

**Corso di Laurea in Ingegneria Informatica**



**Corso di Reti di Calcolatori I**

**Roberto Canonico ([roberto.canonico@unina.it](mailto:roberto.canonico@unina.it))**

**Giorgio Ventre ([giorgio.ventre@unina.it](mailto:giorgio.ventre@unina.it))**

**Protocolli per la trasmissione di flussi multimediali  
in Internet: RTP ed RTCP**

**I lucidi presentati al corso sono uno strumento didattico  
che NON sostituisce i testi indicati nel programma del corso**

## **Nota di copyright per le slide COMICS**



### **Nota di Copyright**

Questo insieme di trasparenze è stato ideato e realizzato dai ricercatori del Gruppo di Ricerca COMICS del Dipartimento di Informatica e Sistemistica dell'Università di Napoli Federico II. Esse possono essere impiegate liberamente per fini didattici esclusivamente senza fini di lucro, a meno di un esplicito consenso scritto degli Autori. Nell'uso dovranno essere esplicitamente riportati la fonte e gli Autori. Gli Autori non sono responsabili per eventuali imprecisioni contenute in tali trasparenze né per eventuali problemi, danni o malfunzionamenti derivanti dal loro uso o applicazione.

**Autori:**

Simon Pietro Romano, Antonio Pescapè, Stefano Avallone,  
Marcello Esposito, Roberto Canonico, Giorgio Ventre

## Trasferimento di informazioni multimediali su rete



- **Problema:** trasferire informazioni multimediali (audio, video, ...) da una sorgente ad uno o più ricevitori attraverso una rete
- Per ridurre la quantità di informazioni trasferita sulla rete, il **trasmettitore** effettua una compressione mediante un'opportuna tecnica (MPEG 1-2-4, MJPEG, MP3, ...)
- Sulla **rete** l'informazione è trasferita **a pacchetti**
- Il **ricevitore** recupera l'informazione originaria dalla sequenza di pacchetti ricevuti, mediante un'operazione inversa a quella di compressione e una successiva trasformazione in forma sonora o in forma di video (sequenza di fotogrammi)

## Trasferimento di informazioni multimediali su rete (2)



- Nel caso di **informazioni live**, l'informazione è prodotta dalla sorgente mediante un apposito sistema di acquisizione (microfono + scheda audio, telecamera + video capture board), opportunamente compressa (in tempo reale) e trasmessa sulla rete ai ricevitori
- Nel caso di **informazioni pre-registrate**, l'informazione è già registrata in formato compresso (MPEG, MJPEG, MP3, ...) in un file memorizzato su memoria di massa (hard-disk, CDROM, DVD, ...)

## Informazioni multimediali pre-registrate

- **Trasferimento dell'intero file da sorgente a ricevitore e successiva riproduzione: *file transfer***
  - La riproduzione può iniziare solo al termine del trasferimento del file (ritardo proporzionale alla dimensione del file)
  - E' necessaria una adeguata capacità di memorizzazione (su memoria di massa) da parte del ricevitore
  - Questa soluzione è idonea solo per documenti di piccole dimensioni (audio-clip e/o video-clip)
- **Riproduzione progressiva del contenuto multimediale durante il trasferimento dell'informazione: *streaming***
  - Il ricevitore memorizza l'informazione ricevuta in un buffer (*playout buffer*) che viene continuamente alimentato dai dati ricevuti dalla rete e svuotato progressivamente
  - La riproduzione può iniziare non appena il buffer si è "sufficientemente" riempito
  - Il ricevitore non deve memorizzare l'intero file
  - La qualità della riproduzione può degradare se la rete non mantiene la continuità temporale del flusso di informazioni trasmesso dalla sorgente (*sensibilità al jitter*)

## Informazioni multimediali *live*

- Nel caso di informazioni *live*, la sorgente produce un **flusso** continuo di informazioni
- Questo flusso di informazioni è spezzato in **pacchetti** che sono trasmessi individualmente sulla rete: trasmissione in **streaming**

## Sensibilità dello streaming alla QoS



- Il ricevitore riceve i pacchetti, recupera l'informazione originaria e la riconverte in forma audio/video
- Il **ricevitore** riesce a recuperare la **continuità del flusso di informazioni** prodotto dalla sorgente se tutti i pacchetti arrivano a destinazione, con la stessa tempificazione relativa
- La **rete** può alterare la continuità temporale del flusso di informazioni in due modi:
  - Facendo occasionalmente perdere dei pacchetti
  - Consegnando i pacchetti al ricevitore con una tempificazione relativa diversa da quella con cui sono stati trasmessi (*jitter*)
- Perché la rete possa effettivamente supportare la trasmissione di flussi multimediali occorre che alcuni parametri di Qualità del Servizio (QoS) siano soddisfatti
  - Percentuale di perdita di pacchetti, latenza, jitter, ...

## Degradazione introdotta dalla rete



- Gli effetti sono diversi a seconda della natura del media (audio/video), a seconda della tecnica di compressione utilizzata ed a seconda del grado di alterazione introdotto
  - nel caso di flusso audio, vengono percepite dei "disturbi" (*hiccupps*)
  - nel caso di flusso video, si hanno dei disturbi (*glitches*) che possono essere più o meno localizzati nel tempo e nello spazio
- Sia audio che video possono in genere tollerare una parziale degradazione, ma quando si oltrepassano dei valori di soglia l'informazione diventa inintelligibile

## Esempio di distorsione video prodotta da errori di trasmissione

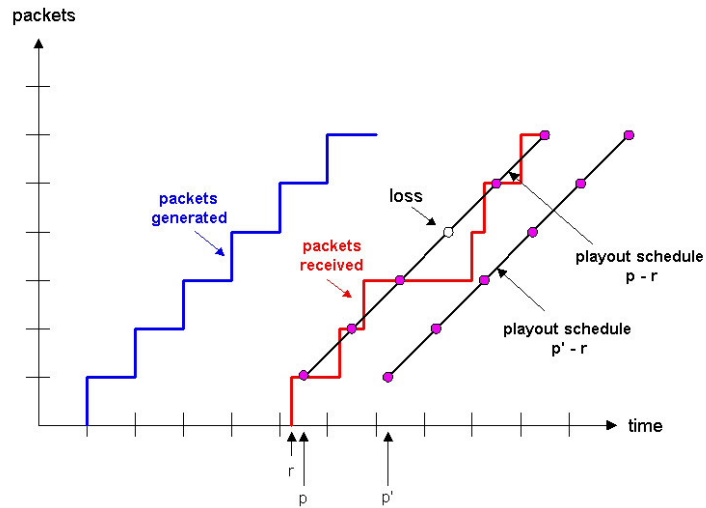


## Contromisure

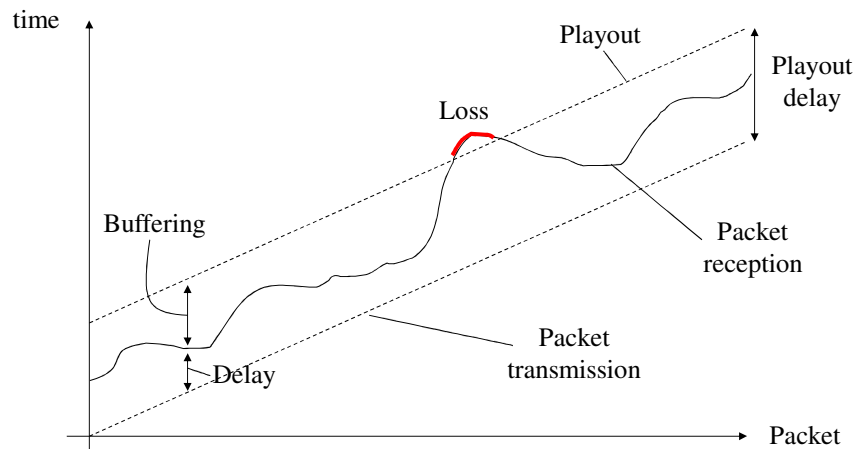


- Rispetto alla perdita occasionale di pacchetti, ci si difende mediante l'adozione di tecniche di compressione **robuste**, per le quali l'informazione audio/video ricostruita non è sensibilmente degradata quando occasionalmente si perde un pacchetto
  - In alcuni casi si adottano tecniche di *Forward Error Correction* (FEC)
  - L'adozione di tecniche basate sulla ritrasmissione (alla TCP) non sono considerate idonee per lo streaming
- Per limitare gli effetti del *jitter* si adotta una strategia di bufferizzazione: un buffer in ricezione fa da volano e compensa (introducendo un ritardo extra) la variabilità del ritardo di attraversamento della rete
- **NOTA:** non sarebbe necessario introdurre delle contromisure se la rete fosse in grado di offrire servizi a **qualità garantita**
  - **Internet offre un servizio best-effort !**

## Bufferizzazione con ritardo di riproduzione costante



## Bufferizzazione con ritardo di riproduzione costante (2)



## Trasferimento di informazioni multimediali su Internet



- Il trasferimento di informazioni multimediali su Internet mediante la tecnica del **file transfer** è tipicamente realizzato adottando il protocollo applicativo HTTP, il quale si appoggia sul protocollo di trasporto TCP
- Per la trasmissione in **streaming** sono adottate due tecniche:
  - mediante un protocollo ad-hoc (RTP) su UDP
  - mediante HTTP su TCP

## RTP



- RTP sta per “real-time transport protocol”
- definito dal Working Group “Audio/Video Transport” dell’ IETF inizialmente in RFC 1889 (gennaio 1996)
  - <http://www.ietf.org/rfc/rfc1889.txt>
- e successivamente in RFC 3550 (luglio 2003)
  - <http://www.ietf.org/rfc/rfc3550.txt>
- RTP offre un servizio di livello trasporto specificamente progettato per i requisiti di flussi multimediali
- I pacchetti RTP sono incapsulati in datagrammi UDP
  - Un protocollo di livello trasporto su un altro di livello trasporto

## RTP (2)



- RTP è un protocollo concepito secondo il modello *Application Level Framing* proposto in
  - Clark D., and D. Tennenhouse, "Architectural Considerations for a New Generation of Protocols", IEEE Computer Communications Review, Vol. 20(4), September 1990.
- è concepito per essere implementato direttamente nelle applicazioni, e non come uno strato aggiuntivo dello stack protocollare
- offre le funzionalità minimali richieste dalla trasmissione di flussi continui tipici delle applicazioni multimediali
- è neutrale rispetto alla codifica utilizzata (MPEG, ecc...)

## RTP (3)



- RTP fornisce informazioni di tempificazione (timestamp) per consentire
  - **sincronizzazione intra-media**: ricostruzione della corretta tempificazione della sequenza di pacchetti ricevuti
  - **sincronizzazione inter-media**: finalizzata a mantenere "al passo" flussi multimediali trasmessi separatamente (es. audio e video: sincronizzazione "lip-sync")



## RTP (4)



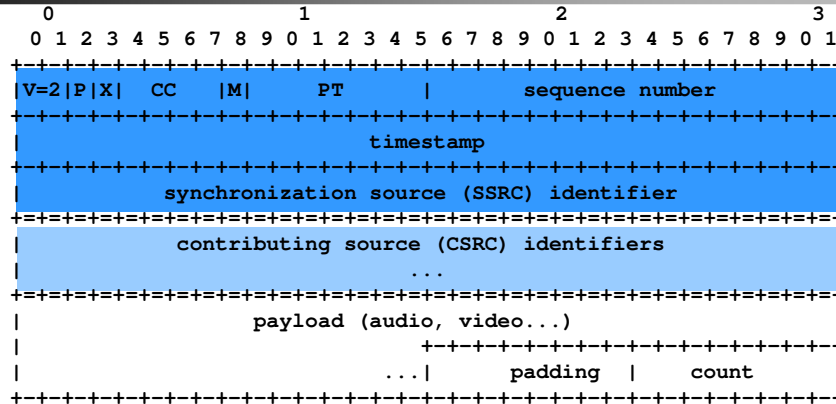
- supporta sia la trasmissione unicast che la trasmissione multicast
- i suoi meccanismi sono scalabili rispetto al numero di appartenenti al gruppo multicast
- separa la trasmissione dei dati dalla trasmissione delle informazioni di controllo
- RTP è definito congiuntamente ad un protocollo di controllo (RTCP) utilizzato per scambiare informazioni di servizio e di controllo sulla qualità della trasmissione
- fornisce informazioni necessarie a combinare flussi di informazioni differenti mediante appositi mixer software

## Incapsulamento di pacchetti RTP



- Un pacchetto RTP è trasmesso in un datagramma UDP
- L'header UDP contiene i numeri di porto sorgente e destinazione
- RTP usa numeri di porto destinazione pari per la trasmissione dei flussi dati
- Se  $2n$  è il numero di porto destinazione usato per uno flusso, il numero successivo  $2n+1$  è usato da RTCP per trasmettere le informazioni di controllo relative a quel flusso

## Header RTP



- Version (V)
- Padding (P)
- eXtension (X)
- Sequence Number
- CSRC Count (CC)
- Marker (M)
- Payload Type (PT)
- Sync. SouRCe (SSRC)

## Campi dell'header RTP



- **Payload Type:** 7 bit, specifica la codifica utilizzata per i dati (PCM, MPEG2 video, ecc.)
- **Sequence Number:** 16 bit, serve ad identificare perdite di pacchetti
- **Timestamp:** 32 bit, specifica il tempo di campionamento del primo byte del payload; serve a rimuovere il jitter introdotto dalla rete mediante bufferizzazione
- **Synchronization Source identifier (SSRC):** 32 bit, identifica la sorgente del flusso, ed è scelto casualmente dalla sorgente stessa; è introdotto per non dover fare affidamento sull'indirizzo IP per identificare la sorgente;
  - problema: sono possibili conflitti ...

## Campi dell'header RTP (2)



- **Contributing Source identifier list (CSRC):** sequenza di  $n$  campi da 32 bit ( $0 \leq n \leq 15$ ), ciascuno dei quali identifica la sorgente originaria in un flusso prodotto dalla “fusione” di flussi diversi mediante un mixer software
  - esempio: audio-conferenza a più partecipanti
    - SSRC identifica il mixer
    - CSRC indica lo speaker corrente

## Sessione RTP



- Una associazione tra un gruppo di entità che comunicano mediante RTP
- Alcune applicazioni danno vita a sessioni RTP differenti per media differenti (es. audio e video), a meno che la tecnica di codifica adottata non effettui un multiplexing di flussi differenti in un singolo flusso di dati
- Sessioni RTP differenti (es. audio e video) vengono distinte da un ricevitore mediante il port number di livello trasporto (UDP)

## RTP timestamp e numero di sequenza



- Il valore di timestamp inserito in ogni pacchetto riferisce la tempificazione dei dati inseriti nel payload rispetto ad un clock specifico per il media trasportato
- Possono essere generati pacchetti RTP consecutivi con lo stesso timestamp
- Il numero di sequenza identifica un pacchetto rispetto agli altri principalmente per consentire di identificare pacchetti persi
- non possono essere generati due pacchetti con lo stesso numero di sequenza

## RTCP



- Protocollo utilizzato congiuntamente ad RTP per la trasmissione di informazioni di controllo
- I pacchetti RTCP vengono inviati con una certa periodicità e trasportano informazioni di varia natura:
  - feedback sulla qualità della ricezione dei dati (perc. pacchetti persi, ...)
  - identificazione dei partecipanti ad una sessione RTP mediante un identificativo detto CNAME
- Nel caso di trasmissione RTP tra partecipanti ad un gruppo multicast, RTCP consente ad ogni partecipante di conoscere il numero di partecipanti

## Messaggi RTCP



- Il protocollo RTCP definisce cinque tipi diversi di messaggi:
  - **Source Report (SR)**
  - **Receiver Report (RR)**
  - **Source Description (SD)**
  - **BYE**
  - **APP**
- I messaggi di tipo *report* contengono statistiche sul numero di pacchetti inviati, numero di pacchetti ricevuti, percentuale di pacchetti persi, jitter dei tempi di interarrivo, ecc. e servono a monitorare la qualità della trasmissione
- I messaggi di tipo *description*, invece, descrivono la sorgente del flusso (contengono tra l'altro il CNAME)
- BYE serve a notificare l'uscita da una sessione
- APP è un tipo di messaggio le cui funzioni sono definibili dall'applicazione

## Banda usata da RTCP



- Nel caso di trasmissione multicast, ciascun ricevitore invia periodicamente (allo stesso gruppo multicast) i report RTCP
- Cosa succede se il numero di membri del gruppo diventa molto elevato ?
- Per contenere il traffico di controllo, si inserisce una minima forma di coordinamento:
- L'intervallo temporale tra due report è proporzionale al numero di partecipanti alla sessione
- in modo che la banda consumata da RTCP non superi il 5% della banda usata dalla sessione

