

Teoría de las comunicaciones

Práctica 5: Congestión

Temas

Conceptos generales de congestión, Control de congestión en TCP (RFC5681)

Definiciones

Ventana máxima:

$$MaxWindow = \min(RWND, CWND)$$

Ventana efectiva:

$$EffectiveWindow = MaxWindow - (LastByteSent - LastByteAcked)$$

Ventana de congestión inicial:

$$CWND = IW = 2 * SMSS$$

Tamaño de segmento inicial:

$$SMSS = 2KB$$

Tamaño de STHRESH inicial:

$$ISSTHRESH = 64KB$$

Incremento de la ventana de congestión en Slow Start ($CWND < STHRESH$):

$CWND+ = \min(N, SMSS)$ por cada ACK con N la cantidad de bytes reconocidos por el ACK.

Incremento de la ventana de congestión en Congestion Avoidance ($CWND > STHRESH$):

$CWND+ = SMSS * SMSS / CWND$ por cada ACK o hasta un $1 SMSS$ por RTT.

Decremento de la ventana y el umbral ante un time-out:

$$SSTHRESH = \max(FlightSize/2, 2 * SMSS)$$

$$CWND = LW = 1 SMSS$$

Decremento de la ventana y el umbral ante 3 ACKs duplicados (FR/FR):

$$SSTHRESH = \max(FlightSize/2, 2 * SMSS)$$

$$CWND = SSTHRESH + 3 * SMSS$$

Incremento de la ventana de congestión en FR/FR:

$CWND+ = SMSS$ por cada ACK Duplicado.

Salida de FR/FR:

$CWND = SSTHRESH$ ante un ACK que reconoce datos nuevos.

Reinicio de la ventana ante un tiempo idle (1 RTO sin transmitir):

$$RW = \min(IW, cwnd)$$

Estimación del RTT:

$$RTT[i + 1] = alpha * RTT[i] + (1 - alpha) * SRTT \text{ siendo } SRTT \text{ el } i - \text{esimo RTT medido}$$

Ajuste del RTO:

$$RTO[i] = 2 * RTT[i]$$

Ejercicio 1

Dado un protocolo de nivel de red basado en forwarding de datagramas (i.e.: IP):

- ¿Se puede realizar control de congestión utilizando la técnica de prealocación de buffers?
- ¿Los protocolos de ruteo pueden por sí solos evitar la congestión en una red?
- En el caso de disponer de buffers con memoria infinita en los routers. ¿Se puede evitar la congestión en una red?

Ejercicio 2

El control de congestion de TCP usa la CWND como una estimación de la congestión presente en la red.

- ¿En qué casos no es necesario un control de congestión?
- Mencione dos situaciones en las que la CWND no sea representativa de la congestión de la red. ¿Qué medidas deberían tomarse ante estas situaciones?

Ejercicio 3

CWND y STHRESH son las dos variables que deben regularse en el control de congestión de TCP.

- ¿Qué valores deberían tener cuando la conexión recién comienza?
- ¿Cómo se modifican ante un time out?
- Slow Start se usa cuando no se conoce el estado de la congestión de la red. ¿Por qué no esta bien empezar con una ventana arbitrariamente grande?
- ¿Cuánto debe incrementarse la ventana de congestión por RTT durante Congestion Avoidance?

Ejercicio 4

En una conexión TCP recién establecida se envían estos segmentos en el siguiente orden y con los siguientes tamaños:

100 bytes ; 150 bytes ; 200 bytes ; 300 bytes

Todos los segmentos llegan al receptor sin errores pero el segundo segmento llega último.

- Indicar hasta qué byte reconoce el receptor en cada ACK.
- Indicar cuál es el valor del STHRESH, posterior a la recepción del ACK que indica que los cuatro segmentos llegaron a destino.
- Indicar cuál es el valor del CWND, posterior a la recepción del ACK que indica que los cuatro segmentos llegaron a destino.

Ejercicio 5

Suponga que, para una conexión, cuatro ACKs fueron devueltos con los siguientes RTTs: [80ms, 20ms, 100ms, 90ms].

- Calcule el RTO luego de la llegada de cada ACK usando $\alpha = 1,0$.
- Repita el cálculo para $\alpha \in [0,8, 0,6, 0,4, 0,2]$.

- ¿Se produce algún time-out en alguno de los escenarios anteriores?

Tomar el RTT inicial como la primer medición

Ejercicio 6

Considere el efecto de usar Slow Start en una conexión TCP recién establecida ($IW = 2 * SMSS$, $SSTHRESH = 64KB$), que tiene un RTT de 10 mseg y sin congestión ni errores presentes en la red. La RWND es de 24KB y el SMSS es de 2KB. ¿Cuánto tiempo transcurre antes de que pueda ser enviada la primera ventana de recepción llena? (Asumir que el Ttx de una ventana es una componente despreciable del Delay total de la conexión)

Ejercicio 7

Según el RFC 5681,

- Durante slow start, la ventana de congestión DEBERÍA incrementarse usando $CWND+ = \min(N, SMSS)$. Sin embargo, según el RFC 2581, se usaba la fórmula $CWND+ = SMSS$. ¿A qué se debió este cambio?
- En una conexión TCP, el receptor PUEDE demorar los ACKs hasta haber recibido 2 SMSS del emisor o hasta 500ms, lo que suceda primero. ¿Qué impacto tienen estas demoras en el emisor?

Ejercicio 8

Grafique CWND en función del tiempo para una conexión TCP que pierde paquetes cada 1 seg para los siguientes casos detallando los valores de SSTHRESH:

- Con Fast Retransmit / Fast Recovery
- Con Fast Retransmit / Fast Recovery

Ejercicio 9

Una conexión TCP tiene que enviar 1GB de datos. Suponiendo que no se producen errores en la transmisión de los datos y que las únicas perdidas de paquetes son por congestión. ¿Calcular cuánto tarda la conexión en enviar todos los datos para los siguientes casos?

- Congestión con 32KB por RTT
- Congestión con 16KB por RTT
- Sin congestión (i.e.: una conexión establecida entre hosts de la misma LAN)

Asumir: si una ráfaga causa congestión se pierden todos los segmentos de la misma antes de llegar al receptor y que la RWND vale siempre 64KB

Ejercicio 10

En una conexión recién establecida con $RTT=200ms$, el host receptor siempre anuncia una *AdvertisedWindow* de 16KB. La red está cargada al punto que si una ráfaga fuera de 16KB o más, se perderían todos los segmentos de la misma. ¿Cuánto vale la CWND luego de enviar un archivo de 40KB?

Ejercicio 11

Dada una conexión TCP recién establecida entre dos host para la cual el RTT es de $50ms$. Los dos hosts están separados por un sólo router que también conecta otras redes y está cargado a tal punto que cada vez

que una ráfaga de paquetes es de 20KB o más, se descartan todos los paquetes de la ráfaga. El host emisor tiene que enviar un archivo bastante grande que se está transmitiendo por horas y el host receptor siempre anuncia una *AdvertisedWindow* de 28KB.

- a. Si se define que una conexión alcanza el *estado estacionario* en el momento que el SSTHRESH converge a un valor a partir del cual ya no cambia más. ¿Cuánto tarda la conexión en alcanzar el estado estacionario? ¿Cuál es el valor del SSTHRESH es dicho momento?
- b. Finalizada la transferencia, se cierra la conexión, y se inicia una nueva en la que el host receptor siempre anuncia una *AdvertisedWindow* de 18KB. Si esta nueva conexión tuviera que transferir el mismo archivo, ¿tardaría más o menos tiempo que la anterior? (*Suponer las mismas condiciones de congestión en el router*)

Ejercicio 12

Dada la siguiente tabla describiendo el comportamiento de algunas variables en el transcurso de una conexión TCP.

RTT	CWND	FlightSize	LBS
1	60KB	30KB	30KB
2	60KB	60KB	60KB
3	2KB	2KB	2KB
4	4KB	4KB	6KB
5	8KB	8KB	14KB
6	16KB	16KB	30KB
7	22KB	22KB	36KB

- a. Describa qué puede suceder en una conexión para que *CWND* y *FlightSize* se comporten como en los RTT 1, 2 y 3.
- b. Ídem para los RTT 6 y 7.

Bibliografía

Computer Networks: A systems approach. 3ra Edición. Peterson & Davie. Capítulo 6: Congestion Control and Resource Allocation (sección 6.3).

RFC 5681: TCP Congestion Control.