
Arquitectura y protocolos TCP/IP

Solucionario

Unidad II: Control de congestión

Cuestiones de repaso

Cuestión 1 (Kurose&Ross7, Tema 3, R17)

Suponga que existen dos conexiones TCP en un cierto enlace de cuello de botella con una velocidad de R bps. Ambas conexiones tienen que enviar un archivo de gran tamaño (en la misma dirección a través del enlace de cuello de botella). Las transmisiones de los archivos se inician en el mismo instante. ¿Qué velocidad de transmisión podría proporcionar TCP a cada una de las conexiones?

Solución:

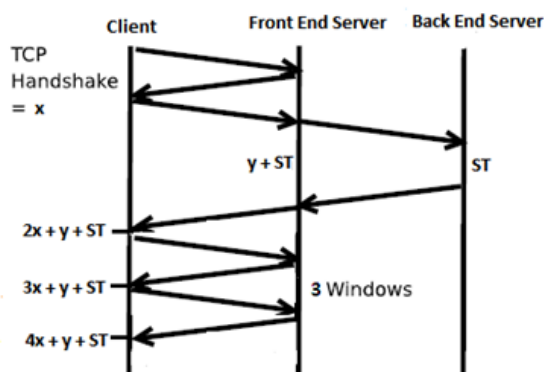
$R/2$

Cuestión 2 (Kurose&Ross7, Tema 3, R19)

En la exposición acerca de la división TCP del recuadro de la Sección 3.7, se establecía que el tiempo de respuesta con la división TCP es aproximadamente igual a $4 \times \text{RTT}_{\text{FE}} + \text{RTT}_{\text{BE}} + \text{el tiempo de procesamiento}$. Justifique esta afirmación.

Solución:

Sea $X = \text{RTT}_{\text{FE}}$, $Y = \text{RTT}_{\text{BE}}$ y $ST = \text{tiempo de procesamiento (búsqueda, etc. en el servidor back end)}$. Considere el siguiente diagrama de tiempo:



De este diagrama vemos que el tiempo total es $4X + Y + ST = 4 \times \text{RTT}_{\text{FE}} + \text{RTT}_{\text{BE}} + \text{tiempo de procesamiento}$.

Diagrama de intercambio de paquetes TCP entre un cliente y un servidor (Back End) con un proxy (Front End) entre ellos.

Problemas

Problema 1(Kurose&Ross7, Tema 3, P40)

Considere la Figura 3.58. Suponiendo que TCP Reno es el protocolo que presenta el comportamiento mostrado en la figura, responda a las siguientes preguntas.

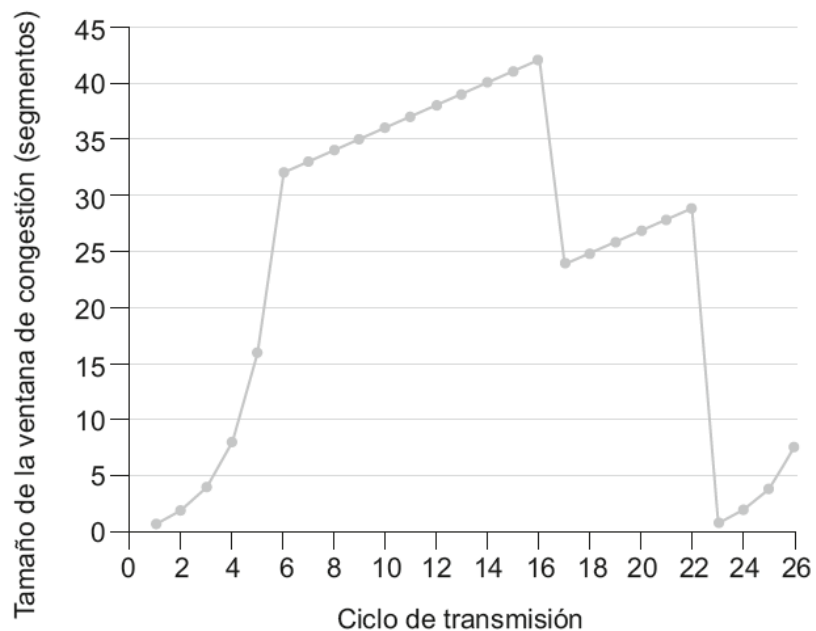


Figura 3.58 ♦ Tamaño de ventana de TCP en función del tiempo.

En todos los casos, deberá proporcionar una breve explicación que justifique su respuesta.

- Identifique los intervalos de tiempo cuando TCP está operando en el modo de arranque lento.
- Identifique los intervalos de tiempo cuando TCP está operando en el modo de evitación de la congestión.

- c. Después del ciclo de transmisión 16, ¿se detecta la pérdida de segmento mediante tres ACK duplicados o mediante un fin de temporización?
- d. Después del ciclo de transmisión 22, ¿se detecta la pérdida de segmento mediante tres ACK duplicados o mediante un fin de temporización?
- e. ¿Cuál es el valor inicial de $umbralAL$ en el primer ciclo de transmisión?
- f. ¿Cuál es el valor de $umbralAL$ transcurridos 18 ciclos de transmisión?
- g. ¿Cuál es el valor de $umbralAL$ transcurridos 24 ciclos de transmisión?
- h. ¿Durante cuál ciclo de transmisión se envía el segmento 70?
- i. Suponiendo que se detecta una pérdida de paquete después del ciclo de transmisión 26 a causa de la recepción de un triple ACK duplicado, ¿cuáles serán los valores del tamaño de la ventana de congestión y de $umbralAL$?
- j. Suponga que se utiliza TCP Tahoe (en lugar de TCP Reno) y que se han recibido triples ACK duplicados en el ciclo de transmisión 16. ¿Cuáles serán los valores del tamaño de la ventana de congestión y de $umbralAL$ en el ciclo de transmisión 19?
- k. Suponga otra vez que se utiliza TCP Tahoe y que se produce un suceso de fin de temporización en el ciclo de transmisión 22. ¿Cuántos paquetes han sido enviados entre los ciclos de transmisión 17 a 22, ambos inclusive?

Solución:

- a. TCP opera en el modo de arranque lento en los intervalos [1, 6] y [23, 26].
- b. TCP opera en el modo de evitación de la congestión en los intervalos [6, 16] y [17, 22].
- c. Después del ciclo de transmisión 16, la pérdida de segmentos se reconoce mediante tres ACK duplicados. Si hubiera habido un fin de temporización, el tamaño de la ventana de congestión habría bajado a 1.

- d. Después del ciclo de transmisión 22, la pérdida de un segmento se detecta debido a un fin de temporización, por lo que el tamaño de la ventana de congestión se establece en 1.
- e. El umbral es inicialmente de 32, ya que es en este tamaño de ventana donde se detiene el arranque lento y comienza la evitación de la congestión.
- f. El umbral se fija en la mitad del valor de la ventana de congestión cuando se detecta la pérdida de paquetes. Cuando se detecta la pérdida durante el ciclo de transmisión 16, el tamaño de la ventana de congestión es de 42. Por lo tanto, el umbral es 21 durante el ciclo de transmisión 18.
- g. El umbral se fija en la mitad del valor de la ventana de congestión cuando se detecta la pérdida de paquetes. Cuando se detecta una pérdida durante el ciclo de transmisión 22, el tamaño de la ventana de congestión es 29. Por lo tanto, el umbral es de 14 (redondeando hacia abajo 14,5) durante el ciclo de transmisión 24.
- h. Durante el 1^{er} ciclo de transmisión se envía el segmento 1; los segmentos 2-3 se envían en el 2^o ciclo de transmisión; los segmentos 4-7 se envían en el 3^{er} ciclo de transmisión; los segmentos 8-15 se envían en el 4^o ciclo de transmisión; los segmentos 16-31 se envían en el 5^o ciclo de transmisión; los segmentos 32-63 se envían en el 6^o ciclo de transmisión; los segmentos 64-96 se envían en el 7^o ciclo de transmisión. Así, el segmento 70 se envía en el 7^o ciclo de transmisión.
- i. El umbral se fijará en la mitad del valor actual de la ventana de congestión (8) cuando se produzca la pérdida y la ventana de congestión se fijará en el nuevo valor del umbral + 3 MSS. Así, los nuevos valores del umbral y la ventana serán 4 y 7, respectivamente.
- j. El umbral es 21, y el tamaño de la ventana de congestión es 1.
- k. Ciclo 17, 1 paquete; ciclo 18, 2 paquetes; ciclo 19, 4 paquetes; ciclo 20, 8 paquetes; ciclo 21, 16 paquetes; ciclo 22, 21 paquetes. Por lo tanto, el número total es 52.

Problema 2 (Kurose&Ross7, Tema 3, P46)

Considere una única conexión TCP (Reno) que emplea un enlace a 10Mbps que no almacena en buffer ningún dato. Suponga que este enlace es el único enlace congestionado entre los hosts emisor y receptor. Suponga también que el emisor TCP tiene que enviar al receptor un archivo de gran tamaño y que el buffer de recepción del receptor es mucho más grande que la ventana de congestión. Haremos además las siguientes suposiciones: el tamaño de segmento TCP es de 1.500 bytes, el retardo de propagación de ida y vuelta de esta conexión es igual a 150 milisegundos y esta conexión TCP siempre se encuentra en la fase de evitación de la congestión, es decir, ignoramos la fase de arranque lento.

- ¿Cuál es el tamaño máximo de ventana (en segmentos) que esta conexión TCP puede alcanzar?
- ¿Cuáles son el tamaño medio de ventana (en segmentos) y la tasa de transferencia media (en bps) de esta conexión TCP?
- ¿Cuánto tiempo tarda esta conexión TCP en alcanzar de nuevo su tamaño de ventana máximo después de recuperarse de una pérdida de paquete?

Solución:

- Sea W el tamaño máximo de la ventana medido en segmentos. Entonces, $W \times MSS / RTT = 10\text{Mbps}$, ya que los paquetes se perderán si la velocidad máxima de envío supera la capacidad del enlace. Así, tenemos que $W \times 1500 \times 8 / 0,15 = 10 \times 10^6$, luego W es de unos 125 segmentos.
- Como el tamaño de la ventana de congestión varía de $W / 2$ a W , entonces el tamaño medio de la ventana es de $0,75 W = 94$ (redondeando hacia arriba 93,75) segmentos. La tasa de transferencia media es $94 \times 1500 \times 8 / 0,15 = 7,52 \text{ Mbps}$.
- Cuando hay una pérdida de paquetes W pasa a ser $W / 2$, es decir, $125 / 2 = 62$. Por otra parte, $(125 - 62) \times 0,15 = 9,45$ segundos, ya que el número de RTTs que necesita esta conexión TCP para aumentar su tamaño

de ventana de 62 a 125 es de 63. Recuerde que el tamaño de la ventana aumenta en uno en cada RTT.

Problema 3(Kurose&Ross7, Tema 3, P47)

Continuando con el escenario descrito en el problema anterior, suponga que el enlace a 10Mbps puede almacenar en buffer un número finito de segmentos. Razone por qué para que el enlace esté siempre ocupado enviando datos, deberíamos seleccionar un tamaño de buffer que sea al menos igual al producto de la velocidad del enlace C y el retardo de propagación de ida y vuelta entre el emisor y el receptor.

Solución:

Sea W el tamaño máximo de la ventana. Sea S el tamaño del búfer. Para simplificar, supongamos que el emisor TCP envía paquetes de datos de forma periódica, y que cada ciclo corresponde a un RTT . Si el tamaño de la ventana alcanza W se produce una pérdida. Entonces el emisor reducirá el tamaño de su ventana de congestión a la mitad, y esperará los ACKs de $W/2$ paquetes pendientes antes de empezar a enviar segmentos de datos de nuevo. Para asegurar que el enlace siempre está ocupado enviando datos tenemos que dejar que el enlace esté ocupado enviando datos en el periodo $W / (2 \times C)$ (este es el intervalo de tiempo en el que el emisor está esperando los ACKs para los $W/2$ paquetes pendientes). Por tanto, S / C no debe ser inferior a $W / (2 \times C)$, es decir, $S \geq W / 2$.

Sea T_p el retardo de propagación unidireccional entre el emisor y el receptor. Cuando el tamaño de la ventana alcanza el mínimo $W/2$ y el búfer está vacío tenemos que asegurarnos de que el enlace también está ocupado enviando datos. Por lo tanto, debemos tener $W / 2 / (2 T_p) \geq C$; así, $W / 2 \geq C \times 2 T_p$.

Luego, combinando los resultados anteriores, obtenemos que $S \geq C \times 2 T_p = C \times RTT$.