

WFQ: Cotas

Cotas (*bounds*) en WFQ

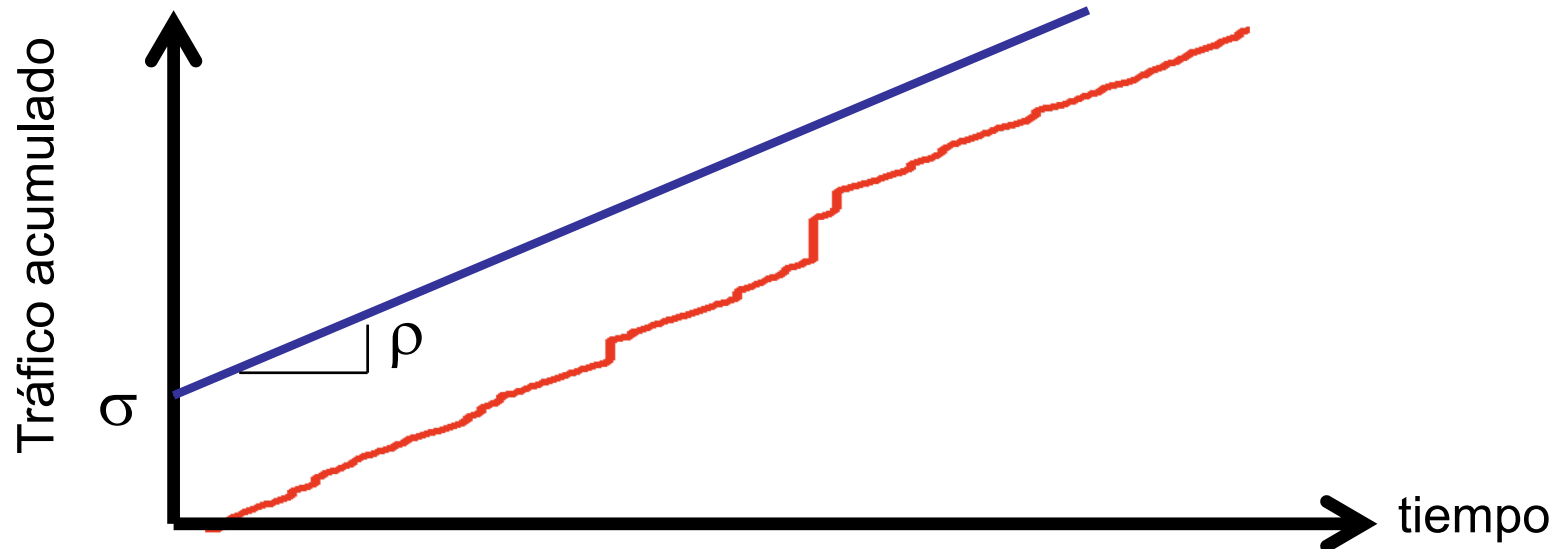
- WFQ garantiza reparto weighted max-min fair
- Eso quiere decir que cada flujo recibe una asignación proporcional a su peso

$$c_i = C \frac{\phi(i)}{\sum \phi(i)}$$

- Además pone una cota al retardo máximo
- ¿Cómo? (...)

Cotas (*bounds*) en WFQ

- Supongamos un flujo con una restricción “sigma-ro” (σ, ρ) :
 - En un intervalo t llegan como mucho $\sigma + \rho t$ bits
 - Es la salida de un *token bucket*
 - *Linear Bounded Arrival Process* (LBAP)
- $A(0,t)$ = tráfico cursado en intervalo $(0,t)$
- $A(0,t) \leq \rho t + \sigma$
- Un flujo i con restricción $(\sigma(i), \rho(i))$
- El resto del tráfico puede no estar conformado
- (...)



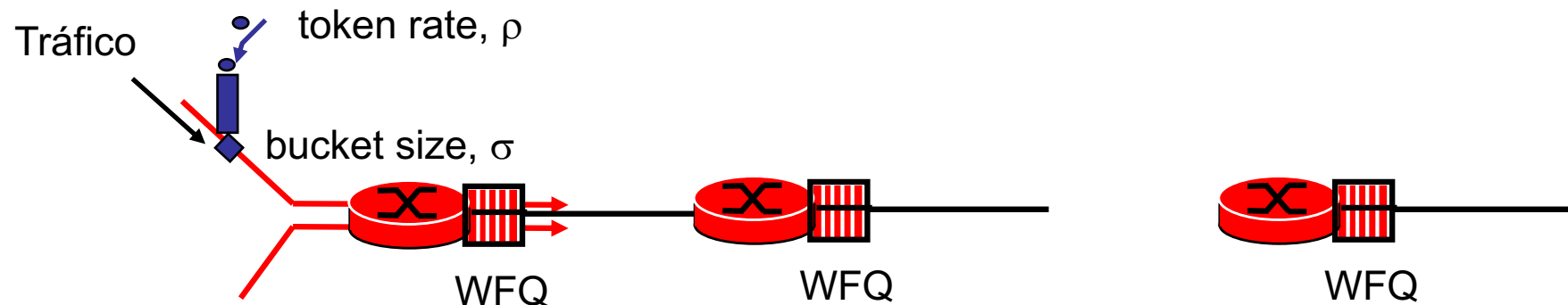
Cotas (*bounds*) en WFQ

- Camino con K saltos (todos WFQ)
- Se le ha asignado una tasa $g(i,k)$ en cada uno:

$$g(i,k) = r(k) \frac{\phi(i,k)}{\sum_j \phi(j,k)} \quad r(k) \text{ link rate en enlace } k$$

- $g(i)$ es el mínimo de $g(i,k)$ y $g(i) \geq \rho(i)$
- $P_{\max}(i)$ es el mayor tamaño de paquete del flujo i y P_{\max} en la red
- Entonces el retardo extremo a extremo (caso peor) debido a encolado y transmisión es:

$$D^*(i) \leq \frac{\sigma(i)}{g(i)} + \sum_{k=1}^{K-1} \frac{P_{\max}(i)}{g(i,k)} + \sum_{k=1}^K \frac{P_{\max}}{r(k)}$$



Cotas (*bounds*) en WFQ

Ejemplo

- Flujo LBAP con parámetros (16 KiBytes, 150 Kbps)
- K = 10 saltos, todos a 45 Mbps, retardo de propagación total de 30ms
- Máximo tamaño de paquete de 8 KiBytes
- Queremos un retardo extremo-a-extremo máximo de 100 ms
- Entonces retardo máximo de 100 - 30 = 70 ms

$$D^*(i) \leq \frac{\sigma(i)}{g(i)} + \sum_{k=1}^{K-1} \frac{P_{\max}(i)}{g(i,k)} + \sum_{k=1}^K \frac{P_{\max}}{r(k)}$$

$$\frac{16 * 1024 * 8}{g} + 9 * \frac{8 * 1024 * 8}{g} + 10 * \frac{8 * 1024 * 8}{45 * 10^6} \leq 70 * 10^{-3}$$

- ¡¡ g > 13 Mbps !!
- El segundo término contribuye en 45.4 ms y el tercero en 14.5 ms
- El término σ/ρ solo contribuye en torno a 10.07 ms
- Al haber paquetes grandes tienen un gran efecto en el retardo de caso peor

Cotas (*bounds*) en WFQ

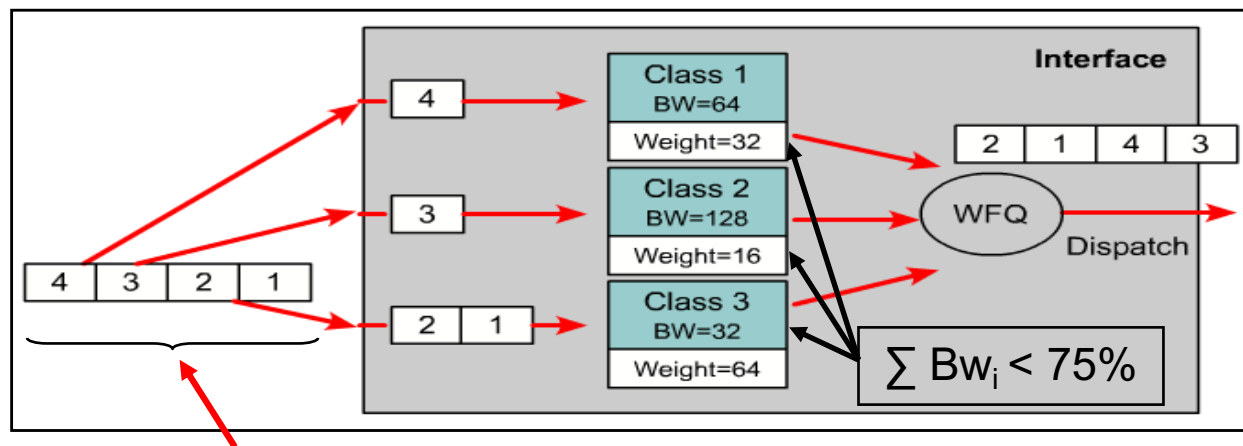
- Con planificadores WFQ en todo el camino
- Y que el flujo esté conformado por un leaky bucket
- Podemos garantizar un retardo máximo extremo a extremo
- No se imponen restricciones al resto de flujos en la red
- Solo hay que seleccionar los valores adecuados de reserva de BW en los enlaces

$$D^*(i) \leq \frac{\sigma(i)}{g(i)} + \sum_{k=1}^{K-1} \frac{P_{\max}(i)}{g(i,k)} + \sum_{k=1}^K \frac{P_{\max}}{r(k)}$$

WFQ en la práctica

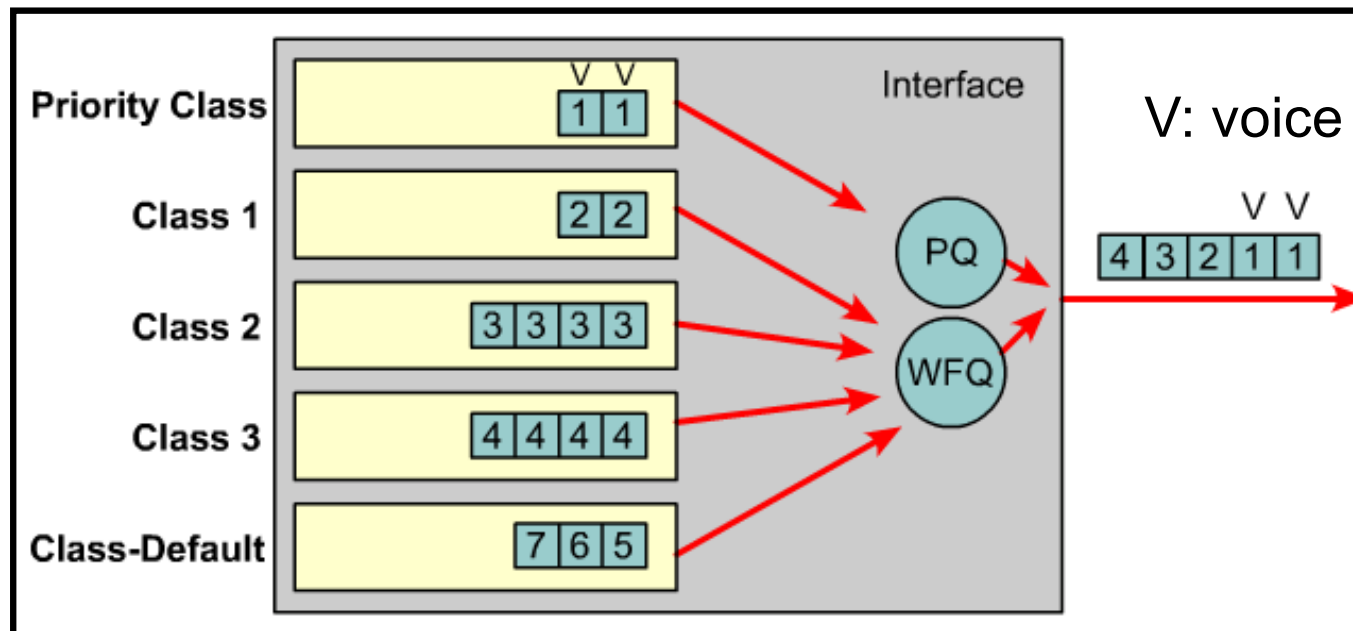
Típica implementación de WFQ

- Cada flujo es una “conversación” reconocida por info. de layer 3 (direcciones IP, precedencia) y de layer 4 (puertos)
- Pesos en función de los bits de precedencia (parte del TOS) de los paquetes
- No requiere configuración
- No escala (una cola por conversación)
- CBWFQ
 - *Class Based WFQ*
 - Especificar los filtros (clases) que determinan los paquetes que van a cada cola (una por clase, no por flujo)
 - Especificar peso para cada cola



Low Latency Queueing (LLQ)

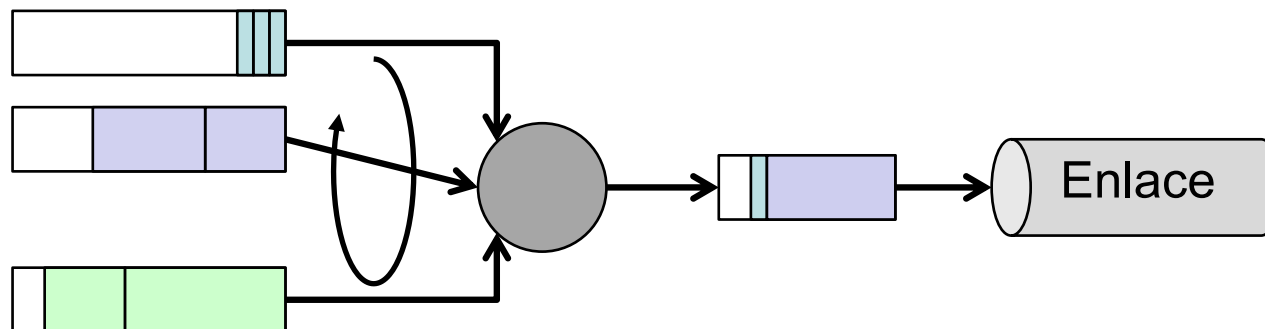
- Añade una PQ (*Priority Queue*) a CBWFQ = PQ-CBWFQ = LLQ
- Recomendable para tráfico multimedia (VoIP): bajo retardo y jitter.
- Aunque WFQ puede acotar retardo lo habitual para tráfico con requisitos estrictos de bajo retardo es usar una cola de prioridad
- Se puede configurar junto al resto de colas CBWFQ como una cola más asociada a una clase determinada.



Retardos a la salida y fragmentación

Cola en el interfaz

- Normalmente el planificador no envía los paquetes directamente al enlace
- Los envía a una cola del interfaz hardware
- Esta cola permite maximizar el throughput en el interfaz
- Es una cola FIFO: “interface FIFO” o “transmit ring buffer” o “tx-ring”
- Entre el scheduler y la cola se emplea un control de flujo para que no se desborde el tx-ring
- (...)

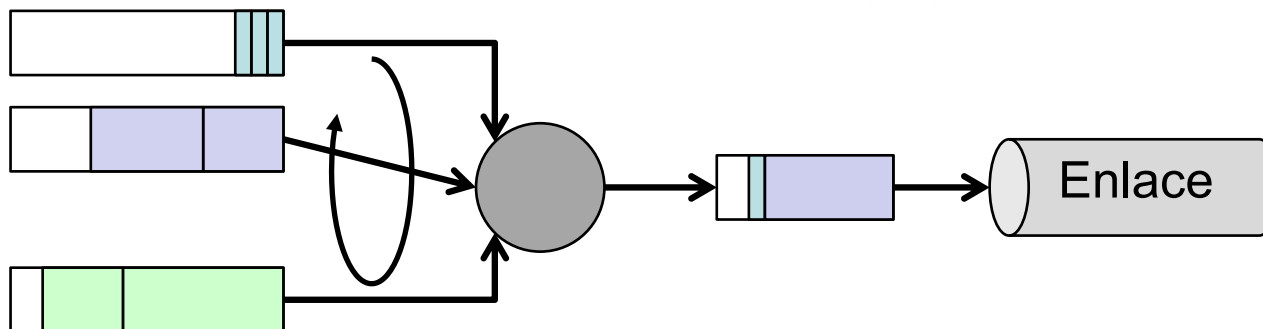


Cola en el interfaz

- Incluso un paquete con prioridad se encola ahí
- El tamaño suele estar en torno a 1-2 MTUs
- Puede introducir un retardo significativo en enlaces de muy baja velocidad
- Básicamente es el problema de que llegue un paquete de alta prioridad cuando se está transmitiendo uno de baja prioridad

$$D^*(i) \leq \frac{\sigma(i)}{g(i)} + \sum_{k=1}^K \frac{P_{\max}(i)}{g(i,k)} + \sum_{k=1}^K \frac{P_{\max}}{r(k)}$$

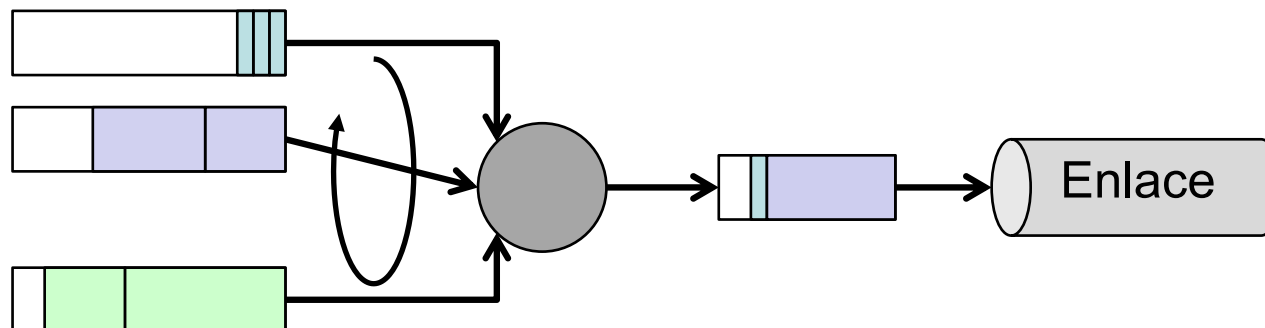
WFQ: Efecto de encontrar paquete de otra clase delante



Problema

- Llega paquete IP a su cola de alta prioridad (estando ésta vacía)
- Mientras está saliendo otro paquete de clase con menor prioridad
- Retardo máximo producido si el paquete es de 1500 bytes y la línea de 256Kbps:
 $(1500 \cdot 8) \text{ bits} / 256 \text{ Kbps} = 46.8 \text{ ms!}$

	64Bytes	1024Bytes	1500Bytes
128Kbps	4 ms	64 ms	93 ms
256Kbps	2 ms	32 ms	46 ms
512Kbps	1 ms	16 ms	23 ms
768Kbps	0.64 ms	10.2 ms	15 ms
1Mbps	0.51 ms	8.19 ms	12 ms

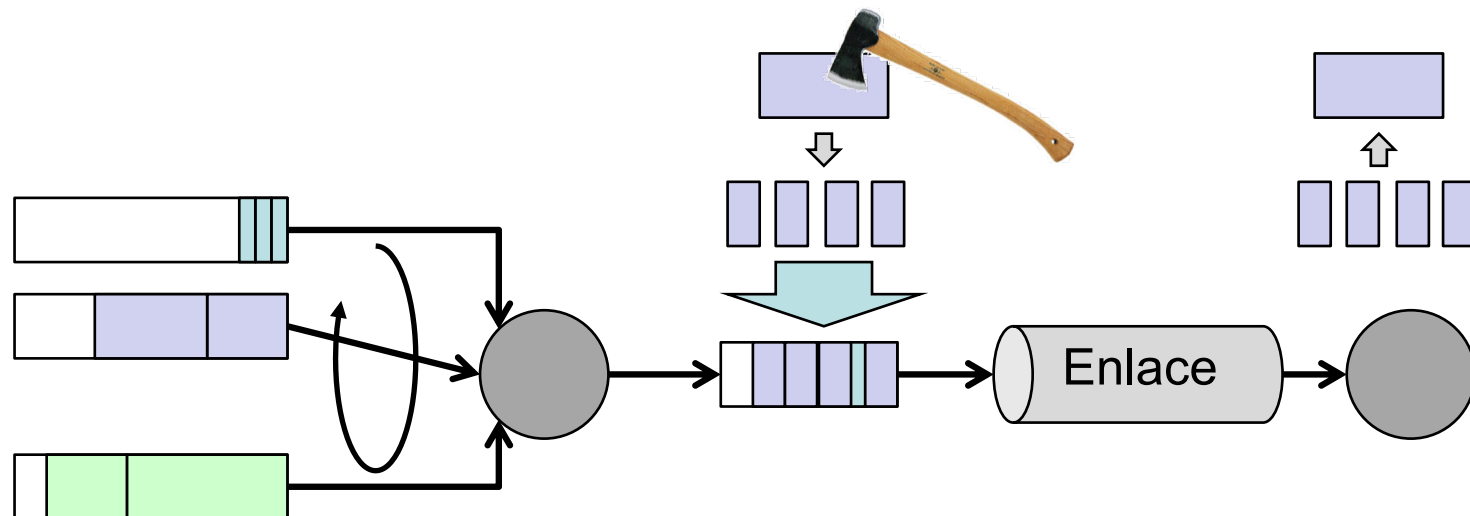


Link Fragment and Interleaving (LFI)

Solución:

- Fragmentar los paquetes de datos
- Ej.: límite fragmentos “de 10ms”
- Es decir, tamaño de un paquete igual a máximo que se pueda enviar en 10 ms
- Insertar paquete de VoIP entre estos paquetes
- Asegura un retraso mucho menor
- Los paquetes VoIP no deben fragmentarse
- Fragmentación en nivel de enlace

	64Bytes	1024Bytes	1500Bytes
128Kbps	4 ms	64 ms	93 ms
256Kbps	2 ms	32 ms	46 ms
512Kbps	1 ms	16 ms	23 ms
768Kbps	0.64 ms	10.2 ms	15 ms
1Mbps	0.51 ms	8.19 ms	12 ms

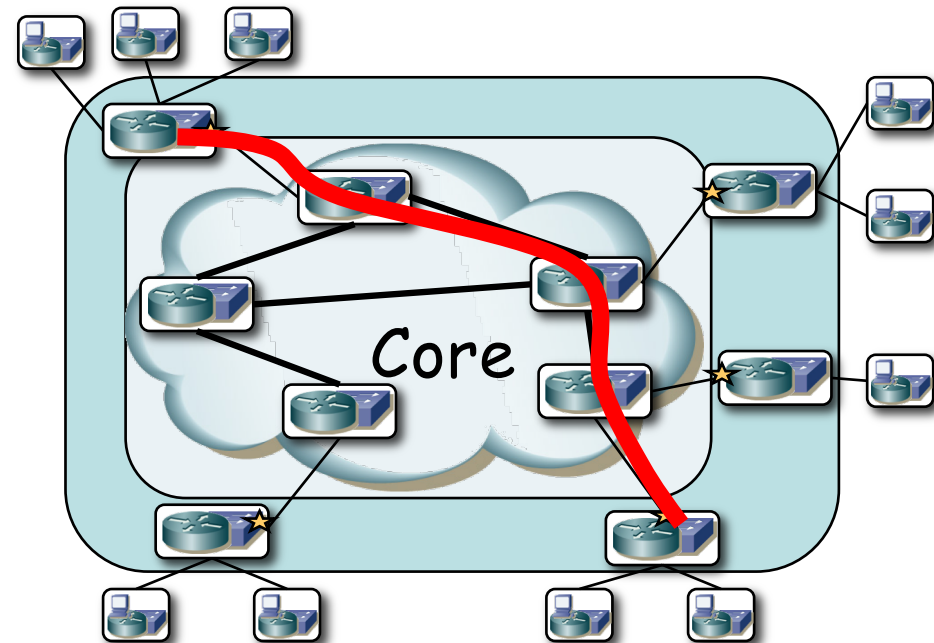


Connection Admission Control

CAC

Connection Admission Control

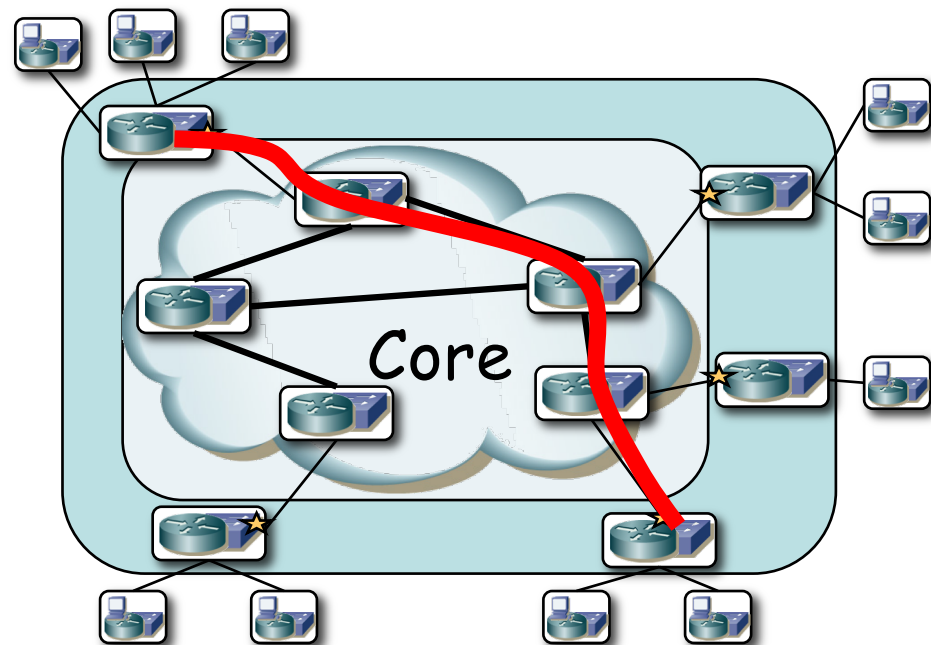
- *“Call Admission Control”*
- *“Capacity Admission Control”*
- Durante el establecimiento de la conexión
- Acciones para determinar si se permite o no
- Puede rechazar conexiones aunque haya capacidad suficiente
- Así asegura dejar BW disponible para otras de mayor prioridad
- (...)



CAC

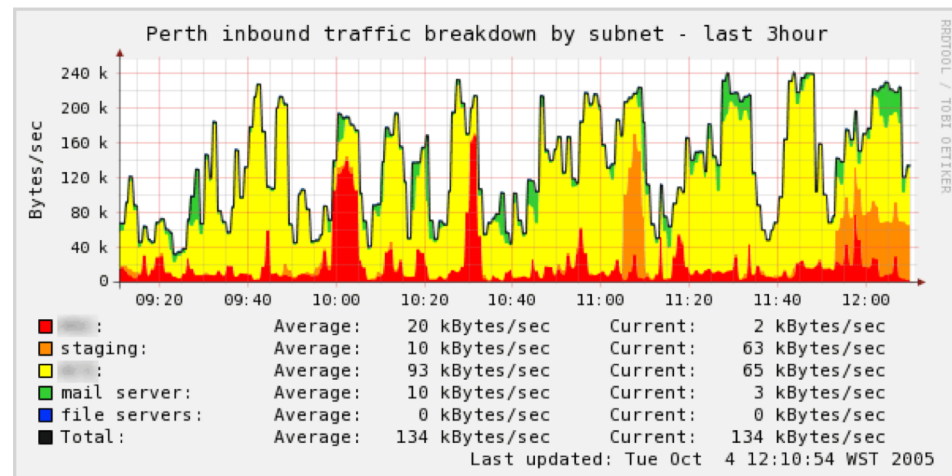
Connection Admission Control

- Apropriado para flujos RT en vez de control de congestión
- ¡Protege al tráfico RT del tráfico RT!
- Sencillo para flujos que requieren QoS CBR
- Con flujos VBR necesita caracterización estadística del agregado
- Puede permitir un grado de sobresuscripción para flujos VBR



CAC para IP: Taxonomía

- *Endpoint measurement-based CAC*
 - Las decisiones son tomadas por las aplicaciones extremo
 - Se basan en medidas del tráfico a los destinos
 - Monitorización activa: se envían paquetes “sonda” (“probe”) para medir las características del camino
 - Monitorización pasiva: miden las características de flujos ya presentes entre esos extremos
 - Tiene el problema de que medidas pasadas pueden no ser un buen indicador de prestaciones futuras
 - No muy extendido
- (...)



CAC para IP: Taxonomía

- *On-path network signaled CAC*
 - Los nodos en el camino de los datos son los responsables del CAC
 - Esto requiere que la señalización emplee el mismo camino que los datos
- *Off-path CAC*
 - La señalización puede llevar camino diferente a los datos
 - Puede ser mediante “bandwidth managers”

