

upna

Universidad Pública de Navarra  
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

Tecnologías Avanzadas de Red  
*Área de Ingeniería Telemática*

# Clasificación y Scheduling

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

Grado en Ingeniería en Tecnologías de  
Telecomunicación, 3º

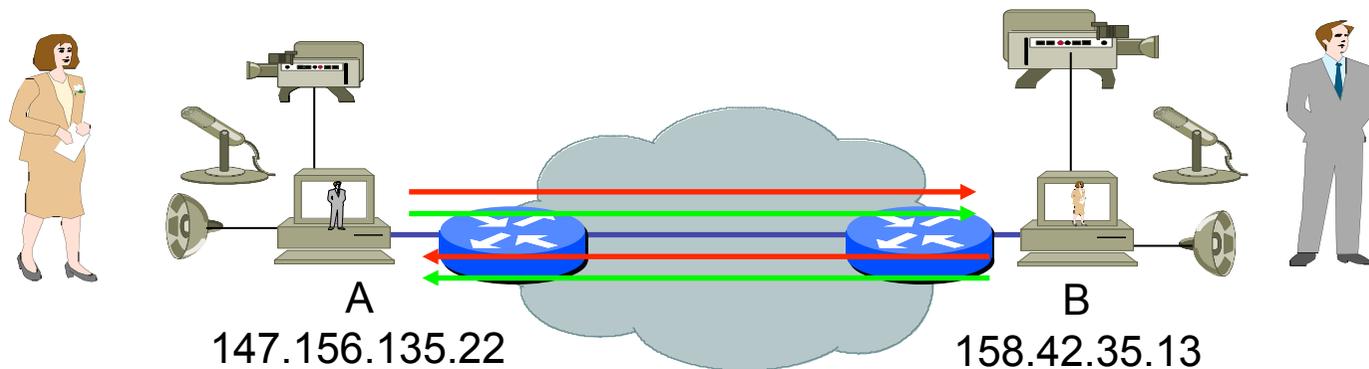


# Clasificación y mercado



# 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.

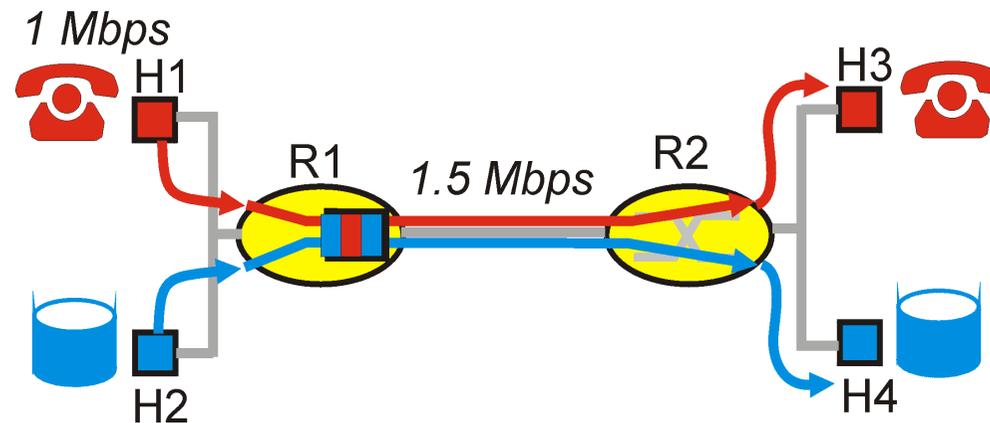


- Flujo vídeo A->B: 147.156.135.22:2056 -> 158.42.35.13:4065
- Flujo audio A->B: 147.156.135.22:3567 -> 158.42.35.13:2843
- ← Flujo vídeo B->A: 158.42.35.13:1734 -> 147.156.135.22:6846
- ← Flujo vídeo B->A: 158.42.35.13:2492 -> 147.156.135.22:5387

# 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)

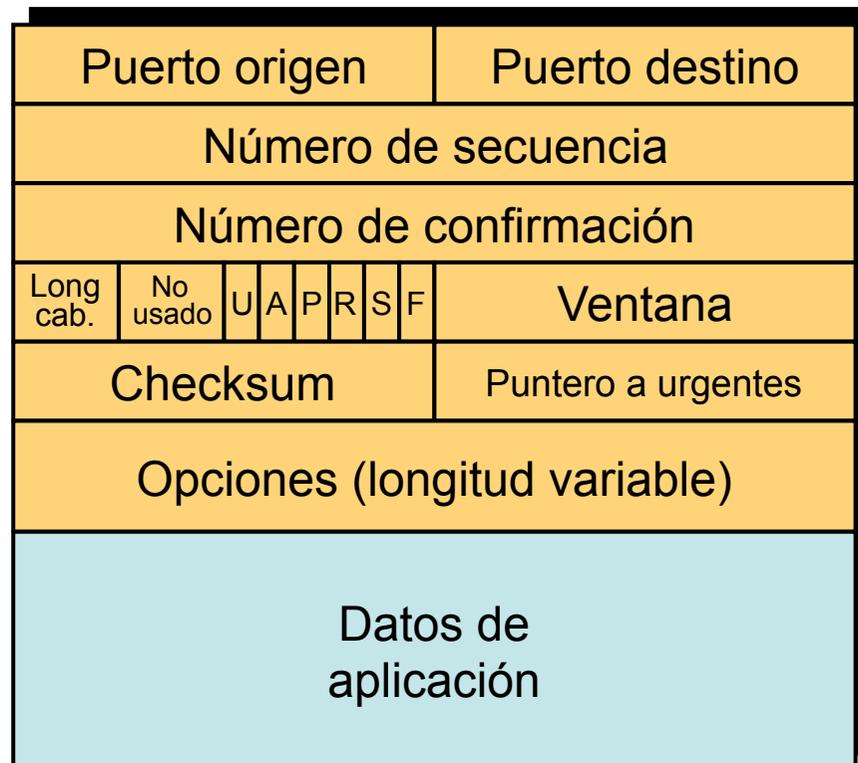
# Identificación/clasificación de flujos

- 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]					

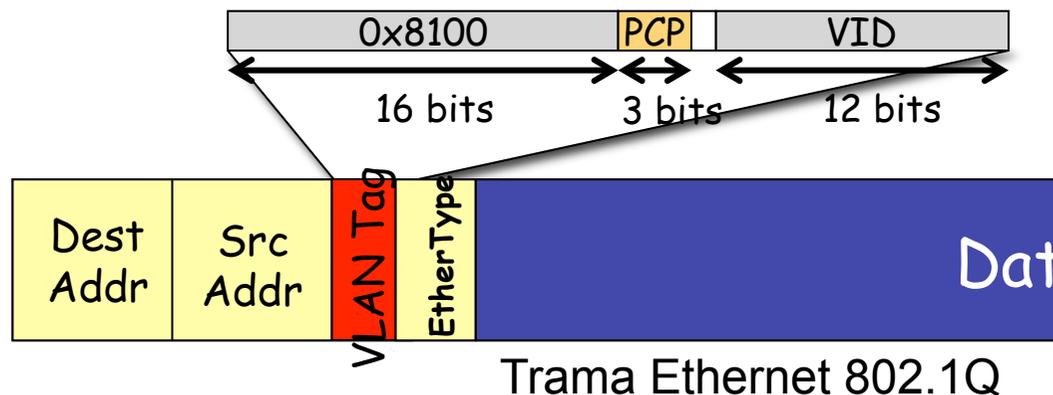
# Identificación/clasificación de flujos

- 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

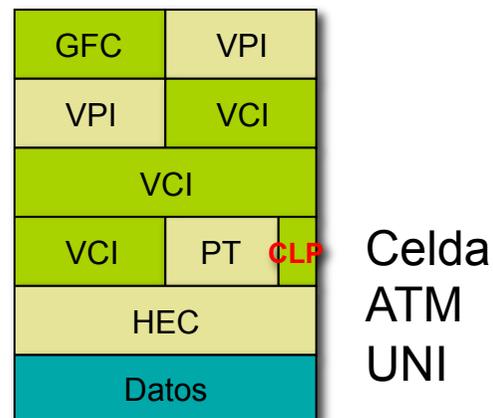
- En IPv4 (layer 3) la clasificación se suele hacer por:
  - Dirección IP de origen, dirección IP de destino
  - Protocolo de transporte utilizado (TCP o UDP)
- Puede incluir parámetros de nivel de transporte (puertos)
- Fragmentos IP pierden cabecera nivel 4 y se vuelven best effort
- O información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

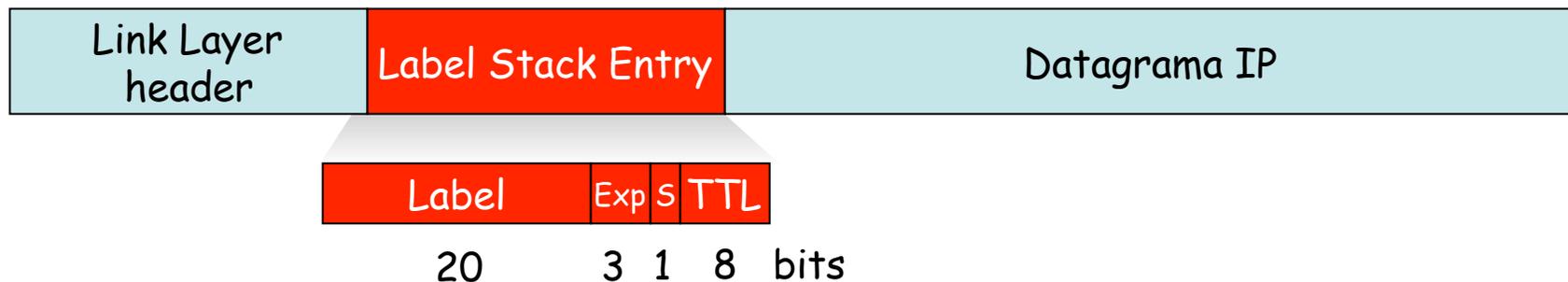
# Identificación/clasificación de flujos

- 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
```



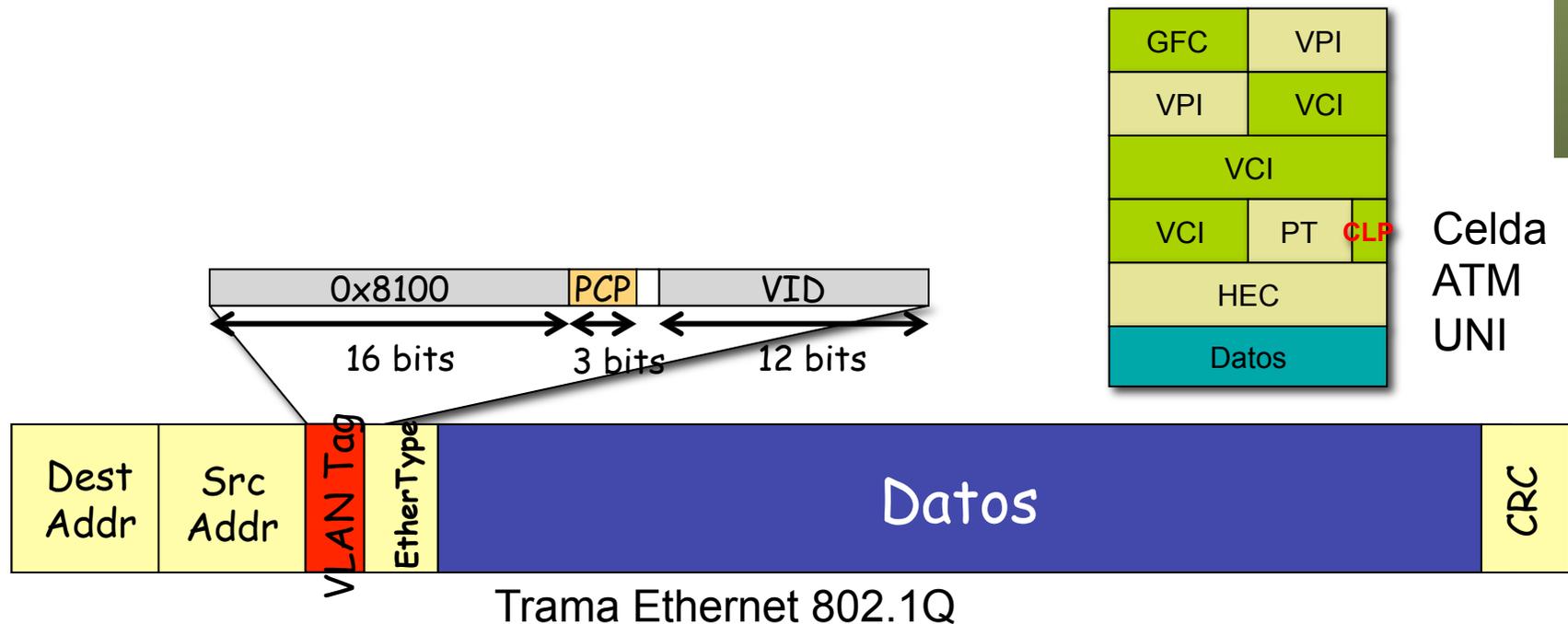
# Marcado / Coloreado

- 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]					

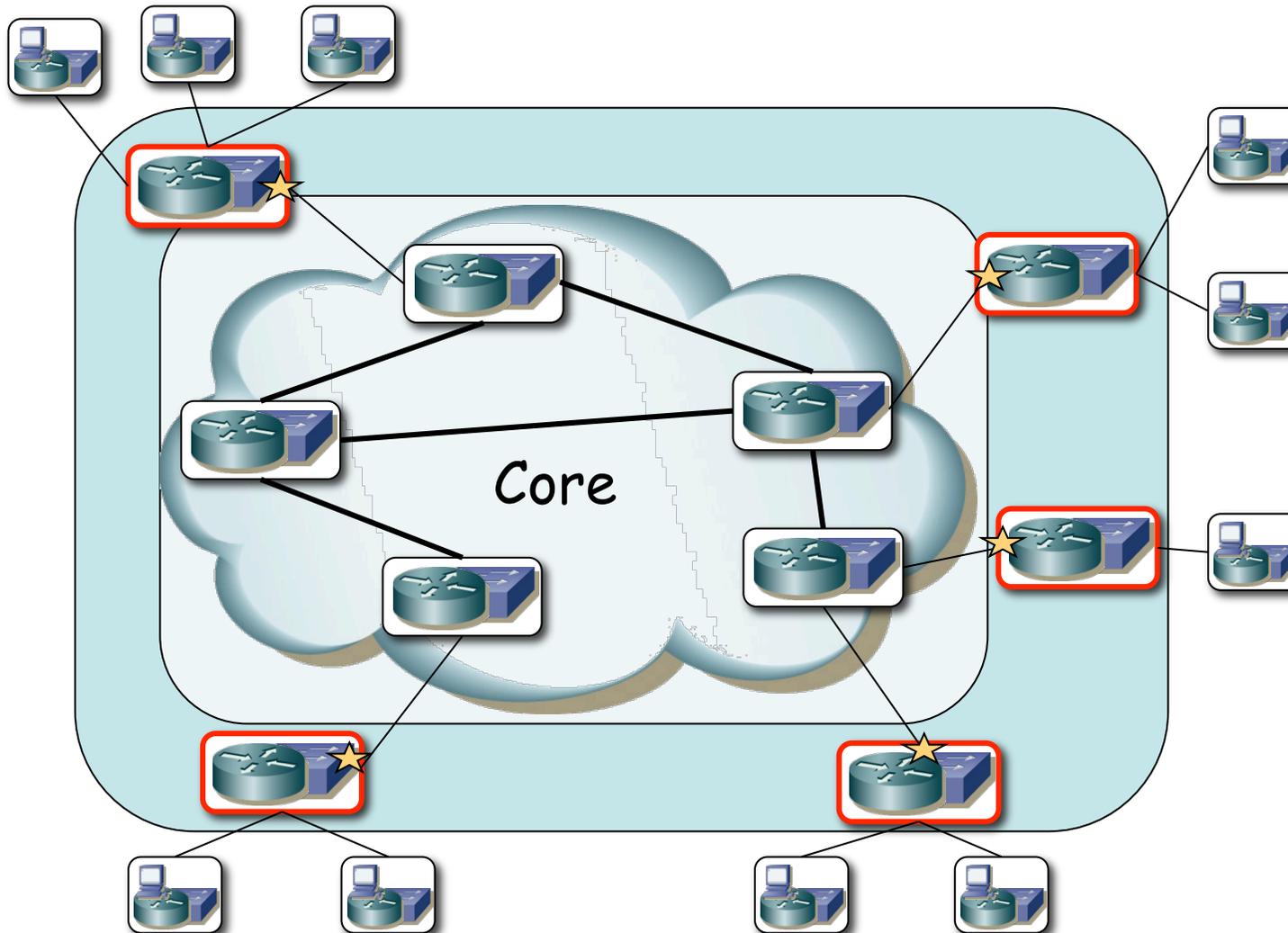
# Marcado / Coloreado

- 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)



upna

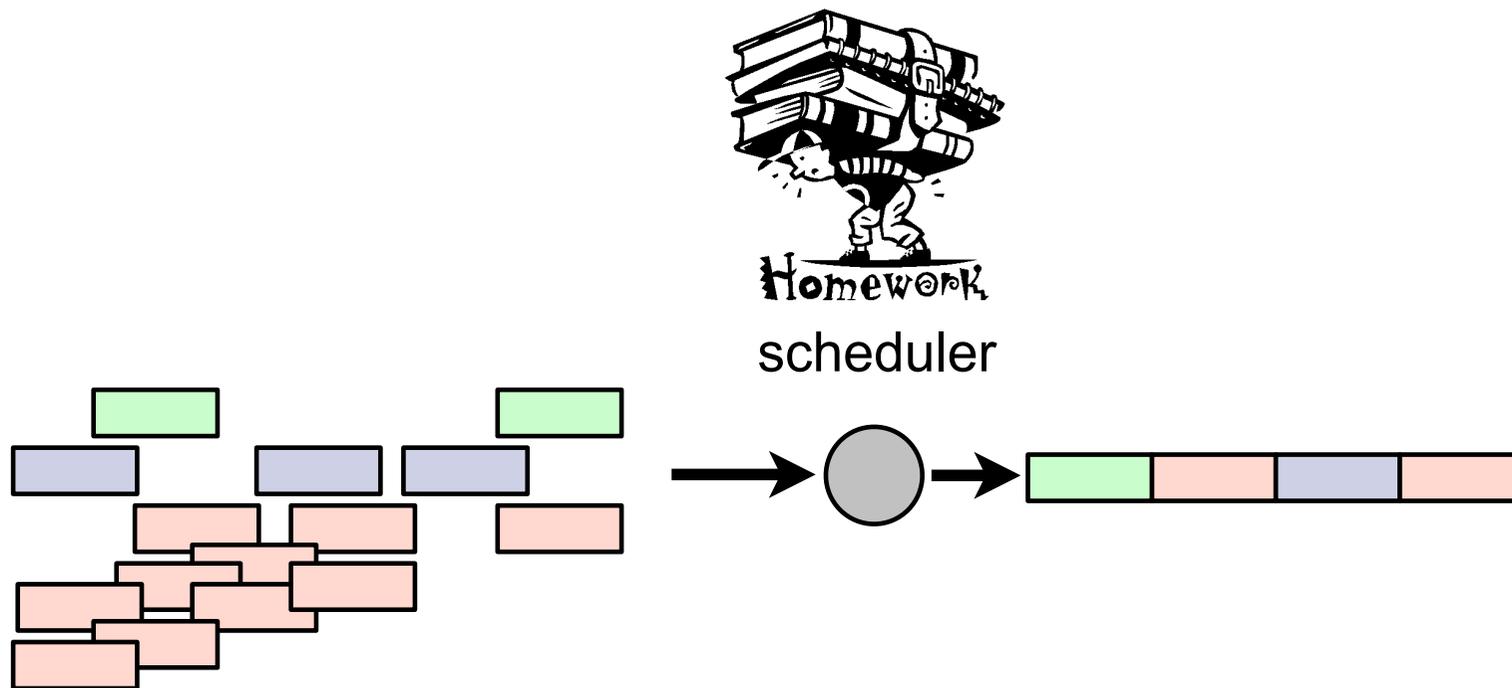
Universidad Pública de Navarra  
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

Tecnologías Avanzadas de Red  
*Área de Ingeniería Telemática*

# *Scheduling: FCFS*

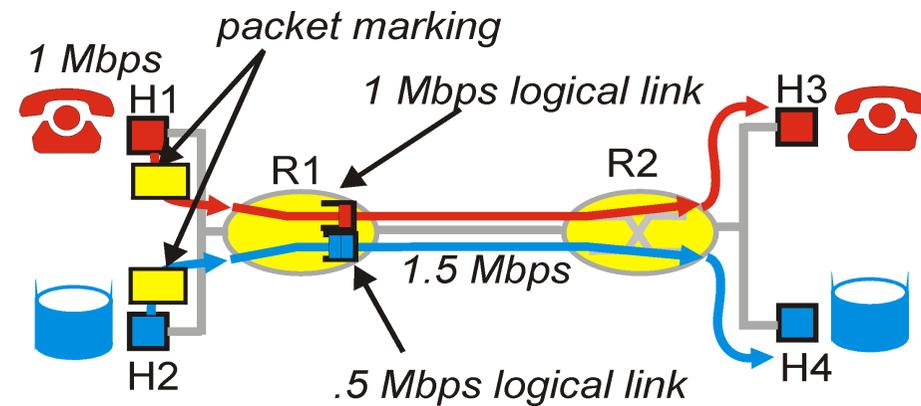
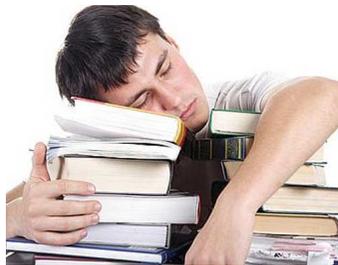
# Scheduling

- Permite compartir recursos
- Emplea una disciplina de planificación para decidir la siguiente petición a atender
- Puede tener lugar en diferentes niveles de una pila de protocolos
- Por ejemplo en el nivel de aplicación sería necesario para decidir la siguiente petición a un servidor que atender
- (...)

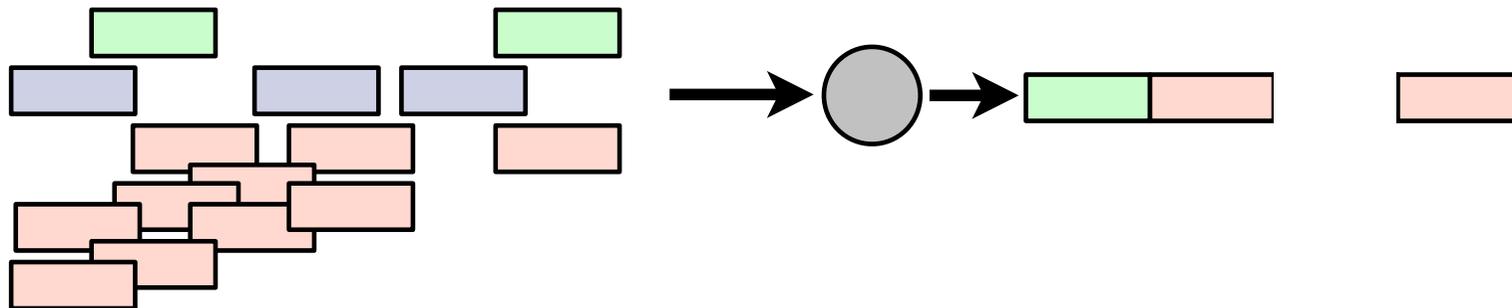


# Scheduling

- Nos centraremos en compartir la capacidad de un enlace
- Y en planificadores **conservativos en trabajo** (*work conserving*): están inactivos solo si la cola está vacía



scheduler





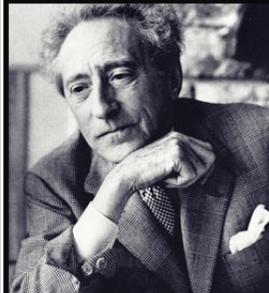
# FCFS (FIFO)

## Problemas

- Limitado por la capacidad del buffer ante congestión (normalmente en número de paquetes)



- No permite diferenciar entre distintos tipos de paquete
- Se logra asignación proporcional a la demanda
- Una fuente *greedy* puede capturar el enlace



Un egoísta es aquel que se empeña en hablarte de sí mismo cuando tú te estas muriendo de ganas de hablarle de ti.

(Jean Cocteau)

upna

Universidad Pública de Navarra  
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

Tecnologías Avanzadas de Red  
*Área de Ingeniería Telemática*



# *The conservation law*



# The Conservation Law

- La disciplina FCFS no distingue entre diferentes flujos
- FCFS por ejemplo no permite menor retardo a paquetes de un flujo

## **Conservation Law**

- Nos dice que una disciplina de planificación solo puede mejorar el retardo medio de un flujo frente a FCFS a costa de empeorar el de otro flujo
- (...)



# The Conservation Law

## Ejemplo

- Sea un conjunto de  $N$  flujos en un planificador
- Para el flujo  $i$  la tasa media de llegadas por unidad de tiempo es  $\lambda_i$
- El tiempo medio de servicio de los paquetes del flujo  $i$  es  $x_i$
- La utilización media del enlace debido al flujo  $i$  es  $\rho_i = \lambda_i x_i$
- El tiempo medio de espera en cola de los paquetes del flujo  $i$  es  $q_i$
- Si el planificador es conservativo en trabajo (*work-conserving*) entonces

$$\sum_{i=1}^N \rho_i q_i = \text{Constante}$$

- Es independiente del planificador en concreto



# The Conservation Law

- Un STM-1
- Dos PVCs ATM
  - A. Tasa de llegadas de 10Mbps
  - B. Tasa de llegadas de 25Mbps
- Con FCFS ambos sufren un retardo medio en cola de 0.5 ms
- Con un planificador diferente los paquetes del flujo A sufren un retardo medio en cola de 0.1 ms
- ¿Cuál es el retardo medio en cola que sufren los paquetes del flujo B?
- (...)

$$\sum_{i=1}^N \rho_i q_i = \text{Constante}$$

# The Conservation Law

- Es decir: para reducir el retardo medio de una clase debemos aumentar el de otra(s)

$$\sum_{i=1}^N \rho_i q_i = \text{Constante}$$

upna

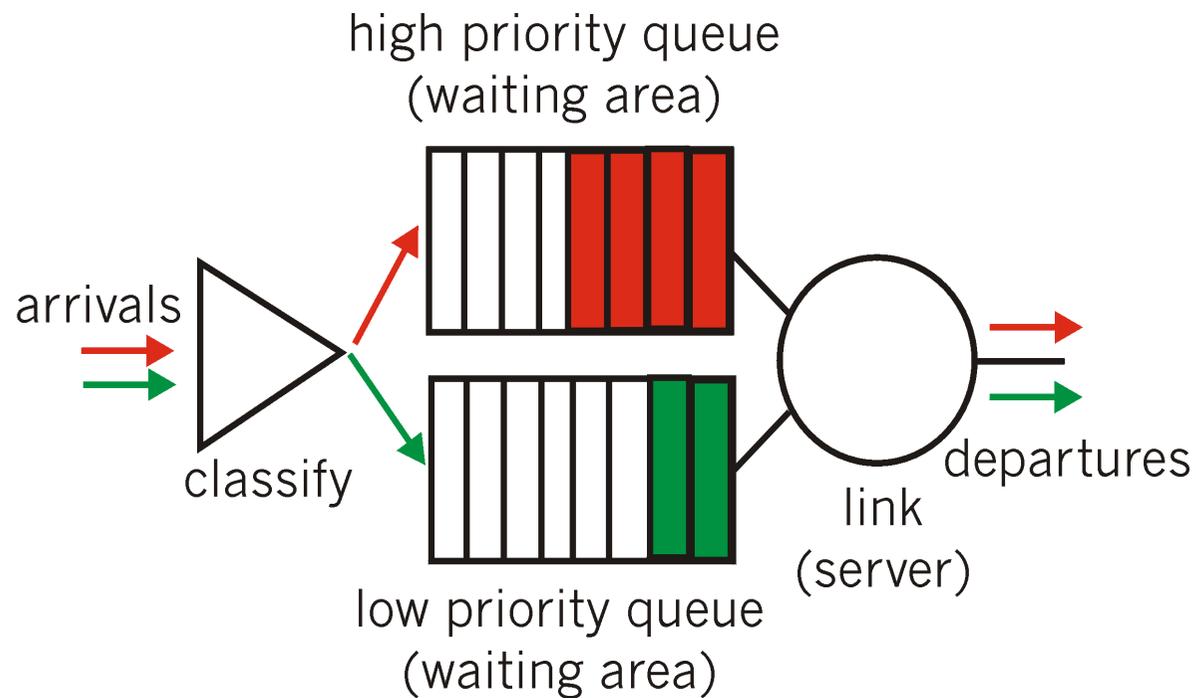
Universidad Pública de Navarra  
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

**Tecnologías Avanzadas de Red**  
*Área de Ingeniería Telemática*

# Priority Queueing

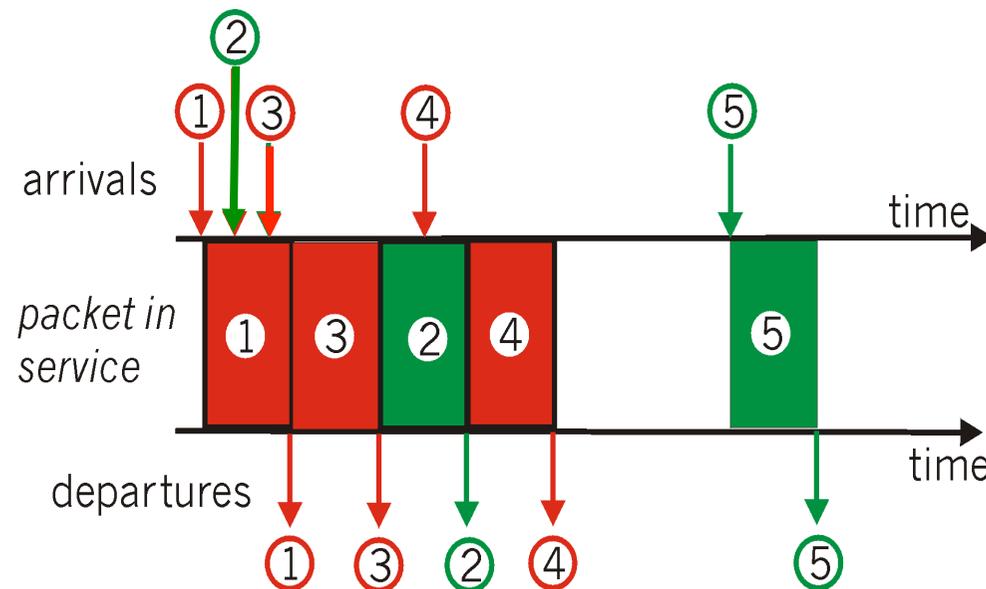
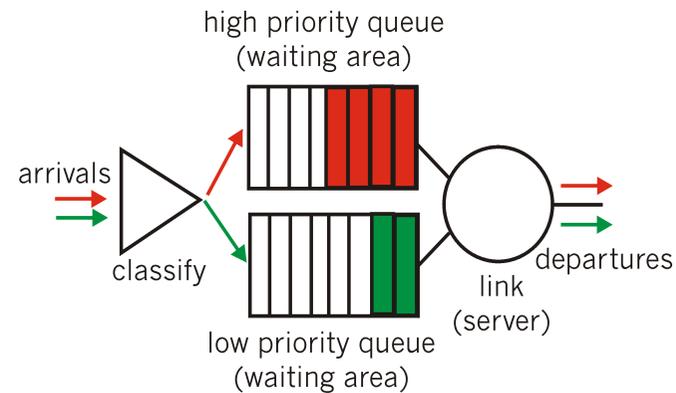
# Priority Queueing (PQ)

- Paquetes en cola de mayor prioridad se envían siempre antes que paquetes en colas de menor prioridad
- En cada cola FCFS



# Priority Queueing (PQ)

- Paquetes en cola de mayor prioridad se envían siempre antes que paquetes en colas de menor prioridad
- En cada cola FCFS



# Priority Queueing (PQ)

- Asegura que el tráfico importante reciba un servicio rápido
- Puede crear inanición (*starvation*), es decir, dejar fuera de servicio a tráfico menos prioritario
- Menor retardo en cola medio para un flujo a costa de mayor para otros
- *Multilevel priority with exhaustive service*: Los paquetes en una cola de menor prioridad no se envían hasta que todas las colas de mayor prioridad están vacías



# Priority Queueing

- El número de niveles de prioridad depende del número de clases de retardo a crear
- Son típicas al menos 3:
  - Prioridad alta: mensajes urgentes, por ejemplo protocolos de control de red
  - Prioridad media: servicio garantizado
  - Prioridad baja: best-effort
- Otra posibilidad:
  - Prioridad alta: voz
  - Prioridad media: vídeo
  - Prioridad baja: resto de datos
- Es vital un correcto control de admisión y policing para todo lo que no sea la clase más baja
- El reparto del BW entre las clases no es max-min fair
- Sencillo de implementar

