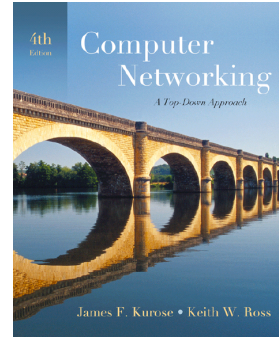


Introducción a las Redes de Computadoras

Capítulo 7 Multimedia Networking



Nota acerca de las transparencias del curso:

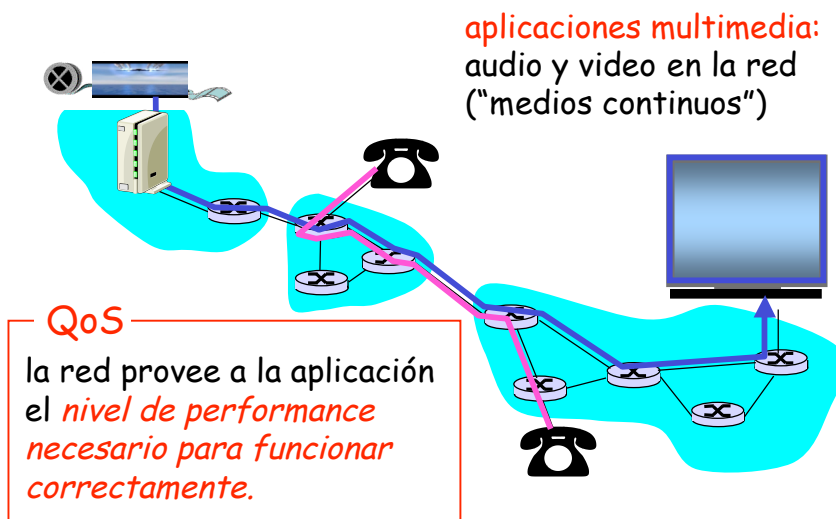
Estas transparencias están basadas en el sitio web que acompaña el libro, y han sido modificadas por los docentes del curso.

All material copyright 1996-2007
J.F. Kurose and K.W. Ross, All Rights Reserved

*Computer Networking: A Top
Down Approach ,
4th edition,
Jim Kurose, Keith Ross
Addison-Wesley, July 2007.*

7: Multimedia Networking 7-1

Multimedia y Calidad de Servicio (QoS): qué es esto?



7: Multimedia Networking 7-2

Capítulo 7: objetivos

Principios

- ❑ clasificación de aplicaciones multimedia
- ❑ identificación de servicios de red necesarios por las aplicaciones
- ❑ haciendo lo mejor posible con el servicio "best effort"

Protocolos y Arquitecturas

- ❑ protocolos específicos para best-effort
- ❑ mecanismos para proveer QoS
- ❑ arquitecturas para QoS

7: Multimedia Networking 7-3

Capítulo 7: agenda

7.1 aplicaciones multimedia en red

7.2 streaming de audio y video almacenado

7.3 haciendo lo mejor posible con el servicio "best effort"

7.4 protocolos para aplicaciones interactivas en tiempo real RTP, RTCP, SIP

7.5 provisión de múltiples clases de servicio

7.6 garantías de QoS

7: Multimedia Networking 7-4

Aplicaciones MM en red

Clases de aplicaciones MM:

- 1) streaming almacenado
- 2) streaming en vivo
- 3) interactivas, tiempo real

Recordar: el **Jitter** es la variación del retardo en los paquetes del mismo flujo (stream)

Características fundamentales:

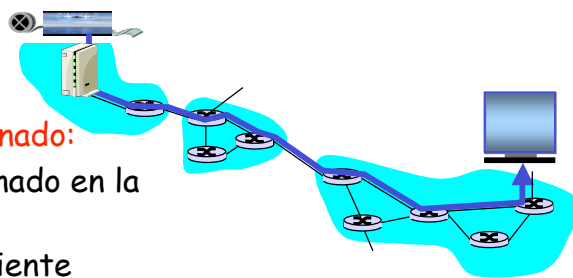
- ❑ típicamente **sensibles al retardo**
 - retardo de extremo a extremo
 - jitter
- ❑ **tolerante a pérdidas:** pérdidas infrecuentes causan "glitches" pequeños
- ❑ son la antítesis de los datos, que son *intolerantes* a las pérdidas, pero *tolerantes* al retardo.

7: Multimedia Networking 7-5

Streaming de multimedia almacenado

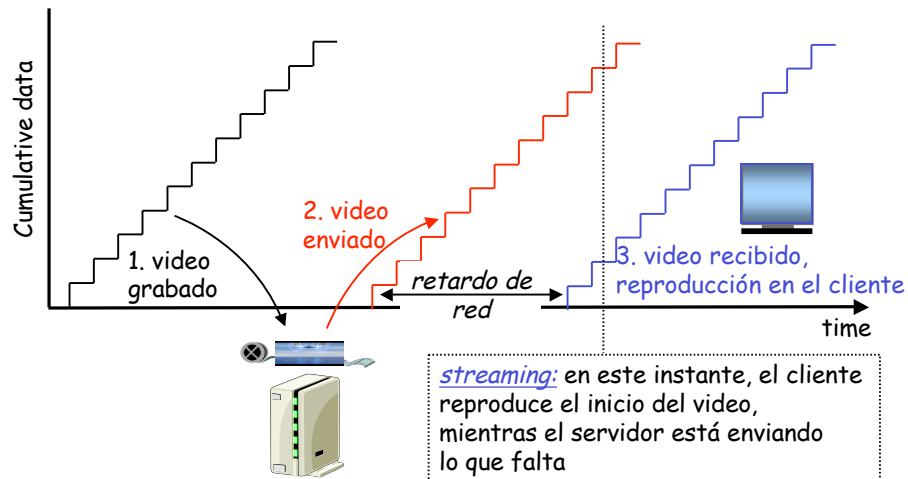
Streaming almacenado:

- ❑ "media" almacenado en la fuente
- ❑ transmitido al cliente
- ❑ **streaming:** la reproducción en el cliente arranca *antes* que llegue toda la información
- ❑ restricción temporal para la información aún no transmitida: *debe llegar a tiempo para la reproducción*



7: Multimedia Networking 7-6

Streaming de multimedia almacenado: detalles...



7: Multimedia Networking 7-7

Streaming de multimedia almacenado : interactividad

-
- ❑ funcionalidad de VCR: el cliente puede usar "pause", "rewind", "FF", etc
 - 10 seg de retardo inicial OK
 - 1-2 seg para que los comandos hagan efecto OK
 - ❑ restricción temporal para la información aún no transmitida: *debe llegar a tiempo para la reproducción*

7: Multimedia Networking 7-8

Streaming multimedia en vivo

Ejemplos:

- ❑ Internet radio
- ❑ evento deportivo

Streaming (igual que en el caso *almacenado*)

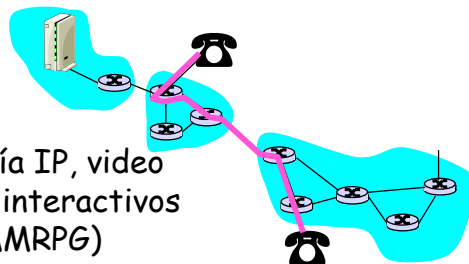
- ❑ buffer de reproducción
- ❑ la reproducción puede estar algunas decenas de segundos atrasada luego de la transmisión
- ❑ igualmente hay restricciones temporales

Interactividad

- ❑ "fast forward": imposible
- ❑ "rewind", "pause": posible!

7: Multimedia Networking 7-9

Multimedia Interactivo en Tiempo Real



- ❑ **aplicaciones:** telefonía IP, video conferencia, "mundos interactivos distribuidos" (SIM, MMRPG)
- ❑ **requerimientos del retardo extremo a extremo:**
 - audio: < 150 mseg bueno, < 400 mseg aceptable
 - incluye retardos de nivel de aplicación (codificación, paquetización) y de red
 - retardos mayores empeoran la experiencia de usuario
- ❑ **inicio de la sesión**
 - cómo se conocen las direcciones IP, puertos, algoritmos de codificación?

7: Multimedia Networking 7-10

Multimedia en la Internet de hoy

TCP/UDP/IP: "best-effort service"

- ❑ **no** hay garantías en retardo, pérdidas...



¿ Pero dijimos que las aplicaciones multimedia requieren QoS para ser efectivas!?



las aplicaciones multimedia usan técnicas de nivel de aplicación para mitigar (lo mejor posible) los efectos del retardo, pérdidas

7: Multimedia Networking 7-11

Cómo debería evolucionar la Internet para soportar mejor los servicios multimedia?

Integrated services:

- ❑ se deben introducir cambios fundamentales en Internet para habilitar reserva de recursos de extremo a extremo a las aplicaciones
- ❑ se requiere software complejo en hosts & routers

"Laissez-faire"

- ❑ no introducir cambios importantes
- ❑ más ancho de banda cuando se necesite
- ❑ distribución de contenido usando multicast de nivel de aplicación
 - Solución de nivel de aplicación

Differentiated services :

- ❑ introducir cambios moderados en la infraestructura de Internet, y soportar al menos dos clases de servicio



¿Qué les parece?

7: Multimedia Networking 7-12

Compresión de audio: mención breve

- ❑ señal analógica muestreada a tasa constante
 - telefonía: 8,000 muestras/seg
 - CD música: 44,100 muestras/seg
- ❑ cada muestra está cuantizada ("redondeada")
 - ej., $2^8=256$ valores cuantizados posibles
- ❑ Cada valor cuantizado representado por bits
 - 8 bits para 256 valores
- ❑ ejemplo: 8,000 muestras/seg, 256 valores --> 64,000 bps
- ❑ el receptor reconvierte los bits a una señal analógica:
 - reducción de calidad

Tasas de ejemplo

- ❑ CD: 1.411 Mbps
- ❑ MP3: 96, 128, 160 kbps
- ❑ telefonía en Internet: 5.3 kbps y más

7: Multimedia Networking 7-13

Compresión de video: mención breve

- ❑ video: secuencia de imágenes mostradas a tasa constante
 - ej. 24 imágenes/seg
- ❑ imagen digital: array de píxeles
 - cada pixel representado por bits
- ❑ redundancia
 - espacial (dentro de la imagen)
 - temporal (entre una imagen y la siguiente)

Ejemplos:

- ❑ MPEG 1 (CD-ROM) 1.5 Mbps
- ❑ MPEG2 (DVD) 3-6 Mbps
- ❑ MPEG4 (usado en Internet, < 1 Mbps)

Investigación:

- ❑ video en capas (escalable)
 - adaptar capas al ancho de banda disponible

7: Multimedia Networking 7-14

Capítulo 7: agenda

7.1 aplicaciones multimedia en red

7.2 streaming de audio y video almacenado

7.3 haciendo lo mejor posible con el servicio "best effort"

7.4 protocolos para aplicaciones interactivas en tiempo real
RTP, RTCP, SIP

7.5 provisión de múltiples clases de servicio

7.6 garantías de QoS

7: Multimedia Networking 7-15

Streaming Multimedia almacenado

Técnicas de streaming a nivel de aplicación para hacer el mejor uso posible del servicio best effort:

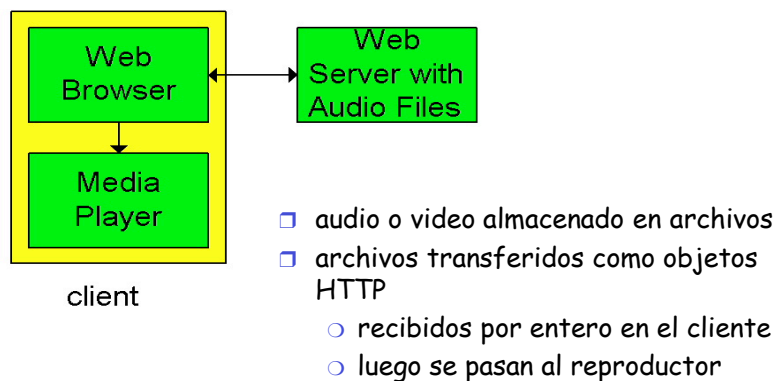
- buffering en el cliente
- usar UDP versus TCP
- múltiples codificaciones de la información multimedia

Media Player

- remover jitter
- descomprimir
- ocultar errores
- GUI c/controles --> interactividad

7: Multimedia Networking 7-16

Multimedia en Internet: técnica simplista

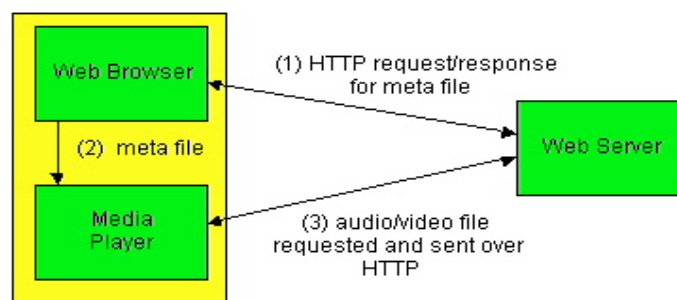


No hay streaming:

- gran retardo hasta la reproducción!

7: Multimedia Networking 7-17

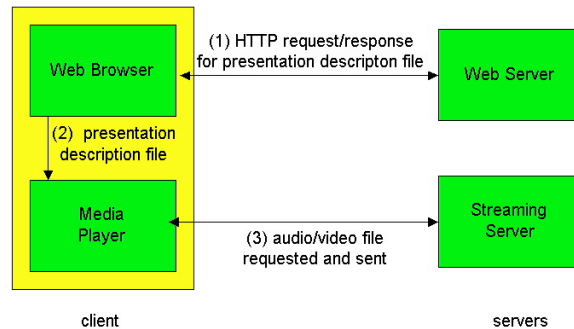
Multimedia en Internet: streaming



- browser: GET **metafile**
- browser lanza el reproductor y le pasa el metafile
- reproductor contacta el servidor
- servidor hace **streaming** de audio/video al reproductor

7: Multimedia Networking 7-18

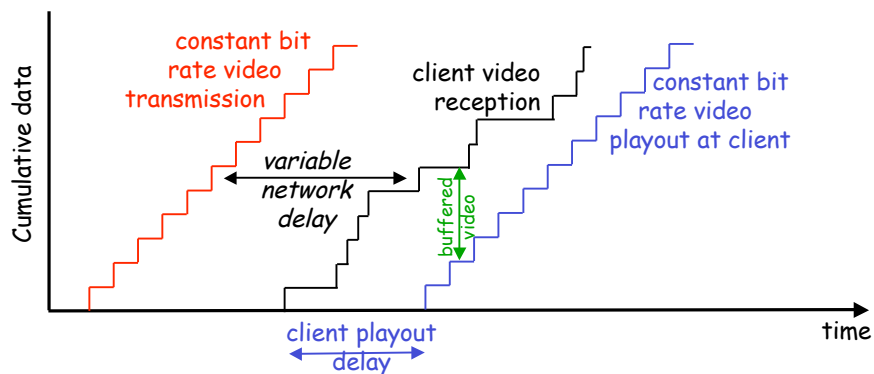
Streaming desde un servidor específico



- permite utilizar protocolos diferentes a HTTP
- UDP o TCP para el paso (3)

7: Multimedia Networking 7-19

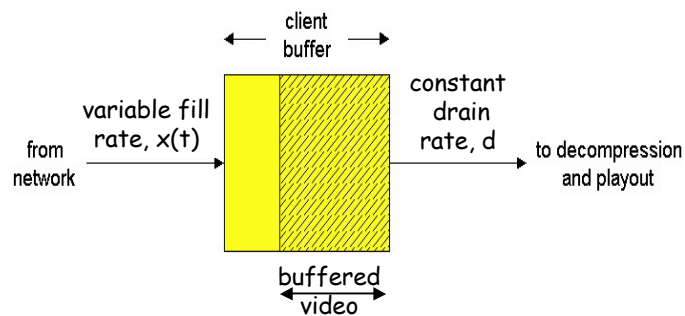
Streaming Multimedia: Buffering en el Cliente



- el buffering en el cliente compensa el jitter y el retardo de red, sumando más retardo a la reproducción

7: Multimedia Networking 7-20

Streaming Multimedia: Buffering en el Cliente



- el buffering en el cliente compensa el jitter y el retardo de red, sumando más retardo a la reproducción

7: Multimedia Networking 7-21

Streaming Multimedia: UDP o TCP?

UDP

- servidor transmite a la tasa apropiada para el cliente (sin tener en cuenta la congestión de red!)
 - típicamente la tasa de transmisión = tasa de codificación = constante
 - luego, tasa de llenado = tasa constante - pérdidas
- retardo de reproducción corto (2-5 segs) para remover jitter
- recuperación de errores: limitada por el tiempo

TCP

- transmisión a la máxima tasa posible sobre TCP
- la tasa de llenado es fluctuante debido al control de congestión de TCP
- retardo de reproducción largo: suaviza la tasa de entrega de TCP
- pero... HTTP/TCP pasa mejor a través de firewalls

7: Multimedia Networking 7-22

Streaming Multimedia: tasa(s) en el cliente



P: cómo manejar las diferentes tasas de recepción de los clientes?

- 28.8 Kbps discado
- 100 Mbps Ethernet

A: el servidor transmite múltiples copias codificadas a tasas diferentes

7: Multimedia Networking 7-23

Control del Streaming: RTSP

HTTP

- ❑ inadecuado para contenido multimedia
- ❑ sin comandos "fast forward", etc.

RTSP: RFC 2326

- ❑ protocolo cliente-servidor de capa de aplicación
- ❑ control de usuario: rewind, fast forward, pause, resume, repositioning, etc...

Lo que NO hace:

- ❑ no define como se encapsula el audio/video para el streaming en la red
- ❑ no restringe el tipo de transporte (UDP o TCP posible)
- ❑ no especifica el mecanismo de buffer de audio/video para el reproductor

7: Multimedia Networking 7-24

RTSP: control "fuera de banda"

FTP usa un canal de control "fuera de banda":

- ❑ archivo transferido sobre una conexión TCP
- ❑ información de control (cambios de directorio, borrar y renombrar archivos) enviada en una conexión TCP separada
- ❑ canales "dentro y fuera de banda" (in-band, out-of-band) usan distintos puertos

los mensajes RTSP también se envían fuera de banda:

- ❑ mensajes de control RTSP usan puerto diferente al streaming
 - puerto 554
- ❑ "media stream" se considera "dentro de banda"

7: Multimedia Networking 7-25

Ejemplo RTSP

Escenario:

- ❑ metafile enviado al browser
- ❑ browser lanza el reproductor
- ❑ Reproductor establece una conexión de control RTSP y una conexión de datos con el servidor de streaming

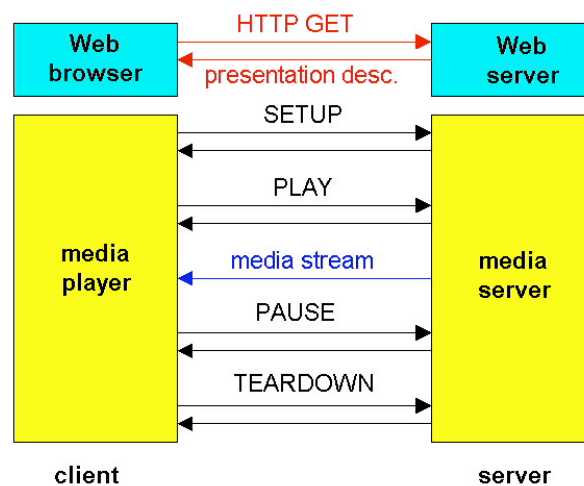
7: Multimedia Networking 7-26

Metafile: ejemplo

```
<title>Twister</title>
<session>
  <group language=en lipsync>
    <switch>
      <track type=audio
        e="PCMU/8000/1"
        src = "rtsp://audio.example.com/twister/audio.en/lofi">
      <track type=audio
        e="DVI4/16000/2" pt="90 DVI4/8000/1"
        src="rtsp://audio.example.com/twister/audio.en/hifi">
    </switch>
  <track type="video/jpeg"
    src="rtsp://video.example.com/twister/video">
</group>
</session>
```

7: Multimedia Networking 7-27

RTSP: operación



7: Multimedia Networking 7-28

RTSP: ejemplo de sesión

C: SETUP rtsp://audio.example.com/twister/audio RTSP/1.0
Transport: rtp/udp; compression; port=3056; mode=PLAY

S: RTSP/1.0 200 1 OK
Session: 4231

C: PLAY rtsp://audio.example.com/twister/audio.en/lofi RTSP/1.0
Session: 4231
Range: npt=0-

C: PAUSE rtsp://audio.example.com/twister/audio.en/lofi RTSP/1.0
Session: 4231
Range: npt=37

C: TEARDOWN rtsp://audio.example.com/twister/audio.en/lofi RTSP/1.0
Session: 4231

S: 200 3 OK

7: Multimedia Networking 7-29

Capítulo 7: agenda

7.1 aplicaciones multimedia
en red

7.2 streaming de audio y
video almacenado

7.3 haciendo lo mejor
posible con el servicio
"best effort"

7.4 protocolos para
aplicaciones interactivas
en tiempo real
RTP, RTCP, SIP

7.5 provisión de
múltiples clases de
servicio

7.6 garantías de QoS

7: Multimedia Networking 7-30

Aplicaciones interactivas en tiempo real

- ❑ PC-2-PC phone
 - Skype
- ❑ PC-2-phone
 - Dialpad
 - Net2phone
 - Skype
- ❑ Videoconferencia con webcams
 - Skype
 - Polycom

veremos un ejemplo
de "PC-2-PC
Internet phone" en
detalle

7: Multimedia Networking 7-31

Multimedia interactiva: Internet Phone

Veamos un ejemplo

- ❑ Conversación: persona alterna períodos en que habla y períodos de silencio
 - 64 kbps mientras habla
 - solamente se generan paquetes mientras la persona habla
 - si consideramos "trozos" de 20 mseg: a 8 Kbytes/seg se generan 160 bytes de datos
- ❑ Se agrega encabezado de capa de aplicación a cada trozo
- ❑ trozo+encabezado encapsulado en segmento UDP
- ❑ la aplicación envía un segmento UDP al socket cada 20 mseg en cada período que la persona habla

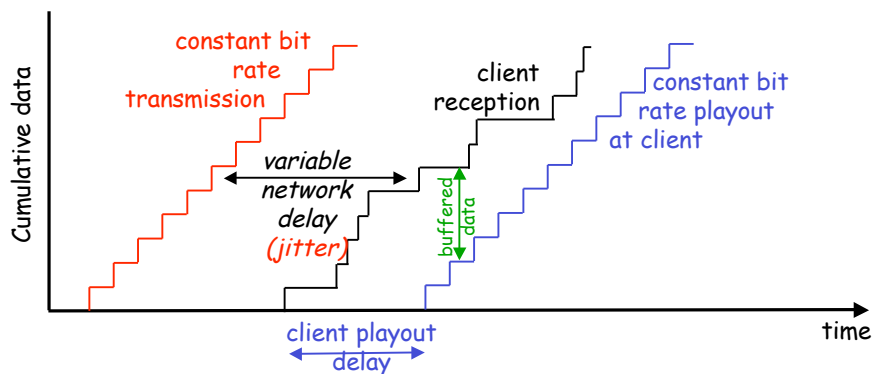
7: Multimedia Networking 7-32

Internet Phone: pérdidas y retardo

- ❑ **pérdida en la red:** datagrama IP perdido debido a congestión de red (buffer overflow en router)
- ❑ **pérdida por retardo:** datagrama IP llega demasiado tarde al reproductor en el receptor
 - retardos: procesamiento, queueing en la red, más retardos en los end-system (emisor, receptor)
 - retardo máximo tolerable (típico): 400 ms
- ❑ tolerancia a pérdidas: dependiendo de la codificación de la voz, las pérdidas pueden ocultarse; se pueden tolerar tasas de pérdidas entre 1% y 10%

7: Multimedia Networking 7-33

Jitter



- ❑ si consideramos el retardo de extremo a extremo para dos paquetes consecutivos: la diferencia puede ser mayor o menor a 20 mseg (diferencia en tiempo de transmisión)

7: Multimedia Networking 7-34

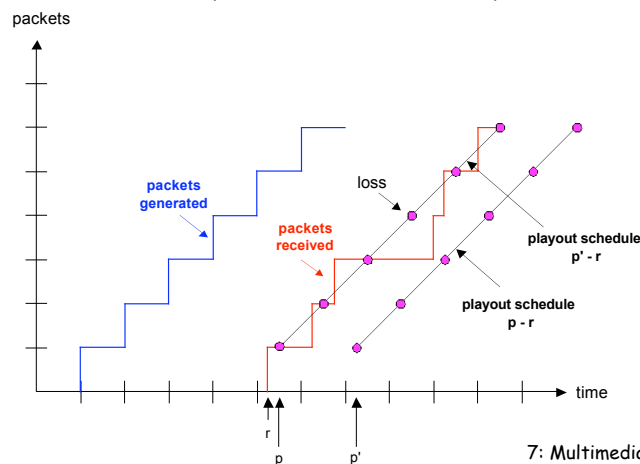
Internet Phone: retardo de reproducción fijo

- el receptor intenta reproducir cada trozo exactamente q msecs después que fue generado
 - trozo con time-stamp t : reproducción en $t+q$
 - Si el trozo llega después que $t+q$: demasiado tarde para la reproducción, datos "perdidos"
- balance en la elección de q :
 - q grande: menores pérdidas
 - q pequeño: mejor experiencia interactiva

7: Multimedia Networking 7-35

Retardo de reproducción fijo

- emisor genera paquetes cada 20 mseg mientras se habla.
- primer paquete recibido en tiempo r
- alternativa 1: reproducción arranca en p
- alternativa 2: reproducción arranca en p'



7: Multimedia Networking 7-36

Retardo de reproducción adaptivo

- **Objetivo:** minimizar el retardo de reproducción, manteniendo baja la tasa de pérdida
- **Estrategia:** ajuste adaptivo de retardo de reproducción:
 - estimar retardo en la red, ajustar el retardo de reproducción para cada ráfaga hablada
 - períodos de silencio comprimidos y "estirados"
 - Trozos reproducidos cada 20 mseg en cada ráfaga hablada

t_i = timestamp of the i th packet

r_i = the time packet i is received by receiver

p_i = the time packet i is played at receiver

$r_i - t_i$ = network delay for i th packet

d_i = estimate of average network delay after receiving i th packet

estimación dinámica del retardo medio en el receptor:

$$d_i = (1 - u)d_{i-1} + u(r_i - t_i)$$

donde u es una constante fija (ej., $u = .01$).

7: Multimedia Networking 7-37

Retardo de reproducción adaptivo

- también es útil estimar la desviación estándar del retardo, v_i :

$$v_i = (1 - u)v_{i-1} + u|r_i - t_i - d_i|$$

- se estima d_i , v_i se calcula para cada paquete recibido (pero se usa solo en al inicio de una ráfaga hablada)

- para el primer paquete en una ráfaga hablada, el retardo de reproducción es:

$$p_i = t_i + d_i + Kv_i$$

donde K es una constante positiva

- el resto de los paquetes de la ráfaga se reproducen periódicamente

7: Multimedia Networking 7-38

Retardo de reproducción adaptivo

- P:** cómo determinar el primer paquete en una ráfaga hablada?
- ❑ si no hay pérdidas, alcanza con mirar timestamps sucesivas
 - si la diferencia es > 20 mseg $\rightarrow$ inicio de ráfaga
 - ❑ si hay pérdidas, hay que mirar los timestamps y *los números de secuencia*
 - si la diferencia de timestamps es > 20 mseg y los números de secuencia no tienen huecos $\rightarrow$ inicio de ráfaga

7: Multimedia Networking 7-39

Recuperación ante pérdidas de paquetes

Forward Error Correction (FEC): esquema simple

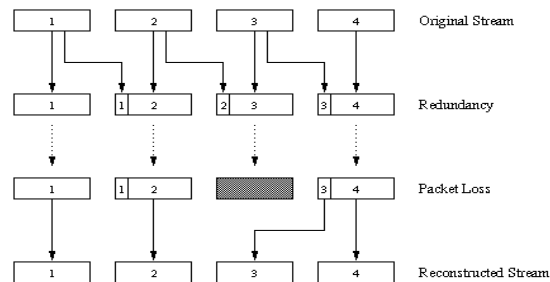
- ❑ Para cada grupo de n trozos genera un trozo redundante haciendo el OR EXCLUSIVO de dichos trozos
- ❑ se envían $n+1$ trozos, aumentando el ancho de banda en un factor $1/n$
- ❑ permite reconstruir los n trozos originales si se pierde uno (máximo) de los $n+1$
- ❑ retardo de reproducción: tiempo de recepción de los $n+1$ paquetes
- ❑ balance:
 - aumentar n , menos "desperdicio" de ancho de banda
 - aumentar n , más retardo de reproducción
 - aumentar n , mayor probabilidad de perder dos o más trozos

7: Multimedia Networking 7-40

Recuperación ante pérdidas de paquetes

FEC: 2o esquema

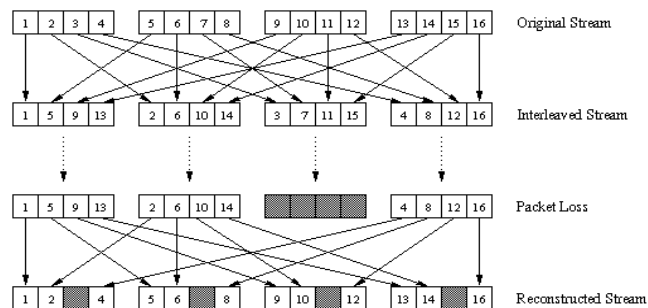
- "piggyback de stream de menor calidad"
- envía stream de audio de baja resolución como información redundante
- ej., stream PCM nominal a 64 kbps y stream GSM redundante a 13 kbps



- siempre que no haya pérdidas consecutivas, el receptor puede recuperarse
- se combate agregando streams de baja resolución a los trozos (n-1), (n-2),

7: Multimedia Networking 7-41

Recuperación ante pérdidas de paquetes



Interleaving

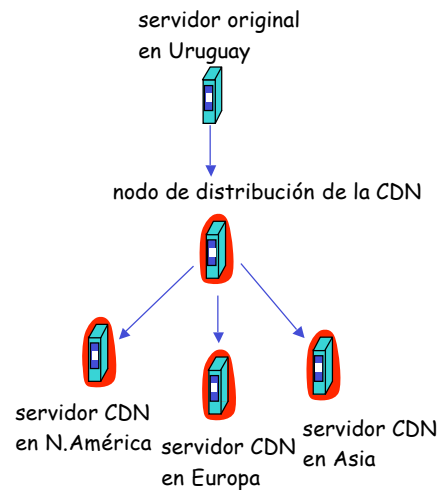
- trozos divididos en unidades más pequeñas
- p. ej. cuatro unidades de 5 mseg por trozo
- c/paquete contiene unidades de diferentes trozos
- si hay pérdidas de paquetes, aún se recibe la mayor parte de c/trozo
- no hay overhead de redundancia, pero se incrementa el retardo de reproducción

7: Multimedia Networking 7-42

Content distribution networks (CDNs)

Replicación del contenido

- ❑ stream de archivos grandes (ej., video) desde un único servidor original en tiempo real?
- ❑ *solución:* replicar contenido en cientos de servidores a través de la Internet
 - el contenido se descarga a los servidores de la CDN por adelantado
 - *localizar el contenido "cerca" del usuario evita problemas (pérdidas, retardo) del envío sobre caminos largos en la red*
 - servidor CDN localizado típicamente en la red de borde/acceso

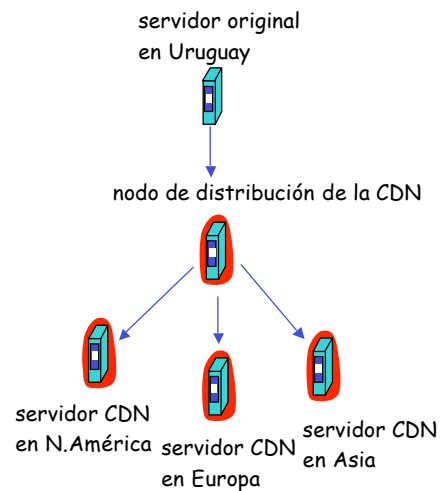


7: Multimedia Networking 7-43

Content distribution networks (CDNs)

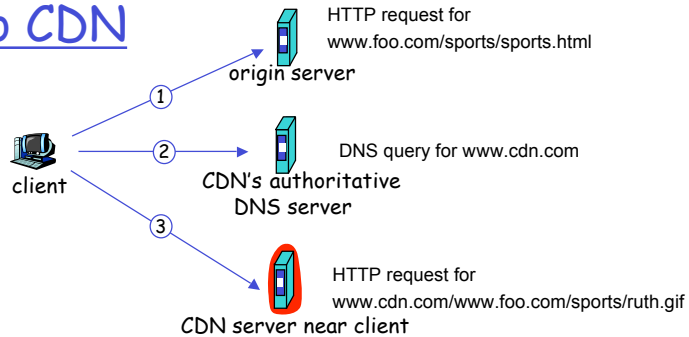
Replicación del contenido

- ❑ el cliente de la CDN (ej., Akamai) es un proveedor de contenido (ej., CNN)
- ❑ CDN replica el contenido del cliente en los servidores de la CDN
- ❑ cuando el proveedor actualiza el contenido, CDN actualiza servidores



7: Multimedia Networking 7-44

Ejemplo CDN



servidor original (www.foo.com) compañía CDN (cdn.com)

- ❑ distribuye HTML
 - ❑ reemplaza:
http://www.foo.com/sports.ruth.gif
por
http://www.cdn.com/www.foo.com/sports/ruth.gif
- ❑ distribuye archivos gif
 - ❑ usa sus servidores
DNS autoritativos
para redirigir pedidos

7: Multimedia Networking 7-45

Algo más sobre CDNs ...

routing requests

- ❑ CDN crea un "mapa", indicando distancias entre ISPs "hojas" y nodos de la CDN
- ❑ cuando llega un "query" al DNS autoritativo:
 - el servidor determina el ISP origen de la "query"
 - usa el "mapa" para determinar el mejor servidor de la CDN
- ❑ los nodos de la CDN crean "red overlay" de capa de aplicación

7: Multimedia Networking 7-46

Resumen de Internet Multimedia: "un montón de trucos"

- ❑ **usar UDP** evita los retardos introducidos por los mecanismos de control de congestión de TCP para tráfico "time-sensitive"
- ❑ en el cliente **retardo adaptivo de reproducción**: para compensar retardo
- ❑ en el servidor **se diferencia el ancho de banda del stream** de acuerdo al ancho de banda disponible en el camino cliente-servidor
 - elegir entre tasas de streams pre-codificadas
 - tasa de codificación dinámica
- ❑ **recuperación ante errores (sobre UDP)**
 - FEC, interleaving, error concealment
 - retransmisiones
- ❑ **CDN**: acerca el contenido a los clientes

7: Multimedia Networking 7-47

Chapter 7: agenda

- | | |
|--|---|
| 7.1 aplicaciones multimedia en red | 7.5 provisión de múltiples clases de servicio |
| 7.2 streaming de audio y video almacenado | 7.6 garantías de QoS |
| 7.3 haciendo lo mejor posible con el servicio "best effort" | |
| 7.4 protocolos para aplicaciones interactivas en tiempo real
RTP, RTCP, SIP | |

7: Multimedia Networking 7-48

Real-Time Protocol (RTP)

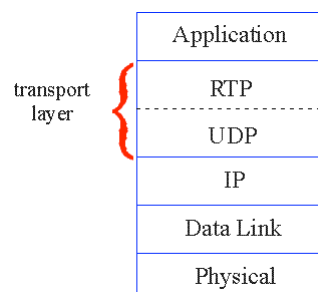
- ❑ RTP especifica la estructura de los paquetes que transportan información de audio y video
- ❑ RFC 3550
- ❑ RTP provee
 - identificación del tipo de paquete
 - secuenciamiento
 - time-stamping
- ❑ RTP corre en los end systems
- ❑ los paquetes RTP se encapsulan en segmentos UDP
- ❑ permite interoperabilidad entre aplicaciones diferentes, p.ej. de "Internet phone"

7: Multimedia Networking 7-49

RTP corre sobre UDP

las bibliotecas RTP proveen una interfaz de capa de transporte que extiende UDP:

- números de puertos, dir. IP
- identificación del tipo de paquete
- secuenciamiento
- time-stamping



7: Multimedia Networking 7-50

RTP: ejemplo

- ❑ se considera el envío de voz codificada en PCM a 64 kbps sobre RTP
- ❑ la aplicación colecta la información codificada en trozos, p. ej. cada 20 mseg = 160 bytes en un trozo
- ❑ trozo de audio + encabezado RTP forman un paquete RTP, que se encapsula en un segmento UDP
- ❑ el cabezal RTP indica el tipo de codificación de audio en cada paquete
 - el emisor puede cambiar la codificación durante la conversación
- ❑ el cabezal RTP también contiene el secuenciamiento y timestamps

7: Multimedia Networking 7-51

RTP y QoS

- ❑ RTP **no** provee ningún mecanismo para asegurar la entrega a tiempo ni otras garantías de QoS
- ❑ el encapsulado RTP solo se ve en los end systems, no en routers intermedios
 - routers proveen servicio best-effort

7: Multimedia Networking 7-52

Cabezal RTP



RTP Header

Payload Type (7 bits): indica el tipo de codificación usado.

Si el emisor cambia la codificación en mitad de una llamada, se informa usando este campo.

- Payload type 0: PCM mu-law, 64 kbps
- Payload type 3, GSM, 13 kbps
- Payload type 7, LPC, 2.4 kbps
- Payload type 26, Motion JPEG
- Payload type 31. H.261
- Payload type 33, MPEG2 video

Sequence Number (16 bits): se incrementa en uno por cada paquete RTP enviado, y se puede usar para detectar pérdidas o restaurar la secuencia

7: Multimedia Networking 7-53

Cabezal RTP

- **Timestamp field (largo 32 bytes):** instante de muestreo del primer byte de datos en el paquete RTP
 - para audio, el reloj de los timestamps se incrementa típicamente en uno para cada período de muestreo (por ejemplo, cada 125 μ secs con un muestreo de 8 KHz)
 - si la aplicación genera trozos de 160 muestras codificadas, el timestamp se incrementa en 160 para cada paquete RTP cuando la fuente está activa. El reloj de timestamp se sigue incrementando aunque la fuente esté inactiva
- **SSRC field (largo 32 bits):** identifica la fuente del stream RTP. Cada stream en la sesión RTP tiene un valor diferente del SSRC

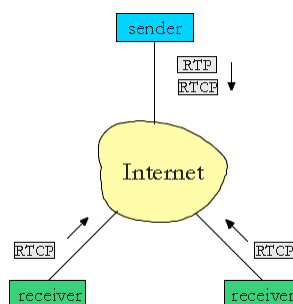
7: Multimedia Networking 7-54

Real-Time Control Protocol (RTCP)

- ❑ trabaja en conjunto con RTP
- ❑ cada participante en una sesión RTP transmite periódicamente paquetes de control RTCP al resto de los participantes
- ❑ cada paquete RTCP contiene reportes del emisor y/o receptor
 - reporte estadístico útil para la aplicación: # paquetes enviados, # paquetes perdidos, jitter, etc
- ❑ se puede controlar la performance con esta realimentación
 - modificaciones en el emisor en base a esta información

7: Multimedia Networking 7-55

RTCP: funcionamiento



- ❑ sesión RTP: típicamente una única dirección de multicast; todos los paquetes RTP/RTCP de la sesión usan esta dirección.
- ❑ paquetes RTP y RTCP usan puertos diferentes
- ❑ se limita el tráfico RTCP cuando se incrementa la cantidad de participantes

7: Multimedia Networking 7-56

Paquetes RTCP

Paquetes de reporte del receptor:

- ❑ fracción de paquetes perdidos, último número de secuencia, jitter promedio

Paquetes de reporte del emisor:

- ❑ SSRC del stream RTP, tiempo actual, número de paquetes y bytes enviados

Paquetes de descripción de la fuente:

- ❑ dirección de e-mail del emisor, su nombre, SSRC del stream RTP asociado
- ❑ provee mapeo entre el SSRC y el nombre de usuario/host

7: Multimedia Networking 7-57

Sincronización de Streams

- ❑ RTCP puede sincronizar streams diferentes en una sesión RTP
- ❑ consideremos una aplicación de videoconferencia en la que cada emisor genera un stream RTP de video y otro de audio
- ❑ los timestamps en los paquetes RTP referencian a los relojes de muestreo de video y audio
 - no relacionados con "la hora"
- ❑ cada paquete RTCP de reporte del emisor contiene (para los paquetes recientes del stream RTP asociado):
 - timestamp del paquete RTP
 - hora de creación del paquete
- ❑ receptores usan esta información para sincronizar la reproducción de audio y video

7: Multimedia Networking 7-58

Escala del ancho de banda RTCP

- ❑ RTCP intenta limitar su tráfico al 5% del ancho de banda de la sesión
 - ❑ los receptores comparten 75 kbps:
 - con R receptores, cada uno puede enviar tráfico RTCP a una tasa de $75/R$ kbps
 - ❑ emisor puede enviar tráfico RTCP a una tasa de 25 kbps
 - ❑ los participantes determinan el período de transmisión de paquetes RTCP calculando el tamaño medio del paquete RTCP y dividiéndolo por la tasa asignada
- Ejemplo
- ❑ Supongamos un emisor que envía un video a 2 Mbps. RTCP intenta limitar el tráfico a 100 Kbps.
 - ❑ RTCP asigna el 75% de la tasa a los receptores y el resto al emisor