
Arquitectura y protocolos TCP/IP

Solucionario

Unidad IV: Redes multimedia

Cuestiones de repaso

Cuestión 1 (Kurose&Ross7, Tema 9, R1)

Reconstruya la Tabla 9.1 para el caso de que Víctor este viendo un vídeo a 4 Mbps, Francisco esté examinando una nueva imagen de 100 kbytes cada 20 segundos y Marta esté escuchando un flujo de audio a 200 kbps.

Solución:

	Tasa de bits	Bytes transferidos en 67 min
Francisco - Facebook	40 kbps	20 Mbytes
Marta - Música	200 kbps	100 Mbytes
Victor - Vídeo	4 Mbps	2 Gbytes

Cuestión 2 (Kurose&Ross7, Tema 9, R3)

Suponga que muestreemos una señal analógica de audio 16.000 veces por segundo y que cada muestra se cuantiza en uno de 1024 niveles. ¿Cuál será la tasa de bits resultante de la señal PCM de audio digital?

Solución:

Cuantizar una muestra en 1024 niveles significa 10 bits por muestra. La tasa de bits resultante de la señal PCM de audio digital es de 160 Kbps.

Cuestión 3 (Kurose&Ross7, Tema 9, R5)

Los sistemas de flujos de vídeo pueden clasificarse en tres categorías. Enumérelas y describa brevemente cada una de ellas.

Solución:

Flujos UDP: El servidor transmite vídeo a una velocidad que coincide con la tasa de consumo de vídeo del cliente, al transmitir los fragmentos de vídeo sobre UDP a una velocidad constante.

Flujos HTTP: El vídeo simplemente se almacena en un servidor HTTP como un archivo ordinario con una URL específica. Cuando un usuario desea ver el vídeo, el cliente establece una conexión TCP con el servidor y emite una solicitud HTTP GET para esa URL. Luego, el servidor envía el archivo de vídeo, dentro de un mensaje de respuesta HTTP, lo más rápido posible, es decir, tan rápido como lo permita el control de congestión de TCP y el control de flujo.

Flujos dinámicos adaptativos sobre HTTP (DASH): El vídeo se codifica en varias versiones diferentes, cada una con una tasa de bits diferente y, en consecuencia, un nivel de calidad diferente. El cliente solicita dinámicamente segmentos de vídeo de unos pocos segundos de duración. Cuando el ancho de banda disponible es alto el cliente selecciona segmentos de una versión de alta tasa de bits; y cuando el ancho de banda disponible es bajo selecciona, naturalmente, los segmentos de una versión con menor tasa de bits. El cliente selecciona los segmentos de uno en uno mediante mensajes de solicitud GET HTTP.

Cuestión 4 (Kurose&Ross7, Tema 9, R7)

Con los flujos HTTP, ¿son la misma cosa el buffer de recepción TCP y el buffer de la aplicación cliente? Si la respuesta es negativa, ¿cómo interactúan?

Solución:

No. En el lado del cliente, la aplicación lee bytes desde el buffer de recepción TCP y los coloca en el buffer de la aplicación cliente.

Cuestión 5 (Kurose&Ross7, Tema 9, R9)

¿Cuál es la diferencia entre el retardo extremo a extremo y la fluctuación de paquetes? ¿Cuáles son las causas de la fluctuación de paquetes?

Solución:

El *retardo extremo a extremo* es el tiempo que le lleva a un paquete viajar a través de la red del origen al destino. La *fluctuación de paquetes* es la fluctuación en el retardo terminal a terminal desde un paquete al siguiente.

Un componente crucial del retardo terminal a terminal son los retardos aleatorios de puesta en cola dentro de los routers. A causa de estos retardos variables dentro de la red, el tiempo que transcurre desde el momento en que se genera un paquete en el origen hasta que se recibe en el destino puede fluctuar de un paquete a otro.

Cuestión 6 (Kurose&Ross7, Tema 9, R11)

En la Sección 9.3 se han descrito dos esquemas FEC. Resúmalos brevemente. Ambos esquemas incrementan la velocidad de transmisión del flujo mediante la adición de más sobrecarga. ¿El intercalado aumenta también la velocidad de transmisión?

Solución:

La idea básica de la técnica FEC consiste en añadir información redundante al flujo original de paquetes. A cambio de incrementar ligeramente la velocidad de transmisión del flujo de audio, esa información redundante puede utilizarse para reconstruir aproximaciones o versiones exactas de algunos de los paquetes perdidos. Resumiremos los dos mecanismos FEC sencillos:

El primero de ellos envía un fragmento redundante codificado después de cada n fragmentos. El fragmento redundante se obtiene aplicando la operación OR exclusiva a los n fragmentos originales. De esta manera, si algún paquete del grupo de los $n + 1$ paquetes se pierde el receptor puede reconstruir completamente el paquete perdido. Pero si se pierden dos o más paquetes de un grupo, el receptor no podrá reconstruirlos. Manteniendo pequeño el tamaño del grupo, $n + 1$, un gran porcentaje de los paquetes perdidos puede recuperarse siempre que la tasa de pérdidas no sea excesiva. Sin embargo, cuanto más pequeño sea el tamaño del grupo, mayor será el incremento relativo de la velocidad de transmisión del flujo de audio.

El segundo mecanismo FEC consiste en enviar un flujo de audio de menor resolución como información redundante. Por ejemplo, el emisor podría crear un flujo de audio nominal y otro flujo correspondiente de baja resolución y baja tasa de bit. El flujo de baja velocidad de bit se denomina flujo redundante. El emisor construye el n -ésimo paquete tomando el n -ésimo fragmento del flujo nominal y añadiéndole el $(n-1)$ -ésimo fragmento del flujo redundante. De esta manera, cuando existan pérdidas de paquetes no consecutivos, el receptor podrá ocultar esa pérdida reproduciendo el fragmento codificado de baja tasa de bit que llegue con el siguiente paquete. Por supuesto, los fragmentos de baja tasa de bit proporcionan una menor calidad que los fragmentos nominales. Sin embargo, un flujo compuesto por una gran mayoría de fragmentos de alta calidad, algunos fragmentos ocasionales de baja calidad y en el que no falte ningún fragmento proporciona una buena calidad global de audio.

Como alternativa a la transmisión de información redundante, una aplicación de telefonía por Internet puede enviar el audio intercalado. El emisor reordena las unidades de datos de audio antes de su transmisión, de forma que las unidades originalmente adyacentes están separadas por una cierta distancia dentro del flujo transmitido. El intercalado puede mitigar el efecto de la pérdida de paquetes.

El intercalado puede mejorar significativamente la calidad percibida en un flujo de audio. También tiene una baja sobrecarga de datos administrativos. La desventaja obvia del intercalado es que incrementa la latencia. Esto limita su uso en las aplicaciones interactivas como la telefonía por Internet, aunque puede funcionar bien para el envío de flujos de audio almacenado. Una de las principales ventajas del intercalado es que no incrementa los requisitos de ancho de banda de un flujo.

Cuestión 7 (Kurose&Ross7, Tema 9, R13)

¿Cuál es el papel de un registrador SIP? ¿En qué se diferencia el papel de un registrador SIP del de un agente propio en IP móvil?

Solución:

La función de un registrador SIP es hacer un seguimiento de los usuarios y las correspondientes direcciones IP que están utilizando actualmente. Cada registrador SIP realiza un seguimiento de los usuarios que pertenecen a su dominio. También reenvía los mensajes INVITE (para usuarios en su dominio) a la dirección IP que el usuario está usando actualmente. En este sentido, su función es similar a la de un servidor de nombres autoritativo en DNS.

Problemas

Problema 1 (Kurose&Ross7, Tema 9, P6)

En el ejemplo sobre VoIP de la Sección 9.3, sea h el número total de bytes de cabecera añadidos a cada fragmento, incluyendo las cabeceras UDP e IP.

- Suponiendo que se transmite un datagrama IP cada 20 milisegundos, calcule la velocidad de transmisión en bits por segundo para los datagramas generados por uno de los lados de esta aplicación.
- ¿Cuál es el valor típico de h cuando se utiliza RTP?

Solución:

- Se envían $160 + h$ bytes cada 20 ms. Así, la velocidad de transmisión es

$$\frac{(160 + h) \cdot 8}{20} \text{Kbps} = (64 + 0,4h) \text{Kbps}.$$

- Cabecera IP: 20 bytes;

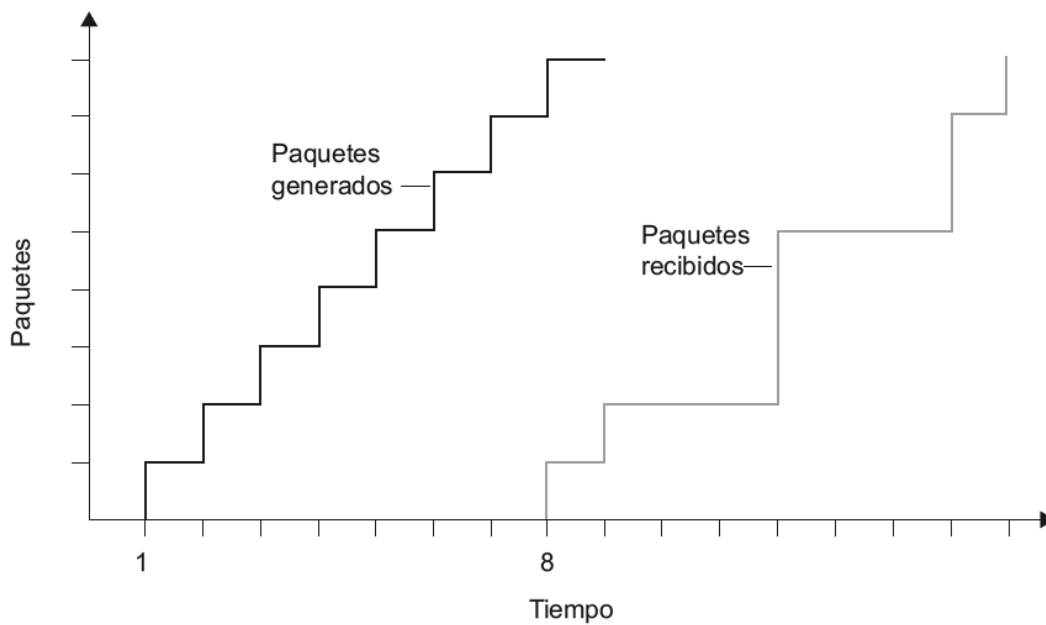
Cabecera UDP: 8 bytes;

Cabecera RTP: 12 bytes.

$h = 40$ bytes (¡un aumento del 25% en la tasa de transmisión!).

Problema 2 (Kurose&Ross7, Tema 9, P11)

Considere la siguiente figura (que es similar a la Figura 9.4). Un emisor comienza a enviar audio empaquetado periódicamente en $t = 1$. El primer paquete llega al receptor en $t = 8$.



- ¿Cuáles son los retardos (del emisor al receptor, ignorando cualquier retardo de reproducción) de los paquetes 2 a 8? Observe que cada segmento de línea vertical y horizontal de la figura tiene una longitud de 1, 2 o 3 unidades de tiempo.
- Si la reproducción del audio se inicia tan pronto como llega el primer paquete al receptor en $t = 8$, ¿cuáles de los ocho primeros paquetes enviados no llegarán a tiempo para la reproducción?
- Si la reproducción del audio comienza en $t = 9$, ¿cuáles de los ocho primeros paquetes enviados no llegarán a tiempo para la reproducción?
- ¿Cuál es el retardo mínimo de reproducción en el receptor que hace que los ocho primeros paquetes lleguen a tiempo para la reproducción?

Solución:

- El retardo del paquete 2 es de 7 particiones. El retardo del paquete 3 es de 9 particiones. El retardo del paquete 4 es de 8 particiones. El retardo del paquete 5 es de 7 particiones. El retardo del paquete 6 es de 9 particiones. El retardo del paquete 7 es de 8 particiones. El retardo del paquete 8 es mayor que 8 particiones.

- b. Los paquetes 3, 4, 6, 7 y 8 no se recibirán a tiempo para su reproducción si ésta comienza en $t = 8$.
- c. Los paquetes 3 y 6 no se recibirán a tiempo para su reproducción si ésta comienza en $t = 9$.
- d. Ningún paquete llegará después de su tiempo de reproducción si ésta comienza en $t = 10$.

Problema 3 (Kurose&Ross7, Tema 9, P12)

Considere de nuevo la figura del Problema P11, que muestra los tiempos de transmisión y de recepción de los paquetes.

- a. Calcule el retardo estimado para los paquetes 2 a 8 utilizando la fórmula para d_i de la Sección 9.3.2. Utilice un valor de $u = 0,1$.
- b. Calcule la desviación estimada del retardo respecto del promedio estimado para los paquetes 2 a 8, utilizando la fórmula para v_i de la Sección 9.3.2. Utilice un valor de $u = 0,1$.

Solución:

Las respuestas a ambos apartados están en la siguiente tabla:

Paquete Número	$r_i - t_i$	d_i	v_i
1	7	7	0
2	7	7,00	0
3	9	7,20	0,180
4	8	7,28	0,234
5	7	7,25	0,236
6	9	7,43	0,370
7	8	7,48	0,384
8	8	7,54	0,392

Problema 4 (Kurose&Ross7, Tema 9, P13)

Recuerde los dos esquemas FEC para VoIP descritos en la Sección 9.3. Suponga que el primer esquema genera un fragmento redundante por cada cuatro fragmentos originales. Suponga que el segundo esquema utiliza una codificación con una baja tasa de bit cuya velocidad de transmisión es el 25 por ciento de la velocidad de transmisión del flujo nominal.

- a. ¿Cuánto ancho de banda adicional requiere cada esquema? ¿Cuánto retardo de reproducción añade cada esquema?
- b. ¿Cómo funciona cada uno de los dos esquemas cuando se pierde el primer paquete de cada grupo de cinco paquetes? ¿Qué esquema proporcionará una mejor calidad de audio?
- c. ¿Cómo funciona cada uno de los dos esquemas cuando se pierde el primer paquete de cada grupo de dos paquetes? ¿Qué esquema proporcionará una mejor calidad de audio?

Solución:

- a. Ambos esquemas requieren un 25% más de ancho de banda. El primer esquema tiene un retardo de reproducción de 5 paquetes. El segundo esquema tiene un retardo de 2 paquetes.
- b. El primer esquema podrá reconstruir la codificación de audio original de alta calidad. El segundo esquema utilizará la codificación de audio de baja calidad para los paquetes perdidos y, por tanto, tendrá una calidad general inferior.
- c. Para el primer esquema muchos de los paquetes originales se perderán y la calidad del audio será muy pobre. Para el segundo esquema todos los fragmentos de audio estarán disponibles en el receptor, aunque sólo la versión de baja calidad estará disponible para cada uno de los otros fragmentos. La calidad del audio será aceptable.

Problema 5 (Kurose&Ross7, Tema 9, P14)

- a. Considere una llamada de audioconferencia en Skype con $N > 2$ participantes. Suponga que cada participante genera un flujo constante con una tasa igual a r bps. ¿Cuántos bits por segundo necesitará enviar el iniciador de la llamada? ¿Cuántos bits por segundo necesitará enviar cada uno de los otros $N - 1$ participantes? ¿Cuál es la tasa de envío total, agregando la de todos los participantes?
- b. Repita el apartado (a) para una videoconferencia Skype que utilice un servidor central.
- c. Repita el apartado (b), pero ahora para el caso de que cada par envíe una copia de su flujo de vídeo a cada uno de los otros $N - 1$ pares.

Solución:

- a. Cada uno de los otros $N - 1$ participantes envía un único flujo de audio de velocidad r bps al iniciador. El iniciador combina este flujo con su propio flujo saliente para crear un flujo de velocidad r . A continuación, el iniciador de la conferencia envía una copia del flujo combinado a cada uno de los otros $N - 1$ participantes. Por lo tanto, el iniciador de la conferencia envía a una velocidad total de $(N-1) r$ bps, y la velocidad total agregada de todos los participantes es de $2 (N-1) r$ bps.
- b. Como antes, cada uno de los otros $N - 1$ participantes envía un único flujo de vídeo de velocidad r bps al iniciador. Pero como los flujos son ahora de vídeo, el iniciador ya no puede combinarlos en un único flujo. En su lugar, el iniciador debe enviar cada flujo que recibe a $N - 2$ participantes. Por lo tanto, el iniciador de la conferencia envía a una velocidad total de $(N-1) \times (N-1) r$ bps, y la velocidad total agregada sobre todos los participantes es $(N-1) r + (N-1) \times (N-1) r = N (N-1) r$ bps.
- c. $N (N-1) r$ bps.

Problema 6 (Kurose&Ross7, Tema 9, P15)

- a. Suponga que enviamos a Internet dos datagramas IP, transportando cada uno de ellos un segmento UDP diferente. El primer datagrama tiene una dirección IP de origen A1, una dirección IP de destino B, un puerto de origen P1 y un puerto de destino T. El segundo datagrama tiene la dirección IP de origen A2, la dirección IP de destino B, el puerto de origen P2 y el puerto de destino T. Suponga que A1 es diferente de A2 y que P1 es diferente de P2. Suponiendo que ambos datagramas llegan a su destino final, ¿serán recibidos los dos datagramas UDP por el mismo socket? ¿Por qué?
- b. Suponga que Alicia, Benito y Clara desean mantener una audioconferencia utilizando SIP y RTP. Para que Alicia pueda intercambiar paquetes RTP con Benito y Clara, ¿basta con un socket UDP (además del socket necesario para los mensajes SIP)? En caso afirmativo, ¿cómo distingue el cliente SIP de Alicia los paquetes RTP recibidos de Benito de los procedentes de Clara?

Solución:

- a. Como se ha comentado en el Capítulo 2, los sockets UDP se identifican por el par formado por la dirección IP de destino y el número de puerto de destino. Así que los dos paquetes pasarán efectivamente por el mismo socket.
- b. Sí, Alicia sólo necesita un socket. Benito y Clara elegirán diferentes SSRC, por lo que Alicia podrá distinguir entre los dos flujos.