

Capítulo 3: Capa Transporte: Principios del control de congestión

ELO322: Redes de Computadores
Agustín J. González

Este material está basado en:

- Material de apoyo al texto *Computer Networking: A Top Down Approach Featuring the Internet*. Jim Kurose, Keith Ross.

Capítulo 3: Continuación

- ❑ 3.1 Servicios de la capa transporte
- ❑ 3.2 Multiplexing y demultiplexing
- ❑ 3.3 Transporte sin conexión: UDP
- ❑ 3.4 Principios de transferencia confiable de datos
- ❑ 3.5 Transporte orientado a la conexión: TCP
 - Estructura de un segmento
 - Transferencia confiable de datos
 - Control de flujo
 - Administración de conexión
- ❑ 3.6 Principios del control de congestión
- ❑ 3.7 Control de congestión en TCP

Pregunta tipo certamen:

La capa de red no ofrece garantías de: entrega de paquetes en orden, tasas de transferencia fija, llegada confiable de datos, y retardo acotado desde transmisión hasta recepción. ¿Cuáles de estos requerimientos son posibles de garantizar vía una programación adecuada de la capa de transporte?

- Entrega de paquetes en orden y llegada confiable de datos

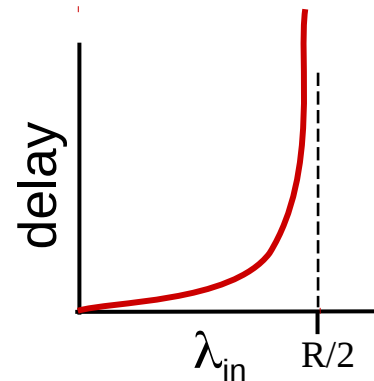
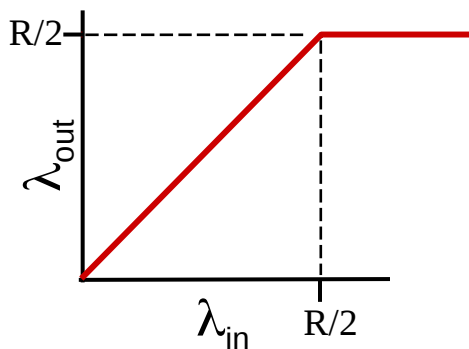
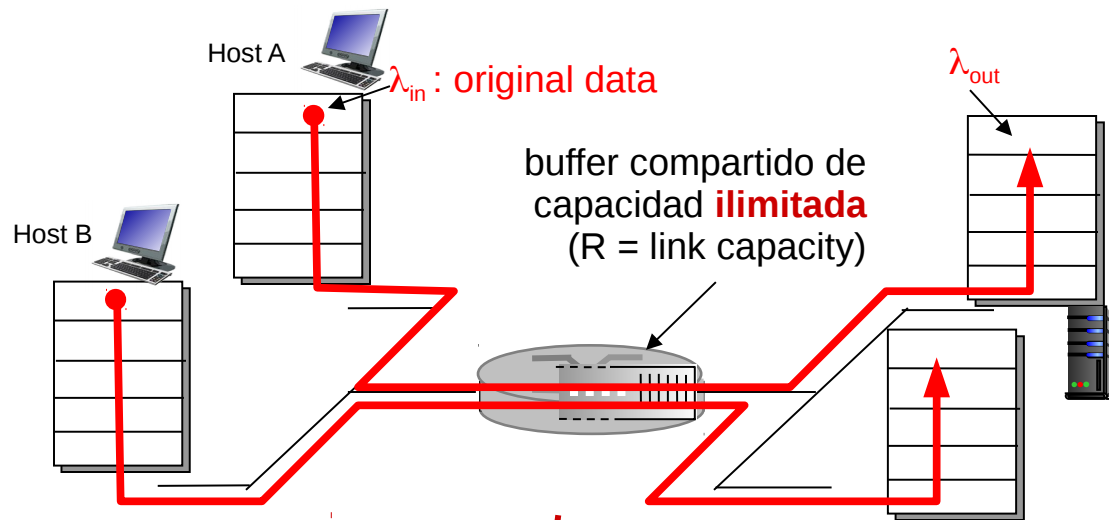
Principios del control de congestión

Congestión:

- ❑ Informalmente: “demasiadas fuentes enviando muchos datos muy rápido para que la red lo maneje”
- ❑ **Es distinto a control de flujo**, el cual ocurre entre dos procesos (Tx y Rx).
- ❑ Manifestaciones:
 - Pérdidas de paquetes (buffer overflow en routers)
 - Grandes retardos (en las colas en los router)
- ❑ Uno de los problemas top-10! en redes de computadores.

Causas/costos de congestión: escenario 1 (buffer ∞ , sin re-envío)

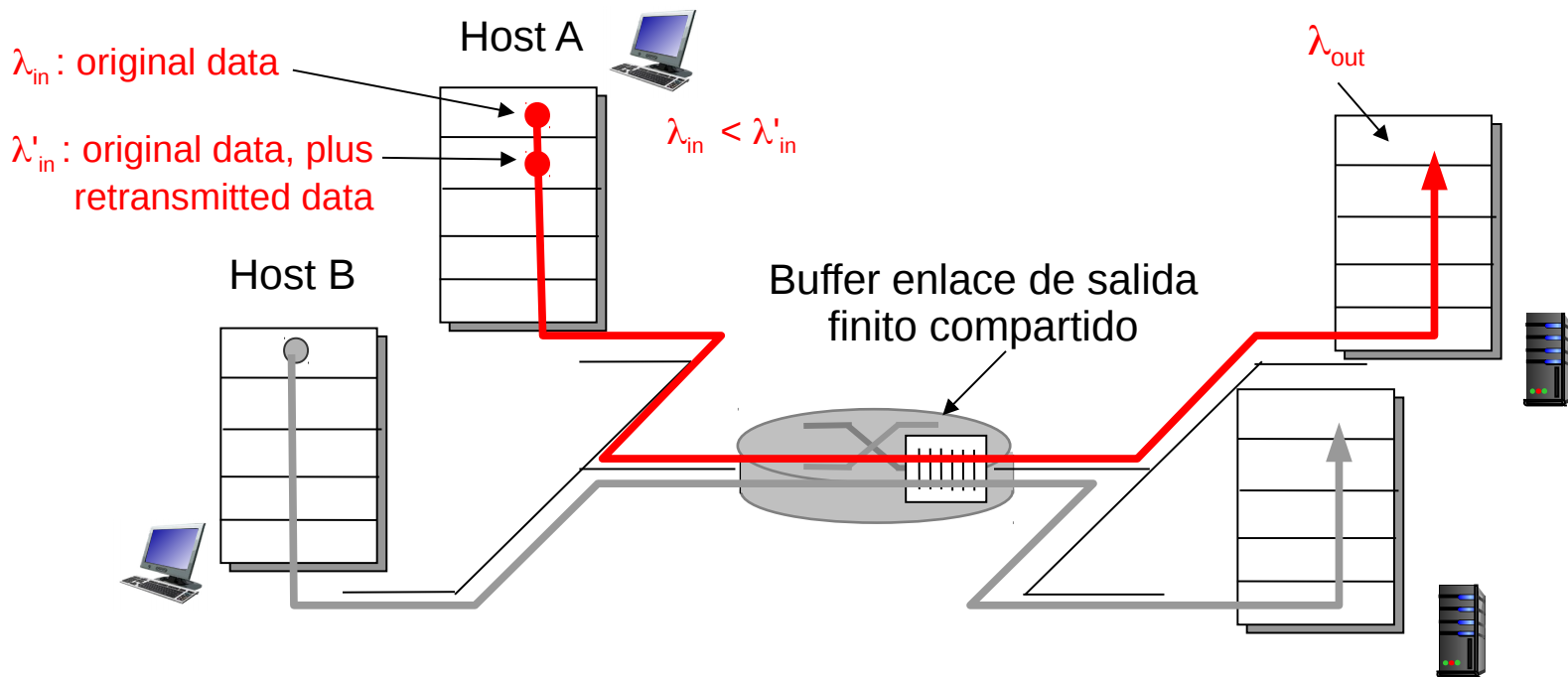
- dos transmisores, dos receptores
- un router, buffer **infinito (utópico)**
- **sin retransmisión**
- λ_{in} datos enviados por cada aplicación (bytes/sec)
- λ_{out} datos recibidos por la aplicación (bytes/sec)



- Throughput máximo por conexión: $R/2$
- Se incrementa el retardo cuando la tasa de llegada, λ_{in} , se acerca a la capacidad

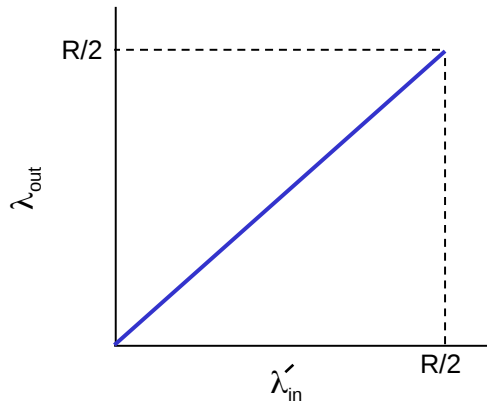
Causas de congestión: escenario 2 (buffer no ∞ , hay re-envío de paquetes)

- ❑ un router, buffer *finito (caso real)*
- ❑ Se **pierden** paquetes que no tienen espacio en buffer.
- ❑ transmisor **retransmite** paquetes perdidos

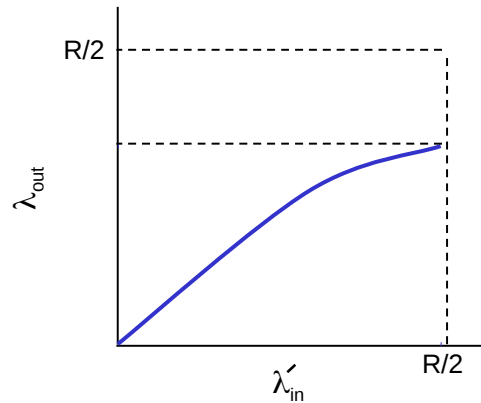


Causas/costos de congestión: escenario 2

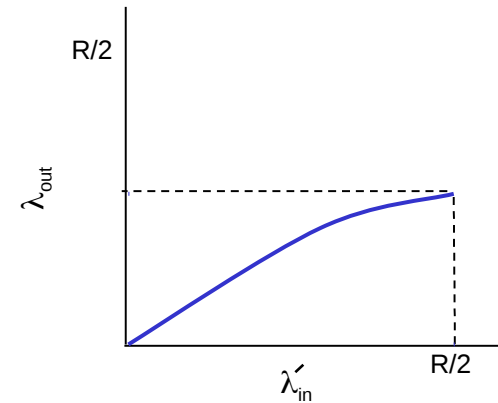
- (a) caso perfecto, sin pérdidas ni retransmisiones: $\lambda_{in} = \lambda'_{in}$
- (b) retransmisión sólo en caso de pérdida de segmentos (no por timeout prematuro): $\lambda'_{in} > \lambda_{in}$. Retransmisión de paquetes hace que λ'_{in} sea más grande que λ_{in} .
- (c) además de b, puede haber retransmisiones innecesarias (timeout prematuros) : enlaces envían paquetes de datos duplicados.



a.



b.



c.

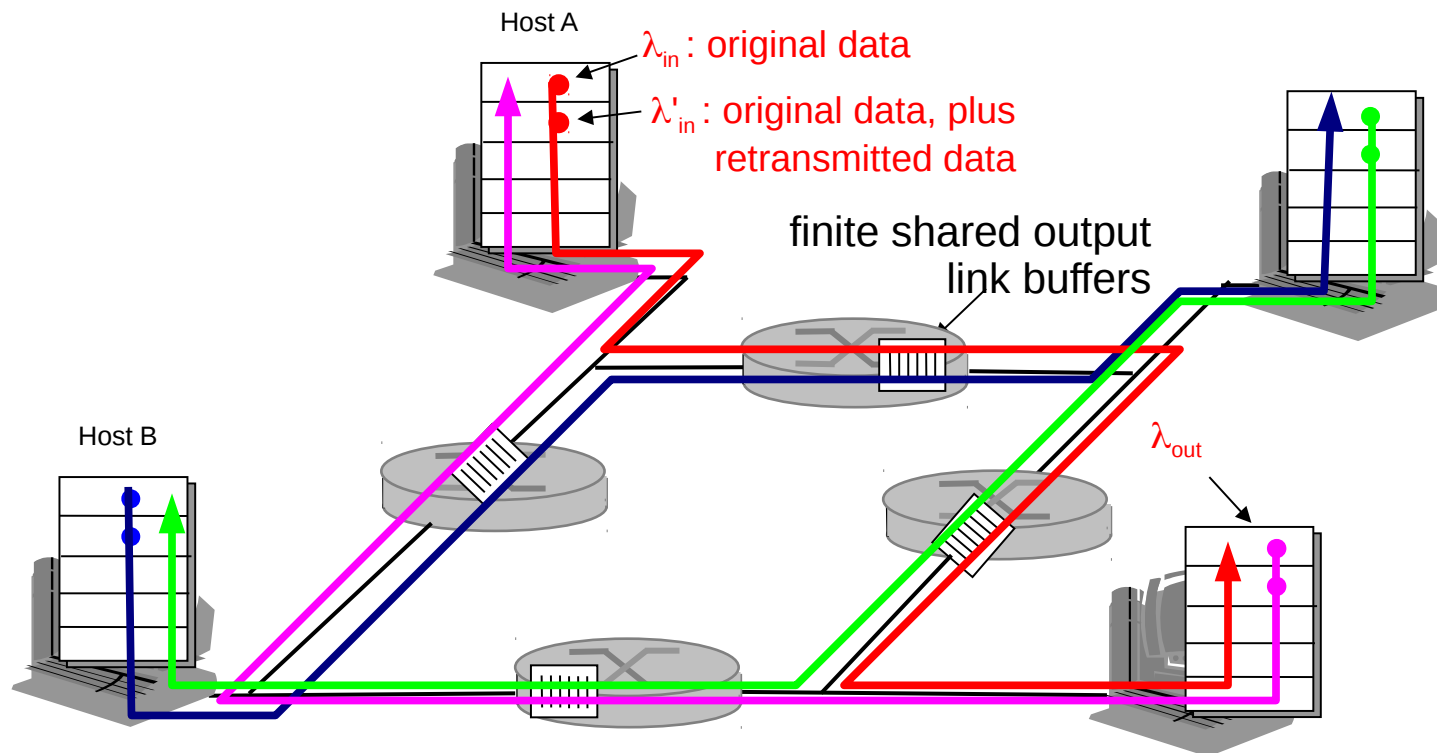
“costos” de congestión:

- más trabajo (retransmisión) para lograr el transporte de datos
“goodput”

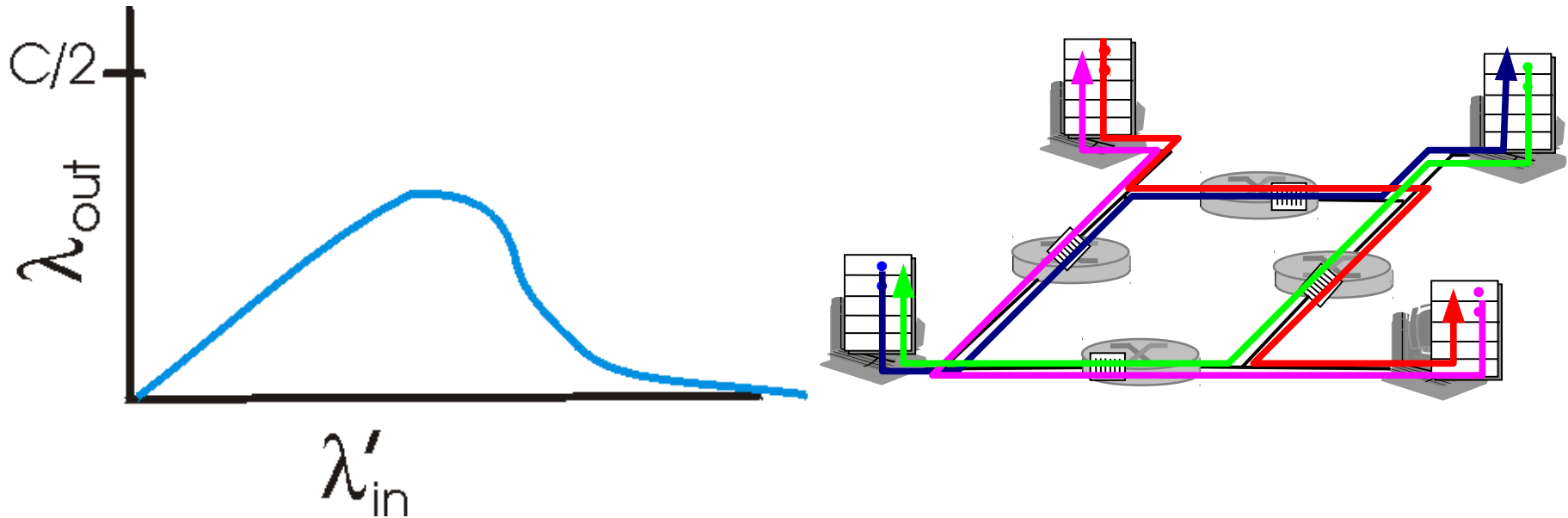
Causas/costos de congestión: escenario 3

- ❑ cuatro transmisores
- ❑ rutas con multihops
- ❑ timeout/retransmisiones

Q: ¿Qué pasa cuando λ_{in} se incrementa y λ'_{in} crece?



Causas/costos de congestión: escenario 3



Otro “costo” de congestión:

- cuando se descartan paquetes, cualquier capacidad (de router) usada anteriormente pasa a ser un recurso desperdiciado!

Estrategias para control de congestión

Los podemos clasificar en dos grupos amplios:

Control de congestión extremo a extremo:

- ❑ No hay información de realimentación explícita de la red
- ❑ La congestión es inferida desde las pérdidas y retardos observados por terminales en los extremos
- ❑ **Es la estrategia usada por TCP**

Control de congestión asistido por la red:

- ❑ routers proveen realimentación a sistemas extremos
 - Un Bit único indicando congestión (e.g. SNA, DECbit, TCP/IP ECN, ATM)
 - Explícitamente se informa al Tx la tasa que el router puede soportar
- ❑ Estrategia de redes ATM (Asynchronous Transfer Mode)

Caso de estudio: Control de congestión en ATM ABR (tecnología de red capa 3 y menores casi desplazada por protocolo IP)

ABR: Available Bit Rate:

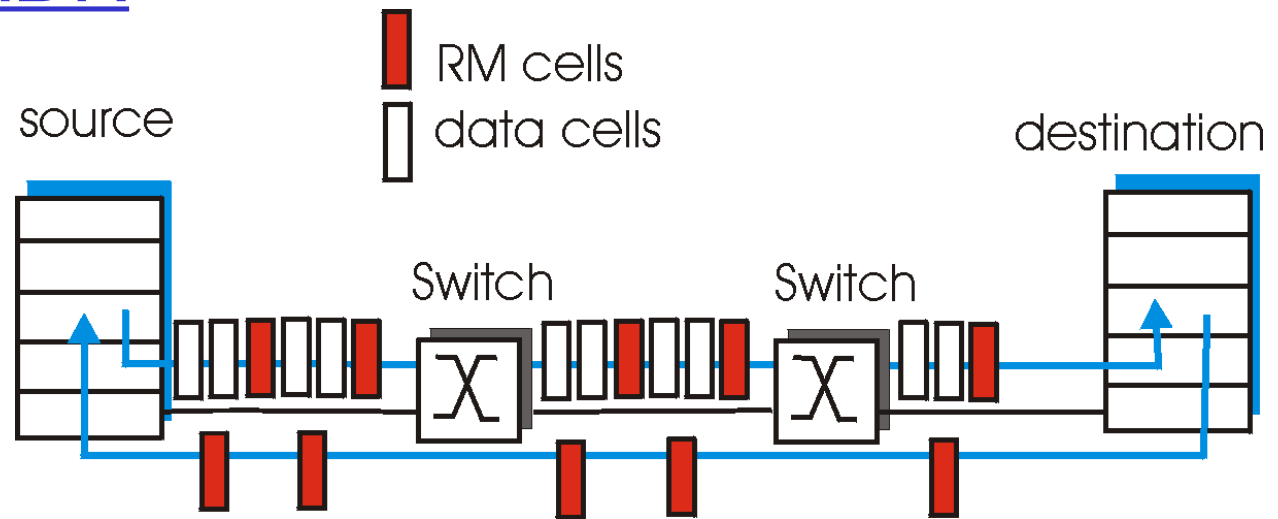
- ❑ Es un servicio “elástico” o flexible
- ❑ Si camino del Tx tiene poca carga,
 - Tx podría usar ancho de banda disponible
- ❑ Si camino de Tx a Rx está congestionado,
 - Tx reduce a un mínimo la tasa garantizada

Celdas RM (Resource Management):

- ❑ Enviadas a intervalos por Tx entre celdas de datos
- ❑ bits en celda RM son modificados por switches
 - **Bit NI:** no incrementar tasa (= congestión moderada)
 - **Bit CI:** Congestion Indication
- ❑ Celdas RM son retornadas al Tx por el Rx con bits intactos

ATM: Asynchronous Transfer Mode

Caso de estudio: Control de congestión en ATM ABR



- En celda RM hay campo ER (explicit rate) de dos bytes:
 - Un Switch congestionado puede bajar valor de ER en la celda
 - Tasa de envío del Tx se ajusta a la tasa mínima soportable en el camino entre fuente y destino (la del switch más crítico)
- En celda de datos hay Bit EFCI (explicit forward congestion indicator): éste es fijado en 1 por switch congestionado
 - Si celda de datos precedente a celda RM tiene el EFCI marcado, el destino marca bit CI en celda RM retornada.