

Streaming

- Introducción -

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

Programa de Tecnologías para la gestión distribuida
de la información

Contenido

- Introducción: ¿Streaming?
- Características del vídeo y audio
- Arquitectura del servicio
- Necesidades:
 - En el servidor
 - En la red



Multimedia

¿A qué llamamos *Streaming*?



Multimedia Networking Applications

Características principales:

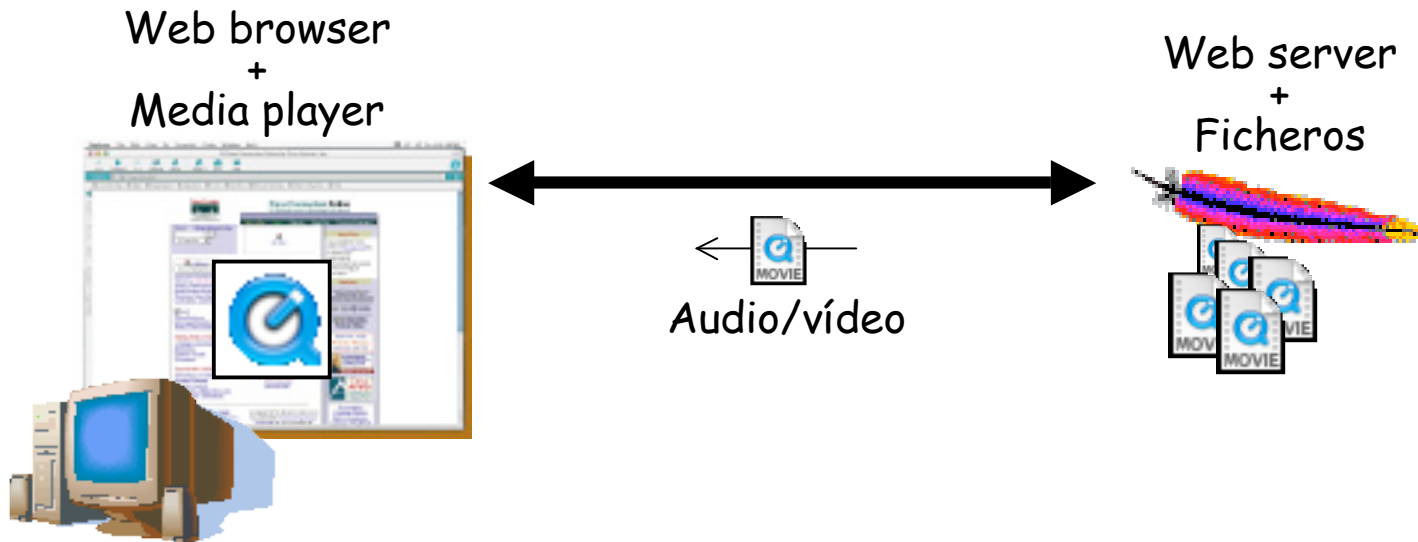
- Sensibles al retardo
 - end-to-end delay
 - delay jitter
- Toleran pérdidas: si son infrecuentes solo causan pequeños *glitches*
- Requisitos diferentes de la transferencia de datos (ficheros)

Clase de aplicaciones multimedia

- “Streaming” de audio o vídeo grabado
- Streaming de audio o vídeo en vivo
- Audio o vídeo interactivo

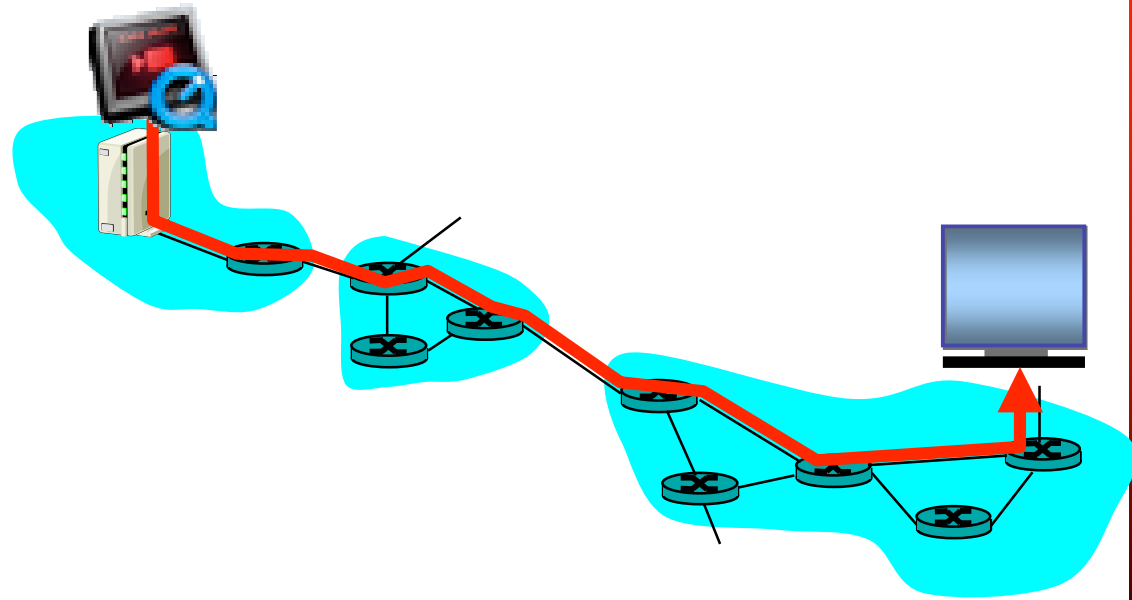
Jitter es la variabilidad de los retardos dentro del mismo flujo de paquetes

Download+play vs “Streaming”



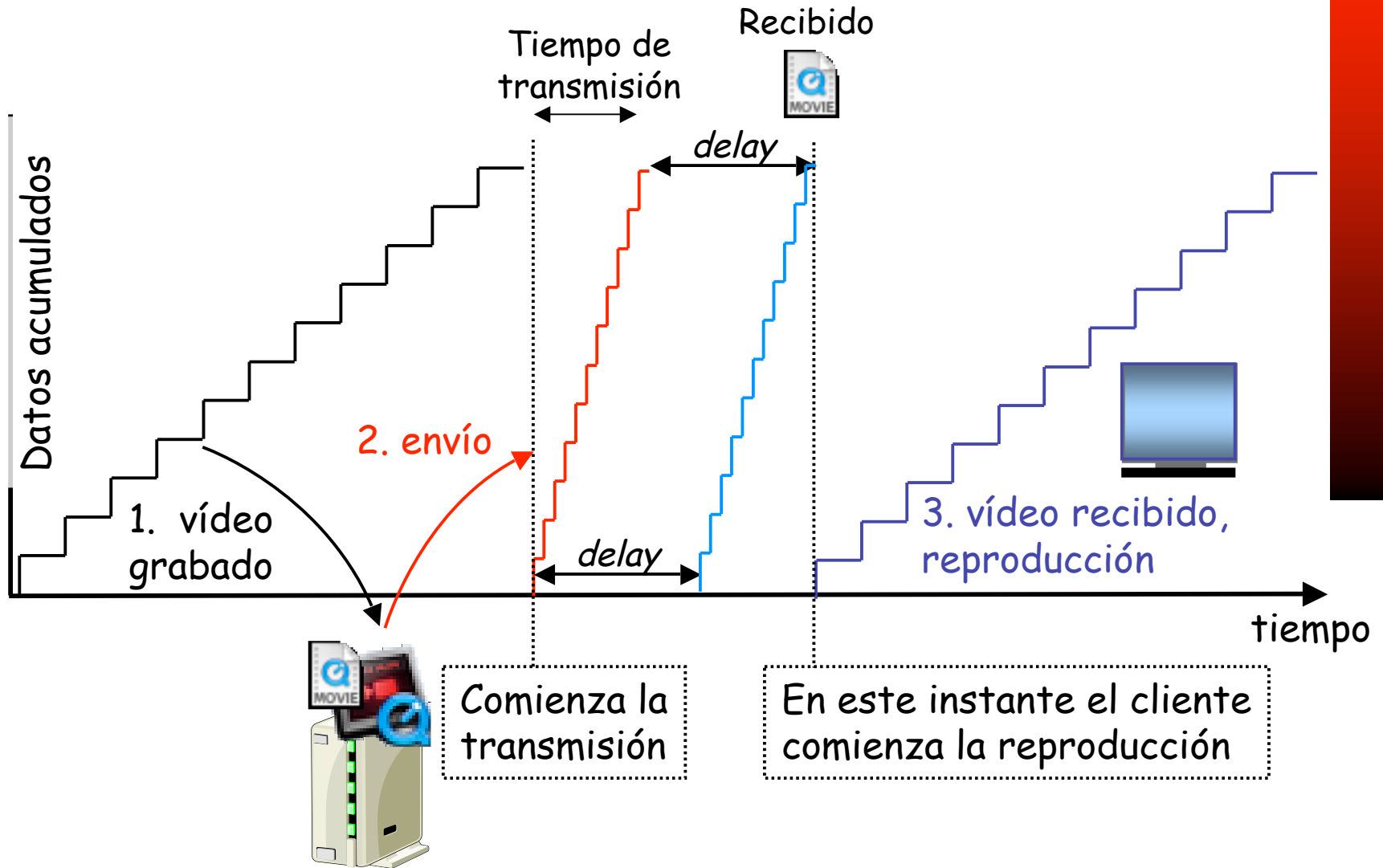
- Ficheros de audio o vídeo almacenados en servidor
- Ficheros transferidos como objetos HTTP
 1. Download+play
 - Recibidos completamente por el cliente
 - Pasados al reproductor
 - No hay “streaming”. Gran espera hasta empezar
 2. “Streaming”
 - Pasados al reproductor a medida que los recibe
 - Calcula cuándo empezar dada la velocidad a la que recibe
 - “Streaming” pero recibe a la máxima velocidad (transferencia HTTP)

“Streaming” de multimedia en disco

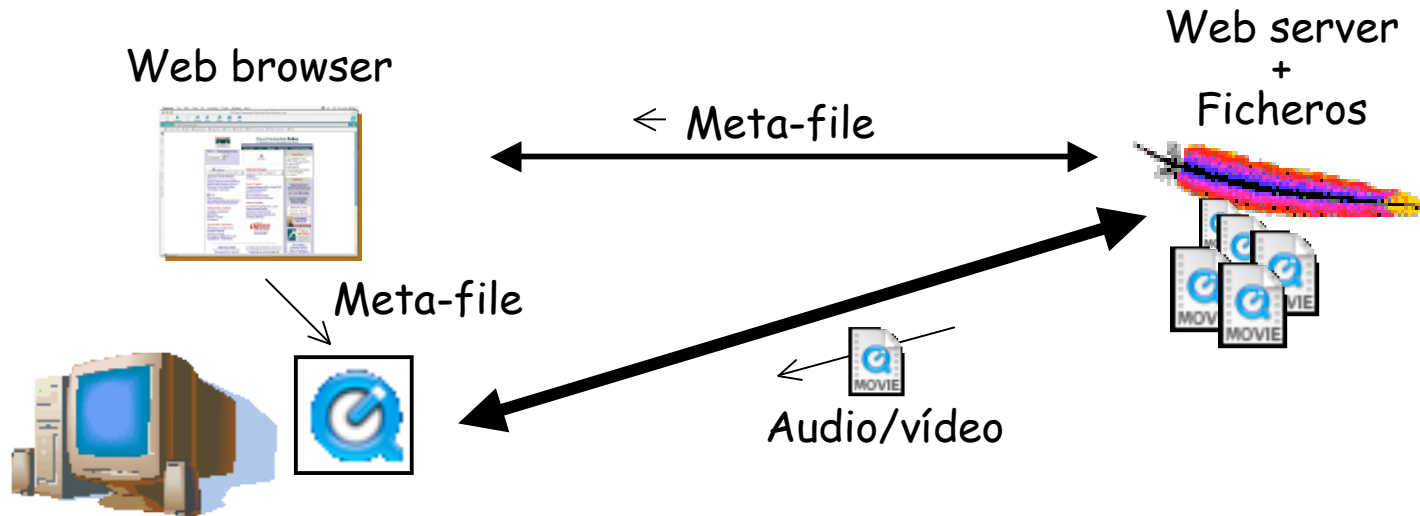


- “Streaming”
 - El cliente comienza la reproducción antes de recibir todos los datos
 - Es más bien un “play-as-you-get”
 - Requisitos temporales para los datos aún por recibir
- Streaming
 - La velocidad de transmisión es aproximadamente la de consumir los datos

Download+play

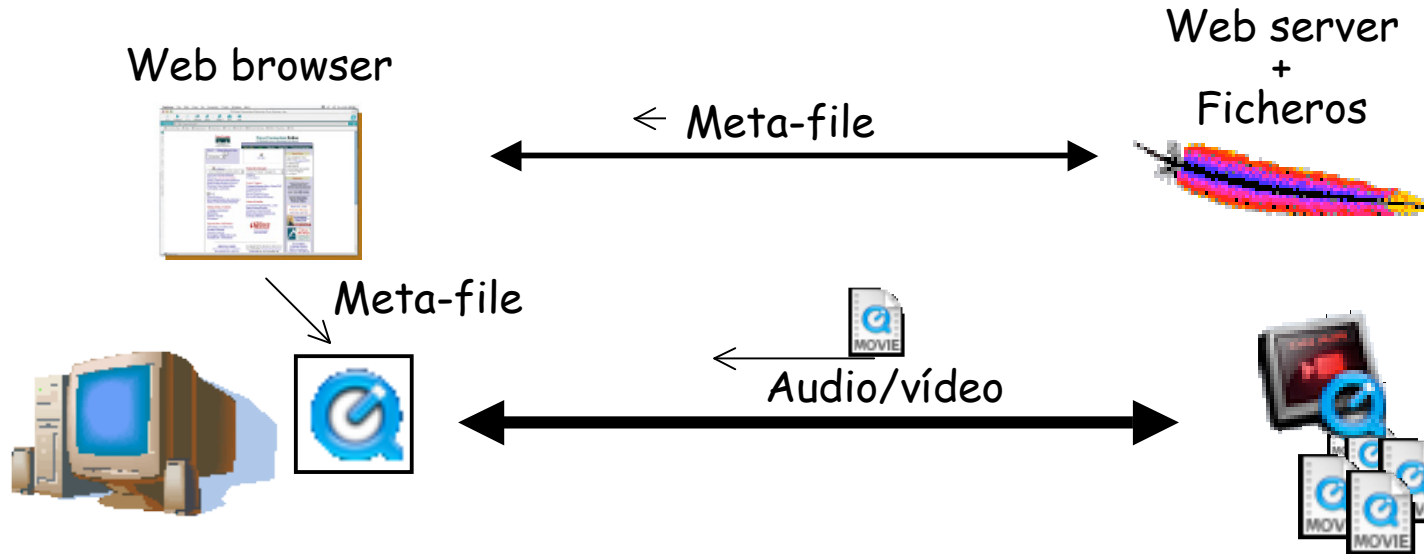


Play-as-you-get



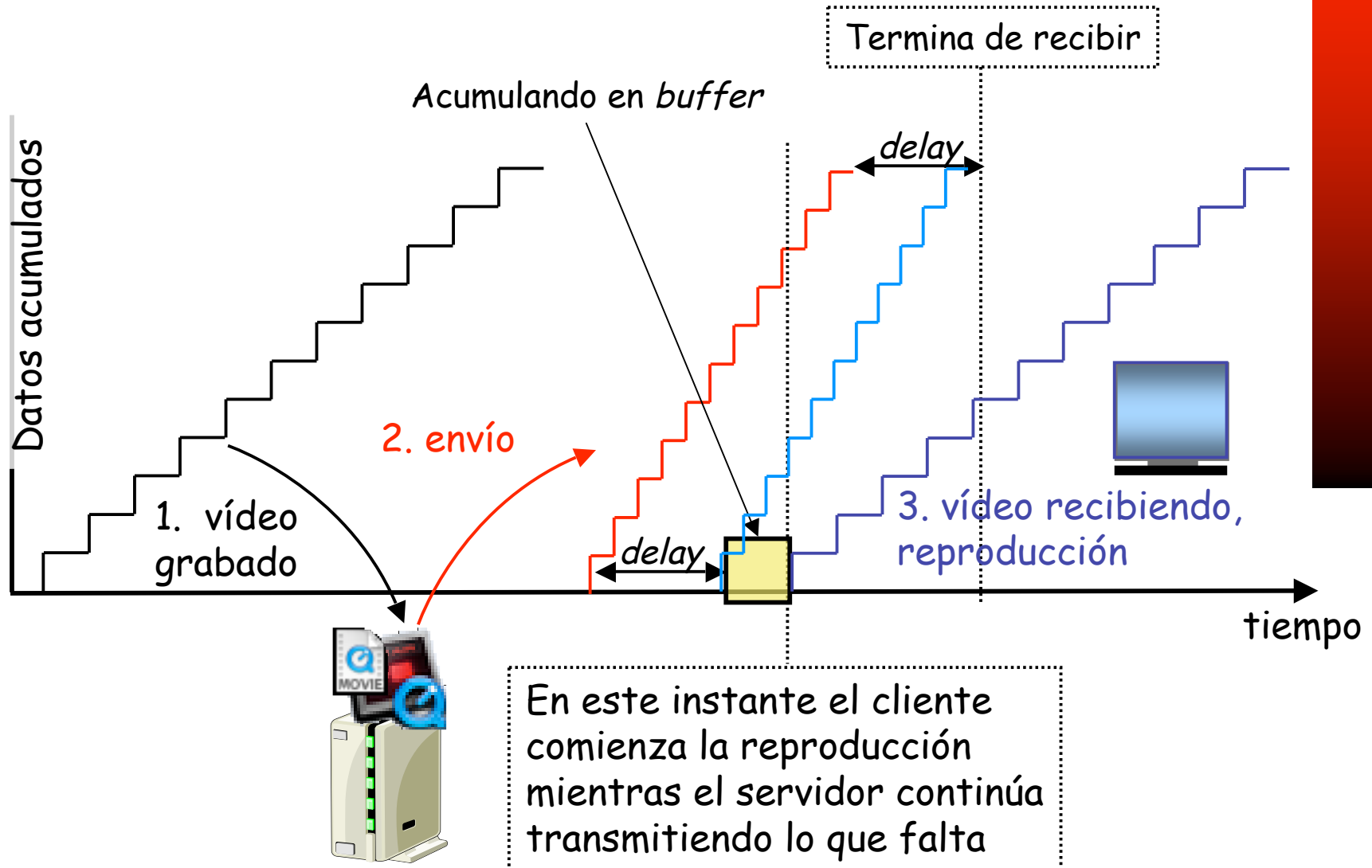
- Ficheros de audio o vídeo
- El navegador obtiene un *meta-file* que describe cómo conseguir la película
- Le pasa ese *meta-file* al reproductor
- El reproductor contacta con el servidor y solicita el fichero
- El servidor se lo envía (HTTP)

Play-as-you-get

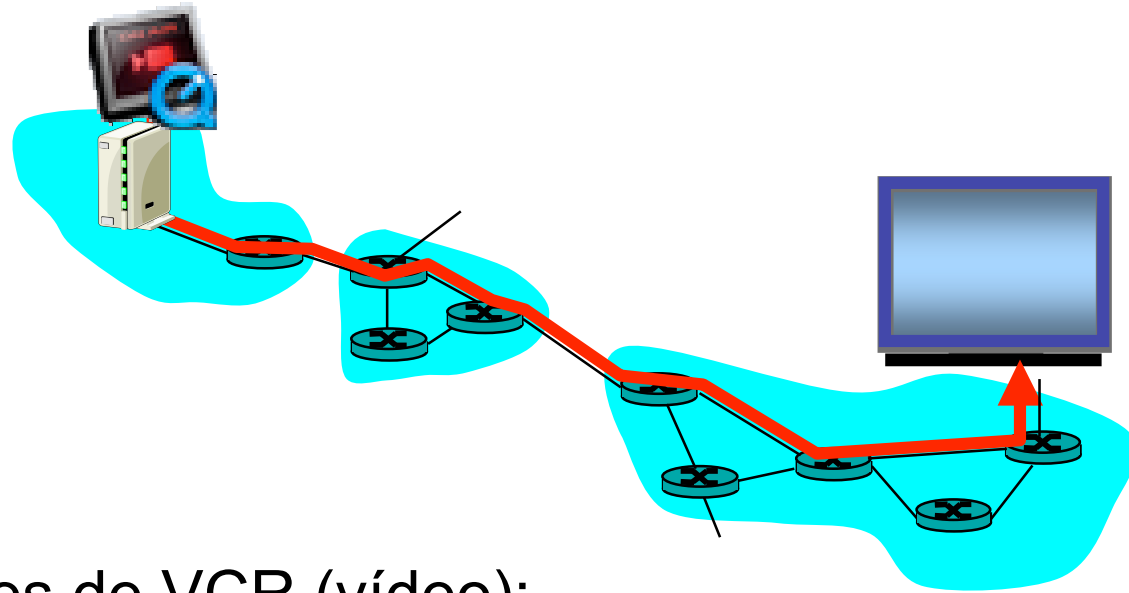


- Permite que se emplee un protocolo diferente de HTTP
- Permite emplear UDP en vez de TCP

Play-as-you-get

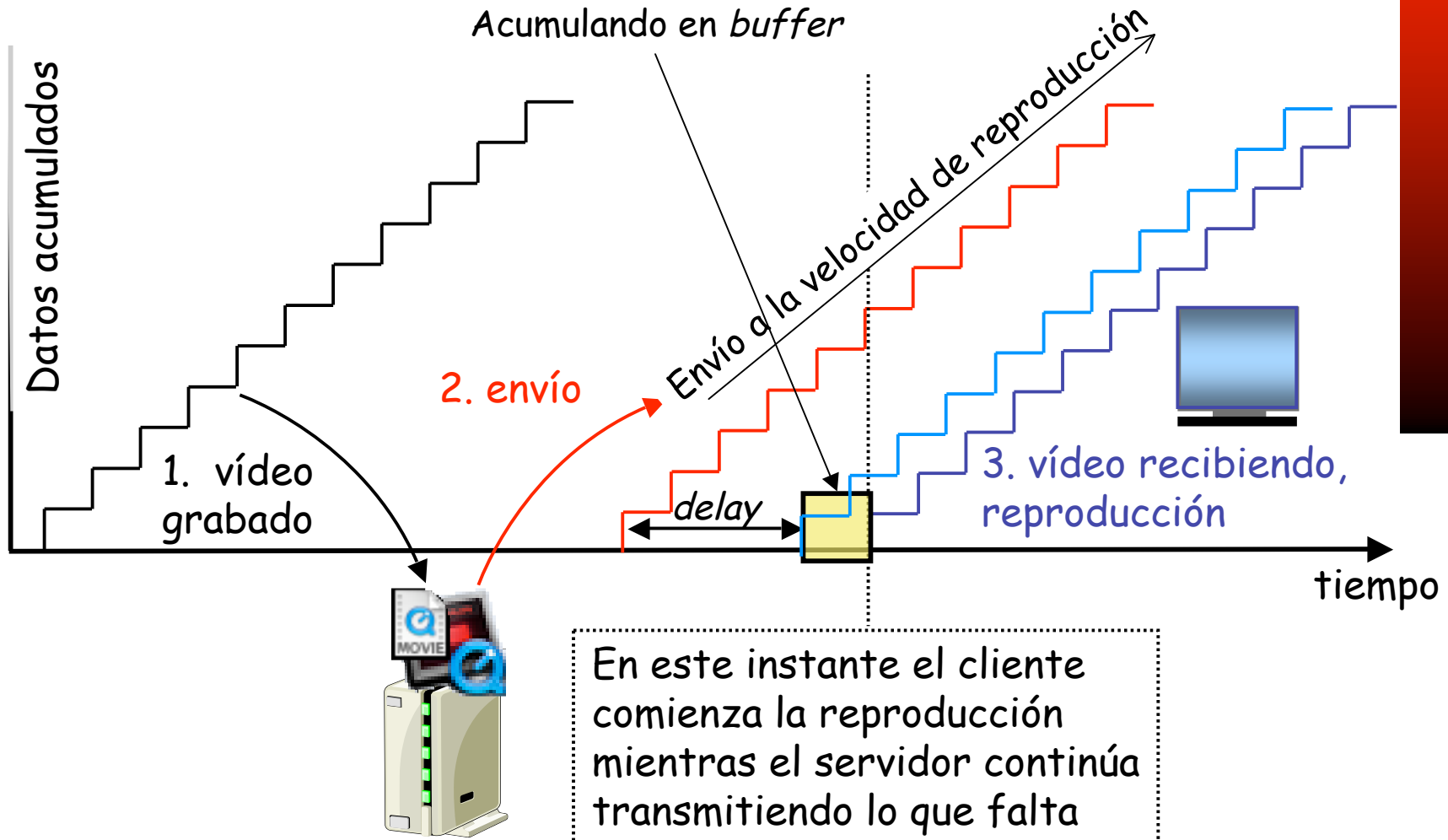


“Streaming” de multimedia en disco: Interactividad

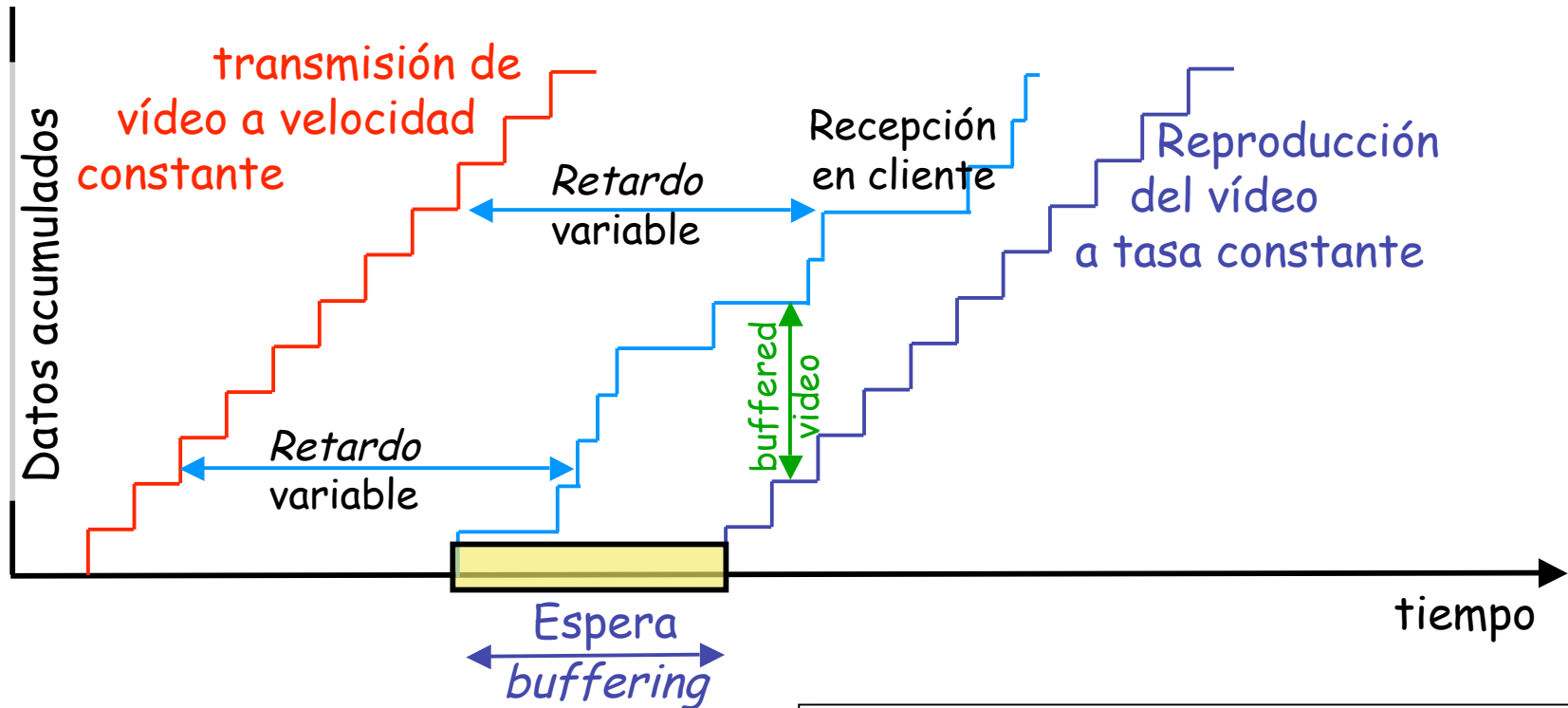


- Funcionalidades de VCR (vídeo):
 - Pausa, rebobinar, avance rápido, etc.
 - Retardo de comienzo 10 segs OK
 - Retardo ante un comando 1-2 seg OK
 - Protocolos para estos comandos (RTSP)

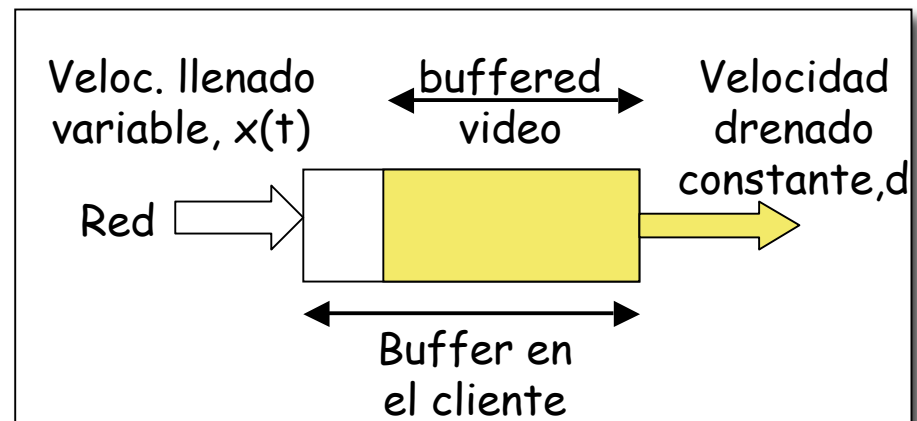
Streaming



Streaming: Client Buffering

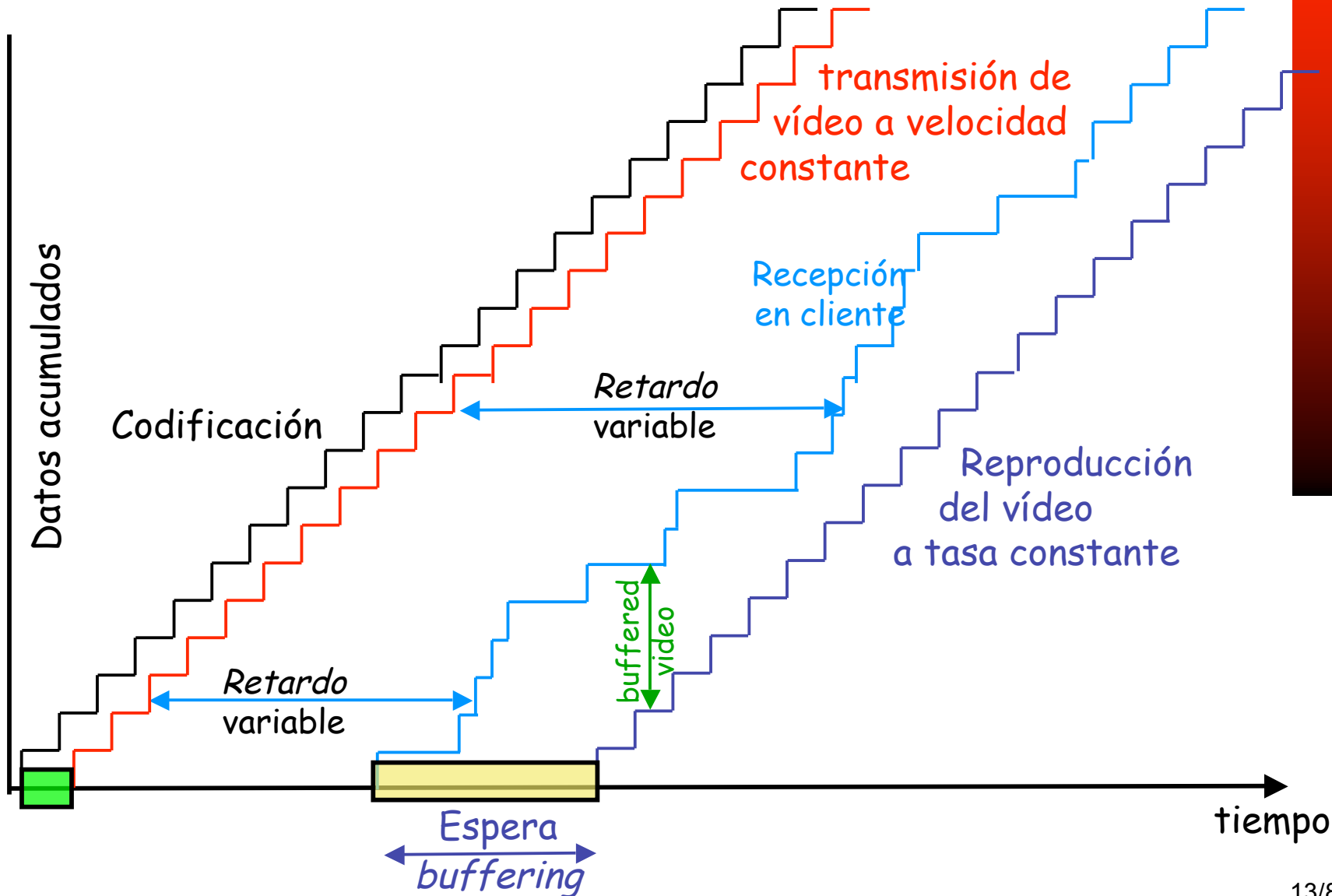


- El cliente acumula parte del vídeo en buffer antes de comenzar
- Permite absorber variaciones en el retardo en la red (*jitter*)
- Si el buffer se vacía el reproductor se detiene



Live Streaming

- Avance rápido imposible



Vídeo

Características

Audio

- CD: 1.411 Mbps
- MPEG-1 Part 3 Layer 3 (MP3): 96, 128, 160 kbps
- Internet telephony: 5.3-13 kbps

Vídeo (+audio):

- MPEG 1
 - Entornos libres de errores (CD-ROM, VCD)
 - 1.2 Mbps el vídeo, 256 Kbps el audio
 - Busca la mejor calidad dado un bitrate
 - Permite acceso aleatorio a un frame
- MPEG2
 - Broadcast TV
 - DVD
 - 2-15 Mbps (vídeo+audio)

ITU-T H.26x

- ITU-T H.261 “Video codec for audiovisual services at px64 kbits”
 - CIF (352x288), QCIF (176x144) (resoluciones de luminancia)
 - El resultado es un bit stream
 - Videoconferencia sobre ISDN
- ITU-T H.263 “Video coding for low bit rate communication”
 - Basado en H.261
 - sub-QCIF (128x96) , QCIF, CIF, 4CIF (704x576) and 16CIF (1408x1152)
 - Videoconferencia sobre POTS

ITU-T H.262

- “Information technology - Generic coding moving pictures and associated audio information: Video”
- MPEG-2 Part 2
- Pensando en vídeo sobre ATM y HDTV
- Soporta *scalable video encoding* (ej: codificación espacial escalable mediante varias capas que van refinando la imagen)
- Tipos de frames:
 - Intra Coded Pictures (I-Pictures): sin referencia a otras imágenes
 - Predictive Coded Pictures (P-Pictures): emplea *motion compensated prediction* con la anterior I- o P- Picture
 - Bidirectional-predictive Coded Pictures (B-Pictures): relativas a anterior y posterior I- o P- Picture
 - La organización en secuencia es flexible en el estándar

H.264

- “Advanced video coding for generic audiovisual services”
- También MPEG-4 Part 10
- Puede dar la misma calidad que codec de vídeo de MPEG-2 con la mitad o un tercio del bitrate

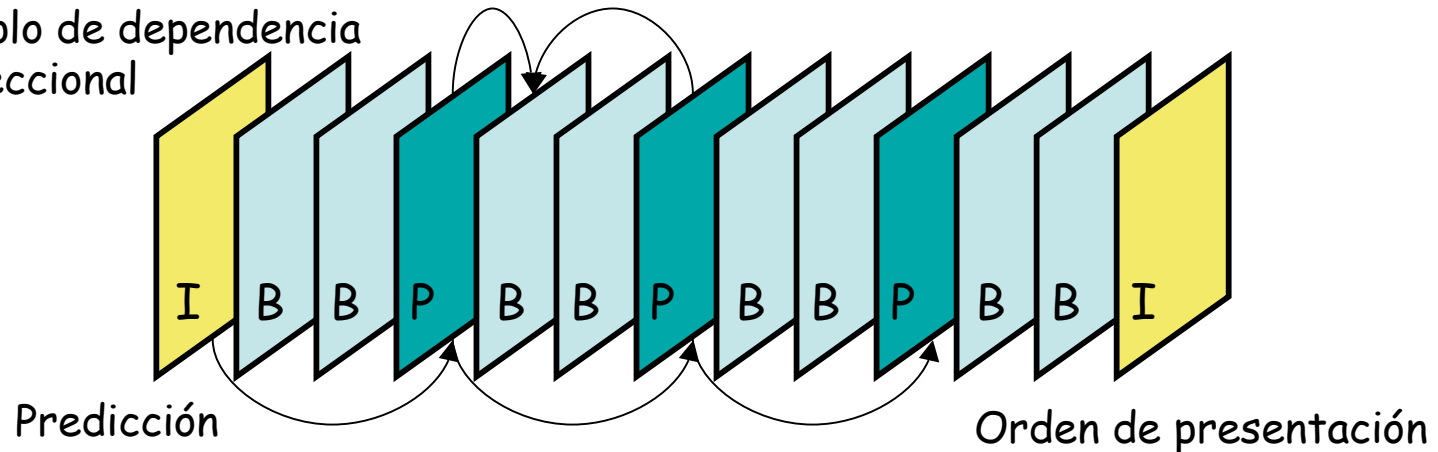
Use Scenario	Resolution & Frame Rate	Example Data Rates
Mobile Content	176x144, 10–15 fps	50–60 Kbps
Internet/Standard Definition	640x480, 24 fps	1–2 Mbps
High Definition	1280x720, 24p	5–6 Mbps
Full High Definition	1920x1080, 24p	7–8 Mbps

GoP

- *Group of Pictures*
- Típicamente 1/2 sec cada GoP
- Orden
 - De presentación
Ej.: IBBPBBPBBPBB ibbpbb...
 - De codificación
Ej.: I bb PBBPBBPBB i BB pbb...
- Closed or Open GoP
- Broken GoP: falta el GoP anterior

	I frame	P frame	B frame
Compression Ratio	Low	Good	Best
Random Access	Best	Hard	Hardest
Complexity	Normal	High	Highest

Ejemplo de dependencia
bidireccional



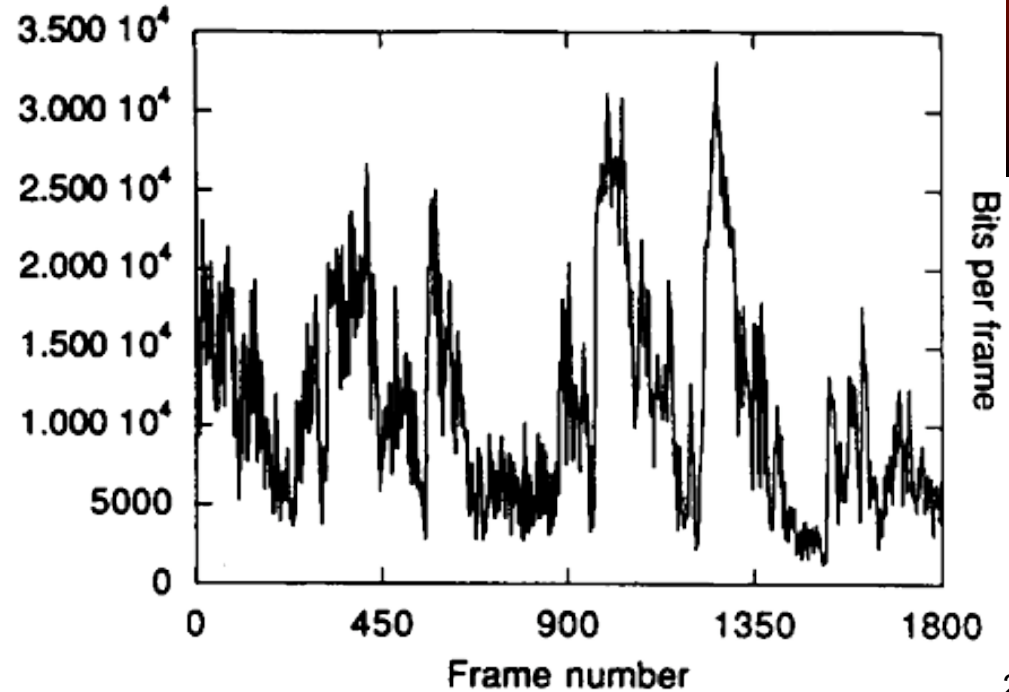
Tráfico generado por fuentes de vídeo

Interesa modelar:

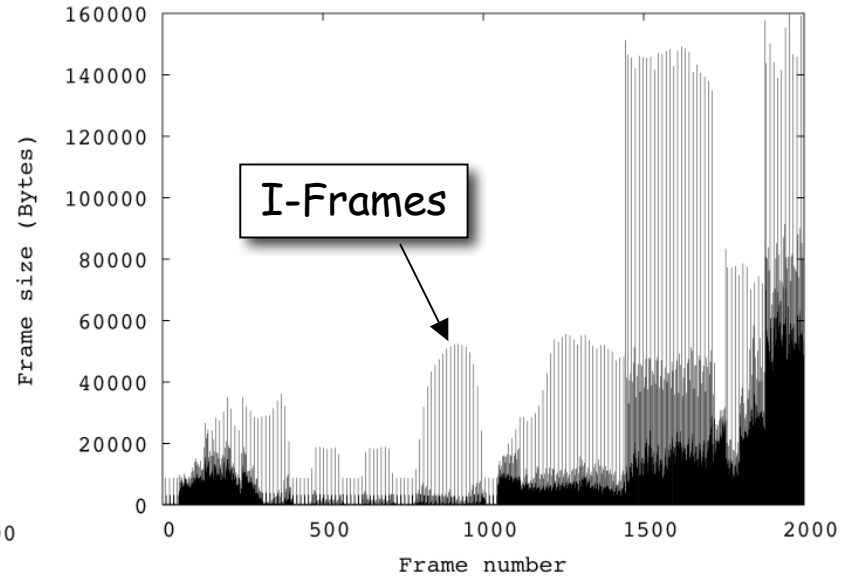
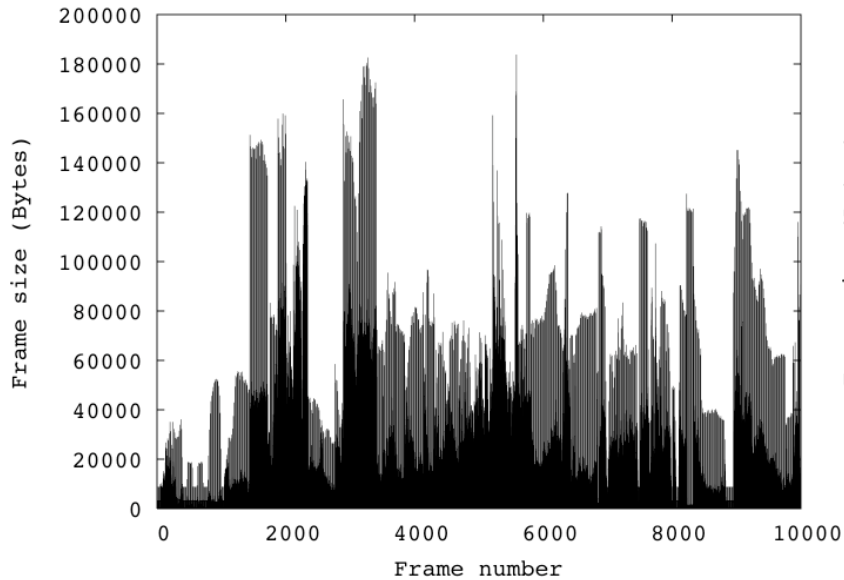
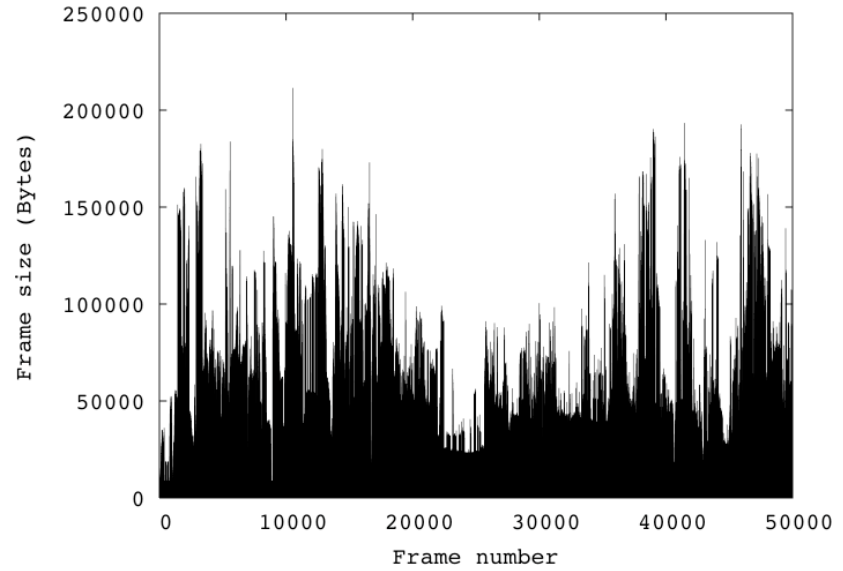
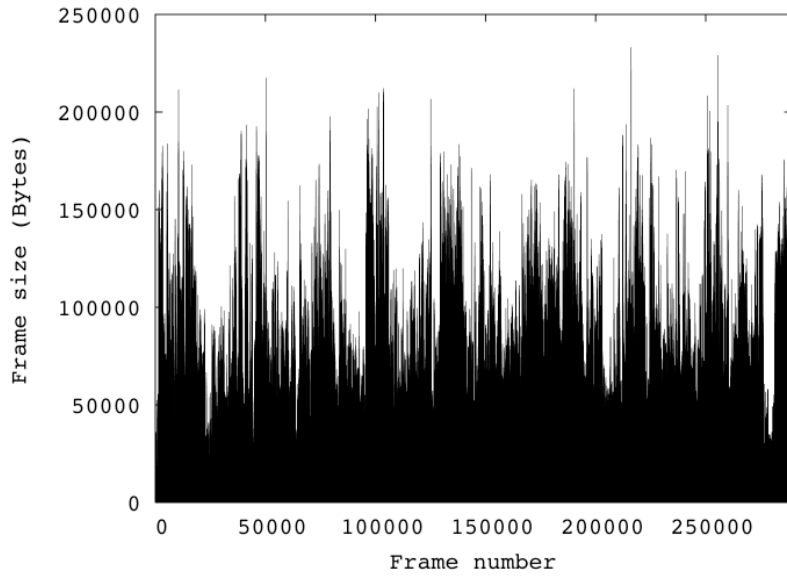
- PDF de tamaños de frames
- Autocorrelación

Para:

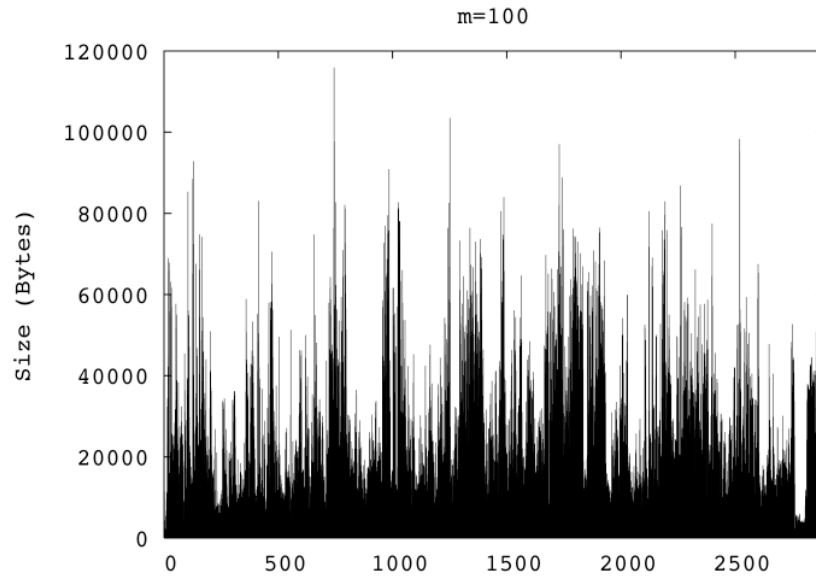
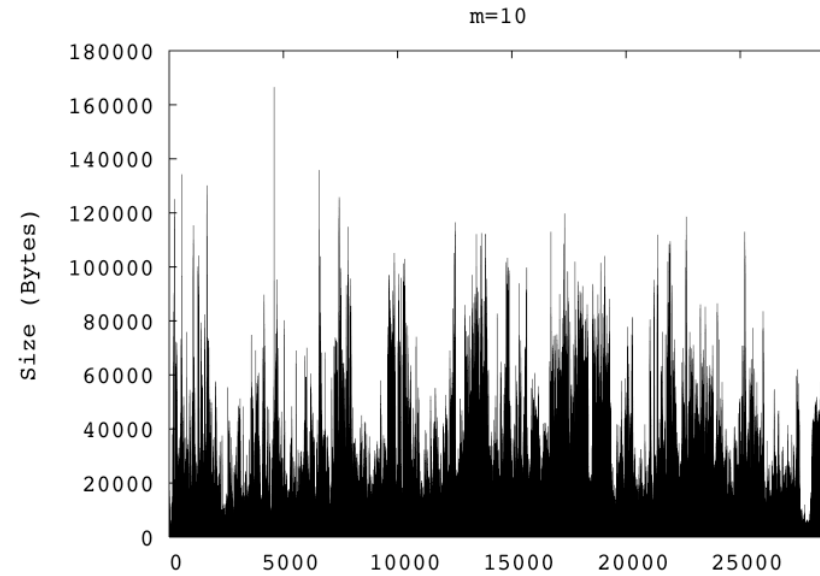
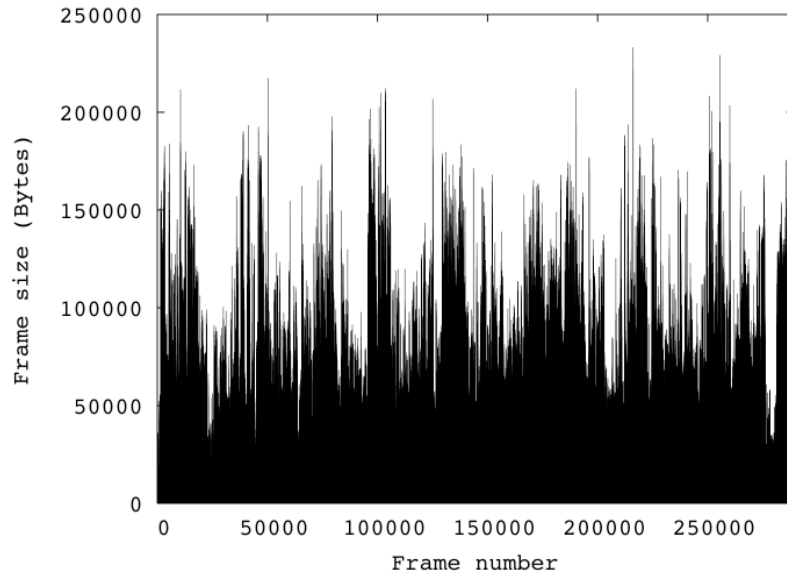
- Predecir pérdidas en buffers
- Dimensionar BW y buffer necesario



Ráfagas



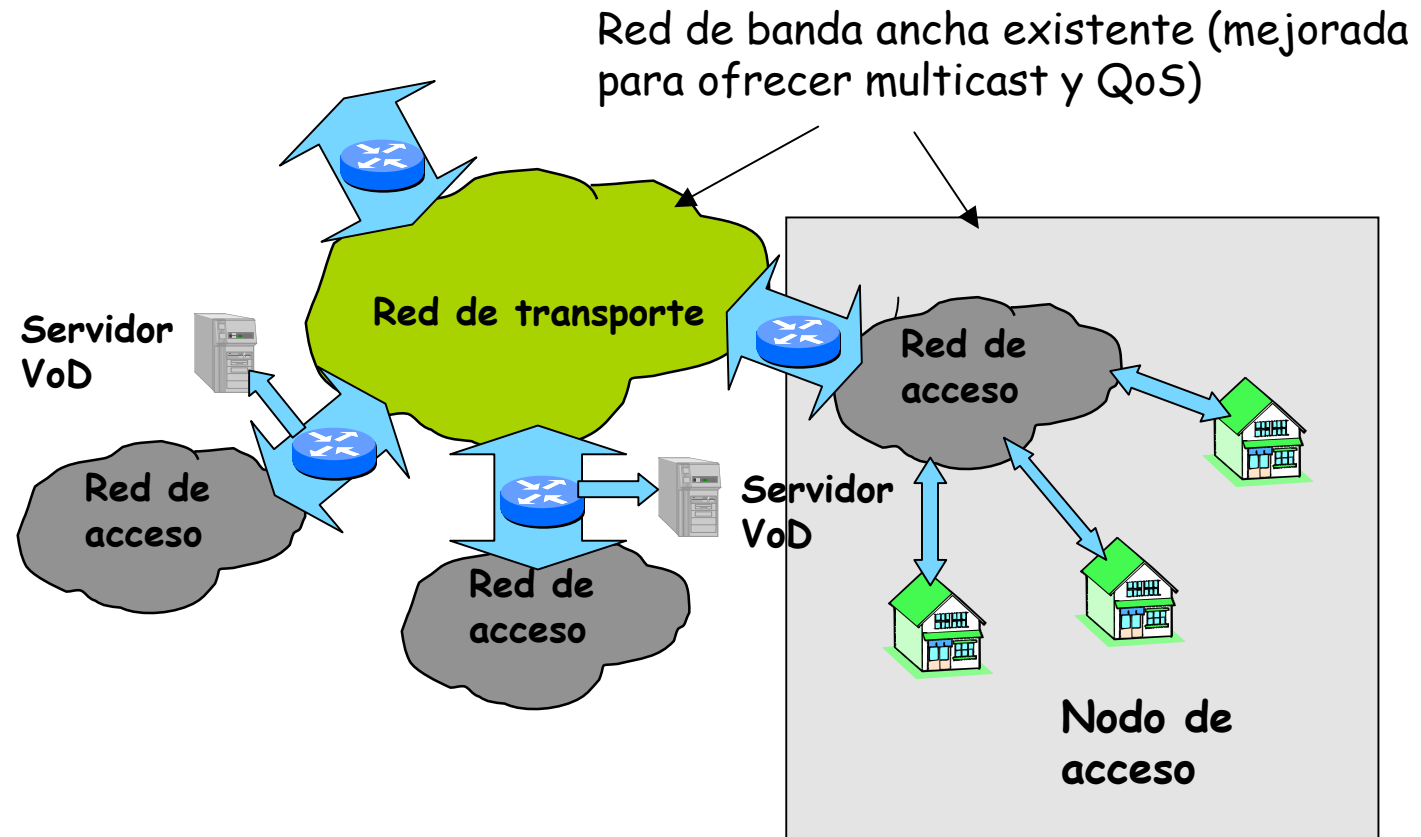
En diferentes escalas



Arquitectura de red

Arquitectura general

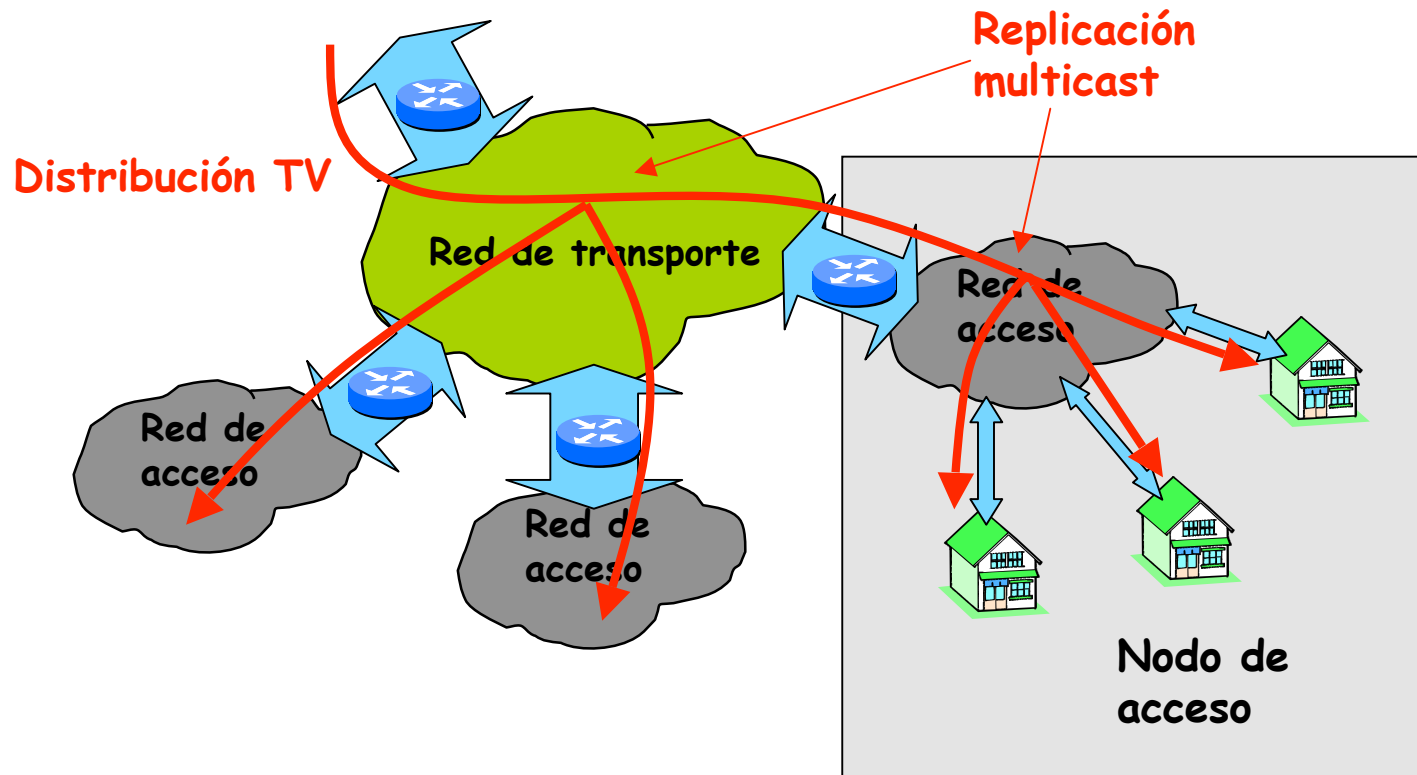
(¿ Imagenio ?)



Difusión de TV

Multicast para difusión de TV

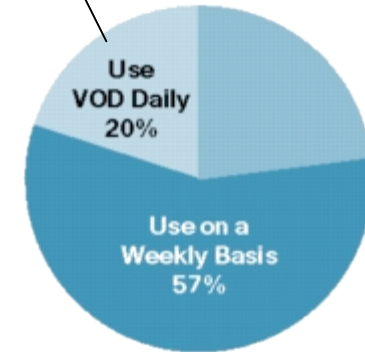
- Escalabilidad para un alto número de canales y un número ilimitado de usuarios
- Uso óptimo del ancho de banda



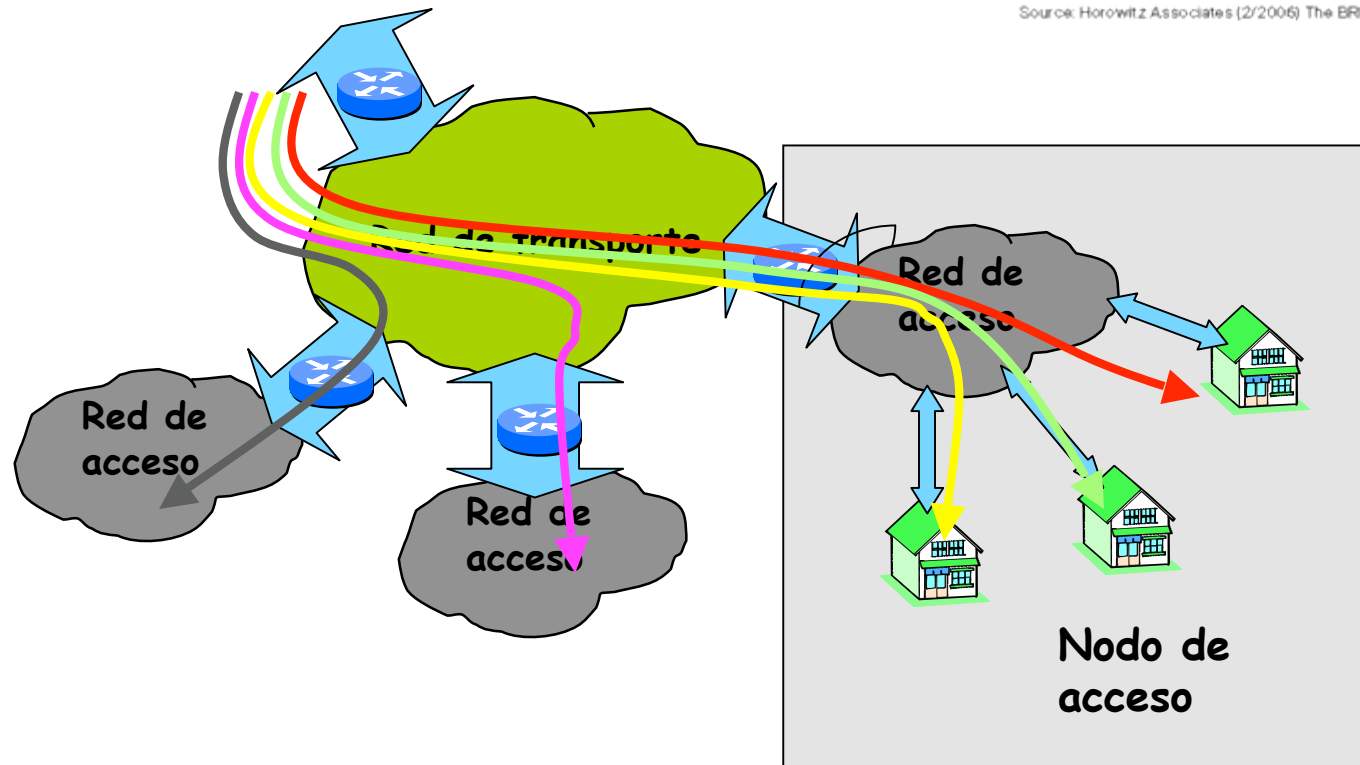
VoD

VoD equivale a Unicast

- 1M usuarios → 200K/día @ 2Mb/s & 20% concurrencia = 80Gb/s
- Arquitectura centralizada proporciona escalabilidad limitada



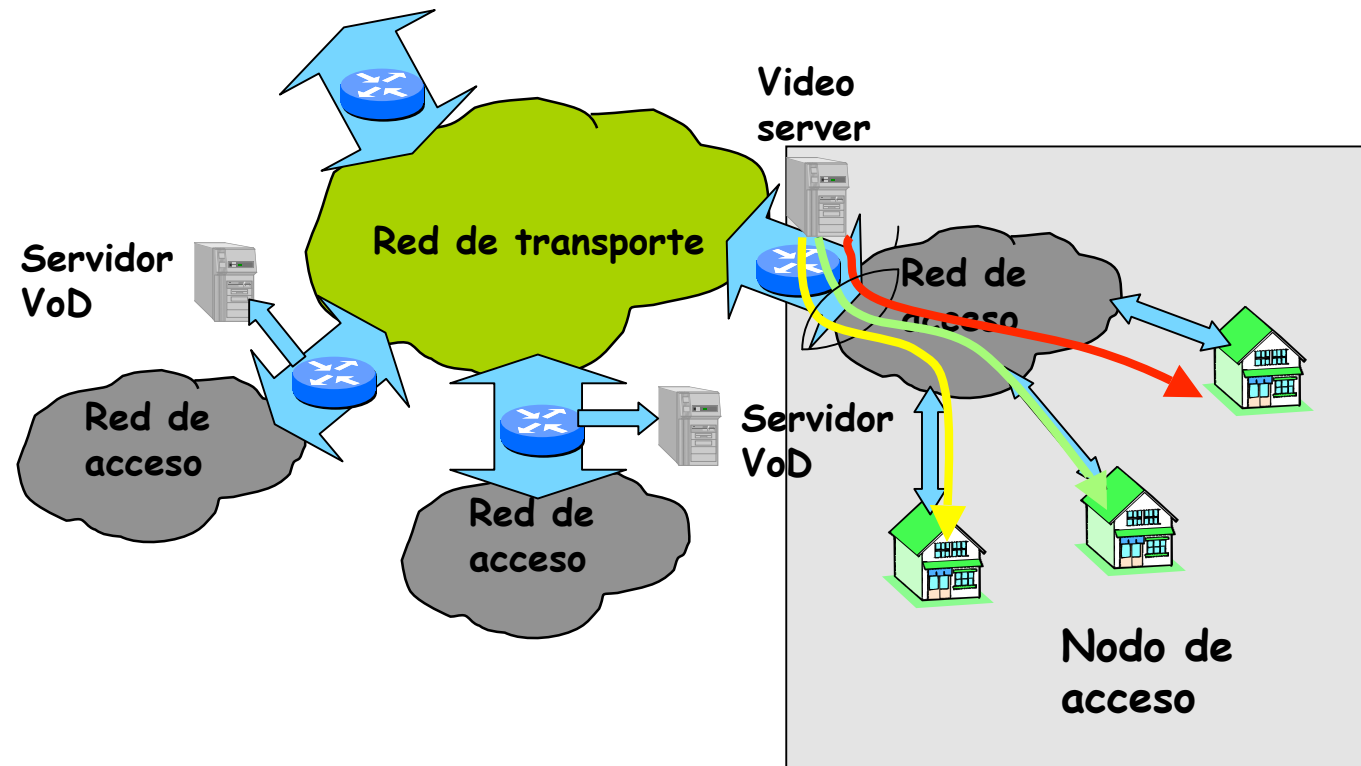
Source: Horowitz Associates (2/2006) The BRIDGE 2006



VoD

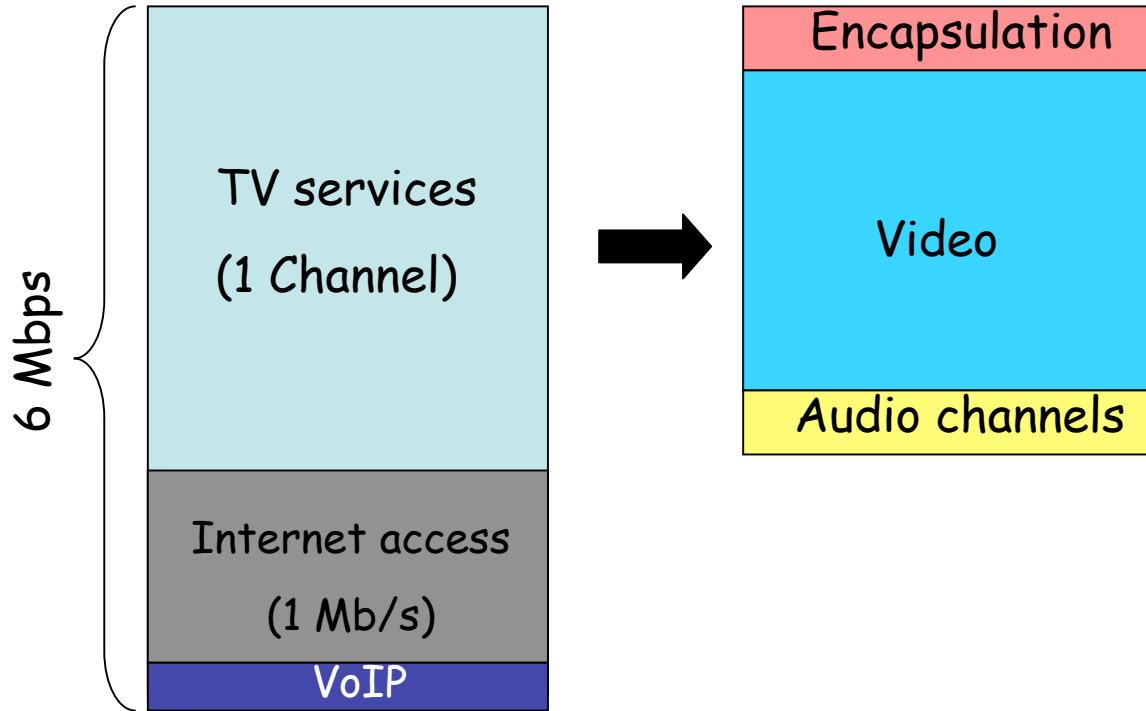
Arquitectura distribuida de VoD

- 20k usuarios @ 2Mb/s & 20% concurrencia = 8Gb/s
- Arquitectura distribuida proporciona escalabilidad
- También es posible una arquitectura mixta (centralizada/distribuida)



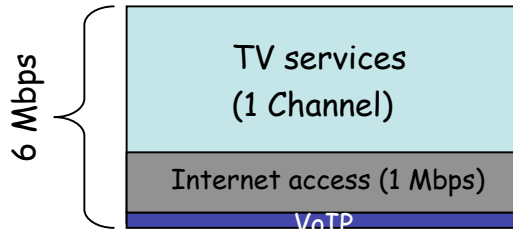
Red de acceso ADSL

Hoy

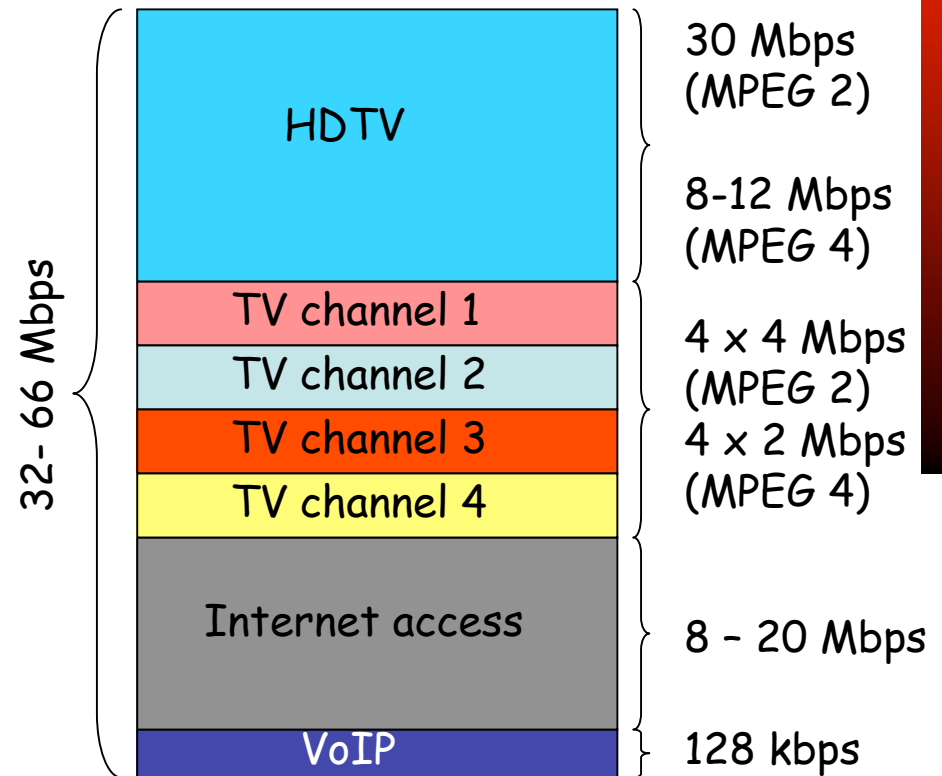


Red de acceso ADSL2+

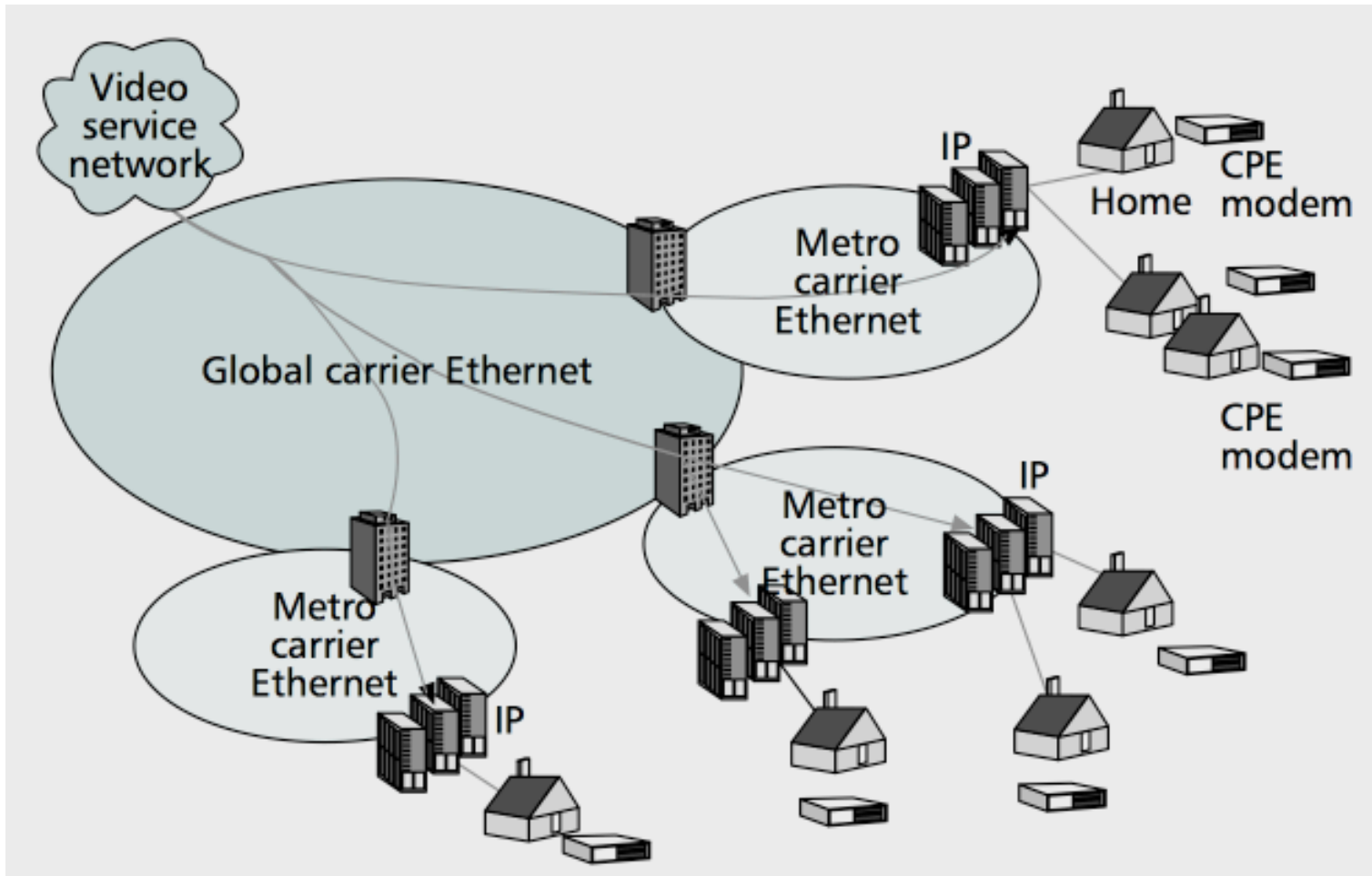
Hoy



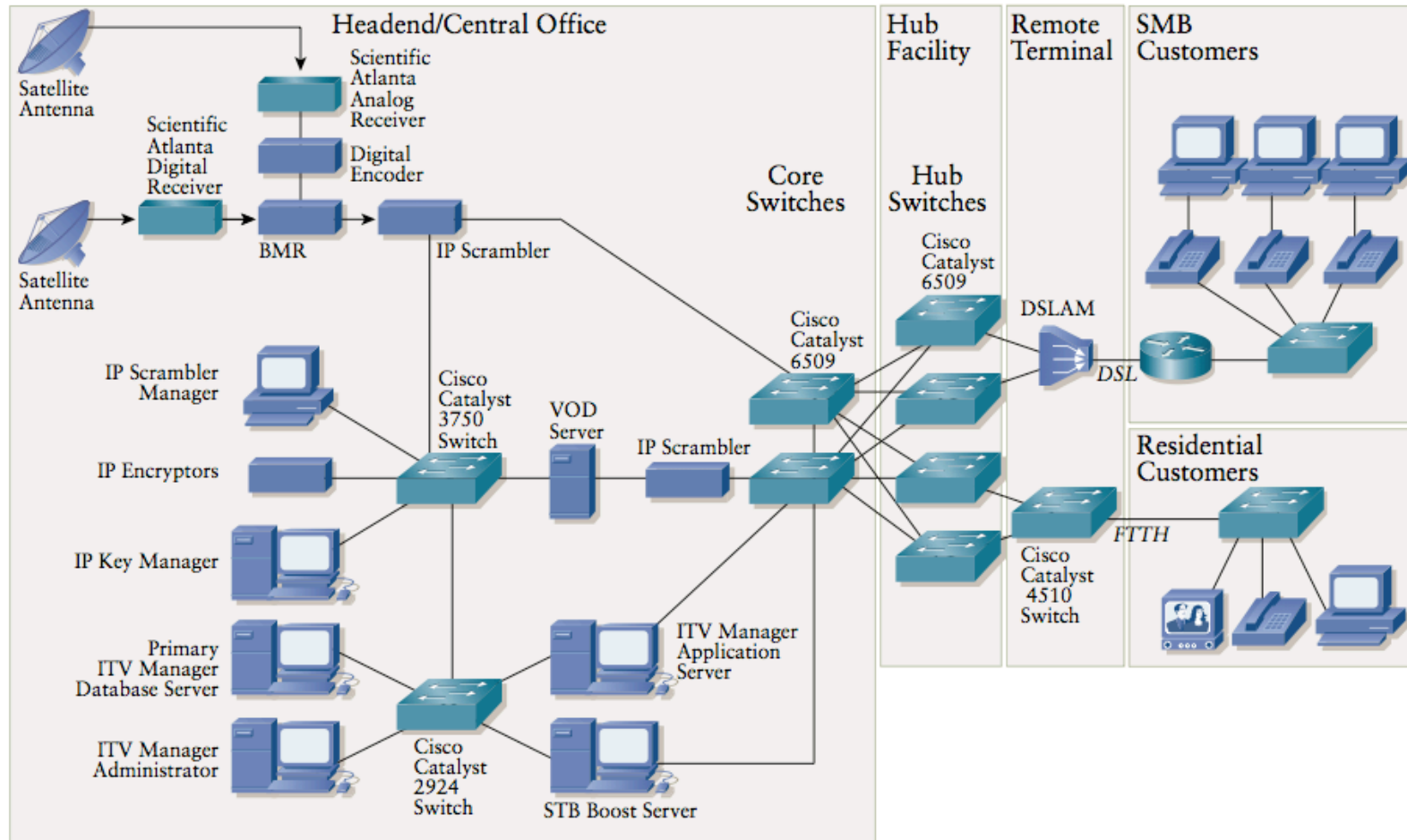
Futuro



Arquitecturas de red

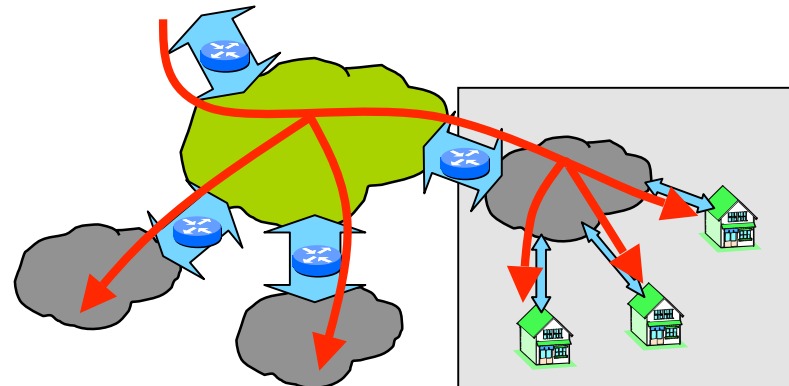


Arquitecturas de red



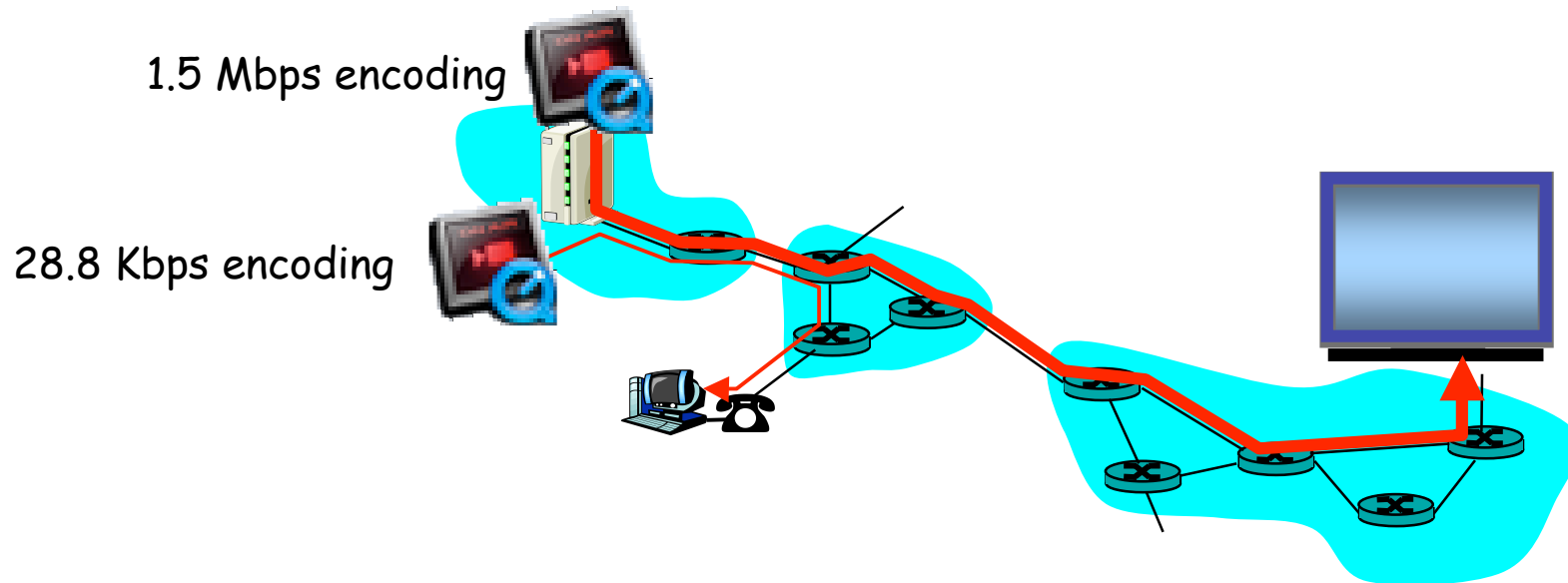
¿Necesidades?

- Servidor:
 - Escalable ante numerosas peticiones
- Red:
 - Escalabilidad \Rightarrow Multicast
 - Sin cortes \Rightarrow QoS (tecnología?)
- Dimensionamiento:
 - ¿Cómo es el tráfico de vídeo?
 - ¿Cómo se comportan los usuarios?



El servidor

Streaming: client rate(s)



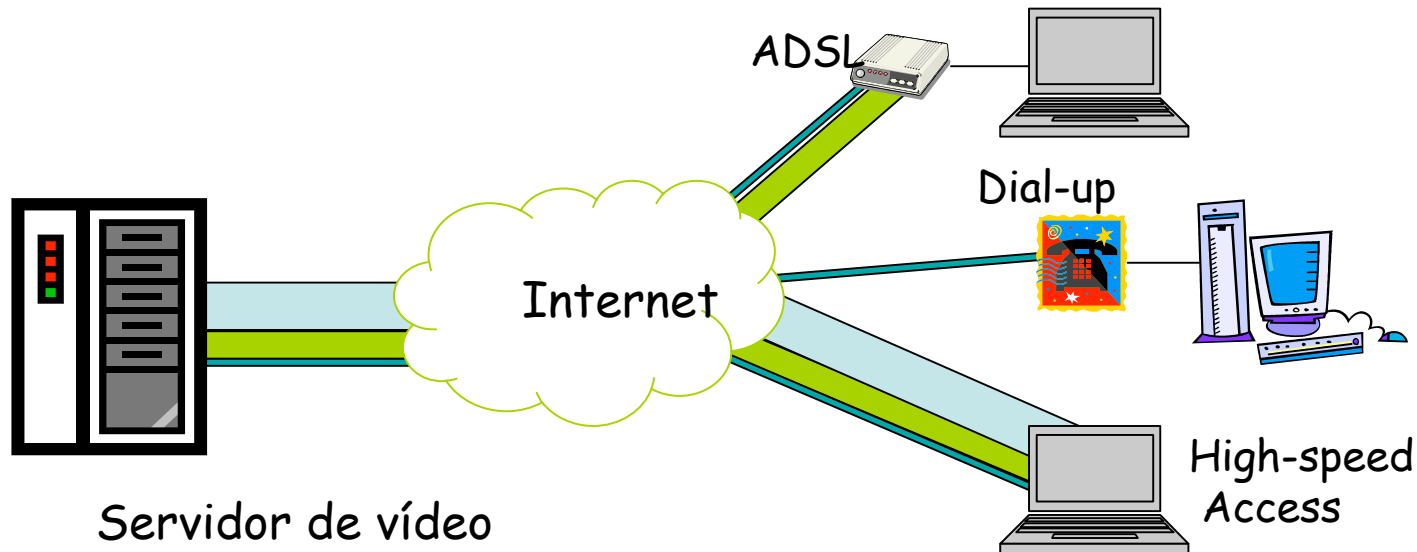
Q: ¿Cómo gestionar diferentes capacidades de recepción?

- 28.8 Kbps modem
- 100Mbps Ethernet

A: El servidor almacena y transmite copias del vídeo codificadas a diferentes velocidades

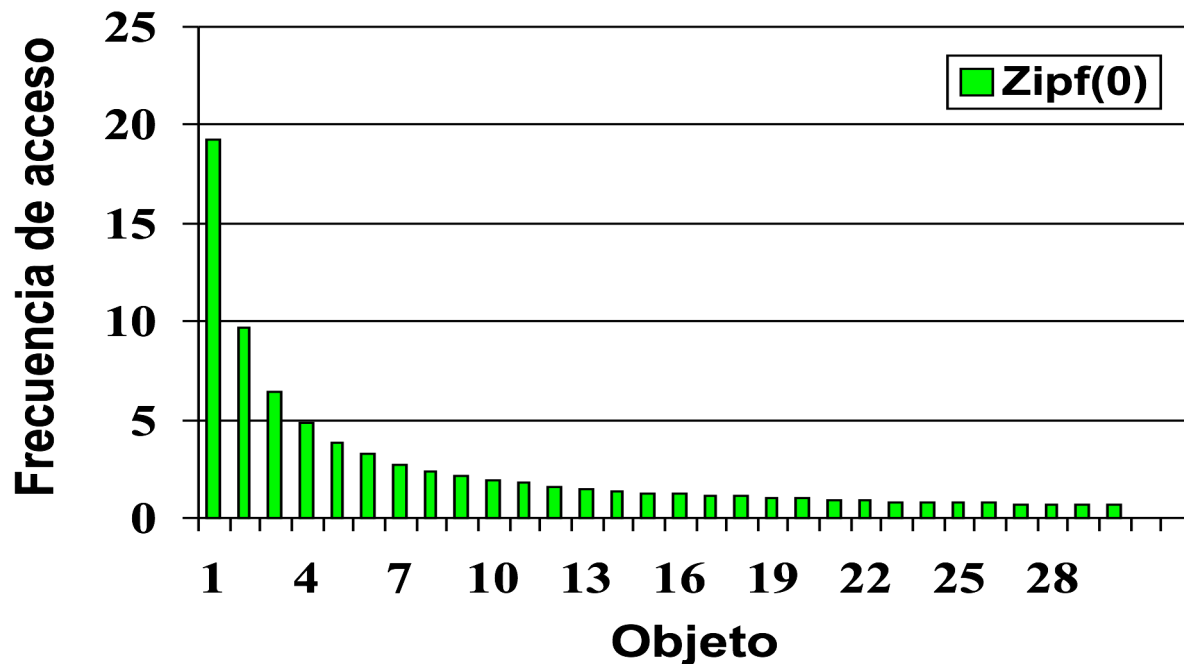
Streaming Live Multimedia

- ¿Cómo hacer *streaming* a un gran número de clientes?
 - Ejemplo: Un evento deportivo popular
 - Usar multicast/broadcast
- ¿Y la heterogeneidad de clientes?
 - Los clientes pueden disponer de diferente BW
 - Vídeo en capas



Comportamiento de los usuarios

- 100s – 1000s solicitudes de un fichero / duración del su reproducción
- Popularidad sesgada de los ficheros
 - 10% – 20% de los ficheros acaparan el 80% de las peticiones
 - Tiene sentido centrarse en los ficheros populares



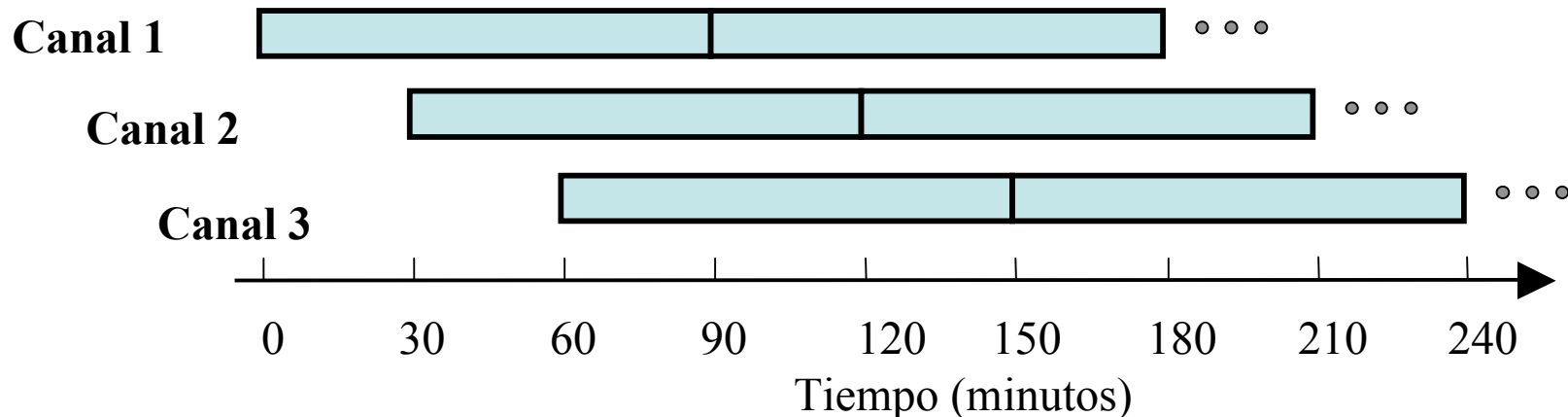
Streaming escalable: Motivación

- Consideremos un fichero popular
 - Tasa de reproducción (*playback rate*): 1 Mbps
 - Duración: 90 minutos
 - Peticiones: una por minuto
- Comienza un nuevo stream por cada petición
 - BW requerido = 1 Mbps x 90
- ¿Cómo dar flexibilidad en el instante de comienzo sin enviar un flujo por petición?
- *Batching*
 - Acumular suficientes peticiones para que sea rentable iniciar un nuevo flujo
 - Empezar el flujo al acumular suficientes usuarios o llegar a un límite de tiempo de espera



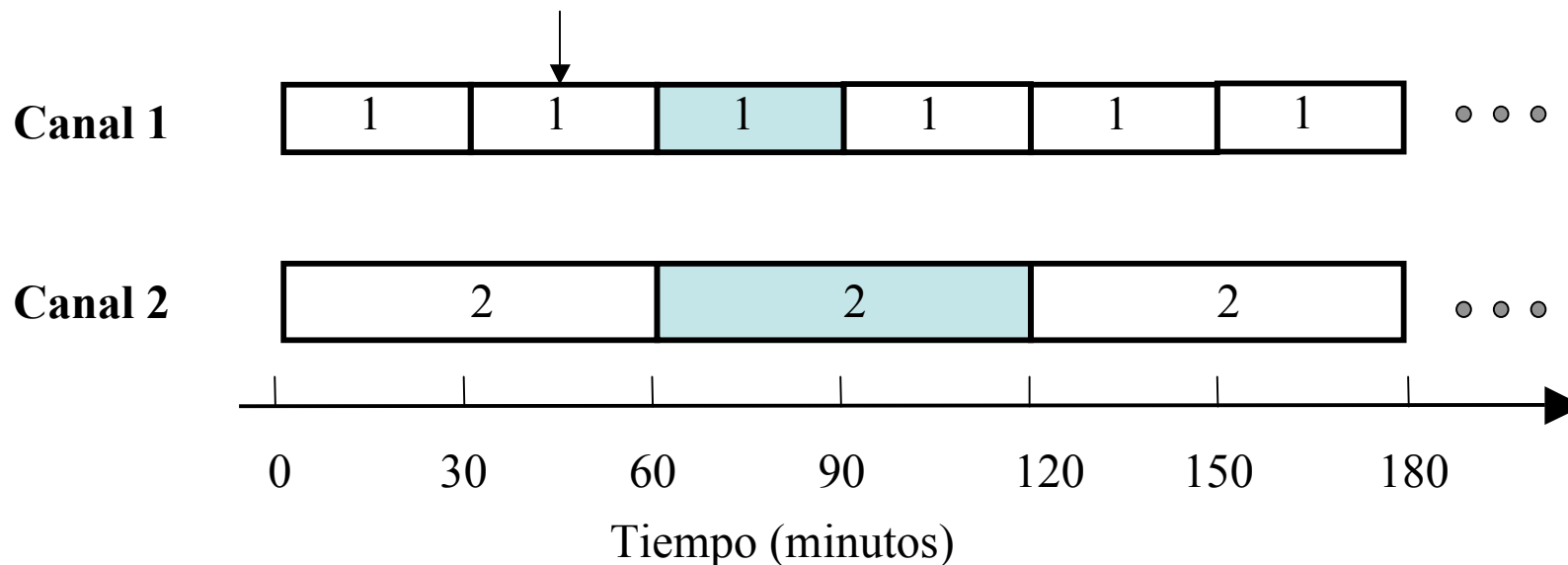
Batching (Ejemplo)

- Playback rate = 1 Mbps, duración = 90 minutos
- Agrupar peticiones en intervalos no solapados de 30 minutos:
 - Máx espera comienzo = 30 minutos
 - BW necesario = 3 canales = 3 Mbps
- BW aumenta linealmente con la reducción de la espera de comienzo



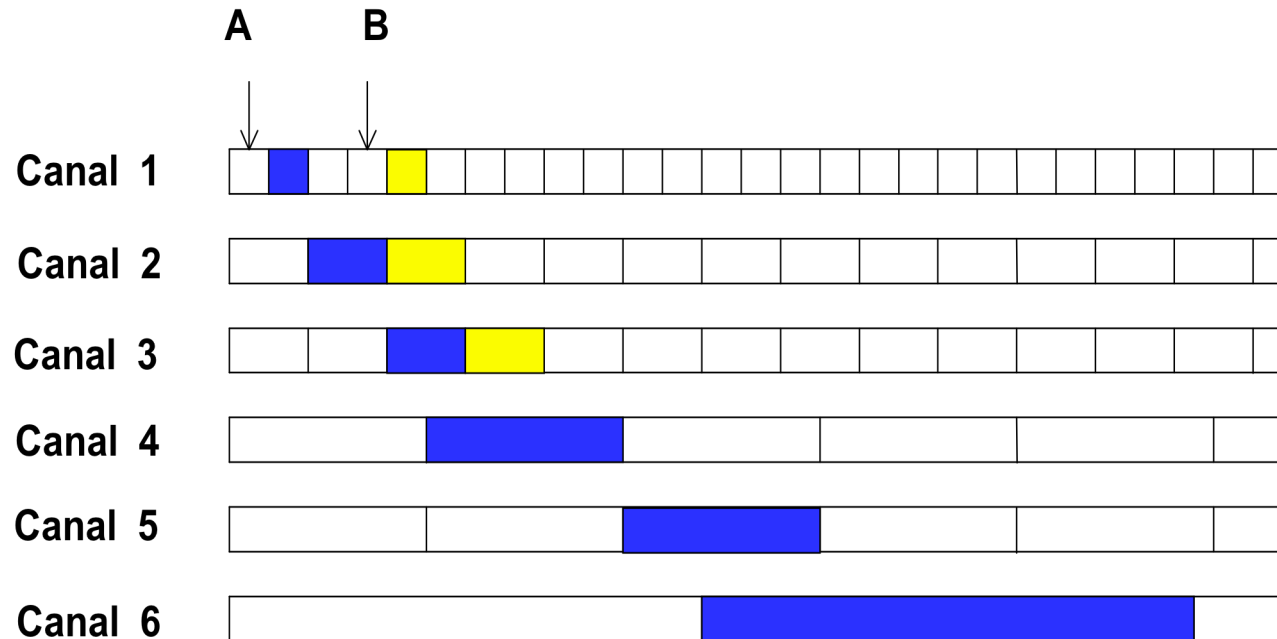
Periodic Broadcast

- Partir el fichero en 2 segmentos con tamaños relativos {1,2}
- Para una película de 90 minutos:
 - Segmento 1 = 30 minutos, Segmento 2 = 60 minutos
- Ventaja:
 - Máx espera comienzo = 30 minutos
 - BW necesario = 2 canales = 2 Mbps
- Desventajas: Requiere más del cliente (recibir 2 a la vez)



Skyscraper Broadcasts (SB)

- Divide el fichero en K segmentos de tamaños crecientes
 - Progresión de tamaños: 1, 2, 2, 5, 5, 12, 12, 25, ...
- Multicast de cada segmento en un canal separado
- Tasa a cada cliente: 2 x playback rate



Streaming: ¿UDP o TCP?

UDP

- El servidor envía a la velocidad apropiada para la reproducción
- Retardo de comienzo (2-5 segs) para compensar el jitter de la red
- Recuperación de pérdidas: *time permitting*

TCP

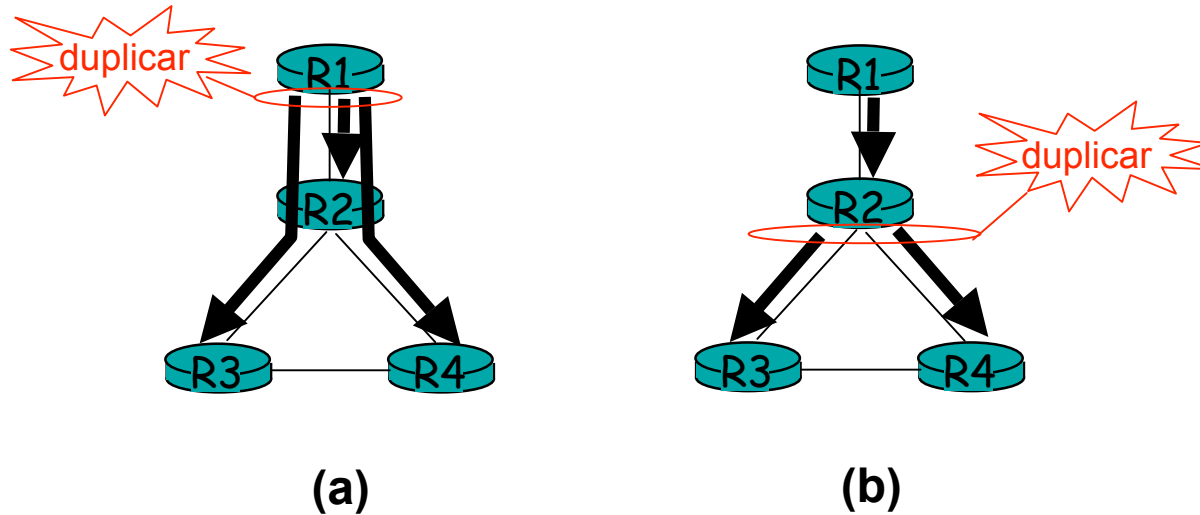
- Puedes entregar a la velocidad de reproducción pero no sabes cuándo lo enviará TCP
- Además puede acumular bytes para formar paquetes más grandes
- Normalmente envía a la máxima velocidad
- Fluctuará debido a los mecanismos de control de flujo y control de congestión
- Retardo de comienzo más largo para poder suavizar el comportamiento de TCP
- HTTP/TCP atraviesa mejor firewalls

Multimedia en la Internet actual

- TCP/UDP/IP: “best-effort service”
- Sin garantías de retardo o pérdidas
- Los programas emplean técnicas en el nivel de aplicación para mitigar los efectos de retardos y pérdidas
 - Buffers
 - Algoritmos de codificación resistentes ante pérdidas

Necesidades en la red: Multicast

Multicast: Introducción



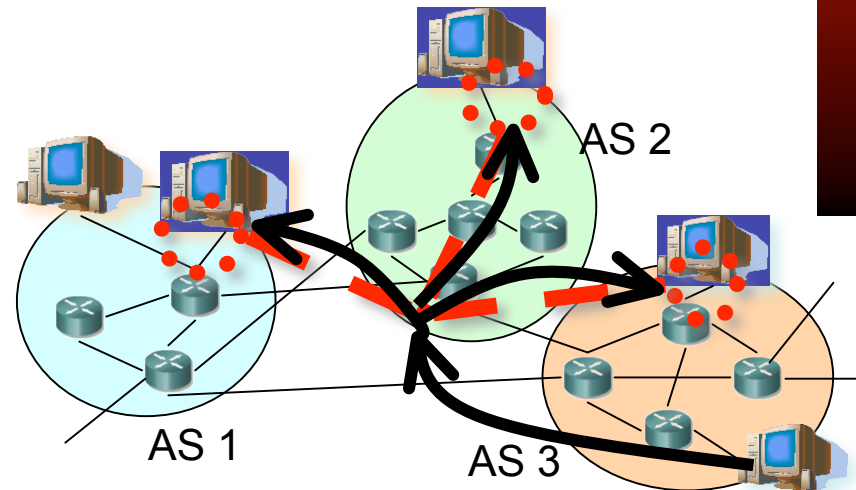
Duplicar en el origen frente a duplicar en la red
(a) En el origen, (b) en la red

Multicast

- Grupo abierto
 - Grupo identificado por una dirección independiente de la localización
 - Cualquiera (incluso de fuera del grupo) puede enviar a los miembros del grupo
- Sencillo dentro de LANs que soportan broadcast
- Complicado atravesando redes

Grupos Multicast

- Los **grupos** pueden ser **permanente o transitorios**
- Lo que es *permanente* es la dirección del grupo
- La **pertenencia** a un grupo es **dinámica**
- No hay límites de localización o número de miembros
- Un interfaz puede pertenecer a varios grupos
- No hace falta ser miembro para enviar datagramas al grupo
- Routers → Mrouter (Multicast Router)
- ¿Cómo se une un host a un grupo? IGMP
- ¿Cómo llegan los datagramas a todos los miembros del grupo?



bit 0

1110

Grupo Multicast

bit 31

Multicast en LAN Ethernet

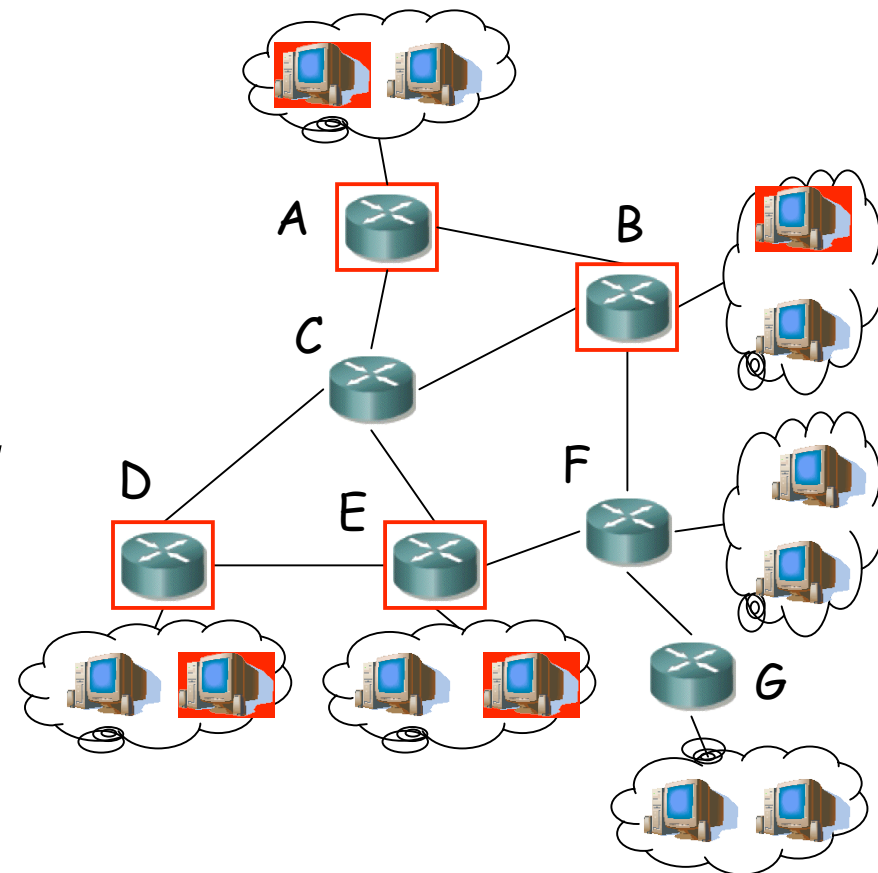
- Caso: Paquete multicast a una LAN con hosts miembros
- LAN Ethernet soporta multidifusión
- MACs multicast octavo bit activo
- IANA posee el OID **00:00:5E**
- Reserva la mitad para multicast
- De 01:00:5E:00:00:00 a 01:00:5E:7F:FF:FF
- En los 23 bits bajos se mapean los 23 bits bajos del grupo multicast destino
- 32 grupos colisionan en la misma MAC multicast



¿Cómo llegan los datagramas a todos los miembros del grupo?

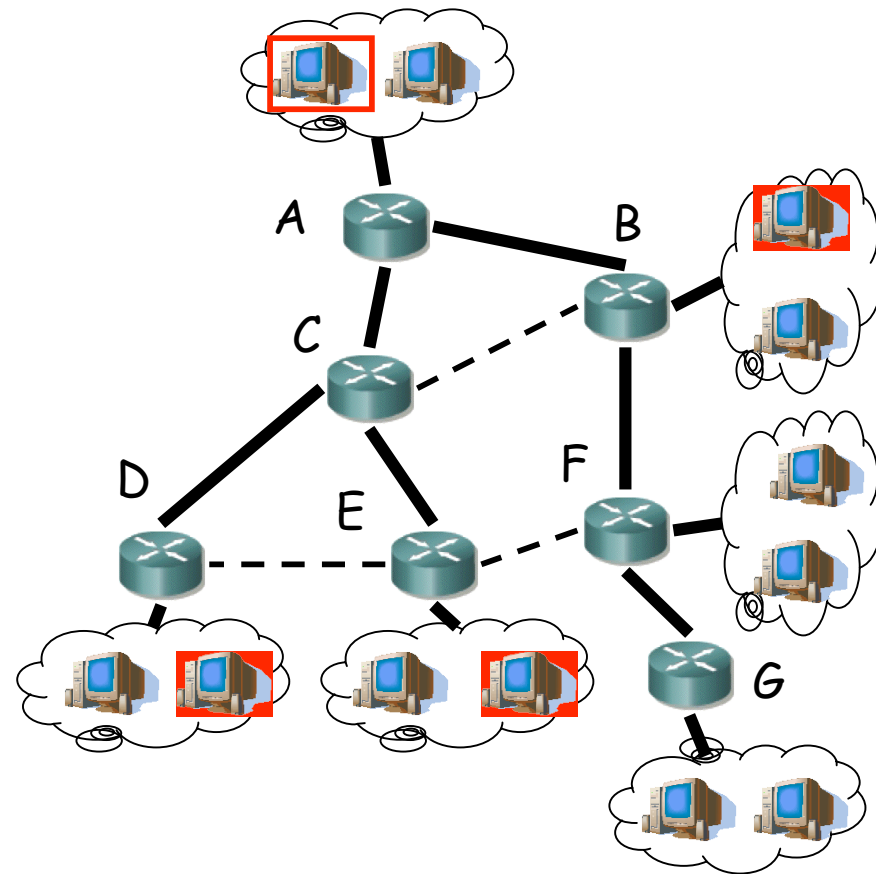
Multicast Routing

- Encontrar un árbol de enlaces que conecte a todos los routers que sirven a hosts del grupo
- Árboles de expansión (*spanning trees*)
- Mínimos respecto a una métrica (*minimum spanning trees*)
- Puede implicar a otros routers



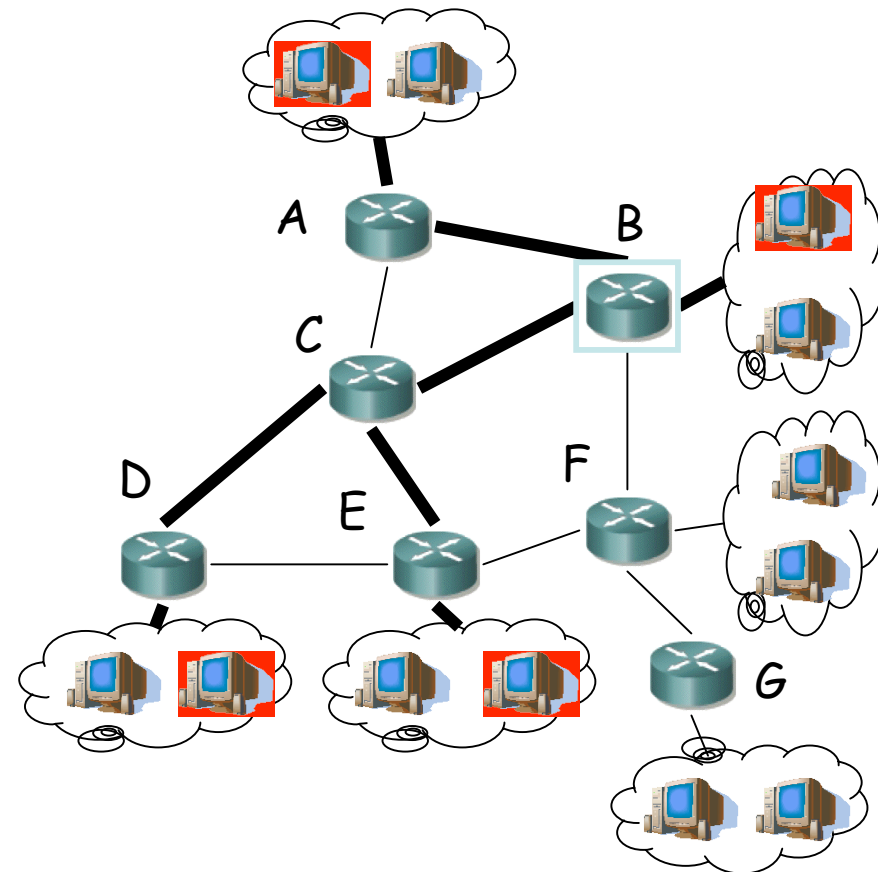
Source-Based Trees

- Un árbol para cada fuente en cada grupo
- N° Árboles = Grupos x Fuentes
- Se suele construir empleando *Reverse Path Forwarding (RPF)*:
 - Reenviar por todos los interfaces menos por el que se recibió
 - Solo si se ha recibido por el interfaz por el que se llega al origen por el camino más corto
- **Pruning**
 - MRouter sin hosts ni MRouters adyacentes en el grupo manda mensaje de *prune upstream*
 - Ejemplo: Nodo G



Group-Shared Tree

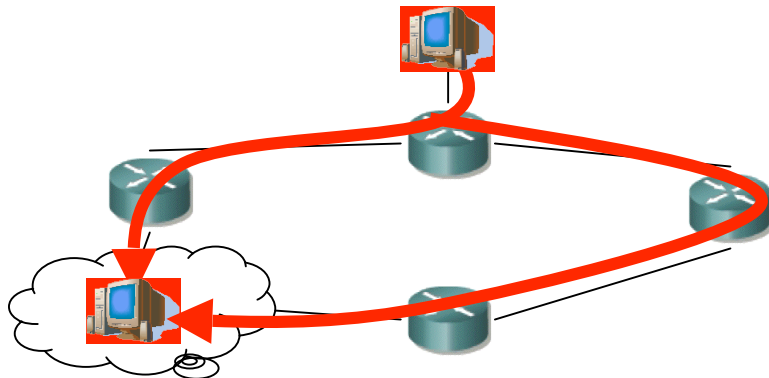
- Construir un solo árbol para cada grupo
- Incluye a todos los routers adyacentes a hosts en el grupo
- Se suele construir empleando un **Rendezvous-Point Tree**:
 - Se escoge un nodo central que será la raíz
 - Los demás envían mensajes unicast a él para unirse al árbol
 - Reenviado hasta que el mensaje llega a él o a uno en el árbol



Algunos protocolos

DVMRP

- *Distance Vector Multicast Routing Protocol*
- Emplea RPF (puede llegar más de una copia a una red)
- *Reverse Path Broadcasting (RPB)*
 - Cada red tiene un *designated parent router*
 - Solo éste router puede reenviar a una red
- Emplea *pruning*
- Emplea nuevos mensajes IGMP

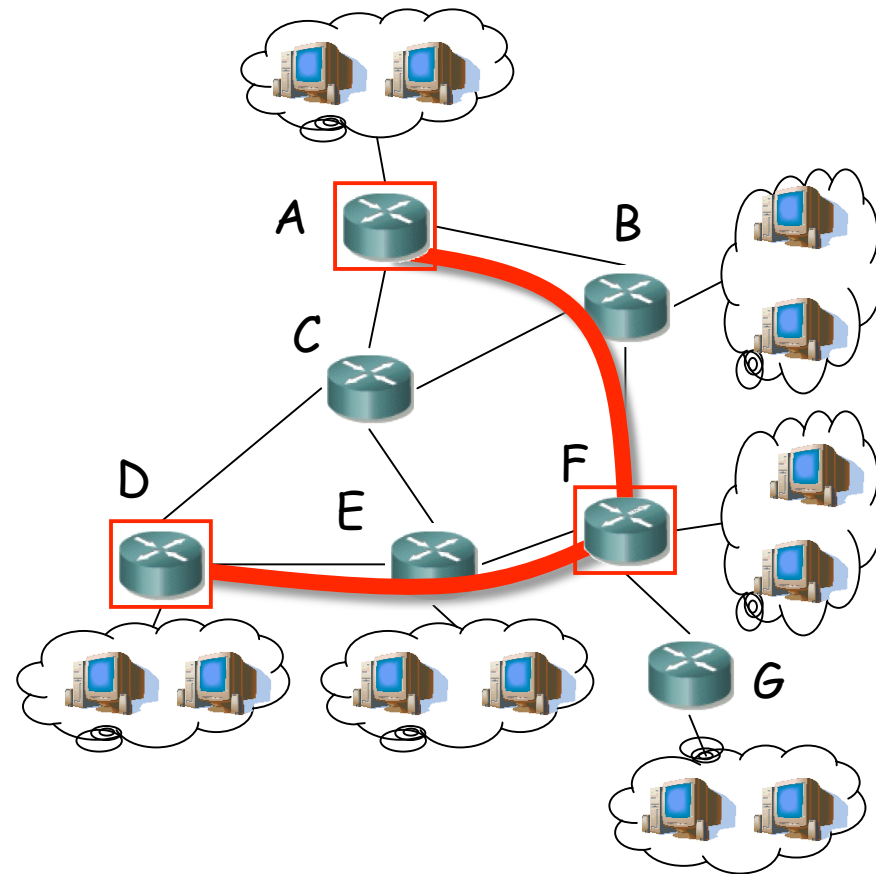


PIM (*Protocol-Independent Multicast*)

- *Protocol-Independent* porque puede utilizar la información obtenida mediante cualquier protocolo de enrutamiento
- **PIM-DM (Dense Mode)**
 - Cuando casi todos los routers están involucrados
 - Similar a DVMRP
 - *RPF Flood-and-prune*
- **PIM-SM (Sparse Mode)**
 - Pequeño número de routers con hosts adyacentes en el grupo
 - *Group-shared*
- **Otros:** MOSPF, MBGP, CBT...

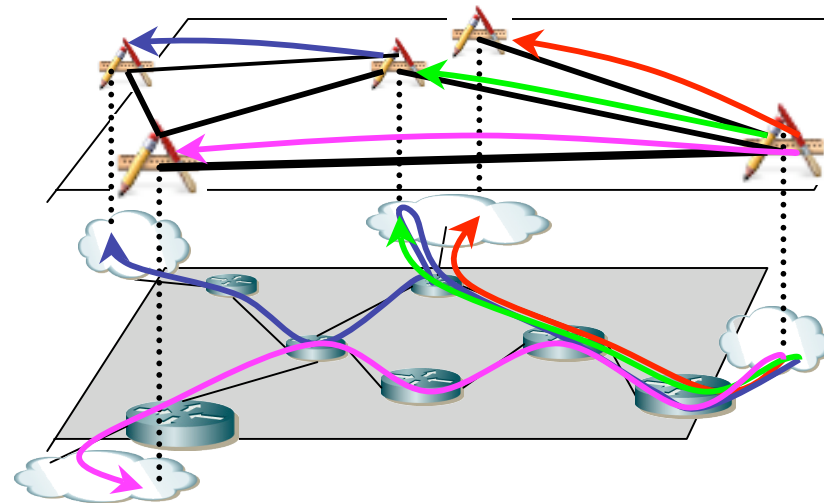
MBONE (Túneling)

- *Multicast Backbone*
- Partiendo de una red en la que muchos routers no soportan multicast
- MRouters conectados entre sí con **túneles**
- Los mrouter han sido muchas veces estaciones UNIX
- DVMRP
- Session Description Protocol (SDP) para describir las sesiones
- Session Announcement Protocol (SAP) el protocolo de transporte empleado por SDP



Application layer multicast

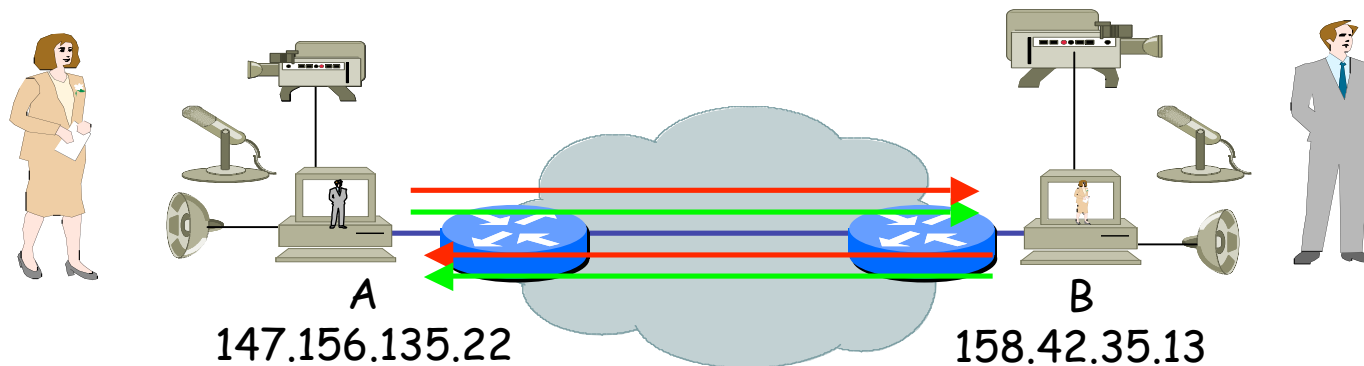
- Multicast en el nivel de aplicación
 - Asumiendo que la red subyacente ofrece solo facilidades unicast
 - Los sistemas finales (aplicaciones en los hosts) se comunican a través de una *overlay*
- Ventajas
 - No hay que cambiar los routers
 - Permite incorporar con facilidad nuevas funcionalidades
- Problemas
 - ¿Cómo pueden cooperar para construir una buena estructura overlay?
 - Serias implicaciones en las prestaciones por no optimizar tráfico



Necesidades en la red: QoS

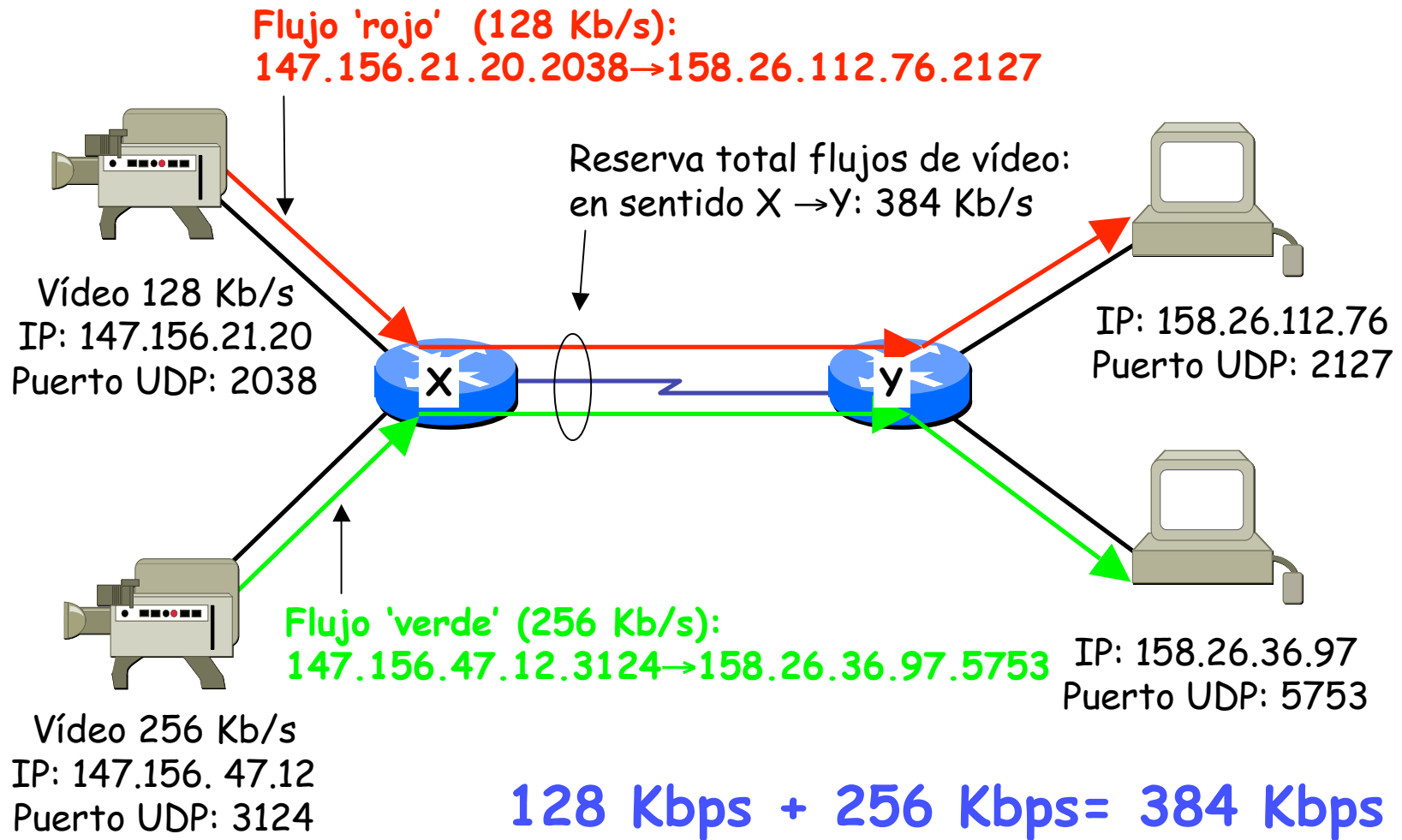
Concepto de flujo en QoS

- 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.



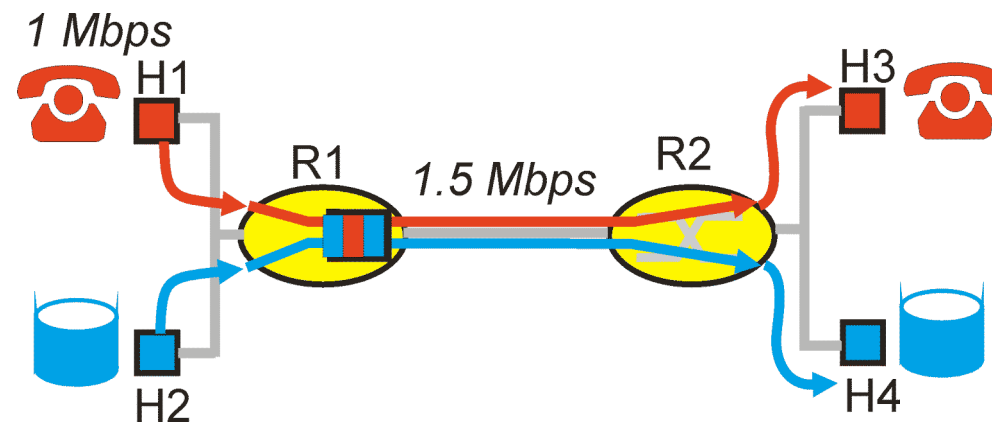
- Flujo vídeo A->B: 147.156.135.22:2056 -> 158.42.35.13:4065
- Flujo audio A->B: 147.156.135.22:3567 -> 158.42.35.13:2843
- ← Flujo vídeo B->A: 158.42.35.13:1734 -> 147.156.135.22:6846
- ← Flujo vídeo B->A: 158.42.35.13:2492 -> 147.156.135.22:5387

Agrupación de flujos o clases en vídeo



Principio 1: Clasificación

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

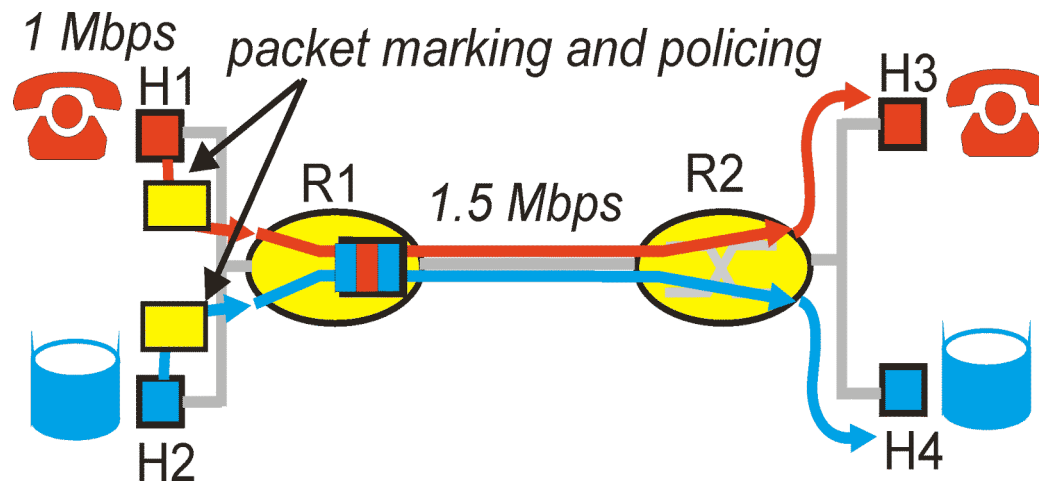


Principio 1

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

Principio 2: Aislamiento

- ¿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

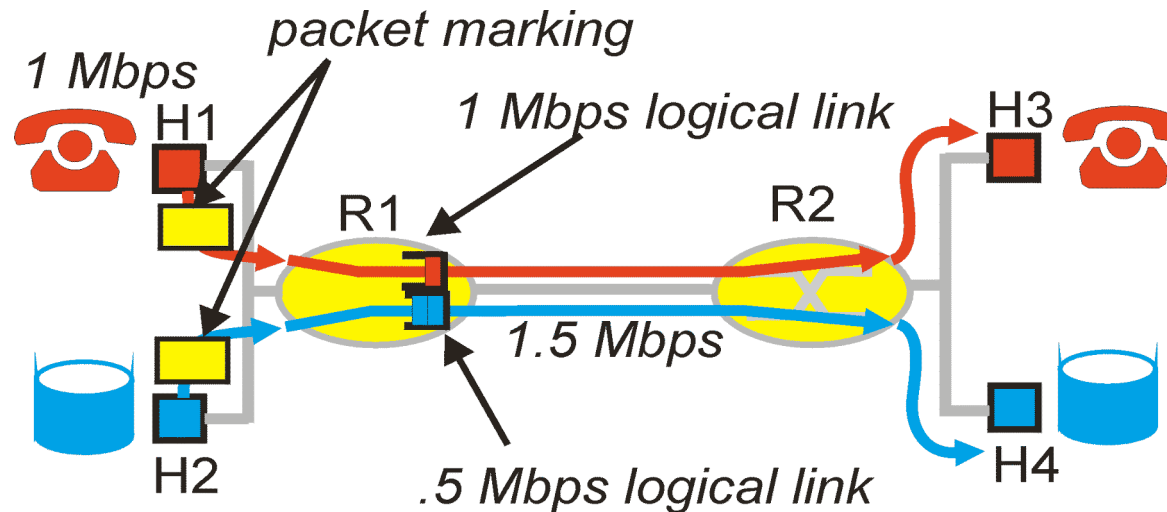


Principio 2

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

Principio 3: Eficiencia

- Reservar BW fijo (no compartido) a un flujo es ineficiente si ese flujo no lo emplea todo

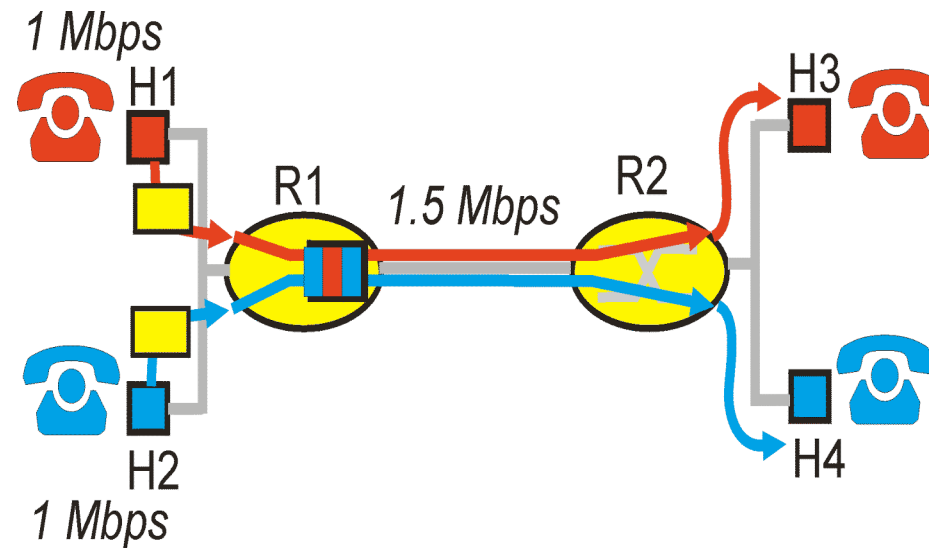


Principio 3

Mientras se ofrece aislamiento es deseable emplear los recursos de forma eficiente (*work conserving*): *scheduling* (en todos los routers del camino)

Principio 4: Límite de recursos

- No se pueden satisfacer las demandas más allá de la capacidad del enlace

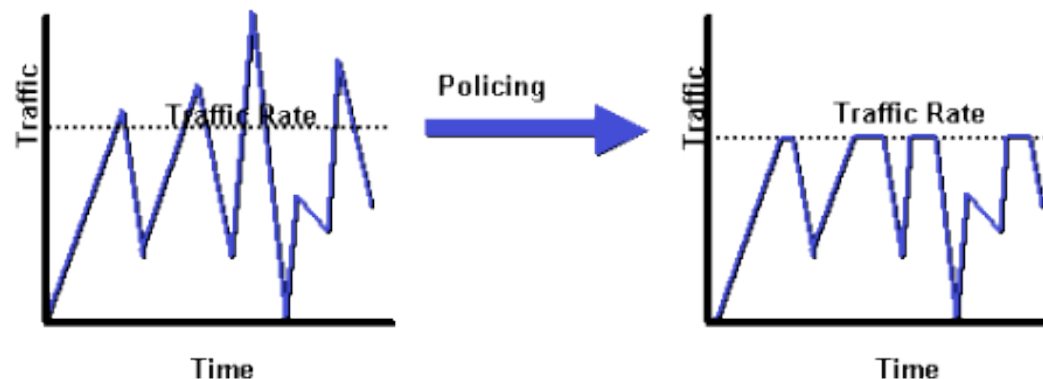


Principio 4

El flujo declara sus necesidades pero la red puede *bloquear* al flujo si no puede satisfacerlas: *call admission*

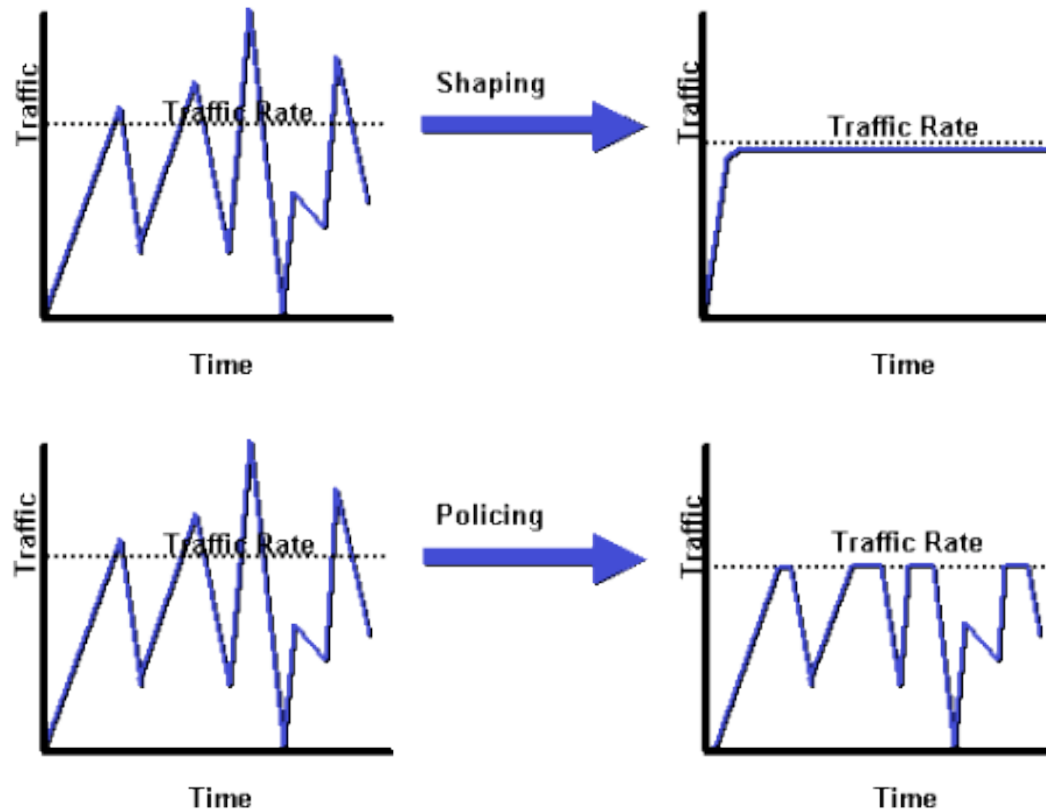
Policing

- **Objetivo:** Limitar el tráfico a la entrada a la red para que no exceda el declarado
- Características del tráfico
 - Tasa media (media a largo plazo)
 - Tasa de pico
 - Tamaño máximo de ráfaga: máx nº paquetes a tasa de pico
- Los que excedan se descartan o marcan (*conditional marker*)
- Policer as Marker:
 - Puede que el tráfico ya venga marcado según la aplicación a la que pertenezca: Separación vertical del tráfico
 - Un *policer* no distingue la aplicación, marca en función del tráfico: Separación horizontal del tráfico



Shaping

- Los que excedan no se descartan sino que se encolan



Scheduling

- Recursos compartidos
 - Buffer space
 - Capacidad en el enlace de salida
 - Tiempo de procesador
- Tipos de schedulers
 - Work-conserving
 - Non-work-conserving (no veremos)
- Schedulers sin prioridades
 - FCFS, RR, ...
- Schedulers con prioridades
 - GPS, WFQ, SCFQ, WF2Q, ...
- Características deseables
 - Sencillo de implementar
 - Reparto justo (*max-min fair share*) y protección
 - Performance bounds (deterministas o estadísticos)
 - Que permita implementar un CAC simple

The Conservation Law

- Sea un conjunto de N flujos en un planificador
- Para el flujo i la tasa media de llegadas es λ_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

Conservation Law

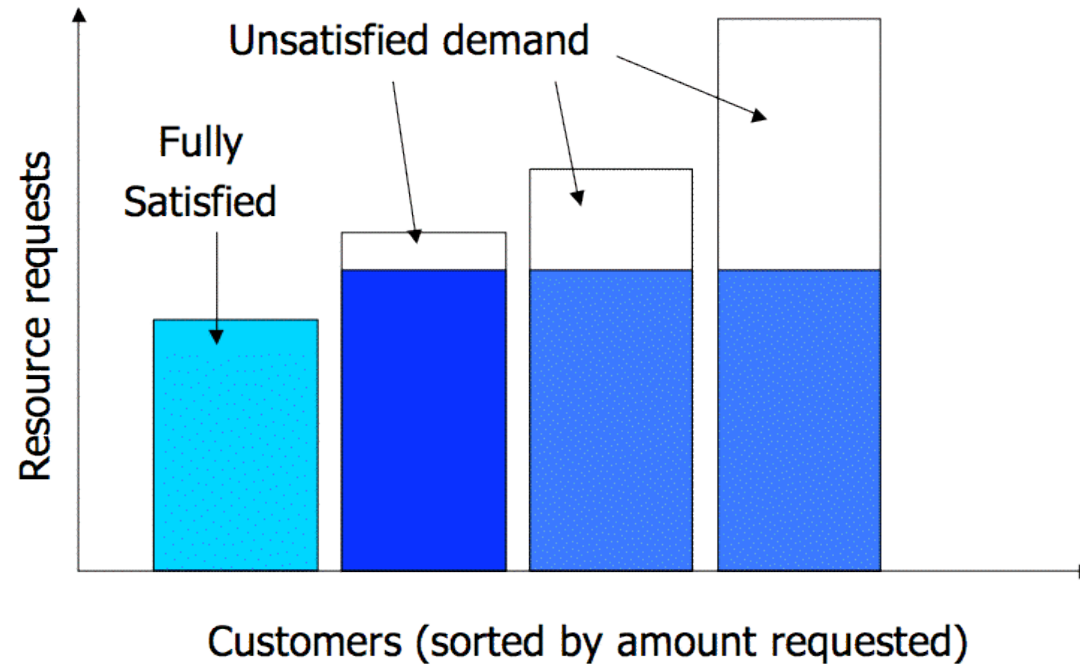
- Si el planificador es conservativo en trabajo (*work-conserving*) entonces

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

- Es independiente del planificador en concreto
- Implica que para reducir el retardo medio de una clase debemos aumentar el de otra(s)

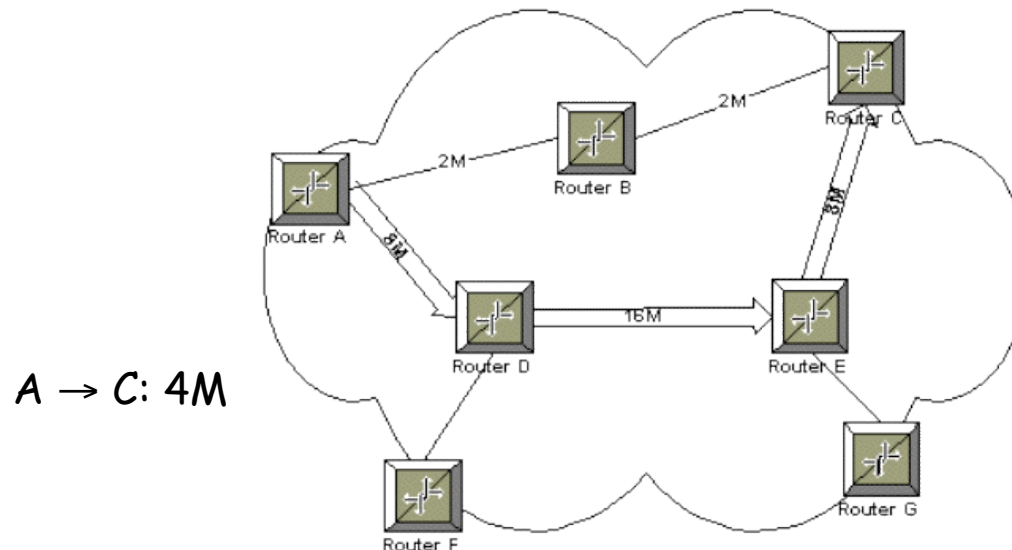
Max-min Fair

- Asignar recursos en orden creciente de demanda
- Ningún cliente recibe más de lo que solicita
- Aquellos cuya demanda no se pueda satisfacer se reparten el remanente del recurso
- Se pueden incluir pesos



QoS Routing

- Encontrar caminos “buenos” para flujos con requisitos específicos de QoS
- Usar la red de forma eficiente: aumentar la probabilidad de aceptar peticiones futuras
- Es complicado:
 - Información precisa sobre el estado de la red es difícil de mantener
 - Calcular caminos que cumplan requisitos de QoS es costoso (computacionalmente hablando)
- *Constraint-based Routing*
 - Calcular caminos teniendo en cuenta no solo QoS sino también políticas

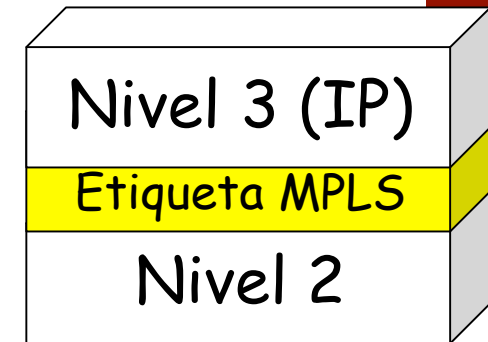


Propuestas del IETF

- **IntServ** (Integrated Services)
 - Filosofía: reserva de recursos
 - Cada router del trayecto ha de tomar nota y efectuar la reserva solicitada
- **DiffServ** (Differentiated Services)
 - Filosofía: priorización de tráfico
 - El usuario marca los paquetes con un determinado nivel de prioridad
 - Los routers van agregando las demandas de los usuarios y propagándolas por el trayecto
 - Esto le da al usuario una confianza razonable de conseguir la QoS solicitada
- Pueden coexistir


MPLS

- Combinación de circuitos virtuales (ATM) e IP
- Añade una etiqueta a los paquetes IP
- Se encamina en función de esa etiqueta
 - Mayor rapidez para tomar las decisiones
 - Requiere establecer antes el camino (*LSP=Label Switched Path*)
- Se dice que es de nivel 2.5
- Puede emplear diferentes tecnologías de nivel 2
- Señalización para establecer los caminos (RSVP-TE)
- Permite hacer *Traffic Engineering*



20 3 1 5 bytes

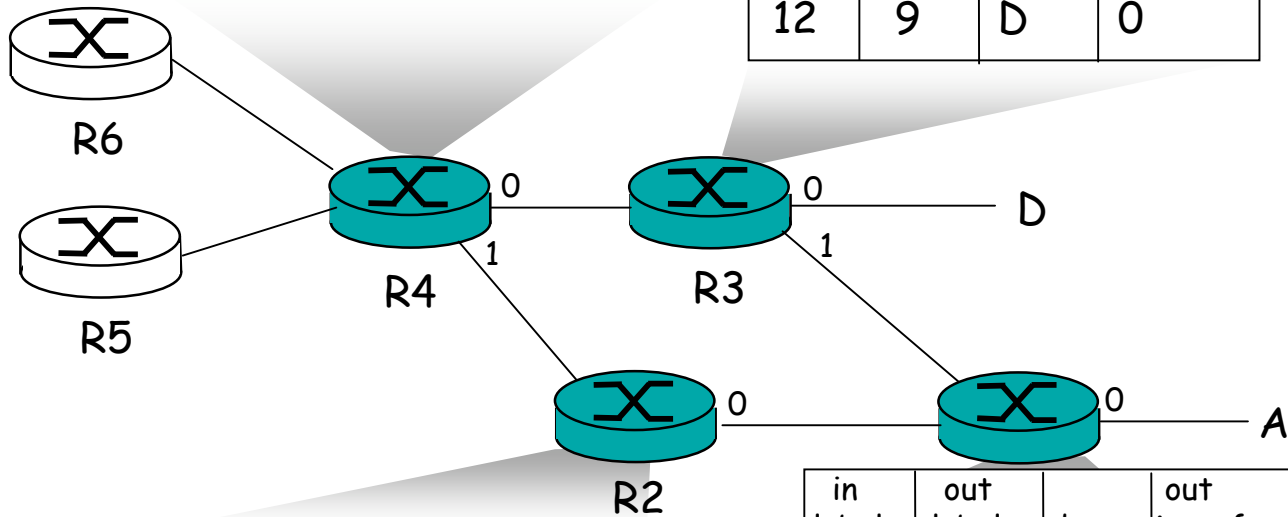
MPLS forwarding tables

LSR (Label Switched Router) : 

LSP = Label Switched Path

in label	out label	dest	out interface
	10	A	0
	12	D	0
	8	A	1

in label	out label	dest	out interface
10	6	A	1
12	9	D	0



in label	out label	dest	out interface
8	6	A	0

in label	out label	dest	out interface
6	-	A	0

Tecnologías y QoS

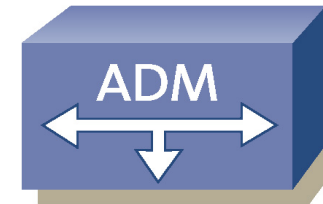
Tecnologías y QoS

Mundo de las operadoras:

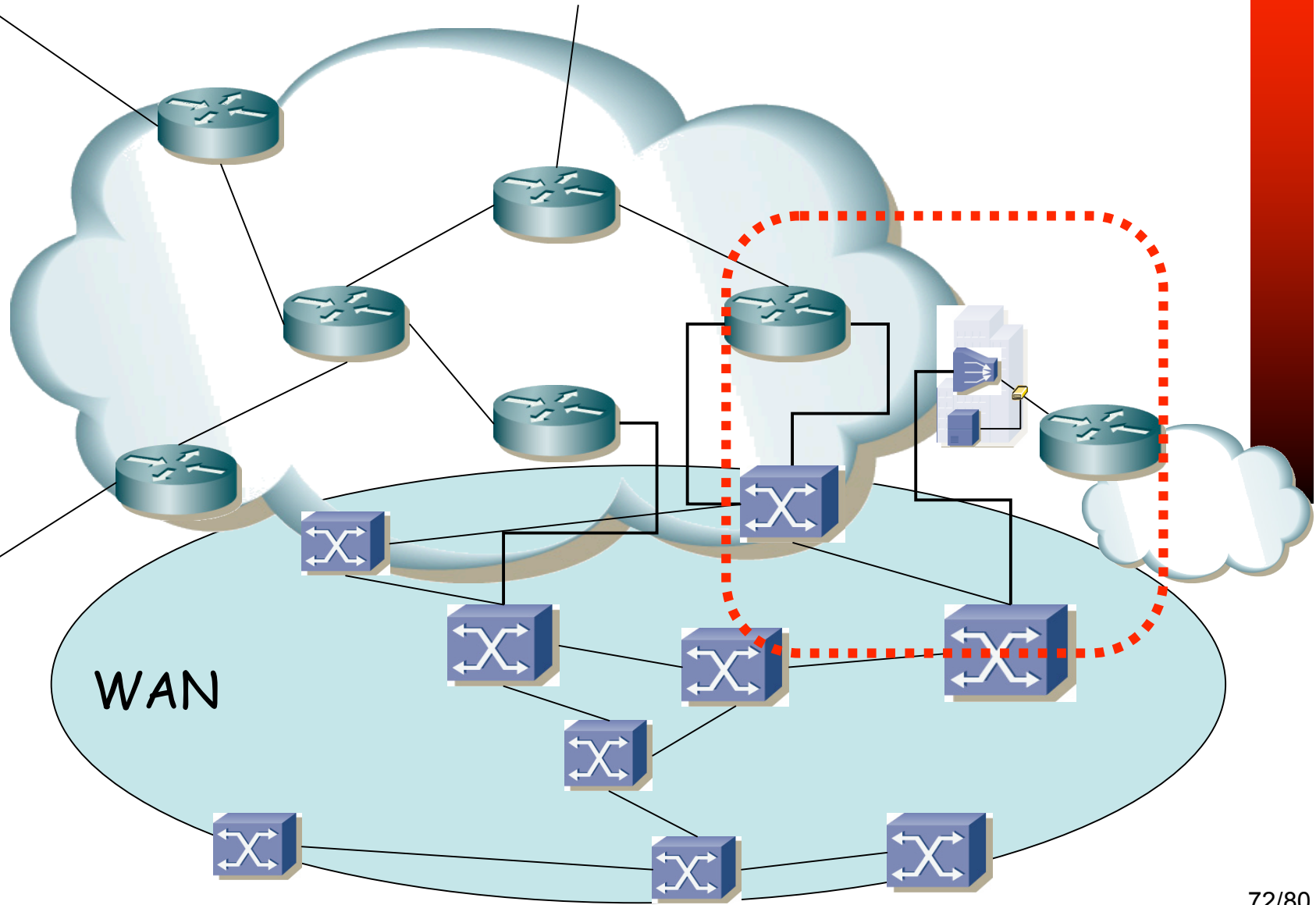
- (Tecnologías de transporte de datos)
- PDH
- Frame Relay
- SONET/SDH
- ATM

Internet:

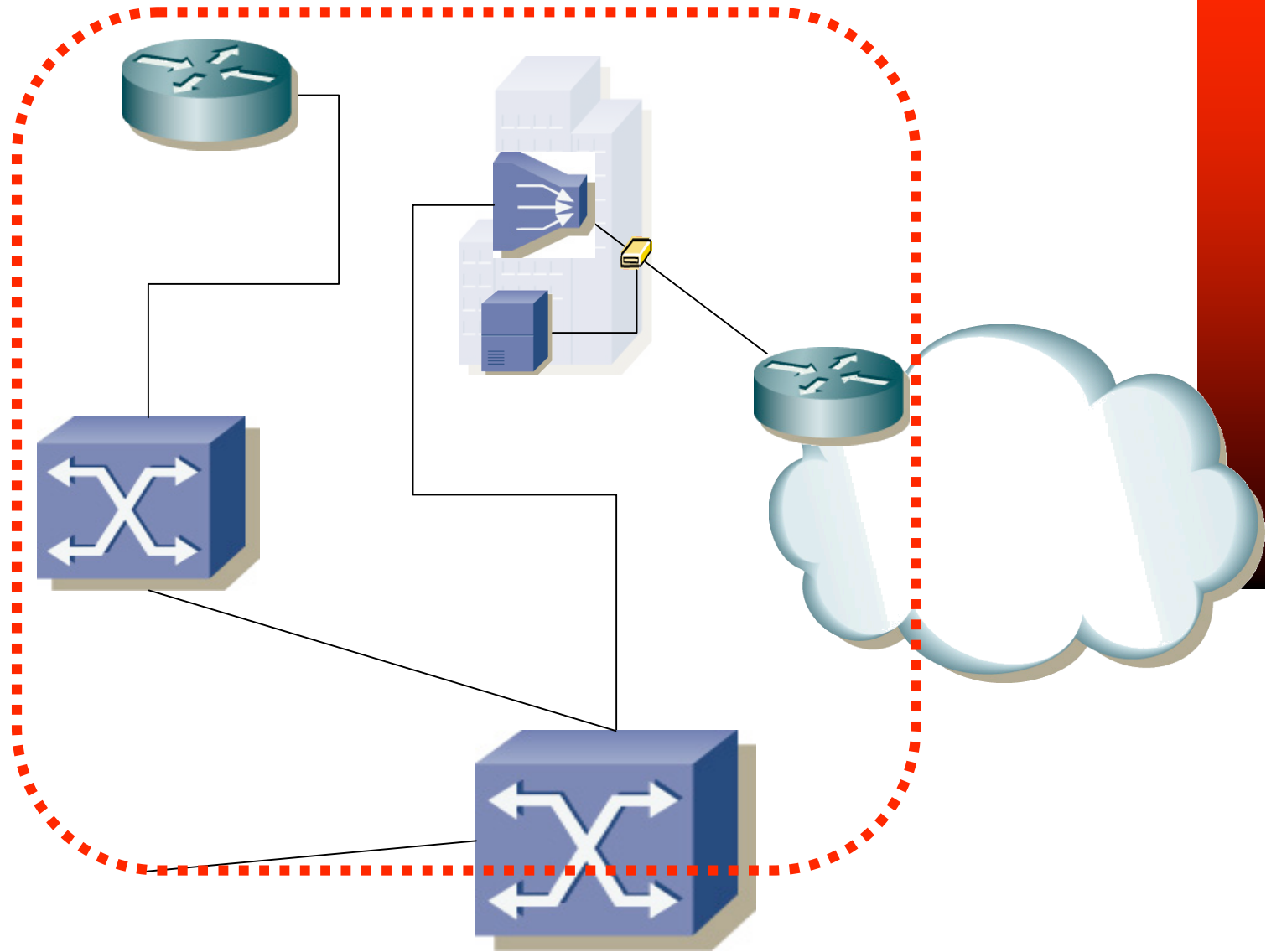
- (IP, que se transportará sobre algo)
- IntServ
- DiffServ
- MPLS



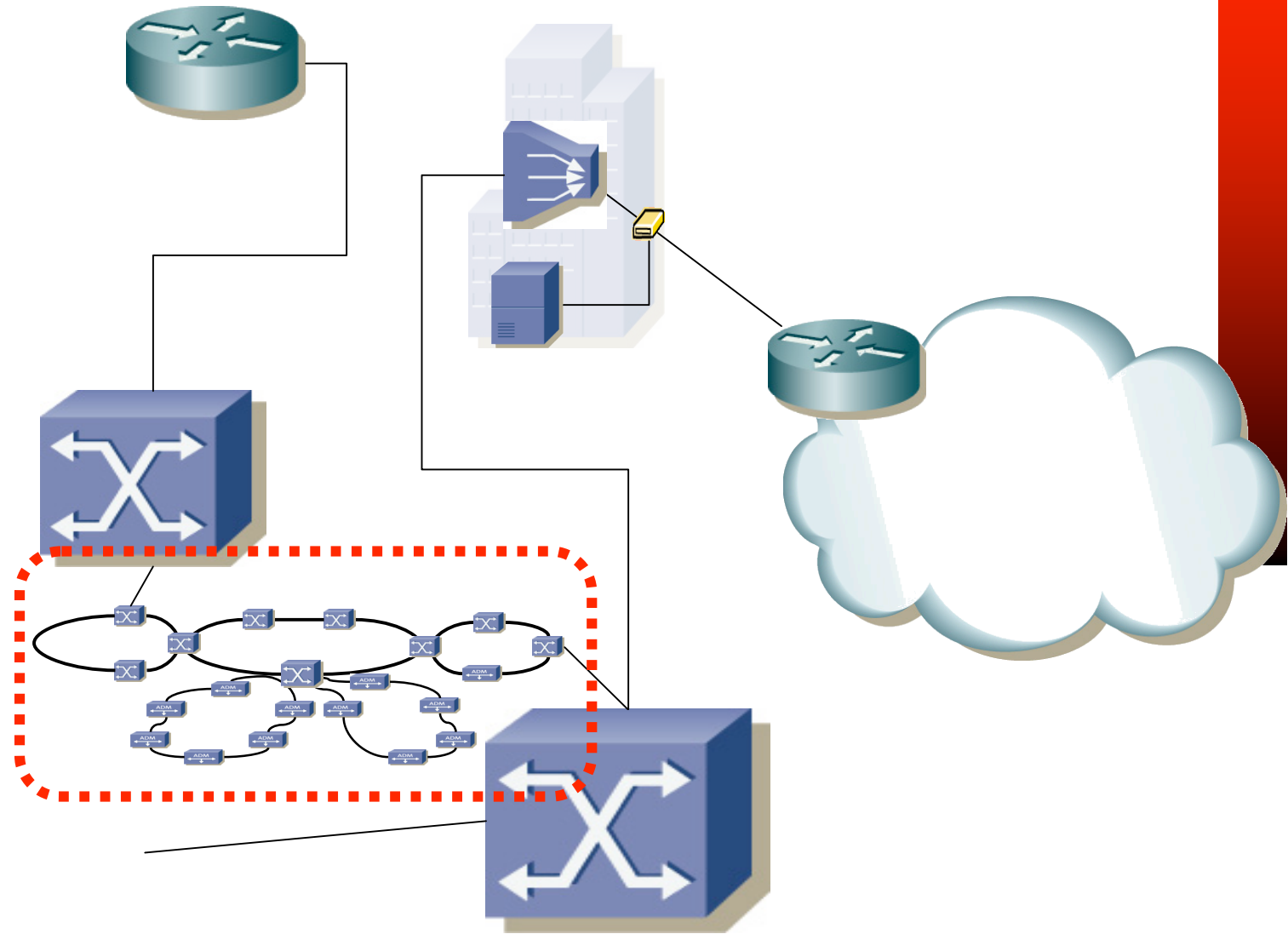
Tecnologías WAN



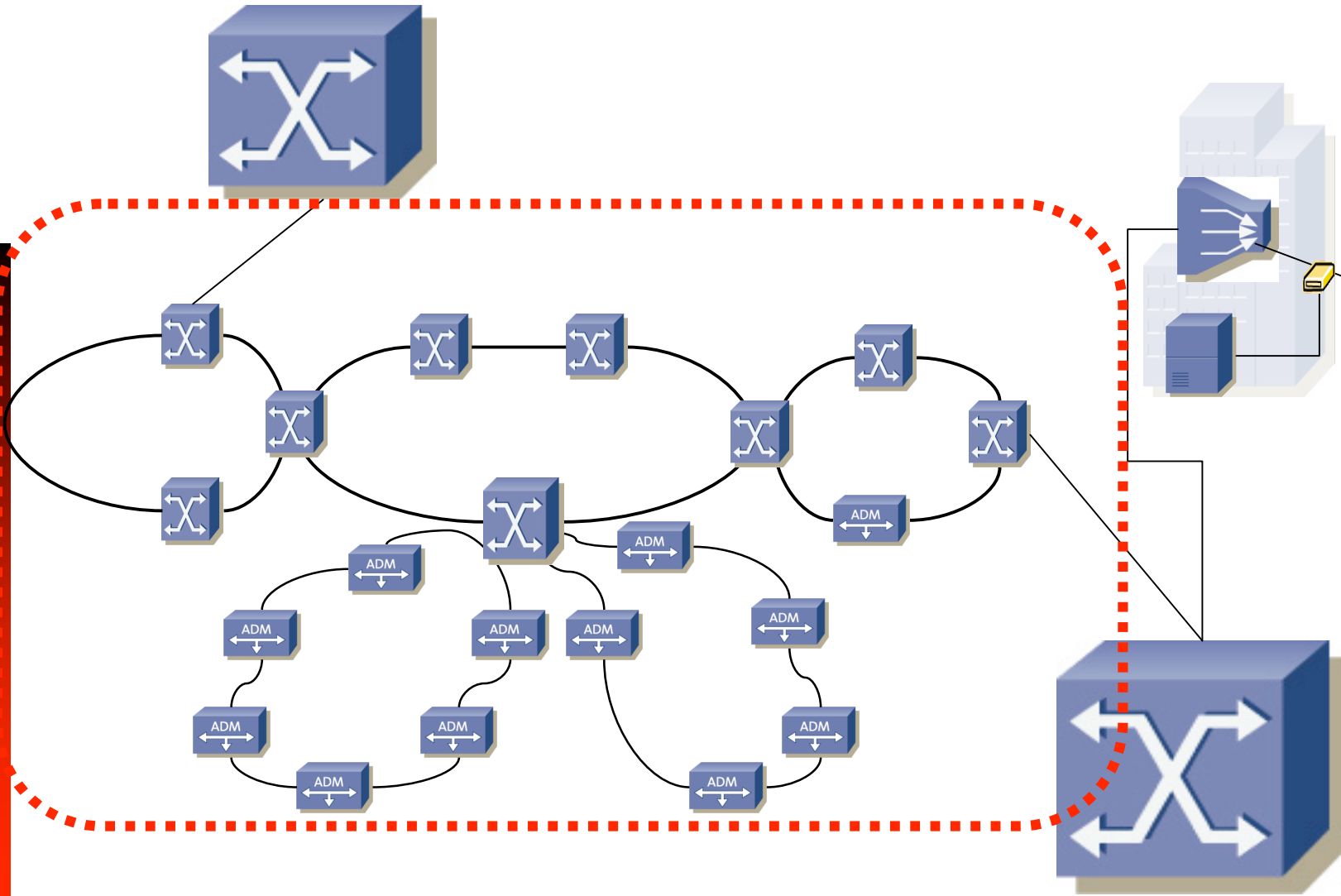
WAN



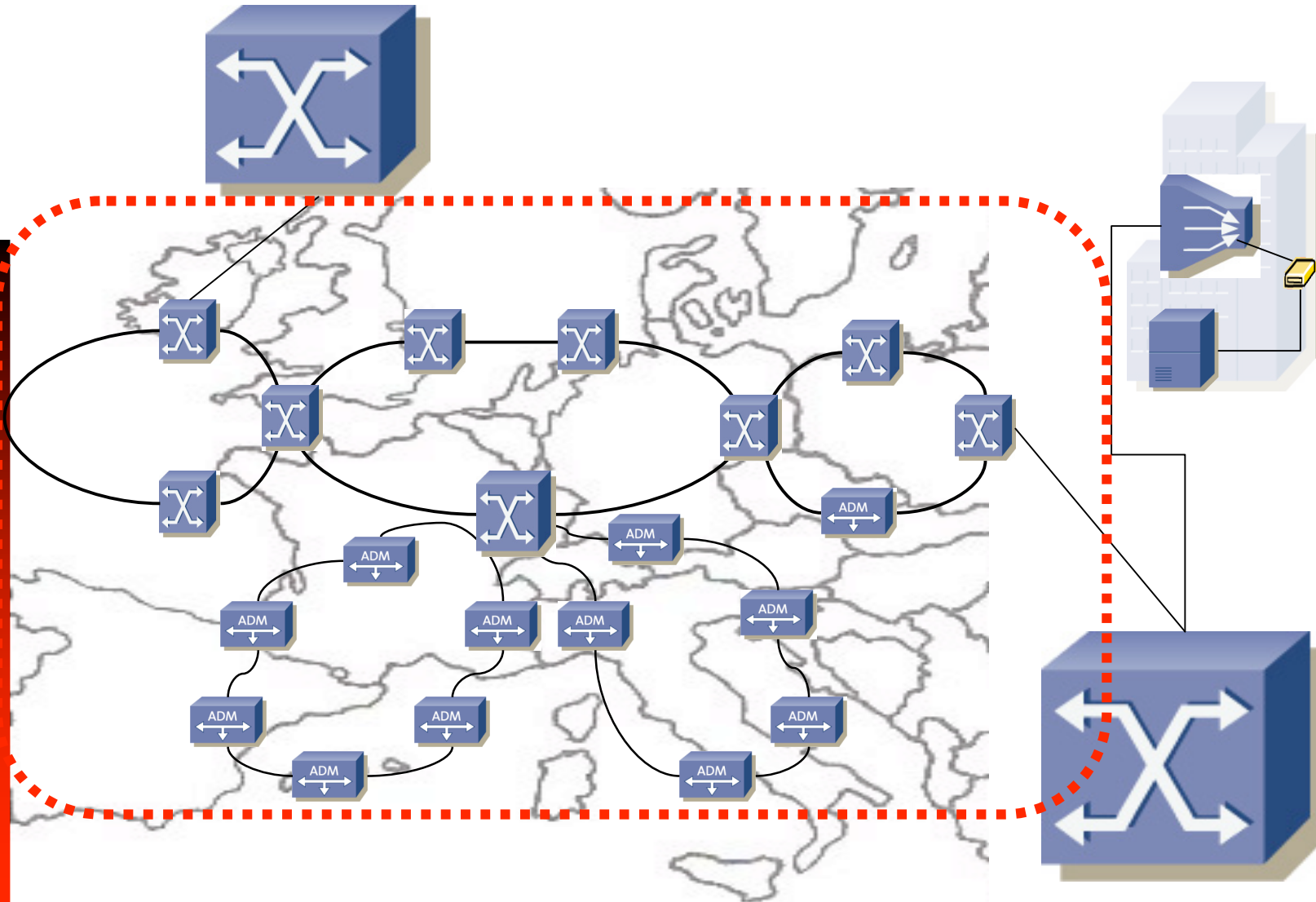
WAN



WAN SDH

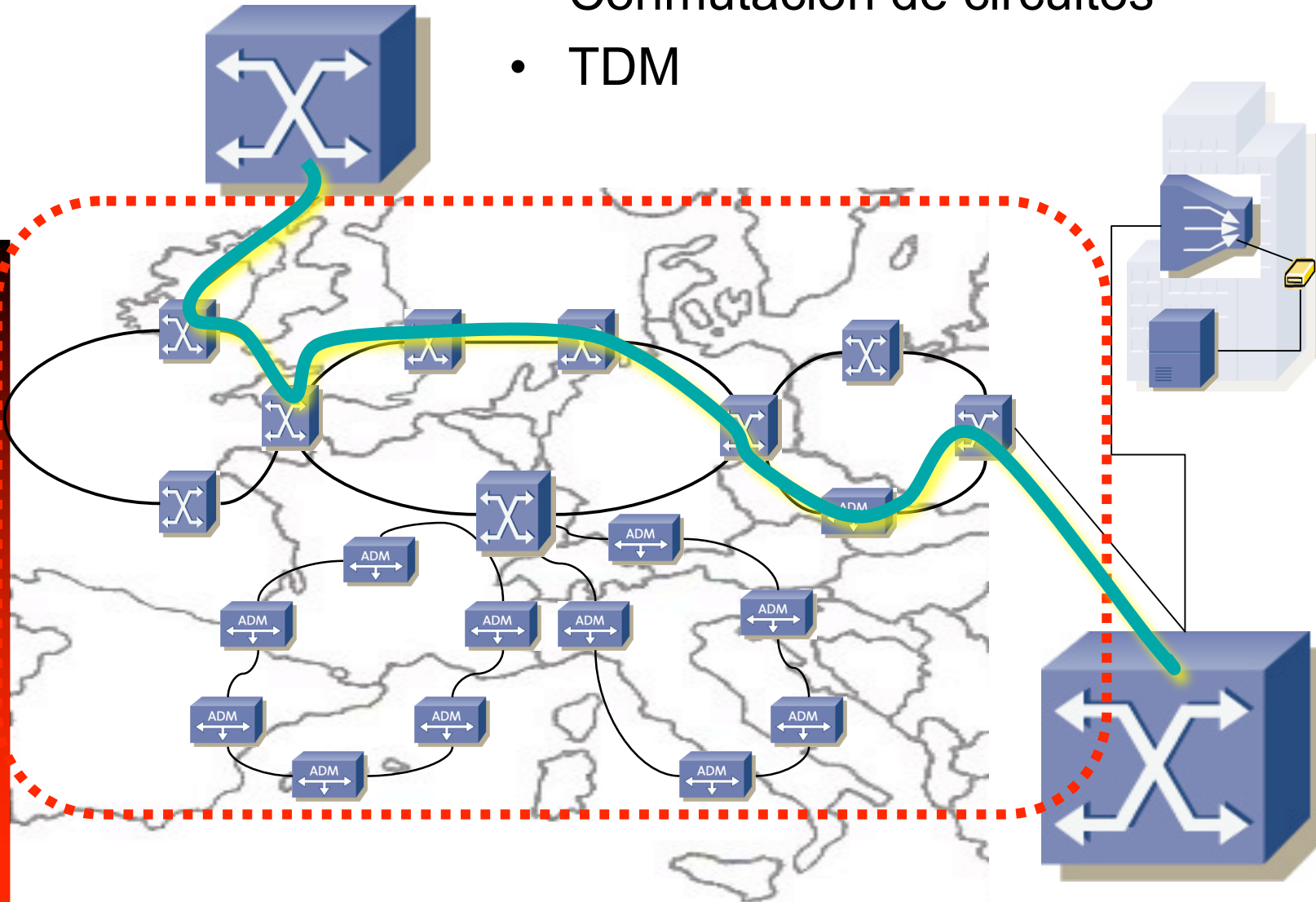


WAN SDH

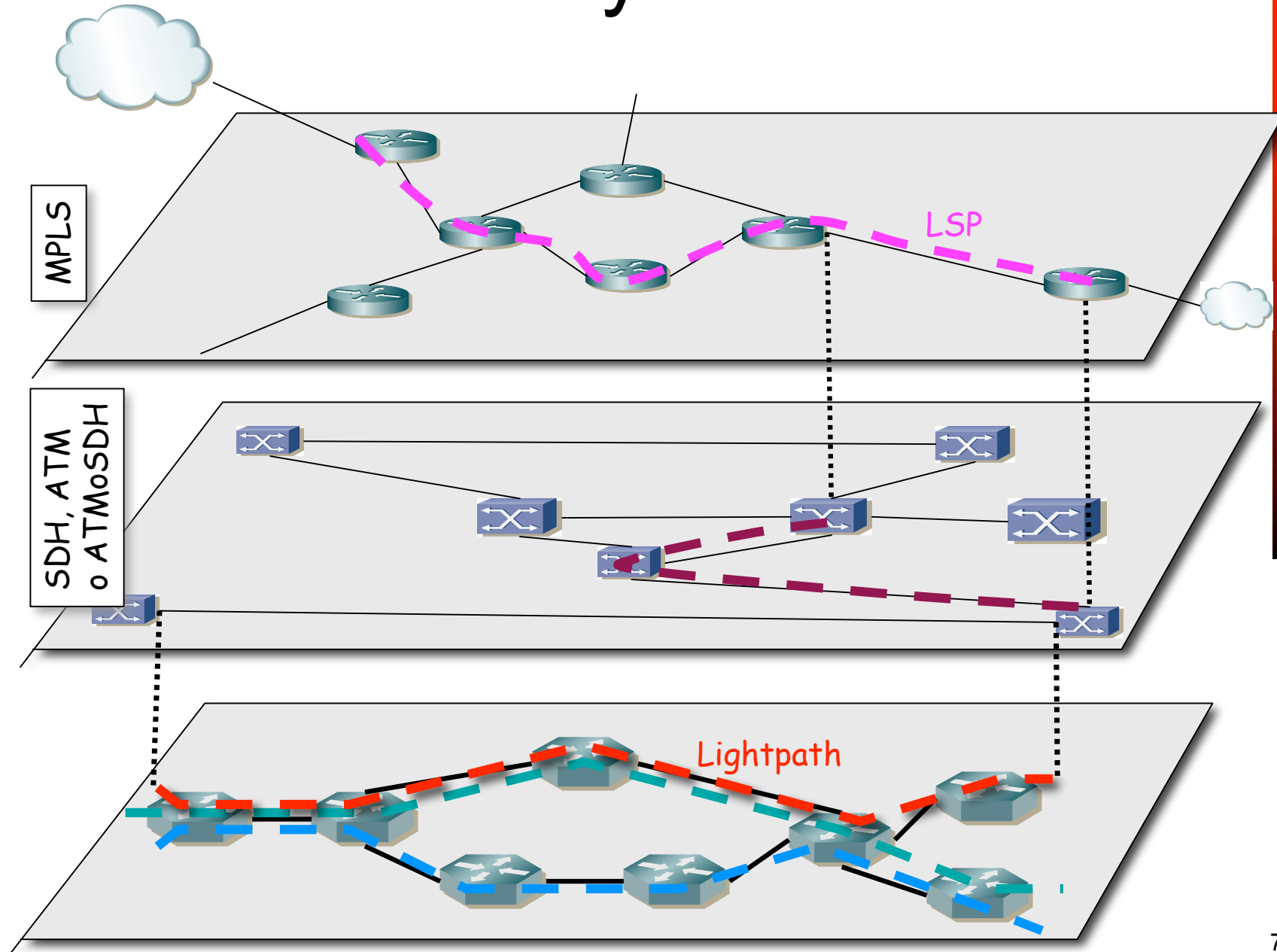


WAN SDH

- Conmutación de circuitos
- TDM

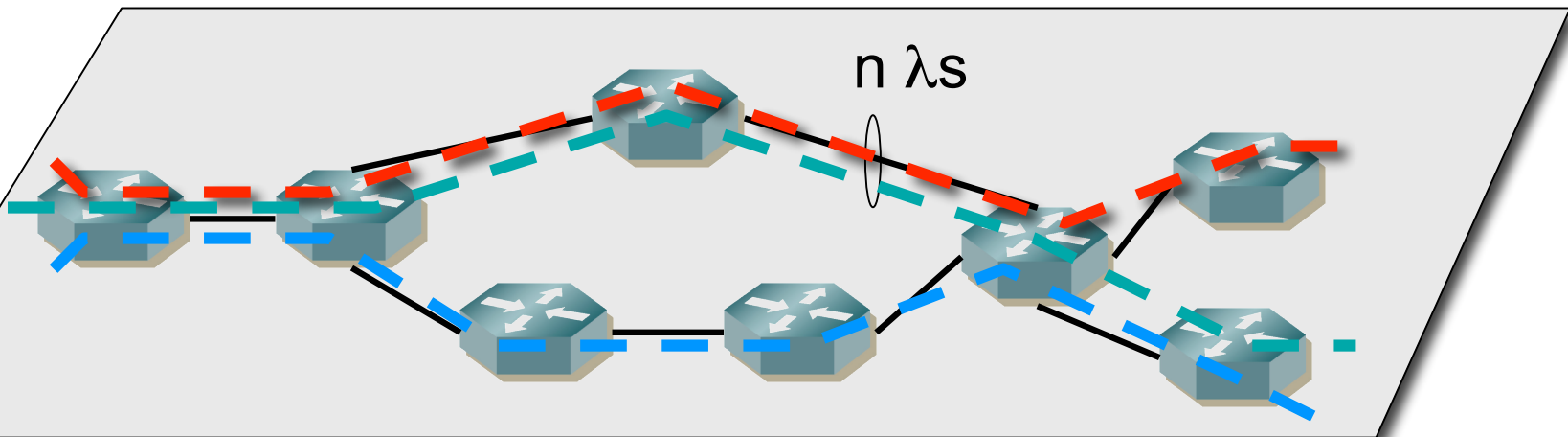
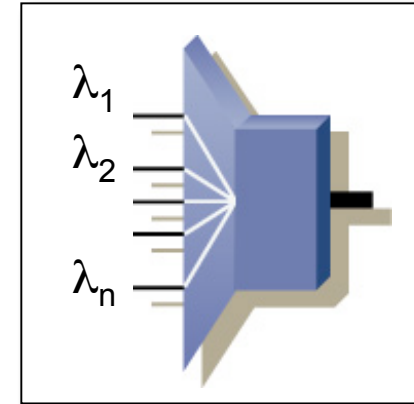


Layers



Lightpaths

- DWDM
- Wavelength routing (. . .)
- OADM : Optical Add Drop Multiplexer
- ROADM : Reconfigurable OADM



Contenido

- Introducción: ¿Streaming?
 - Nos interesa especialmente cuando la transmisión es aproximadamente a la tasa de decodificación
- Características del vídeo y audio
 - Comprimido, comúnmente VBR
 - Ráfagas
- Arquitectura del servicio
 - Servidor centralizado o distribuidos
- Necesidades:
 - En el servidor: esquema para servir reduciendo carga y espera de usuarios
 - En la red: multicast, QoS, depende de las tecnologías empleadas

Streaming

- Introducción -

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

Programa de Tecnologías para la gestión distribuida
de la información