

ARQUITECTURA DE REDES, SISTEMAS Y SERVICIOS

Conjunto de problemas 2.2 (2026-2027)

1. Supongamos cierta tecnología de LAN inalámbrica en la cual si un PC recibe transmisiones simultáneas de más de una máquina se corrompe la recepción de todos los paquetes. Se colocan 3 PCs (PC1, PC2 y PC3) solos en esa LAN. La distancia de PC1 a PC3 es d_{13} , la distancia de PC2 a PC3 es d_{23} . PC1 y PC2 comienzan a enviar en el mismo instante un paquete dirigido a PC3. El tamaño del paquete enviado por PC1 es L_{13} y el enviado por PC2 es L_{23} . La velocidad de propagación de la señal es c y la velocidad de transmisión es v . El receptor solo es capaz de recibir una señal a la vez, así que si le está llegando de forma simultánea señales de varios orígenes se solapan y no puede recibir correctamente ninguno de los mensajes ¿Cuál es el tamaño máximo que puede tener el paquete que envía PC1 para que no esté llegando en el mismo instante de tiempo la señal de los dos orígenes al PC3? Dibuje un diagrama de tiempos.
2. Dos redes de conmutación de paquetes se encuentra localizadas en sedes de una empresa en edificios diferentes (Figura 1). Cada una de estas redes está formada por un conmutador con interfaces con una velocidad de transmisión de 100Mb/s para los ordenadores, con cables de 100m hasta los mismos. Las dos redes se interconectan mediante un enlace a través de una WAN que transporta los paquetes a una velocidad de 2Mb/s. La distancia que recorre el medio de transmisión en la WAN es de 30Km. Las aplicaciones que se emplean en las dos sedes están relacionadas con la compra-venta de acciones en bolsa, escenario en el cual en poco tiempo pueden fluctuar los precios y convertir el beneficio de una venta en una pérdida. Por ello, se desea acotar el retardo que sufre la comunicación entre las aplicaciones en ambas sedes. Se impone al gestor de red que el retardo en un sentido no exceda de 500 μ s. Se refiere al tiempo entre que una aplicación en una sede empieza a enviar una trama y ésta se recibe en la máquina destino. Suponga en todos los enlaces una velocidad de propagación de 200000Km/s.

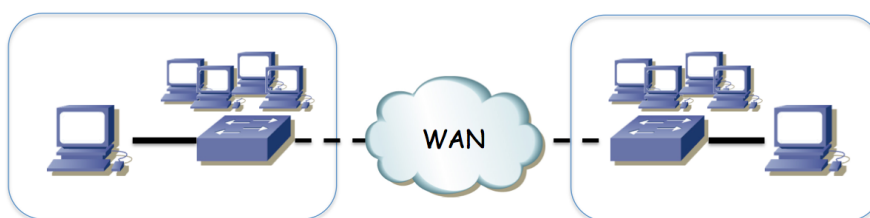


Figura 1 – Topología del problema

Las aplicaciones envían paquetes con muy poca información. Suponiendo un paquete de 64Bytes calcule el retardo mínimo que sufre de un ordenador en un edificio a otro en el otro.

¿Podría darse un retardo mayor que 100ms para paquetes de ese tamaño? Si es así ponga un ejemplo de cómo podría darse y si no demuestre que no puede suceder.

3. Una tecnología de conmutación de paquetes emplea paquetes de tamaño variable con un tamaño mínimo de 64 bytes y tamaño máximo de 1518bytes. Un enlace entre dos hosts atraviesa un único equipo de conmutación (Figura 2). Este equipo emplea almacenamiento y reenvío y añade un retardo de procesamiento a los paquetes de 80 μ s. La velocidad de transmisión en los enlaces es de 10Mb/s en uno y de 2Mb/s en el otro. La velocidad de propagación en el medio es de 220000Km/s. La distancia del nodo A al conmutador es de 100m. Calcule la máxima longitud que puede tener el enlace entre el conmutador y el nodo B de tal forma que, en situaciones de cola vacía en el interfaz de salida del conmutador, un paquete no tarde más de 8ms en ir desde el nodo A al nodo B (midiendo el tiempo desde que empieza a ser transmitido en A y hasta que termina de ser recibido en B).

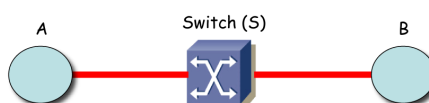


Figura 2 – Topología del problema

4. Suponga un conmutador de paquetes S que emplea almacenamiento y reenvío con un tiempo despreciable de procesado, que se encuentra entre dos hosts A y B. Los enlaces son full duplex, el enlace A-S con una tasa de transmisión v_1 y el enlace S-B con una tasa de transmisión v_2 . El retardo de propagación en el enlace A-S es t_{p1} y en el enlace S-B es t_{p2} . El host A envía dos paquetes consecutivos de tamaño L. Deduzca una expresión para el retardo en cola que sufre el segundo paquete.
5. Supongamos el escenario de la Figura 2 con un conmutador de paquetes entre dos equipos finales. El tiempo de propagación en el enlace A-S es t_{p1} y el tiempo de propagación en el enlace S-B es t_{p2} . El equipo A envía paquetes a B uno tras otro de forma continua. Todos tienen el mismo tamaño y dado éste y la velocidad de transmisión de cada enlace el tiempo de transmisión de los paquetes en el enlace A-S es t_{tx} y en el enlace S-B es $2t_{tx}$. Calcule una expresión que en función de los parámetros indicados devuelva el número de paquetes que ha enviado completamente A en el instante en que termina de llegar el primer paquete a B. Dada una velocidad de propagación v idéntica en ambos enlaces indique qué distancia debería haber entre cada par de equipos para que cuando llegue el primer paquete a B se hayan terminado de enviar al menos 5 paquetes en A. Calcule una expresión que en función de los parámetros indicados devuelva el número de paquetes que ha enviado completamente A en el instante en que termina de llegar el paquete n-ésimo a B.

6. Supongamos el escenario de la Figura 2 con un conmutador de paquetes entre dos equipos finales. El primer enlace es a 10Mb/s y el segundo a 8Mb/s (ambos son full duplex). La distancia de cada enlace es de 80Km y la velocidad de propagación es de 200000Km/s. Una aplicación en el nodo A envía paquetes de 1400bytes hacia el nodo B. Tras terminar de enviar un paquete espera 200ms antes de empezar a transmitir el siguiente. El equipo de conmutación dedica 50ms a procesar cada paquete que le llega antes de poder reenviarlo, empleando para ello store&forward. Dibuje un diagrama de tiempos que permita calcular el throughput de datos y calcúlelo.
7. Suponga un enlace de un conmutador por el que recibe paquetes de otro equipo que empiezan a llegar en los instantes respectivos 0, 0.3, 0.6, 0.75, 1.1, 1.4, 1.6, 1.9, 3.2 y 3.5 segundos. Los tamaños respectivos de los paquetes son 100, 200, 100, 300, 4000, 512, 876, 1024, 1500 y 256 bytes. La tasa de transmisión de ese enlace es de 1.5Mb/s. Tomando el eje de tiempo marque en él el intervalo que dura la recepción de cada paquete. Calcule el throughput medio en cada intervalo de 0.5 segundos. Calcule el throughput medio en cada intervalo de 1 segundo. Calcule el throughput medio en cada intervalo de 2 segundos. Haga representaciones gráficas (eje horizontal el instante medio del intervalo, eje vertical el valor del throughput medio).
8. Dos hosts se encuentran interconectados a través de una WAN basada en conmutación de paquetes. El camino entre un host y el otro es simétrico y atraviesa un solo conmutador de la WAN. Uno de los enlaces emplea una tasa de transmisión de 25Mb/s y el otro de 100Mb/s, ambos full-duplex. Uno de los hosts envía dos paquetes consecutivos de L bytes dirigidos al otro extremo. En el mismo instante comienza el otro host también a enviar otros dos paquetes consecutivos de idéntico tamaño al otro extremo. Interesa el instante en que termina de llegar una secuencia de dos paquetes al otro extremo. Demuestre gráficamente cuál de los dos hosts recibe primero los dos paquetes.
9. La Figura 3 muestra un conmutador de paquetes interconectando 3 hosts. Los paquetes pueden ser de cualquier número de bytes entre 64 y 1518. Todos los enlaces son full duplex a 10Mb/s. En un interfaz cualquiera (de un host, de un switch, etc) una trama no puede comenzar a enviarse inmediatamente a continuación de terminar de enviar la anterior. Entre ambas debe dejarse un tiempo libre equivalente al tiempo de envío de 20bytes y tendremos esto en cuenta en este problema. El tiempo que tarda el conmutador en procesar una trama para decidir si es correcta y por dónde reenviarla es de 5 μ s. Consideraremos despreciable el retardo de propagación en todos los cables dado que son de pocos metros. El conmutador cuenta con una memoria compartida de 128MiBytes para almacenar paquetes. El conmutador reenvía por un puerto de salida las tramas en el mismo orden en que las recibe, contando el instante en que termina de recibirse cada trama (independientemente del puerto por el que se haya recibido).

Comenzando en el instante $t_0=0$ el host A envía dos tramas consecutivas al host C, la primera del tamaño máximo y la segunda del tamaño mínimo. Calcule el instante de tiempo (relativo a t_0) en que cada una de esas dos tramas termina de ser recibida en el host C. Dibuje el diagrama de tiempos.

Ahora suponga que en el instante 1220 μ s (a contar desde t_0) el host B envía 3 tramas consecutivas del tamaño mínimo al host C y el host C envía empezando en el mismo instante otras 3 tramas consecutivas del tamaño mínimo al host A. Calcule ahora el instante en que termina de llegar cada trama enviada por A a C. Dibuje el diagrama de tiempos.

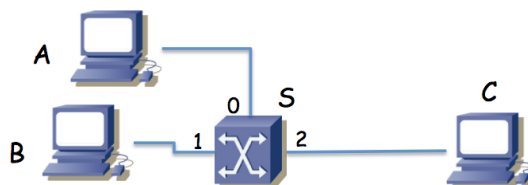


Figura 3 – Topología del problema

10. Dos hosts A y B se comunican a través de un conmutador de paquetes S que hace almacenamiento y reenvío (Figura 1). Ambos enlaces son full duplex de tasa simétrica. El enlace entre A y el conmutador es a 10Mb/s. El enlace entre B y el conmutador es a 1Mb/s. El conmutador es capaz de mantener un máximo de 2 paquetes en memoria (sin contar los paquetes que en ese momento esté recibiendo o enviando pues se encuentran en la memoria de los interfaces correspondientes). El tiempo de conmutación en S es despreciable. El host A envía paquetes a B. Envía 3 paquetes de 100bytes cada uno, uno tras otro sin tiempo de espera entre ellos. Tras terminar la transmisión del tercer paquete espera T segundos inactivo y envía de nuevo otros 3 paquetes idénticos, repitiendo continuamente este proceso de pausas y envíos.
- Calcule el mínimo valor de T para que no se pierda ningún paquete de la segunda ráfaga. Explique cómo depende este tiempo de los retardos de propagación en cada uno de los enlaces. Describa qué sucederá con los paquetes de la tercera ráfaga.
11. La Figura 3 muestra una red de una tecnología de conmutación de paquetes con 3 hosts interconectados. Los conmutadores trabajan en capa 2, reenviando tramas. El nivel físico no puede enviar dos paquetes completamente adyacentes, sino que debe dejar el canal libre durante el tiempo equivalente a la transmisión de 24 bits antes de cada nueva transmisión. Las PDUs de capa 2 cuentan con una cabecera de 16 bytes, un bloque de datos de entre 20 y 500 bytes y una cola de 2 bytes. Si no hay suficientes datos para alcanzar el mínimo se rellena hasta el tamaño mínimo con bytes a cero. Los hosts envían dentro de las tramas los mensajes de una aplicación distribuida.

Los enlaces de los hosts A y B son full duplex a 256Kb/s mientras que el de C es full duplex a 512Kb/s. El enlace de A tiene una longitud de 500m; el de B de 2Km y el de C de 20m. La velocidad de propagación en todos los enlaces es de 220000Km/s.

El conmutador hace conmutación de datagramas con almacenamiento y reenvío de los paquetes y tarda 0.5ms en procesar una trama para decidir si es correcta y por dónde reenviarla. Posee una memoria de 32KiB para almacenar paquetes que vengan de cualquier puerto.

En el instante $t=0$ el host A manda un mensaje al C. Es una petición de una aplicación, que ocupa solo 8bytes y que se envía dentro de una trama de nivel de enlace. En respuesta C le envía un mensaje de aplicación de 400bytes. En el instante $t=4s$ el host B manda también un mensaje de 8bytes a C y éste le responde con uno de 500bytes. El host C tarda 1ms entre que recibe un mensaje de A o B y que tiene lista para enviar la respuesta.

Calcule en qué instante llegará a su destino cada uno de los mensajes que envía C (si es que llegan).

12. ¿Qué es un protocolo? ¿Qué es una PDU? Enumere y describa ventajas e inconvenientes de emplear una arquitectura de protocolos en capas. ¿En qué se diferencia un “protocolo” de un “interfaz” y de un “servicio” al hablar de una arquitectura de protocolos en capas? Explique diferencias entre la arquitectura de protocolos OSI y TCP/IP. ¿En qué nivel se encuentra el protocolo IP? Explique para qué sirve el encapsulado, qué inconvenientes presenta.
13. En el escenario de la Figura 4 calcule el tiempo mínimo y máximo que puede tardar una trama que envíe el PC A en llegar al PC F. Los enlaces de línea fina son a 100Mb/s y los de línea gruesa negra son a 1Gb/s.

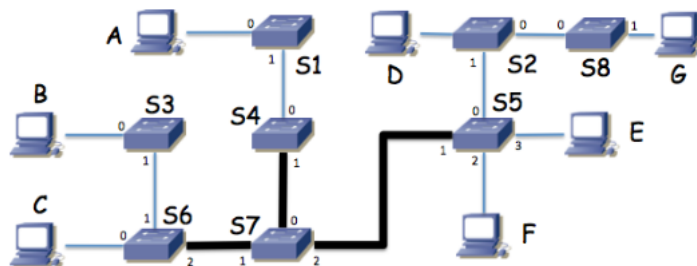


Figura 4 – Topología del problema

Solución: http://www.tlm.unavarra.es/videos/daniel/docencia/arss_itt/arss_itt26_27/?method=showVideo&videoId=c0488902

14. La comunicación entre dos hosts emplea la red de la Figura 5, con una tecnología de conmutación de paquetes. Las velocidades mostradas en la figura son a nivel físico, donde este nivel añade un preámbulo de 96 bits a cada trama de nivel de enlace que envía. El nivel de enlace crea PDUs de entre 64 y 1518 bytes, donde los datos son como máximo 1492 bytes. Los conmutadores de la figura trabajan en capa 2. Los hosts emplean un protocolo de capa 3 cuyas PDUs están formadas por una cabecera de 20 bytes y entre 0 y 20000 bytes de datos, y un protocolo de capa 4 cuyas PDUs están formadas por 12 bytes de cabecera y entre 0 y 1000 bytes de datos. Por cada segmento con datos que recibe correctamente un extremo de transporte envía otro de vuelta de tamaño mínimo confirmando su recepción. Solo puede haber un segmento enviado sin haber recibido confirmación. Suponemos que no se corrompen los datos en el camino, así que todos los paquetes llegan correctamente. Estime la máxima velocidad de transferencia promedio que puede experimentar una aplicación que emplea este conjunto de protocolos. ¿Qué cambiaría si los conmutadores fueran capa 3?

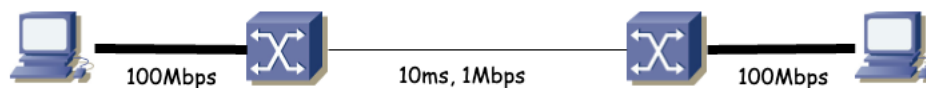


Figura 5 – Topología del problema

15. La comunicación entre dos hosts emplea la red de la Figura 6. Hay dos tecnologías que se diferencian en sus niveles de enlace y físico, así como conmutadores en capa 2 y en capa 3 (marcados con diferente icono en la figura). El protocolo de transporte construye PDUs con entre 0 y 65535 bytes de datos y una cabecera de 24 bytes. El protocolo de nivel de red crea PDUs con entre 0 y 65535 bytes de datos y 20 bytes de cabecera. La tecnología 1 construye PDUs con 14 bytes de cabecera, una MTU de 1500 bytes y 4 bytes de cola, con un tamaño mínimo de trama de 64 bytes. El nivel físico de la tecnología 1 requiere que las tramas estén separadas en al menos el tiempo de transmitir 12 bytes y añade un preámbulo de 8 bytes a cada trama que envía para sincronización física. La tecnología 2 construye PDUs de capa 2 con 6 bytes de cabecera, 1 byte de cola y entre 0 y 65535 bytes de datos. En nivel físico la tecnología 2 no añade nada. La aplicación sobre el nivel de transporte quiere enviar un bloque de 500 bytes de datos. Describa las PDUs de cada nivel en cada salto.



Figura 6 – Topología de red del problema

Solución: http://www.tlm.unavarra.es/videos/daniel/docencia/arss_itt/arss_itt26_27/?method=showVideo&videoId=42c17ef4

16. La comunicación entre dos hosts emplea la red de la Figura 7. Hay tres tecnologías que se diferencian en sus niveles de enlace y físico, así como conmutadores en capa 2 y en capa 3 (marcados con diferente icono en la figura). El protocolo de transporte construye PDUs con entre 0 y 1200 bytes de datos y una cabecera de 8 bytes. El protocolo de nivel de red crea PDUs con entre 0 y 65535 bytes de datos y 20 bytes de cabecera. El nivel de enlace de la tecnología 1 construye PDUs con 14 bytes de cabecera, entre

46 y 1500 bytes de datos y 4 bytes de cola. El nivel físico de la tecnología 1 emplea una tasa de transmisión de 100Mb/s full dúplex simétricos y añade un preámbulo de 160 bytes a cada trama que envía para sincronización física. La velocidad de propagación en los enlaces mostrados de esta tecnología es de 250000Km/s y la longitud de todos ellos es 100m. La tecnología 2 construye PDUs de capa 2 con 10 bytes de cabecera y un número ilimitado de bytes de datos. En nivel físico la tecnología 2 no añade nada y sus enlaces son full duplex, pero las velocidades de transmisión pueden ser asimétricas. La velocidad de propagación en los enlaces de la tecnología 2 es de 250000Km/s (en la figura se muestran distancias y velocidades de transmisión). La tecnología 3 emplea el mismo nivel de enlace que la tecnología 2 (por eso pueden unirse con conmutadores capa 2) y tampoco añade sobrecarga en nivel físico, pero su velocidad de transmisión es de 1Gb/s. Todos los enlaces de la tecnología 3 tienen 1ms de retardo de propagación. Una aplicación en el host A envía un segmento de transporte del tamaño máximo dirigido a B. Indique el número de bits de nivel físico que se envían en el enlace entre A y RA y el enlace entre S2 y S3 y cómo son las PDUs que se forman. Calcule el retardo total que sufre para llegar a B.

El host B envía un segmento de transporte de tamaño mínimo a A. Calcule el retardo total que sufre para llegar a A.

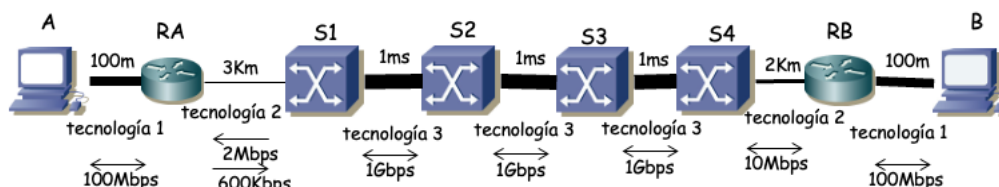


Figura 7 – Topología de red del problema

Solución: http://www.tlm.unavarra.es/videos/daniel/docencia/arss_itt/arss_itt26_27/?method=showVideo&videoId=47df0657