

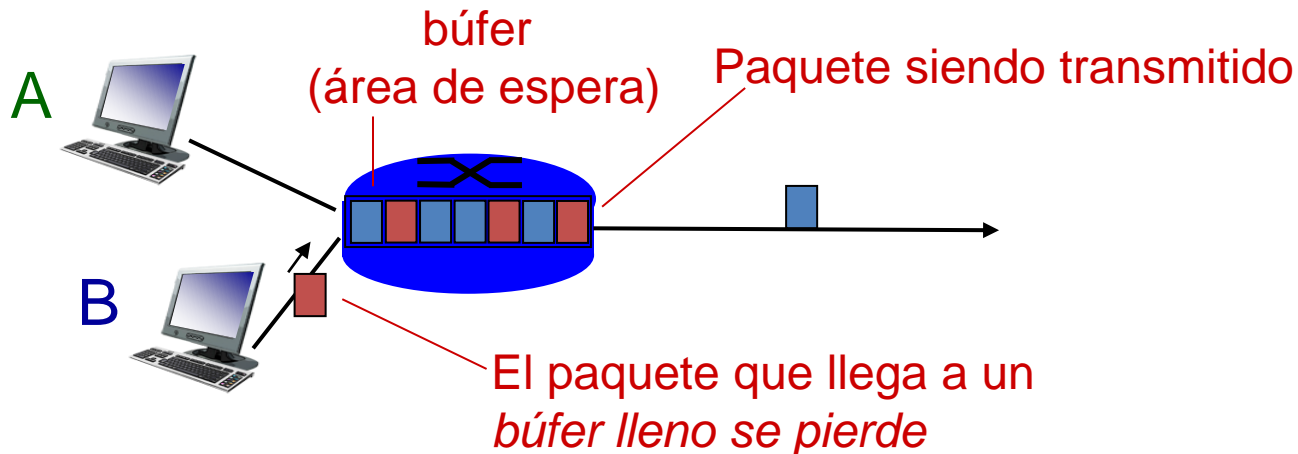
Capítulo 4

La Capa de Red Control de congestión

Application
Transport
Network
Link
Physical

Congestión

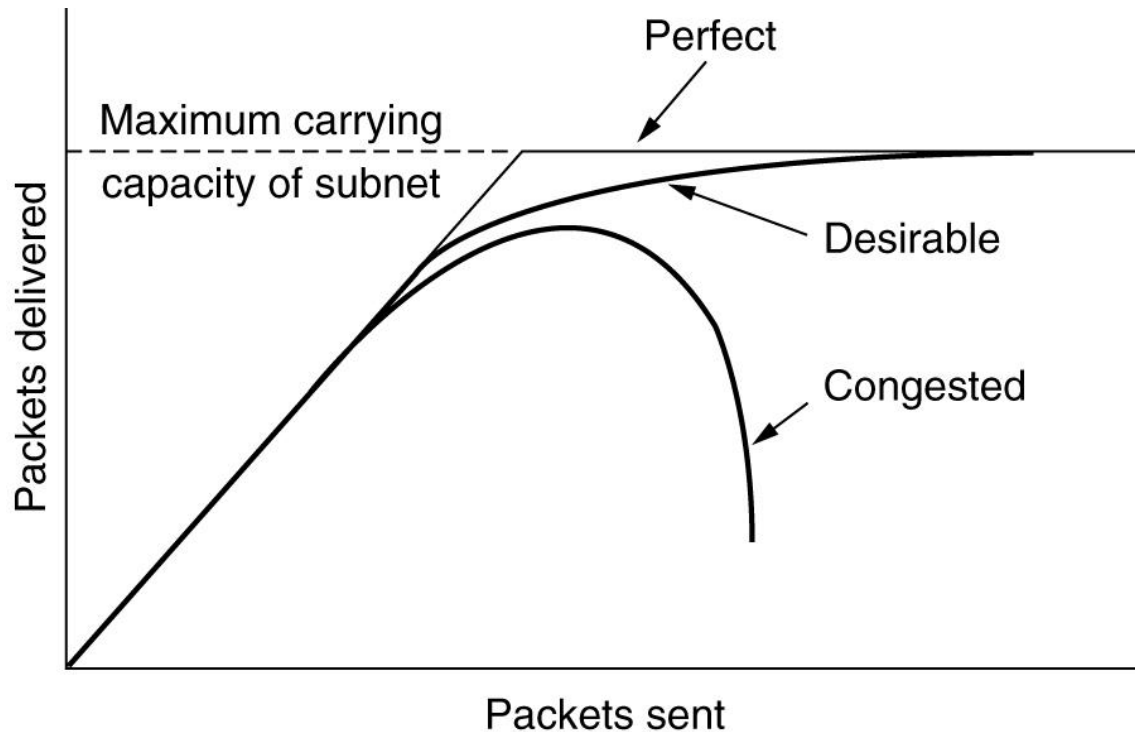
- La cola en un búfer que precede a un enlace tiene capacidad finita.
- ¿Qué pasa con un paquete cuando llega a una línea de salida con buffer lleno?
 - El paquete que llega a un **búfer lleno** se pierde.
 - Los paquetes perdidos deben ser retransmitidos por el enrutador previo o el host emisor.



Congestión

- Si comienzan a llegar ***muchos*** paquetes por algunas líneas de entrada y todas necesitan la misma línea de salida,
 - ❑ Se irán acumulando los paquetes en una cola.
 - ❑ Si no hay suficiente memoria para almacenar todos los paquetes, muchos de ellos se perderán.

Congestión



- Cuando hay demasiado tráfico, surge la congestión y el desempeño se degrada rápidamente
- **La meta del control de congestión es**
 - ❑ asegurar que la subred sea capaz de transportar el tráfico ofrecido

Congestión

- Problemas de los algoritmos de control de congestión de TCP estudiados
 - El host de destino demora demasiado en enterarse de congestión (solo por expiración de temporizador de retransmisiones o 3 acks duplicados).
 - Los hosts solo se enteran de pérdidas de paquetes, no pueden controlar qué paquetes perder y cuales no.

Congestión

- Razones para estudiar control de congestión en la capa de red.
 - Para resolver los problemas de los protocolos de control de congestión de TCP mencionados.
 - Para entender las medidas que pueden tomar los enrutadores para detectar la congestión y colaborar con la capa de transporte para ayudar a controlar mejor la congestión.

Congestión

- **Tipos de soluciones a la congestión vienen a la mente:**
 - ❑ aumentar los recursos
 - ❑ disminuir la carga en la subred (nos concentramos en esto)
- **Formas de disminuir la carga en la subred:**
 - ❑ **Regulación del tráfico**
 - hacer que hosts responsables de la congestión se enteren más rápido (que con protocolos de TCP) de la congestión y reduzcan su tasa de transferencia
 - ❑ **Desprendimiento de carga**
 - Enrutadores descartan paquetes inteligentemente antes que se saturen búferes.

Aprenderemos

- **Agenda:**

- 1. Cómo identificar la congestión**

- Para que los enrutadores puedan tomar algunas medidas y colaborar.

- 2. Cómo regular el tráfico**

- Método de paquetes reguladores
- Método de paquetes reguladores salto por salto
- Método de bit de advertencia y su implementación ECN

- 3. Cómo desprenderse de carga**

- Algoritmo de detección temprana aleatoria

Identificación de la Congestión

- **Problema:** ¿Cómo puede hacer un enrutador para darse cuenta si tiene algún puerto de salida congestionado?
- **Solución:** Cada enrutador monitorea la **demora de la cola** de línea de salida.
 - ❑ Asociar a cada línea: d = **demora reciente de cola de esta línea**.
 - ❑ Tomar periódicamente una muestra de la **longitud de cola instantánea de la línea**, s
 - ❑ Actualizar d periódicamente usando:

$$d_{nvo} = \alpha d_{ant} + (1 - \alpha) * s$$

donde α determina la rapidez con que el enrutador olvida la historia reciente.

Identificación de la Congestión

- Siempre que d rebasa un **umbral**, la línea de salida entra un **estado de advertencia**.
 - ☐ Cada paquete nuevo que llega se revisa para ver si su línea de salida está en estado de advertencia.
 - ☐ Si es así, se realiza alguna acción.

Aprenderemos

- **Agenda:**

1. Cómo identificar la congestión

- Para que los enrutadores puedan tomar algunas medidas y colaborar.

2. **Cómo regular el tráfico**

- Método de paquetes reguladores
- Método de paquetes reguladores salto por salto
- Método de bit de advertencia y su implementación ECN

3. Cómo desprenderse de carga

- Algoritmo de detección temprana aleatoria

Regulación de Tráfico

- **Regulación de tráfico** es cuando los emisores ajustan sus transmisiones para enviar un tráfico que la red pueda soportar.
- La congestión se da en los enrutadores (y no en los hosts).
- **¿Cómo se puede enterar un host de que hay congestión?**
 - Se le avisa de la congestión.
- **Una vez que un enrutador tiene una línea de salida en estado de advertencia puede**
 - avisar a los hosts responsables de los paquetes que llegan a esa línea congestionada.

Regulación de Tráfico

- **Método de paquetes reguladores.**

1. Usar **paquetes reguladores** si línea de salida en estado de advertencia.
 - El enrutador regresa un **paquete regulador (PR)** al host de origen, proporcionándole el destino encontrado en el paquete.
2. **Para que el paquete original no genere más PR más adelante en la ruta**
 - en el paquete original se activa un bit del encabezado y después se reenvía.
3. **El PR** le pide al host de origen que reduzca en un porcentaje X el tráfico enviado al destino especificado.

Regulación de Tráfico

- **Método de paquetes reguladores (cont).**

4. El host ignora los PR que se refieran a ese destino por un intervalo fijo.
 5. Una vez que haya expirado ese tiempo, el host escucha más PR durante un intervalo I .
 - Si llega alguno el host reduce el flujo aun más y comienza a ignorar nuevamente los PR.
 - **Si no llega ningún PR durante I** el host incrementa el flujo.
- Un ejemplo de paquetes reguladores se usó en la internet temprana (se llamaba Quench) por los 80s.

Regulación de Tráfico

- **Problema del método de paquetes reguladores:**
 - ❑ A altas velocidades o distancias grandes, el envío de un paquete regulador a los hosts de origen no funciona bien porque la reacción es muy lenta.

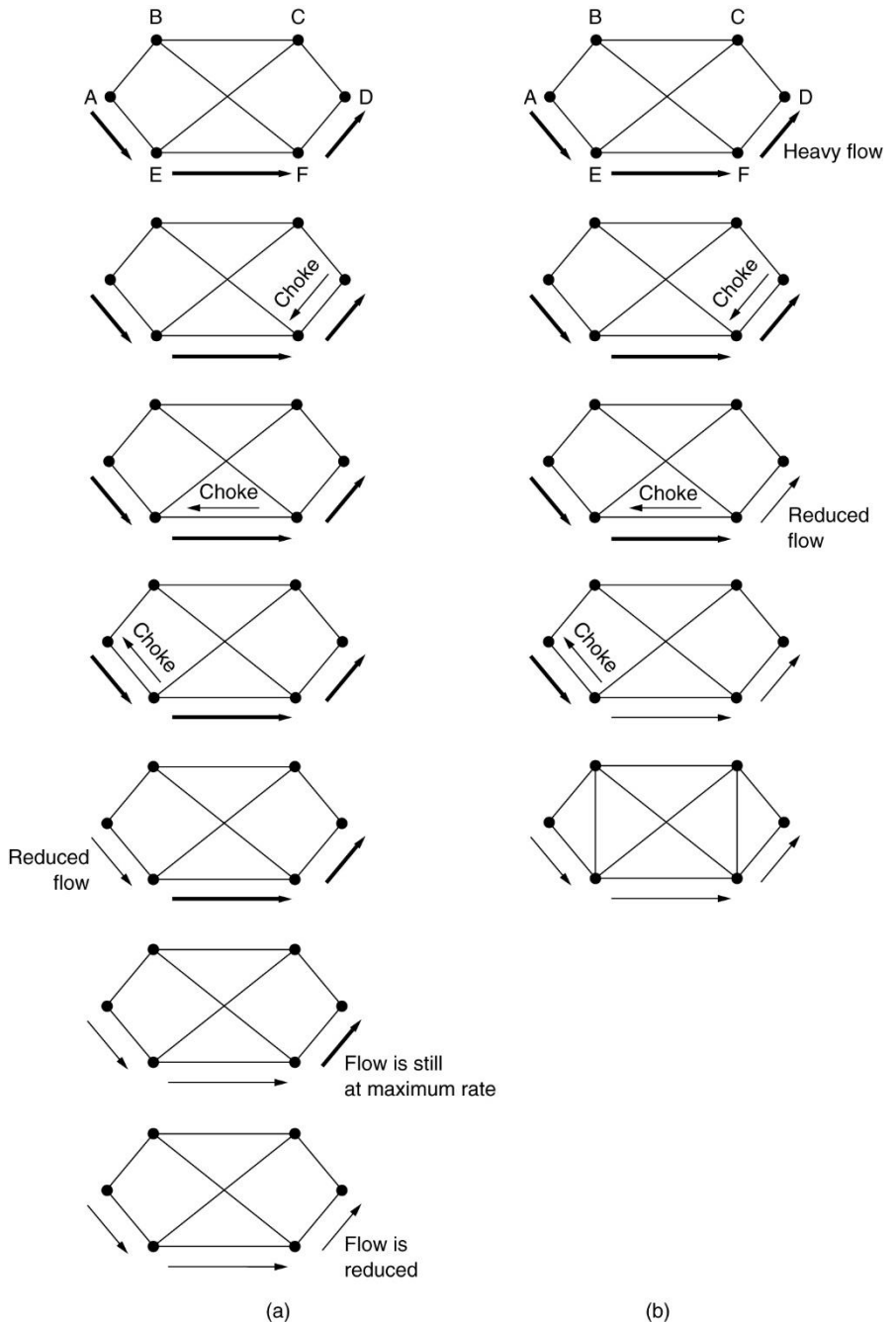
Regulación de Tráfico

- **Solución: Método de Paquetes reguladores de salto por salto.** Hacer que el paquete regulador ejerza su efecto en cada salto que da.
 - ❑ Cuando el paquete regulador llega a un enrutador F, se le obliga a F a reducir el flujo al siguiente enrutador D (F deberá destinar más búferes al flujo).
 - ❑ Luego el paquete regulador llega al enrutador E anterior a F e indica a E que reduzca el flujo a F. Esto impone una mayor carga a los búferes de E, pero da un alivio inmediato a F. Y se sigue así sucesivamente.

Paquetes Reguladores Salto por Salto

(a) Un paquete regulador que afecta solo al origen.

(b) Un paquete regulador que afecta cada enrutador que atraviesa.



Regulación de Tráfico

- **Método de bit de advertencia.** Señalar el estado de advertencia activando un bit especial en el encabezado del paquete.
 - ❑ Cuando el paquete llega a su destino, la entidad transportadora copia el bit en la siguiente confirmación de recepción que se regresa al origen.
 - ❑ A continuación el origen reduce el tráfico.
 - ❑ Mientras el enrutador está en estado de advertencia, continua activando el bit de advertencia, lo que significa que el origen continua obteniendo confirmaciones de recepción con dicho bit activado.

Regulación de Tráfico

- ❑ El origen monitorea la fracción de confirmaciones de recepción con el bit activado y ajusta su tasa de transmisión de manera acorde.
 - En tanto los bits de advertencia continúan fluyendo, el origen continúa disminuyendo su tasa de transmisión.

- ❑ Cuando la tasa de transmisión disminuye lo suficiente, el origen incrementa su tasa de transmisión.
 - Debido a que cada enrutador a lo largo de la ruta puede activar el bit de advertencia, el tráfico se incrementa solo cuando no había enrutadores con problemas.

Regulación de Tráfico

- Una implementación de bit de advertencia usada por TCP es **ECN (Explicit Congestion Notification)**:
 - Se usa en TCP/IP.
 - Se marcan 2 bits en el encabezado IP con distintos fines:
 - 00: transporte no capaz de ECN
 - 10: transporte capaz de ECN, **ECT(0)**
 - 01: transporte capaz de ECN, **ECT(1)**
 - 11: congestión encontrada, **CE**
 - Si ambos extremos soportan ECN mandan sus paquetes con ECT(0) y ECT(1) respectivamente.
 - Si paquete atraviesa cola congestionada y el enrutador soporta ECN, se cambia código en el paquete a CE para avisar al receptor de la congestión.

Regulación de Tráfico

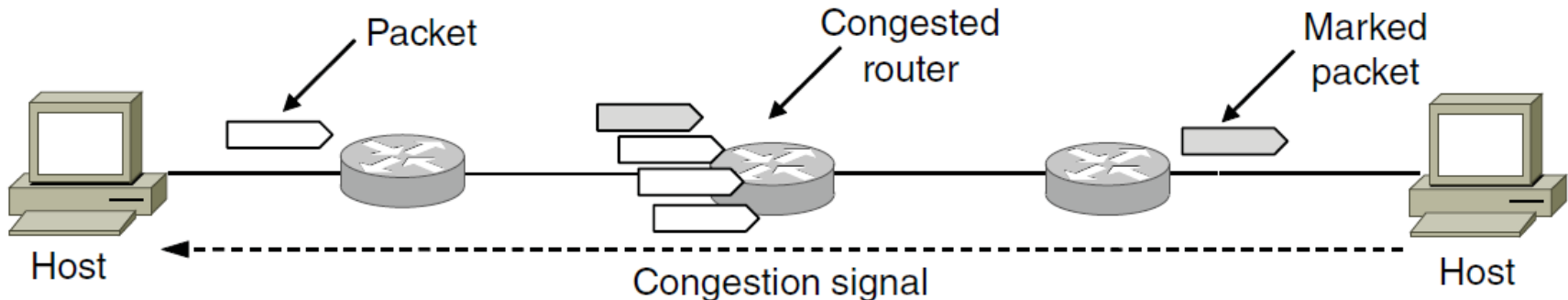
- **ECN continuación:**
 - El uso de ECN en conexión TCP es opcional.
 - Para usar ECN, debe ser negociado al establecer conexión TCP incluyendo opciones adecuadas en segmentos SYN y SYN-ACK.
 - Se usan dos banderas en encabezado TCP para soportar ECN:
 - **ECE (ECN echo):** se usa para mandar indicación de congestión al emisor.
 - **CWR (ventana de congestión reducida):** es usada para confirmar que la indicación ECE fue recibida.

Regulación de Tráfico

- **Secuencia de ejecución de ECN típica:**

1. Se negocia ECN en conexión TCP
2. Emisor manda paquete IP P con ECT(0)
3. P llega a enrutador congestionado que soporta ECN y enrutador marca P con CE.
4. Receptor recibe P con CE y manda segmento Q (con ACK de P) de vuelta usando bandera ECE prendida.
5. Emisor recibe Q con ECE prendido, entonces emisor reduce ventana de congestión.
6. Emisor manda siguiente segmento al otro extremo usando bandera CWR prendida para confirmar recepción de aviso de congestión.

Nota: Se continua transmitiendo segmentos con ECE prendido hasta recibirse segmento con CWR prendido.



Aprenderemos

- **Agenda:**

1. Cómo identificar la congestión

- Para que los enrutadores puedan tomar algunas medidas y colaborar.

2. Cómo regular el tráfico

- Método de paquetes reguladores
- Método de paquetes reguladores salto por salto
- Método de bit de advertencia y su implementación ECN

3. **Cómo desprenderse de carga**

- Algoritmo de detección temprana aleatoria

Desprendimiento de Carga

- **Situación:** En el esquema anterior cuando se satura una línea de salida de un enrutador, se pierden paquetes indiscriminadamente.
- **Problema:** evitar la pérdida descontrolada de paquetes.
- **Conviene preocuparse de esto porque:**
 - ☐ No todos los paquetes tienen la misma importancia.
 - ☐ Por eso es mejor controlar qué paquetes se descartan.
- **Solución 1:** descartar paquetes inteligentemente antes de que se ocupe todo el espacio de búfer
 - ☐ cuando hay estado de advertencia en una línea de salida.

Desprendimiento de Carga

- **Algunos criterios para escoger qué paquetes descartar:**

- ☐ **Según el tipo de aplicación que se está usando.**

- **Estrategia Vino:**

- Descartar primero los paquetes más nuevos.
 - P.ej. en la transferencia de archivos.

- **Estrategia Leche:**

- Descartar primero los paquetes más viejos.
 - P.ej. en multimedia.

- ☐ **Según la importancia de los paquetes.**

- Marcar los paquetes con **clases de prioridades**.
 - Los enrutadores primero se desprenden de paquetes de la clase más baja, luego los de la siguiente clase, etc.

Desprendimiento de Carga

- Se suele usar desprendimiento de carga junto con reducción de tráfico.
 - La respuesta a paquetes perdidos por desprendimiento de carga es que el origen disminuya su tasa de transferencia.
 - Si expira el temporizador de retransmisiones, el emisor lo toma como pérdida de paquete.
 - Vemos ahora una implementación de esta solución.

Desprendimiento de Carga

- Implementación: Algoritmo de detección temprana aleatoria (RED).
 - ❑ Para detectar cuándo comenzar a descartar paquetes, los enrutadores mantienen un **promedio móvil de sus longitudes de cola**.
 - ❑ Cuando este promedio de una cola *C* sobrepasa el umbral
 - Una **pequeña fracción** de los paquetes son descartados al azar.
 - ❑ Con cada uno de esos paquetes:
 1. El enrutador **elige un paquete al azar** de *C*.
 2. Se descarta el paquete seleccionado.
 3. El origen notará falta de ACK y la **capa de transporte** disminuirá la velocidad de transmisión.
- Consecuencias de elegir paquetes al azar:
 - ❑ hace más probable que los hosts emisores más rápidos pierdan un paquete, lo noten, y reduzcan su tasa de transferencia.

Desprendimiento de Carga

- El método RED se usa en internet cuando los hosts no pueden recibir señales explícitas de congestión.
 - Tanenbaum dice que la mayoría de los hosts de internet no reciben mensajes explícitos de congestión de los enrutadores.