

QoS: Arquitecturas y elementos

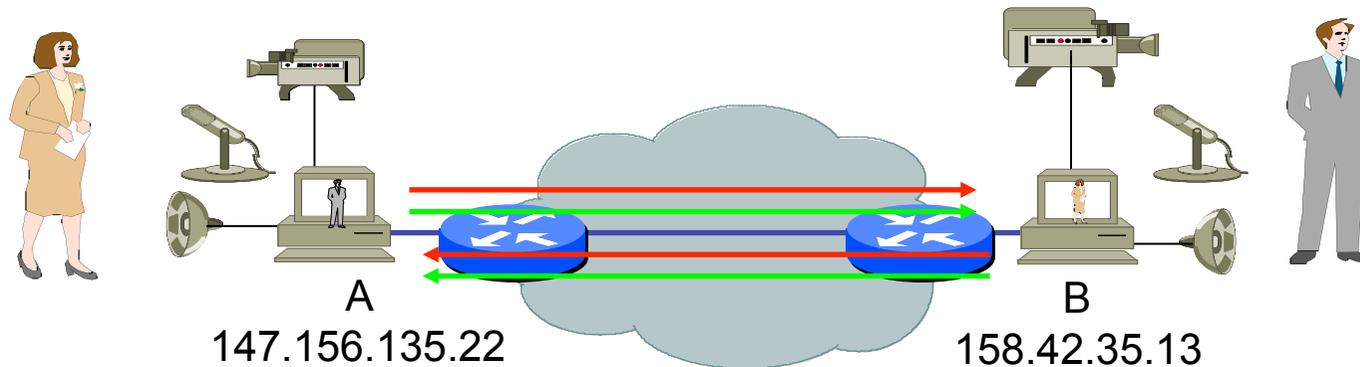
Area de Ingeniería Telemática
<http://www.tlm.unavarra.es>

Grado en Ingeniería en Tecnologías de
Telecomunicación, 3º

QoS: Servicios

Concepto de flujo en QoS

- Secuencia de datagramas que se produce como resultado de una acción del usuario y requiere la misma QoS
- Normalmente es simplex (unidireccional)
- Es la entidad más pequeña a la que los routers pueden aplicar una determinada QoS
- Ejemplo: una videoconferencia estaría formada por cuatro flujos, dos en cada sentido, uno para el audio y otro para el vídeo.
- Los flujos pueden agruparse en clases; todos los flujos dentro de una misma clase reciben la misma QoS.



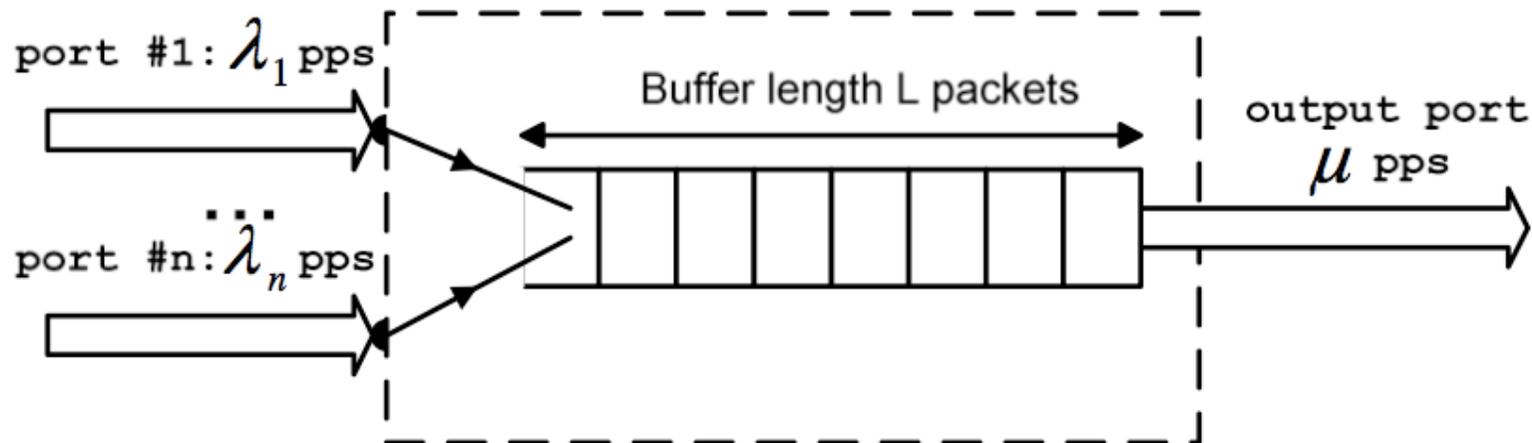
- Flujo vídeo A->B: 147.156.135.22:2056 -> 158.42.35.13:4065
- Flujo audio A->B: 147.156.135.22:3567 -> 158.42.35.13:2843
- ← Flujo vídeo B->A: 158.42.35.13:1734 -> 147.156.135.22:6846
- ← Flujo vídeo B->A: 158.42.35.13:2492 -> 147.156.135.22:5387

Servicios / Arquitecturas

- Best Effort Service
- Integrated Services
- Differentiated Services

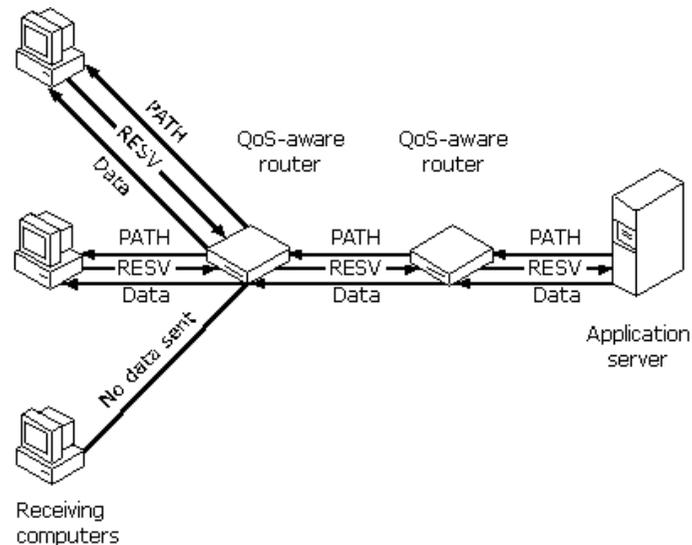
Servicio *Best Effort* (BE)

- Se trata igual a todo el tráfico
 - Sin separación entre flujos
 - Sin diferenciación entre paquetes
- No garantiza ningún SLA
- Ante congestión
 - Crecen los retardos sin control
 - Pérdidas sin control



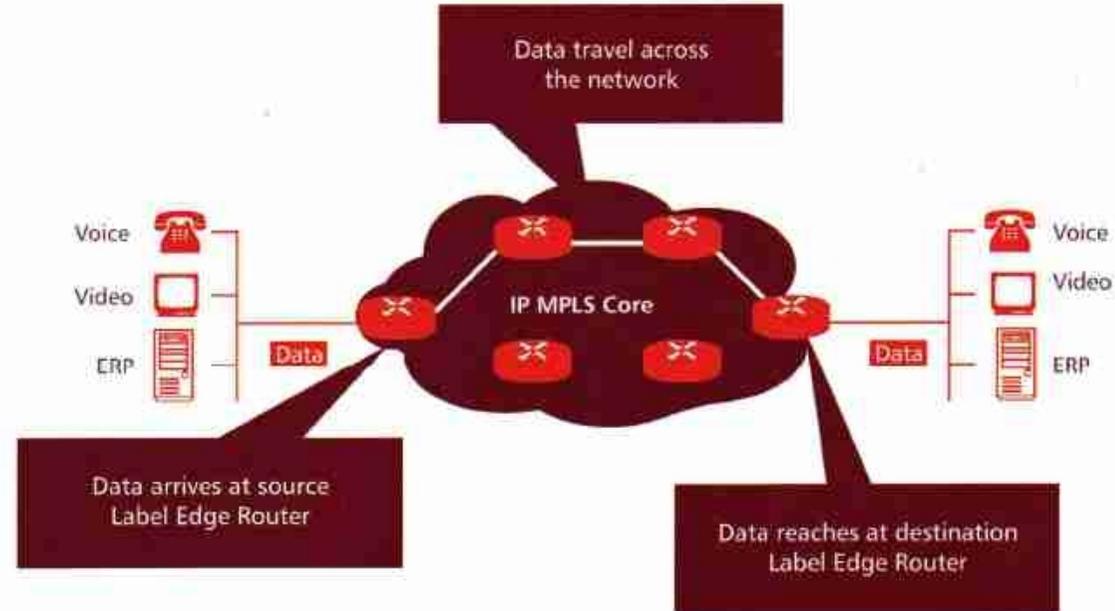
IntServ

- IETF
- Para cada flujo (puede ser agregado) reserva recursos en todo el camino
- Orientado a conexión
- Cada router del trayecto ha de tomar nota y efectuar la reserva solicitada (guardan estado)
- Requiere un protocolo de señalización que soporten todos los routers: RSVP
- (...)



IntServ

- No requiere modificar los protocolos existentes
- RSVP no hace la reserva, solo la señaliza
- Poco utilizado salvo en algunos escenarios de videoconferencia
- Poco escalable
- Resurgiendo con MPLS



DiffServ

- IntServ se ha criticado por no escalar bien



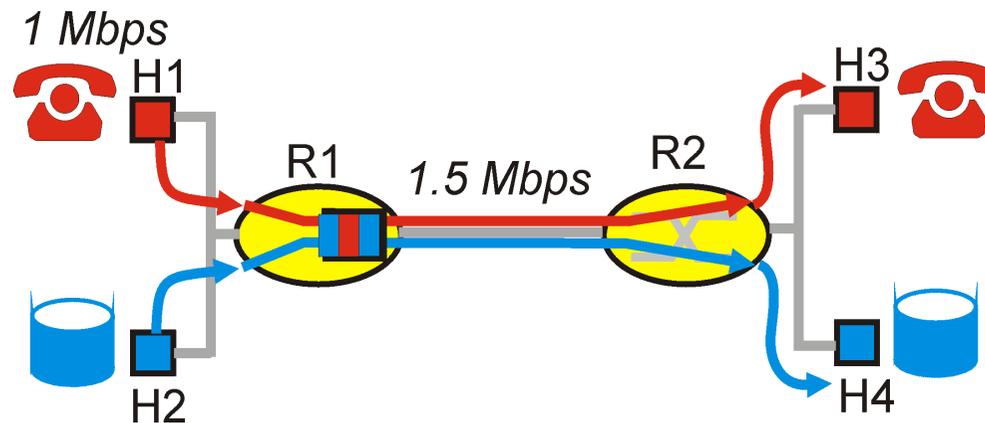
- RFC 2475, 2638
- Clasificar el tráfico en pocas clases
- Clasifican los *ingress routers* (complejidad en la frontera) con un *codepoint* en la cabecera IP
- DiffServ mapea en cada nodo el *codepoint* en el paquete a un PHB en concreto
- PHB = *Per Hop Behavior*
 - El tratamiento que se le da al paquete en cuestión de scheduling y gestión de cola en ese nodo
 - El mapeo *codepoint* \leftrightarrow *PHB* debe ser configurable
- No es sensible a los requisitos de un flujo individual

Clasificación y mercado

Elementos

- **Clasificación / Marcado**

- ¿Cómo distinguir entre flujos?
- Ejemplo: Teléfono IP a 1Mbps, comparte enlace de 1.5Mbps con FTP
 - Ráfagas de FTP pueden congestionar el enlace y causar fallos en el audio
 - Queremos dar prioridad al audio sobre el FTP



Los routers necesitan distinguir el tráfico de diferentes clases y aplicarles diferentes políticas: *packet marking* (generalmente a la entrada a la red)

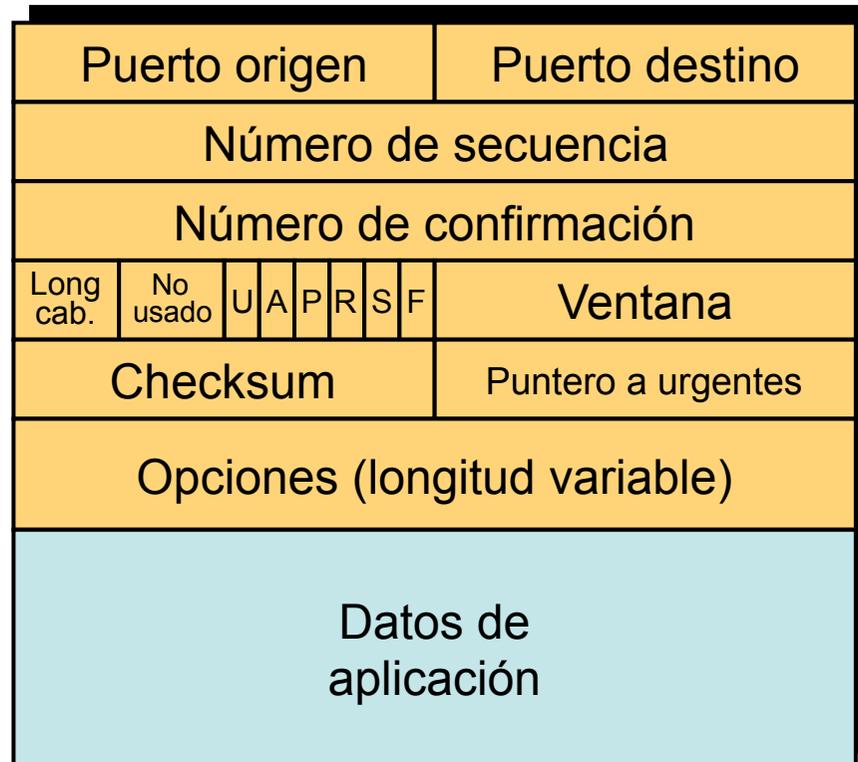
Identificación/clasificación de flujos

- En IPv4 (layer 3) la clasificación se suele hacer por:
 - Dirección IP de origen, dirección IP de destino
 - Protocolo de transporte utilizado (TCP o UDP)
- (...)

Versión	Header Length	TOS	Longitud		
16-bit identifier			D F	M F	13-bit fragmentation offset
TTL	Protocolo	Header checksum			
Dirección IP origen					
Dirección IP destino					
[opciones]					
[Datos]					

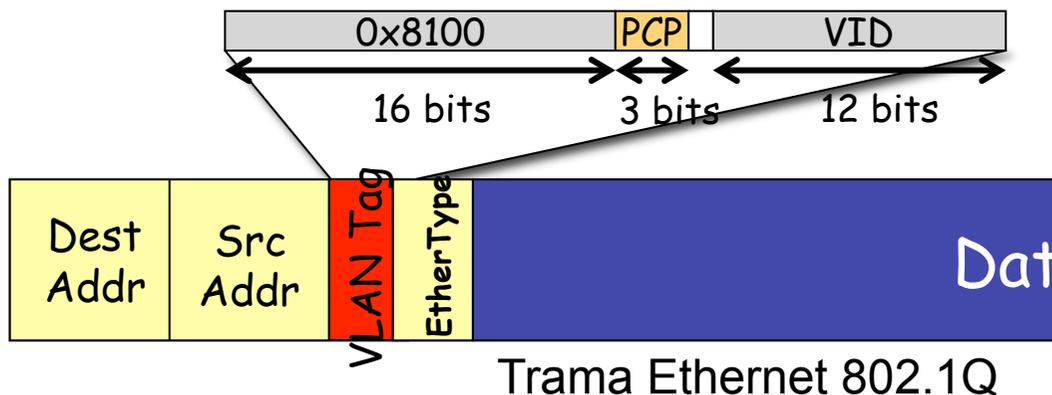
Identificación/clasificación de flujos

- En IPv4 (layer 3) la clasificación se suele hacer por:
 - Dirección IP de origen, dirección IP de destino
 - Protocolo de transporte utilizado (TCP o UDP)
- Puede incluir parámetros de nivel de transporte (puertos)
- Fragmentos IP pierden cabecera nivel 4 y se vuelven best effort
- (...)



Identificación/clasificación de flujos

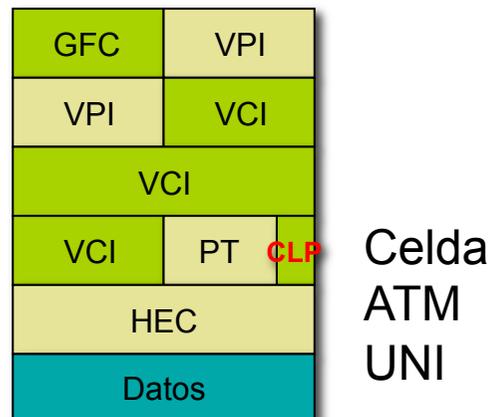
- En IPv4 (layer 3) la clasificación se suele hacer por:
 - Dirección IP de origen, dirección IP de destino
 - Protocolo de transporte utilizado (TCP o UDP)
- Puede incluir parámetros de nivel de transporte (puertos)
- Fragmentos IP pierden cabecera nivel 4 y se vuelven best effort
- O información de nivel físico (interfaz de entrada)
- O de nivel de enlace
 - Ethernet: VLAN, direcciones MAC, Ethertype, bits de prioridad
 - (...)



PCP	Tráfico recomendado (802.1Q-2005 Tabla G-2)
0	Best Effort
1	Background
2	Excellent Effort
3	Critical Applications
4	“Vídeo” < 100ms latencia y jitter
5	“Voz” < 10ms latencia y jitter
6	Internetwork Control
7	Network Control

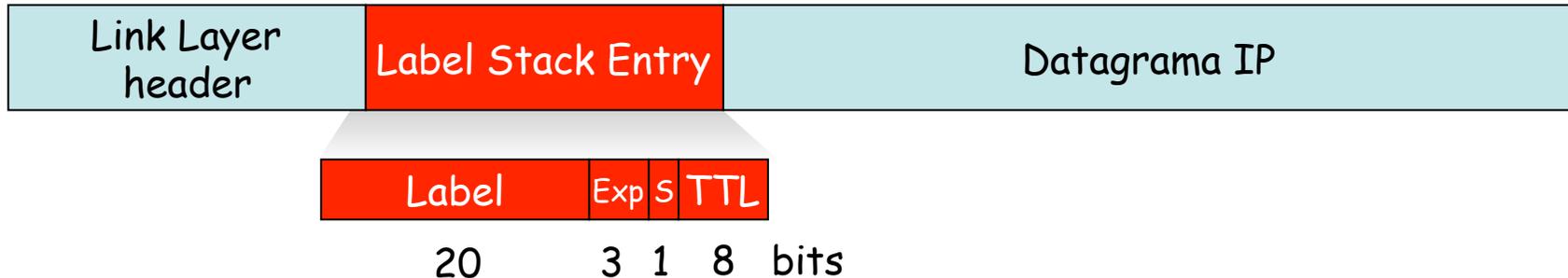
Identificación/clasificación de flujos

- En IPv4 (layer 3) la clasificación se suele hacer por:
 - Dirección IP de origen, dirección IP de destino
 - Protocolo de transporte utilizado (TCP o UDP)
- Puede incluir parámetros de nivel de transporte (puertos)
- Fragmentos IP pierden cabecera nivel 4 y se vuelven best effort
- O información de nivel físico (interfaz de entrada)
- O de nivel de enlace
 - Ethernet: VLAN, direcciones MAC, Ethertype, bits de prioridad
 - ATM: VPI/VCI, bit CLP
 - (...)



Identificación/clasificación de flujos

- En IPv4 (layer 3) la clasificación se suele hacer por:
 - Dirección IP de origen, dirección IP de destino
 - Protocolo de transporte utilizado (TCP o UDP)
- Puede incluir parámetros de nivel de transporte (puertos)
- Fragmentos IP pierden cabecera nivel 4 y se vuelven best effort
- O información de nivel físico (interfaz de entrada)
- O de nivel de enlace
 - Ethernet: VLAN, direcciones MAC, Ethertype, bits de prioridad
 - ATM: VPI/VCI, bit CLP
 - MPLS: Label, Exp (TC) bits
- (...)



Identificación/clasificación de flujos

- En IPv4 (layer 3) la clasificación se suele hacer por:
 - Dirección IP de origen, dirección IP de destino
 - Protocolo de transporte utilizado (TCP o UDP)
- Puede incluir parámetros de nivel de transporte (puertos)
- Fragmentos IP pierden cabecera nivel 4 y se vuelven best effort
- O información de nivel físico (interfaz de entrada)
- O de nivel de enlace
 - Ethernet: VLAN, direcciones MAC, Ethertype, bits de prioridad
 - ATM: VPI/VCI, bit CLP
 - MPLS: Label, Exp (TC) bits
- O de nivel de aplicación (URL, MIME type, etc) usando DPI (*Deep Packet Inspection*) y SI (*Stateful Inspection*)



```
GET /~daniel/index.html HTTP/1.1
Host: www.tlm.unavarra.es
User-agent: Mozilla/4.0
Connection: close
Accept-language:es
```



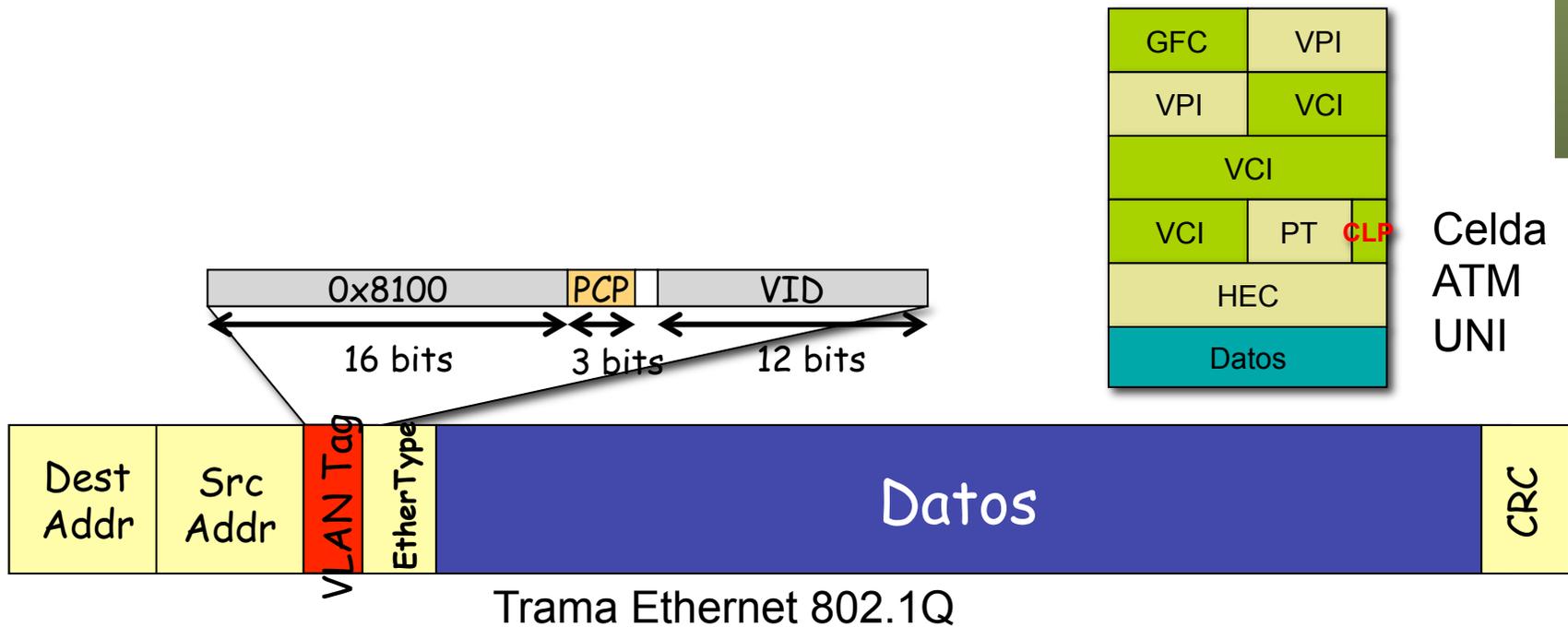
Marcado / Coloreado

- Marcar al paquete como perteneciente a un flujo o a una clase
- En base a la clasificación
- Simplifica la clasificación a partir de ese punto
- En IPv4 usar los bits de TOS (renombrados para DiffServ)
- (...)

Versión	Header Length	TOS	Longitud		
16-bit identifier			D F	M F	13-bit fragmentation offset
TTL	Protocolo	Header checksum			
Dirección IP origen					
Dirección IP destino					
[opciones]					
[Datos]					

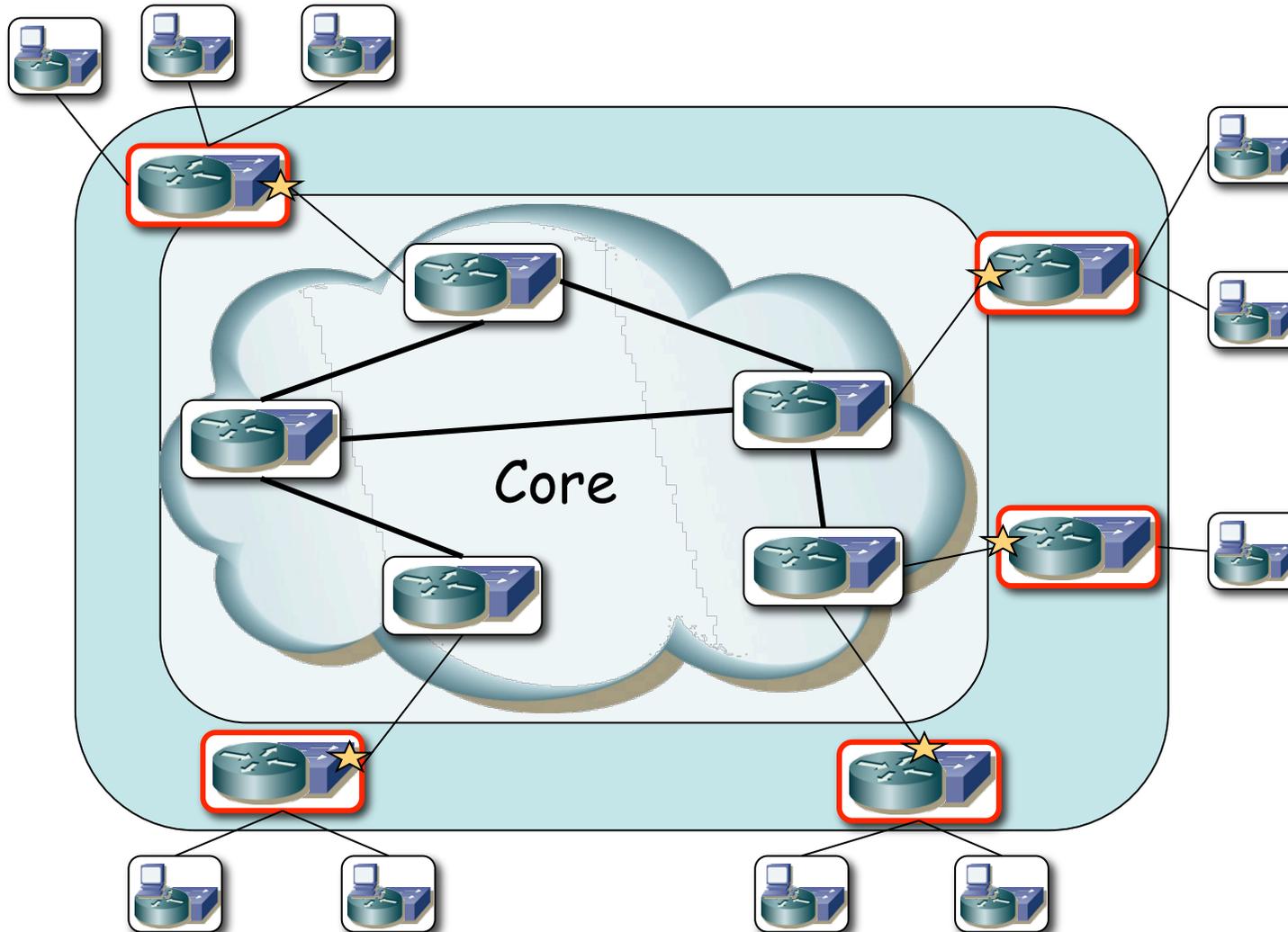
Marcado / Coloreado

- Marcar al paquete como perteneciente a un flujo o a una clase
- En base a la clasificación
- Simplifica la clasificación a partir de ese punto
- En IPv4 usar los bits de TOS (renombrados para DiffServ)
- En trama 802.1Q en los bits de prioridad
- En celda ATM en bit CLP



¿ Dónde = Quién ?

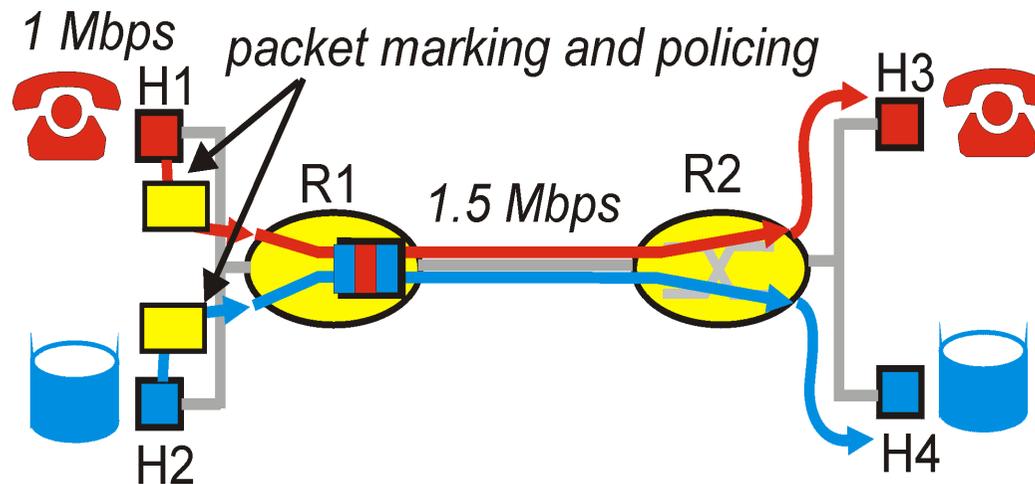
- Preferiblemente en los extremos (edge) de la red
- O en los propios generadores de los paquetes (ej. Teléfono IP)



Policing and Shaping

Elementos

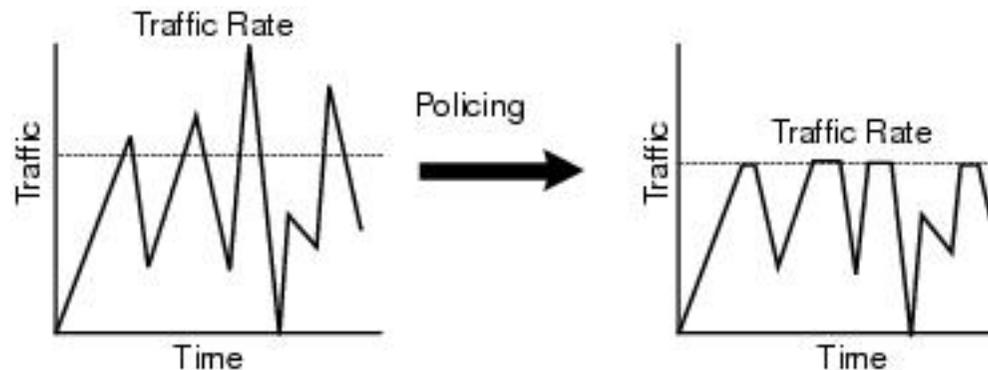
- **Traffic shaping y policing**
 - Marcar, descartar o retrasar el tráfico en exceso
 - ¿Qué sucede si las aplicaciones no se comportan como deben?
 - Por ejemplo la aplicación de audio envía más de lo previsto
 - Necesitamos forzar que las fuentes se comporten como se ha acordado



Forzar que una clase de tráfico se comporte dentro de lo contratado:
policing (típicamente a la entrada)

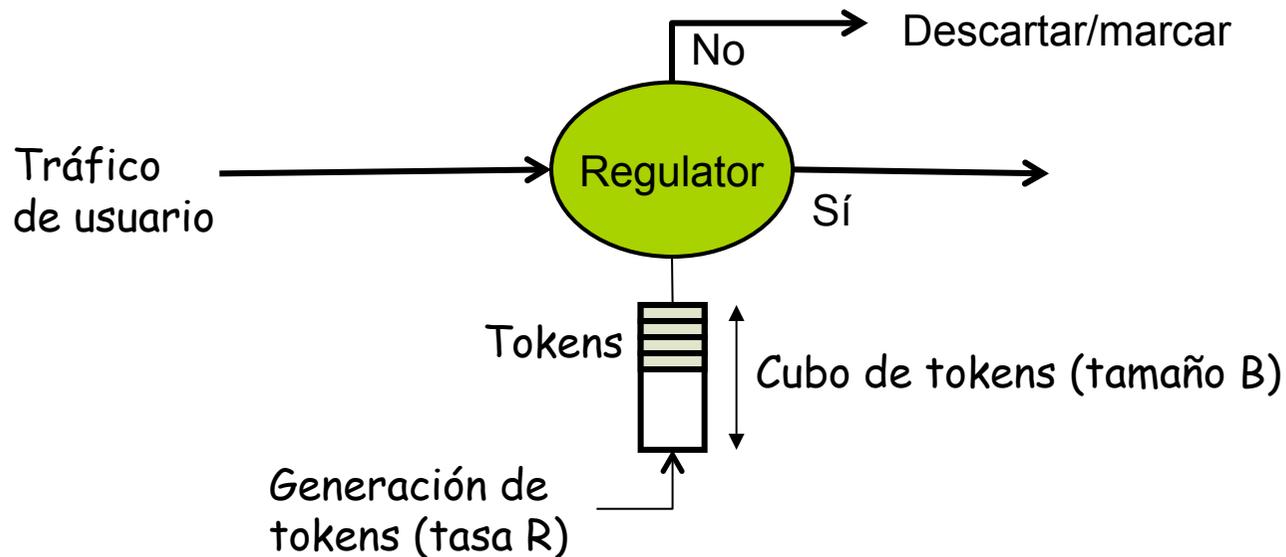
Policing

- **Objetivo:** Limitar el tráfico a la entrada a la red para que no exceda el declarado
- Su objetivo es un flujo o un agregado de flujos
- Los que excedan lo contratado (*nonconforming*) se descartan o marcan (*conditional marker*)
- No introduce delay o jitter adicional al tráfico que se acepta
- Características del tráfico
 - Tasa media (media a largo plazo)
 - Tasa de pico
 - Tamaño máximo de ráfaga: máx n° paquetes a tasa de pico



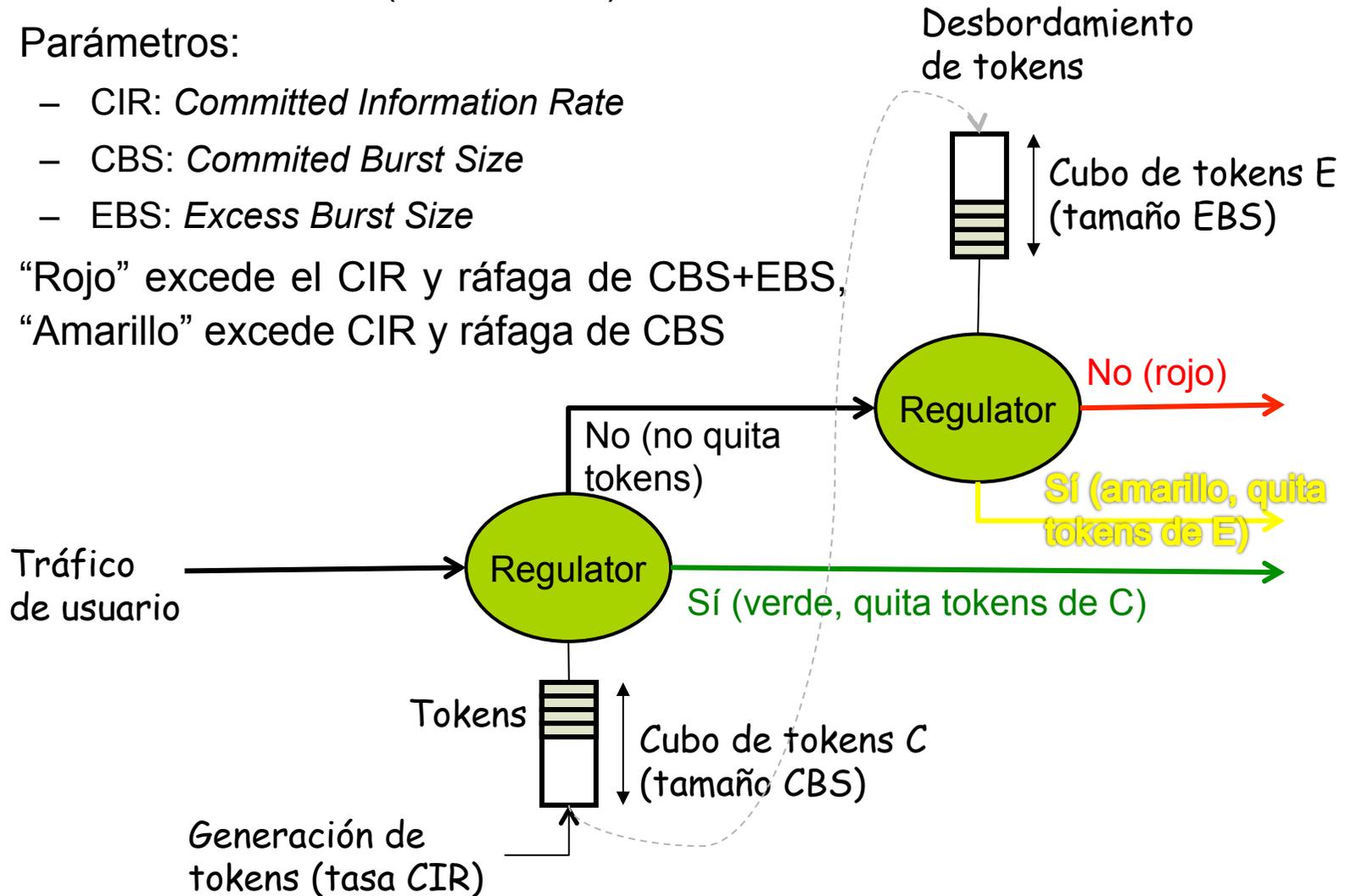
Token Bucket

- *One-rate token bucket policer*
- Tasa de llegada de tokens R
- Tamaño máximo del cubo de tokens B
- Llega un paquete de tamaño b
- ¿Hay al menos b tokens en el cubo?
 - Sí: paquete “conforme” al contrato. Retirar b del cubo
 - No: paquete “no conforme” al contrato. Descartar/marcar
- No retrasa el tráfico, el buffer es para los tokens



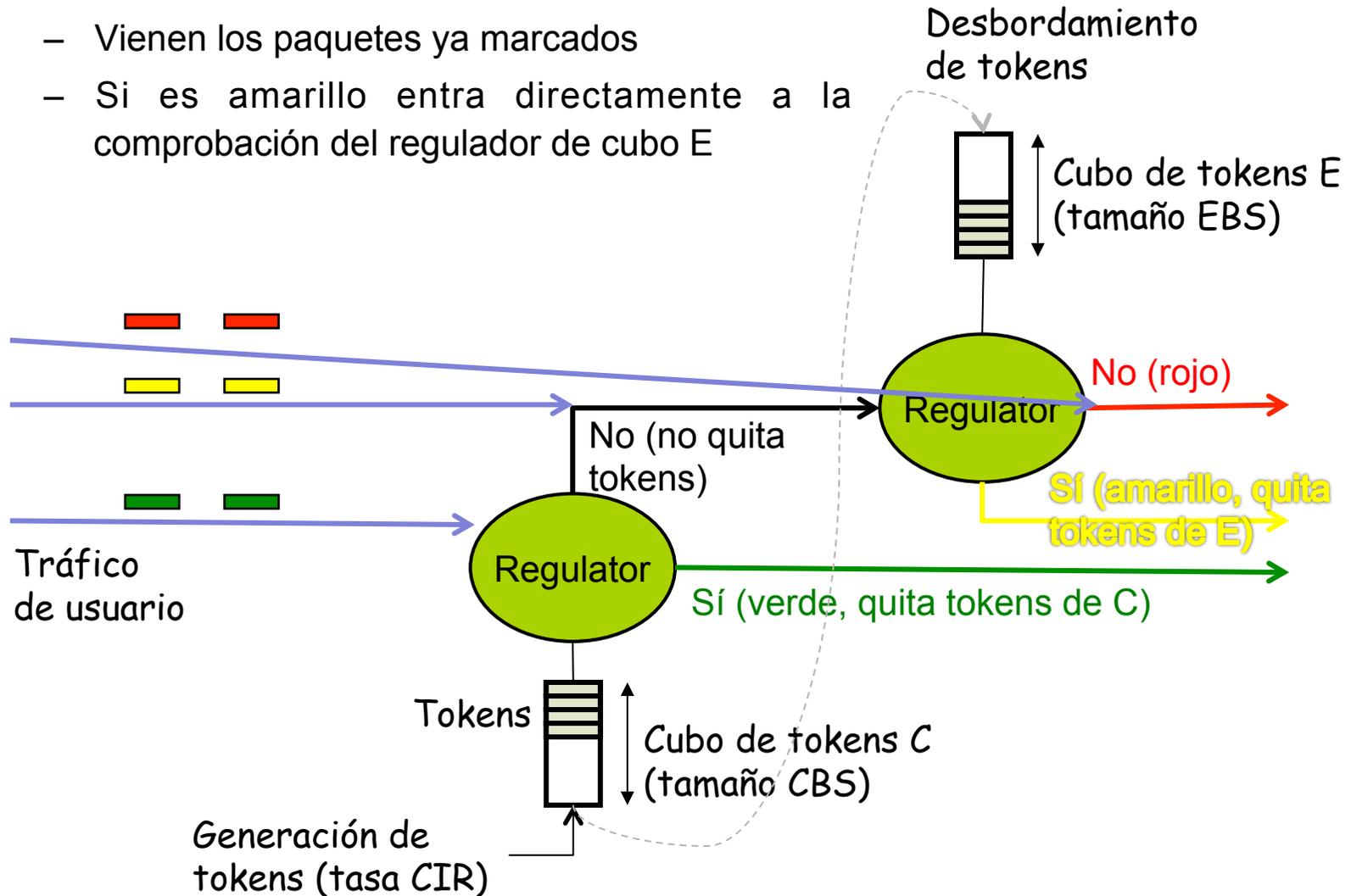
srTCM

- *single rate Three Color Marker* (RFC 2697)
- Dos *Token Buckets* (inicio llenos)
- Parámetros:
 - CIR: *Committed Information Rate*
 - CBS: *Committed Burst Size*
 - EBS: *Excess Burst Size*
- “Rojo” excede el CIR y ráfaga de CBS+EBS,
 “Amarillo” excede CIR y ráfaga de CBS



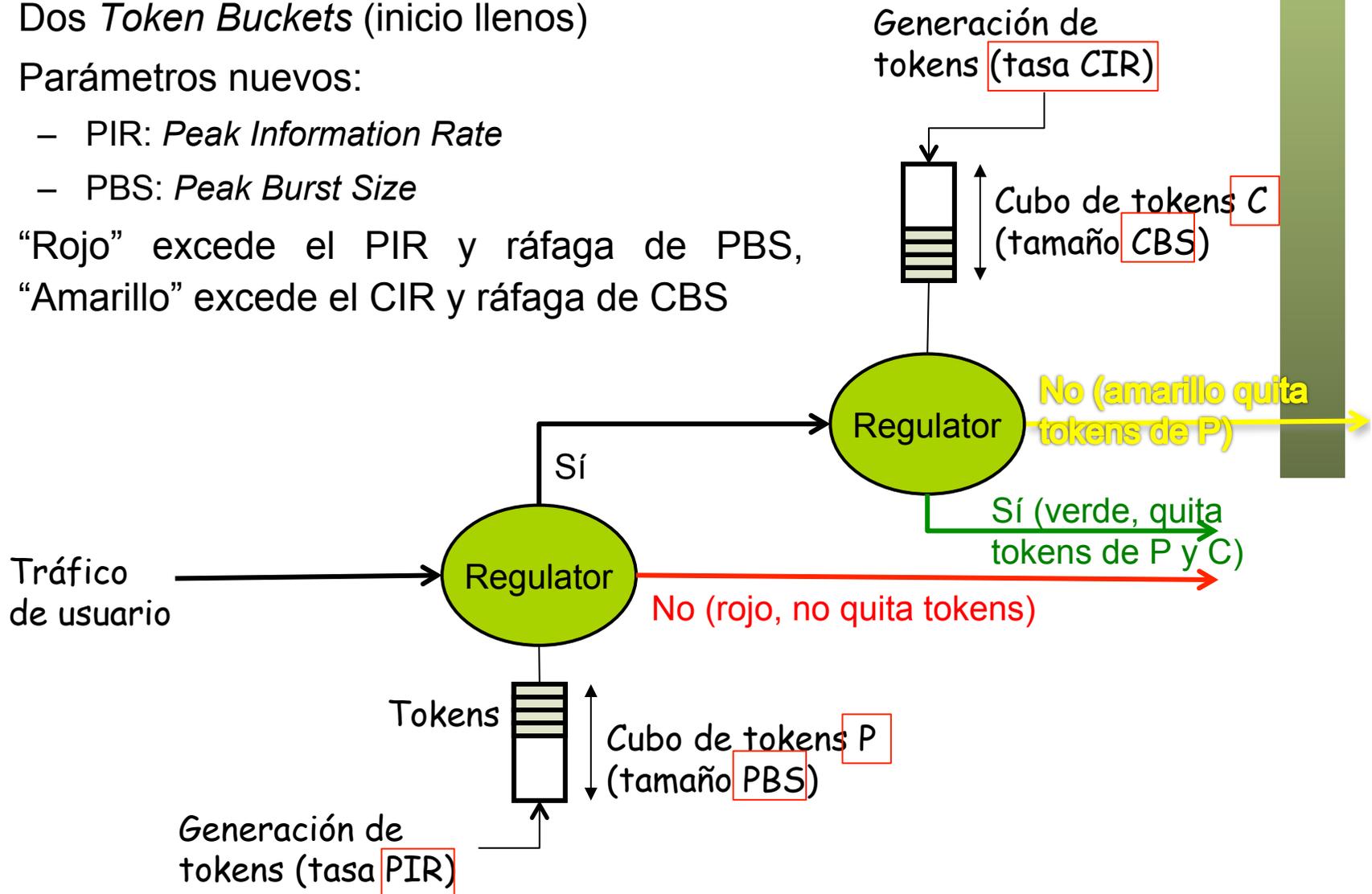
srTCM

- Eso era *color-blind*
- *Color-aware*:
 - Vienen los paquetes ya marcados
 - Si es amarillo entra directamente a la comprobación del regulador de cubo E



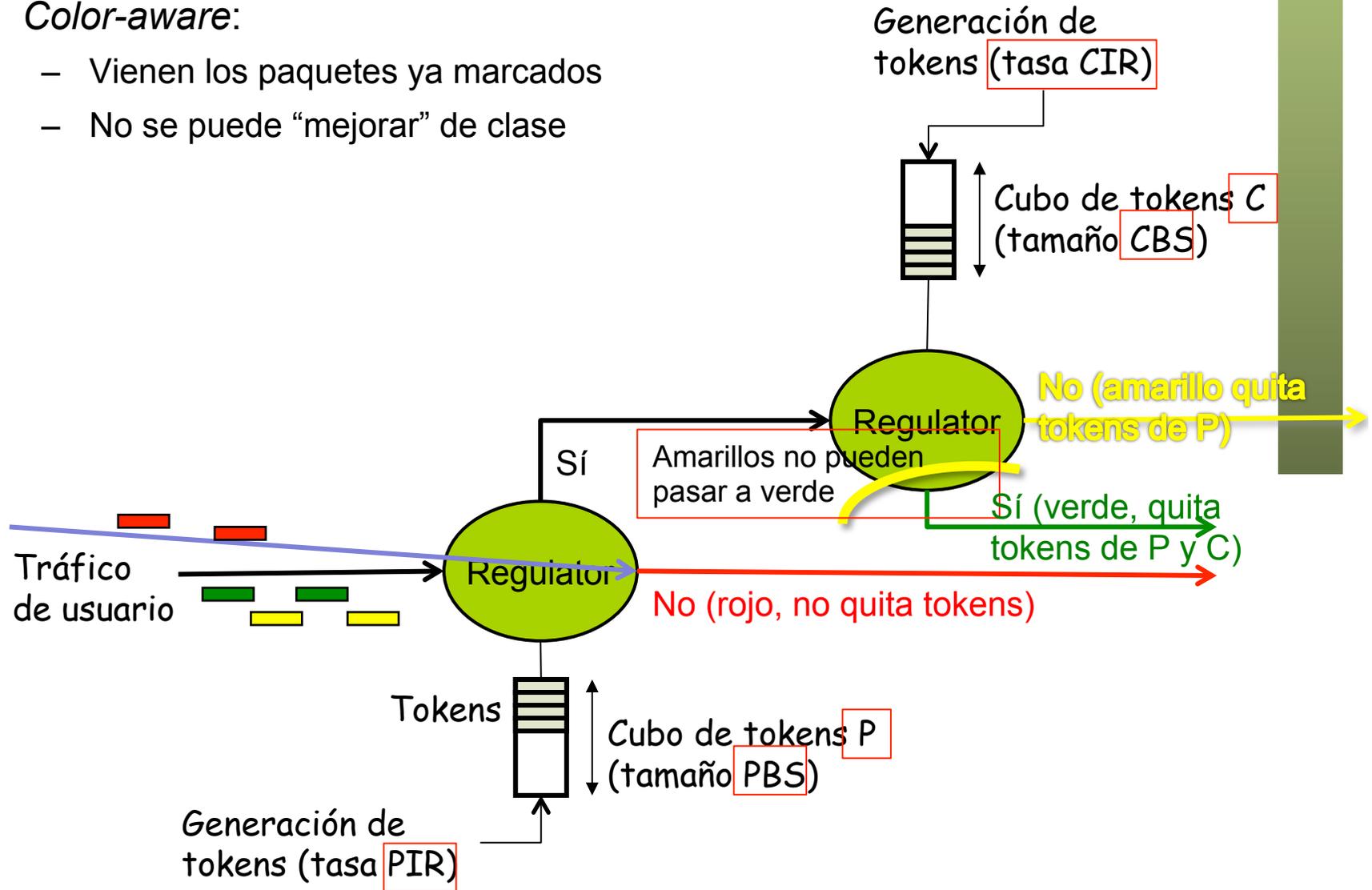
trTCM

- *two rate Three Color Marker* (RFC 2698)
- Dos *Token Buckets* (inicio llenos)
- Parámetros nuevos:
 - PIR: *Peak Information Rate*
 - PBS: *Peak Burst Size*
- “Rojo” excede el PIR y ráfaga de PBS,
 “Amarillo” excede el CIR y ráfaga de CBS



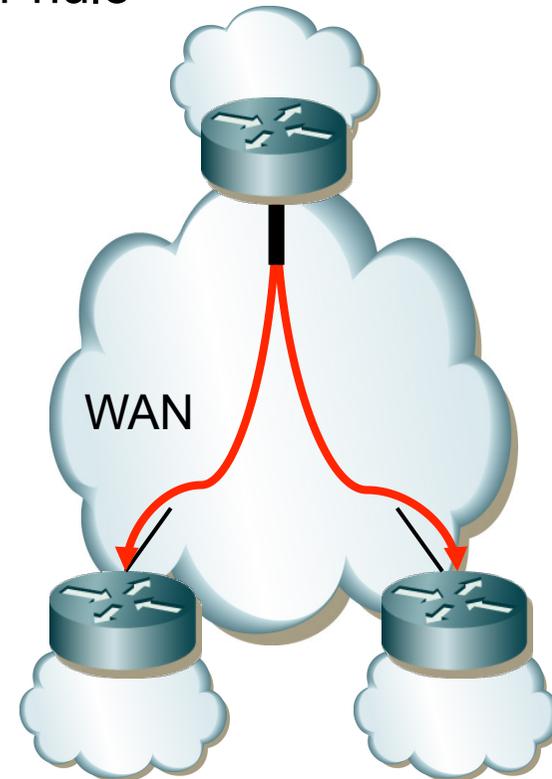
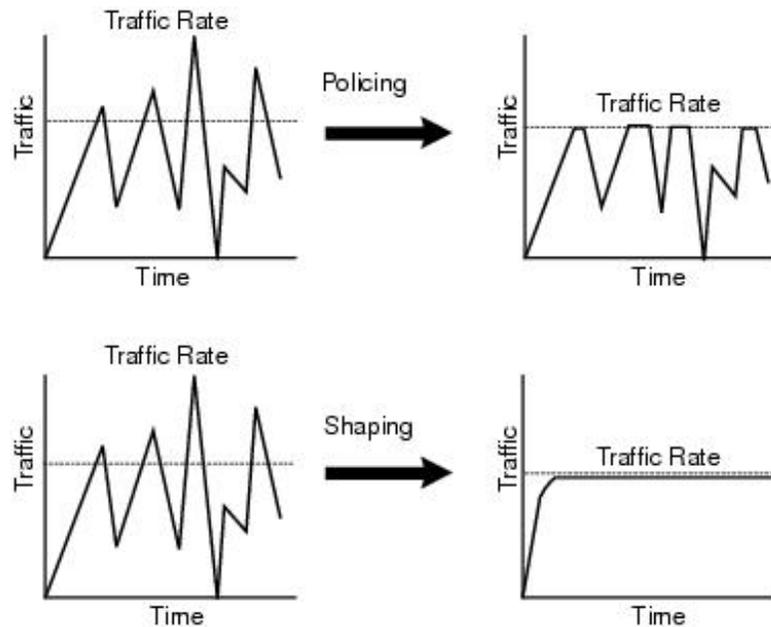
trTCM

- Eso era *color-blind*
- *Color-aware*:
 - Vienen los paquetes ya marcados
 - No se puede “mejorar” de clase



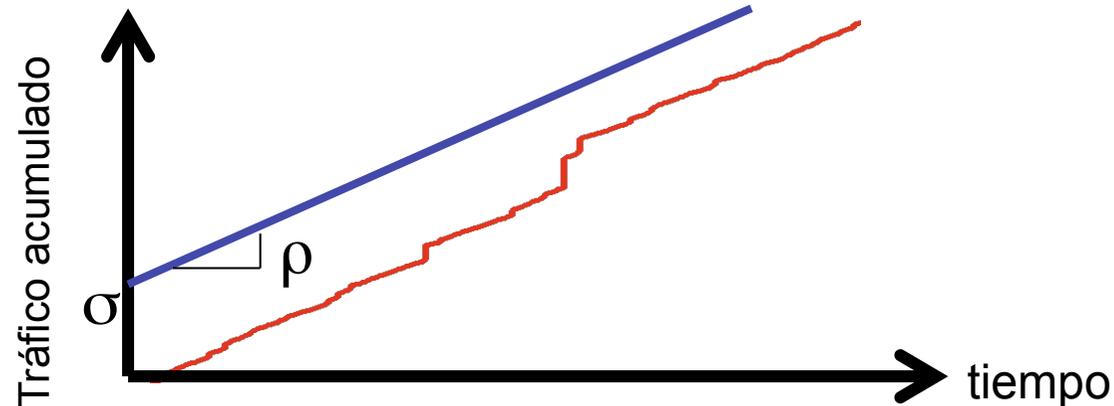
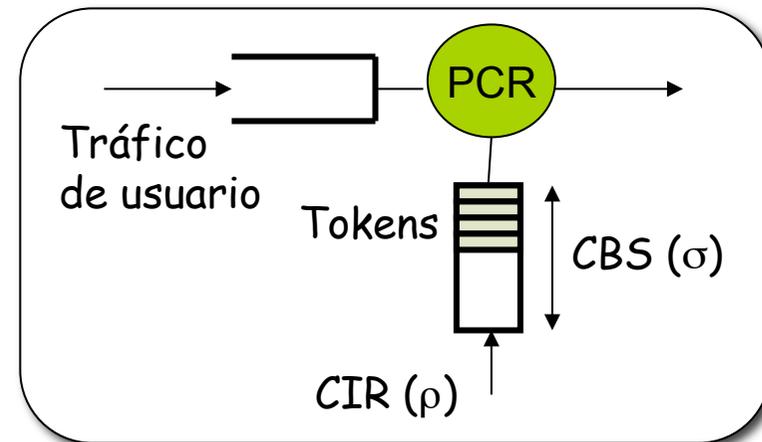
Shaping

- Los que excedan no se descartan sino que se encolan
- Introduce delay y jitter
- Permite adaptar el tráfico ante diferentes velocidades en los extremos de una red
- Policing es similar a Shaping con buffer nulo



Ejemplo: *Single Leaky Bucket*

- Parámetros:
 - CIR = *Committed Information Rate* (bytes de paquetes IP por seg.)
 - CBS = *Committed Burst Size* (bytes)
- $A(0,t)$ = tráfico cursado en intervalo $(0,t)$
- $A(0,t) \leq \rho t + \sigma$
- “*Restricción (σ, ρ)* ” a la salida (LBAP, *Linear Bounded Arrival Process*)

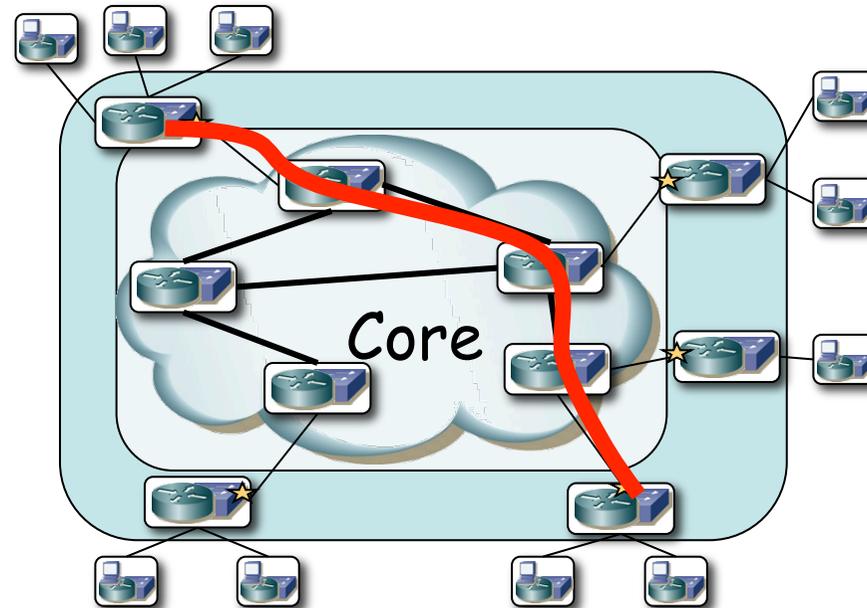


Connection Admission Control

CAC

Connection Admission Control

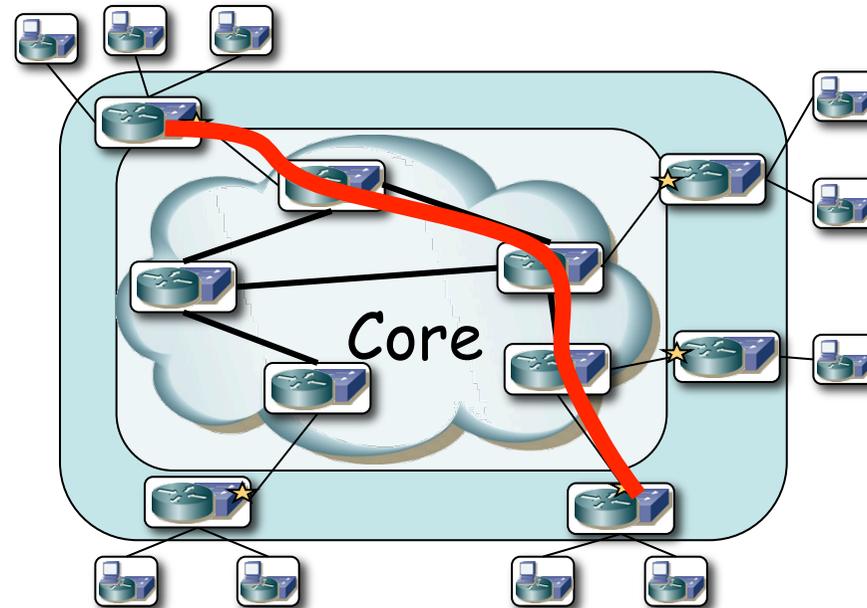
- “Call Admission Control”
- “Capacity Admission Control”
- Durante el establecimiento de la conexión
- Acciones para determinar si se permite o no
- Puede rechazar conexiones aunque haya capacidad suficiente
- Así asegura dejar BW disponible para otras de mayor prioridad
- (...)



CAC

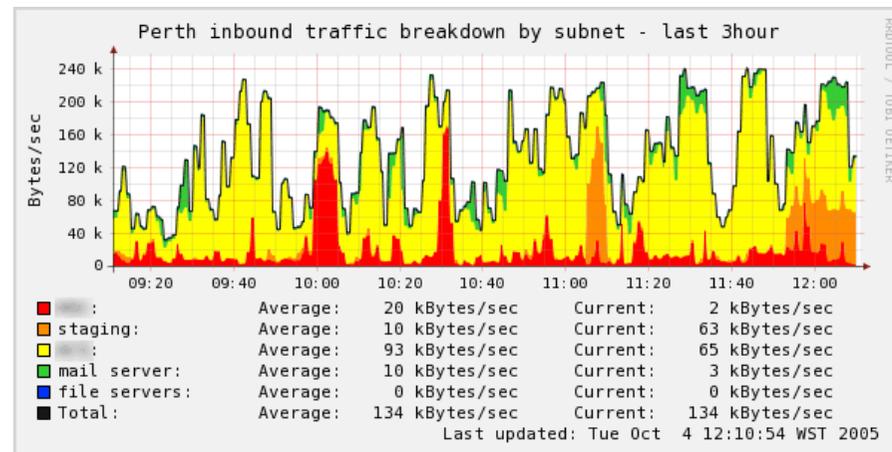
Connection Admission Control

- 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”

