

# **APPENDICE C: IL PROTOCOLLO DI TRASPORTO RTP**

Il Real-time Transport Protocol (RTP) è un protocollo di comunicazione definito nel RFC (Request For Comments) 1889 del Gennaio 1996 [12] ed i suoi progettisti (H. Schulzrinne, S.L. Casner, R. Frederick, V. Jacobson, tutti membri dell'Audio Video Transport Working Group, un gruppo di lavoro dell'Internet Engineer Task Force) lo identificano come un protocollo di trasporto per applicazioni real-time. Esso, infatti, fornisce funzionalità di trasporto *end-to-end* adatte per applicazioni che trasmettono dati in tempo reale, vale a dire aventi degli stretti vincoli temporali per la consegna dei pacchetti e la necessità di mantenere l'ordinamento originale. Tali requisiti sono principalmente richiesti per applicazioni di audio e videoconferenza, ma possono essere altrettanto utili per la distribuzione di flussi audio e video non interattivi (RealAudio, RealVideo). Inoltre RTP fornisce servizi per l'identificazione del contenuto dei pacchetti al fine di permettere l'utilizzo di varie codifiche dei dati da trasmettere e pertanto di modificare dinamicamente l'occupazione di banda durante una sessione.

RTP si avvale di un protocollo ausiliario, denominato RTCP (RTP Control Protocol) per la rilevazione della qualità del servizio, per il controllo della sessione e per le funzioni di identificazione dei partecipanti. Sebbene la definizione di RTP indichi che si tratta di un protocollo di trasporto, esso non possiede la nozione di connessione; può operare appoggiandosi su protocolli sia di tipo connection che connection-less non dipende da un particolare formato degli indirizzi, ma richiede solamente che i servizi di frammentazione e riassettaggio dei pacchetti siano a carico degli strati inferiori. E' opportuno notare che RTP non offre nessun meccanismo per assicurare la consegna dei pacchetti entro tempi prestabiliti o alcun genere di garanzia circa la qualità del servizio, ma si appoggia ai servizi forniti dai livelli inferiori nella gerarchia ISO-OSI come, per esempio, all'UDP/IP. Allo stesso modo, RTP supporta i trasferimenti dati a destinazioni multiple utilizzando il multicast, ma sempre a patto che i livelli di rete inferiori lo prevedano.

### *Definizioni*

Qui di seguito sono riportate le definizioni di alcuni termini che saranno utilizzati nel seguito della trattazione.

**Payload o carico:** si indica con payload o carico l'insieme dei dati generati dall'applicazione e contenuti in un pacchetto RTP. I dati generati da un'applicazione sono in genere un insieme di campioni audio oppure dei frame video.

**Pacchetto RTP:** rappresenta l'unità minima di informazione utilizzata dal protocollo RTP per trasportare i dati forniti dall'applicazione e le informazioni descrittive di tali dati. E' costituito da un'intestazione seguita dai dati del carico.

**Pacchetto RTCP:** rappresenta l'unità minima di informazione utilizzata dal protocollo RTCP per scambiare informazioni di controllo e monitoraggio. E' costituito da un'intestazione fissa seguita da una serie strutturata di elementi che dipendono dal tipo di pacchetto RTCP. E' possibile inviare molteplici pacchetti RTCP all'interno di un singolo pacchetto del livello inferiore.

**Sessione RTP:** è l'associazione tra un insieme di applicazioni che comunicano attraverso RTP.

**Synchronization Source (SSRC):** sorgente di un flusso di pacchetti identificati attraverso uno stesso valore numerico (su 32 bit) contenuto nell'intestazione del pacchetto RTP. Tale valore è univoco all'interno della sessione RTP e serve per raggruppare i pacchetti appartenenti al medesimo spazio di temporizzazione per il playback.

**Contributing Source (CSRC):** SSRC invia pacchetti RTP ad un mixer e quindi contribuisce al payload del pacchetto RTP generato dal mixer.

**Mixer:** sistema intermedio che riceve pacchetti RTP da una o più sorgenti e li combina generando un nuovo flusso di pacchetti caratterizzato da un nuovo SSRC e da tanti CSRC quanti sono i flussi ricevuti.

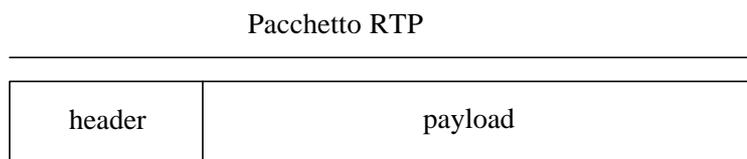
**End system:** applicazione che genera o utilizza i dati contenuti nei pacchetti RTP come payload.

**Translator:** sistema intermedio che inoltra i pacchetti RTP ricevuti lasciandone intatti gli identificatori SSRC. Esempi di translator possono essere i convertitori di codifica, i filtri attraverso firewall ed i replicatori da multicast a unicast.

**IL PROTOCOLLO DI TRASFERIMENTO DATI RTP**

Il pacchetto RTP è costituito da due parti fondamentali:

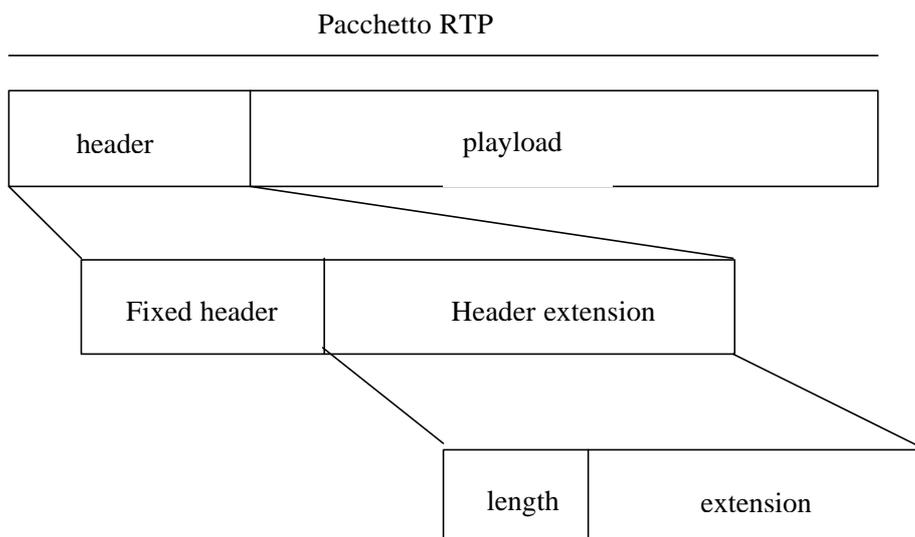
- ? l'intestazione (header);
- ? il carico (payload).



**Figura C.1** Struttura del pacchetto RTP

**Header**

L'header costituisce la parte iniziale di ogni pacchetto RTP e contiene informazioni di controllo che sono utili alla gestione del flusso di dati. È composto da una parte fissa e da un'eventuale parte opzionale. La parte fissa dell'intestazione trasporta informazioni utili per la corretta interpretazione, identificazione e sincronizzazione dei dati contenuti nel payload di cui successivamente verrà fornita una dettagliata descrizione. La specifica del protocollo definisce un meccanismo di estensione che permette di aggiungere nuove funzionalità all'header: qualora si voglia utilizzare questa opzione occorre impostare un flag contenuto nella parte fissa dell'intestazione e quindi far seguire, dopo quest'ultima, la parte opzionale preceduta dalla specifica della sua lunghezza.



**Figura C.2** Struttura dell'header RTP



indica il numero degli stessi. La presenza di byte di riempimento è necessaria in alcuni casi per adattare il formato del pacchetto alle esigenze di alcuni protocolli con cui RTP si interfaccia.

**extension (X):** 1 bit

Se il bit è impostato indica la presenza, dopo l'header fisso, di una estensione dello stesso.

**CSRC count (CC):** 4 bit

Il suo valore rappresenta il numero di identificatori di CSRC che seguono i primi dodici ottetti dell'intestazione del pacchetto: se il valore è zero significa che il pacchetto non è stato generato da un mixer.

**marker (M):** 1 bit

È un flag gestibile dalle applicazioni per contrassegnare particolari eventi nel flusso di pacchetti, come per esempio i limiti di un frame.

**payload type (PT):** 7 bit

Il suo valore indica la tipologia del carico trasportato dal pacchetto inviato e quindi la sua interpretazione da parte dell'applicazione. Esistono valori predefiniti per i principali metodi di codifica dei dati multimediali, altri valori sono lasciati a disposizione per essere definiti dinamicamente, altri ancora sono riservati per future applicazioni.

**sequence number:** 16 bit

È un numero di sequenza, viene incrementato di un'unità per ogni pacchetto RTP inviato dalla sorgente. Tale valore è utilizzato in ricezione per determinare le perdite e le inversioni nella sequenza dei pacchetti. Il suo valore iniziale è determinato casualmente al fine di rendere la cifratura dei pacchetti più efficace.

**timestamp:** 32 bit

Il valore di questo campo identifica l'istante di generazione del primo campione del payload: l'istante di campionamento deve essere ricavato da un timer che si incrementa monotonicamente e linearmente nel tempo per facilitare la sincronizzazione ed il calcolo del jitter. Solitamente la frequenza di clock del timer ricalca la frequenza di campionamento dei dati del payload. Più pacchetti RTP possono avere lo stesso valore di timestamp nel caso in cui un campione sia trasportato da più pacchetti RTP. Come per il sequence number, il valore iniziale del timestamp è scelto casualmente.

**SSRC:** 32 bit

È l'identificatore di SSRC. È un numero casuale scelto dalla SSRC stessa. Il protocollo RTP rileva eventuali collisioni di identificatori e la gestione di tali collisioni è demandata al protocollo RTCP.

**CSRC list:** da 0 a 15 campi da 32 bit ciascuno

È la lista degli identificatori di sorgenti che hanno contribuito al payload del pacchetto. Questo campo è presente solo se il pacchetto è stato generato da un mixer.

### **PROTOCOLLO DI CONTROLLO RTCP**

L'RTP Control Protocol (RTCP), è la componente del protocollo RTP che si occupa del controllo e del monitoraggio del flusso dei dati trasportati nei pacchetti RTP. Lo scopo di RTCP è quello di fornire alle applicazioni un meccanismo che consenta di valutare la qualità del servizio che la rete, per mezzo di RTP, può offrire e di gestire, allo stesso tempo, il controllo dei partecipanti ad una sessione. Il tipo di utilizzo delle informazioni ottenute con il monitoraggio della trasmissione dipende dalle applicazioni e non compare nelle specifiche del protocollo: alcune applicazioni possono variare le caratteristiche (compressione, risoluzione, dinamica, ecc.) del segnale trasmesso, in relazione alle informazioni ottenute, mentre altre possono limitarsi solo ad elaborare le informazioni stesse e presentarle all'utente in modo che siano più facilmente interpretate, demandando così agli utilizzatori il compito di effettuare eventuali modifiche alle modalità di trasmissione e codifica dei dati.

RTCP si basa sulla trasmissione periodica di pacchetti di controllo a tutti i partecipanti di una sessione utilizzando lo stesso meccanismo di distribuzione dei pacchetti di dati: la separazione tra pacchetti di dati e di controllo deve essere fornita dai protocolli sottostanti, per esempio utilizzando due porte separate in UDP.

#### ***Formato dei pacchetti RTCP***

Le specifiche del protocollo definiscono diversi tipi di pacchetti RTCP per il trasporto di varie informazioni di controllo.

**SR:** Sender Report, per statistiche di invio e ricezione da partecipanti che sono trasmettitori attivi;

**RR:** Receiver Report, per statistiche di ricezione da partecipanti che non sono trasmettitori attivi;

**SDES:** Source DEscription;

**BYE:** indicano la fine della partecipazione alla comunicazione;

**APP:** funzioni specifiche dell'applicazione.

Ogni pacchetto RTCP inizia con una parte fissa simile a quella dei pacchetti dati RTP, seguita da elementi strutturati che possono essere di lunghezza variabile in base al tipo di pacchetto, ma sempre multipli di 32 bit. Tale caratteristica, unita all'indicazione della lunghezza contenuta nella parte fissa, permette di concatenare più pacchetti RTCP in un unico pacchetto del protocollo di livello inferiore. Non esiste nemmeno esplicito conteggio dei singoli spezzoni contenuti in un pacchetto composto, in quanto è previsto che l'indicazione della lunghezza totale venga indicata dai livelli inferiori.

***Intervallo di trasmissione dei pacchetti RTCP***

RTP è progettato per consentire alle applicazioni di effettuare sessioni la cui dimensione varia da pochi partecipanti fino a migliaia. Se consideriamo una audioconferenza, notiamo che il traffico dati è sostanzialmente auto limitato, in quanto solamente una o due persone potranno parlare contemporaneamente.

Il traffico di controllo, per contro, non è auto limitante: se pacchetti di Reception Report venissero inviati da tutti i partecipanti ad una frequenza costante, la banda occupata da queste comunicazioni crescerebbe linearmente con il numero dei partecipanti. Il traffico di controllo dovrebbe essere opportunamente limitato ad una piccola frazione della banda disponibile per la sessione, per esempio il 5%; il calcolo della quantità di informazioni di controllo da inviare da parte di ciascun partecipante può essere alquanto complicato, in quanto dipendente da molteplici parametri, ma esistono algoritmi studiati a questo proposito.

I ricevitori RTP prevedono due tipi di resoconto sulla qualità della ricezione: si utilizza un pacchetto RTCP SR (Sender Report), quando il ricevitore è anche un trasmettitore attivo, altrimenti viene utilizzato il pacchetto RTCP RR (Receiver Report).

Esistono infine altri due tipi di pacchetti, il pacchetto RTCP Source Description (SDES) e RTCP BYE.

I pacchetti SDES sono utilizzati dai partecipanti per descrivere la sorgente dei pacchetti RTP. Ogni pacchetto SDES conterrà delle informazioni riguardanti le caratteristiche del soggetto che è stato ammesso a partecipare alla sessione. Lo scopo della presenza di questa tipologia di pacchetti è quello di fornire a tutti i partecipanti della sessione una conoscenza il più possibile dettagliata dei soggetti con cui si stabilisce una attività di scambio dati multimediali.

Le informazioni, che i partecipanti ad una sessione RTP si scambiano attraverso i pacchetti SDES, riguardano:

- ? informazioni che permettono di identificare nominativamente il partecipante alla sessione;
- ? informazioni sulla localizzazione geografica e nella rete del partecipante;
- ? informazioni sullo stato di attività del partecipante nell'ambito della sessione;
- ? informazioni sull'applicazione utilizzata dal partecipante per comunicare;
- ? altre informazioni che non fanno parte dello standard, ma che possono essere aggiunte dall'applicazione.

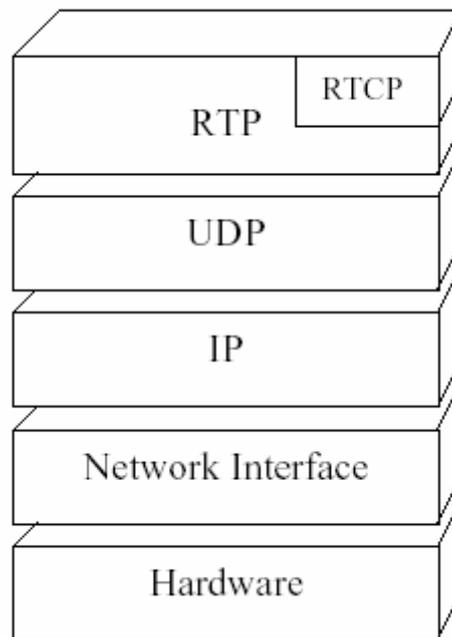
Il pacchetto di BYE, invece, viene utilizzato per segnalare l'abbandono di una sessione da parte di uno o più partecipanti.

**RTP E I PROTOCOLLI DI RETE E DI TRASPORTO**

RTP si appoggia sui protocolli sottostanti per distinguere i flussi di dati dai flussi di controllo: nel caso di UDP e protocolli simili, per RTP utilizza un numero di porta pari e per i pacchetti RTCP corrispondenti, la porta immediatamente superiore.

RTP non contiene alcuna indicazione sulla lunghezza complessiva, dal momento che si aspetta che questa informazione venga fornita dai protocolli sottostanti: ne consegue

che la massima lunghezza di un pacchetto RTP è limitata solamente dalle capacità dei protocolli degli strati inferiori. I pacchetti RTP devono essere trasportati su protocolli che forniscono un'astrazione di un flusso continuo di ottetti, piuttosto che di messaggi.



**Figura C.4** Architettura di protocolli più comune

In sintesi, il protocollo RTP fornisce funzionalità di trasporto *end-to-end* adatte per applicazioni che trasmettono dati in tempo reale. Ciò non avviene garantendo la consegna tempestiva dei pacchetti oppure tramite meccanismi di qualità del servizio, ma trasportando:

- ? informazioni temporali (*timestamp*);
- ? informazioni sulla sequenza (*sequence number*);
- ? informazioni di sincronizzazione (*marker bit*).

Inoltre RTP fornisce servizi per l'identificazione del contenuto dei pacchetti, al fine di permettere l'utilizzo di varie codifiche dei dati da trasmettere, con il campo di *payload type*. Il protocollo ausiliario RTCP permette la rilevazione della qualità del servizio, il controllo della sessione e le funzioni di identificazione dei partecipanti attraverso tre tipologie di pacchetti di controllo, rispettivamente:

- ? Sender Report e Receiver Report;
- ? Source Description e BYE;
- ? Source Description.