

ARQUITECTURA DE REDES, SISTEMAS Y SERVICIOS

Conjunto de problemas 3

1. En la Figura 1 todos los enlaces son simétricos full duplex. Los enlaces en línea gruesa emplean una tasa de transmisión de 100Mb/s y el enlace en línea fina de 1Mb/s. La longitud de los enlaces a 100Mb/s es muy pequeña y conlleva un retardo de propagación despreciable frente al retardo en el enlace a 1Mb/s. El enlace a 1Mb/s es un circuito en una WAN con un retardo para atravesarlo de 10ms (sin contar el tiempo de transmisión). Los conmutadores son capa 2 y emplean almacenamiento y reenvío con una tecnología Ethernet con encapsulado LLC/SNAP. El nivel físico de los enlaces a 100Mb/s añade a cada trama un preámbulo de 96 bits; mientras que el del enlace WAN no añade nada. Se emplea (en los hosts) en la comunicación extremo a extremo además un protocolo de nivel de red (IPv4) que construye PDUs con 20 bytes de cabecera (mínimo, pero que consideraremos siempre así) y un tamaño variable de datos (pueden ser 0), resultando un paquete de capa 3 de un máximo de 65535bytes. Los hosts extremo también emplean un protocolo de nivel de transporte que forma las PDUs mediante unas cabeceras de 12bytes y un bloque de datos de entre 0 y 1000 bytes. Ese protocolo de transporte puede fragmentar los bloques de datos que le entregue la aplicación para crear segmentos que no excedan los 1000bytes de datos. Por cada segmento de transporte con datos que recibe un host envía de vuelta un segmento del tamaño mínimo (sin datos) que sirve para confirmar al origen la correcta recepción del correspondiente segmento de datos. Tras enviar un segmento con datos no puede enviar uno nuevo hasta haber recibido la confirmación del anterior (Stop & Wait).

Se quiere transferir un fichero de 3500bytes a la máxima velocidad que permitan los protocolos. Haga un diagrama temporal (tiempo en el eje vertical, espacio en el horizontal) en el que represente el envío de los paquetes que se generen desde el host A al host B y sus correspondientes confirmaciones de vuelta hasta el host A.

Calcule a qué velocidad promedio ve el usuario que se ha transferido el fichero.

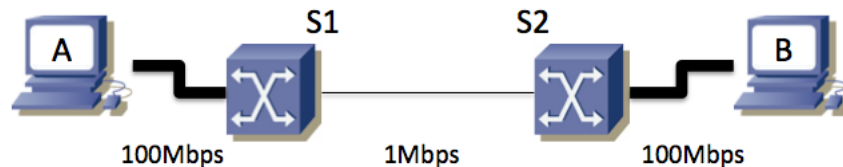


Figura 1 - Topología del problema 1

2. En la Figura 2 se muestra una red Ethernet entre edificios de varias ciudades. Los enlaces sin etiquetar son todos a 1Gb/s y con unos 0.4μs de retardo de propagación. Los enlaces en línea gruesa atraviesan una WAN. Se puede considerar cada WAN como un simple enlace punto a punto (como viene en la figura). El enlace que hay entre S2 y S6 es a 100Mb/s y el que hay entre S6 y S7 a 4Mb/s, ambos con una velocidad de propagación de 220000Km/s. Todos los enlaces son full duplex y los equipos de red mostrados son puentes Ethernet.

El protocolo de nivel de red empleado por los hosts añade una cabecera de 20bytes y el tamaño máximo de su PDU es de 65535 bytes. El protocolo de nivel de transporte empleado añade una cabecera de 8bytes y el tamaño máximo de su PDU es de 16535 bytes.

En $t=0$ una aplicación en PC1 envía un bloque de 1400 bytes que entrega al nivel de transporte. La trama Ethernet que se construye inunda la red.

En $t=0.4ms$ una aplicación en PC4 envía un bloque de 10bytes que entrega al nivel de transporte. La trama Ethernet que se construye va dirigida a la dirección MAC de PC5.

En $t=10ms$ una aplicación en PC3 envía un bloque de 200bytes que entrega al nivel de transporte. La trama Ethernet que se construye va dirigida a la dirección MAC de PC1.

En $t=20ms$ una aplicación en PC5 envía un bloque de 1400bytes que entrega al nivel de transporte. La trama Ethernet que se construye va dirigida a la dirección MAC de PC3.

a) Construya la trama Ethernet que corresponde a los datos que envía la aplicación de PC1. Describa las PDUs de las que está compuesta y sus tamaños.

b) Calcule en qué instante llegan a PC5 los dos paquetes.

c) Indique los enlaces que atraviesa la trama que envía PC5 y el contenido de las bases de datos de filtrado de S4 y S6 al finalizar.

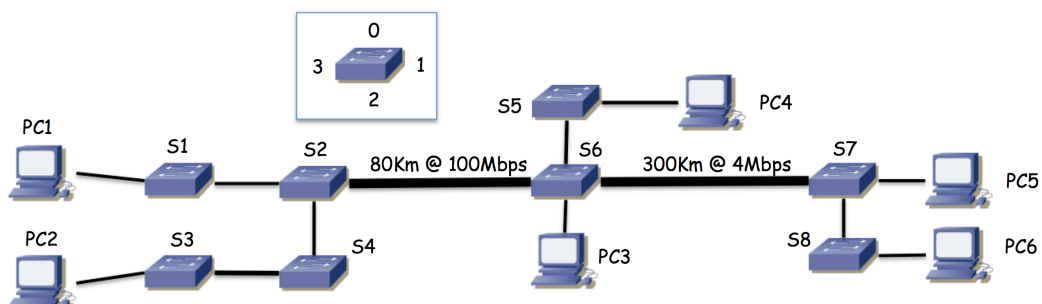


Figura 2 - Topología del problema 2

3. 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 24bits 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 2bytes. 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 400 bytes. 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).

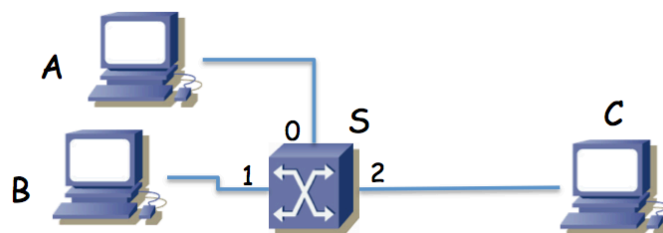


Figura 3 - Topología del problema

4. Supongamos parte de una arquitectura de protocolos. La tecnología de nivel N+1 construye PDUs de tamaño variable formadas por una cabecera de 20 bytes y un bloque de datos que puede tener desde 0 hasta 10240 bytes. La tecnología de nivel N siempre envía PDUs de 251 bytes de datos más 5 de cabecera que añade él (tamaño constante de paquete). Si recibe del nivel N+1 una cantidad inferior de bytes completa hasta 251 con bytes a 0. La tecnología de nivel N+1 ofrece un servicio de fragmentación y reensamblado, necesario para poder enviar las PDUs que construye de gran tamaño, empleando el servicio de la tecnología de nivel N. Para ello, si con el bloque de datos de usuario que tiene, la PDU resultante del nivel N+1 es mayor que la MTU anunciada por el nivel N, el nivel N+1 divide ese bloque de datos en varios de tal forma que al añadir la cabecera a cada uno no excedan la MTU ofrecida por el nivel N. Dada una PDU de nivel N+2 de 990 bytes que se desea enviar calcule la cantidad mínima de bytes que se entregan en total al nivel N-1.
5. Supongamos el escenario de la Figura 3 con un conmutador de paquetes entre equipos finales. Los enlaces son de 10Mb/s full duplex. Los enlaces de A y B tienen una MTU física de 8192bytes mientras que la MTU en el enlace a C es de 1500bytes. La distancia de cada enlace es de 80Km y la velocidad de propagación es de 200000Km/s. Una aplicación en el nodo A envía bloques de datos de 2000bytes hacia el nodo C. La tecnología de conmutación de paquetes añade a cada uno de esos bloques de datos una cabecera de 20bytes y los envía, ya que caben en la MTU de su enlace. Sin embargo, el paquete es demasiado grande para la MTU del enlace entre S y C. Afortunadamente la tecnología mencionada soporta fragmentación. El nodo A, para cada bloque de datos, añade la cabecera y envía el paquete al nodo S y éste, al ver que el paquete excede la MTU del enlace por donde lo debe enviar, lo fragmenta antes de hacer el reenvío. El protocolo llena por completo los primeros paquetes en la fragmentación y los bytes sobrantes van en el último. Por supuesto, cada uno de esos paquetes debe llevar su propia cabecera. Por cada paquete que recibe el nodo C envía de vuelta uno sin datos, solo con la cabecera, que sirve de confirmación de los datos que ha recibido. Cuando el nodo A recibe todas las confirmaciones de un bloque de al menos 2000bytes envía inmediatamente otro. Dibuje un diagrama de tiempos que permita calcular el throughput de datos y calcúlelo.
6. En la Figura 4 se muestra una LAN Ethernet. Los equipos S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7 y S8 son conmutadores Ethernet. El equipo AP es un punto de acceso inalámbrico 802.11g. PC5 es un terminal inalámbrico asociado al punto de acceso AP. Comenzando con las bases de filtrado de los conmutadores vacías se producen los siguientes envíos:
1. $T=0$: PC2 envía una trama Ethernet dirigida a la dirección MAC de PC1
 2. $T=1s$: PC1 envía una trama dirigida a la dirección MAC de PC2
 3. $T=10s$: PC4 envía una trama dirigida a la dirección MAC de PC3
 4. $T=12s$: PC3 envía una trama dirigida a la dirección MAC de PC4
 5. $T=20s$: PC1 envía una trama dirigida a la dirección MAC de PC4
 6. $T=25s$: PC5 envía una trama dirigida a la dirección MAC de PC1
- a) Indique qué enlaces atraviesa cada trama. Como nomenclatura llame al enlace entre Sx y Sy como "Sx-Sy". No importa el sentido en que circule la trama.
- b) Describa el contenido de la base de datos de filtrado del conmutador S4 en el instante $T=30$.

c) Si todos los enlaces son FastEthernet y la trama Ethernet enviada en el suceso 2 (de PC1 a PC2) contiene 1000bytes de datos y encapsulado sin LLC calcule (y explique el cálculo) el tiempo que tarda esa trama en llegar a PC2. Todos los enlaces son de 100m salvo el enlace entre S2 y S4 que es de 30 km. Suponga una velocidad de propagación en todos los medios de 200000km/s.

Justifique las hipótesis que necesite añadir.

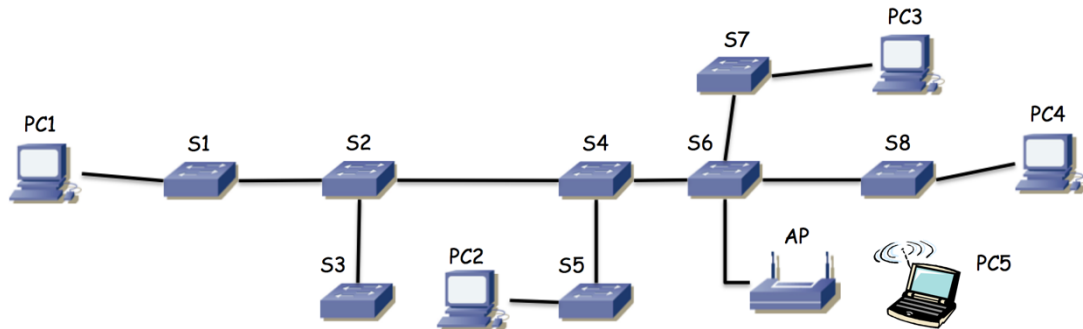


Figura 4 – Topología del problema

7. Supongamos parte de una arquitectura de protocolos. El protocolo de nivel de transporte añade una cabecera de 8bytes a los datos de aplicación, que pueden ser desde 0 hasta 4GiB. El nivel de red añade una cabecera de 40bytes, no soporta fragmentación y el tamaño de los datos puede ir de 0 a 65536bytes. El nivel de enlace es Ethernet con cabecera LLC/SNAP. ¿Qué cantidad de datos de nivel de transporte forman una trama Ethernet de tamaño máximo?
8. La Figura 5 muestra la LAN Ethernet de una empresa. Todos los equipos con “A” en el nombre están en un edificio, mientras que todos los que tienen “B” en el nombre se encuentran en un segundo edificio. El enlace entre los conmutadores SA3 y SB3 es un enlace de 500m por fibra óptica a 100Mb/s entre los dos edificios. El resto de los enlaces son de cable de cobre a 1Gb/s con una longitud cada uno de 100m. Todos los enlaces son full duplex.

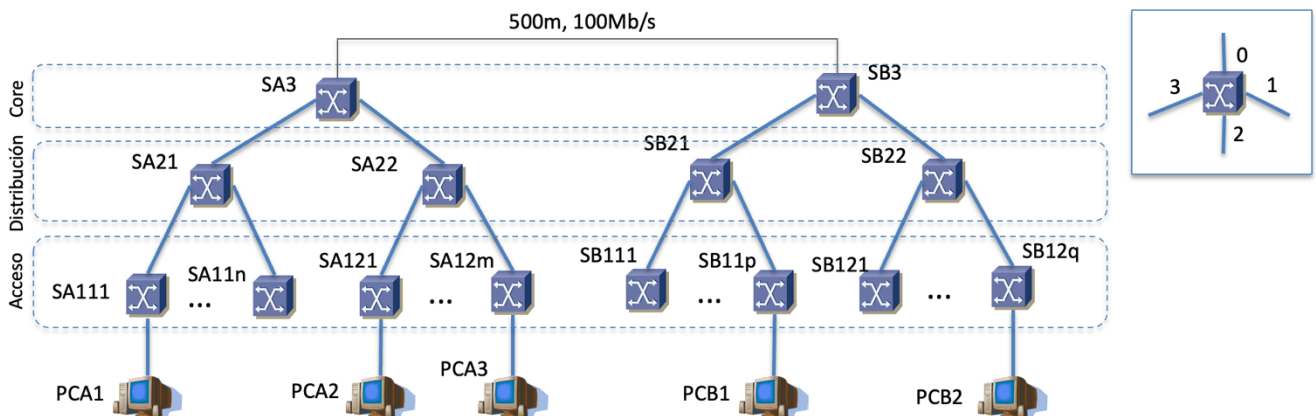


Figura 5 - Topología del problema

Los conmutadores Sxlyz (donde x es A o B, mientras que y,z son números) son los únicos que tienen hosts conectados, y son conocidos como los conmutadores de acceso. Cada uno de esos conmutadores tiene al menos 20 hosts conectados. Son los conmutadores que se encuentran en la fila inferior de la 5.

Los conmutadores Sx2y se conocen como los conmutadores de distribución y sirven para interconectar grupos de conmutadores de acceso. Se encuentran en la fila intermedia de conmutadores de la Figura 5. Hay 2 conmutadores de distribución en cada edificio, uno en cada planta. Bajo cada conmutador de distribución se muestran todos los conmutadores de acceso conectados a él, que son por ejemplo (conectados a SA21) SA111, SA112, SA113... hasta SA11n, es decir, puede haber múltiples conmutadores de acceso conectados a cada conmutador de distribución (un total de n en este ejemplo), aunque solo se hayan representado 2 en la figura (el primero y el último y por eso los puntos suspensivos). Se cumple que $n > 4$, $m > 4$, $p > 4$ y $q > 4$.

Los conmutadores SA3 y SB3 se conocen como los conmutadores del *core* de la red de la empresa. Hay uno en cada edificio e interconectan a los dos conmutadores de distribución de ese edificio, con posibilidad de crecimiento a futuro en cada edificio añadiendo más conmutadores de distribución conectados al conmutador del *core*.

Todos los conmutadores tienen 32 Mbytes de memoria para buffers de paquetes, que puede utilizar de forma compartida la cola de salida de paquetes de cualquier puerto. Los conmutadores hacen almacenamiento y reenvío y tardan 800 ns en tomar la decisión de reenvío desde el momento en que tienen un paquete completo en memoria. Tienen múltiples unidades lógicas que les permiten estar tomando múltiples decisiones de reenvío en paralelo, es decir, mientras está tomando la decisión de por dónde reenviar un paquete puede terminar de recibir otro y empezar a tomar su decisión de reenvío en paralelo sin que eso cambie el tiempo que tarda en procesar cada uno. Una vez que un conmutador toma la decisión de reenvío para un paquete, éste quedará en memoria si el puerto de salida está ocupado. Las colas de envío emplean una política FIFO.

El retardo de propagación en todos los medios físicos es de 5ns/m.

Recuerde justificar cualquier hipótesis adicional que requiera sobre el funcionamiento de los conmutadores.

Partiendo de todas las bases de datos de filtrado de los conmutadores vacías se producen los envíos de tramas Ethernet descritos en la Tabla 1.

Indique el contenido de las tablas de direcciones MAC (bases de datos de filtrado) en el instante $T=5s$ suponiendo que no hay más envíos antes de ese instante de tiempo.

Tabla 1 – Listado de sucesos

<i>Tiempo (s)</i>	<i>MAC Origen</i>	<i>MAC Destino</i>
0	PCA2	PCB1
1	PCB1	PCA2
2	PCA3	PCA2
3	PCB2	PCB1
4	PCA1	PCA3

Se hace una medida del RTT entre PCA1 y PCB2 con el envío de una trama Ethernet de tamaño total 200 bytes de PCA1 a PCB2 que en el momento en que se completa de recibir en PCB2 es contestada con una trama de tamaño mínimo de PCB2 a PCA1.

Calcule el valor mínimo de RTT que pueda resultar entre PCA1 y PCB2 mediante este procedimiento. Explique el cálculo.

Haga un cálculo aproximado de cuál es el mayor RTT que se pueda encontrar entre PCA1 y PCB2 con ese procedimiento de medida. Describa ese escenario de máximo retardo y explique el cálculo aproximado (no habrá cambios en la red, solo en el tráfico que circule por la ella).

A continuación, se envían los paquetes descritos en la Tabla 2, medidos respecto a la misma referencia de tiempo de la Tabla 1.

Tabla 2 - Segundo listado de sucesos

<i>Tiempo (s)</i>	<i>MAC Origen</i>	<i>MAC Destino</i>	<i>Tamaño (bytes)</i>
10	PCA1	PCB2	800
10.000014	PCA2	PCB1	64
11	PCA3	PCB1	1518

Calcule el retardo completo que sufre el paquete enviado en el instante $T=10s$ entre que empieza a transmitirse en el PCA1 hasta que se ha recibido por completo en el PCB2.

9. En la Figura 4 se muestra una LAN Ethernet. Los equipos S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7 y S8 son conmutadores Ethernet. Todos los enlaces son FastEthernet (100Mb/s). El equipo AP es un punto de acceso inalámbrico 802.11g. PC5 es un terminal inalámbrico asociado al punto de acceso AP.

Comenzando con las bases de datos de filtrado de los conmutadores vacías se producen los siguientes envíos:

1. $T=0$: PC2 envía una trama Ethernet dirigida a la dirección MAC de PC4
2. $T=1s$: PC1 envía una trama dirigida a la dirección MAC de PC4
3. $T=1+x$: PC3 envía una trama dirigida a la dirección MAC de PC4 ($0 < x < 11$)
4. $T=12s$: PC5 envía una trama dirigida a la dirección MAC de PC3
5. $T=20s$: PC2 envía una trama dirigida a la dirección MAC de PC5

a) Indique qué enlaces atraviesa cada trama y a qué interfaces de host llegará. Como nomenclatura llame al enlace entre S_x y S_y como “ S_x-S_y ” (el orden indica el sentido de S_x a S_y).

b) Describa el contenido de las bases de datos de filtrado de los conmutadores en el instante $T=30s$.

c) La trama Ethernet enviada en el suceso 2 (de PC1 a PC4) contiene 1200 bytes de datos y encapsulado DIX (sin LLC). La trama enviada en el suceso 3 (de PC3 a PC4) contiene 500 bytes de datos y el mismo encapsulado. ¿Es posible que la trama del suceso 2 (PC1->PC4) llegue a PC4 antes que la trama del suceso 3 (PC3->PC4)? Si el orden de llegada puede depender del valor de x calcule el valor de éste para el que se cambia de un orden de llegada al otro. Si no es posible un cambio de orden demuéstrela. El enlace entre S2 y S4 es de 1 km y el resto de los enlaces son de 100m. Suponga una velocidad de propagación en todos los medios de 200000 km/s.