

# 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

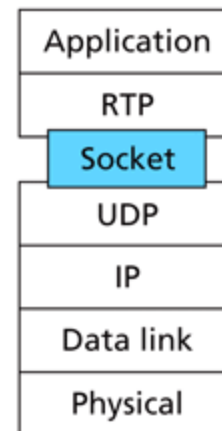
- 7.1 Aplicaciones Multimedia en Red
- 7.2 Streaming de Audio y video almacenado
- 7.3 Real-time Multimedia: Estudio de telefonía en Internet
- 7.4 protocolos para aplicaciones Interactivas de Tiempo Real
  - RTP, RTCP, SIP
- 7.5 Distribución de Multimedia: Redes de distribución de Contenidos
- 7.6 Más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

# Real-Time Protocol (RTP)

- RTP especifica una estructura de paquete para transportar datos de audio y video, también otros medios
- RFC 1889.
- Paquete RTP provee
  - Identificación del tipo de carga
  - Número de secuencia de paquete
  - Marcas de tiempo (timestamping)
- RTP corre en los sistemas extremos.
- Paquetes RTP son encapsulados típicamente en datagramas UDP
- Interoperabilidad: si dos aplicaciones de telefonía Internet corren RTP, entonces ellas pueden trabajar.

# RTP corre -generalmente- sobre UDP

- RTP es parte de la capa aplicación y corre generalmente sobre UDP
- Biblioteca RTP provee una interfaz con la capa transporte, extiende UDP:
  - número de puerto, dirección IP (cabecera UDP)
  - identificación de tipo de carga
  - número de secuencia de paquete
  - marca de tiempo



**Figure 7.11** ♦ RTP is part of the application and lies above the UDP socket.

# Ejemplo RTP

- Consideremos envío de voz de 64 kbps PCM sobre RTP.
- Aplicación agrupa datos codificados, e.g., cada 20 ms=160 bytes.
- El trozo de audio junto con el encabezado RTP forma el paquete RTP, el cual es encapsulado en un segmento UDP.
- Encabezado RTP indica tipo de codificación de audio en cada paquete
  - Tx puede cambiar codificación durante la conferencia.
- Encabezado RTP incluye también número de secuencia y marcas de tiempo.

# RTP y QoS

- RTP no provee ningún mecanismo para asegurar entrega a tiempo de datos ni provee otras garantías de calidad de servicio.
- Encapsulado RTP es sólo notado en los sistemas extremos: no es visto por los routers intermedios.
  - Routers proveen servicio best-effort y no hacen nada especial para asegurar que el paquete RTP llegue a destino a tiempo.

# Encabezado RTP



## RTP Header

- **Tipo de carga (7 bits):** Indica tipo de codificación usada. Si Tx cambia en medio de la conferencia, Tx informa al Rx a través del campo tipo de carga.
  - Tipo de carga 0: PCM mu-law, 64 kbps
  - Tipo de carga 3, GSM, 13 kbps
  - Tipo de carga 7, LPC, 2.4 kbps
  - Tipo de carga 26, Motion JPEG
  - Tipo de carga 31. H.261
  - Tipo de carga 33, MPEG2 video
- **Número de Secuencia (16 bits):** Incrementa en uno por cada paquete RTP enviado, y puede ser usado para detectar pérdida de paquetes y restaurar orden de paquetes.

# Encabezado RTP (2)



## RTP Header

- ▣ **Marca de tiempo (32 bits).** Refleja el instante de muestreo del primer byte en el paquete RTP.
  - ▣ Para audio, la marca de tiempo incrementa en uno por cada periodo de muestreo (por ejemplo, cada 125 us para un reloj de muestreo de 8 KHz)
  - ▣ Si aplicación genera grupos de 160 muestras codificadas, entonces la marca de tiempo aumenta en 160 por cada paquete RTP cuando hay habla. El reloj de las marcas de tiempo continua su incremento cuando la fuente está inactiva (silencio).
- ▣ **Campo SSRC (Synchronization source, 32 bits long).** Identifica la fuente del flujo RTP. Cada usuario de una sesión RTP debería tener un SSRC distinto. La idea es tener un identificador de fuente de flujo independiente de la dirección de red para identificar números de secuencia y marcas de tiempo provenientes de una misma fuente.



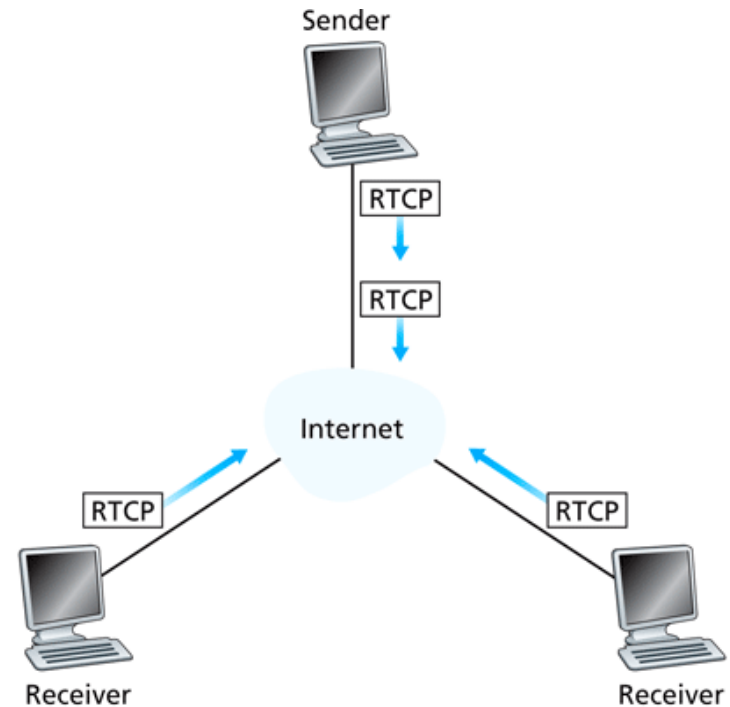
# Ejercicio de programación RTSP/RTP

- Crear un servidor que encapsula vídeo almacenado en paquetes RTP
  - Toma trama de vídeo, agrega encabezado RTP, crea datagramas UDP, envía los datagramas a un socket UDP
  - El texto señala que usted puede buscar el cliente RTP provisto en su página web (hay liga en página de la asignatura).
- También escribir el lado cliente de RTSP
  - Ingresa comandos play y pause
  - Buscar el servidor RTSP en página del texto guía (hay liga en página de esta asignatura).

# Real-Time Control Protocol (RTCP)

- ▣ Trabaja en conjunto con RTP.
- ▣ Cada participante de una sesión RTP transmite periódicamente paquetes de control RTCP a todos los otros participantes.
- ▣ Cada paquete RTCP contiene reportes de transmisores y/o receptores
  - ▣ Reporta estadística útil para aplicación
- ▣ Estadística incluye número de paquetes enviados, número de paquetes perdidos, jitter del flujo, etc.
- ▣ Este feedback puede ser usado para controlar desempeño
  - ▣ Tx puede modificar su transmisión basado en este feedback

# RTCP - Continuación



**Figure 7.13** ♦ Both senders and receivers send RTCP messages.

- En una sesión RTP típicamente hay una única dirección multicast; todos los paquetes RTP y RTCP pertenecientes a misma sesión usan la dirección multicast.
- Paquetes RTP y RTCP se distinguen entre sí por el uso de número de puertos distintos.
- Para limitar tráfico, cada participante reduce su tráfico RTCP conforme el número de participantes aumenta.

# Paquete RTCP

## Paquetes reportado por receptores:

- ▣ fracción de paquetes perdidos, último número de secuencia, promedio del jitter entre llegadas de paquetes.

## Paquetes reportados por transmisores:

- ▣ SSRC del flujo RTP, el tiempo actual, número de paquetes enviados, y el número de bytes enviados.

## Paquetes de descripción de fuente:

- ▣ Dirección e-mail de Tx, nombre del Tx, SSRC asociado a flujo RTP.
- ▣ Provee mapeo entre el SSRC y el nombre del usuario y host.

# Sincronización de flujos

- RTCP puede sincronizar diferentes flujos dentro de una sesión RTP.
- Consideremos una aplicación de videoconferencia en donde cada Tx genera un flujo RTP de vídeo y otro de audio.
- Marcas de tiempo en paquetes RTP están relacionadas con los relojes de muestreo de vídeo y audio.
  - No están relacionadas a el reloj de tiempo real (tiempo de un reloj de pared)
- Cada paquete de reporte de Tx contiene (para el paquete generado más recientemente en el flujo RTP asociado):
  - Marca de tiempo del paquete RTP
  - Tiempo real del instante en que el paquete fue creado.
- Receptores pueden usar esta información para sincronizar la reproducción de audio y video (sincronización de labios).

# Escalamiento de ancho de banda en RTCP

- RTCP intenta limitar su tráfico al 5% del ancho de banda de la sesión.

## Ejemplo

- Supongamos un Tx, enviando video a una tasa de 2 Mbps. Entonces RTCP intenta limitar su tráfico a 100 Kbps.
- RTCP da 75% de su tasa a receptores; 25% restante a transmisores.
- Los 75 kbps son igualmente compartidos entre receptores:
  - Con R receptores, cada receptor puede enviar tráfico RTCP a  $75/R$  kbps.
- Tx puede enviar tráfico RTCP a 25 kbps.
- Participantes determinan el periodo de transmisión de paquetes RTCP calculando tamaño promedio de los paquetes RTCP (de toda la sesión) y dividiendo por la tasa considerada.

# SIP

- Session Initiation Protocol
- Propuesto por la IETF (Internet Engineering Task Force)

## SIP: visión de largo plazo

- Todas las llamadas telefónicas y video conferencia tienen lugar en la Internet
- Personas son identificadas por nombres o direcciones e-mail, en lugar de números telefónicos.
- Podemos ubicar a alguien, no importando dónde esa persona esté, no importando qué dispositivo IP usa.

# Servicios SIP

## ▣ Establecimiento de llamada

- ▣ Provee mecanismos para que el llamador dé a conocer al llamado su intención de establecer una llamada.
- ▣ Provee mecanismos para acordar tipo y codificación del medio entre llamador y llamado.
- ▣ Provee mecanismos para terminar la llamada.

## ▣ Determina dirección IP actual del llamado.

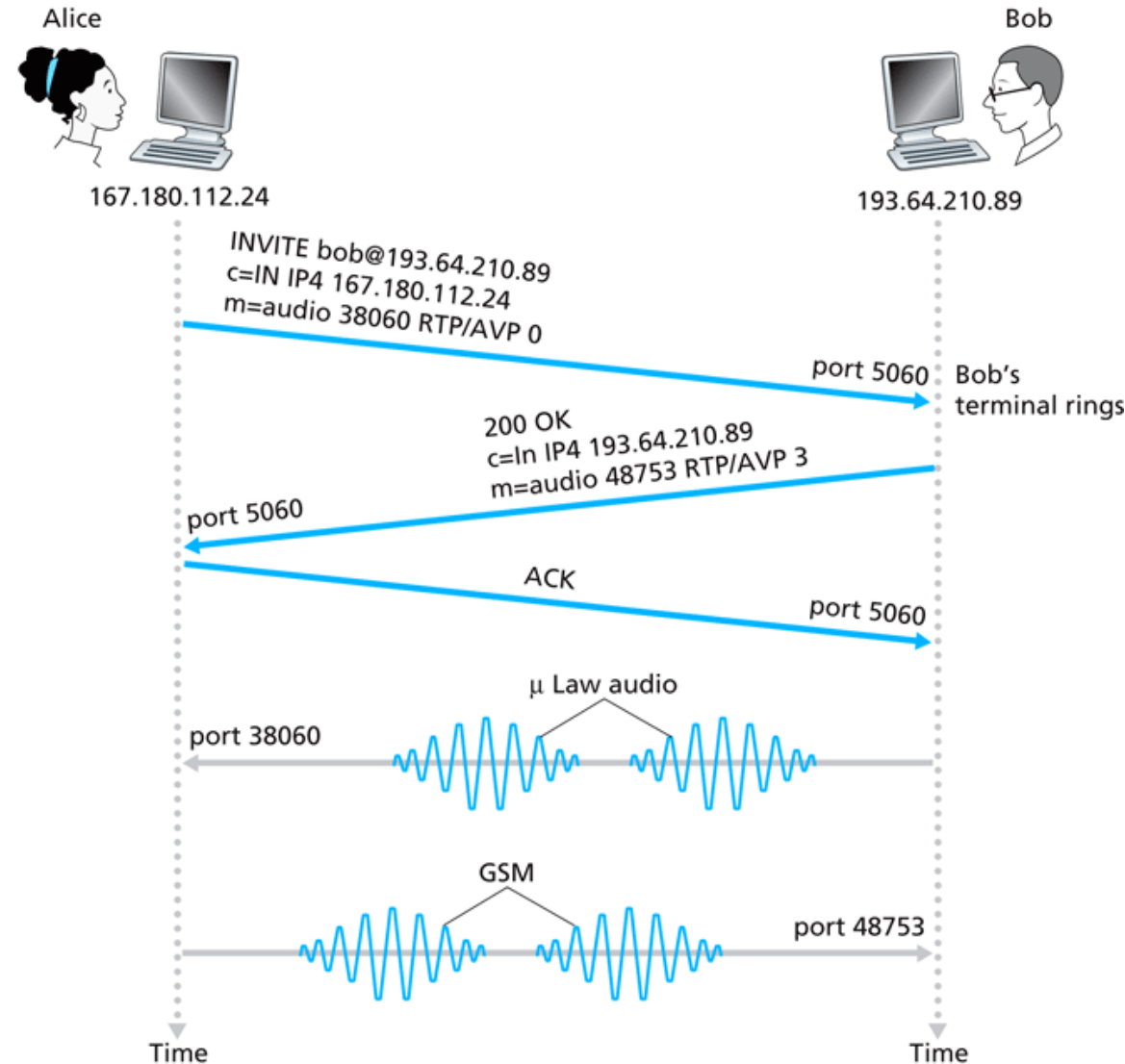
- ▣ Esto porque la IP pudo es asignada por DHCP.

## ▣ Administración de llamadas

- ▣ Agregar nuevo medio durante la llamada
- ▣ Cambio de codificación durante la llamada
- ▣ Invitar a otros
- ▣ Transferir y dejar en espera llamadas



# Establecimiento de llamada a IP conocida



- Mensaje SIP invite de Alice indica su puerto y dirección IP. Indica codificación preferida de Alice para recibir (PCM ulaw)
- Mensaje 200 OK de Bob indica su puerto, IP y codificación preferida (GSM)
- Mensajes SIP pueden ser enviados sobre TCP o UDP; aquí se hace vía RTP/UDP.
- Puerto por omisión de SIP es 5060.

**Figure 7.14** ♦ SIP call establishment when Alice knows Bob's IP address

# Establecimiento de llamada (más)

- Negociación de codificación:
  - Supongamos que Bob no tiene codificador PCM ulaw.
  - Bob responde con 606 “Not Acceptable” y lista de codificadores que él puede usar.
  - Alice puede enviar un nuevo mensaje INVITE, avisando un codificador apropiado.
- Rechazo de llamada
  - Bob puede rechazar con respuesta “ocupado,” “lejos,” “pago requerido,” “prohibido”.
  - Medio puede ser enviado sobre RTP u otro protocolo.

# Ejemplo de mensaje SIP

```
INVITE sip:bob@domain.com SIP/2.0
Via: SIP/2.0/UDP 167.180.112.24
From: sip:alice@hereway.com
To: sip:bob@domain.com
Call-ID: a2e3a@pigeon.hereway.com
Content-Type: application/sdp
Content-Length: 885

c=IN IP4 167.180.112.24
m=audio 38060 RTP/AVP 0
```

Notar:

- Sintaxis similar a HTTP
- sdp = session description protocol
- Call-ID es única en cada llamada.

- Aquí no conocemos la IP de Bob. Servidor SIP intermedio será necesario.

- Alice envía y recibe mensajes SIP usando puerto SIP por omisión 5060.

- Alice especifica en campo “Via”:  
protocolo usado y dirección IP

# Traducción de nombre y ubicación de usuario

- Llamador quiere llamar, pero sólo tiene el nombre o e-mail del llamado.
  - Necesita obtener dir. IP de la máquina actual del llamado:
    - Usuario se mueve
    - IP puede ser asignada por DHCP
    - Usuario tiene diferentes dispositivos (PC, PDA, dispositivo en auto)
  - Resultado puede estar basado en:
    - hora del día (trabajo, casa)
    - Llamador (no quieres que tu jefe llame a tu casa)
    - estatus del llamado (llamada va a voicemail cuando llamado está ya hablando con alguien)
- Servicio provisto por servidores SIP:
- Servidor de registro SIP
  - Servidor proxy SIP

# Registro SIP

- Cuando Bob inicia cliente SIP, el cliente envía mensaje SIP REGISTER a servidor de registro de Bob  
(función similar requerida por Instant Messaging)

## Mensaje Registro:

```
REGISTER sip:domain.com SIP/2.0  
Via: SIP/2.0/UDP 193.64.210.89  
From: sip:bob@domain.com  
To: sip:bob@domain.com  
Expires: 3600
```

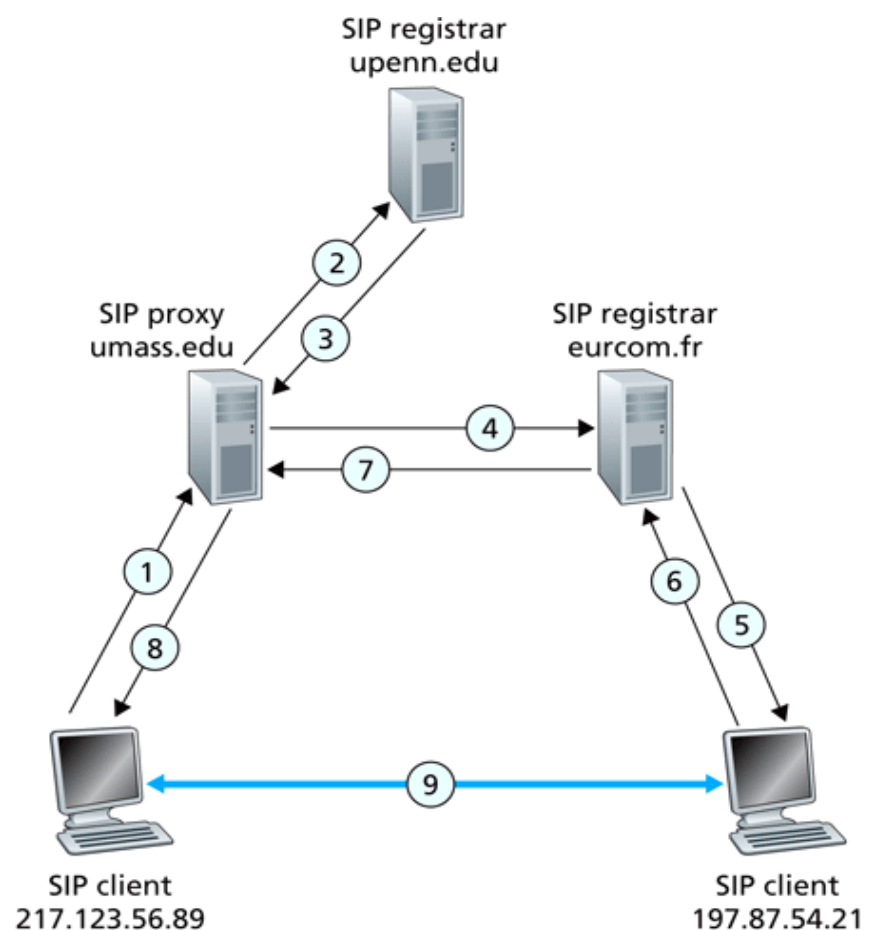
# Proxy SIP

- Alice envía mensaje invite a su servidor proxy
  - Éste contiene dirección sip:bob@domain.com
- Proxy es responsable del ruteo del mensaje SIP al llamado
  - Posiblemente a través de múltiples proxies.
- Llamado envía respuesta de vuelta a través del mismo conjunto de proxies.
- Proxy retorna mensaje de respuesta SIP a Alice
  - Éste contiene dirección IP de Bob
- Nota: proxy es análogo a servidor local DNS

# Ejemplo

Llamador jim@umass.edu  
llama a keith@upenn.edu

(1) Jim envía mensaje INVITE a proxy SIP umass. (2) Proxy reenvía requerimiento a servidor de registro upenn. (3) servidor upenn retorna respuesta redirigida, indicando que debería intentar keith@eurecom.fr



**Figure 7.15** ♦ Session initiation, involving SIP proxies and registrars

(4) Proxy umass envía INVITE a registro eurecom. (5) registro eurecom reenvía INVITE a 197.87.54.21, el cual está corriendo el cliente SIP de keith. (6-8) Respuesta SIP es retornada (9) media es enviada directamente entre clientes.

**Note:** también hay un mensaje SIP ack, que no se muestra.

# Comparación con H.323

- H.323 es otro protocolo de señalización para interactividad y tiempo real
- H.323 es un conjunto completo y verticalmente integrado de protocolos para conferencias multimedia: señalización, registro, control de admisión, transporte y codificación.
- SIP es una componente única. Trabaja con RTP, pero no lo manda. Puede ser combinado con otros protocolos y servicios.
- H.323 viene del ITU (telefonía).
- SIP viene del IETF: Toma mucho de sus conceptos de HTTP. SIP tiene un sabor a WEB, mientras H.323 tiene un sabor a telefonía.
- SIP usa el principio KISS: “Keep it simple stupid”. Mantengámoslo simple y estúpido.



# 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