

Reti di Calcolatori

Voice over IP

Emanuel Di Nardo

Introduzione

■ Telefonia Internet

- comunemente chiamata **Voice-over-IP (VoIP)**

■ Limitazioni

- IP fornisce un **servizio best-effort**
 - ritardi
 - Percentuale di pacchetti persi

■ Esempio

- Il mittente genera bytes ad una velocità di **8,000 bytes al secondo**
- ogni **20 msec** il mittente mette insieme questi bytes in un **chunk**
- un **chunk** e uno **speciale header** vengono **incapsulati** in un **segmento UDP**, tramite una chiamata all'**interfaccia socket**
- Il numero di bytes in un **chunk** viene inserito ogni **20 msec**
- un **segmento UDP viene inviato ogni 20 msec**
- il **destinatario** può semplicemente **riprodurre ogni chunk** non appena questo sia disponibile

Perdita di pacchetti

- **Segmento UDP**
 - è **incapsulato** in un **IP**
 - il datagram attraversa la rete
 - esso passa attraverso i buffers dei router
 - E' possibile che **uno** o **più** di questi **buffers** sul tragitto tra il mittente ed il destinatario siano **pieni**
 - Il **datagramma IP** può essere **scartato**
- **Eliminazione delle perdite**
 - Inviare i pacchetti **utilizzando TCP**
 - **Inaccettabile** per applicazioni conversazionali come l'**audio real-time (VoIP)**
- UDP è utilizzato da **Skype** anche se un utente è dietro una NAT o un firewall che **blocca i segmenti UDP** (nel qual caso viene utilizzato TCP)

Perdita di pacchetti

- Percentuale di perdita

- tra l'1 ed il 20 percento può essere tollerata

- Occultamento della perdita di pacchetti

- La percentuale dal 10 al 20 percento la perdita (ad esempio, su reti wireless)

- qualità audio scadente

Ritardo End-to-end

■ Ritardo End-to-end

- Accumulo di ritardi di trasmissione, computazione e code

■ VoIP

- Ritardi end-to-end più piccolo di 150 msec non sono percepiti dall'uomo
- ritardi tra 150 e 400 msec possono essere accettabili, ma non ideali
- Ritardi oltre i 400 msec possono compromettere la conversazione e l'utilizzo del servizio

Packet jitter

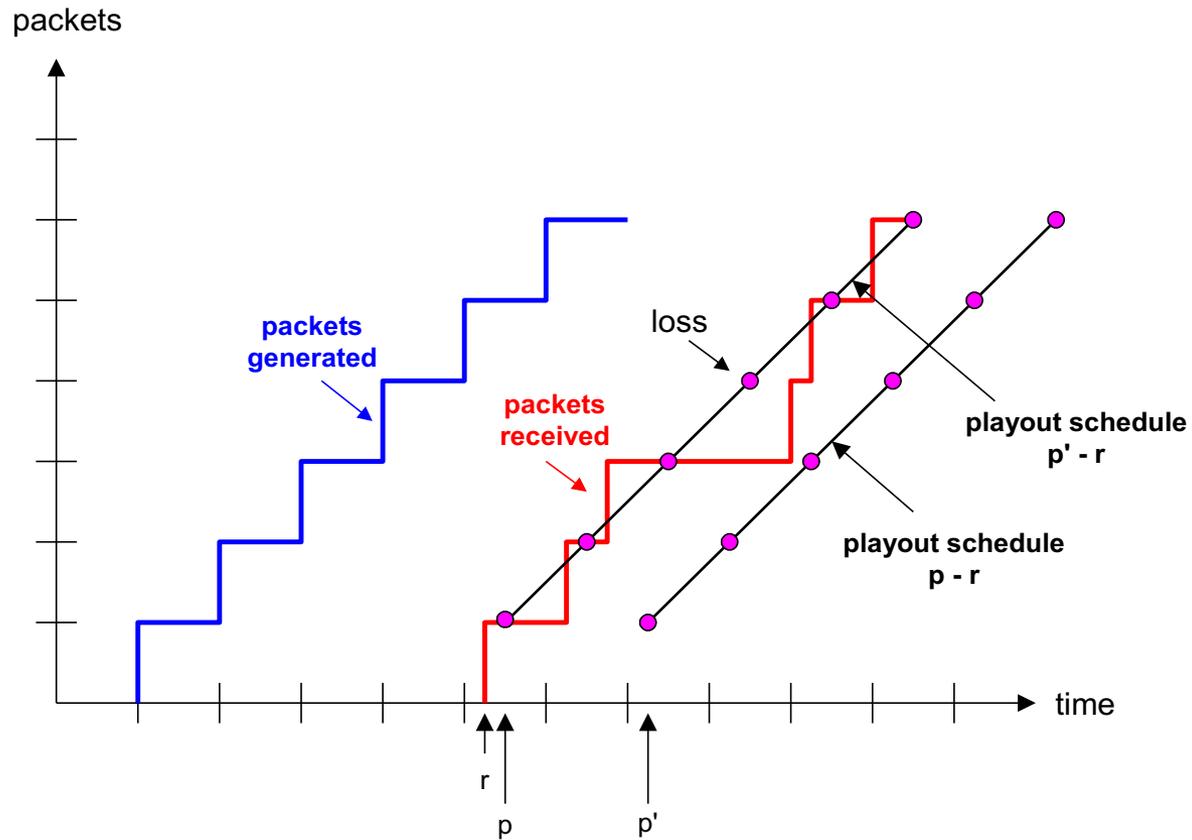
- Packet jitter

- Ritardi variabili

- il tempo da quando un pacchetto è generato alla sorgente finché non viene ricevuto dal destinatario possono variare da pacchetto a pacchetto

- e.g., code differenti per differenti router

Rimozione del jitter



Ritardo di riproduzione fisso

Ritardo di riproduzione adattivo

t_i = timestamp del pacchetto i-esimo

r_i = tempo di ricezione del pacchetto i

p_i = tempo di inizio riproduzione

u = costante = es. 0.01

K = costante per ritardare l'inizio di riproduzione (es. 4)

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

Stima del ritardo medio della rete

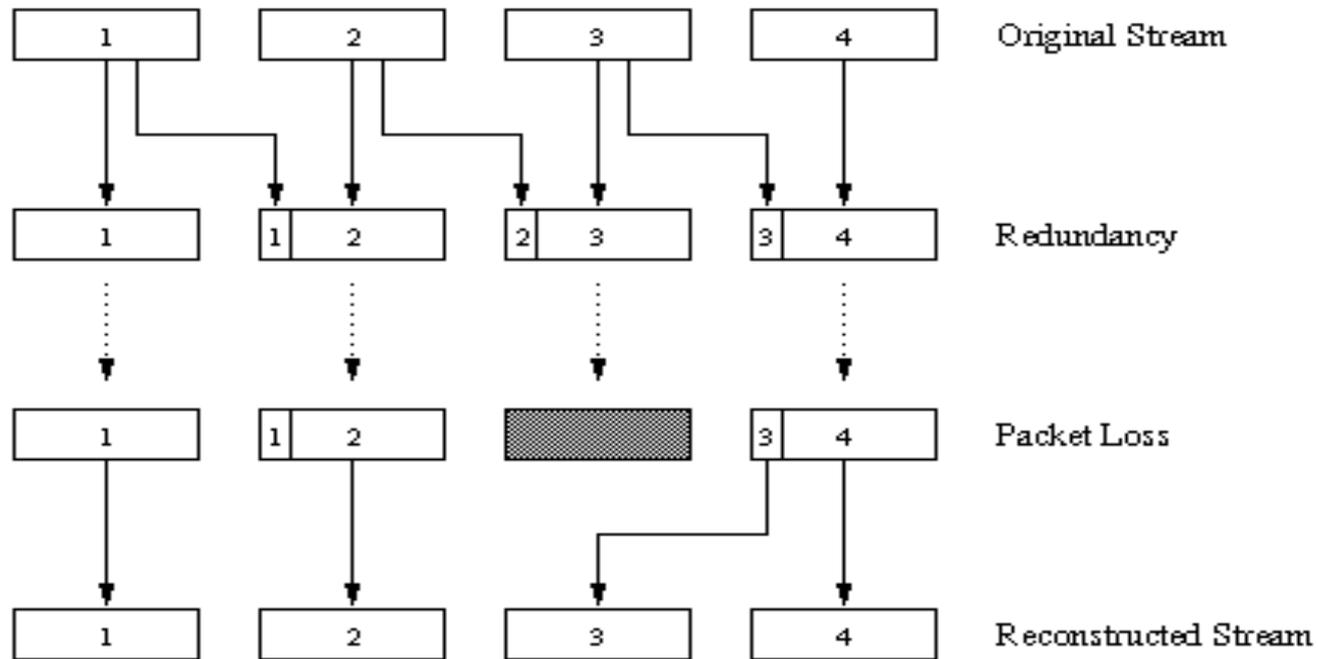
$$v_i = (1 - u) v_{i-1} + u |r_i - t_i - d_i|$$

Stima della deviazione media del ritardo di rete

$$p_i = t_i + d_i + K v_i$$

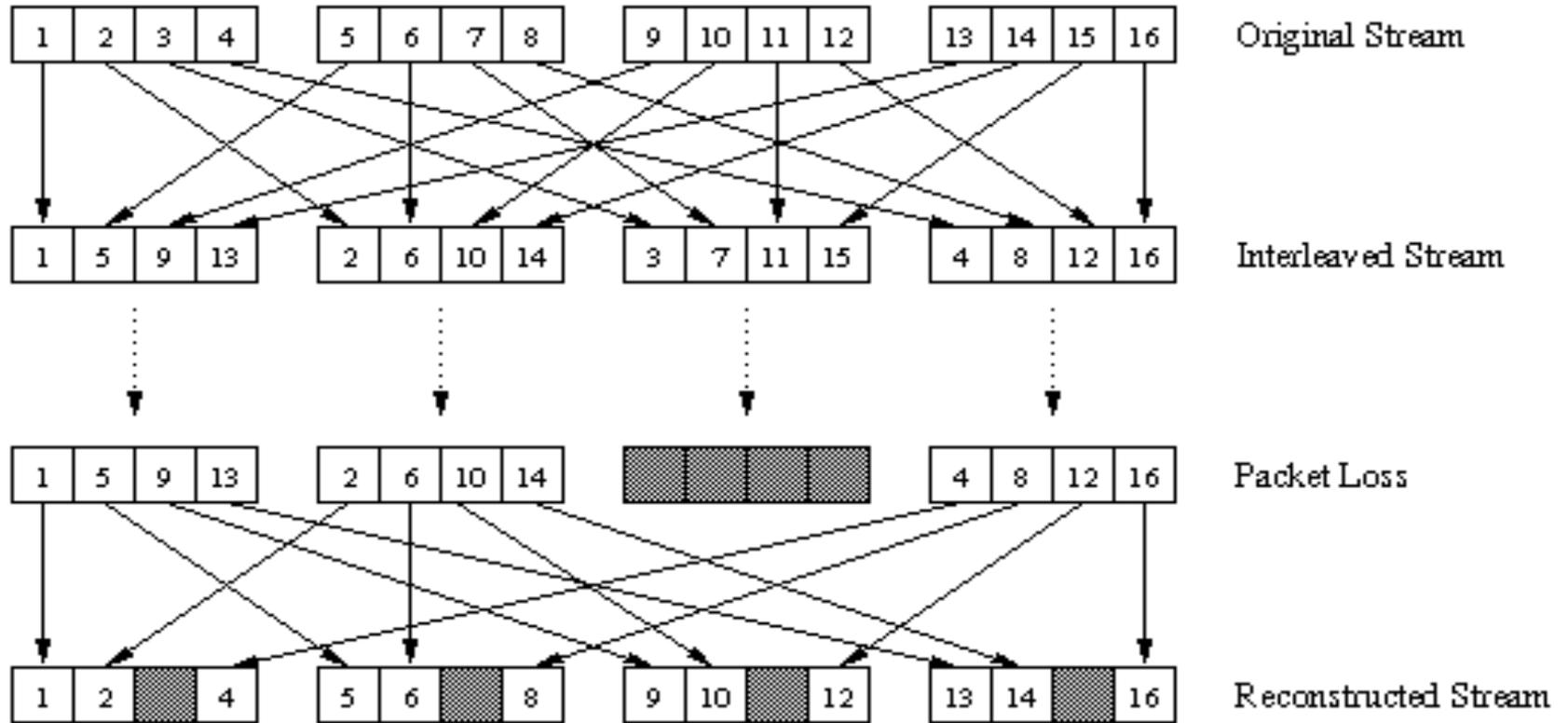
Riproduzione dei pacchetti

Correzione anticipata dell'errore



Forward Error Correction - si invia un flusso audio a bassa qualità come informazione rindondante

Interlacciamento

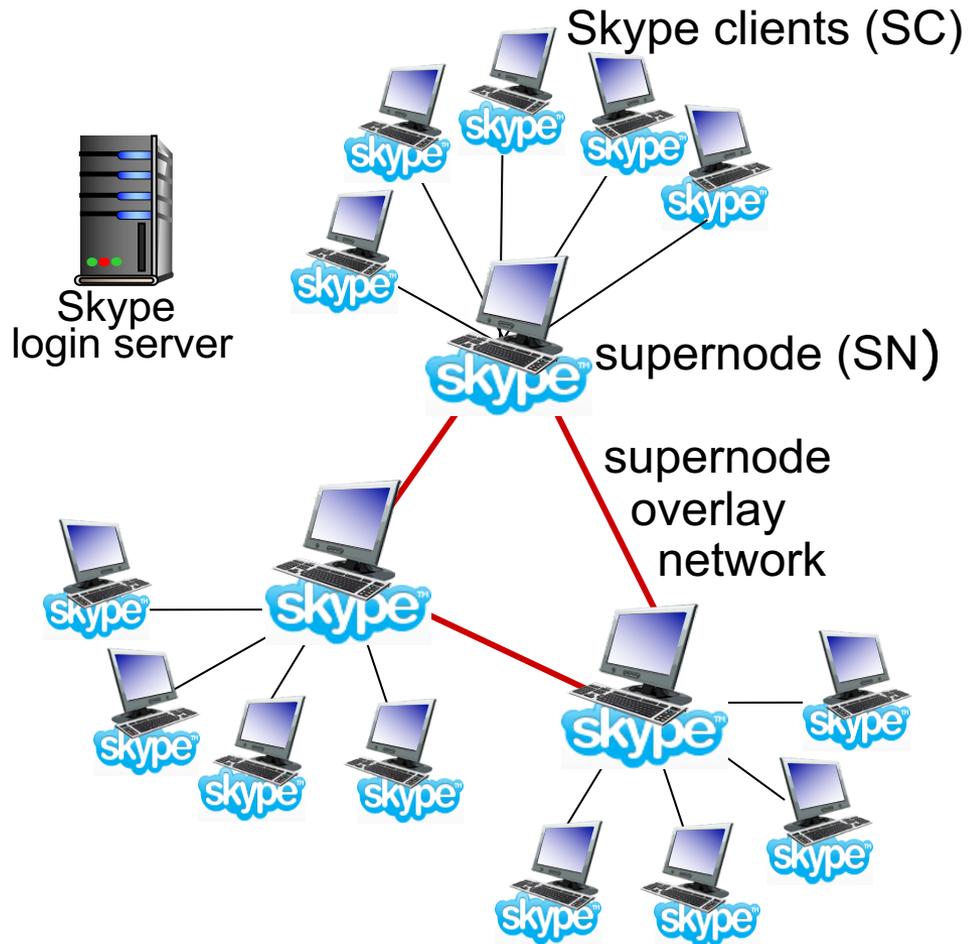


Si invia auto interlacciato

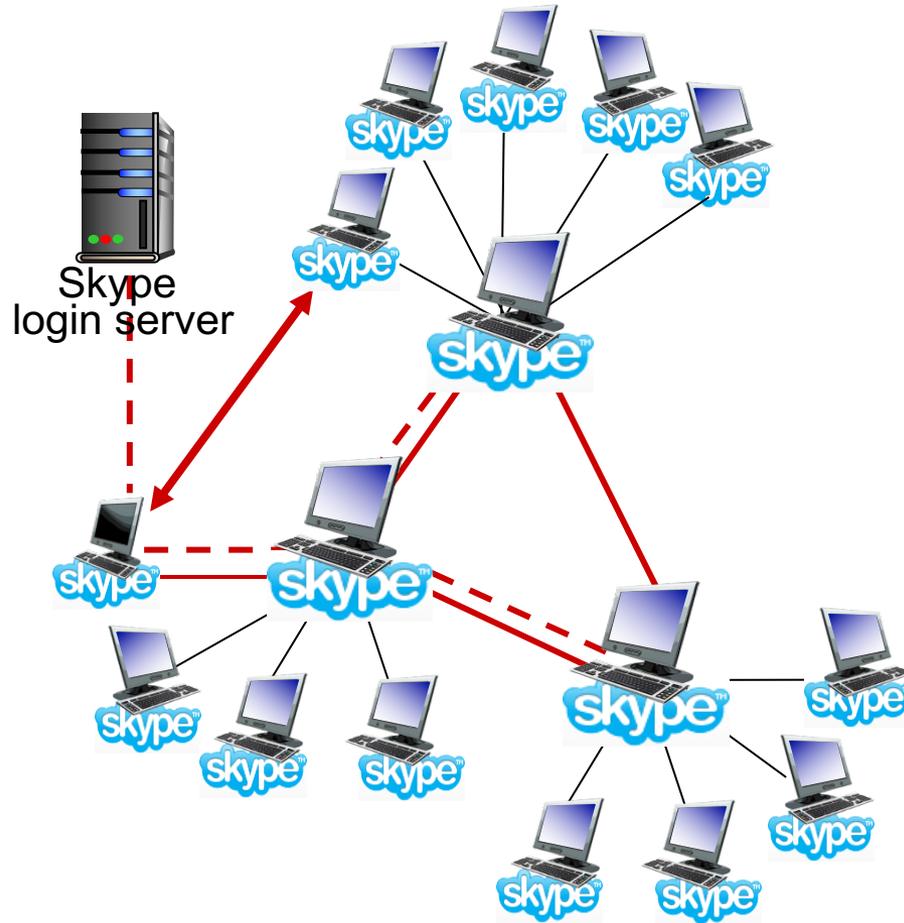
Occultamento dell'errore

- **Schemi di occultamento errori**
 - Si tenta di produrre un rimpiazzo per un pacchetto perso che sia simile all'originale
 - La forma più semplice di recupero che può implementare il destinatario è la ripetizione del pacchetto
 - In alternativa è possibile effettuare l'interpolazione dei pacchetti (precedente e successivo)
 - Metodologia avanzata basata su *compressive sensing*

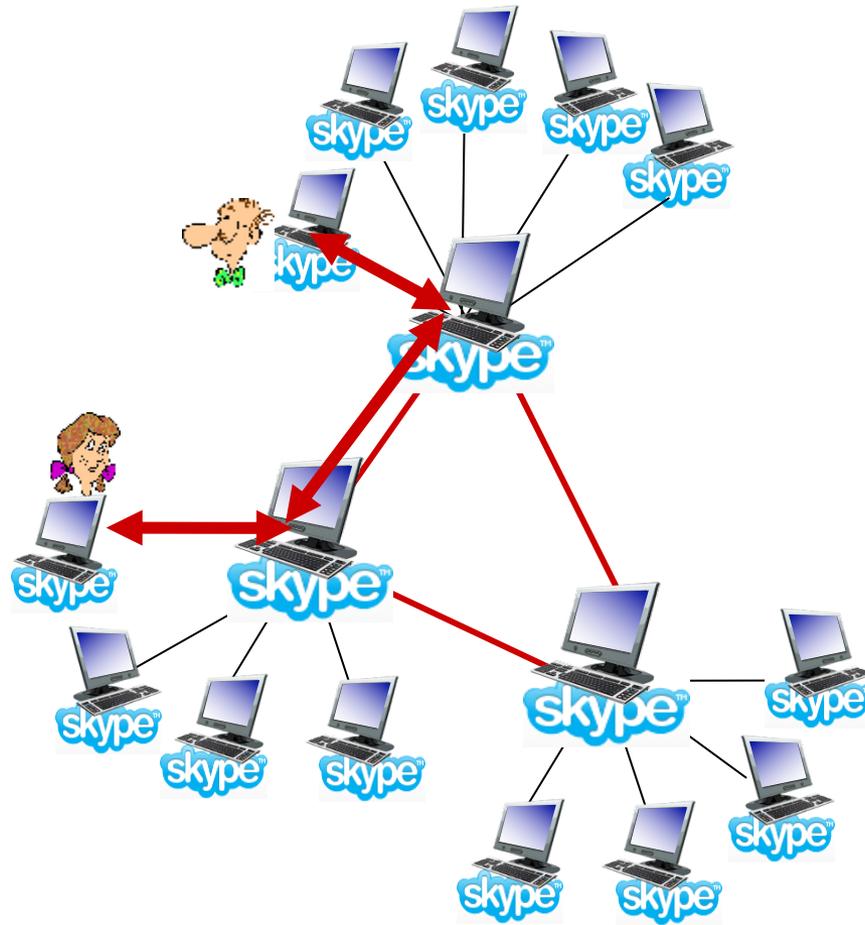
VoIP con Skype



VoIP con Skype



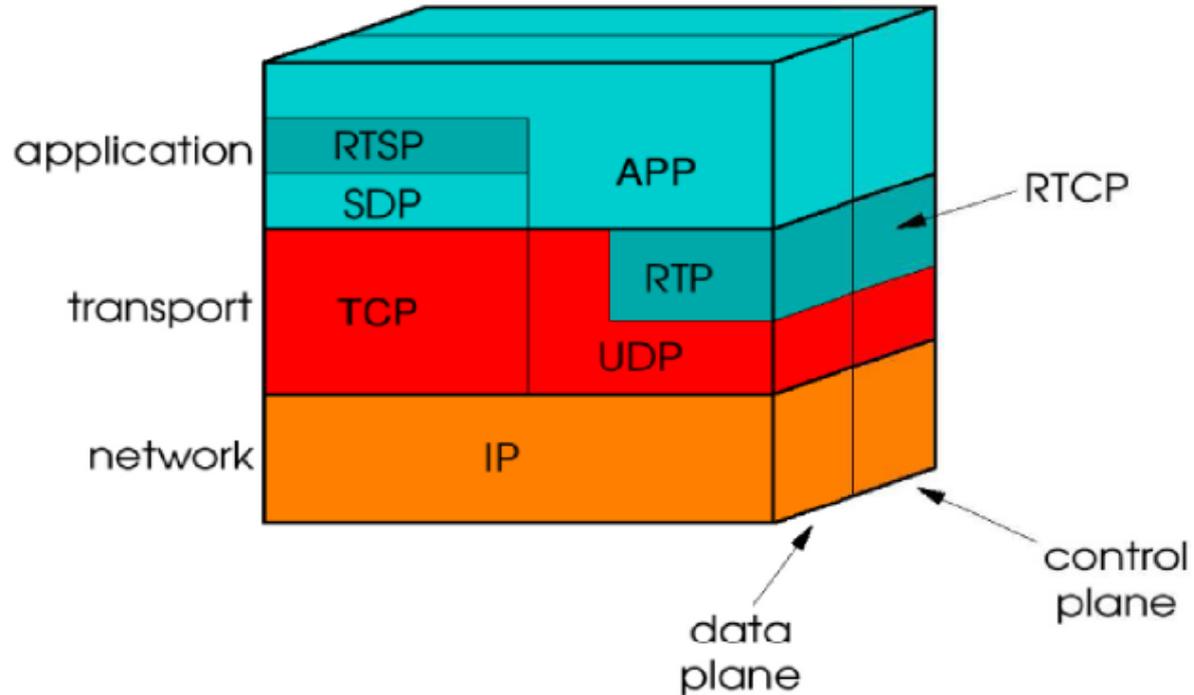
VoIP with Skype



Real Time Protocol

- Real Time Protocol
 - definito in RFC 3550
 - usato per trasportare formati comuni
 - Come PCM, ACC, e MP3 per il suono e MPEG e H.263 per il video

Real Time Protocol



Livelli del protocollo di comunicazione

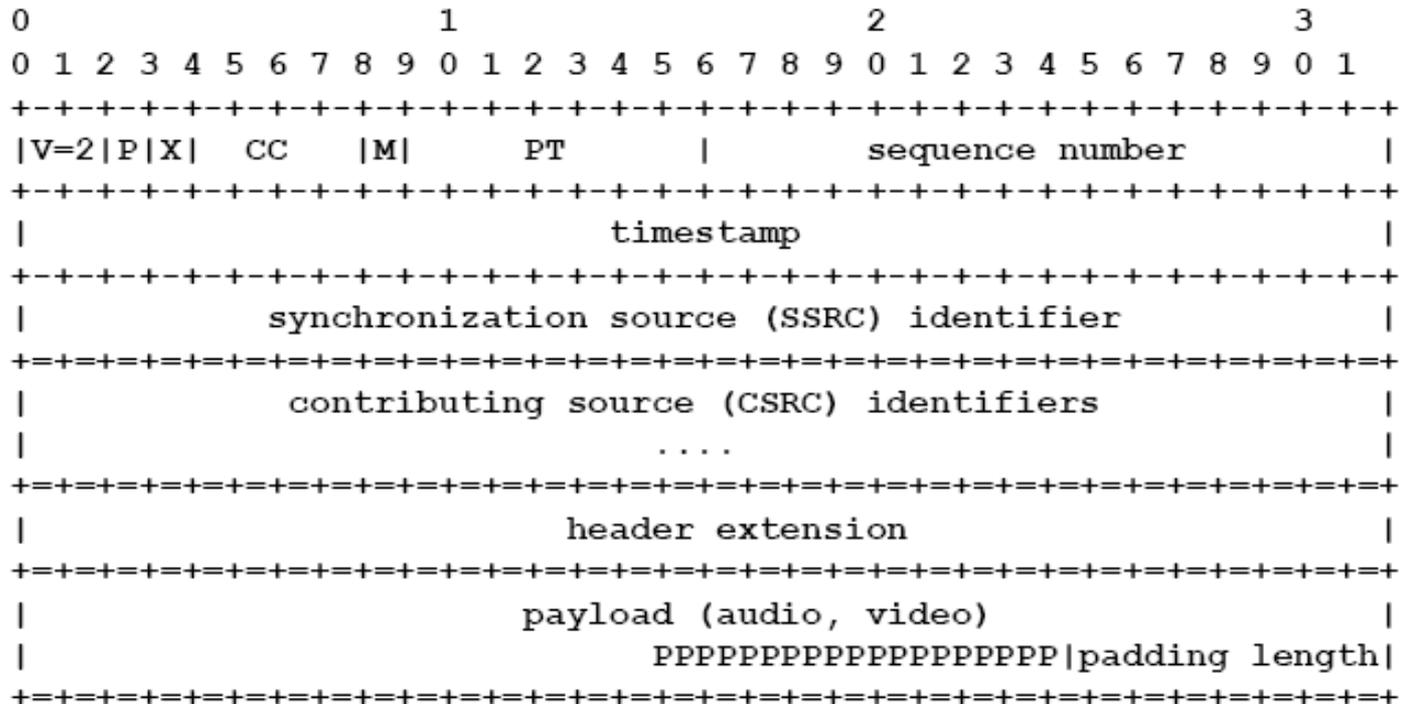
Real Time Protocol



RTP Header

Codice	Formato	Frequenza campionamento	Frequenza
0	PCM legge μ	8 KHz	64 Kbps
1	1016	8 KHz	4,8 Kbps
3	GSM	8 KHz	13 Kbps
7	LPC	8 KHz	2,4 Kbps
9	G.722	16 KHz	48-64 Kbps
14	Audio MPEG	90 KHz	-
15	G.728	8 KHz	16 Kbps

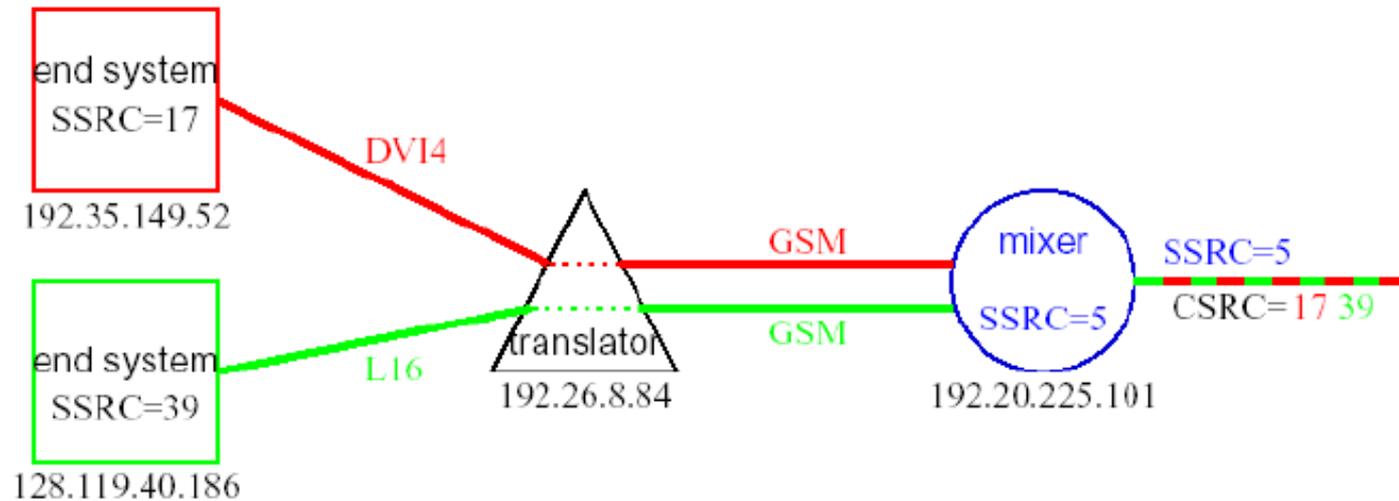
Real Time Protocol



RFC definizione pacchetto

- Gli utenti non hanno tutti la **stessa banda**
 - Una soluzione è quella di portare la banda di tutti i partecipanti uguale a quella più lenta
 - **Peggioramento** della chiamata
- Uso di **translator/mixer**
 - Il **translator ricodifica** il flusso audio a banda inferiore
 - Il **mixer risincronizza** i pacchetti audio in ingresso per ricostruire i chunks da 20 ms generati dal mittente
 - **Mescola** questi flussi audio in modo da ottenere un **unico** flusso
 - Il **mixer** può trovarsi vicino il punto di connessione lenta

Real Time Protocol



CSRC = Contributing Source

Mixer e translator

Real Time Control Protocol (RTCP)

- Informazioni Streaming
 - Identificatore SSRC
 - Timestamp
 - Numero di pacchetti inviati
 - Flusso di bytes

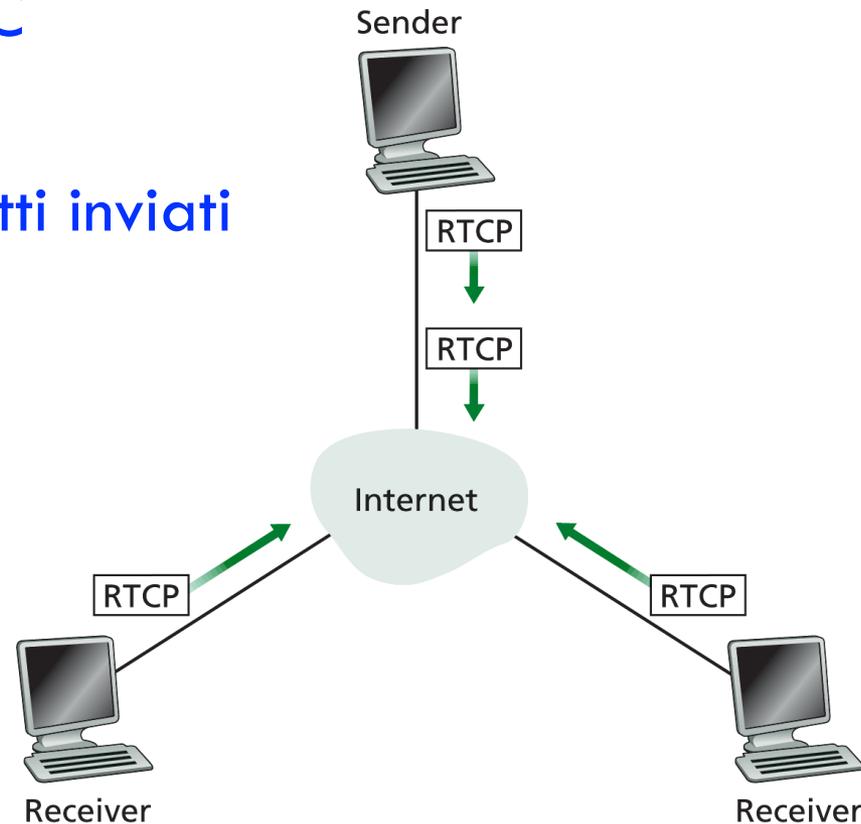


Figure 7.12 ♦ Both senders and receivers send RTCP messages.

- Session Initiation Protocol
 - RFC 3261
 - Fornisce meccanismi per stabilire chiamate tra due utenti su una rete IP
 - Permette al chiamante di conoscere l'indirizzo IP dell'utente chiamato
 - Fornisce strumenti per la gestione della call come l'aggiunta di nuovi flussi multimediali
 - Durante la chiamata può cambiare la codifica, invitare nuovi partecipanti, effettuare trasferimenti di chiamata, mettere in attesa la chiamata

■ INVITE: Alice vuole connettersi con Bob

- **c** = informazioni su se stessa per bob
- **m** = richiesta multimediale
 - Audio = flusso audio
 - 38060 = porta su cui ricevere il dato multimediale
 - RTP = protocollo di trasmissione
 - AVP 0 = codifica in cui viene richiesto l'audio

■ I due partecipanti possono richiedere codifiche differenti

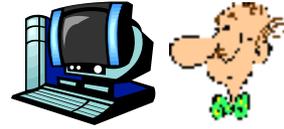
- Alice chiede **AVP 0 (PCM)**
- Bob chiede **AVP 3 (GSM)**

Alice

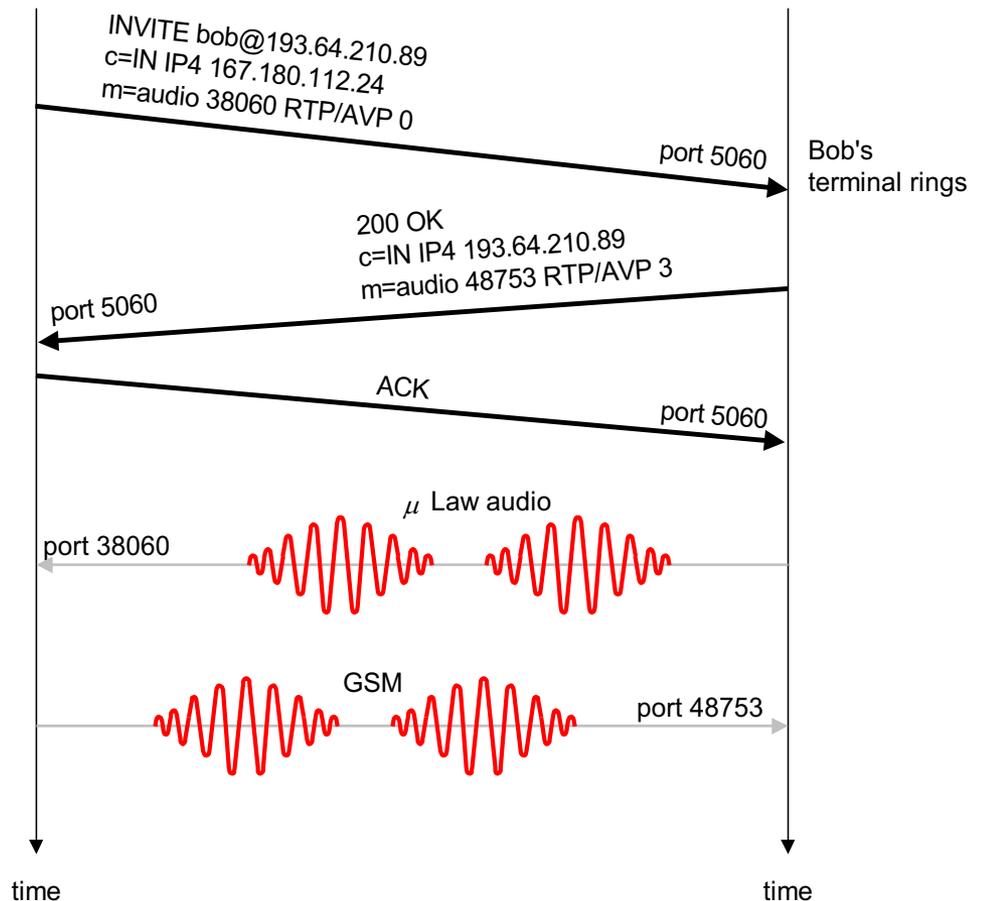


167.180.112.24

Bob



193.64.210.89



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
```

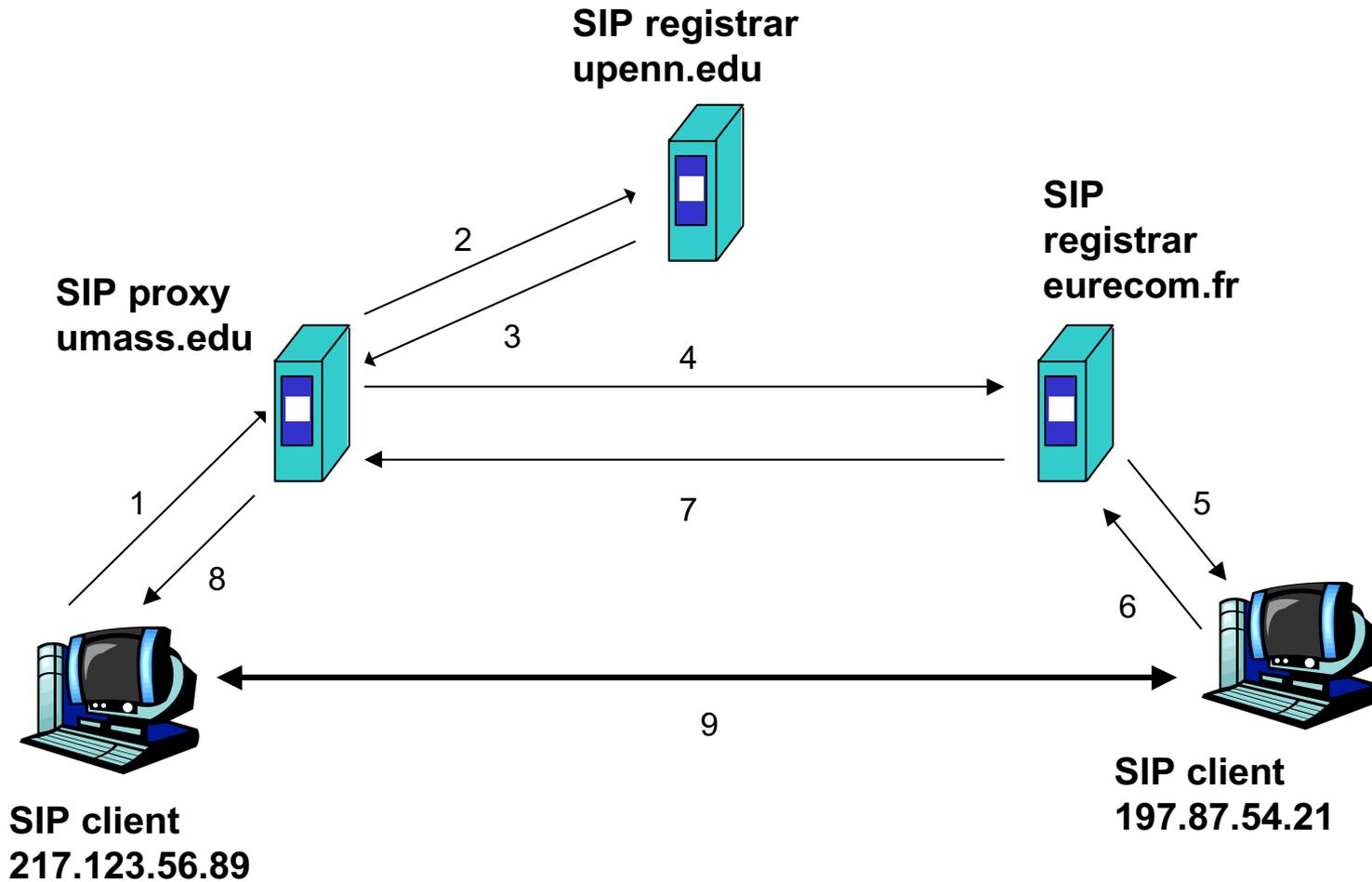
Alice conosce solo l'indirizzo SIP di Bob, bob@domain.com, non conosce il suo indirizzo IP

SIP

```
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
```

- Ogni applicativo SIP ha un servizio di registrazione
 - Bob invia un messaggio di registrazione per far conoscere il suo indirizzo IP

SIP



Inizializzazione sessione, coinvolge proxy SIP e registratori

H.323 protocol

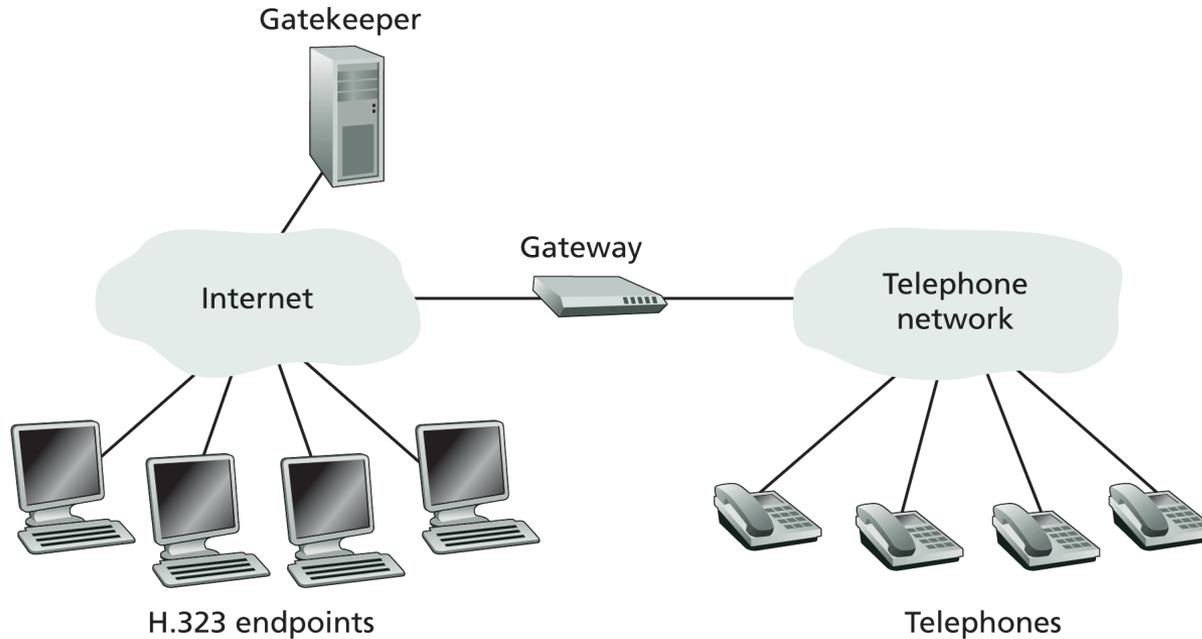


Figure 7.15 ♦ H.323 end systems attached to the Internet can communicate with telephones attached to a circuit-switched telephone network.

Inizializzazione sessione, coinvolge proxy SIP e registranti