



# Redes de Datos- Congestión en redes de datos

Jhon Jairo Padilla Aguilar, PhD.

UPB Bucaramanga



# Congestión

- Sucede cuando el número de paquetes que se transmite sobre una red comienza a acercarse al límite de la capacidad de gestión de esta
- Como consecuencia, las prestaciones de la red disminuyen drásticamente



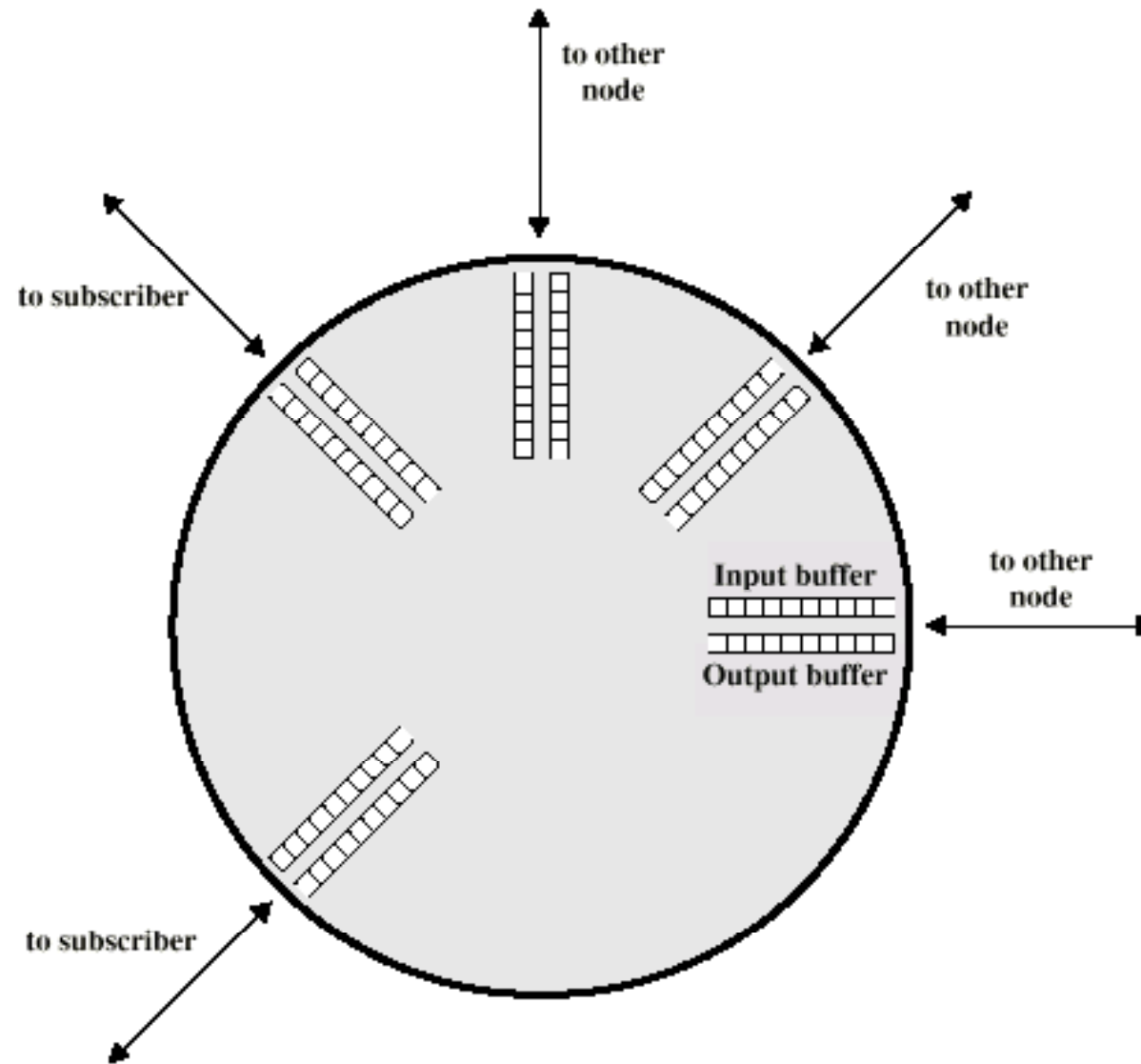
# Control de la congestión

- El objetivo es mantener el número de paquetes en la red por debajo del nivel para el que decaen dramáticamente las prestaciones

# El fenómeno

- Una red de datos es una red de colas
- En cada nodo existe una cola de paquetes asociada a cada enlace de salida
- El tamaño de las colas crece sin límite si la velocidad de llegada de paquetes es mayor que la velocidad de salida.
- En esta situación, el retardo de las colas tiende a infinito

# Colas en un nodo





## El fenómeno

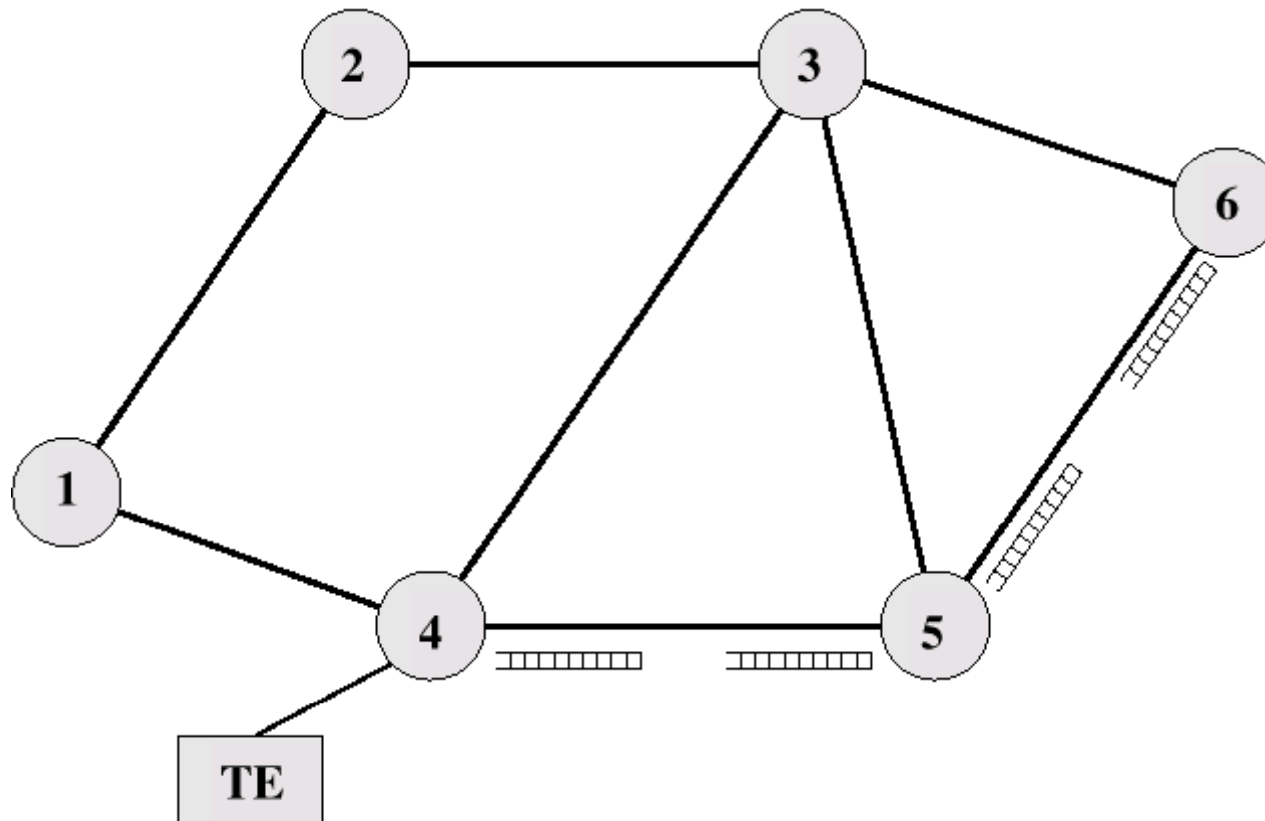
- En la práctica si la velocidad de llegada es mayor o igual al 80% de la velocidad de salida, el tamaño de las colas crece drásticamente
- El tamaño de las colas es finito por lo que se desbordan, perdiéndose paquetes



# Alternativas ante la congestión

- Descartar los paquetes de entrada para los que no exista memoria disponible
- El nodo podría implementar un método de control de flujo sobre sus vecinos de forma que el tráfico sea manejable

# Problemas con el control de flujo



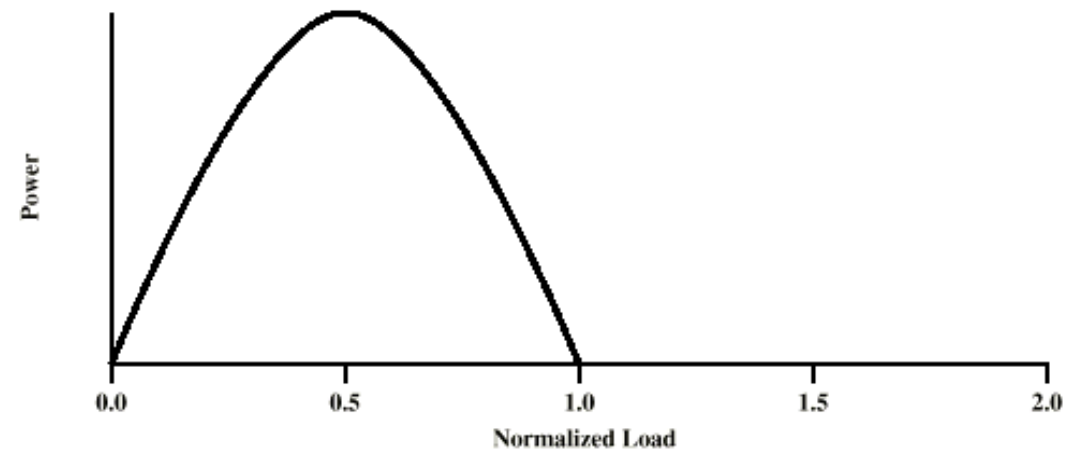
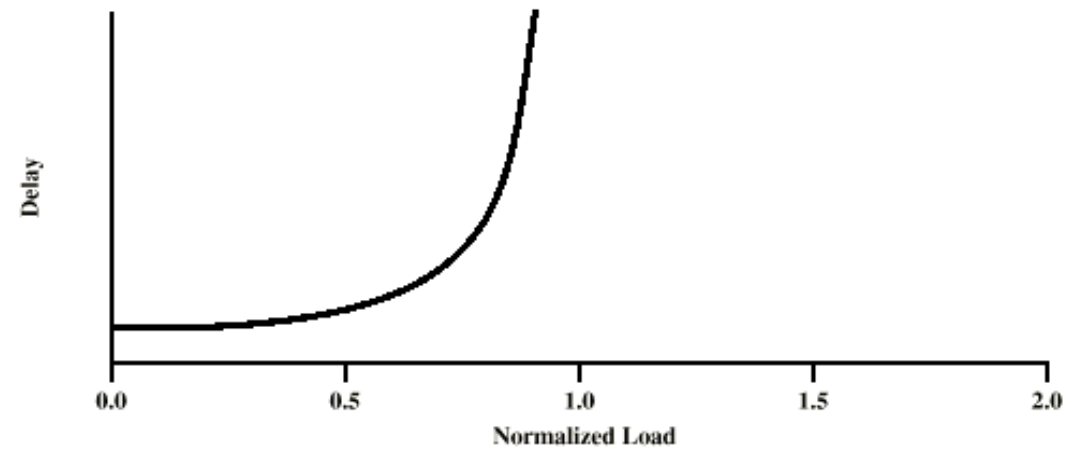
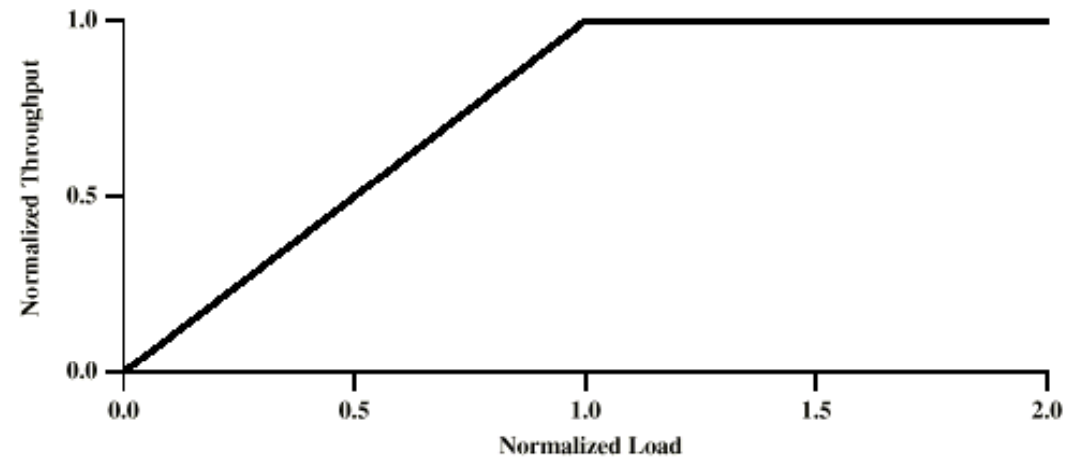
La congestión en un punto se propaga a toda la red



# Funcionamiento ideal de una red

- Condiciones ideales:
  - Memorias temporales infinitas
  - No existe costo asociado a la transmisión de paquetes ni al control de congestión
- **Rendimiento:** # de paquetes entregados al Host Destino
- **Carga:** # de paquetes transmitidos por los sistemas finales origen
- **Potencia** = Rendimiento / Retardo

# Desempeño Ideal de una red

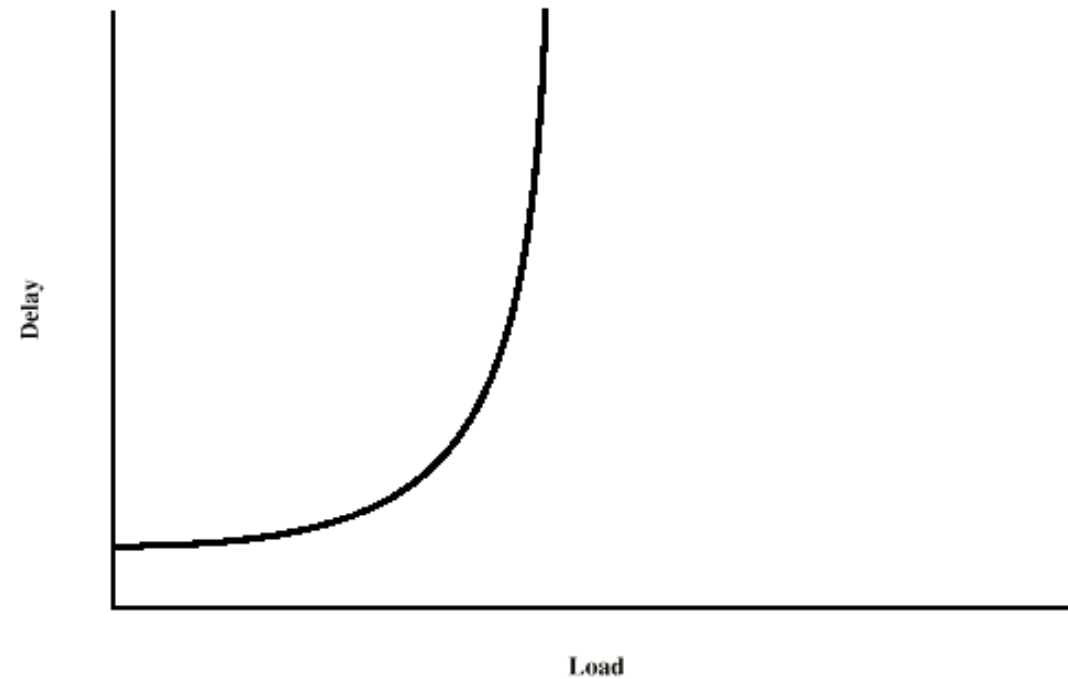
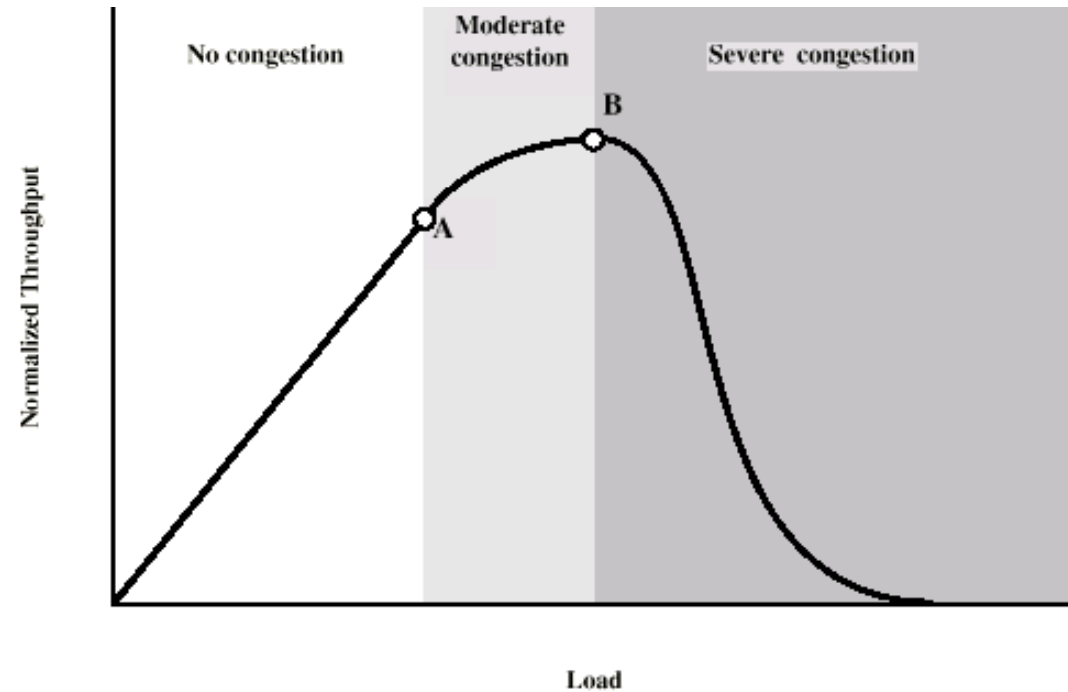




# Funcionamiento real de una red

- Condiciones reales:
  - Memorias temporales finitas (se rebosan)
  - El control de congestión consume capacidad de la red debido al intercambio de señales de control

# Efectos de la congestión sin control





# Estado de no congestión

- El rendimiento de la red aumenta conforme lo hace la carga
- Llega un momento en que si la carga sigue creciendo, el rendimiento de la red aumenta pero en menor proporción (congestión moderada)



# Congestión moderada

- La red sigue cursando el tráfico que le entra pero con un incremento en el retardo cada vez mayor
- Comportamiento real:
  - La carga no se distribuye uniformemente a través de la red
  - La red trata de equilibrar cargas encaminando paquetes por zonas menos congestionadas
  - Los nodos intercambian mayor señalización para evadir la congestión
  - Se reduce la capacidad disponible para datos

# Congestión Severa

- A medida que aumenta la carga, el tamaño de las colas sigue creciendo
- Se llega a un momento en que el rendimiento decae al aumentar la carga de entrada (hasta casi cero)
  - Memorias temporales finitas que se rebosan y pierden paquetes
  - Se deben retransmitir los paquetes rechazados (sist.finales) además de los nuevos
  - Se deben retransmitir paquetes cuya confirmación tarda demasiado (capa de transporte)



# Control de Congestión

- Mecanismos existentes:
  - Contrapresión
  - Paquetes de obstrucción
  - Señalización implícita de la congestión
  - Señalización explícita de la congestión



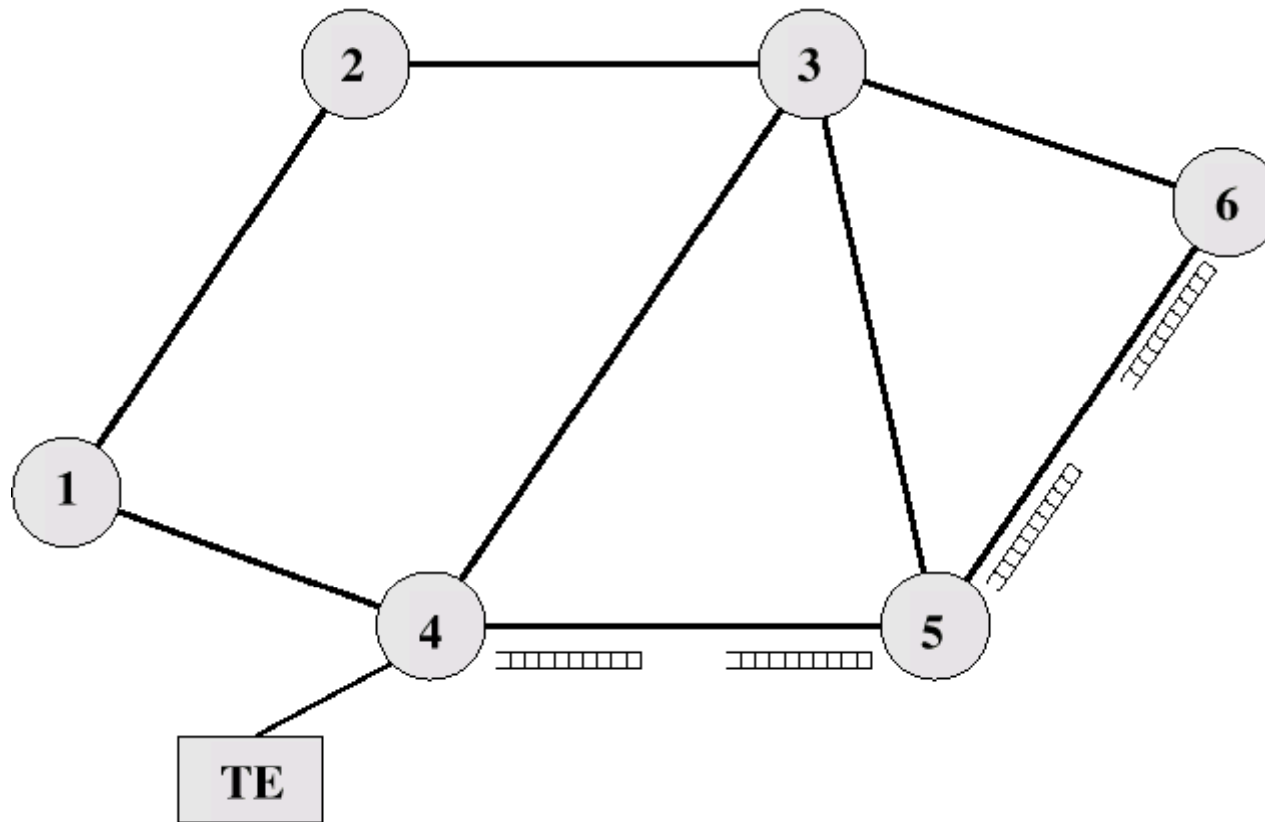




# Contrapresión

- Efecto similar a la contrapresión en fluidos que caen por un tubo
- Si se cierra el extremo final del tubo, el líquido ejerce una presión hacia el origen, donde el flujo es nulo
- Puede hacerse a nivel de enlaces o conexiones lógicas
- Se usan los métodos de control de flujo

# Contrapresión



La restricción de flujo se propaga desde el destino por los nodos de la ruta hacia el origen

# Contrapresión

- Se puede aplicar selectivamente a algunas conexiones lógicas de mayor tráfico
- Se puede usar en redes orientadas a conexión y permiten control de flujo a nivel de enlace
- Ejemplo: X.25 (FR, ATM, Internet no presentan esta característica)

# Paquetes de obstrucción

- Al presentarse congestión en un nodo, este envía un paquete de control por la ruta inversa del paquete hasta el nodo origen o estación origen, que deberá reducir el tráfico
- Ejemplo: Protocolo ICMP (Internet Control Message Protocol)

# Ejemplo: Control de congestión con ICMP

- ICMP tiene un mensaje de ralentización del emisor (SOURCE QUENCH)
- Puede ser enviado por un nodo o por el sistema final destino (se ha llenado su memoria temporal y debe rechazar datagramas IP)
- Se envía un mensaje SOURCE QUENCH por cada Datagrama IP rechazado
- El sistema final origen reduce la velocidad de emisión de paquetes hasta que no reciba más paquetes de ralentización



# Señalización implícita de la congestión

- Las estaciones emisoras detectan la congestión de la red y reducen el flujo de paquetes automáticamente
- Forma de detección de la congestión:
  - Se incrementa excesivamente el retardo de los paquetes enviados y el número de paquetes rechazados por el destino
- Es responsabilidad de los sistemas finales (no precisa acciones por parte de los nodos)
- Efectiva en redes no orientadas a conexión (internet)

# Ejemplo: Internet

- No hay conexiones lógicas en la red
- Se establecen conexiones lógicas entre los sistemas finales usando el protocolo TCP (que usa control de flujo)
- TCP usa mecanismos de control de congestión con señalización implícita de la congestión





# Señalización explícita de la congestión

- La red alerta a los sistemas finales acerca del incremento de la congestión en la red
- Los sistemas finales toman medidas oportunas para reducir la carga de entrada a la red
- Operan sobre redes orientadas a conexión (FR, ATM)
- Controlan el flujo de paquetes de conexiones individuales
- Puede hacerse: hacia atrás, hacia adelante

# Señalización hacia atrás

- Se envía un mensaje de notificación de congestión en sentido opuesto al sentido en que viajan los paquetes de una conexión lógica
- El mensaje indica que los paquetes transmitidos sobre esta conexión lógica pueden encontrar recursos congestionados
- Formas de envío del mensaje:
  - Alterando bits en la cabecera de un paquete de datos encabezado con la dirección del emisor
  - Con un paquete de control diferente a los datos



# Señalización hacia adelante

- El mensaje de notificación de congestión se envía en el mismo sentido de los paquetes de datos
- El mensaje indica que un paquete dado sobre una conexión lógica dada ha encontrado recursos congestionados
- Formas de transmitirlo: (bits, paquetes de control)



# Señalización hacia adelante

- En algunos sistemas, el sistema final destino recibe la notificación y devuelve un eco de ella sobre la conexión lógica hacia el emisor
- En otros sistemas el sistema final destino realiza un control de flujo sobre el sistema final origen (a nivel de capa de transporte)

# Tipos de señalización explícita

- Otra clasificación puede hacerse según el criterio de control de flujo usado
- **Binarias:**
  - Usan alteración de bits
  - El emisor reduce su flujo al recibir la notificación
- **Basadas en crédito:**
  - Se proporciona un crédito (octetos o paquetes) al emisor de una conexión lógica
  - Cuando se agota el crédito no se envían más datos
  - Usados con control de flujo extremo-extremo
- **Basadas en velocidad:**
  - Se le proporciona explícitamente un límite máximo de velocidad de emisión de paquetes al emisor
  - Esto lo puede hacer cualquier nodo a lo largo de la ruta
  - Se hace mediante un mensaje de control