

Tema 2: Mecanismos Multimedia en la Red

Albert Banchs

Redes Multimedia

Universidad Carlos III de Madrid



Este obra se publica bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 3.0 España.

Palabras clave: Redes Multimedia, DiffServ, Calidad de Servicio, Mecanismos de red

Este tema se dedica a analizar el funcionamiento de los mecanismos de nivel de red, con particular énfasis en la arquitectura estándar *de facto* para proporcionar calidad de servicio en Internet: la arquitectura de Servicios Diferenciados o *DiffServ*. Por motivos didácticos, se estudia en detalle la variante más simple de esta arquitectura: la *Two-bit architecture*.

Se empieza motivando la necesidad de tres clases de servicio en Internet para satisfacer las necesidades de todas las aplicaciones: las clases *Premium Service*, *Assured Service* y *Best-Effort*. Posteriormente, se explica el problema de la escalabilidad en Internet y se razonan las características que tiene que cumplir una arquitectura de calidad de servicio para ser escalable. Finalmente se presentan los distintos mecanismos, entre ellos *traffic policing and shaping y forwarding*, que configuran la arquitectura DiffServ. Posteriormente se analiza el funcionamiento de la arquitectura DiffServ bajo distintas configuraciones del servicio contratado por el usuario y distintos patrones de tráfico.

Una vez expuesta la arquitectura DiffServ, se estudia la configuración de los parámetros DiffServ que permiten satisfacer los requisitos de las distintas aplicaciones. Se empieza motivando la necesidad de configurar la red con aplicaciones del mundo real de la arquitectura DiffServ, tales como la interconexión de gateways de la Red Telefónica Básica o las redes privadas virtuales, indicando los requisitos de calidad de servicio que se deben cumplir en cada caso. Se hace también hincapié en el hecho que actualmente la mayoría de los routers de Internet soportan DiffServ, y uno de los problemas que tienen los operadores para usar dicha arquitectura es la dificultad de configurar los parámetros adecuadamente.

Una vez se han identificado los requisitos, se presentan todos los parámetros que hay que configurar así como las decisiones que deben tomar los algoritmos de admisión correspondientes. Posteriormente, se elaboran (con la participación de los alumnos) una serie de guías de configuración que satisfacen todos estos requisitos, al mismo tiempo que admiten tantas peticiones como es posible. Ello conforma la configuración de los routers de acceso y los troncales así como del Bandwidth Broker (que aplica el control de admisión), tanto para el tráfico Premium Service como el Assured Service.

A continuación se ilustra, mediante un análisis realizado empleando una red doméstica como ejemplo, que la arquitectura DiffServ no es suficiente para garantizar calidad de servicio cuando tenemos una red de acceso compartido, y que en estos casos es necesario emplear un mecanismo de calidad de servicio de nivel de enlace.

Después de enumerar varias tecnologías de nivel de enlace que requieren un mecanismo específico si se quiere proporcionar calidad de servicio, la sesión se orienta a una de las

tecnologías de nivel 2 más extendidas hoy en día, como son las redes *Wireless LAN* (WLAN) o 802.11. Se analiza la extensión del estándar que se ha desarrollado para proporcionar calidad de servicio, analizando las diferencias entre esta extensión y el estándar original sin calidad de servicio. Se estudian también las motivaciones detrás del diseño del protocolo 802.11e, entre otras la compatibilidad hacia atrás con el estándar original. Se termina esta parte enumerando los diferentes parámetros del protocolo 802.11e y exponiendo la dificultad de configurarlos de manera óptima, lo que motiva la siguiente sesión de la asignatura.

Motivado por el análisis del protocolo 802.11e, a continuación se analiza la configuración de los diversos parámetros que se dejan abiertos en el estándar IEEE 802.11e. Si bien este estándar proporciona algunos valores recomendados para los distintos parámetros, los alumnos observan mediante unos ejemplos que estos valores no resultan adecuados en muchos casos, por lo que se tiene que realizar un estudio más profundo para determinar su configuración.

Para abordar este problema, primero se presenta un análisis simplificado del protocolo 802.11e. Con este análisis, se toman como datos de entrada la configuración de los distintos parámetros del estándar, y se proporciona como dato de salida el caudal de la red obtenido con esta configuración. Dada la dificultad de realizar dicho análisis para todos los parámetros incluidos en el estándar, éste se limita a algunos de los parámetros y sus configuraciones más relevantes.

Partiendo del análisis anterior, se formula el problema de configurar los parámetros de 802.11e como un problema de optimización, siendo el objetivo encontrar los valores de los parámetros que maximizan el caudal de la red. Con la solución de este problema, así como varias consideraciones heurísticas, se proponen unas guías de configuración para todos los parámetros de 802.11e.

Habiendo estudiado los distintos mecanismos de calidad de servicio por separado, para cerrar este tema se estudia el diseño de una arquitectura de calidad de servicio integral que incorpora todos los mecanismos en un único diseño.

Para este propósito, se analiza el comportamiento global de la torre de protocolos en una red formada por varios tramos con diversas tecnologías de nivel 2 en cada uno de estos tramos. Partiendo de este caso de uso, se estudian los mecanismos que se aplican en cada uno de los niveles de la torres de protocolos cuando se envía un paquete, considerando tanto la interacción con el nivel de aplicación en el marcado del paquete como la interacción entre los diferentes niveles (p.ej., entre el nivel 2 y el nivel 3) para mapear la clase de servicio de un paquete que atraviesa distintos niveles en cada uno de los mecanismos correspondientes.

Utilizando el caso de uso explicado, se estudia el rendimiento global de la red en términos de caudal y retardo, considerando el impacto que tiene cada una de las tecnologías y su configuración en el rendimiento resultante.



Tema 2: La arquitectura DiffServ

Albert Banchs
Redes Multimedia

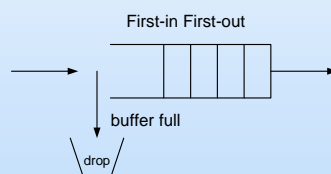
Palabras clave: Redes Multimedia, DiffServ, Calidad de Servicio, Mecanismos de red



Este obra se publica bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 3.0 España](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/es/).

Internet actual: el modelo Best Effort

- La red Internet actual se basa en el modelo Best Effort
- En dicho modelo, todos los paquetes reciben el mismo tratamiento
- Los paquetes se sirven de acuerdo con una disciplina de encolamiento FIFO con Drop-Tail



- La principal ventaja de este modelo es su simplicidad, que permite implementaciones de muy alta velocidad

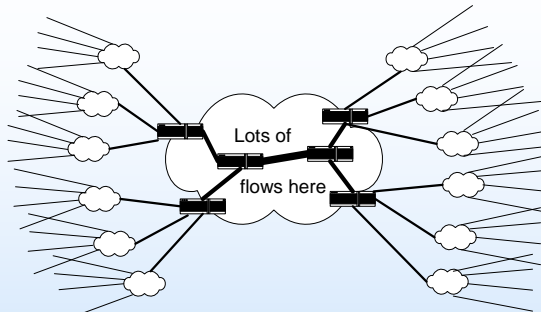
Necesidad de Calidad de Servicio (QoS)

- El principal problema del modelo Best Effort es que no puede satisfacer los requisitos de las aplicaciones
- Para poder satisfacer dichos requisitos, se han desarrollado tecnologías de Calidad de Servicio (QoS)
- La tecnología más extendida para ello es la arquitectura de Servicios Diferenciados (**DiffServ**).
- Con DiffServ, el tráfico se divide en distintas clases de acuerdo con sus requisitos de Calidad de Servicio
- DiffServ proporciona un tratamiento distinto a cada clase de servicio de acuerdo con sus necesidades de Calidad de Servicio

Objetivos de DiffServ

- El objetivo de DiffServ es el de satisfacer los requisitos tanto de las aplicaciones multimedia como de datos:
 - Aplicaciones multimedia: garantías de caudal y retardo bajo
 - Aplicaciones de datos: garantías de caudal
- El objetivo de DiffServ es el de emplear **mecanismos simples** que **escalen** a volúmenes de tráfico muy elevados
 - Algunas propuestas anteriores no llegaron a desplegarse a causa de su elevada complejidad
 - Idea: realizar las operaciones más complejas en los nodos de acceso a la red, donde el volumen de tráfico es menor

Problema de escalabilidad

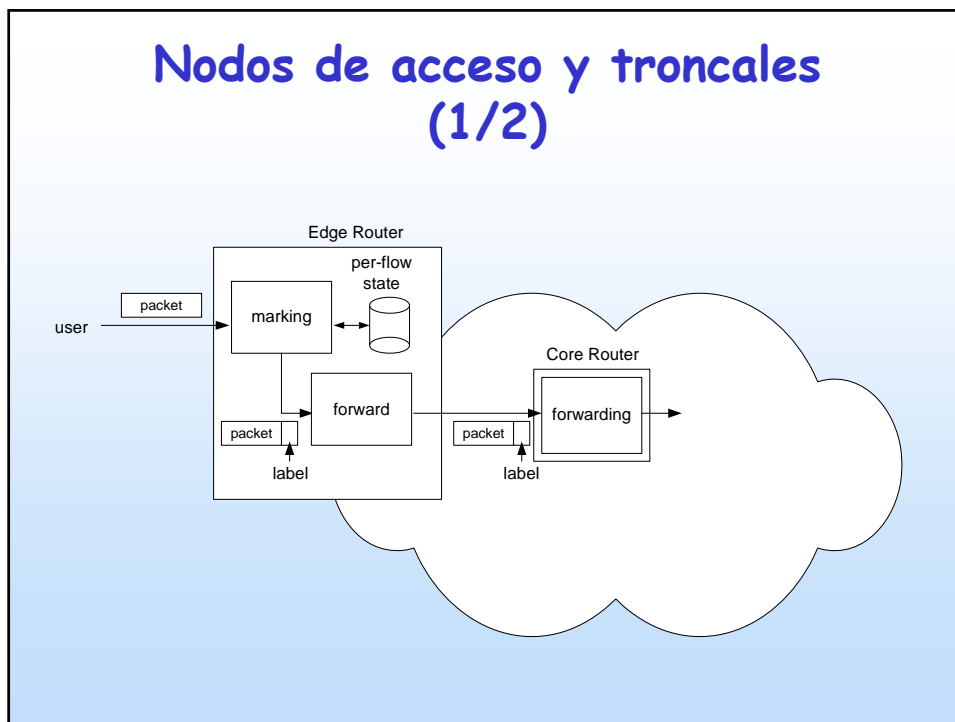


- Los flujos se agrupan en los nodos troncales de la red
 - Volumen de tráfico muy elevado
 - El reenvío de paquetes tiene que ser muy rápido
- La complejidad de los nodos troncales tiene que ser mínima
 - Evitar mantener ningún tipo de estado
 - “Empujar” la complejidad al acceso de la red

Nodos de acceso y troncales (1/2)

- Nodos de acceso:
 - Mantienen estado para cada flujo
 - Etiquetan los paquetes de acuerdo con
 - La tasa de envío de cada usuario
 - El contrato entre el usuario y la red (Service Level Agreement, SLA)
 - La etiqueta del paquete se inserta en la cabecera IP
- Nodos troncales:
 - Proporcionan un **tratamiento diferenciado** a los paquetes de acuerdo con su etiqueta
 - Por lo tanto, los nodos troncales no necesitan guardar ningún tipo de estado para los flujo
 - Únicamente implementan un mecanismo de reenvío simple

Nodos de acceso y troncales (1/2)



Arquitectura Two-bit Differentiated Services

- Es la base de la arquitectura estándar implementada hoy en día
- Incluye tres clases de servicio
 - Premium Service
 - Assured Service
 - Best Effort Service
- Etiqueta empleada
 - Los paquetes incluyen en su cabecera una etiqueta de dos bits
 - Premium bit (P-bit)
 - Assured Service bit (A-bit)

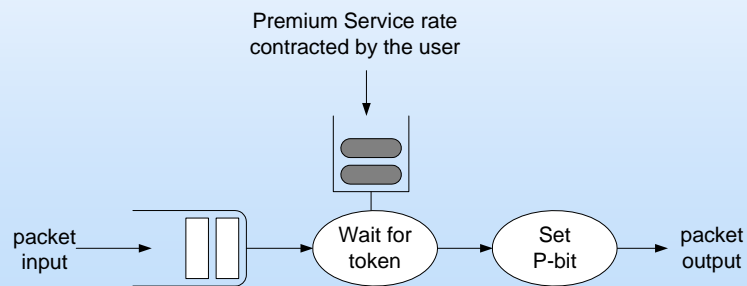
Servicio Premium

Servicio Premium

- Premium Service proporciona a los paquetes un retardo y un jitter muy bajo
- Por lo tanto, es adecuado para el tráfico multimedia
- Un usuario típico de esta clase de servicio podría ser una empresa que esté dispuesta a pagar un precio extra para poder disponer de un servicio de videoconferencia de alta calidad que le permita ahorrar tiempo y coste

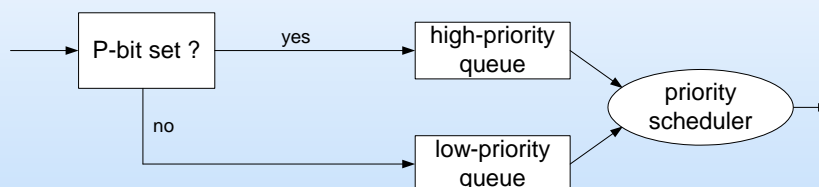
Funcionamiento Servicio Premium (1/3)

- **Etiquetado (Marking):** el router de acceso mantiene el bit P si los paquetes del usuario se ajustan al contrato del usuario. El tráfico se suaviza para evitar que se puedan inyectar ráfagas de paquetes en la red
- **Leaky bucket:**



Funcionamiento Servicio Premium (2/3)

- **Reenvío (Forwarding):** Los router troncales envían primero los paquetes Premium, y los otros después.



Funcionamiento Servicio Premium (3/3)

- Mediante control de admisión, la cantidad de tráfico Premium Service se puede limitar de tal forma que no sature ningún enlace
- Mediante los leaky buckets, el tráfico entrante puede suavizarse de tal forma que se eviten las ráfagas
- De esta forma, podemos limitar el tráfico que llega a un nodo y evitar que se produzcan ráfagas, de modo que los paquetes que llegan al nodo se encuentren la cola correspondiente prácticamente vacía
- Los paquetes premium se reenvían antes de los paquetes de las demás clases
- Como resultado, el retardo y jitter experimentado por los paquetes premium será muy pequeño

Servicios Assured y Best Effort

Servicio Assured ("Asegurado")

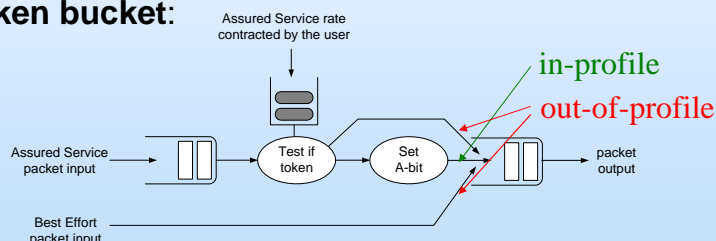
- El servicio assured no proporciona garantías de retado, pero sí que proporciona garantías de caudal
- Por lo tanto, esta clase de servicio es adecuada para aplicaciones de datos
- Un usuario típico de este servicio podría ser una empresa cuyo negocio se basa en el web y desea pagar un precio extra para asegurar que sus clientes reciben un servicio de alta calidad al acceder a su web

Servicio Best Effort

- El servicio Best Effort no proporciona ningún tipo de garantías, ni de retardo ni de caudal
- Es adecuado para aquellos usuarios que únicamente necesitan conectividad

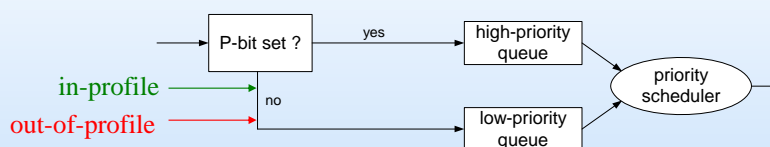
Funcionamiento Servicios Assured y Best Effort (1/2)

- **Etiquetado (Marking):** Los paquetes se etiquetan como *in-profile* si corresponden a un usuario que ha contratado un cierto caudal de Assured Service y su tasa de envío no supera el caudal contratado, y se etiquetan como *out-of-profile* en otro caso
- **Token bucket:**



Funcionamiento Servicios Assured y Best Effort (2/2)

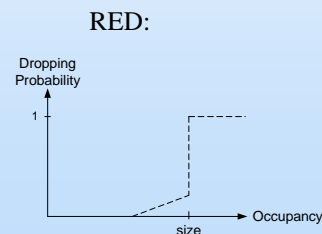
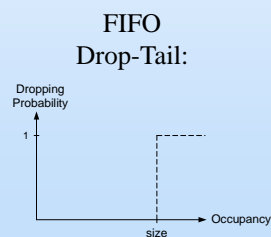
- **Reenvío (Forwarding):**
 - Todos los paquetes, *in-profile* y *out-of-profile*, se insertan en la misma cola: la de baja prioridad



- La cola de baja prioridad se gestiona de tal forma que en caso de congestión, únicamente se descartan paquetes *out-of-profile*, mientras que la probabilidad de que se descarte un paquete *in-profile* siempre que el control de admisión sea tal que los paquetes *in-profile* solos no congestionen la red

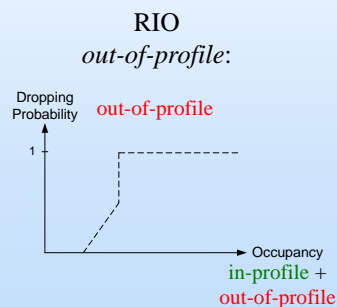
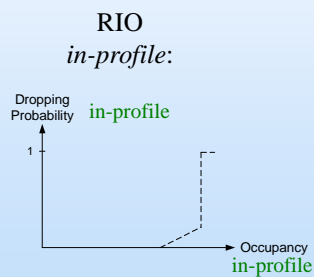
Disciplina de encolamiento RIO para los servicios Assured y Best Effort (1/2)

- Objetivo
 - En caso de congestión se descartan los paquetes *out-of-profile* pero no los *in-profile*
- Disciplina de encolamiento: RIO.
 - RIO: RED with In/Out bit
 - RED: Random Early Detection



Disciplina de encolamiento RIO para los servicios Assured y Best Effort (2/2)

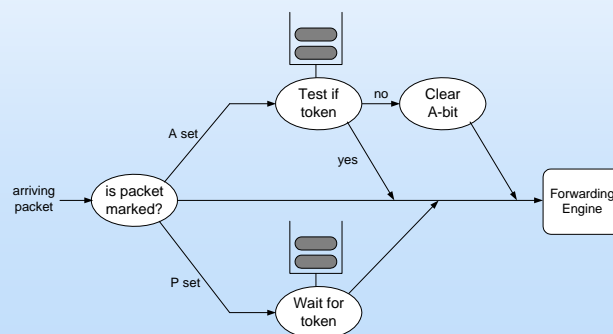
- RIO emplea dos disciplinas RED, una para los paquetes *in-profile* y la otra para los paquetes *out-of-profile*. Estos disciplinas se configuran de tal forma que los paquetes *out-of-profile* se descartan antes que los *in-profile*



La arquitectura completa

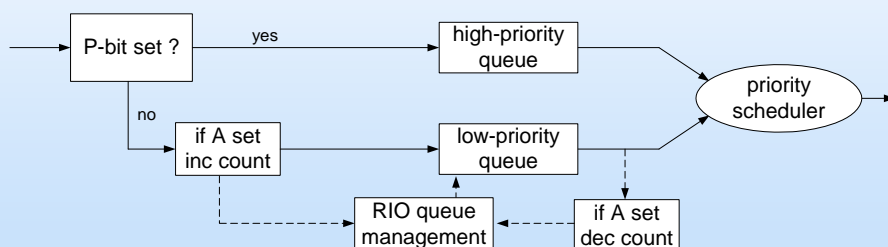
Etiquetado ("Marking")

- La combinación de los algoritmos de marcado vistos para los servicios Premium, Assured y Best Effort resulta en el siguiente algoritmo de "marking", que se ejecuta en los router de acceso:



Reenvío ("Forwarding")

- La combinación de los algoritmos de reenvío vistos para los servicios Premium, Assured y Best Effort resulta en el siguiente algoritmo:

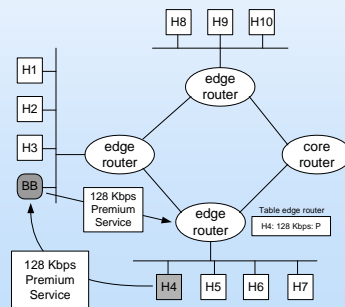


Control de admisión

- Hemos visto que el control de admisión es necesario para:
 - Asegurar que el tráfico Premium no llene las colas en los nodos troncales
 - Asegurar que, una vez descartados los paquetes *out-of-profile*, los paquetes *in-profile* no congestionen la red
- Esto se consigue mediante un Bandwidth Broker (BB):
 - El BB está informado de todos los contratos de servicio de Premium y Assured Service en la red
 - En base a dicha información, decide si una nueva solicitud de servicio se puede admitir o no

Bandwidth Broker

- Un usuario solicita al BB un cierta cantidad de caudal para un servicio Premium o Assured
- El BB comprueba si dicha solicitud se puede admitir
- En caso afirmativo, el BB configura el router de acceso correspondiente



Conclusiones

- Un router de acceso mantiene un cierto estado para cada uno de los flujos que lo atraviesa (contrato, tasa de envío, etc.)
 - Ello es viable dado que el número de flujos que atraviesan un router de acceso es pequeño
- Los routers troncales no necesitan mantener ningún tipo de estado por cada flujo ('per-flow state')
- Principales retos:
 - Diseñar los algoritmos de control de admisión implementado por el Bandwidth Broker
 - Configurar los parámetros de los nodos de acceso (token y leaky bucket)
 - Configurar las colas en los nodos troncales (tamaño de la cola, umbrales de la colas RIO)