



Reti di Calcolatori I

Prof. Roberto Canonico

Dipartimento di Ingegneria Elettrica e delle Tecnologie dell'Informazione

Corso di Laurea in Ingegneria Informatica

A.A. 2018-2019

Trasmissione di flussi multimediali in Internet RTP/RTCP e DASH

**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*)
 - Perchè 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” (*hiccup*s)
 - 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

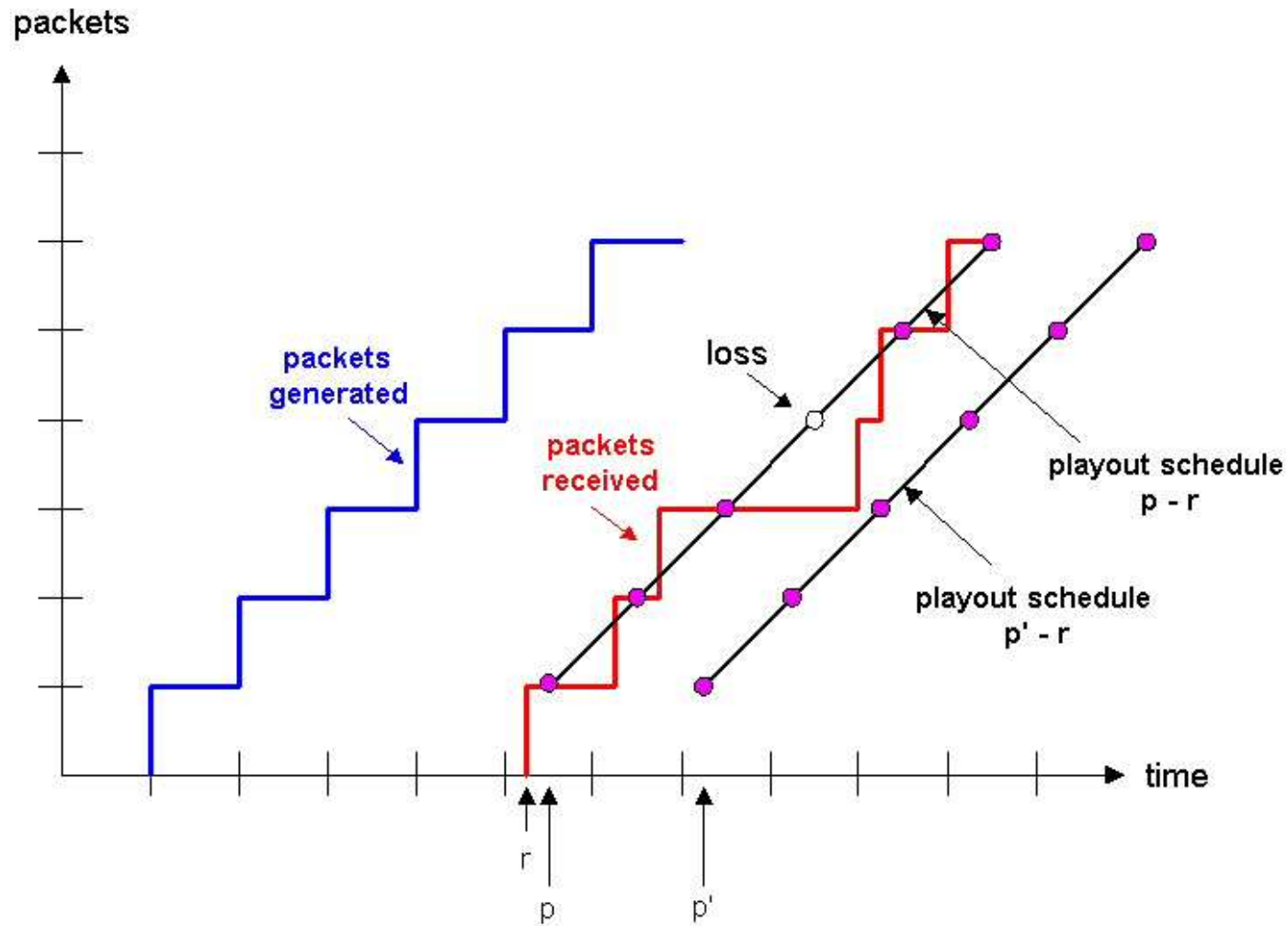




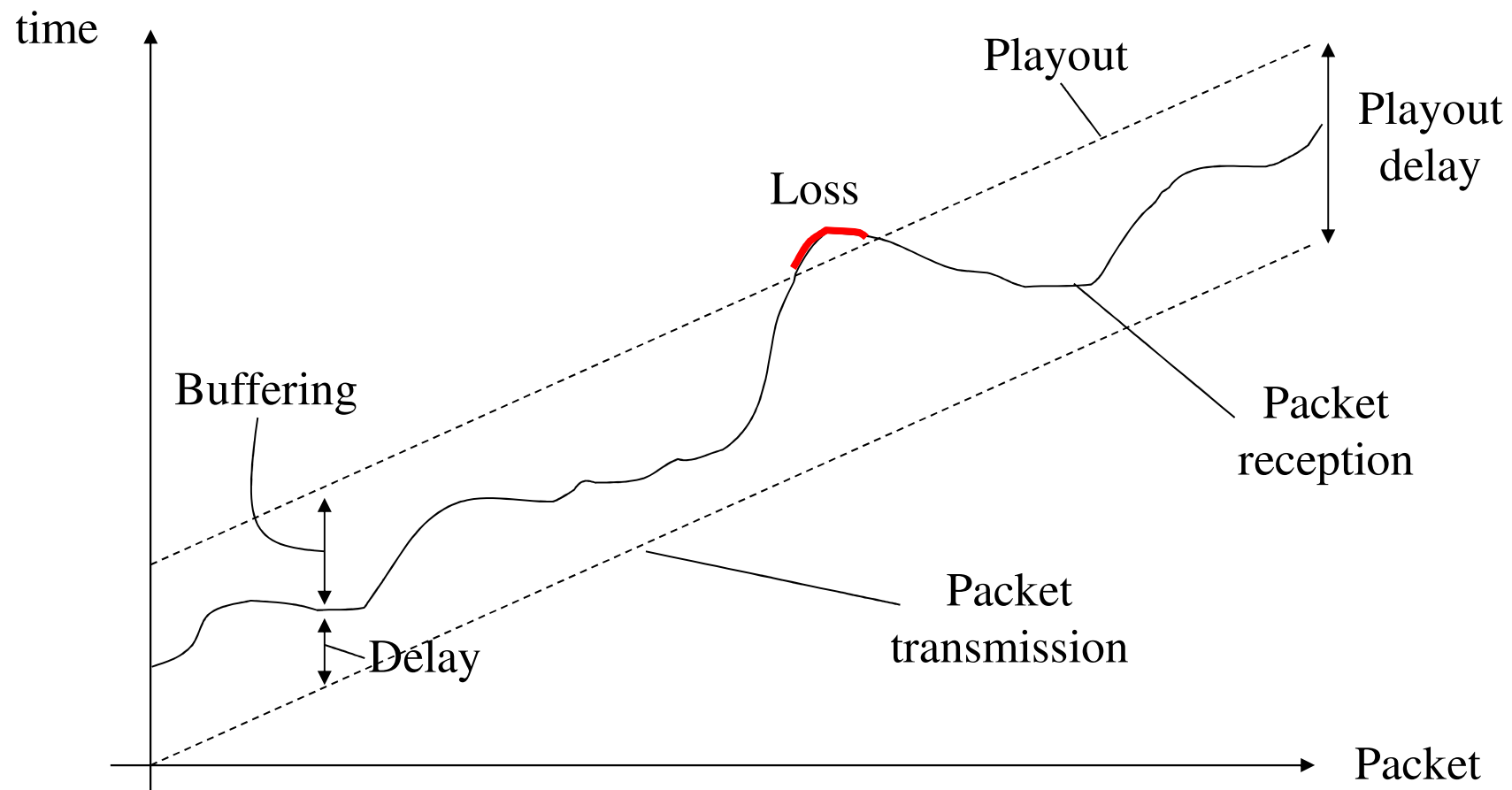
Contromisure

- 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
-

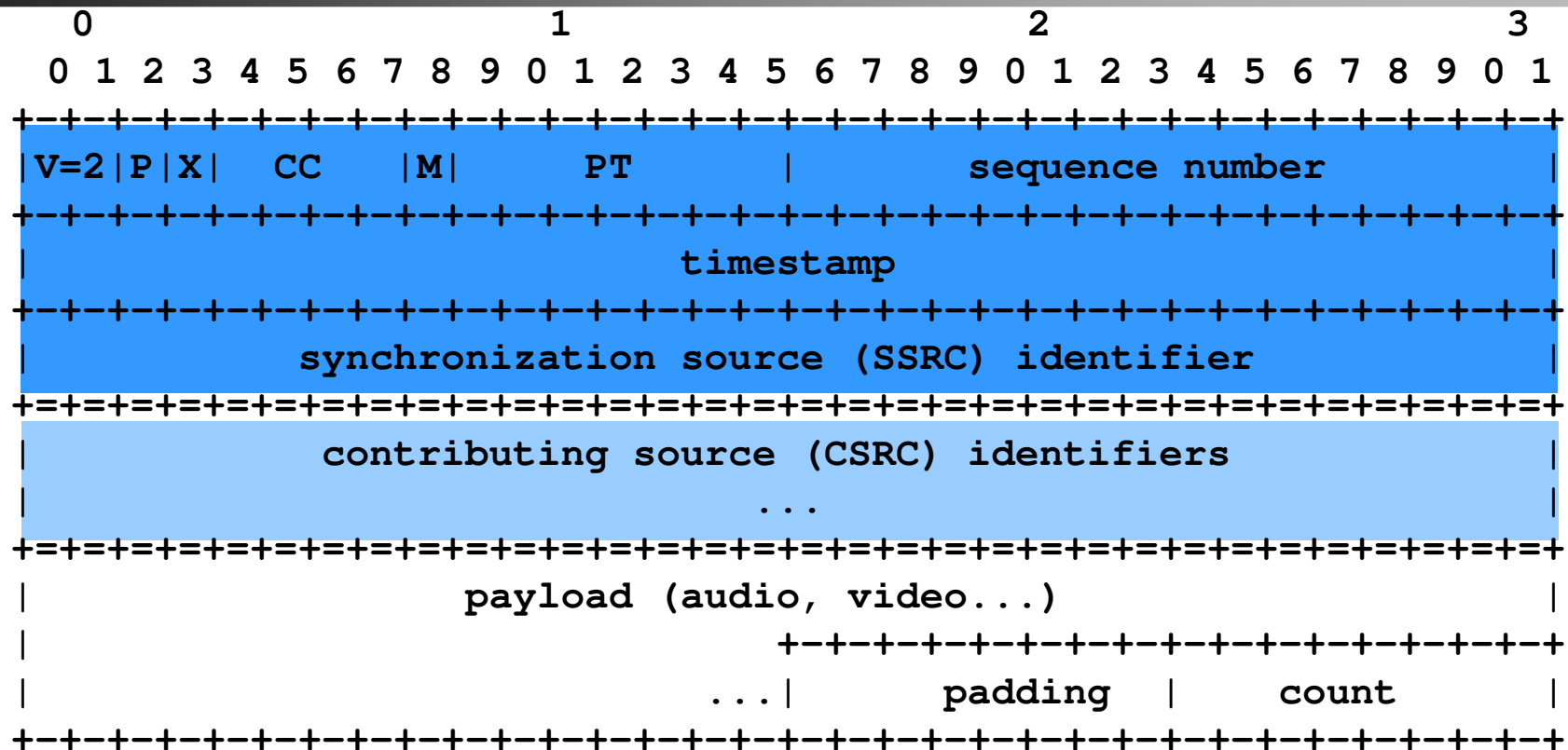
Incapsulamento di pacchetti RTP



- 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
-



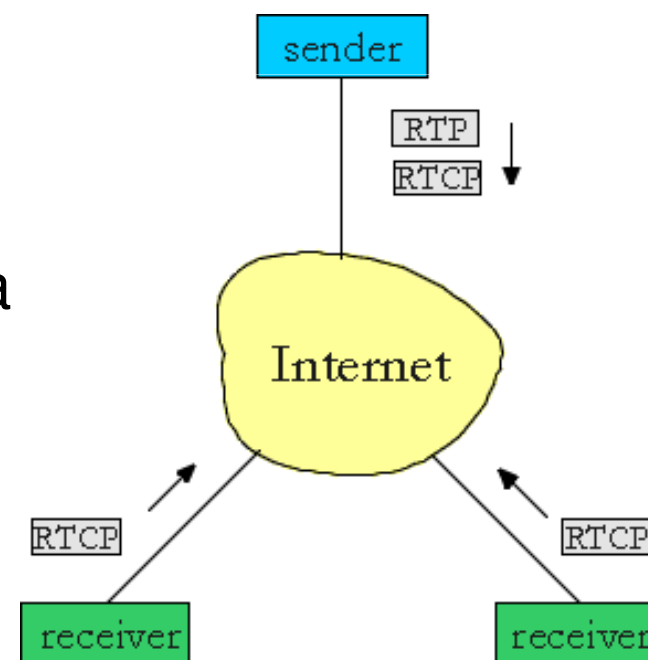
Messaggi RTCP

- 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

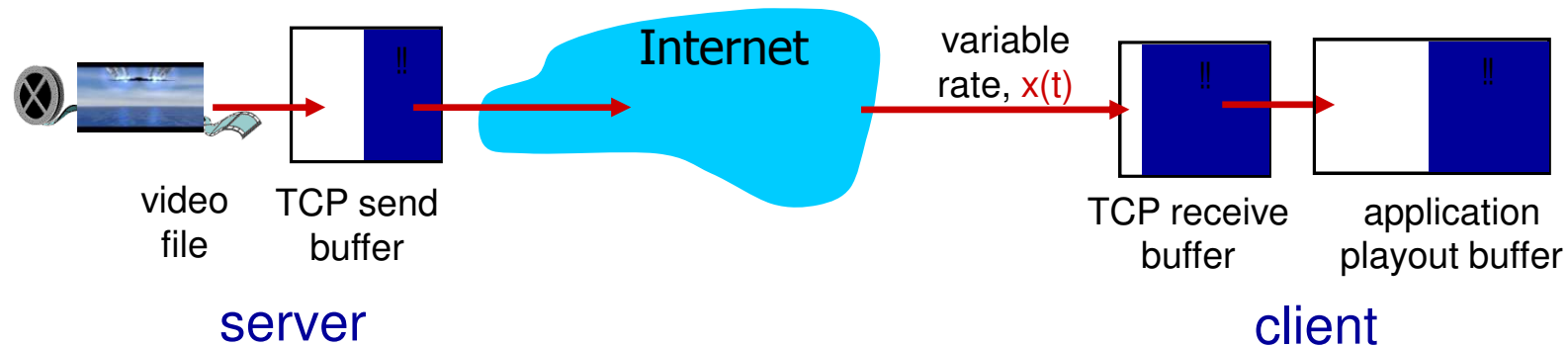
- Nel caso di trasmissione multicast, ciascun ricevitore invia periodicamente (allo stesso gruppo multicast) i report RTCP
- Cosa succede se il numero di membri del gruppo diventa molto elevato ?
- Per contenere il traffico di controllo, si inserisce una minima forma di coordinamento:
- L'intervallo 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



Streaming di dati multimediali con HTTP



- multimedia file retrieved via HTTP GET
- send at maximum possible rate under TCP



- fill rate fluctuates due to TCP congestion control, retransmissions (in-order delivery)
- larger playout delay: smooth TCP delivery rate
- HTTP/TCP passes more easily through firewalls

Streaming di dati multimediali con DASH



- *DASH*: *D*ynamic, *A*daptive *S*treaming over *H*TTP
 - *server*:
 - divides video file into multiple chunks
 - each chunk stored, encoded at different rates
 - *manifest file*: provides URLs for different chunks
 - *client*:
 - periodically measures server-to-client bandwidth
 - consulting manifest, requests one chunk at a time
 - chooses maximum coding rate sustainable given current bandwidth
 - can choose different coding rates at different points in time (depending on available bandwidth at time)
-



Streaming di dati multimediali con DASH (2)

- *DASH: Dynamic, Adaptive Streaming over HTTP*
 - “*intelligence*” at client: client determines
 - *when* to request chunk (so that buffer starvation, or overflow does not occur)
 - *what encoding rate* to request (higher quality when more bandwidth available)
 - *where* to request chunk (can request from URL server that is “close” to client or has high available bandwidth)
-