cola a la salida”). En el momento en el que el enlace queda de nuevo libre se extrae el primer paquete que se hubiera introducido en esa memoria y se transmite (asumimos despreciable el tiempo entre que se termina de transmitir un paquete y se empieza a transmitir el que estaba esperando en memoria).

- Si el enlace S-C emplea una velocidad de transmisión de 20Mb/s, dibuje un diagrama de tiempos para las transmisiones y propagaciones en todos los enlaces y calcule, si es posible, el tiempo que pasará el paquete que envía A y el que envía B en memoria del conmutador. Calcule el instante en que llegará cada paquete a C.
- Repita los cálculos anteriores suponiendo que el enlace S-C emplea una velocidad de 5Mb/s.
- Suponga ahora que tanto A como B no envían un solo paquete sino dos cada uno, uno inmediatamente tras el anterior (“back to back”). El enlace S-C es de 10Mb/s. Calcule el tiempo que cada paquete pasa en memoria del conmutador. Calcule el instante en que el nodo C ha terminado de recibir el segundo paquete de A y el instante en que ha terminado de recibir el segundo de B. Haga una representación gráfica donde el eje de abscisas sea el tiempo transcurrido desde t_0 y el de ordenadas sea la cantidad de bits de paquetes que tiene el conmutador en memoria, contando los bits de los paquetes en memoria solo cuando se ha terminado de recibir el paquete completo (la interfaz lo entrega al procesador) y que se liberan en cuanto se decide empezar a enviar el paquete (el procesador lo entrega a memoria intermedia de la interfaz). A continuación, repita esa representación contando tanto la memoria del procesador como la del interfaz (eso quiere decir que cada bit que ha entrado en el interfaz cuenta, así como cada bit que ha sido enviado).

Solución: http://www.tlm.unavarra.es/videos/daniel/docencia/arss_itt/arss_itt26_27/?method=showVideo&videoId=c6b9fc55

6. Supongamos el escenario de la Figura 1 con un conmutador de paquetes entre dos equipos finales. En el nodo A se está digitalizando una señal de voz obteniendo una muestra de 1 byte cada 0.125ms. Estas muestras se acumulan en memoria hasta formar un paquete y en cuanto se completa el paquete se envía hacia el nodo B. El paquete es reenviado por el conmutador (store-and-forward) y finalmente alcanza el nodo B donde se reproduce la señal de voz. La velocidad de transmisión de ambos enlaces es de 155Mb/s, el tiempo de propagación para el total del camino es de 1ms y el conmutador tarda 0.5ms en tomar la decisión de conmutación. Cada paquete que se envía lleva L bytes de muestras de voz y una cabecera fija de 4bytes. Dado ese tamaño L, calcule cuál es el mínimo y el máximo tiempo que puede transcurrir entre que se genera una muestra de voz en el nodo A y ésta se tiene en el nodo B para poder reproducirla. Nota: el mínimo y el máximo no se logran variando L, sino que L es un dato fijo del problema.

Solución: http://www.tlm.unavarra.es/videos/daniel/docencia/arss_itt/arss_itt26_27/?method=showVideo&videoId=168edd75

7. En la Figura 3 se muestra parte de una red ATM (tecnología de conmutación de paquetes en la cual todos los paquetes son de 53 bytes). Todos los enlaces son simétricos full duplex. La tasa de transmisión de los enlaces con host es de 155Mb/s, la tasa de transmisión de los enlaces entre conmutadores es de 50M/ps. Los enlaces A-S1 y S1-S2 tiene una longitud de 1Km cada uno, el enlace B-S1 una longitud de 600m, el enlace S3-S2 de 200m y el enlace S2-C de 100m. La velocidad de propagación en todos los enlaces es de 200000Km/s. Los conmutadores tienen la capacidad de mantener en memoria hasta 200 paquetes. En el instante $t=0$ el host A comienza el envío de un paquete. En $t=4\mu$ s el host B comienza el envío de otro paquete. En $t=5\mu$ s comienza el conmutador S3 a enviar un paquete hacia S2. Todos estos paquetes se dirigen al host C. Todos los conmutadores tienen un tiempo de procesado de 1 μ s.

Dibuje un diagrama de tiempos para las transmisiones y propagaciones en todos los enlaces y calcule, si es posible, en qué instante de tiempo termina de llegar cada paquete de A y B al conmutador S2. Calcule también en qué instante de tiempo termina de llegar cada paquete al host C.

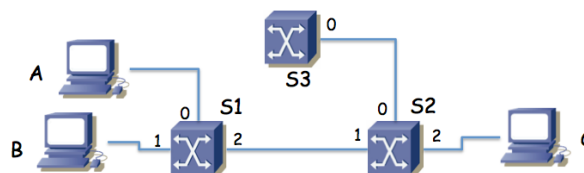


Figura 3 – Topología del problema

Solución: http://www.tlm.unavarra.es/videos/daniel/docencia/arss_itt/arss_itt26_27/?method=showVideo&videoId=251a1176

8. Dos hosts A y B se comunican a través de una red de conmutación de paquetes. El camino entre uno y otro por dicha red es simétrico y atraviesa 6 conmutadores que emplean store&forward. Todos los enlaces usan una tasa de transmisión de 10Gb/s full duplex, con una longitud del cable de 100m y una velocidad de propagación en todos ellos de 200000 Km/s. El tiempo de procesado en los conmutadores es despreciable. Se desea que en caso de que los enlaces no estén congestionados el tiempo que transcurra entre que se empieza a transmitir un paquete en A hasta que termina de recibirse en B no exceda de los 5 μ s. Calcule el tamaño máximo que deben tener los paquetes que envía A para cumplir ese requisito.

Solución: http://www.tlm.unavarra.es/videos/daniel/docencia/arss_itt/arss_itt26_27/?method=showVideo&videoId=d4e819e6

9. En la topología de la Figura 1 se presentan dos equipos extremos de una red de área extensa de una tecnología de conmutación de paquetes. El equipo central denomina a sus dos interfaces “este” y “oeste” según su posición relativa. Los enlaces que tiene con los dos equipos funcionan a una velocidad de transmisión de 40Mbps full duplex con paquetes de hasta 200 bytes de datos y cabeceras de 8 bytes. La velocidad de propagación es la misma en ambos enlaces (200000Km/s). El enlace oeste es de 50Km y el enlace este de 2Km. El nodo A quiere enviar un fichero de 2000 bytes al nodo B tan rápido como pueda.

Suponiendo que el conmutador tarda un tiempo despreciable en tomar la decisión de encaminamiento calcule el tiempo que transcurre entre que el nodo A empieza a enviar el primer paquete hasta que el nodo B termina de recibir el último.

Suponiendo que el tiempo de procesado para cada paquete en el conmutador es de 5 μ s, repita el cálculo anterior

Solución: http://www.tlm.unavarra.es/videos/daniel/docencia/arss_itt/arss_itt26_27/?method=showVideo&videoId=9d8f4bfb

10. Suponga el escenario de la Figura 1. La tecnología empleada se basa en conmutación de paquetes. Se va a enviar un bloque de datos de 1000 bytes. La PDU que se construye añade 10 bytes de cabecera. Una alternativa es enviar los 1000 bytes en un solo paquete que sería entonces de 1010 bytes. Otra posibilidad es partir ese bloque de datos en varios paquetes y enviarlos uno tras otro. Si en un caso cualquiera se divide en N paquetes aproximadamente iguales calcule el número de paquetes que se deberían emplear para minimizar el tiempo que transcurre entre que se empieza a enviar el primero en A y se termina de recibir el último en B.

Solución: http://www.tlm.unavarra.es/videos/daniel/docencia/arss_itt/arss_itt26_27/?method=showVideo&videoId=1c6faf40

11. Dos equipos A y B están unidos a través de un conmutador de paquetes (Figura 1). El enlace entre el nodo A y el conmutador de paquetes emplea una tasa de transmisión de 10Mb/s full duplex. El enlace entre el conmutador y el nodo B emplea una tasa de transmisión de 2Mb/s full duplex. Una aplicación en el nodo A envía un flujo de paquetes hacia B con un espaciado constante de 0.45ms (entre el comienzo de dos transmisiones consecutivas). Los paquetes tienen todos unos tamaños de 2000bits. El nodo de conmutación puede mantener en memoria un máximo de dos paquetes a la espera de comenzar la transmisión. ¿Qué paquetes no llegan al nodo B? Calcule el tiempo que hará falta para que se transmitan 10 paquetes que lleguen al nodo B. Dibuje el diagrama de tiempos.

Solución: http://www.tlm.unavarra.es/videos/daniel/docencia/arss_itt/arss_itt26_27/?method=showVideo&videoId=c1933fac

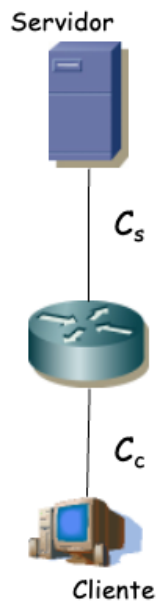
12. Supongamos el escenario de la Figura 1 con un conmutador de paquetes entre dos equipos finales. El enlace entre el nodo A y el conmutador es de 10Mb/s full-duplex mientras que el que hay entre el conmutador y el nodo B es de 100Mb/s full-duplex. La distancia de cada enlace es de 80Km y la velocidad de propagación es de 200000Km/s. El nodo A envía paquetes de 200Bytes uno tras otro a máxima velocidad hacia el nodo B. Por cada paquete que recibe completamente, B envía de vuelta a A un paquete de 20Bytes. Calcule cuántos paquetes ha transmitido (aunque no hayan llegado) completamente A en el instante en que recibe el primer paquete de B. El tiempo de procesado en el conmutador puede suponerlo despreciable, así como el tiempo entre que B recibe un paquete y comienza a enviar su respuesta. Dibuje un diagrama de tiempos que permita hacer el cálculo propuesto.

13. Por un enlace con una tasa de transmisión de 15Mb/s se envían los paquetes cuyos instantes de inicio de transmisión y tamaño se muestran en la Tabla 1. Dibuje el throughput medio frente al tiempo en intervalos de 0.5s y en intervalos de 1s.

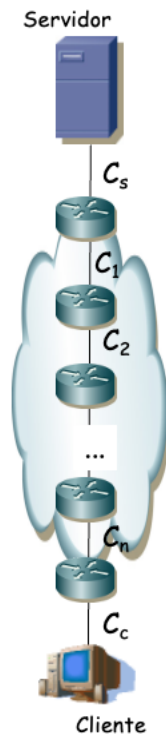
Tabla 1 – Tiempos y tamaños

T	BYTES
0	100
0.2	200
0.6	100
0.75	300
1.1	4000
1.4	512
1.5	876
1.9	1024
3.2	1500
3.5	256

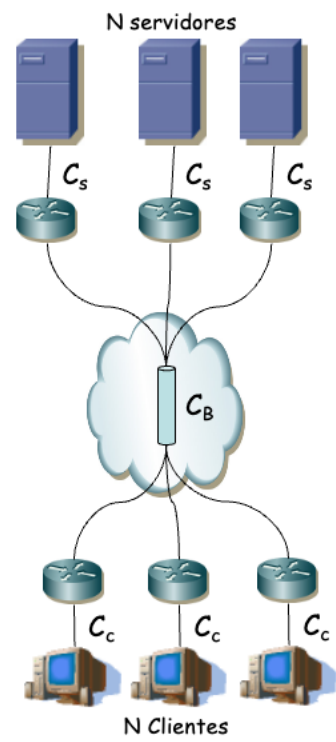
14. En los casos de la Figura 4 se están intentando comunicar aplicaciones de dos hosts “Servidor” con los hosts “Cliente”. Un cliente descarga un fichero de un servidor. Los C_x describen la velocidad de transmisión de los enlaces marcados. Las tecnologías permiten enviar paquetes uno a continuación de otro sin más control y no hay más tráfico que el descrito. En el caso (c) los caminos del tráfico entre los servidores y los clientes comparten un enlace con capacidad C_B menor que el resto de los enlaces entre los conmutadores mostrados. Discuta el tiempo que tardará la transferencia de un fichero en cada uno de los escenarios.



(a)



(b)



(c)

Figura 4 – Escenarios del problema

Solución: http://www.tlm.unavarra.es/videos/daniel/docencia/arss_itt/arss_itt26_27/?method=showVideo&videoId=c226cf42