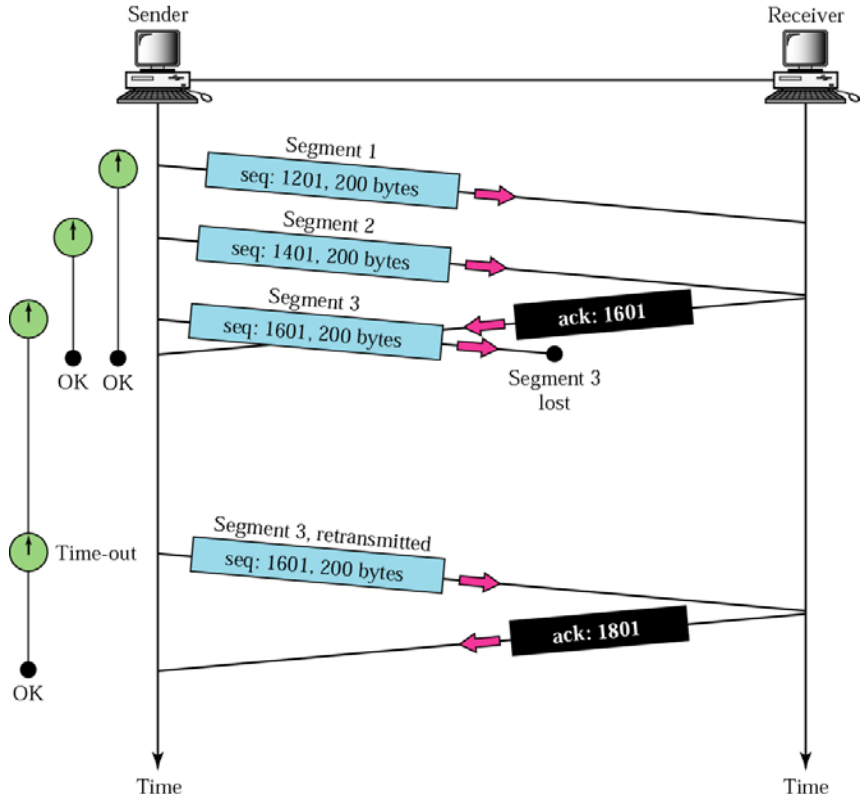
Índice hora 4

Objetivos

- Presentar los mecanismos de TCP para detección de pérdidas
- Identificar la problemática en transferencias de datos masivas
  - Congestionar al receptor: control de flujo
  - Congestionar la red: control de congestión
- Presentar los mecanismos de TCP para control de flujo:
  - Ventana anunciada por el receptor
  - Mecanismo de ventana deslizante
- Introducir los mecanismos de TCP para el control de congestión
  - Ventana de congestión
- Aprender a dimensionar el buffer de recepción de TCP para que no determine la velocidad de la conexión.
  - Producto RTTxBW

4.6 Fiabilidad en TCP

- Los paquetes de datos o ACKs se pueden perder.
- Un temporizador de retransmisión (RTO, Retransmission Timeout) es el encargado de retransmitir aquellos paquetes que se estiman perdidos.

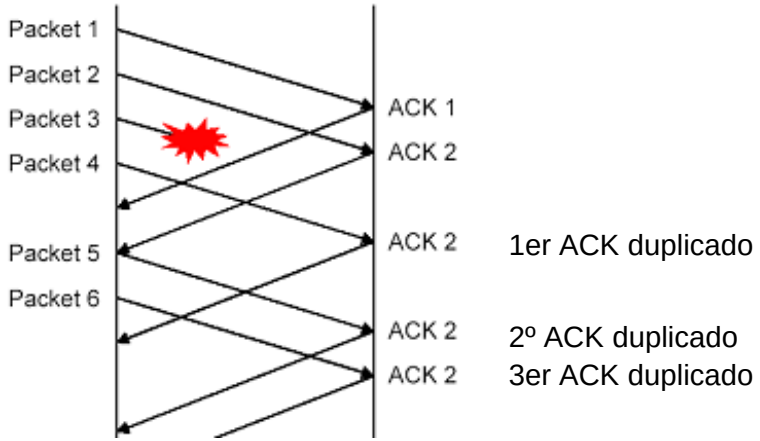


Fiabilidad en TCP

- Si el tiempo desde que se envió un segmento de datos hasta el momento actual supera el RTO, es indicador de que el paquete de datos o su ACK se ha perdido.
  - No hay forma de distinguir cual de los dos se ha perdido.
  - Si se pierde el ACK con la retransmisión se están mandando datos redundantes que ya posee el receptor.
  - Menor probabilidad de pérdida de paquetes de ACK al ser pequeños.
- El RTO se calcula dinámicamente en función del RTT medido en la conexión. Típicamente converge a valores RTO=2*RTT
  - Inicialmente suele tener valor de algunos segundos
- Vencido el RTO, se retransmite el paquete y se espera un nuevo RTO que sigue un backoff exponencial (RTOnuevo=2*RTOanterior); se retransmité así varias veces hasta algunos minutos de espera según la implementación, tras lo cual se da la conexión por cerrada.
- Repaquetización: al retransmitir un segmento se hace uno nuevo que incluya los nuevos datos a mandar que han aparecido desde que se envió el segmento original (si caben).

Fiabilidad en TCP

- TCP incorpora otro mecanismo para detectar la pérdida de paquetes que es más rápido en la detección: la presencia de 3 ACKs duplicados.

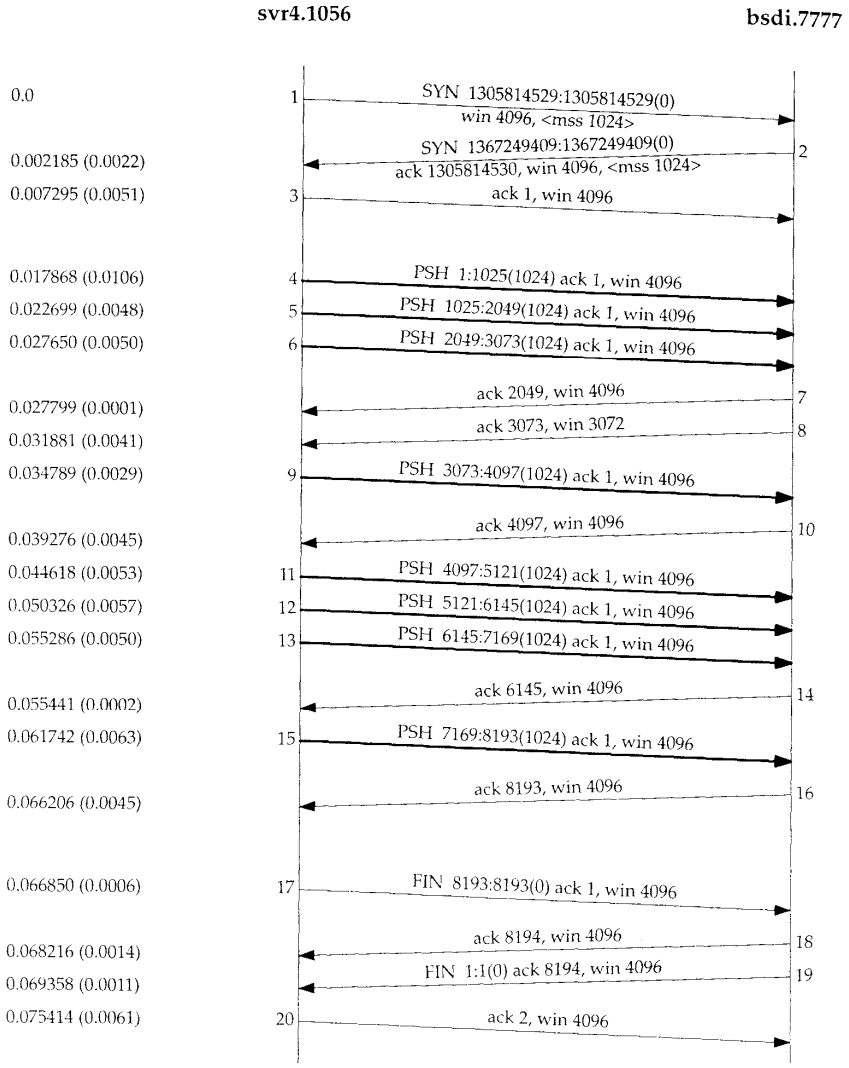


  - 2 o menos ACKs duplicados pueden deberse a un retraso del paquete 3 (no su pérdida).
  - Se considera pérdida a partir del 3er ACK duplicado.

4.7 Transferencia masiva

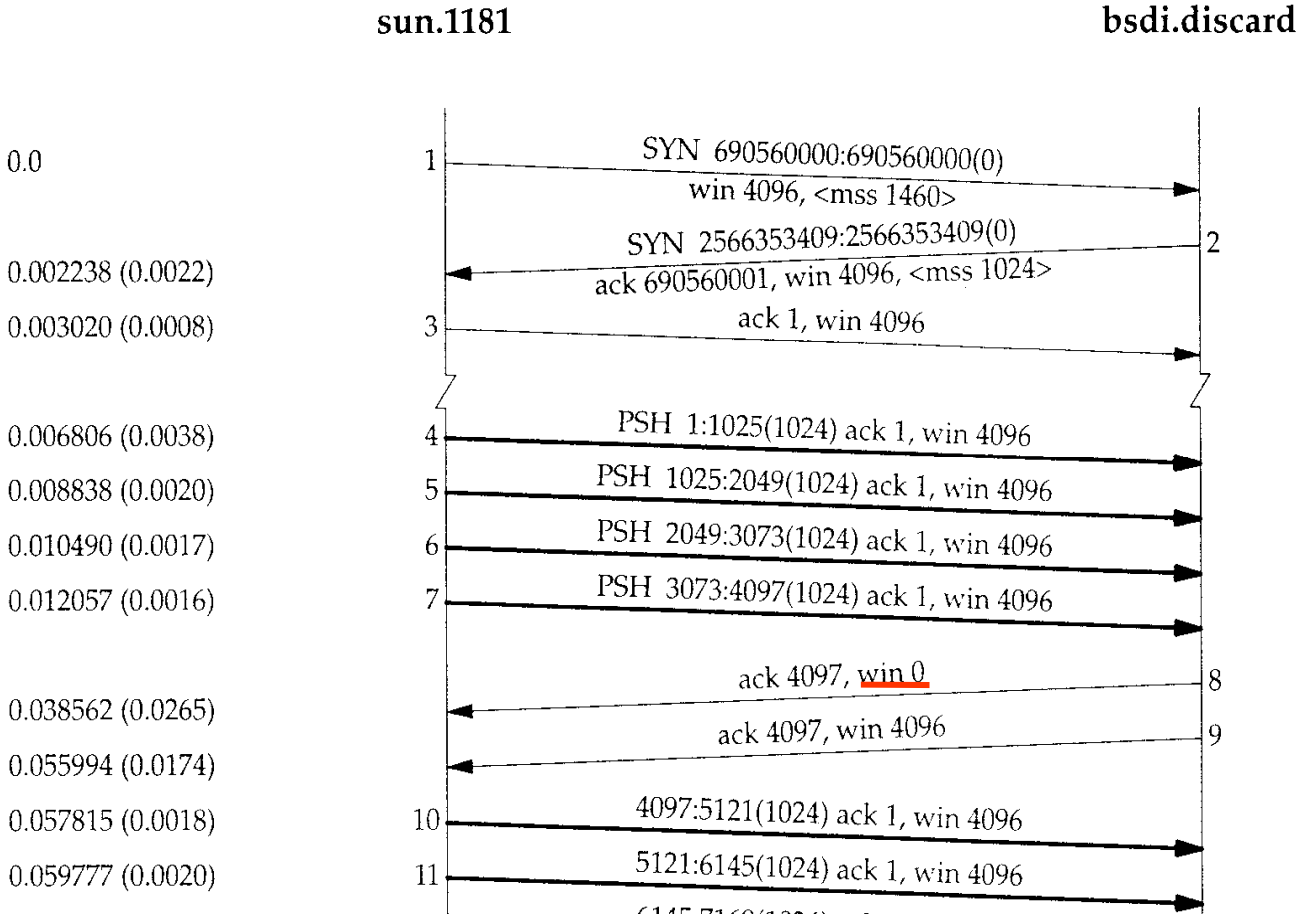
4.7.1 Transferencia normal

- El emisor envía más despacio que el ancho de banda de la red y que el límite de velocidad de lectura que tenga el receptor.
- Formato tcpdump
  - SYN ISN
  - Número secuencia a 1 para el primer paquete de datos X:Y (Z)
  - win
  - mss
  - ack
  - PSH
  - FIN



4.7.2 Control de flujo

- Evitar saturar al receptor: caso emisor rápido/receptor lento



Control de flujo

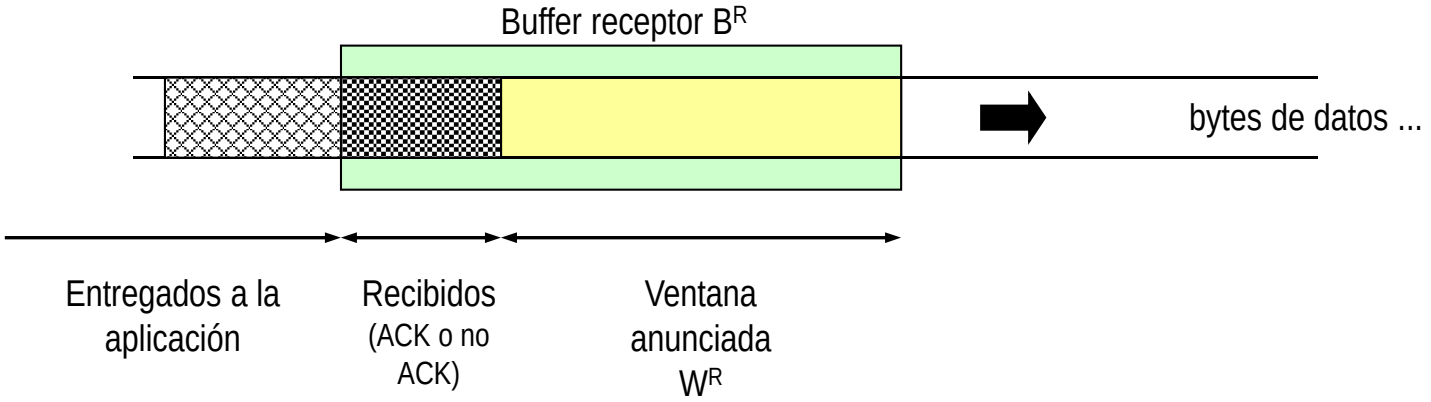
- La ventana anunciada por el receptor llegará a 0 con lo que el emisor no puede mandarle nada más.
- Mandará actualización de ventana (en la figura anterior segmento 9) sin confirmar datos cuando la ventana crezca a 2 MSS o al 50% de la original.
- Control de flujo: se implementa mediante el mecanismo de ventana deslizante.

4.7.2.1 Ventana deslizante

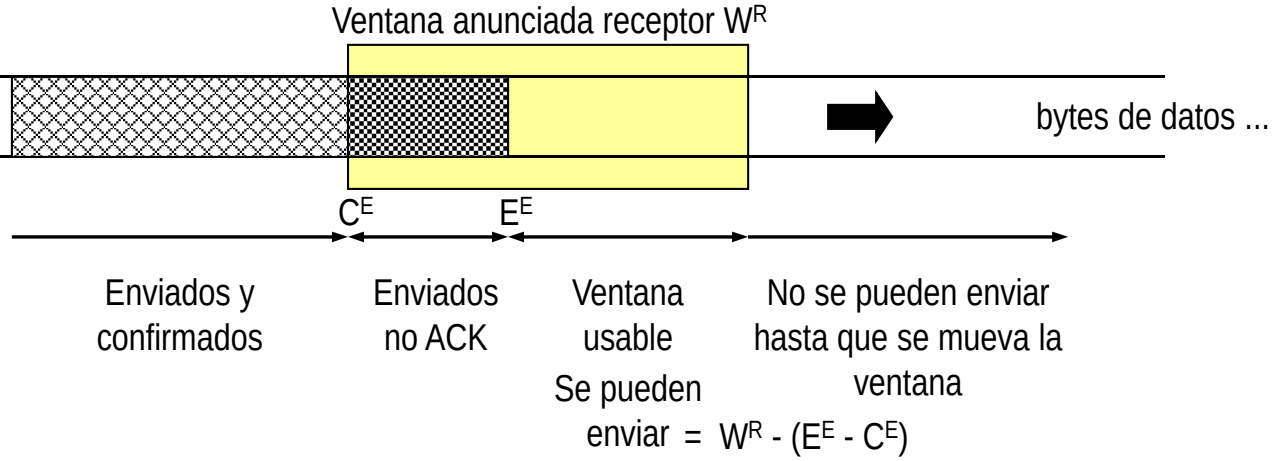
- Control de flujo para no saturar al receptor y nunca transmitir más que el buffer que tenga disponible.
- Permite al transmisor enviar varios paquetes antes de parar y esperar el ACK.
- En TCP los ACKs son acumulativos: confirman la recepción correcta de hasta el nº de bytes indicado por el nº de confirmación menos uno.
- Parámetros que intervienen:
  - B^R : buffer del receptor.
    - Tamaños típicos de buffer B^R: 8, 32, 64 Kbytes
  - W^R : ventana anunciada por el receptor (win, campo cabecera TCP).

Ventana deslizante

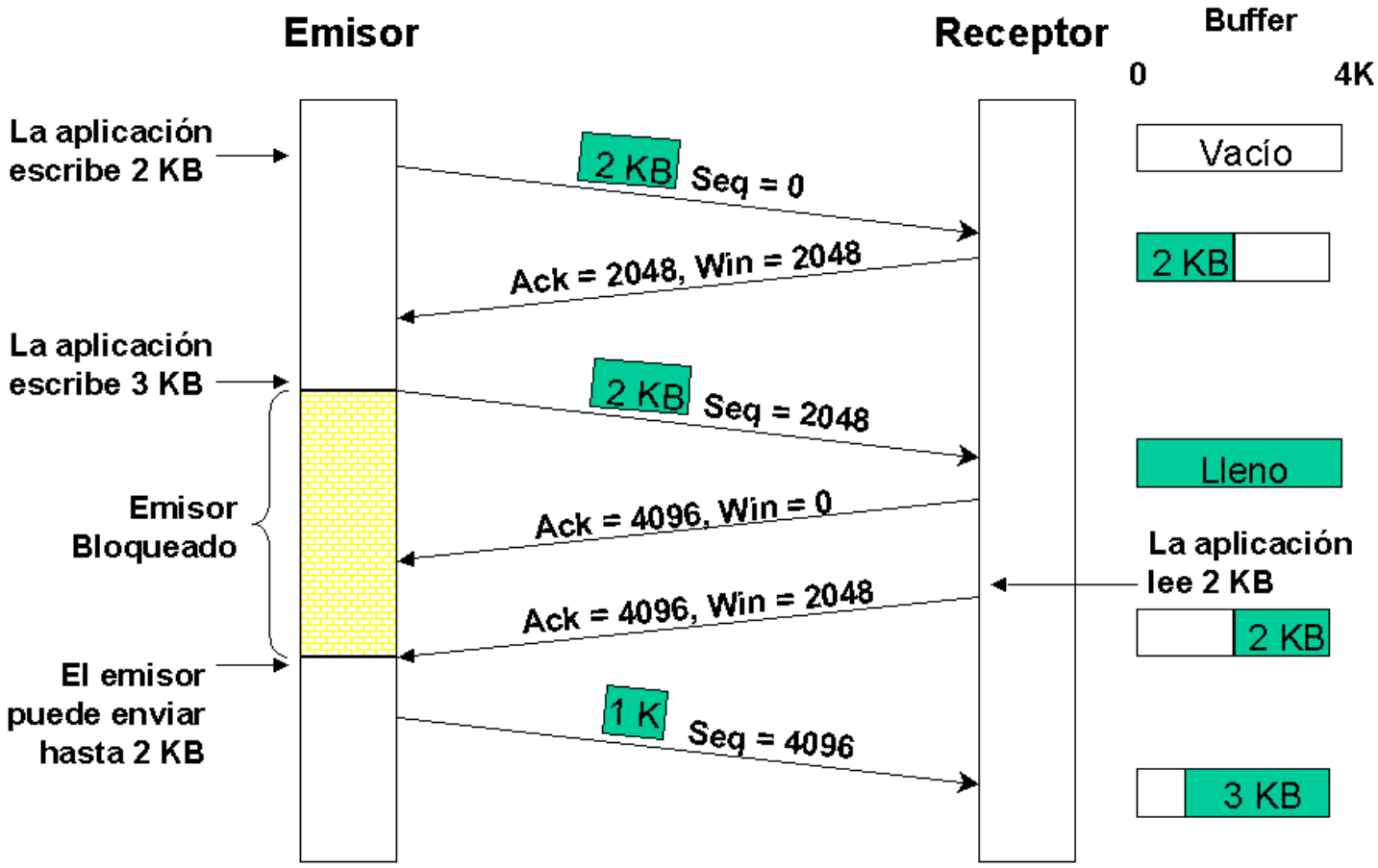
- En receptor:



- En emisor:

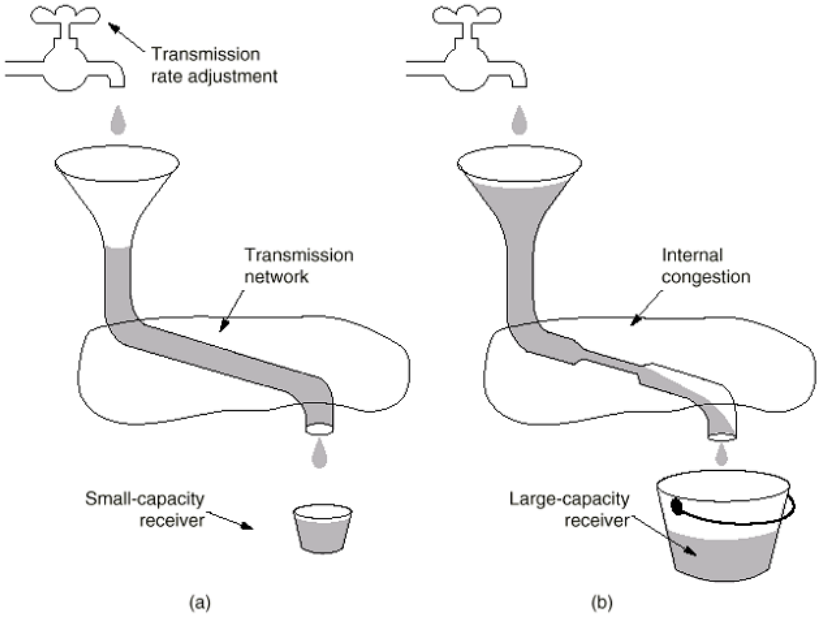


Ventana deslizante



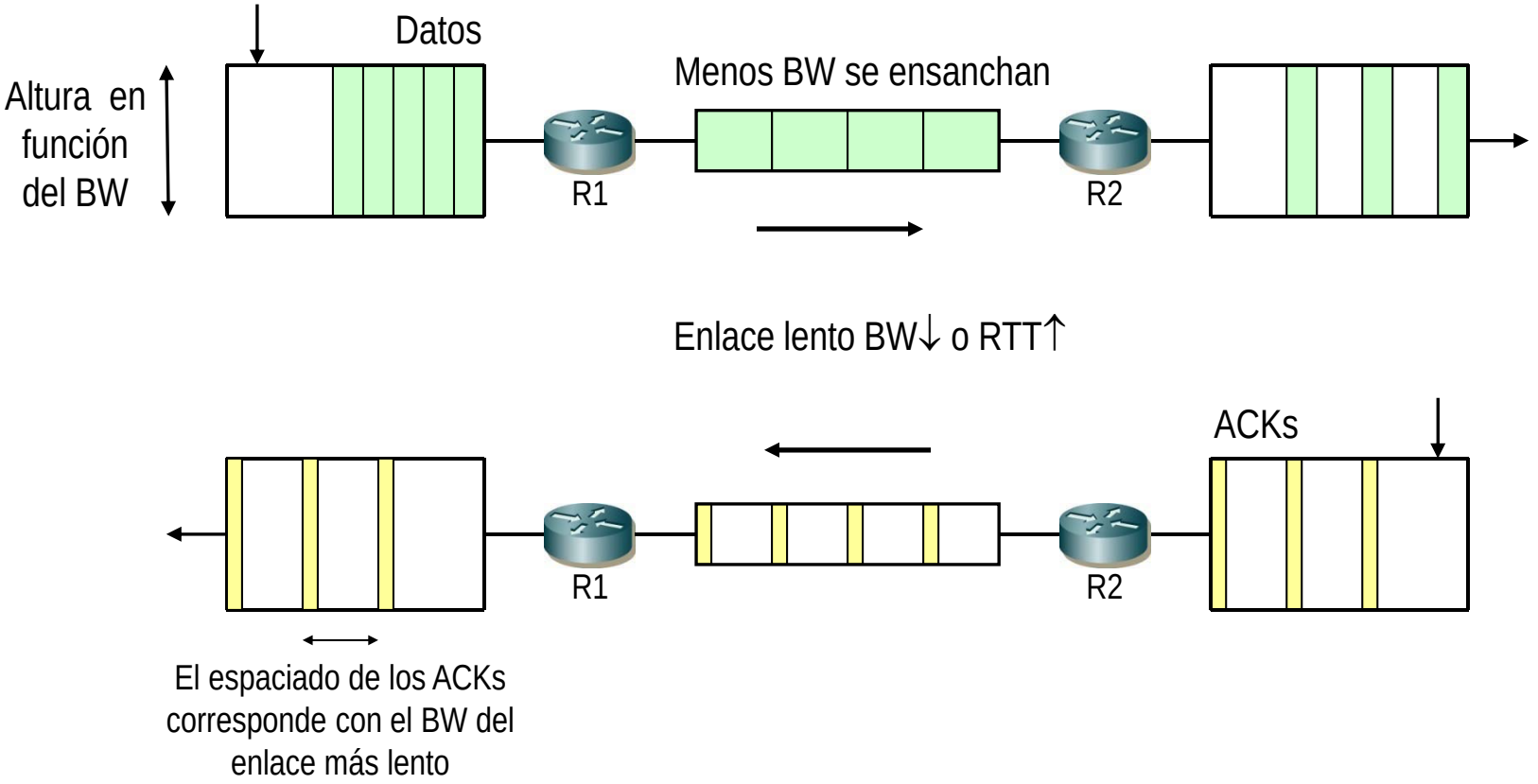
4.7.3 Control de congestión

- Una red está congestionada cuando las colas de los routers se llenan debido a la lentitud de los enlaces de salida.
- Ocurre si un emisor rápido alimenta un enlace lento o varios enlaces rápidos desembocan en uno lento.



Control de congestión

- ¿Cómo podemos estimar la velocidad de la red?
  - Según la velocidad de llegada de ACKs



Control de congestión

- El emisor envía segmentos al receptor hasta llenar la ventana anunciada por este.
  - En LANs no tiene por qué suponer ningún problema.
  - En enlaces más lentos puede dar problemas: se pueden encolar segmentos en routers con enlaces lentos, pudiendo llenarse los buffers y tirar los paquetes.
  - Pérdida de paquetes → Congestión de red
- Control de congestión: se implementa mediante la ventana de congestión (cwnd).
  - Es un parámetro interno de cada extremo TCP.
- Junto con la ventana anunciada por el receptor (control de flujo) imponen el tamaño final de envío:
  - ventana de envío= min(cwnd,W^R)
- La ventana de congestión se adapta a las condiciones de la red en 2 fases:
  - Slow Start
  - Congestion Avoidance

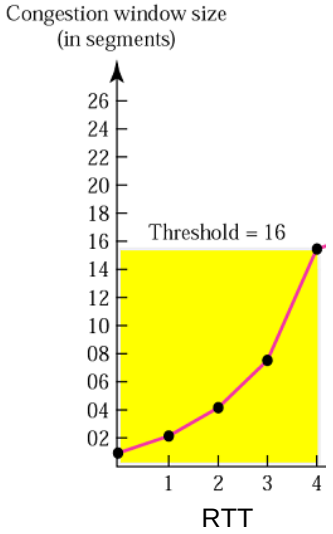
4.7.3.1 Fase Slow start

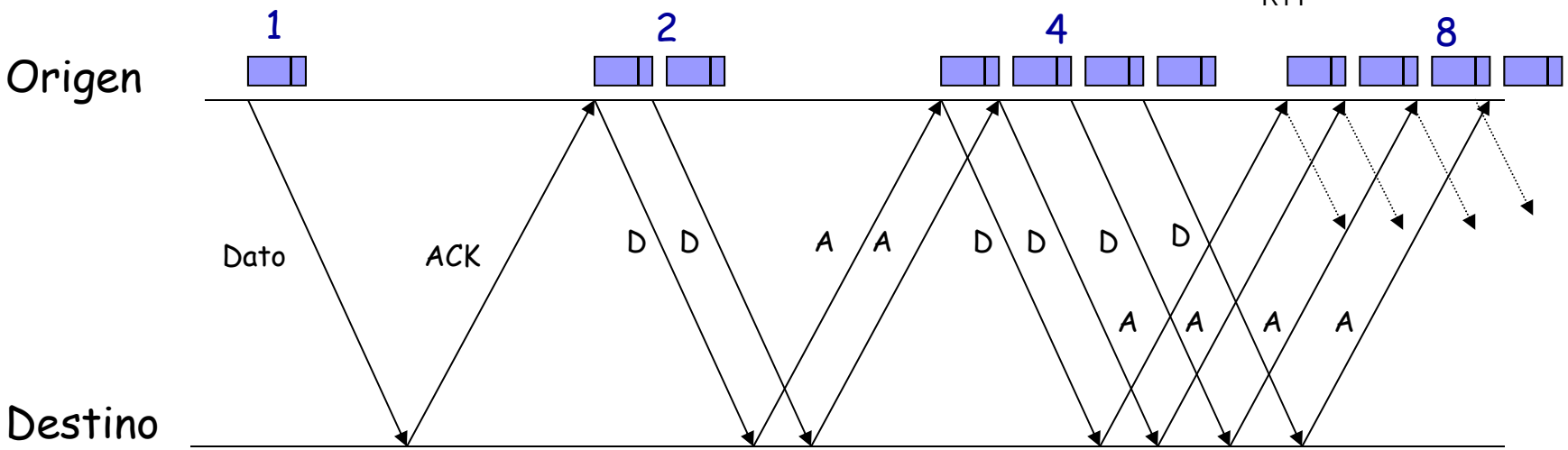
- Al mandar los primeros paquetes de una conexión TCP desconocemos las limitaciones de velocidad de la red.
- Se comienza enviando “despacio” para ir incrementando la velocidad de manera exponencial.
- *Slow start*, inyectar paquetes a la red a la velocidad a la que recibe ACKs retornados por el otro extremo.
- Pasos:
  1. Al iniciar la conexión: cwnd = 1 MSS (depende de la implementación)
     - El emisor podrá enviar hasta ventana = min(cwnd,W^R) bytes.
  2. Al confirmarse cada segmento enviado: cwnd = cwnd + 1 MSS
     - Crecimiento exponencial.
     - Por cada ACK real recibido (no por ACK duplicados).

Slow start

Envío	Recibo confirmación	Crece cwnd
1	→	2
2	→	4
4	→	8

cwnd: impuesto por el emisor
W^R: impuesto por el receptor

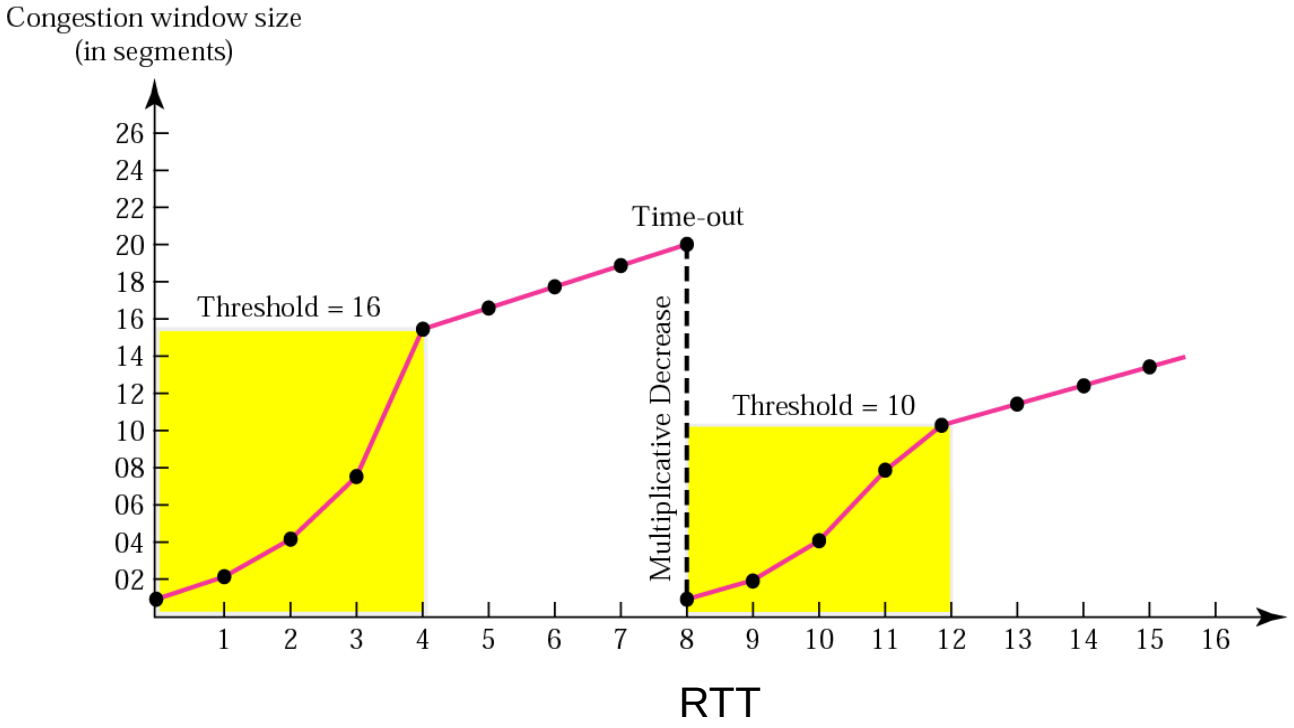




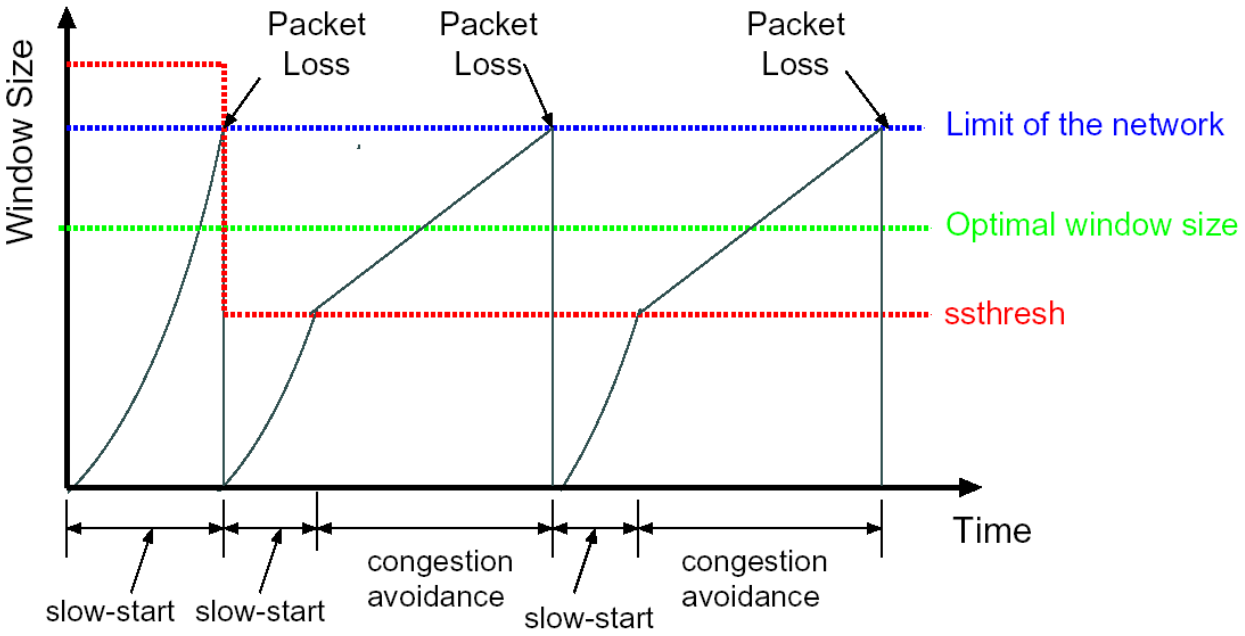
4.7.3.2 Fase Congestion avoidance

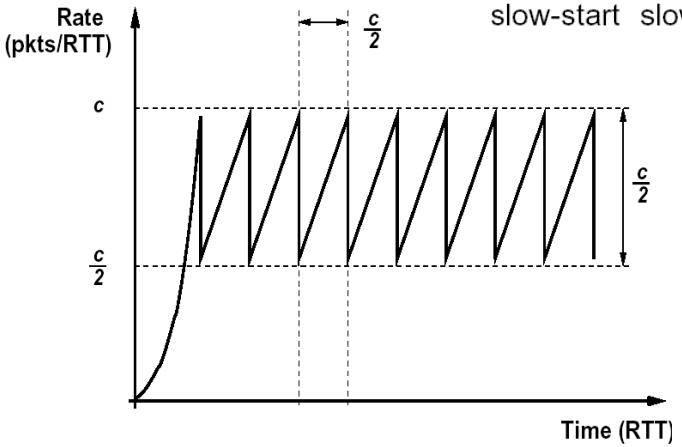
- Si una ventana empieza a crecer con slow start llegará un momento en que congestione la red y se empiece a tirar paquetes.
  - Normalmente se asume que la pérdida de paquetes debido a errores físicos (fallos CRC) es un % muy pequeño en las redes actuales y despreciable.
  - Por tanto se puede tomar la pérdida de paquetes como indicador de congestión: se interpreta como que algún router los ha tirado porque ha llenado sus buffers.
- Se define el ssthresh, umbral del tamaño de ventana de congestión en el que finaliza el periodo slow start y comienza el periodo congestion avoidance. Su valor depende de la implementación (8-64 Kbytes)
- En este periodo la ventana de congestión crece más despacio: 1 MSS por RTT como máximo.
- En caso de pérdida detectada por RTO o 3 acks duplicados
  - cwnd baja a la cnwd inicial y se continúa en slow start
  - ssthresh = ventana_anterior / 2 = min(cwnd,W^R) / 2

Congestion avoidance



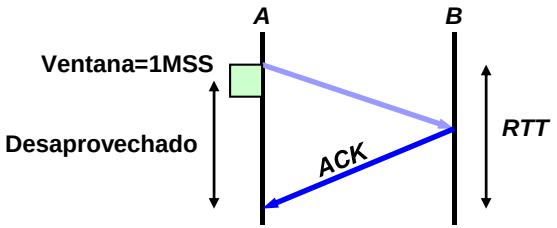
Ajuste a la capacidad del canal





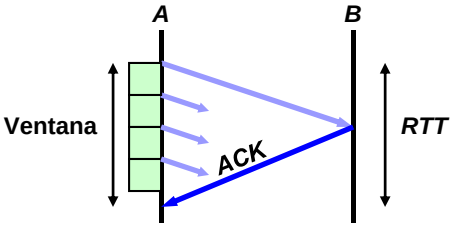
4.8 Producto RTTxBW

- Para maximizar la velocidad de transferencia TCP debemos analizar el tamaño de ventana a anunciar por el receptor (W^R).
- Si W^R=1MSS



- Mejor caso: Ventana = RTT x BW
  - (bits) = (s) x (bps)
  - ventana= min(cwnd, W^R)
    - W^R no es controlable, pero sí el buffer de recepción B^R .
    - Si la aplicación receptora lee rápido: $W^R \approx B^R$

Ej: Ethernet 10Mbps, RTT 10ms
ventana = 12,5 Kbytes



4.9 Ejemplo de traza TCP

- Captura en el extremo 130.206.158.141

```
18:35:35.522405 IP 130.206.158.141.55908 > 130.206.13.20.http: S 2664700947:2664700947(0) win 5840 <mss 1460,sackOK,timestamp 2618480914
      0,nop,wscale 7>
18:35:35.547232 IP 130.206.13.20.http > 130.206.158.141.55908: S 3076916275:3076916275(0) ack 2664700948 win 4380 <mss 1460,nop,wscale
      0,nop,nop,timestamp 393065200 2618480914,sackOK,eol>
18:35:35.547259 IP 130.206.158.141.55908 > 130.206.13.20.http: . ack 1 win 46 <nop,nop,timestamp 2618480938 393065200>
18:35:35.547410 IP 130.206.158.141.55908 > 130.206.13.20.http: P 1:120(119) ack 1 win 46 <nop,nop,timestamp 2618480939 393065200>
18:35:35.577493 IP 130.206.13.20.http > 130.206.158.141.55908: P 2897:4345(1448) ack 120 win 4499 <nop,nop,timestamp 393065229 2618480939>
18:35:35.577521 IP 130.206.158.141.55908 > 130.206.13.20.http: . ack 1 win 46 <nop,nop,timestamp 2618480969 393065200,nop,nop,sack 1
      {2897:4345}>
18:35:35.577499 IP 130.206.13.20.http > 130.206.158.141.55908: P 1449:2897(1448) ack 120 win 4499 <nop,nop,timestamp 393065229 2618480939>
18:35:35.577535 IP 130.206.158.141.55908 > 130.206.13.20.http: . ack 1 win 46 <nop,nop,timestamp 2618480969 393065200,nop,nop,sack 1
      {1449:4345}>
18:35:35.577554 IP 130.206.13.20.http > 130.206.158.141.55908: P 1:1449(1448) ack 120 win 4499 <nop,nop,timestamp 393065229 2618480939>
18:35:35.577572 IP 130.206.158.141.55908 > 130.206.13.20.http: . ack 4345 win 69 <nop,nop,timestamp 2618480969 393065229>
18:35:35.601650 IP 130.206.13.20.http > 130.206.158.141.55908: P 4345:5793(1448) ack 120 win 4499 <nop,nop,timestamp 393065254 2618480969>
18:35:35.601685 IP 130.206.158.141.55908 > 130.206.13.20.http: . ack 5793 win 91 <nop,nop,timestamp 2618480993 393065254>
18:35:35.601657 IP 130.206.13.20.http > 130.206.158.141.55908: . 7241:8689(1448) ack 120 win 4499 <nop,nop,timestamp 393065254 2618480969>
18:35:35.601697 IP 130.206.158.141.55908 > 130.206.13.20.http: . ack 5793 win 91 <nop,nop,timestamp 2618480993 393065254,nop,nop,sack 1
      {7241:8689}>
18:35:35.601662 IP 130.206.13.20.http > 130.206.158.141.55908: . 5793:7241(1448) ack 120 win 4499 <nop,nop,timestamp 393065254 2618480969>
18:35:35.601706 IP 130.206.158.141.55908 > 130.206.13.20.http: . ack 8689 win 114 <nop,nop,timestamp 2618480993 393065254>
18:35:35.601668 IP 130.206.13.20.http > 130.206.158.141.55908: . 8689:10137(1448) ack 120 win 4499 <nop,nop,timestamp 393065254 2618480969>
18:35:35.601713 IP 130.206.158.141.55908 > 130.206.13.20.http: . ack 10137 win 137 <nop,nop,timestamp 2618480993 393065254>
18:35:35.625774 IP 130.206.13.20.http > 130.206.158.141.55908: . 10137:11585(1448) ack 120 win 4499 <nop,nop,timestamp 393065279 2618480993>
18:35:35.625803 IP 130.206.158.141.55908 > 130.206.13.20.http: . ack 11585 win 159 <nop,nop,timestamp 2618481017 393065279>
18:35:35.625781 IP 130.206.13.20.http > 130.206.158.141.55908: P 11585:12266(681) ack 120 win 4499 <nop,nop,timestamp 393065279 2618480993>
18:35:35.625814 IP 130.206.158.141.55908 > 130.206.13.20.http: . ack 12266 win 182 <nop,nop,timestamp 2618481017 393065279>
18:35:35.625786 IP 130.206.13.20.http > 130.206.158.141.55908: F 12266:12266(0) ack 120 win 4499 <nop,nop,timestamp 393065279 2618480993>
18:35:35.625991 IP 130.206.158.141.55908 > 130.206.13.20.http: F 120:120(0) ack 12267 win 182 <nop,nop,timestamp 2618481017 393065279>
18:35:35.650011 IP 130.206.13.20.http > 130.206.158.141.55908: . ack 121 win 4499 <nop,nop,timestamp 393065303 2618481017>
```

Resumen

- Las pérdidas de paquetes se asocian a presencia de congestión de la red. Se identifican por:
  - Vencimiento de RTO
  - Presencia de ACKs duplicados
- Control de flujo: ventana deslizante
- Control de flujo + control de congestión:
  - ventana= min(cwnd, W^R)
- Si se quiere que la conexión esté limitada por el ancho de banda de la red y no por el buffer del receptor:
  - B^R = RTT x BW

Referencias

- [Forouzan]
  - Capítulo 15, “Transmission Control Protocol (TCP)”, secciones 15.6-15.10
- [Stevens]
  - Capítulo 20, “TCP Bulk Data Flow”
  - Capítulo 21, “TCP Timeout and Retransmission”