



Università di Verona
Dipartimento di Informatica



Qualità del Servizio per applicazioni multimediali

Davide Quaglia

Sommario

- Qualità del Servizio
 - Perdita di pacchetti
 - Errori di trasmissione
 - Ritardo medio end-to-end
 - Jitter
 - Round-trip time
- Modelli di traffico
- Modelli di canale

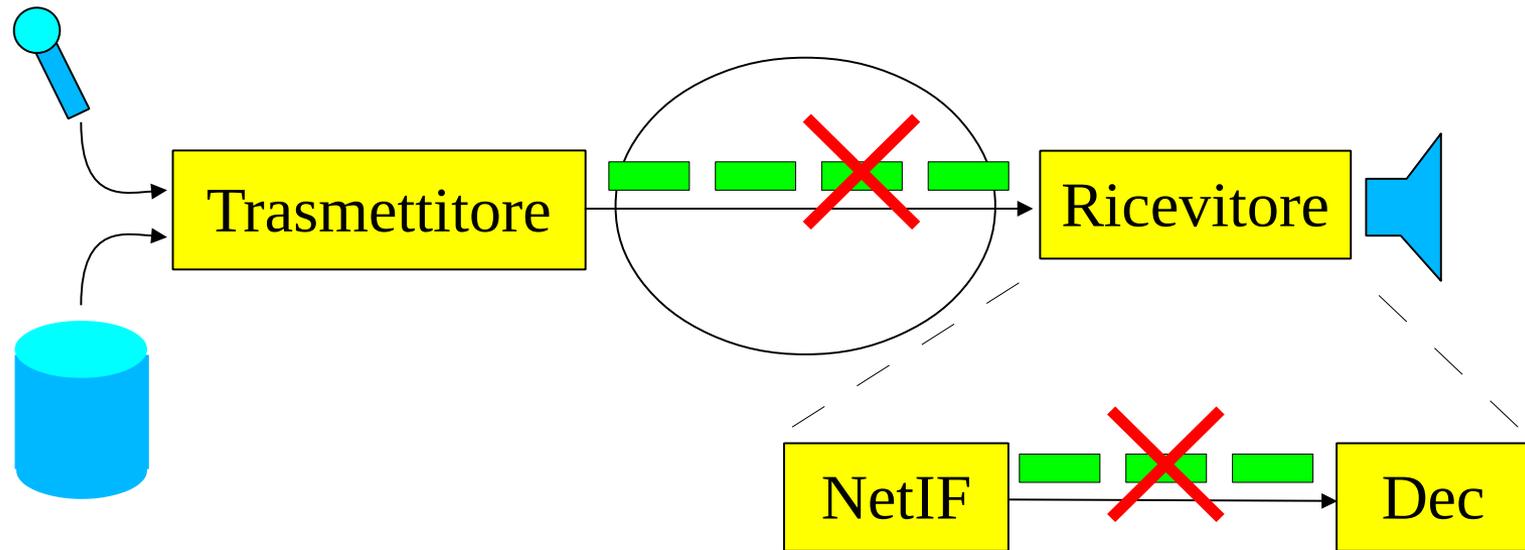
Qualità del Servizio

Motivazione del capitolo

- Quant'è buono il servizio che fornisce un'applicazione multimediale in rete ?
 - **Determinazione della Qualità di Servizio (QoS)**
- Quali sono i fenomeni trasmissivi che condizionano la QoS ?
 - **Perdita di pacchetti**
 - **Errori di trasmissione**
 - **Ritardo medio end-to-end**
 - **Jitter**
 - **Round-trip time**
- Si possono misurare al trasmettitore o al ricevitore per rendersi conto della QoS corrente ?
 - **Sì**

Perdita di pacchetti

- Def: certi pacchetti non arrivano al decodificatore



Perdita di pacchetti (2)

- Cause
 - Congestione della rete
 - overflow della coda del router
 - no ritrasmissioni per contenere i ritardi (UDP)
 - Ritardo molto elevato e timeout del ricevitore
 - Errori sui bit rilevati ma non corretti

Perdita di pacchetti (3)

- Rilevazione al decodificatore
 - numero progressivo nell'header del pacchetto multimediale
 - checksum o CRC per rilevare (non corregg.) errori sui bit

- Misura

- Packet loss rate (PLR) su una certa finestra temporale

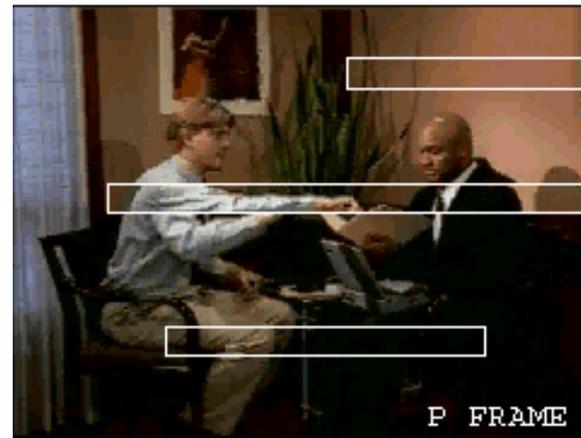
$$PLR = \frac{\textit{numero pacchetti persi}}{\textit{numero pacchetti spediti}}$$

- Finestra temporale piccola --> valore istantaneo
 - Finestra temporale grande --> valore medio

Perdita di pacchetti (4)

- Effetti

- generazione di pause di silenzio (voce, audio)
- congelamento del video
- degrado della qualità a causa della sostituzione dei campioni mancanti con loro stime a partire dai campioni vicini ricevuti correttamente (**concealment**)



Errori di trasmissione

- Def: certi bit cambiano valore e tale evento non viene rilevato dal ricevitore
- Cause (soprattutto nei canali radio)
 - interferenza tra nodi
 - attenuazione del segnale per distanza, ostacoli
- Misura
 - Bit error rate (BER) su una certa finestra temporale

$$BER = \frac{\text{numero di bit errati}}{\text{numero totale di bit}}$$

Misurato in lab perchè gli errori non sono contabili per definizione !!!

- Finestra temporale piccola --> valore istantaneo
- Finestra temporale grande --> valore medio

Errori di trasmissione (2)

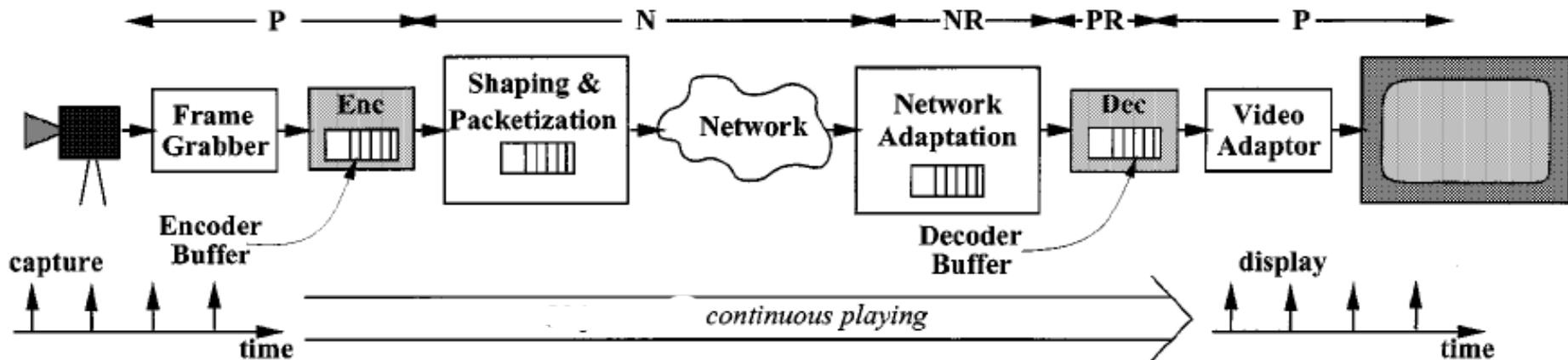
- Effetti
 - degrado della qualità a causa dell'errata decodifica
 - pericolo di crash del decodificatore se questo è implementato in maniera non robusta

Ritardo end-to-end

- Def: tempo intercorrente tra l'istante in cui la grandezza fisica (luce, suono) viene campionata e l'istante in cui il corrispondente campione viene riprodotto al ricevitore
- Al fine di una riproduzione fluida il ritardo end-to-end dovrebbe essere costante
- Ci interessa tenere sotto controllo:
 - la variazione del ritardo (sempre)
 - il ritardo end-to-end (per applicazioni interattive)

Ritardo end-to-end (2)

- Componenti
 - compressione (ritardo algoritmico + tempo di elaboraz.)
 - accodamento prima della trasmissione
 - propagazione
 - accodamento ed elaborazione nei router
 - accodamento prima della decompressione
 - decompressione (tempo di elaborazione)



Ritardo end-to-end (3)

- Problema

Al ricevitore non è possibile conoscere il ritardo end-to-end in maniera assoluta a causa della mancanza di un clock comune tra TX e RX

Variazione del ritardo end-to-end

- Stima dalla distanza temporale tra i pacchetti
 - R_i istante di arrivo del pacchetto i -esimo
 - T intervallo tra la riproduzione di 2 pacchetti consecutivi

$$D_i = R_i - R_{i-1} - T$$

- idealmente vorremmo che $D_i = 0 \quad \forall i$
- in pratica: valor medio di D_i è circa nullo

Valor medio di D_i

- Calcolo esatto

- Sia $\{D_i\}$ l'insieme degli scostamenti misurati su N pacchetti

$$\mu_D = \frac{\sum_1^N D_i}{N} \approx 0$$

- Stima effettuata “al volo” al ricevitore

$$\bar{D}_i = \alpha D_i + (1 - \alpha) \bar{D}_{i-1} \quad 0 \leq \alpha \leq 1$$

- ad esempio $\alpha = \frac{1}{8}$

Variazione di D_i

- Calcolo esatto (deviazione standard)
 - Sia $\{D_i\}$ l'insieme dei ritardi misurati su N pacchetti

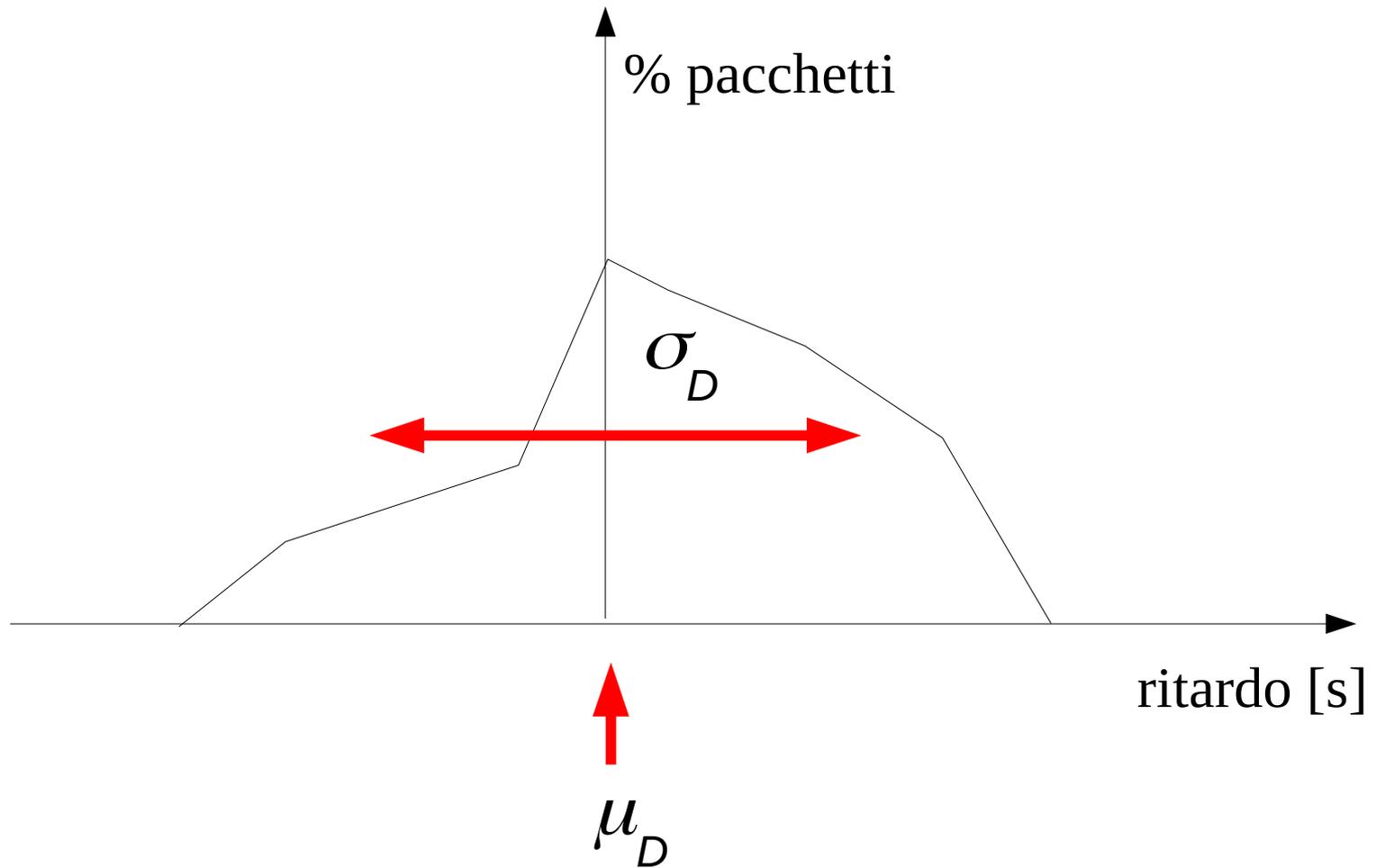
$$\sigma_D = \sqrt{\frac{\sum_1^N (D_i - \mu_D)^2}{N}} \approx \sqrt{\frac{\sum_1^N D_i^2}{N}}$$

- Stima effettuata “al volo” dal ricevitore

$$J_i = \alpha |D_i| + (1 - \alpha) J_{i-1} \quad 0 \leq \alpha \leq 1$$

- ad esempio $\alpha = \frac{1}{16}$

Distribuzione dei D_i

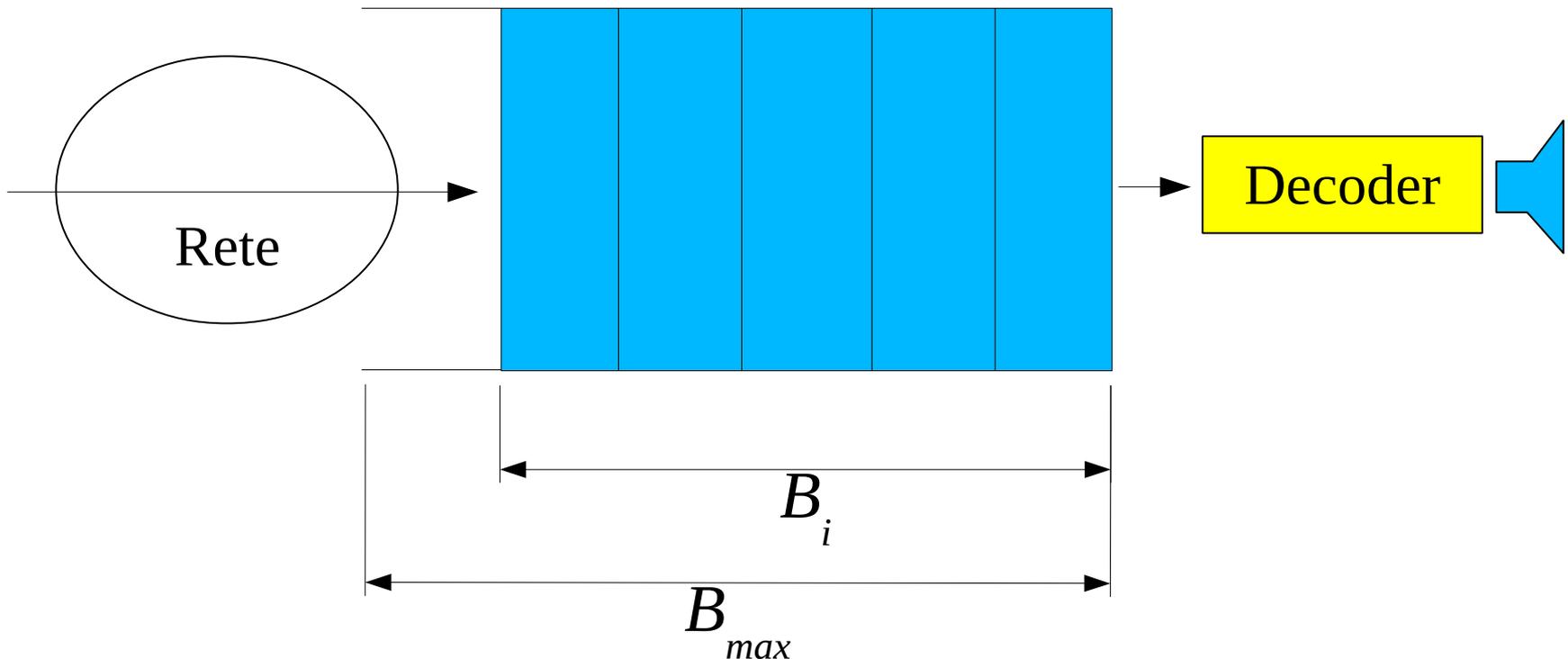


Jitter

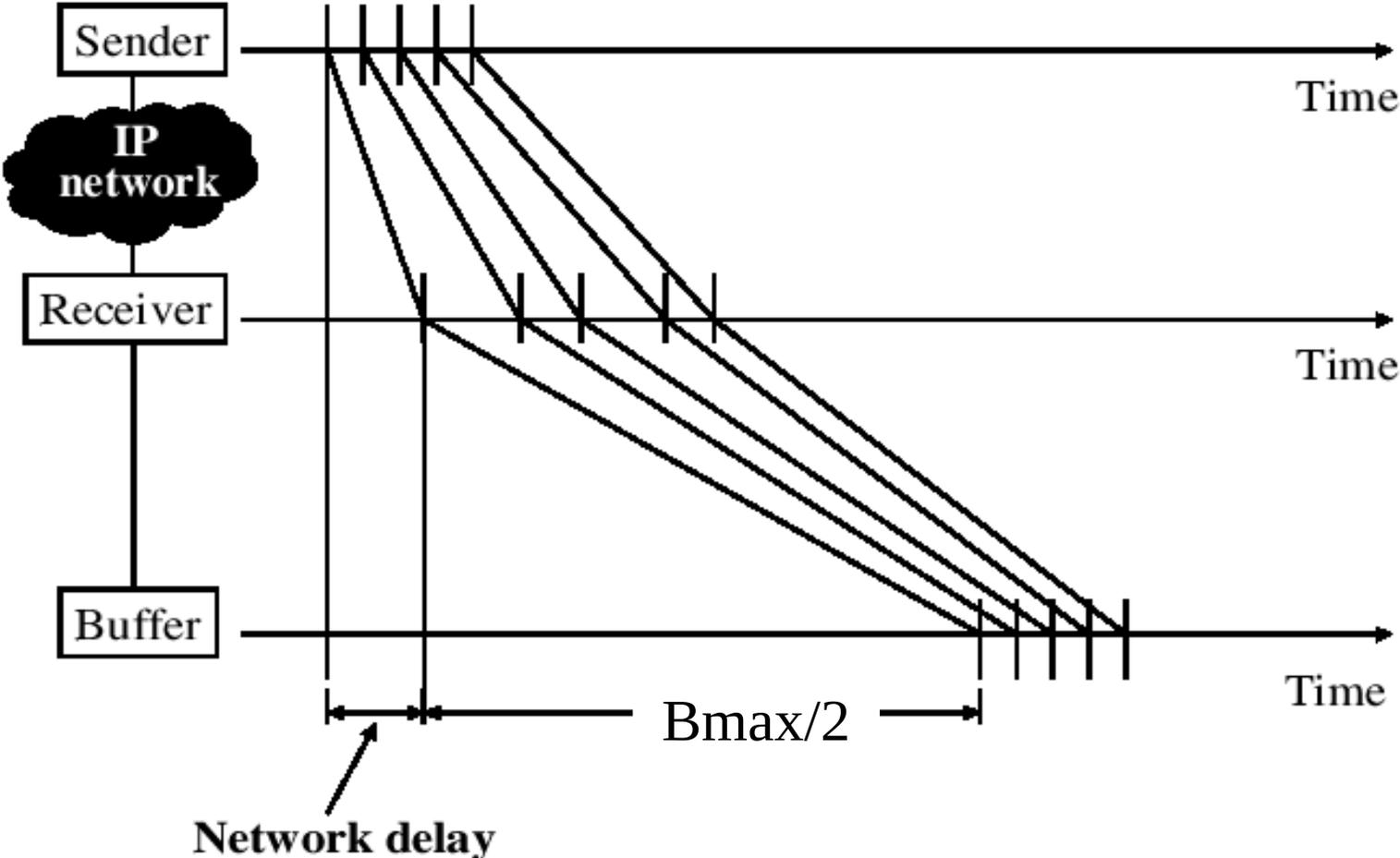
- **Def: variazione del ritardo end-to-end**
- **Cause: variazione nel tempo delle condizioni del canale di comunicazione**
 - variazioni del traffico totale nella rete
 - variazioni della qualità del segnale radio
 - movimento del trasmettitore e/o ricevitore
 - presenza di ostacoli
 - attenuazione del segnale con la distanza
 - movimento di altri nodi che vanno ad interferire con trasmettitore e/o ricevitore
- **Effetti**
 - ritardo elevato (vedi slide precedenti) e timeout
 - arrivo “a valanga” dei pacchetti

Buffer anti-jitter

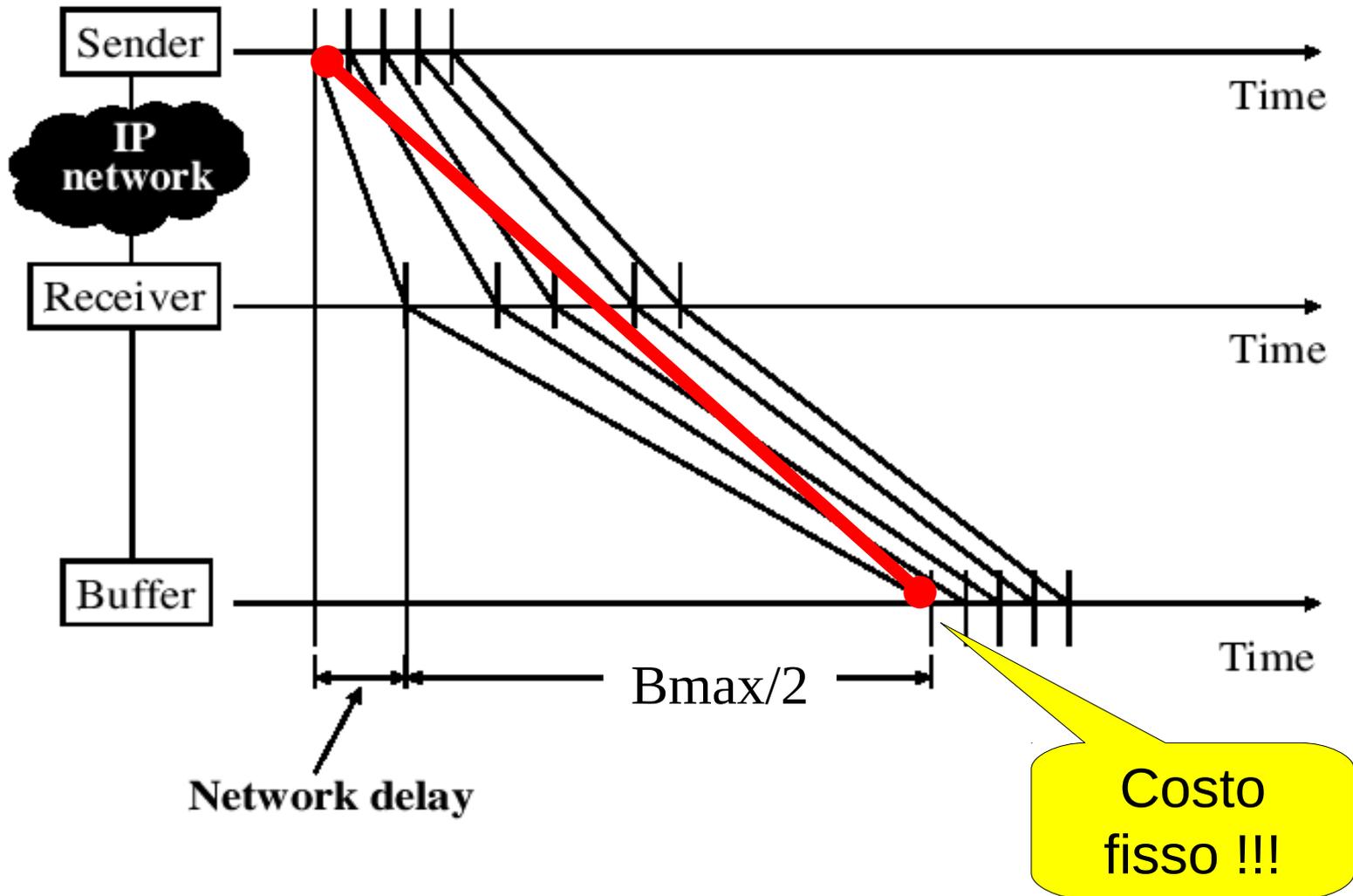
- Coda di pacchetti al ricevitore
- Trasforma le variazioni di ritardo in un ritardo fisso
 - Aumenta il ritardo end-to-end (compromesso)



Buffer anti-jitter (2)



Buffer anti-jitter (2)



Buffer anti-jitter (3)

- All'istante di decodifica del pacchetto i -esimo
 - Se vale la relazione

$$D_i = R_i - R_{i-1} - T \geq B_i$$

- allora il pacchetto è considerato perso per timeout e svuotamento del buffer (**buffer underflow**)
- altrimenti se

$$B_i - D_i > B_{max}$$

- allora il pacchetto è considerato perso per riempimento del buffer (**buffer overflow**)
- altrimenti il pacchetto è decodificato

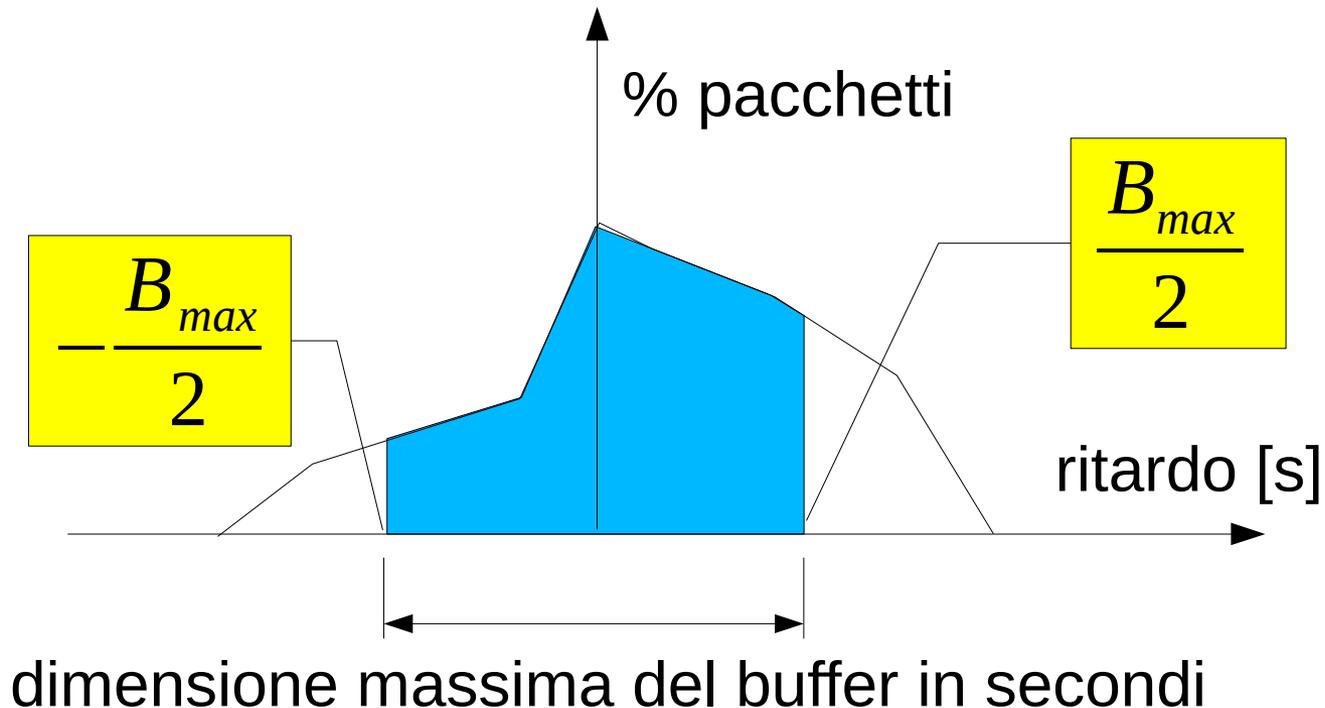
Buffer anti-jitter (4)

- L'occupazione del buffer dopo l'arrivo del pacchetto i -esimo

$$B_{i+1} = \min(B_{max}, \max(0, B_i - D_i))$$

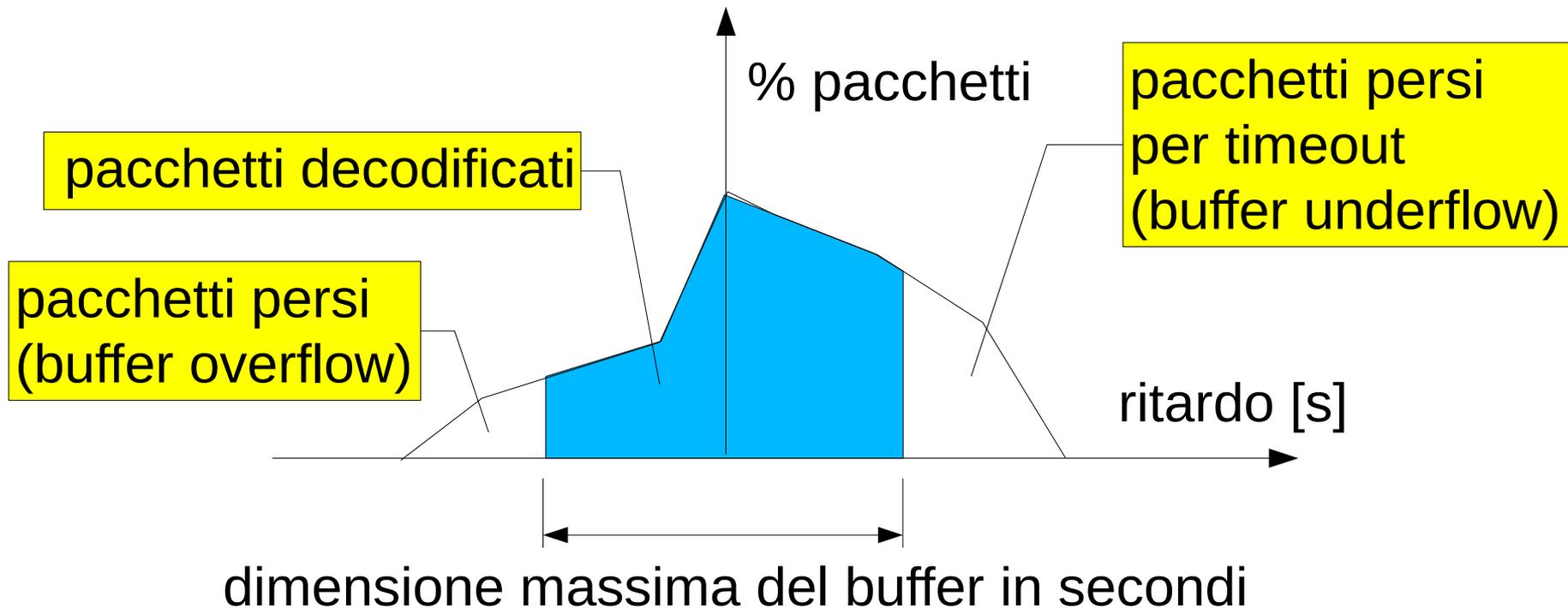
Buffer anti-jitter (5)

- Relazione tra dimensione max del buffer e distribuzione dei ritardi
 - Si assume di riempire inizialmente il buffer a metà
 - Paga un ritardo fisso di $B_{max}/2$



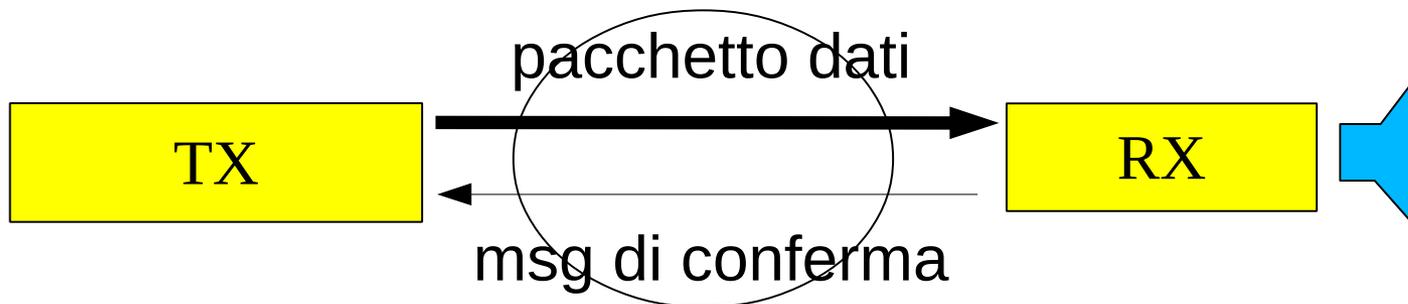
Buffer anti-jitter (6)

- Relazione tra buffer, distribuzione dei ritardi e pacchetti persi/decodificati



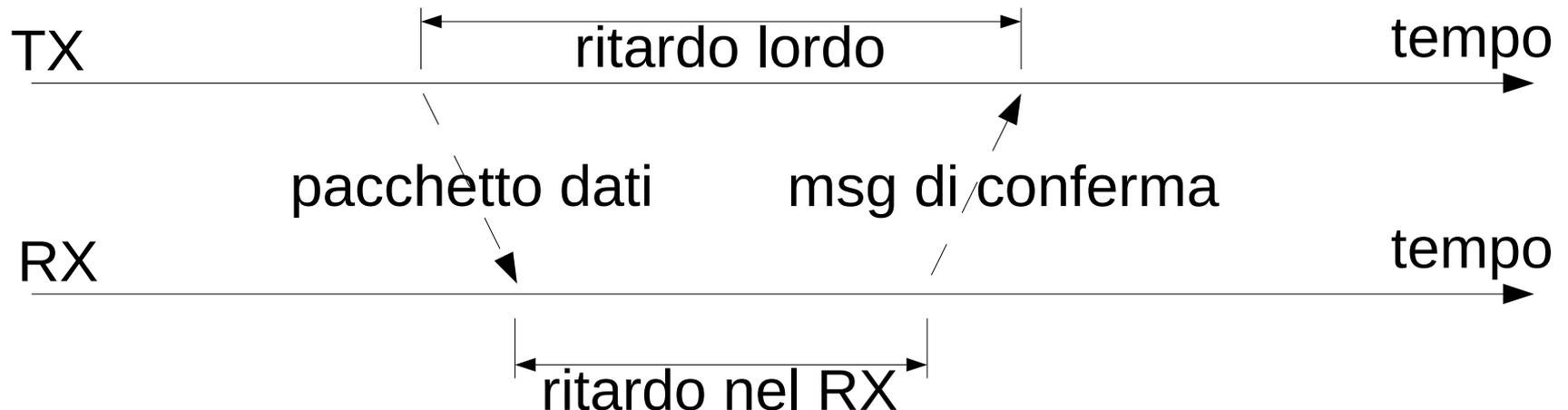
Round trip time

- Tempo intercorrente tra l'istante di trasmissione di un pacchetto dati e la ricezione di un messaggio di conferma (acknowledge).
- Viene calcolato al TX
- Il messaggio di conferma può essere messo in un
 - pacchetto specifico
 - pacchetto informativo sulle statistiche di ricezione
 - pacchetto multimediale trasmesso nella direzione opposta (applicazioni interattive)



Round trip time (2)

- Metodo di stima del round trip time
 - Viene fatto al TX (a differenza del metodo del D_i)
 - Il messaggio di conferma dal RX deve riportare il ritardo nel RX



$$RTT = \text{ritardo lordo} - \text{ritardo nel RX}$$

Modelli di traffico

Parametri caratterizzanti

- Bitrate
 - Bitrate istantaneo
 - Bitrate medio
 - Bitrate di picco
- Throughput e goodput
- Inter-packet gap
- Burstiness
- Packet size
- Packet arrival time
- Packet arrival rate

Bitrate

- Istantaneo $B(t)$
 - Numero di bit osservati nell'unita' di tempo
- Dato un intervallo T di osservazione
 - Bitrate medio

$$\frac{1}{T} \int_0^T B(t) dt$$

$$\frac{\text{Bit osservati nell'intervallo } T}{T}$$

- Bitrate di picco

$$\max_T (B(t))$$

Throughput e Goodput

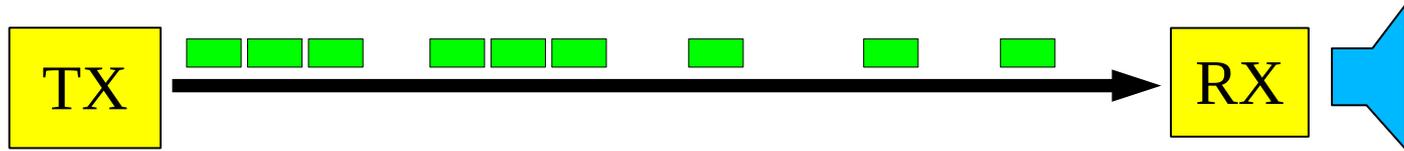
- Throughput
 - quantità **totale** di bit che arrivano/attraversano un nodo della rete nell'unità di tempo
- Goodput
 - quantità **utile** di bit che arrivano/attraversano un nodo della rete nell'unità di tempo
 - non tiene conto dei pacchetti errati o duplicati

Goodput minore/uguale throughput

Altri parametri

- Inter-packet gap
 - distanza temporale tra 2 pacchetti successivi
- Burstiness
 - lunghezza media (su un intervallo di osservazione) delle sequenze di pacchetti aventi inter-packet gap nullo
- Packet size
 - dimensione in byte del pacchetto
- Packet arrival time
 - istante di arrivo di un pacchetto al ricevitore
- Packet arrival rate
 - numero medio (su un intervallo di osservazione) di pacchetti che arrivano al RX nell'unità di tempo

Calcolo della burstiness: esempio



$$\text{lunghezza media del burst} = \frac{(3 + 3 + 1 + 1 + 1)}{5}$$
$$= \frac{9}{5} = 1.8$$

Tipi di modelli di traffico

- Flussi Constant Bit Rate (CBR)
 - bitrate istantaneo costante e uguale al bitrate medio
 - Esempio:
 - conversazione telefonica tradizionale (64kb/s)
- Flussi ON/OFF
 - fase ON --> CBR
 - VoIP con soppressione del silenzio
- Flussi Variable Bit Rate (VBR)
 - bitrate istantaneo variabile nel tempo
 - caratterizzato da bitrate medio e bitrate di picco
 - Esempio:
 - traffico dati su una linea dialup
 - flusso di bit prodotto da un codificatore video MPEG

Traffico VBR di MPEG

