

## Teoría de las comunicaciones

### Práctica 7: 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 Ssthresh inicial:

$$ISsthresh = 64kb$$

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

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

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

$CWND+ = SMSS * SMSS / CWND$  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):

$$Ssthresh = max(FlightSize/2, 2 * SMSS)$$

$$CWND = Ssthresh + 3$$

##### 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:

$RTT[i+1] = (1 - alpha) * RTT[i] + alpha * SRTT$  siendo  $SRTT$  el  $i - esimo$   $RTT$  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 congestión 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 Ssthresh 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 está 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 Ssthresh, 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 que 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  $SSTHRESH$ :

- Sin 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 pérdidas de paquetes son por congestión. ¿Calcular cuánto tiempo 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*

## Ejercicios de Parcial

### 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 mas, se perderían todos los segmentos de la misma.

- ¿Cuánto vale la  $CWND$  luego de enviar un archivo de 40KB?
- 3 segundos después del envío del archivo, se envía otro archivo de 30KB ¿Cuánto tiempo tarda?

### Ejercicio 11

Una conexión con  $RTT=400ms$ ,  $SSTHRESH=24KB$  y  $CWND=64KB$ , se encuentra idle durante 3 segundos y le llegan para transmitir 60KB de datos. Asumiendo que se congestiona la red sobre la que transmite cuando una ráfaga supera los 16KB perdiendo todos los segmentos de la ráfaga.

- ¿Cuánto tiempo le toma a la conexión el envío de los datos?
- ¿Cuál es la desventaja de usar Fast Retransmit/Fast Recovery en una conexión que pasa por una red que desordena muchos paquetes?

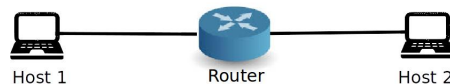
### Ejercicio 12

Una conexión ya establecida con  $RTT=200ms$ , se encuentra Idle durante 3 segundos hasta que necesita enviar 50KB de datos. Tiene  $SSTHRESH=8KB$ ,  $CWND=10KB$  y el receptor siempre anuncia 24KB de *Advertised Window*. No hay pérdida de paquetes por congestión.

- Si se define la velocidad de transmisión de datos (Throughput) de una conexión como el tamaño de la ventana efectiva dividido el RTT (ej:  $Throughput = MaxWindow/RTT$ ) ¿Cuál es la máxima velocidad alcanzada por la conexión?
- ¿Cómo se clasifica el control de congestión de TCP (**RFC 5681**) dentro de la clasificación MIMD/AIMD/MIAD/AIAD? (*M: Multiplicative, A: Additive, I: Increase, D: Decrease*)

### Ejercicio 13

Considere la red de la siguiente figura donde si el router recibe una ráfaga total de datos de 8KB o mayor en un RTT, descarta todos los segmentos. Se sabe que el RTT entre todos los nodos es siempre de 200ms. El *Host*<sub>1</sub> únicamente envía información, el *Host*<sub>2</sub> únicamente recibe información.



La siguiente tabla muestra algunas variables de la conexión TCP del *Host*<sub>1</sub> luego de establecida la conexión.

RTT	CWND	SSTHRESH	Flight Size	Last Bytes Sent	Algoritmo
0	2KB	64KB	0KB	0KB	?
1	4KB	64KB	4KB	4KB	?
2	8KB	64KB	8KB	12KB	?
3	8KB	64KB	8KB	12KB	?
4	2KB	?	2KB	6KB	?
5	4KB	?	4KB	10KB	?
6	...	...	...	...	...

- Suponga ahora que en el RTT 5 se conecta al router un tercer nodo (*Host*<sub>3</sub>) que envía constantemente en cada RTT 4KB al *Host*<sub>2</sub>. Continúe la tabla con esta nueva suposición hasta que el *Host*<sub>2</sub> reciba satisfactoriamente 13KB del *Host*<sub>1</sub>, completando también los campos marcados con '?'.  
NOTA: Poner una breve justificación en cada RTT.  
NOTA2: El router descarta los datos de todos los hosts por igual.

- b. Teniendo en cuenta que este sistema particular se mantiene estable como en el punto a. durante varias horas: el  $Host_3$  envía constantemente 4KB, el  $Host_1$  repite indefinidamente el envío de 13KB y el router descarta las rafagas de 8KB o mayores. Y teniendo la posibilidad de cambiar solo una variable del protocolo TCP en solo uno de los hosts. ¿Qué variable y en qué host lo haría para mitigar la congestión?

## 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.**