

# Calidad de Servicio

Redes de Ordenadores para Robots y Máquinas Inteligentes

GSyC

Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones y  
Sistemas Telemáticos y Computación

Febrero 2024



©2024 Grupo de Sistemas y Comunicaciones.  
Algunos derechos reservados.  
Este trabajo se distribuye bajo la licencia  
Creative Commons Attribution Share-Alike 4.0  
disponible en <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.es>

- 1 Aplicaciones multimedia en redes
- 2 Evolución Calidad de servicio
- 3 Técnicas para proporcionar múltiples clases de tráfico
- 4 Mecanismos de planificación
- 5 Mecanismos de vigilancia (policing & shaping)
- 6 Referencias

# Contenidos

- 1 Aplicaciones multimedia en redes
- 2 Evolución Calidad de servicio
- 3 Técnicas para proporcionar múltiples clases de tráfico
- 4 Mecanismos de planificación
- 5 Mecanismos de vigilancia (policing & shaping)
- 6 Referencias

# Aplicaciones multimedia en redes

## Clases de aplicaciones multimedia en redes

- ① Flujos de audio/vídeo almacenados
- ② Flujos de audio/vídeo en vivo
- ③ Audio/vídeo interactivo en tiempo real

## Características fundamentales

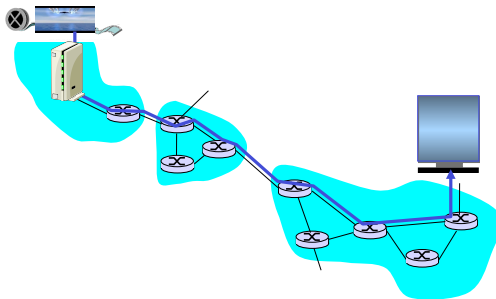
- Habitualmente son sensibles a los retardos
  - retardo de propagación terminal a terminal (end-to-end)
  - Variación/fluctuación del retardo de los paquetes en un mismo flujo (*packet jitter*)
- **Toleran pérdidas de datos ocasionales:** pérdidas poco frecuentes no causan grandes inconvenientes
- Justo lo contrario de las **aplicaciones elásticas** de transmisión de datos tradicionales, que no toleran las pérdidas (precisan completitud e integridad) pero no les afectan gravemente los retardos de propagación

# Contenidos

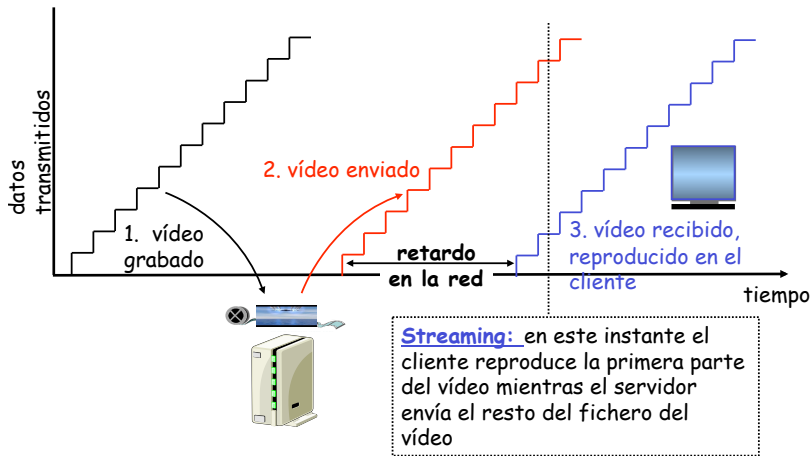
- 1 Aplicaciones multimedia en redes
  - 1. Flujos de audio/vídeo almacenados
  - 2. Flujos de audio/vídeo en vivo
  - 3. Flujos de audio/vídeo interactivo en tiempo real
- 2 Evolución Calidad de servicio
- 3 Técnicas para proporcionar múltiples clases de tráfico
- 4 Mecanismos de planificación
  - Planificación FIFO
  - Colas con prioridad
  - Colas de turno rotatorio
  - Colas equitativas ponderadas (WFQ)
- 5 Mecanismos de vigilancia (policing & shaping)
  - Token bucket
  - Token bucket +WFQ
- 6 Referencias

# 1. Flujos de audio/vídeo almacenado

- Audio/vídeo almacenado en un servidor
- Se transmite al cliente
- Transmisión de flujos (**streaming**): el cliente comienza a reproducir antes de que todos los bits del fichero hayan llegado
  - El único requisito temporal para los datos aún no transmitidos es que lleguen a tiempo para cuando tengan que ser reproducidos



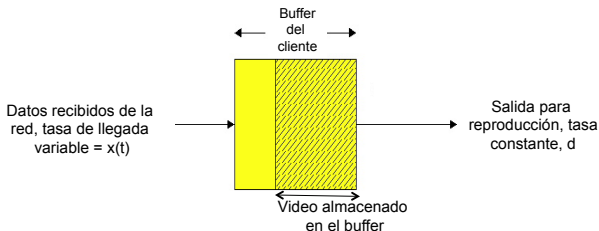
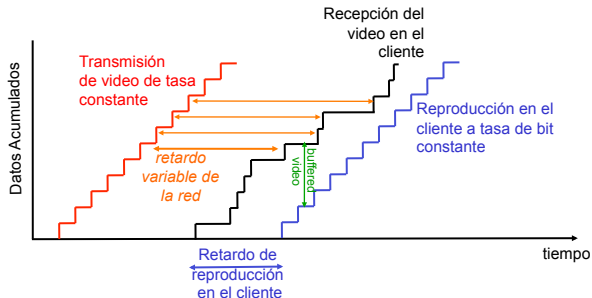
# Flujos de audio/vídeo almacenado





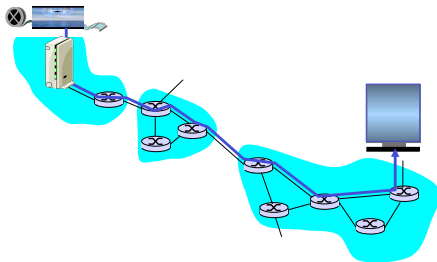
# Buffer en el cliente

- En el cliente, el almacenamiento de los datos en un buffer previo a la reproducción permite controlar los retardos variables de la red.

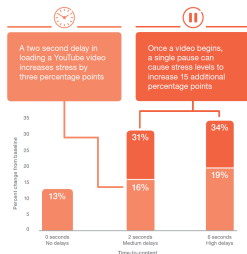


# Interactividad con los flujos de audio/vídeo almacenados

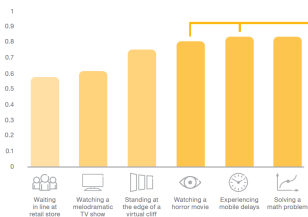
- Funcionalidad tipo vídeo con operaciones interactivas como *pausa, rebobinado, avance rápido*
  - Es aceptable un retraso de hasta 10s antes de comenzar la reproducción
  - Es aceptable un retraso de 1s o 2s para las operaciones interactivas
- El único requisito temporal para los datos aún no transmitidos es que lleguen a tiempo para cuando tengan que ser reproducidos



# Interactividad con los flujos de audio/vídeo almacenados (II)



Cognitive load associated with stressful situations



The level of stress caused by mobile delays was comparable to watching a horror movie

Source: Ericsson ConsumerLab, Neurons Inc., 2015

# Contenidos

- 1 Aplicaciones multimedia en redes
  - 1. Flujos de audio/vídeo almacenados
  - 2. Flujos de audio/vídeo en vivo
  - 3. Flujos de audio/vídeo interactivo en tiempo real
- 2 Evolución Calidad de servicio
- 3 Técnicas para proporcionar múltiples clases de tráfico
- 4 Mecanismos de planificación
  - Planificación FIFO
  - Colas con prioridad
  - Colas de turno rotatorio
  - Colas equitativas ponderadas (WFQ)
- 5 Mecanismos de vigilancia (policing & shaping)
  - Token bucket
  - Token bucket +WFQ
- 6 Referencias

## 2. Flujos de audio/vídeo en vivo

### Ejemplos:

- Emisoras de tv/radio por Internet
- Transmisión de eventos en tiempo real por Internet

### Es similar a los flujos de audio/vídeo almacenado

- *Buffer* de reproducción
- La reproducción puede comenzar hasta varias decenas de segundos después de su transmisión, lo que para eventos en directo puede llegar a ser un problema para el usuario.
- Tienen los mismos requisitos temporales.

### Interactividad con el usuario

- Imposible el avance rápido
- Permiten el rebobinado y la pausa

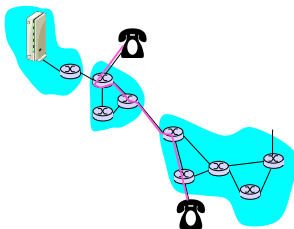
# Contenidos

- 1 Aplicaciones multimedia en redes
  - 1. Flujos de audio/vídeo almacenados
  - 2. Flujos de audio/vídeo en vivo
  - 3. Flujos de audio/vídeo interactivo en tiempo real
- 2 Evolución Calidad de servicio
- 3 Técnicas para proporcionar múltiples clases de tráfico
- 4 Mecanismos de planificación
  - Planificación FIFO
  - Colas con prioridad
  - Colas de turno rotatorio
  - Colas equitativas ponderadas (WFQ)
- 5 Mecanismos de vigilancia (policing & shaping)
  - Token bucket
  - Token bucket +WFQ
- 6 Referencias

## 2. Audio/Vídeo interactivo en tiempo real

### Aplicaciones:

Telefonía IP (audioconferencia), vídeo interactivo en tiempo real (videoconferencia), mundos interactivos



### Requisitos de retardo terminal a terminal:

- Audio: ideal si es menor de 150ms, aceptable si es menor de 400 ms
  - El retardo terminal a terminal contempla el retardo en la red y en los terminales (paquetización)
  - Los retardos mayores impiden el uso de estas aplicaciones

# Contenidos

- 1 Aplicaciones multimedia en redes
- 2 Evolución Calidad de servicio**
- 3 Técnicas para proporcionar múltiples clases de tráfico
- 4 Mecanismos de planificación
- 5 Mecanismos de vigilancia (policing & shaping)
- 6 Referencias



# Calidad de Servicio

- **Calidad de servicio** (*Quality of Service*, QoS): Medida cuantitativa de la calidad de la red, en términos de:
  - *bitrate* o *throughput*
  - retardos de paquetes
  - *jitter*
  - porcentaje de pérdidas de paquetes
  - ...
- Se dice que una aplicación tiene “requisitos de calidad de servicio” o necesita “calidad de servicio” cuando necesita unas garantías en todos o algunos de esos parámetros: *Throughput* mínimo, retardo máximo, *jitter* máximo, porcentaje máximo de pérdidas. . .
- Los protocolos TCP/IP en Internet proporcionan un servicio llamado *best-effort* (“mejor que se puede”), pues no se garantizan valores para esos parámetros.
- Living with lag  
[https://www.youtube.com/watch?v=\\_fNp37zFn9Q](https://www.youtube.com/watch?v=_fNp37zFn9Q)

# Multimedia sobre la red Internet actual

- Las aplicaciones multimedia frecuentemente presentan requisitos de calidad de servicio que Internet no da.
- Las aplicaciones multimedia en Internet utilizan técnicas en el nivel de aplicación para paliar en la medida de lo posible los efectos de los retardos y las pérdidas de mensajes:
  - Números de secuencia
  - *Buffering* en el receptor para compensar el *jitter*
  - Marcas de tiempo en los paquetes para reproducir de acuerdo a cómo se grabó el audio/vídeo
  - Corrección de errores de transmisión
  - Redes de distribución de contenidos
  - ...

# Evolución de Internet para soportar mejor las aplicaciones multimedia (I)

- Históricamente se estandarizaron dos modelos para proporcionar QoS en Internet:
  - ① **IntServ (Integrated Services)** (protocolo RSVP) 1994. Un usuario (emisor o receptor) solicita previamente los recursos que necesitará. Cada router del trayecto ha de tomar nota y efectuar la reserva de recursos solicitada.
  - ② **DiffServ (Differentiated Services)**, 1998. Un usuario (emisor) marca los paquetes con una determinada etiqueta que indica la prioridad y el trato que dichos paquetes recibirán en los routers.
- Hoy no se utiliza ninguno de estos estándares a escala de toda Internet. Predomina la “filosofía” de Diffserv, pero normalmente sólo se aplica a escala de un ISP o de una organización.

# Evolución de Internet para soportar mejor las aplicaciones multimedia (II)

## Filosofía de servicios integrados (*Integrated services*):

- Se requieren cambios drásticos en la red para ofrecer un servicio de reserva de recursos (ancho de banda, porcentaje de pérdidas) a las aplicaciones
- Requiere nuevo software en los terminales y en la red (*routers*)

## Filosofía de servicios diferenciados (*Differentiated services*):

Requiere menos cambios en la red, proporcionando clases de servicio distintas

## *Laissez-faire*

- No requiere prácticamente cambios en la red
- Los ISPs proporcionarán más velocidad de transmisión (ancho de banda) cuando haya demanda en el mercado
- Soluciones: distribución de contenidos en los extremos, multidifusión en redes solapadas (redes *overlay* entre pares)
  - Cambios en el nivel de aplicación, que no requieren cambiar la red (*routers*)

# Evolución de Internet para soportar mejor las aplicaciones multimedia (III)

- Por defecto Internet utiliza un modelo de servicio *best effort*:
  - Todos los paquetes son tratados por igual, independientemente de la aplicación o protocolo a que pertenezcan.
- Alternativa: varias clases de tráfico a las que se da un servicio diferente:
  - Se divide el tráfico en clases
  - La red trata clases de tráfico distintas de manera distinta (como la clase 1ª y 2ª en un tren, o 1ª, *business class* y turista en un avión)

# Evolución histórica del campo ToS en la cabecera IP (I)

- Históricamente, el campo ToS (tipo de servicio, *type of service*) de la cabecera IP estaba pensado precisamente para un modelo basado en clases de servicio.
- Con los años ha ido cambiando la semántica de este campo:

	TOS							
	7	6	5	4	3	2	1	0
RFC 791	precedence			D (delay)	T (throuput)	R (reliability)	unused	
RFC 1349	precedence			D (delay)	T (throuput)	R (reliability)	C (cost)	0
RFC 2474	DSCP (DiffServ Code Point)						ECN (congestion)	

# Evolución histórica del campo ToS en la cabecera IP (II)

- **RFC 791:** Especificación del Protocolo IP (1981).
  - *Precedence*: Prioridad del paquete, con ámbito de una organización. Jamás se utilizó
  - *Bits D, T, R*: Indicaciones del tipo de servicio requerido.
- **RFC 1349:** Aclaraciones sobre el campo ToS (1992).
  - *Precedence*: Prioridad del paquete, no se habla de él en la RFC.
  - *Bits D, T, R, C*: Indicaciones del tipo de servicio requerido. Se añade el bit C. Sólo se explica el sentido de la activación de 1 sólo de los 4 bits, y se establecen como deberían usarse en los protocolos de aplicación existentes.
- **RFC 2474:** Especificación de DiffServ (1998). Reemplaza el campo ToS por el campo DS (*Differentiated Services field*).
  - *DSCP*: Permite etiquetar paquetes de forma diferente para darles un servicio en función del valor de este campo.
  - *ECN*: Bits sin usar en la RFC 2474, definidos en la RFC 3168 para notificación explícita de congestión (no relacionado con calidad de servicio).

# Flujo vs Clase

- **Flujo**: secuencia de datagramas de un determinado usuario que requiere la misma QoS.
  - Un flujo es la entidad más pequeña a la que los routers pueden aplicar una determinada QoS.
  - Un flujo es unidireccional.
- **Clase**: agrupación de flujos. Todos los flujos dentro de una misma clase reciben la misma QoS.
  - A veces se puede proporcionar QoS a nivel de flujo, a veces simplemente a nivel de una clase que agrupe varios flujos.



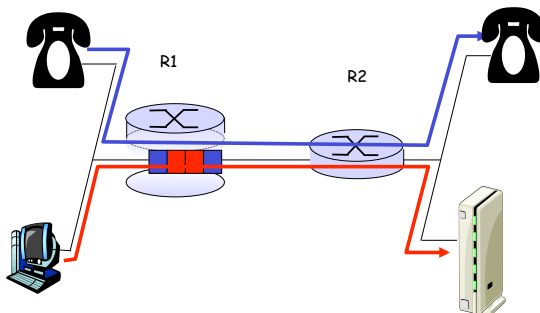
# Contenidos

- 1 Aplicaciones multimedia en redes
- 2 Evolución Calidad de servicio
- 3 Técnicas para proporcionar múltiples clases de tráfico**
- 4 Mecanismos de planificación
- 5 Mecanismos de vigilancia (policing & shaping)
- 6 Referencias

# Escenario: tráfico HTTP y de audio compitiendo

Ejemplo: telefonía IP a 1Mbps y una transferencia de un fichero por HTTP comparten un enlace a 1'5 Mbps.

- HTTP transmitiendo un fichero  $\Rightarrow$  aplicación elástica tolerante a retardos, no tolerante a pérdidas.
- Las ráfagas de paquetes HTTP pueden congestionar el *router* causando pérdidas y/o retrasos de paquetes de audio.
- ¿Se le debería dar algún tipo de prioridad al tráfico de audio?



# Técnicas para proporcionar múltiples clases de servicio

## PRINCIPIO 1: marcado de paquetes en clases para un tratamiento diferenciado

### Principio 1:

- El **marcado** de los paquetes permite a un *router* diferenciar entre paquetes pertenecientes a distintas clases de tráfico:
  - Dirección IP origen, dirección IP destino, puerto origen, puerto destino, protocolo de nivel de transporte.
- Las **disciplinas de planificación de colas** en el *router* deben permitir tratar de manera diferenciada las distintas clases de tráfico

# Técnicas para proporcionar múltiples clases de servicio

## PRINCIPIO 2: aislamiento de clases (I)

- Un cliente contrata con su ISP una determinada QoS: a esto se llama SLA (Service-Level Agreement).
- ¿Qué ocurre si las aplicaciones no se comportan según lo pactado?
- Ej: una aplicación de audio envía a una tasa de bits superior a la declarada, ya sea maliciosamente o por error

### Principio 2:

Es deseable proporcionar un grado de **aislamiento entre las clases** de tráfico y entre los flujos, de manera que una clase o un flujo no se vea afectado de forma adversa por otro que tiene un comportamiento erróneo.

# Técnicas para proporcionar múltiples clases de servicio

## PRINCIPIO 2: aislamiento de clases (II)

### ¿Cómo proporcionar aislamiento?

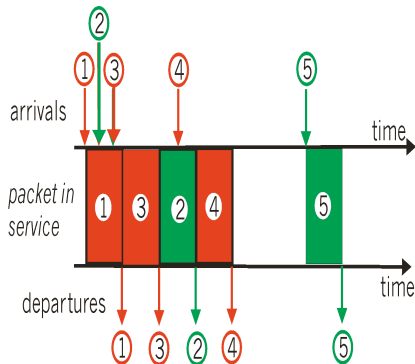
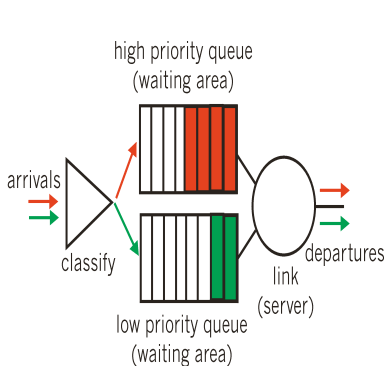
- Las decisiones de **vigilancia** (*policing*) en los *routers* del borde permiten aislar el tráfico con granularidad de flujos:
  - monitorización para garantizar que la velocidad agregada de un flujo individual no excede cierto valor, y retardando, descartando, o marcando como descartables los paquetes que no respetan el contrato
- El mecanismo de **planificación** en los *routers* trata de manera distinta las clases o los flujos, asignando anchos de banda distintos a cada clase/flujo

Flujos vs. clases: Por razones de escala, es frecuente que en la frontera se discrimine según flujos, y en el centro de la organización según clases.

# Técnicas para proporcionar múltiples clases de servicio

## PRINCIPIO 2: aislamiento de clases (III)

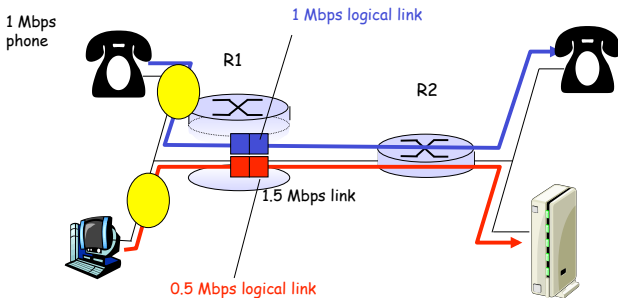
Ejemplo de división del tráfico en clases por prioridad: alta prioridad y baja prioridad. La salida de paquetes se gestiona con un mecanismo de planificación de colas atendiendo primero a la cola de mayor prioridad.



# Técnicas para proporcionar múltiples clases de servicio

## PRINCIPIO 3: utilización de recursos de manera eficiente

- Dedicar un ancho de banda fijo, no compartible, a un flujo hace un uso ineficiente de la red. Ej. Audio no consume porque están callados y no puede aprovecharse para ficheros transferidos con HTTP.



### Principio 3:

Si bien es bueno proporcionar aislamiento entre clases o flujos, es deseable también **utilizar los recursos de la forma más eficiente posible**

# Contenidos

- 1 Aplicaciones multimedia en redes
- 2 Evolución Calidad de servicio
- 3 Técnicas para proporcionar múltiples clases de tráfico
- 4 Mecanismos de planificación**
- 5 Mecanismos de vigilancia (policing & shaping)
- 6 Referencias

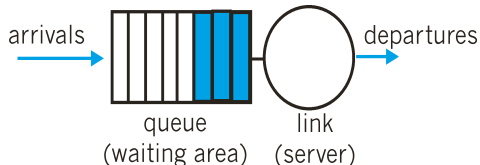


# Contenidos

- 1 Aplicaciones multimedia en redes
  - 1. Flujos de audio/vídeo almacenados
  - 2. Flujos de audio/vídeo en vivo
  - 3. Flujos de audio/vídeo interactivo en tiempo real
- 2 Evolución Calidad de servicio
- 3 Técnicas para proporcionar múltiples clases de tráfico
- 4 Mecanismos de planificación**
  - **Planificación FIFO**
  - Colas con prioridad
  - Colas de turno rotatorio
  - Colas equitativas ponderadas (WFQ)
- 5 Mecanismos de vigilancia (policing & shaping)
  - Token bucket
  - Token bucket +WFQ
- 6 Referencias

# Mecanismos de planificación: FIFO

- **Disciplinas de planificación de enlace:** la forma en que el *router* escoge el siguiente paquete que será enviado por un enlace de entre los que están almacenados en el *buffer* de salida
- **Planificación FIFO (first in first out):** se envía en el orden de llegada a la cola
  - Como cualquier cola (autobús, cine,...)
  - **Política de eliminación de paquetes:** si un paquete llega a la cola cuando está llena, ¿qué paquete se descarta?. Alternativas:
    - el último que llega pierde
    - eliminar en función de la prioridad de cada paquete
    - aleatoriamente



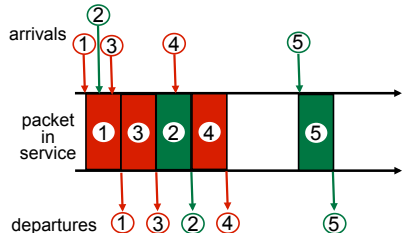
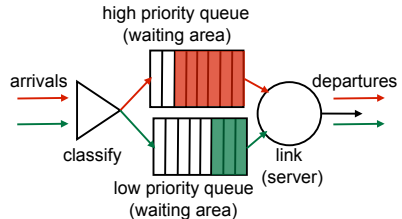
# Contenidos

- 1 Aplicaciones multimedia en redes
  - 1. Flujos de audio/vídeo almacenados
  - 2. Flujos de audio/vídeo en vivo
  - 3. Flujos de audio/vídeo interactivo en tiempo real
- 2 Evolución Calidad de servicio
- 3 Técnicas para proporcionar múltiples clases de tráfico
- 4 Mecanismos de planificación**
  - Planificación FIFO
  - **Colas con prioridad**
  - Colas de turno rotatorio
  - Colas equitativas ponderadas (WFQ)
- 5 Mecanismos de vigilancia (policing & shaping)
  - Token bucket
  - Token bucket +WFQ
- 6 Referencias

# Mecanismos de planificación:

## Colas con prioridad

- Se transmite el paquete más prioritario de los encolados
- Cada clase/flujo tiene una prioridad distinta
  - para el *router* la clasificación de los paquetes puede realizarse según cómo venga marcado, o en función de otras cabeceras como origen/destino IP, números de puerto, protocolo.
  - se eligen paquetes para transmitir de la cola de más alta prioridad no vacía. Dentro de cada cola, FIFO



# Contenidos

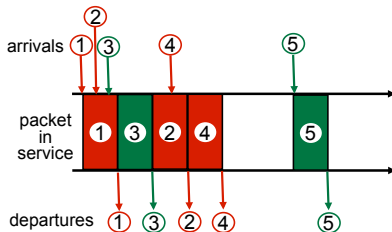
- 1 Aplicaciones multimedia en redes
  - 1. Flujos de audio/vídeo almacenados
  - 2. Flujos de audio/vídeo en vivo
  - 3. Flujos de audio/vídeo interactivo en tiempo real
- 2 Evolución Calidad de servicio
- 3 Técnicas para proporcionar múltiples clases de tráfico
- 4 Mecanismos de planificación**
  - Planificación FIFO
  - Colas con prioridad
  - **Colas de turno rotatorio**
  - Colas equitativas ponderadas (WFQ)
- 5 Mecanismos de vigilancia (policing & shaping)
  - Token bucket
  - Token bucket +WFQ
- 6 Referencias

# Mecanismos de planificación:

## Colas de turno rotatorio

### Round Robin Scheduling

- diferentes colas almacenan diferentes clases de tráfico
- de entre todas las colas que tengan paquetes, se elige por turno rotatorio un paquete de cada una
- no hay prioridades, todas las colas con las diferentes clases de tráfico se tratan por igual.



# Contenidos

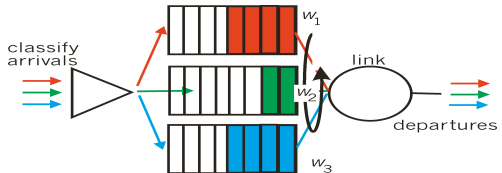
- 1 Aplicaciones multimedia en redes
  - 1. Flujos de audio/vídeo almacenados
  - 2. Flujos de audio/vídeo en vivo
  - 3. Flujos de audio/vídeo interactivo en tiempo real
- 2 Evolución Calidad de servicio
- 3 Técnicas para proporcionar múltiples clases de tráfico
- 4 Mecanismos de planificación**
  - Planificación FIFO
  - Colas con prioridad
  - Colas de turno rotatorio
  - **Colas equitativas ponderadas (WFQ)**
- 5 Mecanismos de vigilancia (policing & shaping)
  - Token bucket
  - Token bucket +WFQ
- 6 Referencias

# Mecanismos de planificación:

## Colas equitativas ponderadas (WFQ)

### Weighted Fair Queuing (WFQ)

- A cada clase/flujo  $i$  se le asigna un peso  $w_i$  y recibe un ancho de banda proporcional a su peso en cada turno. Si  $R$  paquetes/s es el ancho de banda global del enlace, el flujo  $i$  recibirá un ancho de banda de  $\frac{w_i \cdot R}{\sum w_j}$  paquetes/s
- Aún cuando haya tráfico en otras colas se garantiza que se conservan los pesos de cada clase (proporción de ancho de banda)





# Contenidos

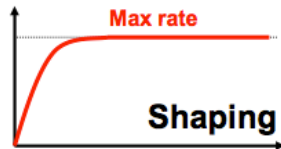
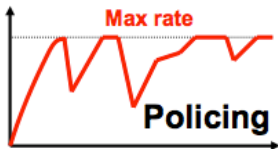
- 1 Aplicaciones multimedia en redes
- 2 Evolución Calidad de servicio
- 3 Técnicas para proporcionar múltiples clases de tráfico
- 4 Mecanismos de planificación
- 5 Mecanismos de vigilancia (policing & shaping)**
- 6 Referencias

# Mecanismos de vigilancia

- **Objetivo:** limitar el tráfico para que no supere los parámetros declarados/comprometidos
- ¿Qué aspectos de la tasa de paquetes de un flujo deben ser vigilados?
- Tres criterios utilizados habitualmente para vigilar/limitar:
  - **(a largo plazo) tasa promedio:** cuántos paquetes se pueden enviar por unidad de tiempo en promedio
    - 100 paquetes/s y 6000 paquetes por minuto (ppm) tienen la misma tasa promedio. Probablemente hay que establecer definir un periodo de duración para una cierta tasa promedio.
  - **Tasa de pico:** Ej: 6000 paquetes por minuto (ppm) de media y 150 pps de tasa de pico
  - **Tamaño máximo de una ráfaga:** número máximo de paquetes que se pueden enviar “de golpe”: consecutivamente, sin solución de continuidad, en un intervalo lo más pequeño posible

# Mecanismos de vigilancia: policing & shaping

- Policing:
  - Descarta el tráfico que supera los parámetros comprometidos.
  - Se suele utilizar en interfaces de entrada y de salida
- Shaping:
  - Encola el tráfico que supera los parámetros comprometidos.
  - Se suele utilizar sólo en interfaces de salida
  - Retardar un paquete en vez de descartarlo



# Contenidos

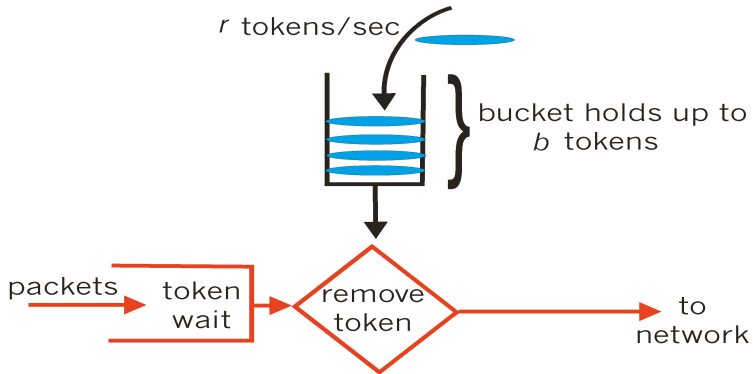
- 1 Aplicaciones multimedia en redes
  - 1. Flujos de audio/vídeo almacenados
  - 2. Flujos de audio/vídeo en vivo
  - 3. Flujos de audio/vídeo interactivo en tiempo real
- 2 Evolución Calidad de servicio
- 3 Técnicas para proporcionar múltiples clases de tráfico
- 4 Mecanismos de planificación
  - Planificación FIFO
  - Colas con prioridad
  - Colas de turno rotatorio
  - Colas equitativas ponderadas (WFQ)
- 5 Mecanismos de vigilancia (policing & shaping)
  - Token bucket
  - Token bucket +WFQ
- 6 Referencias

# Mecanismos de vigilancia (policing & shaping):

## Token bucket (I)

- Cubeta con fichas (token bucket): Abstracción que sirve para caracterizar los límites de vigilancia en función del tamaño máximo de ráfaga y la tasa promedio.
- Los paquetes que llegan se encolan. Para salir un paquete tiene que haber al menos una ficha en la cubeta: se elimina la ficha y se da salida al paquete.
  - La cubeta puede alojar un **máximo de  $b$  fichas** (*tokens*)
  - Las fichas se generan a una **velocidad de  $r$  fichas/s**
    - si la cubeta está llena y siguen llegando fichas, éstas se pierden
  - **en un intervalo de longitud  $t$** : el número de paquetes que se admiten es  $\leq rt + b$
  - la tasa de generación de fichas,  $r$ , limita la tasa promedio a largo plazo
- Dos cubetas en serie pueden además limitar la tasa de pico

# Mecanismos de vigilancia (policing & shaping): Token bucket (II)

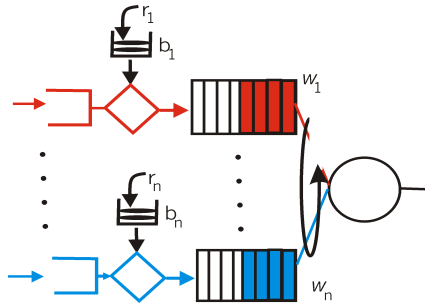


# Contenidos

- 1 Aplicaciones multimedia en redes
  - 1. Flujos de audio/vídeo almacenados
  - 2. Flujos de audio/vídeo en vivo
  - 3. Flujos de audio/vídeo interactivo en tiempo real
- 2 Evolución Calidad de servicio
- 3 Técnicas para proporcionar múltiples clases de tráfico
- 4 Mecanismos de planificación
  - Planificación FIFO
  - Colas con prioridad
  - Colas de turno rotatorio
  - Colas equitativas ponderadas (WFQ)
- 5 Mecanismos de vigilancia (policing & shaping)
  - Token bucket
  - Token bucket +WFQ
- 6 Referencias

# Mecanismos de vigilancia (policing & shaping): Token bucket + WFQ (I)

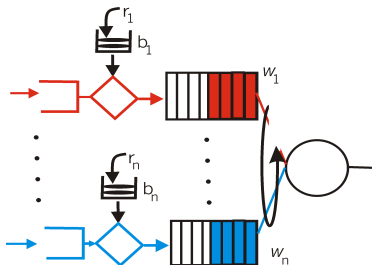
- La cubeta con fichas se puede combinar con WFQ (una cubeta a la entrada de cada cola) para proporcionar un límite superior al retardo que un paquete puede estar en la cola de un *router*





# Mecanismos de vigilancia (policing & shaping): Token bucket + WFQ (II)

- Supongamos que  $b_1$  está llena y llega una ráfaga de  $b_1$  paquetes de esa clase. Los  $b_1$  paquetes pasan a la cola  $WFQ_1$  sin esperar.
- La velocidad de salida de paquetes  $WFQ_1$  será:  $R \frac{w_1}{\sum w_j}$
- El tiempo máximo que pasa un paquete de la ráfaga esperando en la cola  $WFQ_1$ , será el tiempo que pase el último paquete de la ráfaga en  $WFQ_1$ . Es decir, el tiempo que necesite  $WFQ_1$  para enviar todos los paquetes que hay en la cola:  $D_{max} = \frac{b_1}{R \frac{w_1}{\sum w_j}}$



# Contenidos

- 1 Aplicaciones multimedia en redes
- 2 Evolución Calidad de servicio
- 3 Técnicas para proporcionar múltiples clases de tráfico
- 4 Mecanismos de planificación
- 5 Mecanismos de vigilancia (policing & shaping)
- 6 Referencias**

# Referencias

- James F. Kurose y Keith W. Ross, **Redes de Computadores: un enfoque descendente**, Pearson Educación, 5ª edición.
- Larry L. Peterson, Bruce S. Davie, **Computer networks, a systems approach**, edition 4. Morgan Kaufmann 2007.