

1. Servizi Multimediali e
Qualità del Servizio (QoS) su IP
1.6 RTP - SDP

Prof. Raffaele Bolla



Trasporto di flussi multimediali

- La rete Internet è stata concepita per il trasporto *best-effort* e quindi non in tempo reale di dati
- Non possiede meccanismi nativi atti a garantire la QoS:
 - » non ci sono limiti ai ritardi e agli jitter;
 - » i pacchetti potrebbero non arrivare a destinazione;
 - » i pacchetti dalla stessa sorgente possono essere instradati in modo diverso dalla rete verso una comune destinazione, arrivando in ordine diverso rispetto alla partenza.

Trasporto di flussi multimediali

- Il protocollo di trasporto TCP realizza un servizio orientato alla connessione
 - garantisce l'arrivo dei pacchetti alla destinazione;
 - garantisce la consegna nell'ordine corretto dei pacchetti;
 - effettua un controllo di flusso;
 - rileva gli errori;
 - effettua un controllo di congestione.
- UDP realizza un servizio minimo
 - individua le entità di trasporto;
 - effettua il controllo di errore.

Trasporto di flussi multimediali

- La trasmissione di flussi multimediali spesso è soggetta a vincoli sul massimo ritardo *end-to-end*
 - i meccanismi di recupero di errore e controllo di congestione e flusso del TCP non permettono di utilizzare questo protocollo;
 - il TCP può tuttavia essere utilizzato per quei flussi con requisiti meno stringenti
 - » testo (chat).

Trasporto di flussi multimediali

- L'UDP è più "snello" e quindi più adatto al trasporto di dati real-time, ma manca di meccanismi essenziali, fra cui
 - individuazione delle perdite,
 - individuazione dei pacchetti fuori sequenza.
- L'UDP si presta bene per offrire il servizio di trasporto ad un ulteriore protocollo in grado di gestire flussi multimediali

Real Time Protocol (RTP)

Real-Time Protocol (RTP)

- Introduce le funzionalità che mancano a UDP per lo *streaming* di contenuti multimediali anche in multicast.
- Sviluppato principalmente da H. Schulzrinne nel periodo 1992-1996.
- **RFC 1889** definisce il protocollo mentre **RFC 1890** fornisce il profilo base per audio/video conferenza.
- RTP risiede nei sistemi terminali (*end system*).
- I pacchetti RTP vengono incapsulati in segmenti UDP.
- Per quanto riguarda l'architettura funzionale RTP è considerato una estensione del protocollo di trasporto.
- Dal punto di vista dello sviluppatore è invece parte dell'applicazione, ossia deve essere inglobato nel software applicativo (per lasciare più controllo e flessibilità all'operazione di pacchettizzazione).

RTP

- In sostanza RTP aggiunge all'UDP le seguenti funzionalità:
 - **Identificazione del payload**
 - **Numeri di sequenza**
 - **timestamp**
 - **Capacità di identificare le sorgenti per la sincronizzazione**
- Ad esempio, nel caso di voce PCM a 64 Kbit/s, ad ogni blocco audio viene aggiunta l'intestazione RTP a formare un pacchetto RTP che viene quindi passato all'UDP.
- Il pacchetto RTP permette alla sorgente di riconoscere il tipo di codifica (che la sorgente può modificare potenzialmente pacchetto per pacchetto) e compensare il jitter tramite il *timestamp* ed i numeri di sequenza.

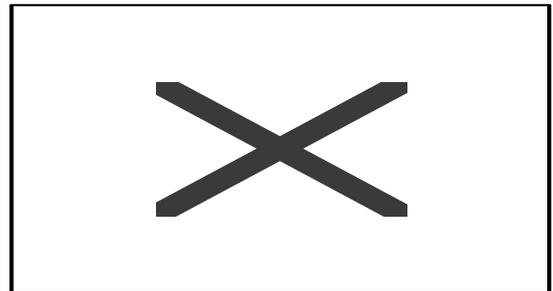
RTP: QoS

- RTP non fornisce nessun meccanismo per assicurare una QoS (ritardo o perdita).
- Il pacchetto RTP è visto solo dai nodi finali e non dai nodi di rete (router) che quindi non forniscono ai pacchetti RTP un trattamento preferenziale.
- Per poter fornire una QoS bisogna utilizzare dei meccanismi aggiuntivi (*Integrated o Differentiated Services, MPLS, ...*).

RTP: Streams

- RTP permette di assegnare un flusso (*stream*) indipendente ad ogni sorgente (telecamera, microfono, ...).
- Alcuni standard di compressione (MPG1 e 2 ad esempio) permettono l'integrazione dell'audio e video durante il processo di decodifica; in questo caso ci sarà un solo *stream* per ciascuna direzione (comunicazioni unicast).
- Nel caso multicast ogni sorgente ha il proprio *stream* ma tutti gli *stream* usano lo stesso indirizzo multicast e lo stesso albero di distribuzione; la comunicazione tramite RTP all'interno di un gruppo multicast viene chiamata "sessione".

Il pacchetto RTP



Il pacchetto RTP

- **Version** (2 bit): è la versione, attualmente la 2.
- **Padding (1 bit)**: l'ultimo byte contiene il numero di byte da ignorare alla fine del pacchetto.
- **extension** (1 bit): se a 1 indica la presenza di un *header extension* alla fine dell'intestazione.
 - L'estensione è composta da tre campi:
 - » "Defined by Profile", l'interpretazione è specifica dell'implementazione;
 - » "Length", il numero di successive word da 32 bit;
 - » dati relativi all'estensione.
 - L'estensione è usata raramente, principalmente per scopi sperimentali.

Il pacchetto RTP

- **Marker** (1 bit): il profilo definito nell'RFC 1890 specifica l'uso di questo bit per applicazioni voce e video:
 - **voce**: posto a 1 nel primo pacchetto successivo ad una fase di soppressione del silenzio
 - » durante le fasi di silenzio non sono inviati pacchetti,
 - » permette di regolare il ritardo di riproduzione nel buffer in ricezione;
 - **dati**: posto a 1 nell'ultimo pacchetto di uno stesso frame video.

Il pacchetto RTP

- **Payload Type** (7 bits): indica il tipo di codifica usata per quel pacchetto (se la sorgente cambia codifica e tramite questo campo che il ricevitore se ne accorge)
 - statici (0-34):
 - » Payload type 0: PCM mu-law, 64 Kbps
 - » Payload type 3, GSM, 13 Kbps
 - » Payload type 4, G.723.1
 - » Payload type 7, LPC, 2.4 Kbps
 - » Payload type 26, Motion JPEG
 - » Payload type 31, H.261
 - » Payload type 33, MPEG2 video
 - » Payload type 34, H.263
 - non assegnati (35-71, 77-95) e riservati (72-76)
 - dinamici (96-127): la tendenza attuale è di usare questi.

Il pacchetto RTP

- **Sequence Number** (16 bits): si incrementa di uno ogni pacchetto inviato (serve a riconoscere le perdite e i pacchetti fuori sequenza).
- **Timestamp** (32 bit): riflette l'istante di campionamento del primo campione presente nel pacchetto ed è derivato dal *clock* del campionatore.
 - Ad esempio, viene incrementato di uno ogni campione (per la voce +1 ogni 125 μ s e quindi supponendo 8 bit per campione e 160 Bytes a pacchetto, verrebbe incrementato di 160 ogni pacchetto). Il valore viene incrementato anche quanto la sorgente è inattiva ed è riferito al flusso prima della codifica.
 - Per il video, tutti i pacchetti appartenenti allo stesso frame hanno lo stesso timestamp.

RTP e clock

- Tre clock sono utilizzati nella trasmissione
 - il clock del campionatore del segnale analogico;
 - il clock RTP
 - » genera il timestamp,
 - » viene incrementato linearmente e monotonicamente,
 - » presenta una precisione tale da permettere la sincronizzazione e il calcolo degli jitter in ricezione,
 - » per la voce normalmente è uguale al clock del campionatore (8, 44.1 o 48 kHz),
 - » per i dati spesso è pari a 90 kHz (multiplo di 24 Hz di HDTV, 25 Hz di PAL, 29.97 Hz di NTSC);
 - il clock di riferimento, per sincronizzare i flussi provenienti da diverse sorgenti.

Il pacchetto RTP

- I rimanenti campi vengono utilizzati solo nelle sessioni multicast (anche se devono essere sempre presenti nell'intestazione).
- **CSRC Count** (4 bit): indica il numero di campi CSRC presenti nel pacchetto.
- **Synchronization Source Identifier** (32 bit): Identifica la sorgente, non è un indirizzo IP ma un identificatore generato casualmente.
- **Contributing Source** (CSRC) (32 bit): se un pacchetto contiene segnali di più sorgenti (SSRC) mescolati (tipicamente audio di più parlatori) questo campo permette di identificare le diverse sorgenti originarie (fino a 15).

Il pacchetto RTP

- Il **Payload** consiste nel media da trasportare.
- Il formato del payload dipende dal media, dal codec e dal meccanismo di recupero dei pacchetti persi.
- È previsto anche un formato particolare per il *comfort noise*, nel caso il codec non preveda un VAD/CNG.
- Per i codec voce tipicamente è sufficiente specificare:
 - la frequenza del clock RTP,
 - il codec utilizzato.
- È previsto un payload particolare per il recupero d'errore.

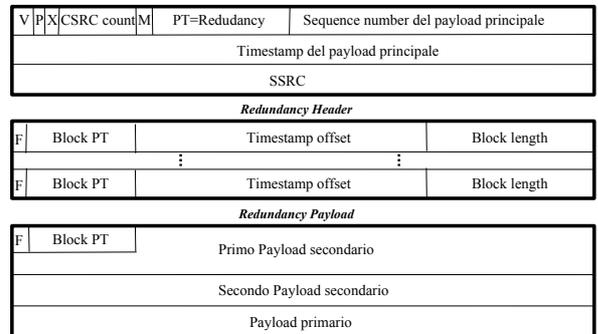
Il pacchetto RTP

- **Esempi:**
 - il *payload* G.723.1 (PT=4) è composto da:
 - » frequenza del clock RTP, coincide con il campionatore a 8 kHz,
 - » frame G.723.1.
 - il *payload* per il *comfort noise* (PT=13)
 - » frequenza del clock RTP (8 kHz),
 - » un byte, i cui bit meno significativi indicano la potenza del rumore.
 - il *payload* per T.140
 - » frequenza clock RTP (1 kHz),
 - » uno o più caratteri (dipende da compromesso tra tempi di reazione e *overhead*);
 - » il formato T.140 può essere inviato con TCP senza RTP!

Il pacchetto RTP - Ridondanza

- Diversi *payload* ridondanti sono aggiunti al pacchetto per permettere il recupero di errore.
- L'*header* RTP si riferisce al *payload* primario - il PT indica comunque il formato particolare del pacchetto (*Redundancy*).
- Il *payload* del pacchetto è formato da un *header* per ogni pacchetto secondario (4 byte) e uno per il pacchetto primario (1 byte).

Il pacchetto RTP - Ridondanza



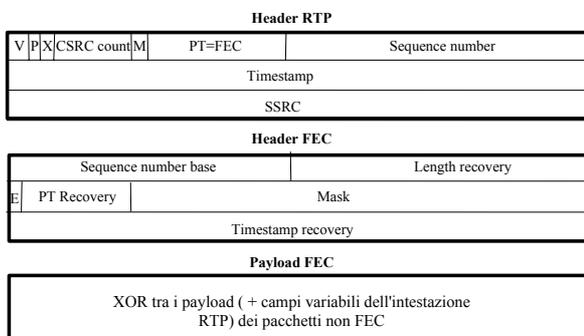
Il pacchetto RTP - Ridondanza

- **First** (1 bit): 0 indica l'ultimo *header* (primario).
- **Block Payload Type** (7 bit): il formato del payload.
- **Timestamp Offset** (14 bit): l'offset rispetto al timestamp indicato nell'intestazione RTP.
- **Block Length** (10 bit): la dimensione del payload descritto.

Il pacchetto RTP - FEC

- L'idea è quella di generare un pacchetto FEC di correzione che
 - contenga il risultato di un XOR (o di una operazione analoga) tra i *payload* di pacchetti non FEC precedenti,
 - Venga inviato su una diversa sessione RTP
 - » in questo modo non è necessario de-multiplexare i pacchetti RTP sulla base del PT;
- La struttura del pacchetto permette l'utilizzo di diverse tecniche di correzione (ad esempio, codici di Hamming, Reed- Solomon). Nel seguito, per semplicità, supporremo che l'operazione effettuata sia solo XOR.

Il pacchetto RTP - FEC



Il pacchetto RTP - FEC

- I campi *P*, *X*, *CSRC count*, *M* dell'intestazione del pacchetto FEC sono lo XOR dei rispettivi campi nei pacchetti non-FEC.
- Il valore del *Timestamp* si riferisce all'istante di invio del pacchetto FEC.
- *Sequence number base* (16 bit): pari al minimo numero di sequenza dei pacchetti non-FEC.
- *Length recovery* (16 bit): XOR delle lunghezze dei pacchetti non-FEC.

Il pacchetto RTP - FEC

- *E* (1 bit): per usi futuri.
- *PT Recovery* (7 bit): XOR dei PT dei pacchetti non-FEC.
- *Mask* (24 bit): indica la lista dei pacchetti non-FEC che hanno generato questo pacchetto (ogni bit *i* a 1 indica la presenza del pacchetto non-FEC con numero di sequenza pari a *Sequence number base + i*).
- *Timestamp recovery* (32 bit): XOR tra *i Timestamp* dei pacchetti non-FEC.

Lezione 1.6, v. 1.0

6.25

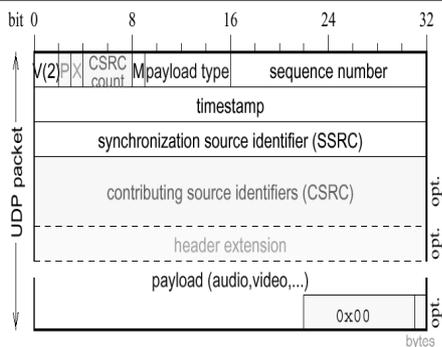
Il pacchetto RTP - FEC

- Le estensioni dell'*header* e i *payload* dei pacchetti non-FEC sono posti in XOR per generare il payload del pacchetto FEC
 - tutte le stringhe sono portate alla stessa lunghezza mediante padding.

Lezione 1.6, v. 1.0

6.26

Il pacchetto RTP - FEC (esempio)



Lezione 1.6, v.

6.27

Il pacchetto RTP - FEC (esempio)

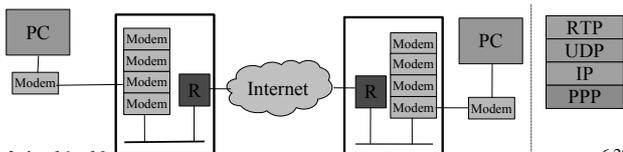
- L'esempio mostra il pacchetto di FEC ricavato da due frame (con payload statico tipo 4) G.731.1
 - il frame A a 6.3 Kbps con 24 byte di payload
 - il frame B a 5.3 Kbps con 20 byte di payload
 - Si noti che quindi il payload di B è completato con 4 byte di padding prima del XOR.
- Il pacchetto FEC aggiunge in questo caso il 41% di overhead ($A+B+X = 116$ bytes, $FEC(X) = 48$ bytes) e un ritardo addizionale di 30 ms più i tempi di elaborazione nella sorgente e nel ricevitore.

Lezione 1.6, v. 1.0

6.28

Ritardi e overhead con RTP

- La trasmissione di flussi multimediali tramite RTP richiede di bilanciare due aspetti
 - ritardi end-to-end;
 - overhead.
- Si considerino due entità collegate ad Internet tramite modem:



Lezione 1.6, v. 1.0

6.29

Ritardi e overhead con RTP

- Per calcolare il massimo jitter assorbibile:

$$j_{buf} < 300 \text{ ms} - d_{coder} - d_{net} - fs$$
- Prendendo come riferimento un codec G.723.1 si assuma:
 - $d_{coder} = 42.5 \text{ ms}$,
 - $fs = 30 \text{ ms}$,
 - ritardo Internet 40 ms,
 - ritardo dei modem 90 ms,
 - un solo frame per pacchetto RTP.

Lezione 1.6, v. 1.0

6.30

Ritardi e overhead con RTP

- Il ritardo della rete è pari a 130 ms, più il tempo di pacchettizzazione, che è trascurabile:

$$d_{\text{net}} = 130 + d_{\text{pkt}} \approx 130 \text{ ms}$$

- Il buffer in ricezione potrà avere una dimensione pari a 97.5 ms.

Ritardi e overhead con RTP

- Gli header influenzano notevolmente la trasmissione:
 - 12 (RTP) + 8 (UDP) + 20 (IP) + 4 (PPP) = 44 byte
 - a 5.3 kbps, un frame G.723.1 occupa $5.3 * 30 \text{ ms} = 20 \text{ byte}$
 - l'overhead nella trasmissione è del 68.5%!
 - la banda realmente utilizzata è pari a 17.1 kbps!
- Nello scenario ipotizzato al massimo solo 2 connessioni voce possono essere presenti (38.9 kbps).

Ritardi e overhead con RTP

- Accorpare più frame G.723.1 nello stesso pacchetto l'overhead può essere ridotto
 - ad esempio, con 4 frame
 - » l'overhead diventa del 35.5%,
 - » la banda diventa di 8.3 kbps.
- Purtroppo con questa operazione il ritardo di pacchettizzazione non è più trascurabile: $d_{\text{pkt}} = 90 \text{ ms}$
 - $j_{\text{buf}} < 7.5 \text{ ms}$, impraticabile per Internet.

Ritardi e overhead con RTP

- Una possibile soluzione consiste nella compressione delle intestazioni (RTP/UDP/IP)
 - si invia un pacchetto non compresso seguito da pacchetti compressi:
 - » i campi costanti sono rimossi (es. *Version* per RTP),
 - » i campi che differiscono per una costante sono rimossi (es. *Sequence number* per RTP),
 - » per i campi che differiscono per una quantità variabile viene inviata la differenza (es. *Timestamp* per RTP);
 - per la maggior parte dei pacchetti l'intestazione risultante è di soli due byte!

Ritardi e overhead con RTP

- La compressione può essere applicata
 - *link-to-link*
 - *end-to-end*
 - » in questo caso ogni router intermedio deve conoscere la struttura dei pacchetti compressi per poterli instradare.
- Il vero vantaggio si ha nell'utilizzare la compressione per le linee con poca banda
 - all'interno della rete
 - » la larghezza di banda è un problema minore
 - » i router potrebbero non supportare la compressione delle intestazioni.

Sincronizzazione dei flussi

- Le specifiche RTP suggeriscono di inviare flussi diversi su sessioni separate
 - questo permette
 - » in ricezione di demultiplexare i flussi a livello UDP;
 - » di richiedere diversi livelli di QoS.
- Se i flussi necessitano di essere sincronizzati al ricevitore è necessario fornire un riferimento temporale comune
 - l'orologio di sistema, se le applicazioni risiedono sullo stesso *end-point*,
 - l'NTP, se i flussi sono generati su diversi sistemi
 - » in questo caso il riferimento comune è comunicato alla destinazione tramite RTCP.

Real-Time Control Protocol (RTCP)

- Lavora insieme al RTP
 - permette di realizzare sessioni multicast
 - » conferenze, streaming multimediale
 - svolge una serie di funzionalità base di controllo
 - » si limita principalmente alla gestione della trasmissione
 - » tutte le altre funzionalità di controllo della conferenza sono relegate ai protocolli di segnalazione (es. H.323, SIP).
- RTCP è stato pensato per sessioni multicast su IP
 - numero di partecipanti dell'ordine delle migliaia;
 - architettura completamente distribuita.

Real-Time Control Protocol (RTCP)

- Ogni partecipante ad una sessione RTP invia periodicamente pacchetti di controllo RTCP a tutti gli altri partecipanti (multicast):
 - ogni pacchetto contiene informazioni statistiche del ricevitore/trasmittitore utili alle applicazioni.
 - » fra le informazioni inviate si trovano, i pacchetti inviati/ricevuti, la percentuale delle perdite, il *jitter*,...
 - questa retroazione può essere usata per verificare le prestazioni e per diagnostica; eventualmente la si può usare per modificare le caratteristiche della trasmissione (parametri della o tipo di compressione, risoluzione, ...).

RTCP

- RTCP può essere usato per sincronizzare diversi *stream* all'interno di una sessione
- Si consideri una videoconferenza in cui ciascuna sorgente genera uno *stream* RTP per il video e uno per l'audio
 - i *timestamp* dei pacchetti RTP sono legati ai *clock* dei singoli campionatori, ma non hanno un riferimento temporale comune
 - i pacchetti RTCP contengono un riferimento assoluto di tempo e il *timestamp* dell'ultimo pacchetto, per cui permettono di ricostruire un sincronismo, ad esempio, fra voce e video.

Pacchetti RTCP

- RTCP prevede 4 tipi di pacchetti principali
 - *Source description*;
 - *Sender Report*;
 - *Receiver report*;
 - *Goodbye*.
- Anche i pacchetti RTCP vengono trasportati tramite UDP ma usano una porta diversa rispetto a RTP.
- Per ridurre l'*overhead* diversi pacchetti RTCP possono essere combinati e trasmessi assieme (*compound RTCP packet*).

Pacchetti RTCP Source Description (SDES)

- L'SSRC identifica in modo univoco tutti i partecipanti ad una sessione RTP.
- I pacchetti SDES forniscono informazioni più puntuali associati ad ogni SSRC:
 - identificativo univoco (comune a tutte le sessioni RTP a cui si partecipa),
 - nome utente,
 - email,
 - numero di telefono.

Pacchetti RTCP Sender Report (SR)

- Inviati dalle sorgenti per fornire informazioni sui pacchetti trasmessi.
- Contengono:
 - SSRC della sorgente;
 - NTP *timestamp*, se diverse sorgenti non dispongono di un riferimento temporale comune i loro flussi non possono essere sincronizzati;
 - RTP *timestamp*, il riferimento utilizzato per generare i flussi RTP;

Pacchetti RTCP Sender Report (SR)

- numero di pacchetti inviati, dall'inizio della trasmissione;
- numero di ottetti inviati, dall'inizio della trasmissione
 - » vengono ignorati le intestazioni e i byte di riempimento.
- eventuali informazioni sulla ricezione
 - » si evita di trasmettere un apposito pacchetto *Receiver Report*.

Pacchetti RTCP Receiver Report (RR)

- Forniscono un feedback alle sorgenti sulla qualità della ricezione
 - vengono inviati anche in assenza di arrivo di pacchetti RTP.
- Contengono
 - SSRC della sorgente;
 - EHSN, il maggior numero di sequenza ricevuto (ha dimensione tale da non riavvolgersi);
 - CPL, numero totale di pacchetti persi (calcolato come differenza tra il numero di pacchetti arrivati e quello atteso);

Pacchetti RTCP Receiver Report (RR)

- FPL, frazione di pacchetti persi;
- *jitter* di interarrivo, stima della varianza dei ritardi di arrivo dei pacchetti;
- LSR, *timestamp* NTP dell'ultimo SR ricevuto dalla sorgente;
- DLSR, tempo trascorso dalla ricezione dell'ultimo SR all'invio di questo RR.

Pacchetti RTCP Goodbye (BYE)

- Informa gli altri partecipanti che uno o più utenti hanno lasciato la sessione.
- Contengono:
 - SSRC/CSRC degli utenti che abbandonano la sessione;
 - motivazione (opzionale).
- L'abbandono della sessione può essere anche implicito, attraverso il mancato invio di pacchetti RTCP per un certo periodo di tempo.

Scalabilità RTCP

- Al fine di permettere la partecipazione di migliaia di utenti alle sessioni RTP, si devono affrontare due fattori di scalabilità
 - banda
 - » in genere sono attivi pochi trasmettitori alla volta,
 - » è necessario evitare che i flussi RTCP congestionino la rete;
 - memorizzazione
 - » ogni partecipante deve memorizzare tutti gli identificativi SSRC della sessione RTP.

Scalabilità RTCP

- Ogni partecipante deve memorizzare in modo indipendente lo stato della sessione
 - la struttura distribuita è molto robusta agli errori;
 - lo stato consiste in informazioni riguardanti
 - » il flusso multimediale trasmesso;
 - » la qualità del flusso ricevuto;
 - » gli altri partecipanti.
 - per mantenere la consistenza delle informazioni ogni partecipante deve periodicamente aggiornare le informazioni che lo riguardano.

Scalabilità RTCP

- Nel caso di sessioni multicast il traffico RTCP generato crescerebbe linearmente con il numero di utenti
 - con migliaia di utenti si congestionerebbe la rete;
 - il protocollo prevede di limitare superiormente la banda disponibile in modo indipendente dal numero di partecipanti
 - » tale limite viene fissato in funzione del traffico RTP generato.
- Sulla base del limite di banda a disposizione ogni utente calcola gli intervalli entro cui emettere i RR.

Scalabilità RTCP

- Il traffico RTCP deve essere limitato al 5% della banda della sessione RTP
 - tale calcolo comprende l'overhead introdotto dal livello di trasporto e di rete;
 - questa banda viene utilizzata
 - » equamente tra trasmettitori e ricevitori, se i trasmettitori sono più del 25% dei partecipanti,
 - » il 25% è riservata ai trasmettitori ed il 75% ai ricevitori, se il numero dei trasmettitori è inferiore al 25% dei partecipanti.

Scalabilità RTCP

- L'intervallo di trasmissione teorico T per i pacchetti RTCP viene calcolato come:

Per le sorgenti

$$T = (\text{dim pacchetto}) * (\text{num. sorgenti}) / (0,25 * 0,05 * \text{Banda})$$

Per i ricevitori

$$T = (\text{dim pacchetto}) * (\text{num. ricevitori}) / (0,75 * 0,05 * \text{Banda})$$

- Esiste un intervallo minimo, pari a 5 secondi
 - per evitare burst di pacchetti nel caso di intervalli ridotti.
- L'intervallo effettivo T_e viene calcolato come:

$$T_e = T \times x, \quad x \text{ v.a.} \in [0,5, 1,5]$$
 - in modo da desincronizzare le trasmissioni.

RTP - RTCP

- Alcuni esempi di applicazioni che usano RTP-RTCP sono
 - strumenti di Mbone: vic/vat/rat;
 - Real Media (Real Audio, Real Video);
 - MS Netmeeting;
 - Apple Quicktime;
 - H.323.
- Attualmente le varie applicazioni non sono sempre in grado di comunicare fra loro
 - per incompatibilità legate da RTP;
 - per piccoli scostamenti dallo standard.

Conferenze multimediali

- Esistono diverse metodologie di instaurazione di conferenze multimediali
 - a chiamata
 - » uno o più partecipanti avviano la chiamata verso altri,
 - » simile all'approccio telefonico,
 - » in genere ristretta ad un numero limitato di partecipanti;
 - su annuncio
 - » la conferenza viene annunciata con un certo anticipo,
 - » gli interessati si associano,
 - » usata ad es. per e-learning, manifestazioni pubbliche.

Conferenze multimediali

- Nel secondo caso, è necessario disseminare in anticipo l'informazione sulla conferenza
 - gli utenti vengono informati sull'inizio, le durate, i contenuti e le modalità di partecipazione;
 - gli utenti possono partecipare al momento di inizio della sessione
 - » RTP/RTCP possono essere utilizzati per trasportare i flussi multimediali e le informazioni di controllo;
 - occorre un protocollo per propagare questo tipo di informazione: *Session Description Protocol*.

Session Description Protocol (SDP)

- SDP descrive
 - le informazioni
 - le codifiche
 necessarie per partecipare ad una "conferenza multimediale".
- Le informazioni possono essere distribuite attraverso
 - e-mail
 - web
 - multicast ...

SDP

- La struttura della descrizione è suddivisa in tre sezioni
 - *sessione*: identifica e descrive i contenuti della sessione;
 - *tempistica*: informazioni temporali riguardanti l'inizio e la durata della sessione;
 - *trasmissione*: riguarda soltanto i media e contiene le informazioni necessarie per trasmettere e ricevere i flussi.

SDP

- La descrizione SDP consiste in una serie di linee del tipo:

`<type>=<value>`

 - `<type>` consiste in un singolo carattere;
 - `<value>` è una stringa alfanumerica.
- Si consideri un ipotetico annuncio per la trasmissione multicast del corso di Telematica
 - il corso si svolge nelle giornate di lunedì (8-10), martedì (8-10) e giovedì (10-12);
 - le sere di sabato e domenica vengono trasmesse le repliche (3-6).

SDP - Esempio

- **Session Description**
 - 1) `v = 0`
 - 2) `o = raffaele.bolla 7543251234 7543251278 IN IP4 192.168.0.1`
 - 3) `s = Corso di Telematica 2, Prof. Raffaele Bolla`
 - 4) `i = Introduzione alle reti multimediali: H.323 e SIP`
 - 5) `u = http://www.reti.dist.unige.it/telematica`
 - 6) `e = raffaele.bolla@dist.unige.it`
- **Time Description**
 - 7) `t = (NTP(Monday, September 27, 2004 at 8 am)) (NTP(Thursday, December 16, 2004 at 12 am))`
 - 8) `r = 7d 120m 0 24h 74h`
 - 9) `t = (NTP(Saturday, October 2, 2004 at 3 am)) (NTP(Sunday, December 19, 2004 at 6 am))`
`r = 7d 180m 0 24h`
 - 10) `z = (NTP(October 31, 2004 at 2 am)) -1h`

SDP - Esempio

- **Media Description**
 - 11) `m = video 3602/3 RTP/AVP 110`
 - 12) `a = rtpmap:110 H263-1998`
 - 13) `c = IN IP4 234.4.6.112/127/3`
 - 14) `m = audio 4010 RTP/AVP 4`
`c = IN IP4 231.40.200.3`

SDP - Esempio

- 1) *Version* del protocollo.
`v = 0`
- 2) *Origin* identificativo della sessione
`o = raffaele.bolla 7543251234 7543251278 IN IP4 192.168.0.1`
`o=<username><session><version><network type><address>`
 - `username` la login dell'utente sul sistema di origine;
 - `session id` si consiglia di usare un timestamp NTP;
 - `version` dell'annuncio (timestamp NTP);
 - `network type`, IN indica Internet;
 - `address type`, IP4 o IP6;
 - `address`, nome di dominio completo o rappresentazione numerica.

SDP - Esempio

- 3) *Session-name*, un nome della sessione.
s = Corso di Telematica 2, Prof. Raffaele Bolla
- 4) *Information*, descrizione della sessione.
i = Introduzione alle reti multimediali: H.323 e SIP
- 5) *URI*, una pagina contenente ulteriori informazioni sulla sessione.
u = http://www.reti.dist.unige.it/telematica
- 6) *Email* della persona di riferimento.
e = raffaele.bolla @dist.unige.it

SDP - Esempio

- 7) *Time* indica l'inizio e la fine della sessione.
t = (NTP(Monday, September 27, 2004 at 8 am)) (NTP(Thursday, December 16, 2004 at 12 am))
- 8) *Repeat* definisce gli intervalli di ripetizione della sessione
r = 7d 120m 0 24h 74h
- *r=<repeat interval><active duration><list of offset from start-time>*
La sessione viene ripetuta negli orari notturni.
- 9) *La sessione viene ripetuta negli orari notturni.*
t = (NTP(Saturday, October 2, 2004 at 3 am)) (NTP(Sunday, December 19, 2004 at 6 am))
r = 7d 180m 0 24h
- 10) *Zone* permette di tenere conto delle modifiche dovute all'ora legale
z = (NTP(October 31, 2004 at 2 am)) -1h
- *z=<adjustment time> <offset> ...*
- gli orari sono modificati di <offset>

SDP - Esempio

11) *Media*, media trasportati

m = video 3602/3 RTP/AVP 110

- *m=<media><port>[</number of ports>]<transport><fmt list>*
 - » *media*: audio, video, application, data, control
 - » *port*, pari per RTP, il numero successivo dispari viene utilizzato per RTCP;
 - » *number of ports* nel caso di codificatori a più livelli;
 - » *transport*, il protocollo di trasporto (RTP/AVP si riferisce a RTP con profilo Audio/Video definito nell'RFC 1890);
 - » *fmt list*, una lista di payload type utilizzati, permette di definire i valori per i payload dinamici.

SDP - Esempio

12) *Extension*, per definire i payload dinamici per RTP

a = rtpmap:110 H263-1998

- *a=rtpmap:<payload type><encoding name>/<clock rate>[</encoding parameter>]*

13) *Connection*, il tipo di connessione da stabilire

c = IN IP4 234.4.6.112/127/3

- *c=<network type><address type><connection address>*

14) Lo stesso tipo di informazioni per l'audio.

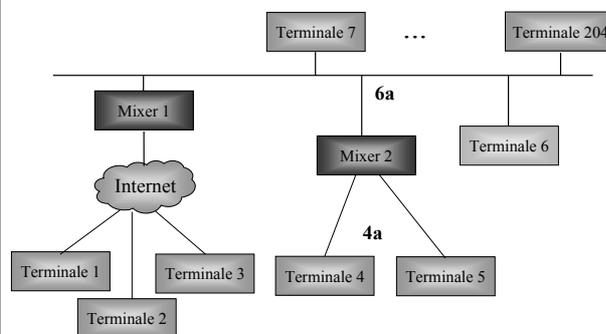
m = audio 4010 RTP/AVP 4
= IN IP4 231.40.200.3

c

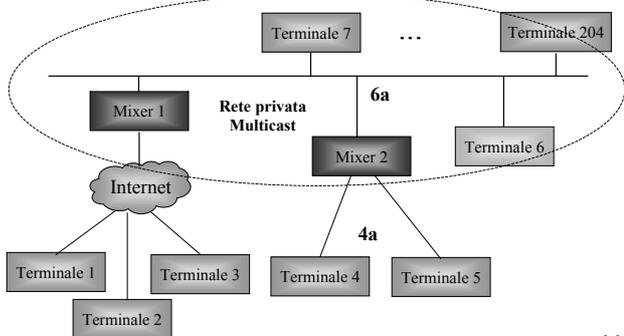
Un esempio di conferenza multimediale

- Un esempio conclusivo può essere utile per comprendere meglio il funzionamento dei protocolli RTP/RTCP/SDP.
- Si consideri la sessione SDP annunciata in precedenza
 - audio G.723.1 a 5.3 kb/s,
 - » la banda realmente utilizzata inviando un solo frame per pacchetto è 16 kb/s;
 - video H.263+ codificato a 3 livelli,
 - » rate trasmissivi di 20, 30 e 50 kb/s.

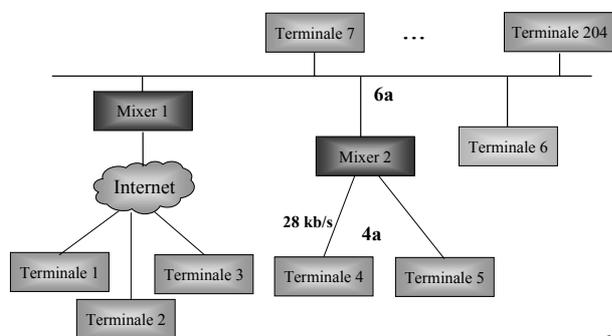
Un esempio di conferenza multimediale I partecipanti



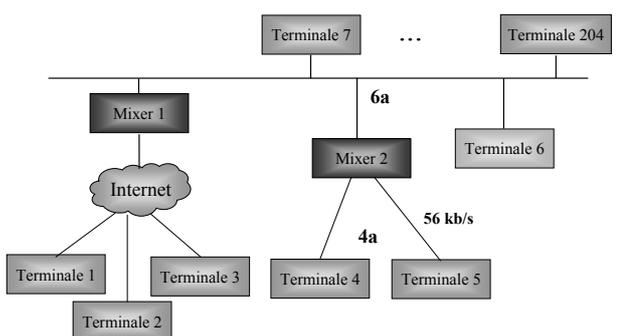
Un esempio di conferenza multimediale I partecipanti



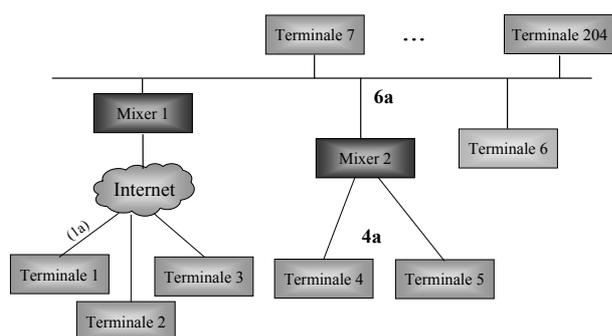
Un esempio di conferenza multimediale I partecipanti



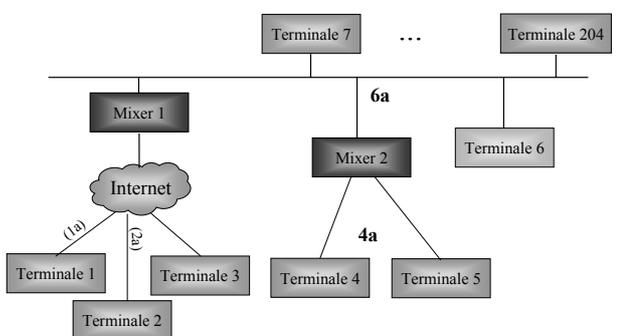
Un esempio di conferenza multimediale I partecipanti



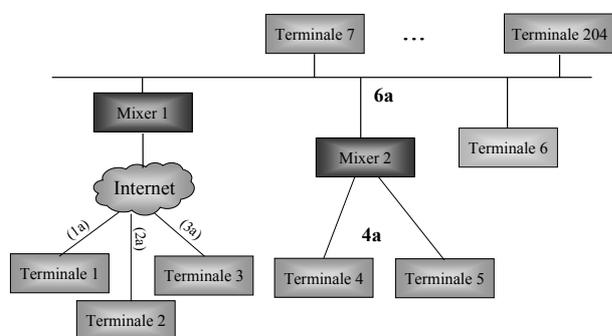
Un esempio di conferenza multimediale I partecipanti



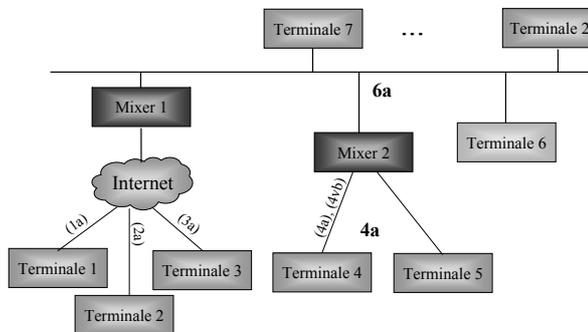
Un esempio di conferenza multimediale I partecipanti



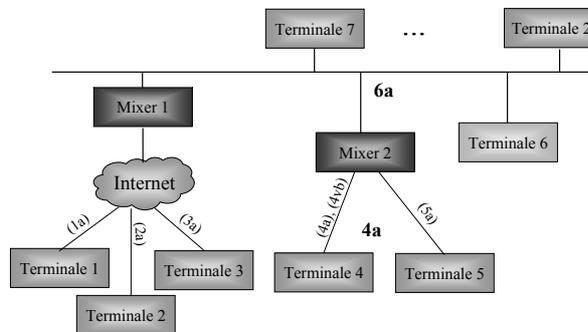
Un esempio di conferenza multimediale I partecipanti



Un esempio di conferenza multimediale I partecipanti

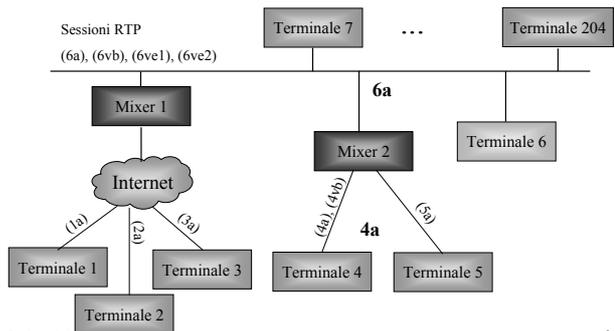


Un esempio di conferenza multimediale I partecipanti



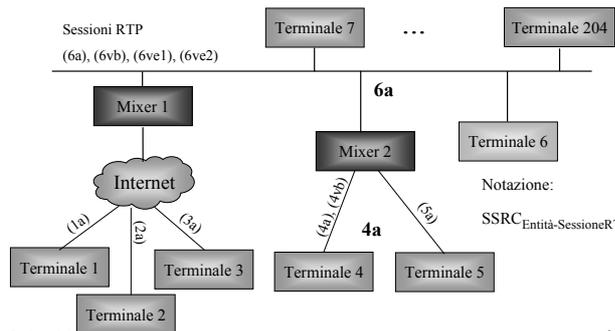
Un esempio di conferenza multimediale I partecipanti

Sessioni RTP
(6a), (6vb), (6ve1), (6ve2)



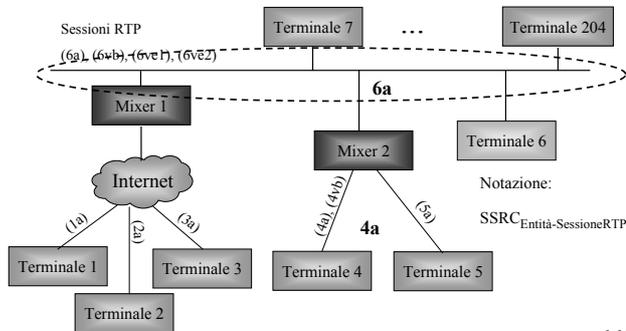
Un esempio di conferenza multimediale I partecipanti

Sessioni RTP
(6a), (6vb), (6ve1), (6ve2)



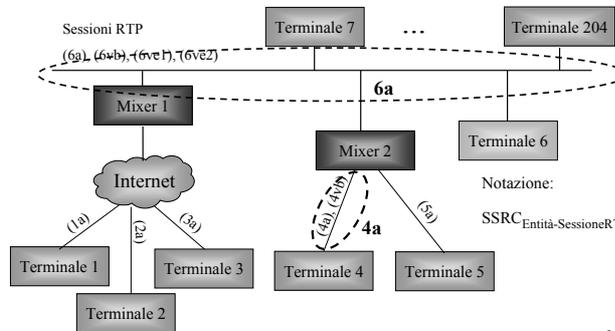
Un esempio di conferenza multimediale I partecipanti

Sessioni RTP
(6a), (6vb), (6ve1), (6ve2)

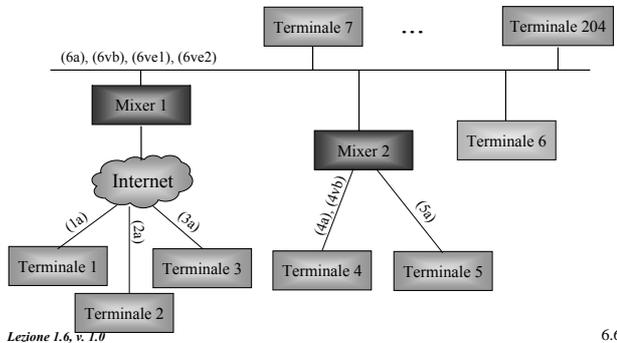


Un esempio di conferenza multimediale I partecipanti

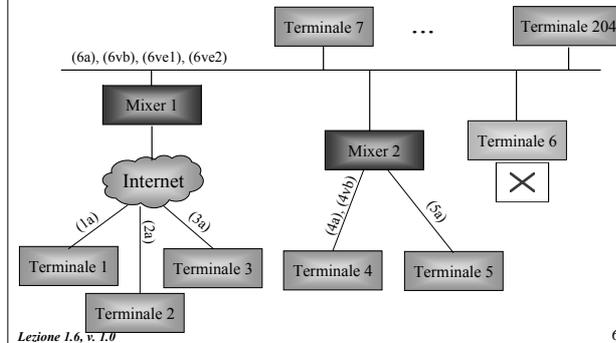
Sessioni RTP
(6a), (6vb), (6ve1), (6ve2)



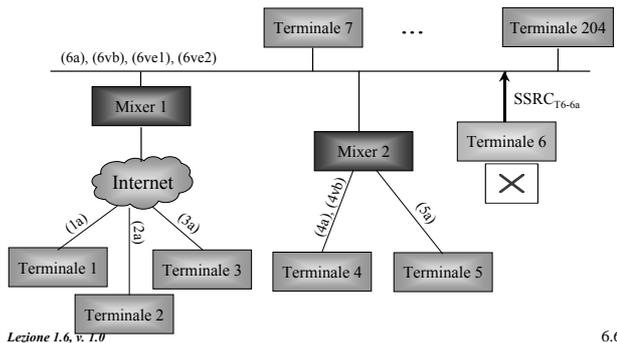
Un esempio di conferenza multimediale



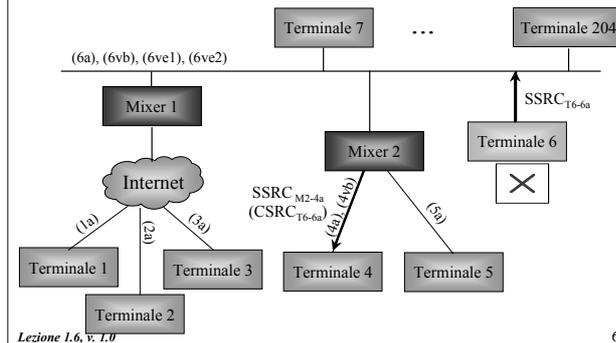
Un esempio di conferenza multimediale



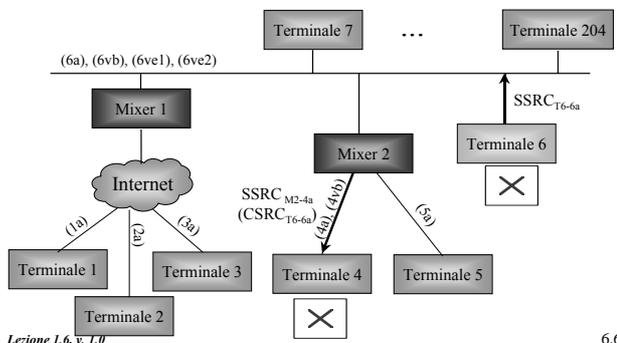
Un esempio di conferenza multimediale



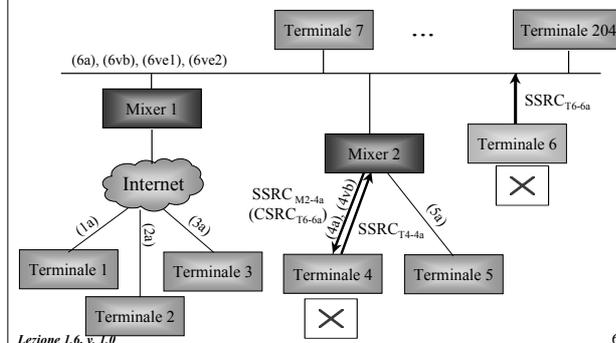
Un esempio di conferenza multimediale



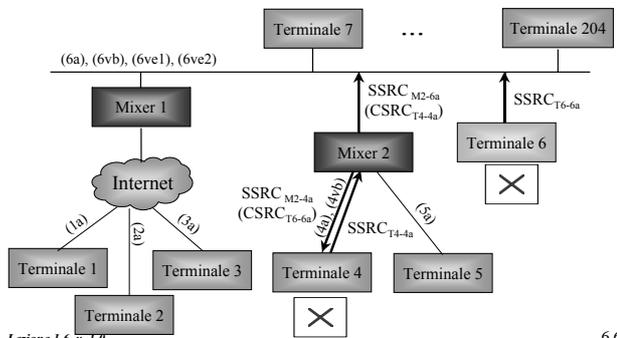
Un esempio di conferenza multimediale



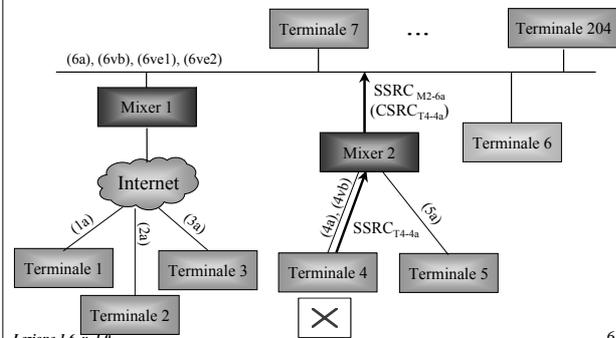
Un esempio di conferenza multimediale



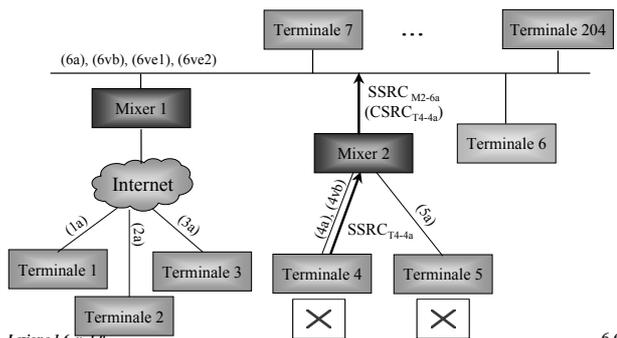
Un esempio di conferenza multimediale



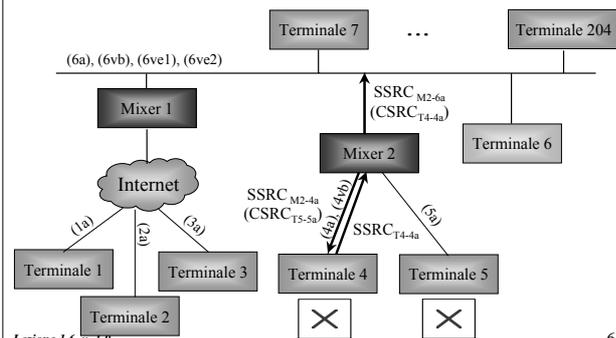
Un esempio di conferenza multimediale



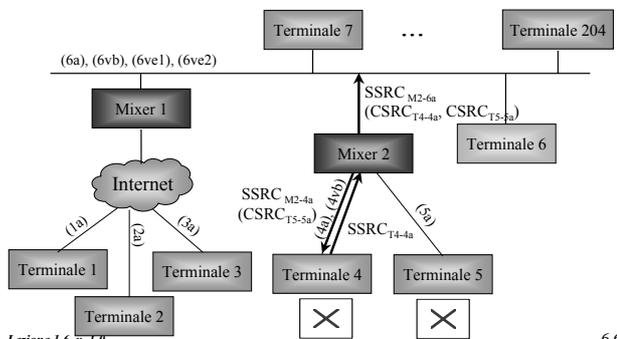
Un esempio di conferenza multimediale



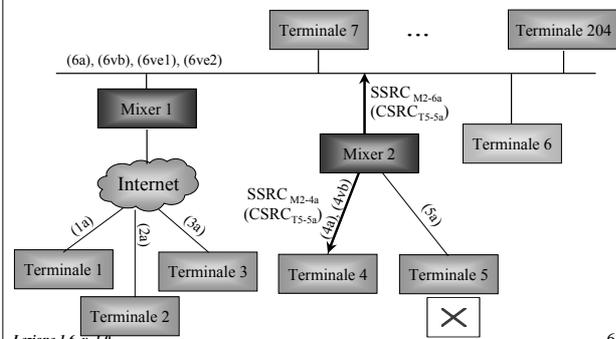
Un esempio di conferenza multimediale



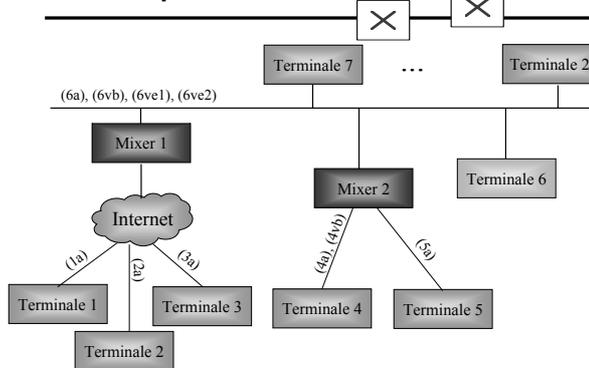
Un esempio di conferenza multimediale



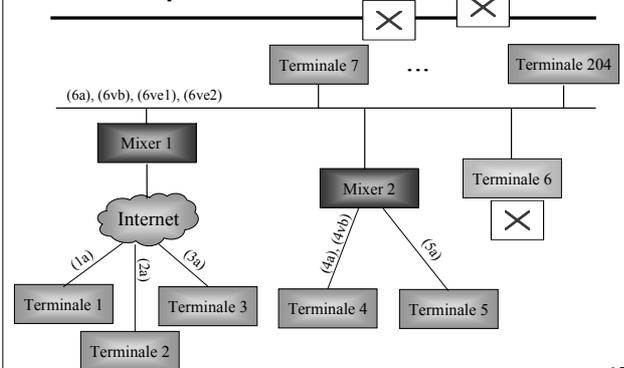
Un esempio di conferenza multimediale



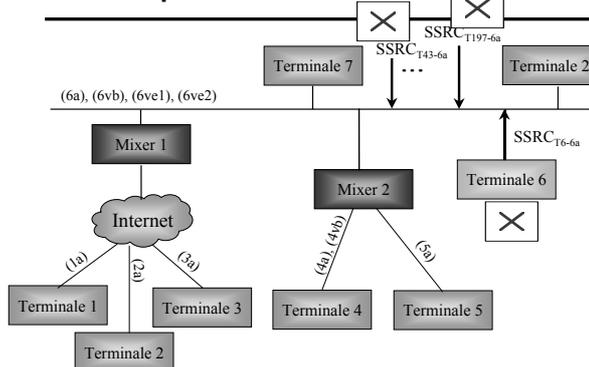
Un esempio di conferenza multimediale



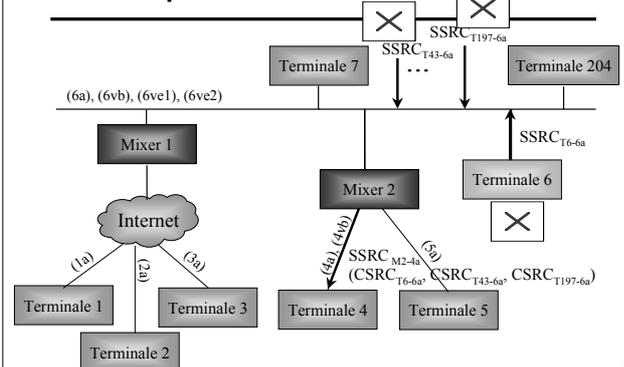
Un esempio di conferenza multimediale



Un esempio di conferenza multimediale



Un esempio di conferenza multimediale



Un esempio di conferenza multimediale

