

Problemas de Arquitectura de Redes, Sistemas y Servicios
2º Grado en Ingeniería en Tecnologías de Telecomunicación
Conjunto de problemas 6

Problema 6.1: Se pretende utilizar una red de área local de 10Mbps para conectar dispositivos de medida ambiental en una zona. Estos dispositivos envían datos a través de un router de la red de área local a un programa en un ordenador que centraliza las medidas, procesando y almacenando los resultados. Los dispositivos que realizan el envío son muy simples por lo que en lugar de utilizar protocolos más complicados, envían los datos en paquetes utilizando un protocolo stop-and-wait para asegurarse de que todos los datos son recibidos en el ordenador central. El protocolo utilizado agrupa la información a enviar en paquetes de 600 bytes de datos. El retardo de propagación desde que un paquete sale de uno de los dispositivos hasta que llega al ordenador central es de 5ms.

Se plantea la posibilidad de añadir al sensor una cámara de forma que pueda enviar imágenes periódicamente. Para decidir la frecuencia a la que podrían enviarse imágenes queremos saber...

- a) ¿Cuál es la máxima velocidad de envío de información que podemos conseguir desde uno de los dispositivos hasta el ordenador central? (Suponiendo que ese sea el único dispositivo en la red y que no se produzcan pérdidas de paquetes)
- b) ¿Cómo podríamos aumentar esta velocidad de envío de información?

Problema 6.2: Se pretende construir un servicio de radio sobre internet en el que se enviará un canal de sonido comprimido de unos 50kbps. Se enviará el audio utilizando paquetes de 500bytes de datos. Se pretende que el receptor, no sólo reproduzca el sonido en tiempo real, sino que también pueda grabarlo en el disco duro para poder escucharlo después. Por ello se decide que emisor y receptor utilizarán técnicas de transporte fiable para asegurar que todos los paquetes lleguen a su destino. Se plantea utilizar stop and wait.

Si el retardo de propagación a un receptor dado (incluyendo el tiempo de proceso y en los routers intermedios) es de aproximadamente 50ms.

- a) ¿Podemos conseguir la velocidad necesaria para reproducir en tiempo real utilizando stop and wait?
- b) Si utilizamos un protocolo que nos permite enviar una ventana de n paquetes mientras esperamos la confirmación de cada uno de ellos. ¿Cual es el valor de n que debemos configurar en nuestro protocolo, para conseguir la recepción adecuada del audio en tiempo real?

Problema 6.3: Se pretende construir un servicio de televisión sobre internet en el que se enviará un canal de video comprimido de menos de 150kbps. Se enviará el vídeo utilizando paquetes de 1400bytes de datos de video. Se pretende que el receptor, no sólo muestre el video al usuario en tiempo real, sino que también pueda grabarlo en el disco duro para poder verlo después. Por ello se decide que emisor y receptor utilizarán técnicas de transporte fiable para asegurar que todos los paquetes lleguen a su destino. Se plantea utilizar stop and wait.

Si el retardo de propagación a un receptor dado (incluyendo el tiempo de proceso y en los routers intermedios) es de aproximadamente 50ms.

- a) ¿Podemos conseguir la velocidad necesaria para ver el video en tiempo real utilizando stop and wait?
- b) Si utilizamos un protocolo que nos permite enviar una ventana de n paquetes mientras esperamos la confirmación de cada uno de ellos. ¿Cual es el valor de n que debemos configurar en nuestro protocolo, para conseguir la recepción adecuada del vídeo en tiempo real?

Problema 6.4: En una línea de 2Mbps y 9000km utilizamos un protocolo stop-and-wait con paquetes de 500 bytes, el timeout para reaccionar a la pérdida de un paquete se configura a 200ms.

- a) Si no hay errores en el envío, ¿Cual es el throughput que conseguimos enviar al destino? ¿Cuanto tardaríamos en enviar un fichero de 100MB? ¿Cual es en ese caso la utilización de la línea?
- b) ¿Como cambian los resultados si aproximadamente el 5% de los paquetes se pierden?
- c) ¿Qué es mas eficaz para mejorar la velocidad, doblar el tamaño de paquete utilizado o disminuir a la mitad el valor del timeout?
- d) ¿Qué ocurriría si el timeout estuviera configurado a 40ms? ¿Cuál sería el throughput y la utilización entonces?
- e) Resuelva el mismo problema si la línea fuera de 256kbps en lugar de 2Mbps

Problema 6.5: Se utiliza un protocolo de transporte de ventana deslizante de tipo go-back-N que utiliza paquetes de datos de 500 bytes y paquetes de ACK de 60 bytes. El protocolo tiene configurada una ventana de 8 paquetes. En un escenario de enlace full-duplex de 10Mbps con $RTT=70ms$...

- a) ¿cual es la máxima velocidad de envío que permite el protocolo?
- b) Dibuje el diagrama espacio-tiempo que muestre el máximo throughput que permite el protocolo. ¿Cual es la utilización del canal en ese caso? ¿Cual es la utilización del canal de retorno?
- c) ¿Como cambian los resultados si configuramos la ventana a 32 paquetes sin confirmar?

Problema 6.6: El protocolo del problema anterior se utiliza en un escenario de ADSL. Supongamos que el canal de subida tiene una velocidad de transmisión de 2Mbps y el canal de bajada tiene una utilización de 128Kbps. Si utilizamos el protocolo para transmitir un fichero de 100MB desde un servidor con el que tenemos 70ms de RTT hasta el usuario residencial del ADSL.

- a) ¿Cuanto tiempo tardara en llegar el fichero en el mejor caso?
- b) ¿Qué ocurre si configuramos el protocolo con una ventana de 32 paquetes? ¿Cuales son la utilización de la subida y la bajada en ese caso?
- c) ¿Cual es la velocidad máxima que deberíamos contratar de subida para poder aprovechar la bajada completamente con este protocolo?

Problema 6.7 En un juego multijugador online la comunicacion entre el servidor y los jugadores se realiza mediante el protocolo UDP. El programa de los jugadores envía los movimientos en paquetes al servidor y el servidor envía paquetes a cada jugador con la información de todo lo que ve. De esta manera los envíos tienen el mínimo retardo posible y si alguno de los paquetes se pierde simplemente el jugador se quedara congelado un momento.

Sin embargo se necesita también enviar cierta información de forma fiable. Cuando un jugador se acerca a una zona nueva hay que mandarle el mapa de esa zona y la perdida de esos datos si que debe ser evitada. Se plantea que el servidor enviará los datos al jugador utilizando paquetes con 1000 bytes de datos. El cliente confirmara cada uno de estos paquetes con un paquete que ocupa 30 bytes y para simplificar el programa el servidor no envía el siguiente paquete hasta que recibe la confirmación. Para evitar perdidas se utiliza un temporizador de 70ms en cada paquete que en caso de caducar dispara el reenvío. Si el jugador llega a la zona nueva cuando aun no ha recibido el mapa entero el juego se quedara congelado hasta que acabe de transferir el fichero.

Si el fichero de mapa de cada zona que queremos enviar al cliente ocupa 500kB y se configura el servidor para que dispare el envío del mapa cuando calcula que el jugador llegara a la zona nueva en 30segundos.

- a) ¿Cual es el máximo retardo extremo a extremo con los jugadores que podemos tolerar sin que haya problemas de carga del mapa?
- b) Si el round trip time típico con nuestros jugadores es de 65ms y un 1 % de los paquetes se pierden. ¿Cuanto tiempo se quedará congelado el jugador esperando a recibir el mapa?
- c) ¿Cómo mejoraría el protocolo para que sea capaz de cargar el mapa en la situación de la pregunta (b) manteniendo toda la simplicidad posible del programa?

Problema 6.8: Tenemos un enlace serie entre dos PCs configurado a 115200bps full-duplex. Se construye un programa simple para enviar datos sobre el puerto serie que utiliza un protocolo stop and wait. Enviando bloques de 3000 bytes que el receptor contesta enviando ACKs. Los ACKs ocupan 25 bytes. Antes de empezar a transferir datos el programa estima el retardo para ello envía un paquete pequeño de 25 bytes que el receptor contesta con un ACK de 25 bytes. El tiempo medido por el programa con esta técnica es de 3.5ms.

- a) ¿Que throughput podemos alcanzar con ese programa sobre dicho enlace?
- b) ¿Cuanto tardaremos en enviar un fichero de 100MB?

Problema 6.9: Supongamos que un servidor de video en tiempo real utiliza un protocolo de ventana deslizante con paquetes de 500B de datos y 40B de cabecera con un máximo de $N=16$ paquetes en la ventana. Un usuario de ADSL envía un ping al servidor obteniendo los siguientes resultados

```
$ ping www.servidorvideo.com
PING www.servidorvideo.com (101.32.13.251): 56 data bytes
64 bytes from 101.32.13.251: icmp_seq=0 ttl=233 time=135.075 ms
64 bytes from 101.32.13.251: icmp_seq=1 ttl=233 time=133.672 ms
64 bytes from 101.32.13.251: icmp_seq=2 ttl=233 time=135.497 ms
64 bytes from 101.32.13.251: icmp_seq=3 ttl=233 time=136.636 ms
64 bytes from 101.32.13.251: icmp_seq=4 ttl=233 time=135.646 ms
...
```

El usuario tiene un contrato ADSL de 3Mbps de bajada y 512kbps de subida. El servidor tiene un acceso de 10Gbps en cada dirección.

a) El escenario anterior ¿permite enviar vídeos en tiempo real de 500kbps? Razone la respuesta

Suponiendo que el servidor es una granja de servidores y no tiene problemas de disco ni de procesador para servir vídeos a la velocidad que sea y que queremos ofrecer vídeos a altas tasas de reproducción llegando a enviar vídeos con una calidad de hasta 12Mbps

b) ¿Qué limitará antes la velocidad de los vídeos que se pueden enviar? ¿su contrato ADSL? o ¿el protocolo utilizado?

c) ¿Cual será la máxima tasa de video que puede reproducir mientras baja?

d) Si la primera limitación viene del protocolo indique que valores del protocolo debería cambiar para obtener la máxima velocidad permitida por el contrato ADSL. En caso contrario conteste a la otra pregunta d.

d) Si la primera limitación viene del contrato ADSL indique cual es la velocidad de ADSL que debería contratar para alcanzar toda la velocidad que permite el protocolo. En caso contrario conteste a la otra pregunta d.

Problema 6.10: Un usuario residencial tiene una línea ADSL de 10Mbps de velocidad de bajada y 512kbps de subida. El usuario está programando su propio sistema de seguridad. Su ordenador recoge información de sensores distribuidos por la casa y genera un paquete de resumen con toda la información leída que ocupa 100bytes de datos. El paquete de resumen se genera periódicamente a una frecuencia de 20 veces por segundo. El usuario quiere que esa información se almacene en un servidor externo y ha programado el transporte fiable utilizando un protocolo de tipo stop and wait sin ventana ($N=1$) que envía la información a un receptor en Internet. Si mide el RTT a ese servidor desde el ordenador de su casa obtiene respuestas al ping de 80ms. El protocolo que ha construido envía los datos sobre UDP sobre IP que añaden una cabecera de 40bytes a cada paquete que envía.

Indique

Suponiendo que cada resumen enviado al servidor va en un paquete separado...

a) ¿Qué throughput de datos necesita la aplicación de envío de información al servidor para funcionar correctamente? ¿Qué throughput de datos puede conseguir con el protocolo indicado?

Para mejorar la velocidad, el usuario cambia el programa para que acumule todos los datos de un segundo y los envíe en paquetes de 1000bytes de datos.

b) ¿Qué throughput máximo puede conseguir en estas condiciones con el mismo protocolo?

El usuario se plantea añadir cámaras que envíen regularmente fotos con lo que debe enviar más información al servidor externo. Con la información de las cámaras cada segundo se generan en total 4000bytes de información que enviar al servidor. En este caso el usuario se plantea utilizar un protocolo de ventana deslizante con N mayor que 1.

c) ¿Que valor de N debería utilizar para poder enviar a tiempo toda la información?

d) En el último caso ¿Qué utilización del canal de subida y bajada supone si el único tráfico de su conexión ADSL es el que genera este programa de seguridad?

Problema 6.11: Sabiendo que los videos de youtube se descargan a través de una conexión TCP. TCP se comporta a efectos de transporte como un protocolo de ventana deslizante con un tamaño máximo de ventana de 32kB. Un usuario de ADSL envía un ping a `www.youtube.com` con los siguientes resultados

```
$ ping www.youtube.com
PING www.youtube.com (208.65.153.251): 56 data bytes
64 bytes from 208.65.153.251: icmp_seq=0 ttl=233 time=235.075 ms
64 bytes from 208.65.153.251: icmp_seq=1 ttl=233 time=231.672 ms
64 bytes from 208.65.153.251: icmp_seq=2 ttl=233 time=235.497 ms
64 bytes from 208.65.153.251: icmp_seq=3 ttl=233 time=236.636 ms
64 bytes from 208.65.153.251: icmp_seq=4 ttl=233 time=235.646 ms
...
```

El usuario sabe que su contrato ADSL es de 6Mbps/512kbps. Sabe también que para ser capaz de reproducir el video mientras se va descargando en lugar de reproducirlo cuando ya tenga todo el vídeo, la velocidad de transferencia del video tiene que ser al menos la misma que la tasa de reproducción del video, que depende de como se grabo y almaceno el video, de la cantidad de información y la compresión.

El usuario se baja un video de alta calidad grabado a 480kbps.

- ¿A que velocidad bajará? ¿Será suficiente para ver el video mientras se va bajando? Razone las respuestas
Suponiendo que el servidor de youtube no tiene problemas de capacidad y que ofrece videos a altas tasas de reproducción de varios Mbps
- ¿Qué limitará antes la velocidad de los videos que puede bajarse de youtube? su contrato ADSL? o el protocolo TCP? ¿Cual será la máxima tasa de video que puede reproducir mientras baja? Razone las respuestas

Problema 6.12: Un operador ofrece Internet vía satélite con satélites geoestacionarios a los que los usuarios se enganchan utilizando una parabólica. El canal de subida utiliza transmisores de 1Gbps y el retardo de propagación desde tierra hasta el satélite es de unos 120ms . En el canal de subida se utiliza un protocolo ALOHA ranurado, en el de bajada sólo envía el satélite. Se utilizan tamaños de paquete de 4000B de los cuales 50B son cabecera y el resto son datos de la aplicacion. El servicio que se vende a los usuarios de la red es que dispondrán de un canal de subida que les permitirá enviar un máximo de 2Mbps y en bajada recibir un máximo de 4Mbps

Se pretende dar un servicio de radio sobre IP enviando canales de audio que pueden recibir los usuarios de la red vía satélite. Estos canales de audio están codificados a una tasa de 64kbps y se envían desde un servidor en la red del operador. Para enviar los datos a cada usuario nos planteamos dos opciones: utilizar un protocolo stop-and-wait simple o utilizar un protocolo de ventana deslizante con $N > 1$

- Indique que valor de timeout recomendaría configurar en el protocolo stop-and-wait justificando su respuesta
- Calcule la máxima velocidad de entrega de datos de audio del protocolo stop-and-wait en el caso de que el canal satélite esté totalmente descargado.
- Calcule la máxima velocidad de entrega de datos de audio del protocolo stop-and-wait en el caso de que el canal satélite esté cargado y pierda el 20 % de los ACKs que envían los usuarios, los paquetes de datos no se pierden, solo los ACKs.
- Indique el valor de N que debemos usar en el protocolo de ventana deslizante para que funcione el servicio de radio.
- Si queremos ser capaces de enviar canales de audio de más calidad o incluso canales de video. Indique el máximo valor de N que tiene sentido utilizar en ese escenario.

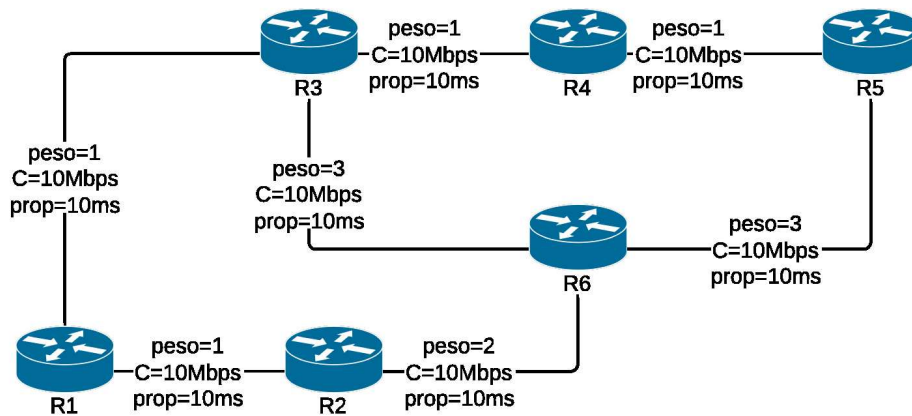


Figura 1: Red del problema

Problema 6.13: Si en la red de la figura 1 queremos transferir un fichero desde un ordenador conectado a al router R3 a otro ordenador conectado al router R5.

- ¿Cuál será la máxima velocidad de transferencia de datos que podemos conseguir usando un protocolo stop-and-wait simple usando paquetes de 1400 bytes de datos mas 60 bytes de cabecera?
- ¿Y cuál sería la máxima velocidad de datos si utilizamos TCP? TCP es equivalente a un protocolo de ventana deslizante tipo Go-Back-N con ventana de 65535bytes.