

ARQUITECTURA DE REDES, SISTEMAS Y SERVICIOS

Conjunto de problemas 7

1. Un enlace punto a punto entre dos hosts emplea una tasa de transmisión de 2Mb/s full duplex. La distancia del enlace es de 500Km, con una velocidad de propagación de 220000Km/s. Se emplea un protocolo de nivel de enlace con paquetes de 540bytes donde 500 de ellos son los datos. El protocolo incluye un mecanismo de confirmaciones mediante un esquema stop&wait. Las confirmaciones no llevan datos, así que ocupan solo 40bytes. Se emplea un temporizador de retransmisión de 7ms. Supondremos que el enlace introduce una probabilidad de error de bit despreciable. ¿Cuál es el throughput sostenido que se puede alcanzar para una transferencia larga? ¿Cuánto tardaría en transferirse un fichero de 100Mbytes? ¿Qué porcentaje del tiempo está usando el medio el equipo que envía el fichero? ¿Qué porcentaje de la capacidad del enlace (2Mb/s) ve el usuario en la transferencia de su fichero?

Solución: http://www.tlm.unavarra.es/videos/daniel/docencia/arss_itt/arss_itt26_27/?method=showVideo&videoId=a5e78425

2. Un enlace punto a punto entre dos hosts a través de un circuito en una WAN emplea una tasa de transmisión de 1Mb/s full dúplex. El nivel físico no añade sobrecarga respecto a esa tasa de transmisión. El nivel de enlace construye tramas con entre 0 y 1Kbyte de datos. La PDU del nivel de enlace incluye una cabecera de 8 bytes para control de errores. Sobre el nivel de enlace un protocolo de aplicación llamado SimpleSW crea PDUs con una cabecera de 20 bytes y entre 0 y 300 bytes de datos. Este protocolo implementa un mecanismo de transporte fiable mediante stop-and-wait. Los mensajes de confirmación no llevan datos. Una aplicación hace una medida del RTT enviando un mensaje de SimpleSW sin datos y contando el tiempo hasta recibir la confirmación, obteniendo aproximadamente 2ms. Calcule el throughput promedio que se puede obtener en una transferencia y el tiempo que se tardaría en copiar 100Mbytes si los datos llegan siempre sin error. ¿Podría mejorarse el throughput mediante un mecanismo de ventana deslizante? ¿Cuánto y cómo o en su defecto por qué?
3. Se pretende utilizar una red de área local de 10Mb/s para acceder a las medidas de dispositivos biomédicos en una zona. Estos dispositivos envían datos a través de un único conmutador de la red de área local a un programa en un ordenador que centraliza las medidas, procesando y almacenando los resultados. La tecnología de área local emplea un encapsulado similar al de Ethernet. Los dispositivos que realizan el envío son muy simples, por lo que su aplicación emplea directamente el nivel de enlace para la comunicación (no hay protocolo de nivel de red ni de transporte y toda la comunicación es dentro de la red de área local) y en lugar de utilizar protocolos más complicados envían los datos en paquetes utilizando un protocolo stop-and-wait que implementan directamente las aplicaciones extremo (en el dispositivo y en el ordenador central). La aplicación construye PDUs de entre 0 y 592 bytes de datos, con 8 bytes extra de cabecera, para implementar el mecanismo de transporte fiable. El retardo de propagación desde que un paquete sale de uno de los dispositivos hasta que llega al ordenador central es de 5ms (incluye la propagación hasta el conmutador y desde él al ordenador central).

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 el escenario ideal de que ese sea el único dispositivo en la red y que no se produzcan pérdidas de paquetes)
- b) ¿Qué podríamos modificar para aumentar esta velocidad de envío de información?
4. Se pretende construir un servicio de radio sobre internet en el que se enviará un canal de sonido comprimido de unos 50kb/s. Se enviará el audio utilizando paquetes de 500 bytes 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. 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.
- El retardo que sufre un paquete desde el origen del flujo de datos al receptor (incluyendo los tiempos de procesado, propagación, etc. en todos los conmutadores del camino) es de aproximadamente 50ms.
- a) Demuestre si podemos o no 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. ¿Cuál es el valor de n que debemos configurar en nuestro protocolo para conseguir la recepción adecuada del audio en tiempo real si su tasa pasa a ser de 100Kb/s?
- c) ¿Qué retardo máximo podríamos tener para poder emplear stop-and-wait con una tasa objetivo de 100Kb/s?
- d) Si utilizamos una ventana de 20 paquetes, ¿cuál es la velocidad de transferencia de datos que conseguiríamos? ¿Cuántos flujos de esta capacidad podríamos transportar sin pérdidas por una red donde el cuello de botella lo representa un enlace de 10Mb/s? ¿Cómo afectaría la capacidad de los buffers de los conmutadores?
5. En un enlace radio por espacio abierto directo a 2Mb/s y 9000km de longitud entre dos hosts utilizamos un protocolo stop-and-wait con paquetes de tamaño constante de 540 bytes donde 500 son de datos. El timeout para reaccionar a la pérdida de un paquete es de 200ms.

- a) Si no hay errores en el envío, ¿Cuál es el throughput que conseguimos con el destino? ¿Cuánto tardaríamos en enviar un fichero de 100Mbytes? ¿Cuál es en este caso el porcentaje de utilización del enlace?
- b) ¿Cómo cambian los resultados si aproximadamente el 5% de los paquetes se pierden?
- c) ¿Qué es más eficaz para mejorar la velocidad de transferencia: duplicar el tamaño de datos de los paquetes utilizados, reducir a la mitad la distancia del enlace, disminuir a la mitad el valor del timeout, aumentar al doble la velocidad del enlace o cambiar a un protocolo de ventana deslizante con ventana de 2 paquetes?
- d) ¿Cuál sería el throughput y la utilización si el timeout estuviera configurado a 40ms?
- e) Resuelva el mismo problema si el enlace fuera de 256kb/s en lugar de 2Mb/s.

6. Se utiliza en un enlace entre dos hosts un protocolo de transporte de ventana deslizante de tipo go-back-N con paquetes de datos de 500 bytes más 40 bytes de cabeceras hasta nivel físico y paquetes de confirmación de 60 bytes en total. El enlace es asimétrico, con 6Mb/s desde el host A al B y de 256Kb/s desde B a A y retardo de propagación de 0.01μs. El timer de retransmisión es de 5ms.

- a) ¿Cuál es la máxima velocidad de transferencia de un flujo de A a B que permite el protocolo en función de N?
- b) ¿Con qué valor de N se alcanza la máxima velocidad que permite el enlace?
- c) Por un defecto en el hardware de A se corrompe exactamente 1 paquete de cada 10 (sean paquetes originales o retransmisiones), de forma periódica. Se emplea una ventana N=2. Suponiendo que el primer error se produce en el tercer paquete que se envía (y a partir de ahí de forma periódica) dibuje un diagrama de tiempos con los sucesos y estime la velocidad de transferencia que se lograría.

7. En un juego multijugador online la comunicación de las acciones de los jugadores se realiza mediante el protocolo UDP, que no ofrece transporte fiable. El programa de los jugadores (lo llamaremos el cliente) envía los movimientos en paquetes al programa central que gestiona el juego online (lo llamaremos el servidor) y este último envía paquetes a cada jugador con la información de todo lo que sucede. De esta manera, los envíos tienen el mínimo retardo y si alguno de los paquetes se pierde el jugador se quedará congelado un momento, pero se reanudará el juego en cuanto llegue el siguiente paquete.

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 pérdida de esos datos sí que debe ser evitada. Se plantea que el servidor envíe los datos al jugador utilizando paquetes con 1000 bytes de datos. El cliente confirmará cada uno de estos paquetes con un paquete que ocupa 30 bytes y para simplificar el programa el servidor no enviará el siguiente paquete del mapa a un usuario hasta que recibe la confirmación del anterior. Este transporte fiable lo implementa la propia aplicación, ya que emplea también para esto protocolos que no lo ofrecen. Para resolver el problema de las pérdidas se utiliza un temporizador de 70ms para cada paquete, que en caso de caducar dispara el reenvío. Si el jugador llega a la zona nueva cuando aún no ha recibido el mapa entero el juego se quedará congelado hasta que acabe de transferir el fichero.

El fichero de mapa de cada zona que queremos enviar al cliente ocupa 500 kbytes y se configura el servidor para que comience el envío del mapa un tiempo T antes de cuando se estima que el usuario llegará a esa zona.

- a) Si no hay pérdidas, ¿cómo afecta el RTT entre el usuario y el servidor al tiempo T mínimo necesario para que el mapa se cargue a tiempo para no interrumpir el juego? Calcule una relación general y particularícela para un escenario de RTT=100ms.
 - b) Si el round trip time típico con nuestros jugadores es de 65ms y un 1 % de los paquetes de datos se pierden. ¿Cuánto tiempo T se deberá emplear para evitar que se congele el juego al cambiar de mapa?
 - c) ¿Cómo cambia el resultado anterior si suponemos que también las confirmaciones se pueden perder y con la misma probabilidad?
 - d) ¿Cómo cambia la situación si se empleara un protocolo de ventana deslizante?
8. Un usuario residencial tiene una línea ADSL de 10 Mb/s de velocidad de bajada y 512 kb/s 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 100 bytes 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 que envía la información a un host en Internet. Si mide el RTT a ese host desde el ordenador de su casa obtiene un valor promedio de 80ms. El protocolo que ha construido envía los datos sobre UDP sobre IP, con lo que en total podemos suponer que hasta capa física se añaden unos 40 bytes a cada paquete que envía.

- a) ¿Qué throughput de datos necesita conseguir 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 4000 bytes 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) ¿Qué 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 enlace ADSL es el que genera este programa de seguridad?
9. Empleando cierto navegador web, los videos de YouTube se descargan a través de una conexión TCP. TCP se comporta en este escenario a efectos de transporte como un protocolo de ventana deslizante con un tamaño máximo de ventana de 32 Kbytes. Un usuario de ADSL comprueba mediante la aplicación ping que tiene un RTT de unos 230ms con los servidores de YouTube. El usuario sabe además que su contrato de acceso a Internet es de 6 Mb/s en bajada (de la operadora al usuario) y de 512 Kb/s en subida. Sabe también que para ser capaz de reproducir el vídeo mientras se va descargando en lugar de reproducirlo cuando ya tenga todo el vídeo la velocidad de transferencia del vídeo tiene que ser al menos la misma que la tasa de reproducción de este, que depende de cómo se grabó y almacenó el vídeo, de la cantidad de información, de la técnica compresión, etc.

El usuario se descarga un video de alta calidad que requiere 480 kb/s para reproducirse sin pausa.

- a) ¿A qué velocidad se lo descargará dado su escenario de red y protocolos? ¿Será suficiente para ver el video mientras se va descargando? Razone las respuestas

b) Suponiendo que el servidor de YouTube no tiene problemas de capacidad y que ofrece vídeos a tasas de reproducción de varios Mb/s ¿qué limitará antes la velocidad de los vídeos que puede bajarse de YouTube, su contrato ADSL o el protocolo TCP? ¿Cuál será la máxima tasa de vídeo que puede reproducir mientras lo descarga? Razone las respuestas.

10. Dos ordenadores se comunican empleando un protocolo de transporte fiable que implementa la técnica de Stop&Wait. Los paquetes de 100 bytes transportan 2000 bytes de nivel de aplicación. Las confirmaciones no llevan datos.

a) ¿Cuál puede ser el RTT máximo entre los dos hosts para obtener una tasa de transferencia de al menos 1Mb/s?

b) Explique cómo afectaría al cálculo anterior el que se puedan perder paquetes en el camino.

c) Con un RTT de 15ms calcule el tamaño mínimo de ventana (en número de paquetes) necesario para saturar un camino con un cuello de botella de 10Mb/s.

d) Suponga un protocolo de control de acceso al medio basado en ALOHA no ranurado a través de un satélite geoestacionario con una tasa de transmisión de 10Mb/s y paquetes de 500 bytes donde la única modificación hecha es que las estaciones pueden enviar varios paquetes uno tras otro (todos los paquetes son del mismo tamaño), como si fuera un paquete más grande, con hasta 5 paquetes juntos, recibiendo una sola confirmación para todos ellos y solo en el caso de que todos los paquetes lleguen correctamente (el primer paquete indica cuántos van en la ráfaga, para que el destino sepa cuántos esperar hasta poder enviar la confirmación). Discuta de forma cualitativa el efecto que podría tener este cambio sobre el rendimiento del protocolo a la hora de una transferencia que requiera una gran cantidad de paquetes, es decir, qué efectos se pueden producir que aumenten o reduzcan la tasa esperada.

11. Un usuario residencial tiene un enlace de fibra a su proveedor con una velocidad de 300Mb/s. El usuario está programando su propio sistema de seguridad. La aplicación que ha desarrollado en su ordenador recoge información de sensores distribuidos por la casa y genera un informe de resumen con toda la información leída que ocupa 100 bytes. El informe de resumen se genera periódicamente, a una frecuencia de 30 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 que envía la información a un host en Internet. Mide el RTT a ese host desde el ordenador de su casa y obtiene un valor promedio de 80ms. El protocolo que ha construido, en nivel de aplicación, envía los datos sobre UDP sobre IP, con lo que podemos suponer que las capas de red y transporte añaden en total unos 28 bytes a cada paquete que envía (20 de cabecera IP y 8 de cabecera UDP). Se desconoce el encapsulado de nivel de enlace y físico que hará el enlace de fibra, pero tiene comprobado que los 300Mb/s se alcanzan sin problemas para las PDUs de capa 3.

a) ¿Qué throughput de datos necesita conseguir la aplicación en el envío de información al servidor para funcionar correctamente y que no se le acumulen datos por enviar? ¿Qué throughput de datos puede conseguir con el protocolo indicado? ¿Tiene problemas por el enlace de fibra que tiene?

El usuario cambia el programa para que acumule toda la información producida en un segundo y la envíe en un solo mensaje de nivel de aplicación. Su ordenador tiene un interfaz Ethernet con el que se comunica con su router de acceso del hogar con una MTU de 1500 bytes. Cada segundo, la aplicación genera un mensaje de 3000 bytes (30 x 100 bytes), pero no puede enviar todo el mensaje en un solo paquete Ethernet. El protocolo IP le ofrece un servicio de fragmentación y reensamblado, de modo que el mensaje de nivel de aplicación de 3000 bytes que se le pasa a UDP (el cual añade su cabecera para crear la PDU de transporte) es fragmentado por IP en varios paquetes de capa 3, de forma que todos ellos quepan en la MTU de nivel de enlace. Cada trama Ethernet contendrá así un paquete de capa 3 con la correspondiente cabecera IP, y donde los datos son fragmentos de la PDU de capa 4. Mientras envía un mensaje, la aplicación sigue acumulando la información del siguiente intervalo de un segundo.

b) ¿Es capaz con esta técnica de que no se le acumulen datos por enviar? Demuéstrelo (sea que sí o que no). ¿Qué throughput obtiene?

El usuario se plantea añadir cámaras que envíen regularmente fotos, con lo que debe enviar más información al servidor externo. Añadiendo la información de las cámaras, cada segundo se generan en total 40000 bytes de información que enviar al servidor. En este caso el usuario se plantea utilizar un protocolo Go-back-N para el transporte fiable implementado en nivel de aplicación.

c) ¿Qué valor de tamaño de ventana del protocolo debería utilizar para poder enviar a tiempo toda la información sin que se le acumule? Discuta el efecto de los 300Mb/s de su enlace de acceso en el último cálculo.

12. Un usuario va a descargar un nuevo programa de la página de un proveedor. El fichero ocupa 14 Gbytes. El usuario tiene un contrato de fibra hasta el hogar con 600Mb/s simétricos. Comprueba el retardo que tiene con el servidor obteniendo un promedio de 11.4ms de RTT. Va a emplear TCP como protocolo de transporte y su implementación va a imponer una ventana de control de flujo de 200Kbytes al otro extremo. ¿Cuál es el tiempo mínimo que tardará en descargar el fichero? ¿Cómo cambia ese tiempo si modifica la configuración de TCP para emplear una ventana de 4Mbytes? ¿Qué tamaño máximo de ventana le merece la pena emplear?

13. Una aplicación establece comunicación con otra mediante UDP, donde no hay ningún control de flujo ni confirmaciones. La aplicación implementa un sistema de confirmaciones Stop&wait sobre UDP, quiere transferir un fichero de 200 KB y lo hace en paquetes de 800 bytes. El timer de retransmisión configurado es de 10ms. El RTT entre las dos aplicaciones es de unos 2ms. Estime la tasa de transferencia que puede alcanzarse si no hay pérdidas de paquetes. ¿Cuánto tardaría en transferirse todo el fichero?

Suponga ahora que uno de cada dos paquetes de datos que se envía se pierde, sea original o retransmisión. Los paquetes con datos impares cuyo envío es número impar, así como las confirmaciones, no se pierden. ¿Cuál es ahora la tasa de transferencia? ¿Cuánto tardaría en transferirse todo el fichero?