

Capítulo 9 Multimedia en Redes de Computadores: Voice over IP

Material basado en el Texto:
7° Edition Computer Networking:
Jim Kurose, Keith Ross.

Multimedia en Redes de Computadores

9.1 Aplicaciones Multimedia en Redes

9.2 Streaming de Video almacenado

9.3 voice-over-IP

9.4 Protocolos de aplicaciones de conversaciones en *tiempo-real*

9.5 Soporte de red para multimedia

Voice-over-IP (VoIP)

- *Requerimientos extremo-a-extremo en VoIP*: aspectos necesarios para mantener una conversación:
 - Altos retardos son notorios, dificulta interactividad
 - < 150 msec: bueno
 - > 400 msec malo, se debe evitar asumiendo pérdida
 - Este retardo debe incluir retardos de la aplicación (paquetizar, reproducción) y de la red
- *Iniciación de la sesión*: cómo se da aviso de la IP, puerto, algoritmo de codificación?
- *Servicios de valor agregado*: reenvío de llamados, grabación, identificación del llamador, etc.
- *Servicios de emergencia*: 911 (USA) 131, 132, 133 (Ambulancia, Bomberos, y Carabineros en Chile)

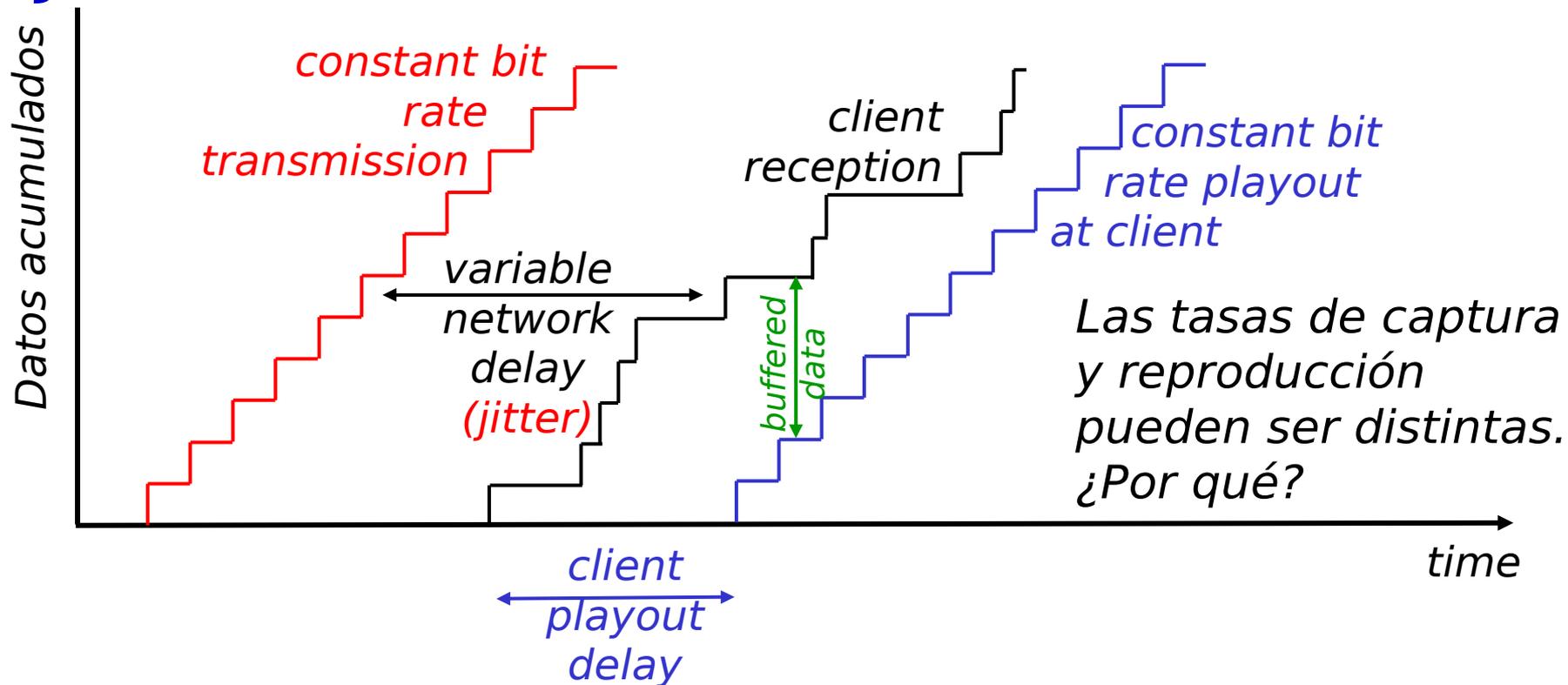
Características de VoIP

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

VoIP: 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)



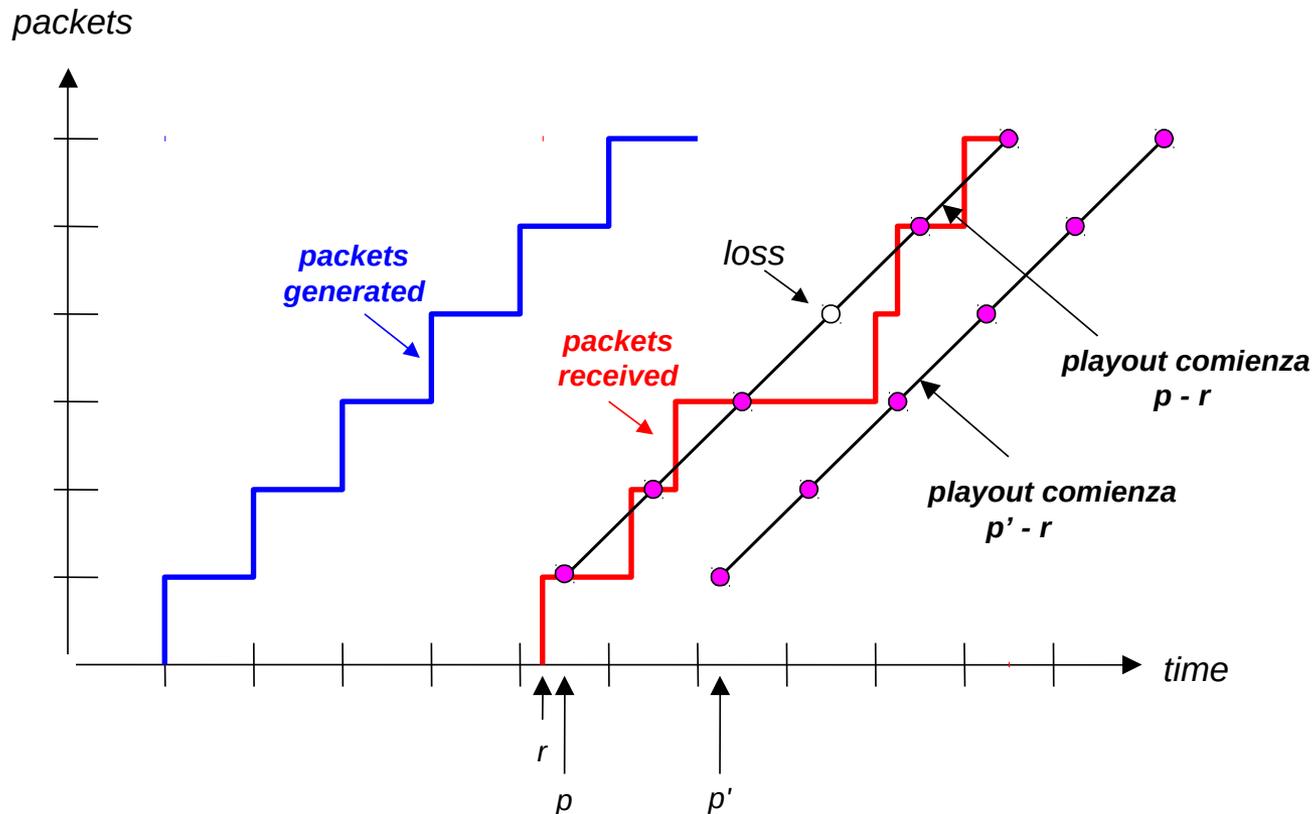
- Consideremos retardo extremo a extremo de dos paquetes consecutivos: **diferencia** puede ser mayor o menor que 20 ms

VoIP: 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 de $t+q$.
 - 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, mayor pérdida

Retardo de reproducción fijo

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



Retardo de reproducción Adaptativo, I

- **Objetivo:** minimizar retardo de reproducción, manteniendo baja la tasa de pérdida por retardo
- **Estrategia:** Ajuste del retardo de reproducción adaptativo:
 - 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^{mo} paquete

r_i = tiempo recepción paquete i

p_i = tiempo paquete i es reproducido (*playout*)

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

d_i = retardo promedio estimado después de recibir i^{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 Adaptativo 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 dentro de un segmento de habla son reproducidos periódicamente (por ejemplo, cada 20 [ms]).
- Los ajustes sólo se hacen durante un silencio.

Reproducción adaptativo, III

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

- ❑ Para responder, es necesario saber que cada paquetes trae una marca de tiempo y un número de secuencia.
- ❑ Si no hay pérdida, receptor mira marcas de tiempo sucesivas.
 - Diferencia de marcas de tiempo sucesivas > 20 ms \Rightarrow comienza nuevo segmento de habla.
- ❑ 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 sucesivos espacios \Rightarrow segmento de habla comienza. Ésta es la regla general.
- ❑ Se requiere detección del habla en transmisor. Más adelante.

Recuperación de pérdidas de paquetes (1)

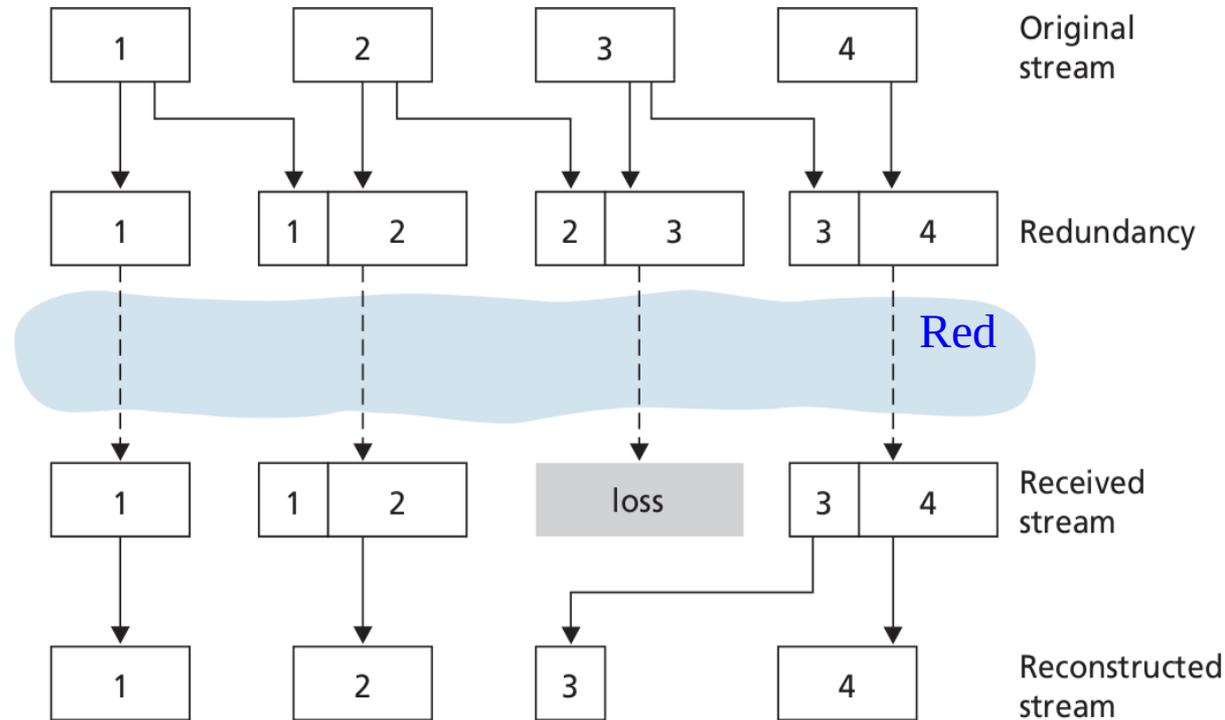
Desafío: Recuperarse de pérdidas de paquetes dado el pequeño retardo tolerable entre transmisión en fuente y reproducción.

- ❑ Cada ACK/NAK toma ~ 1 RTT, puede ser mucho
- ❑ Alternativa: forward error correction (FEC)
 - Enviar suficientes bits para permitir la recuperación sin retransmisión.
- ❑ Esquema FEC simple
 - Por cada n paquetes insertar un paquete redundante dando paridad a los n originales.
 - 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 $n+1$

Recuperación de paquetes perdidos (2)

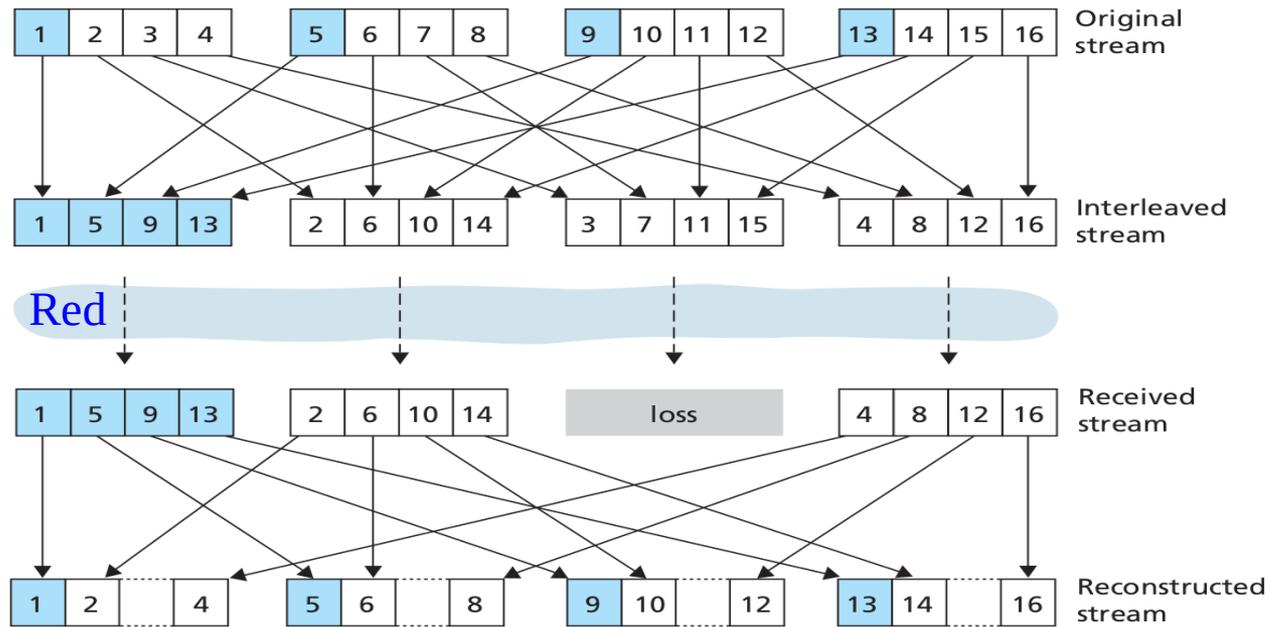
2º esquema FEC

- agrega un flujo de baja calidad
- envía flujo de baja resolución con 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 podría agregar también las tramas de baja calidad (n-1) y (n-2) para tolerar dos pérdidas consecutivas

Recuperación de pérdida de paquetes (3)

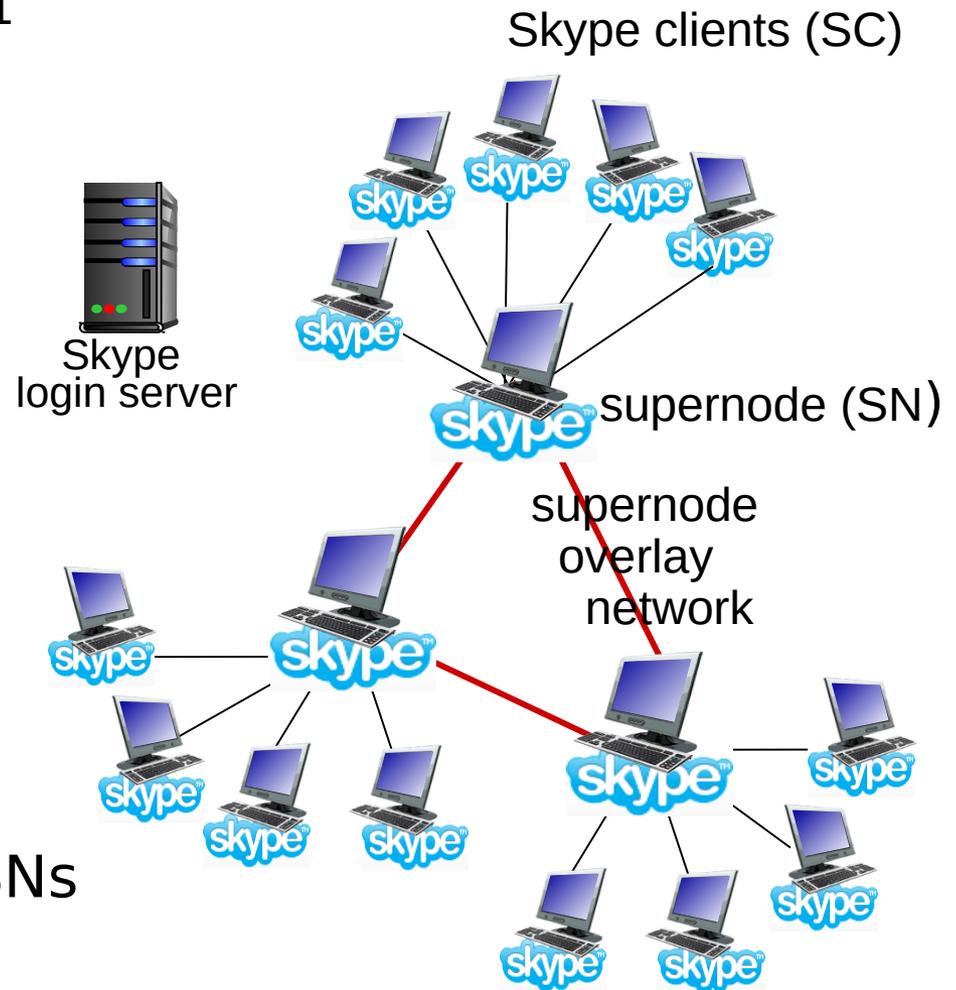


Entrelazado

- ❑ Tramas son subdivididas en pequeñas unidades
- ❑ Por ejemplo, unidades de 4 ó 5 ms
- ❑ Paquete contiene pequeñas unidades de tramas diferentes
- ❑ Si un paquete se pierde, aún se tiene la mayoría de cada trama
- ❑ No hay redundancia
- ❑ Se agrega retardo de reproducción

Caso estudio: Voice-over-IP: Skype

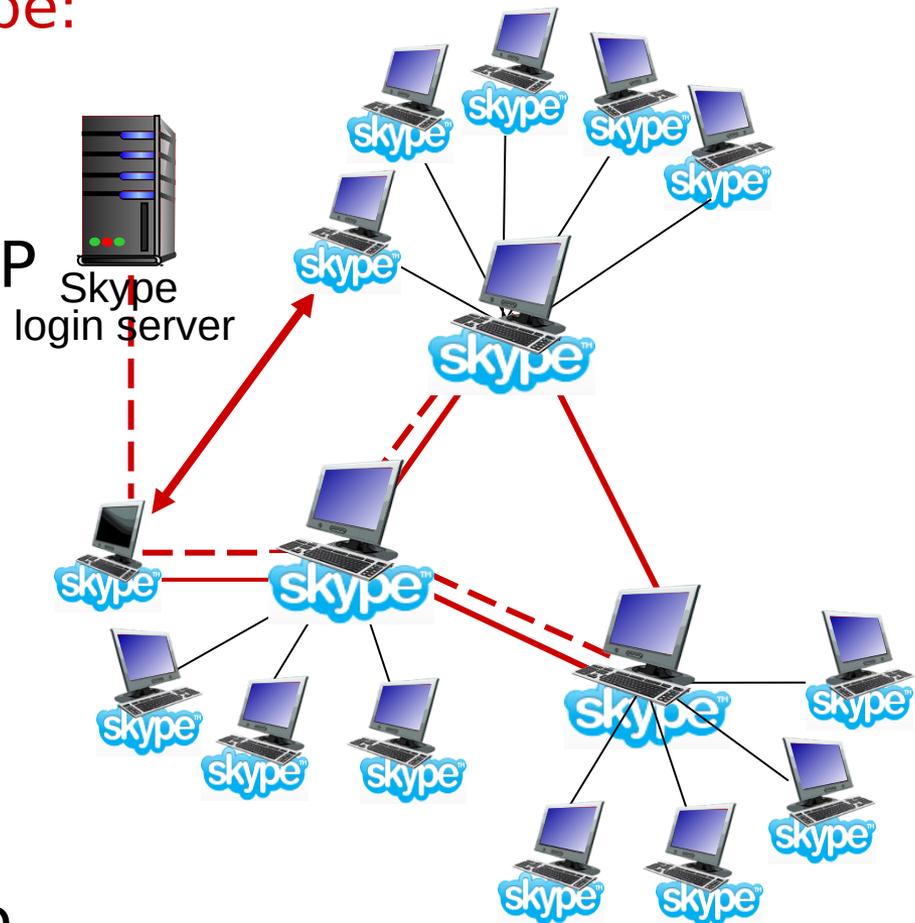
- Comprado por Microsoft el 2011 por sobre US\$8 billones
- Protocolo de aplicación propietario (inferido vía ingeniería inversa)
 - Mensajes encriptados
- Componentes P2P:
 - **Cientes (SC):** son los pares skype comunicados vía llamado VoIP
 - **super nodes (SN):** pares skype con funciones especiales
 - **overlay network:** entre SNs para localizar SCs
 - **login server**



P2P voice-over-IP: skype

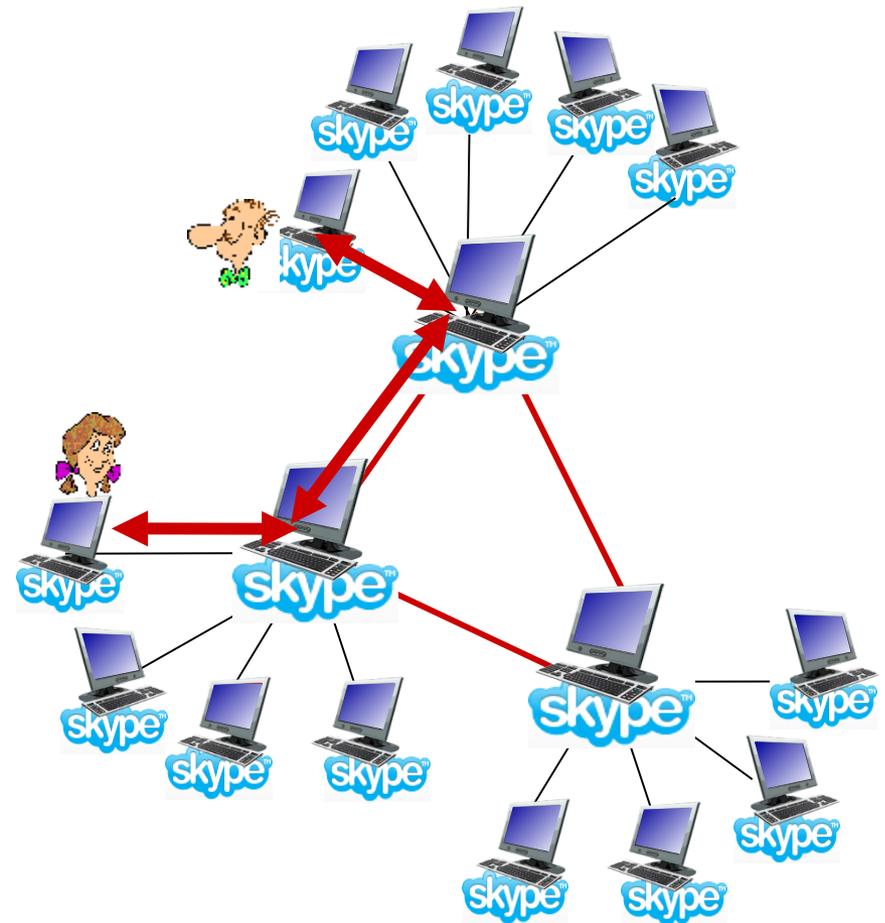
Operación de clientes skype:

1. Ingresa a red contactando un SN (IP address cached) usa TCP
2. logs-in (username, password) a servidor central skype
3. obtiene IP de llamado desde SN, SN overlay
4. Inicia llamada directamente al llamado



Skype: pares y relays

- ❑ **Problema:** Alice y Bob están detrás de “NATs”
 - NAT previene inicio de conexiones a pares internos
 - Par interno sí puede iniciar conexión hacia afuera.
- ❑ **Solución relay:** Alice y Bob mantienen conexiones abiertas a sus SNs
 - Alice pide a su SN conectarse a Bob
 - SN de Alice se conecta a SN de Bob
 - SN de Bob se conecta a Bob por su conexión previamente abierta.



Multimedia en Redes de Computadores

9.1 Aplicaciones Multimedia en Redes

9.2 Streaming de Video almacenado

9.3 voice-over-IP

9.4 Protocolos de aplicaciones de conversaciones en *tiempo-real*

9.5 Soporte de red para multimedia