

# Capítulo 7

## Multimedia en Redes de Computadores

*Material tomado de:  
Computer Networking: A Top Down Approach  
Featuring the Internet,  
3<sup>rd</sup> edition.*

Jim Kurose, Keith Ross  
Addison-Wesley, July 2004.

# Capítulo 7: Contenidos

- 7.1 Aplicaciones Multimedia en Red
- 7.2 Streaming de Audio y video almacenado
- 7.3 Real-time Multimedia: Estudio de telefonía en Internet
- 7.4 protocolos para aplicaciones Interactivas de Tiempo Real
  - RTP, RTCP, SIP
- 7.5 Distribución de Multimedia: Redes de distribución de Contenidos
- 7.6 Más allá de Best Effort
- 7.7 Mecanismos de itineración y políticas
- 7.8 Servicios Integrados y Servicios Diferenciados
- 7.9 RSVP

# Aplicaciones interactivas en tiempo real

- Teléfono PC-a-PC
  - Servicios de mensajería instantánea están ofreciendo esto
- PC-a-teléfono
  - Dialpad
  - Net2phone
  - skype
- Video conferencia con Webcams

Veremos ahora un ejemplo en detalle de teléfono Internet de PC-a-PC

# Multimedia Interactiva: Teléfono Internet

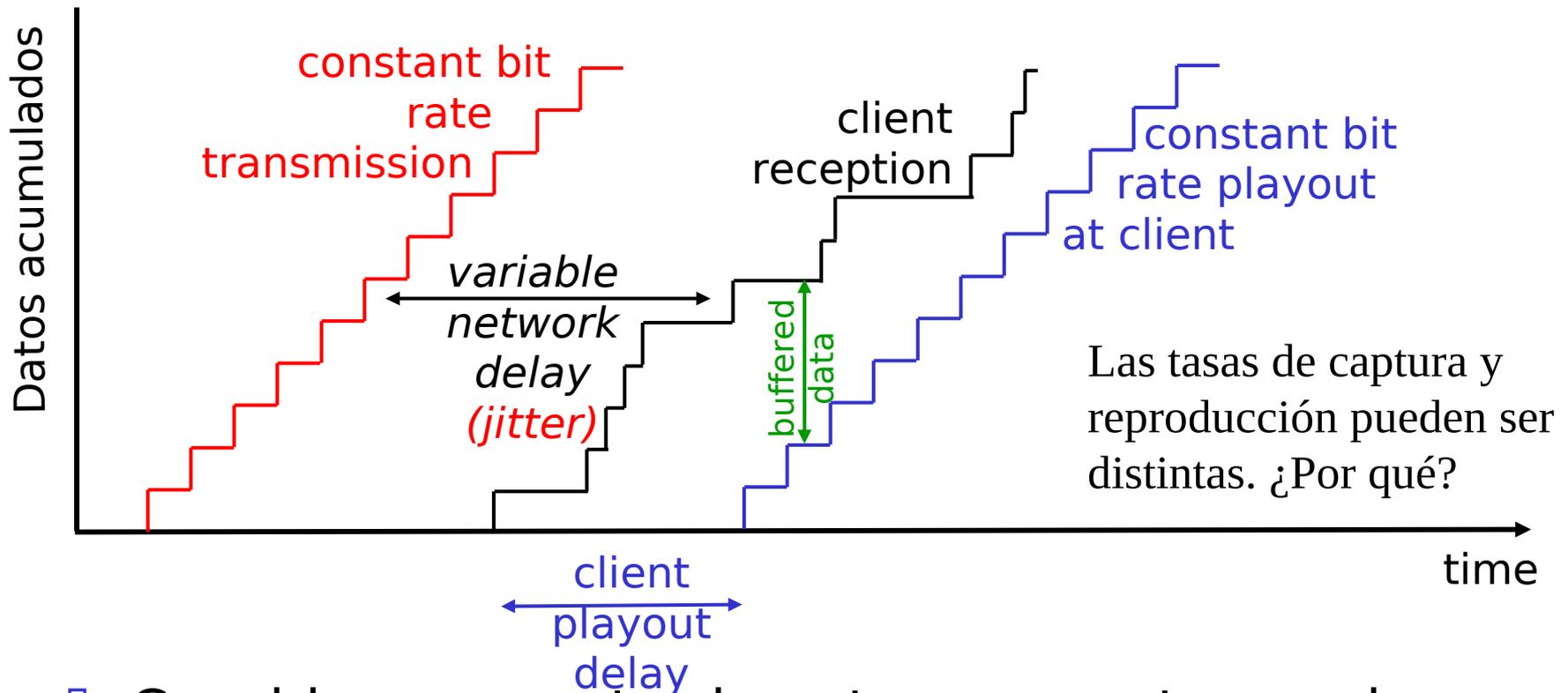
## Introduciremos Teléfono Internet a través de un ejemplo

- Audio emisor: alterna habla con periodos de silencio.
  - 64 kbps durante momentos de habla
- Paquetes son generados sólo durante el habla
  - Segmento de 20 msec a 8 Kbytes/sec: 160 bytes de datos
- Encabezado capa aplicación es agregado a cada segmento (Protocolo RTP).
- Segmento + encabezado es encapsulado en datagrama UDP.
- Aplicación envía datagrama UDP por el socket cada 20 ms durante habla.

# Teléfono Internet: Pérdidas y retardo

- **Pérdidas en la red:** pérdida de datagrama IP debido a congestión en la red (overflow de buffer de router)
- **Pérdida por retardo:** Datagrama IP llega muy tarde para su reproducción en el receptor
  - retardo: procesamiento, colas en red; retardo en sistemas extremos (Tx y Rx)
  - Retardo máximo tolerable típico: 400 ms
- Tolerancia a pérdidas: dependiendo de codificación de voz, se puede tolerar entre 1% y 10% de paquetes perdidos.

# Variaciones del retardo (Delay Jitter)



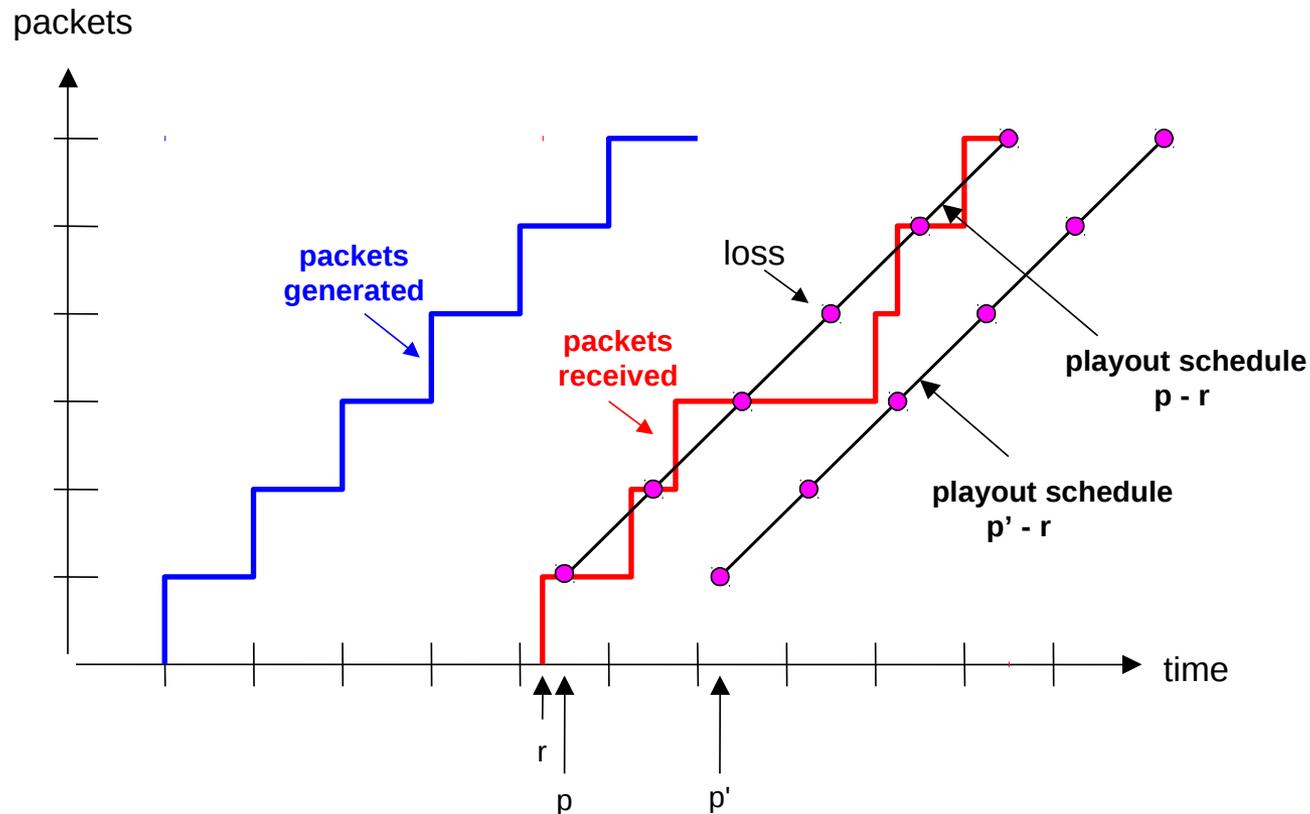
- Consideremos retardo extremo a extremo de dos paquetes consecutivos: diferencia puede ser más o menos de 20 ms

# Teléfono Internet: Retardo de reproducción fijo

- Receptor intenta reproducir cada golpe de habla exactamente  $q$  ms después que el habla fue generada.
  - habla tiene marca de tiempo  $t$ : reproducir después a  $t+q$  .
  - Habla llega después de  $t+q$ : datos llegan muy tarde para reproducción, datos son “perdidos”
- Compromiso para  $q$ :
  - $q$  grande: menor pérdida de paquete, más retardo
  - $q$  pequeño: mejor experiencia interactiva

# Retardo de reproducción fijo

- Tx genera paquetes cada 20 ms durante habla.
- Primer paquete recibido en tiempo  $r$
- Primer itinerario de reproducción: comienza en  $p$
- Segundo itinerario de reproducción: comienza en  $p'$



# Retardo de reproducción Adaptivo, I

- ▣ **Objetivo:** minimizar retardo de reproducción, manteniendo baja la tasa de pérdida por retardo
- ▣ **Estrategia:** Ajuste del retardo de reproducción adaptivo:
  - ▣ Retardo de red estimado, ajustar el retardo de reproducción al comienzo de cada segmento de habla.
  - ▣ Periodos de silencio alargados o comprimidos.
  - ▣ Habla aún reproducida cada 20 ms durante su presencia.

$t_i$  = marca de tiempo de  $i^{\text{mo}}$  paquete

$r_i$  = tiempo recepción paquete  $i$

$p_i$  = tiempo paquete  $i$  es reproducido

$r_i - t_i$  = retardo de red para  $i^{\text{mo}}$  paquete

$d_i$  = retardo promedio estimado después de recibir  $i^{\text{mo}}$  paquete

Estimación dinámica de retardo promedio en receptor, ojo con valores que adopta:

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

Donde  $u$  es una constante fija (e.g.,  $u = .01$ ).

# Retardo de Reproducción Adaptivo II

También es útil estimar el promedio de las variaciones de retardo,  $v_i$ :

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

Los estimadores  $d_i$  y  $v_i$  son calculados para cada paquete recibido, aún cuando ellos son usados sólo al inicio de cada segmento de habla.

El primer paquete de un segmento de habla es reproducido en tiempo:

$$p_i = t_i + d_i + Kv_i$$

Donde  $K$  es una constante positiva (ej. 4).

Si la reproducción es bajo demanda o en vivo no interactiva, podemos usar mayor  **$K$**

Paquetes restantes son reproducidos periódicamente.

## Reproducción adaptivo, III

**Q:** Cómo el receptor determina que un paquete es el primero en un segmento de habla?

- Si no hay pérdida, receptor mira marcas de tiempo sucesivas.
  - Diferencia de marcas de tiempo sucesivas  $> 20$  ms => nuevo segmento de habla comienza.
- Con posible pérdida, receptor debe mirar las marcas de tiempo y números de secuencia.
  - Diferencia de marcas de tiempo sucesivas  $> 20$  ms **y** números de secuencia sin espacios --> segmento de habla comienza.
- Se requiere detección del habla en transmisor. Más adelante.

# Recuperación de pérdidas de paquetes (1)

## forward error correction (FEC): esquema simple

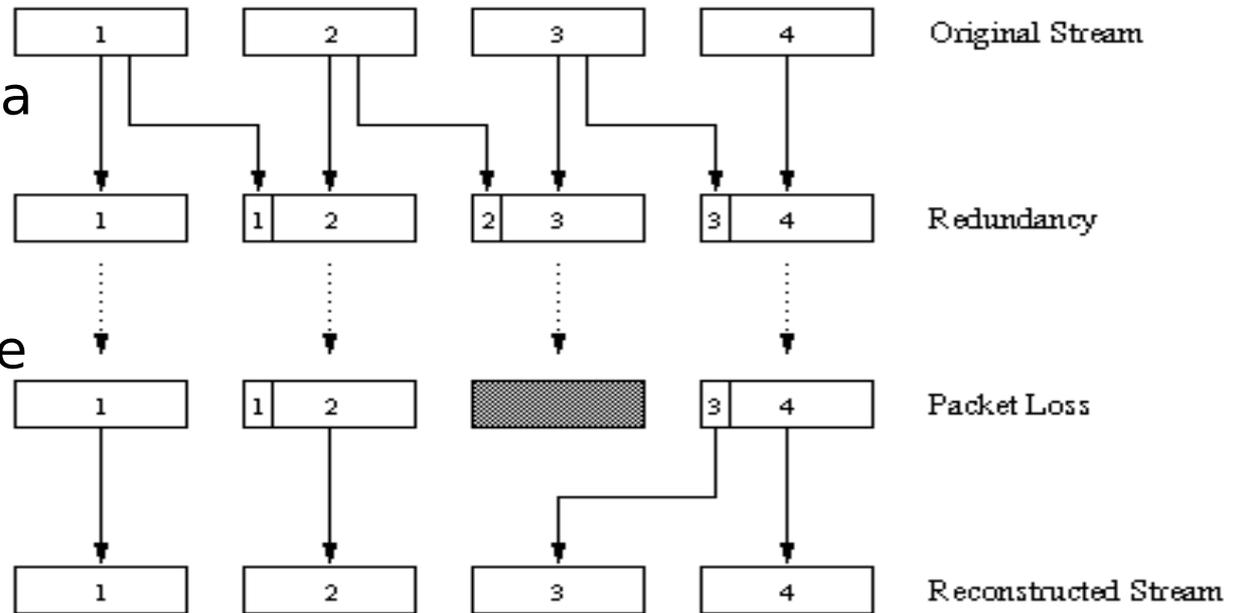
- Por cada  $n$  paquetes crea un paquete redundante dando paridad
- envía  $n+1$  paquetes, aumenta ancho de banda ocupado en factor  $1/n$ .
- Se puede reconstruir los  $n$  paquetes originales si hay a lo más un paquete perdido de los  $n+1$
- Retardo de reproducción debe ser suficiente para recibir todos los  $n+1$  paquetes
- Hay compromiso:
  - aumentar  $n \Rightarrow$  menos BW perdido
  - aumentar  $n \Rightarrow$  mayor retardo de reproducción
  - aumentar  $n \Rightarrow$  mayor probabilidad que 2 ó más paquetes se pierdan

# Recuperación de paquetes perdidos

## (2)

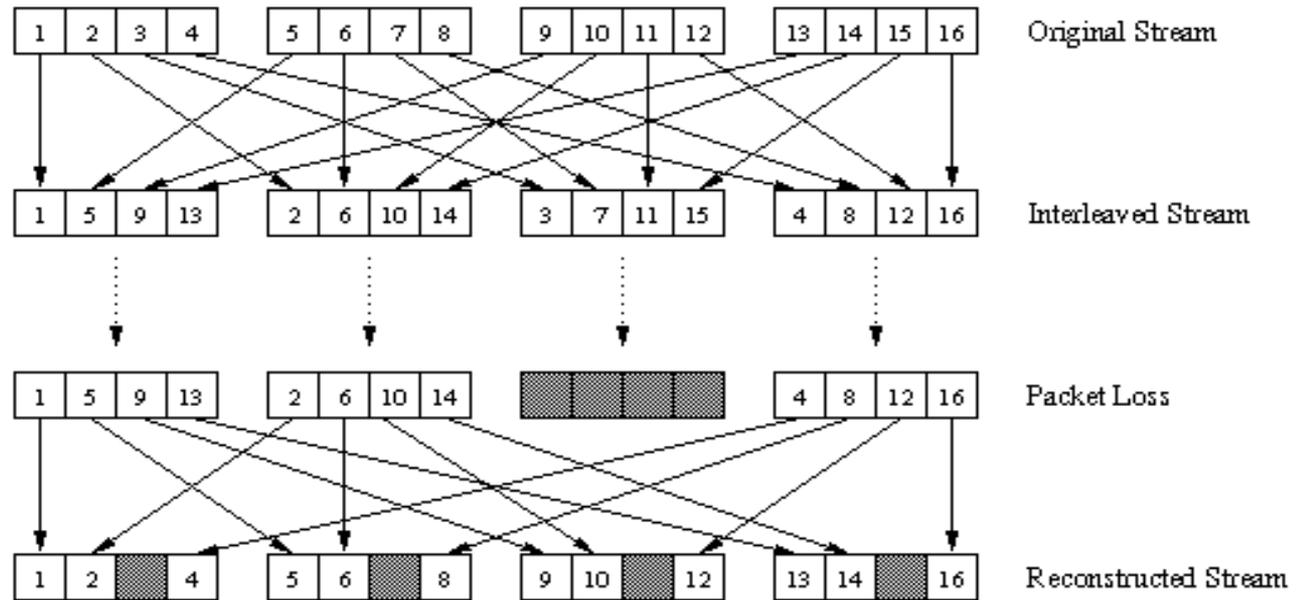
### 2º esquema FEC

- agrega un flujo de baja calidad
- envía flujo de baja resolución como información redundante
- por ejemplo, flujo nominal PCM a 64 kbps y flujo redundante GSM a 13 kbps.



- Cuando no hay pérdidas consecutivas, el receptor puede subsanar la pérdida.
- Se puede agregar también las tramas de baja calidad (n-1) y (n-2)

# Recuperación de pérdida de paquetes (3)



## Entrelazado

- Tramas son subdivididas en pequeñas unidades
- Por ejemplo, unidades de 4 ó 5 ms
- Paquete contiene pequeñas unidades de tramas diferentes

- Si paquete se pierde, aún se tiene la mayoría de cada trama
- No hay redundancia
- Se agrega retardo de reproducción

# Resumen: Multimedia en Internet: saco de trucos

- **use UDP** para abolir control de congestión de TCP (retardo) en tráfico sensible en tiempo
- **Retardo de reproducción adaptivo en lado del cliente:** para compensar variaciones de retardo
- Lado servidor **ajusta BW de flujo** a BW disponible en ruta servidor a cliente
  - Elegir entre tasas de flujo pre-codificadas
  - Tasa de codificación dinámica
- Recuperación de errores (sobre UDP)
  - FEC, entrelazado
  - retransmisiones, si el tiempo lo permite
  - Subsanan errores: repetir datos cercanos

# Capítulo 7: Contenidos

- 7.1 Aplicaciones Multimedia en Red
- 7.2 Streaming de Audio y video almacenado
- 7.3 Real-time Multimedia: Estudio de telefonía en Internet
- 7.4 protocolos para aplicaciones Interactivas de Tiempo Real
  - RTP, RTCP, SIP
- 7.5 Distribución de Multimedia: Redes de distribución de Contenidos
- 7.6 Más allá de Best Effort
- 7.7 Mecanismos de itineración y políticas
- 7.8 Servicios Integrados y Servicios Diferenciados
- 7.9 RSVP