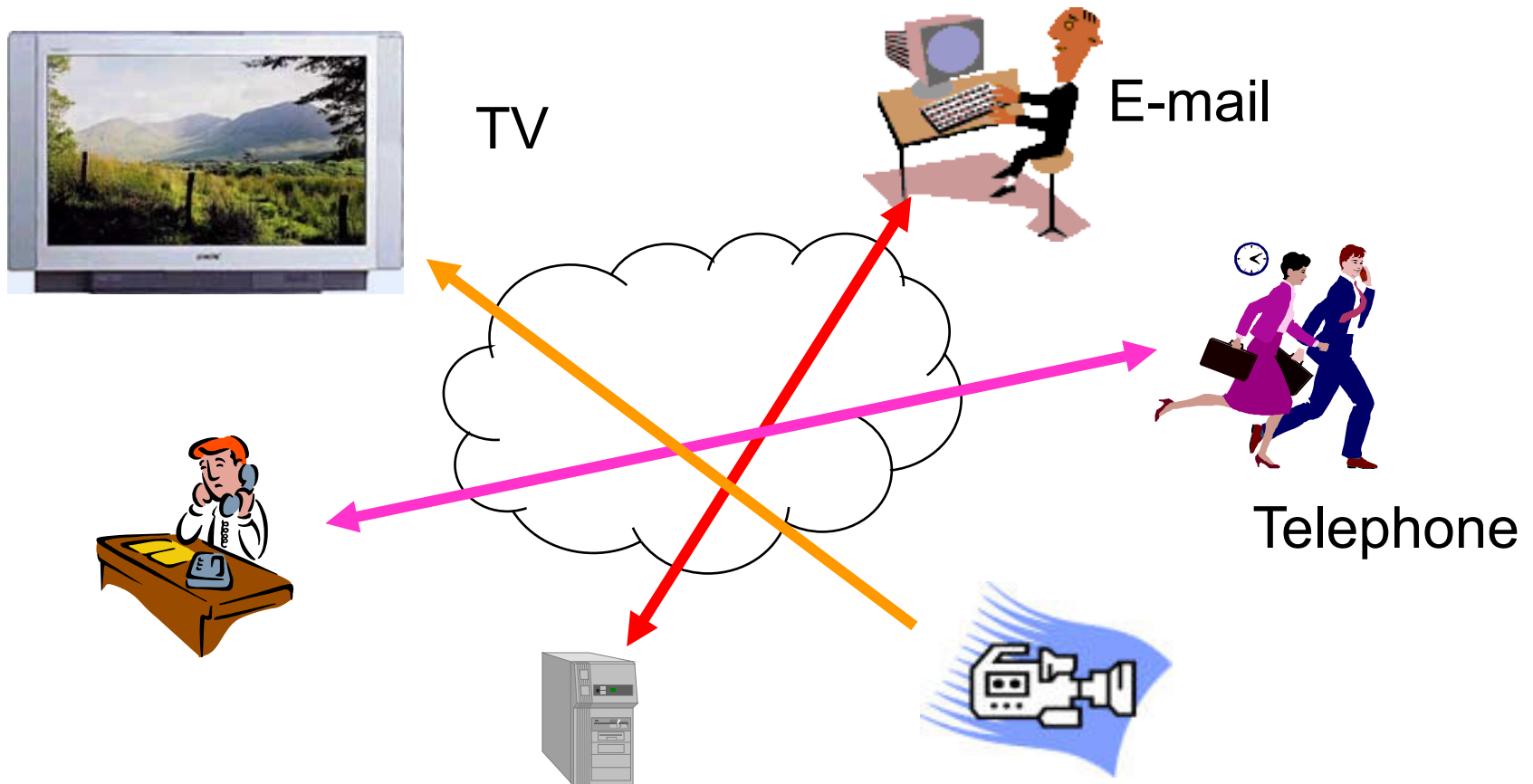


Addendum

**Rappresentazione digitale
dell'informazione**

Digital Networks

- La tecniche di trasmissione digitale abilitano la rete al trattamento di qualsiasi flusso informativo



Obiettivi e problemi

- **Come ridurre il tempo di trasmissione di un "messaggio" (testo, immagine) ?**
 - Qual è la lunghezza di un "messaggio" ?
 - Quali sono i vincoli che devono essere rispettati nella trasmissione di un "messaggio" ?
- **Può una rete gestire chiamate vocali o video ?**
 - Qual è la banda richiesta per il supporto di una chiamata vocale o video ?
 - Quali sono i vincoli di qualità che devono essere soddisfatti ?
- **Qual è il tempo necessario a trasferire un messaggio senza errori ?**
 - Per quale motivo si verificano errori in trasmissione ?
 - come è possibile rivelare e correggere gli errori in trasmissione ?
- **Qual è la banda disponibile nei vari mezzi trasmissivi (rame, fibra, radio, ecc.) ?**

Informazione a Blocchi vs. Stream

■ Informazione a blocchi

- L'informazione è naturalmente strutturata in unità indipendenti (blocchi)

- Text message
- Data file
- JPEG image
- MPEG file

■ Dimensione (size)

- numero di bit (byte) per blocco

■ Informazione Stream

- Informazione prodotta e trasmessa in modo continuo

- Real-time voice
- Streaming video

■ Bit rate

- misura la quantità di bit prodotti dalla sorgente in una unità di tempo

Delay di trasferimento di un messaggio

- L → numero di bit in un messaggio
- R → velocità del sistema di trasmissione (bit/s)
- t_{prop} → tempo di propagazione lungo il mezzo trasmissivo
- d → lunghezza del collegamento
- c → velocità di propagazione sul mezzo trasmissivo
(3×10^8 m/s nel vuoto, 2×10^8 m/s nei mezzi guidati)

$$\text{Delay minimo} = t_{\text{prop}} + L/R = d/c + L/R$$

- L si riduce mediante **tecniche di compressione**
- R si aumenta mediante **tecniche di trasmissione**
- d si riduce avvicinando sender e receiver

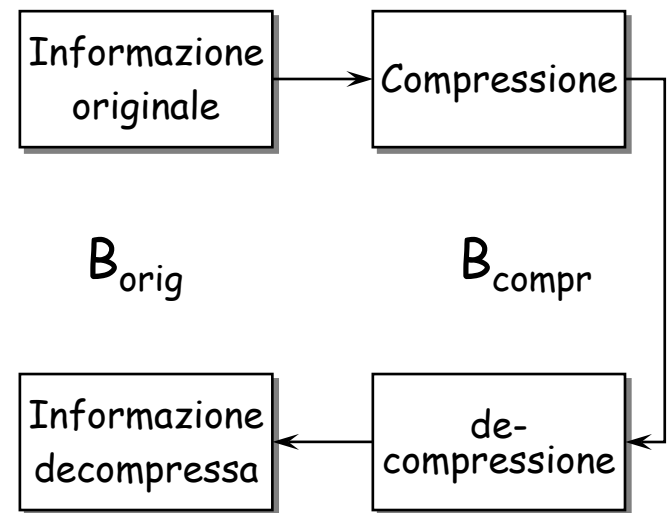
Compressione

■ Algoritmi di compressione dati

- Riducono il numero di bit necessari alla rappresentazione dell'informazione riducendo la ridondanza
- Senza perdita (Lossless): l'informazione originale è ricostruita esattamente
 - zip, GIF, fax
- Con perdita (lossy): l'informazione decompressa non è identica all'originale
 - JPEG

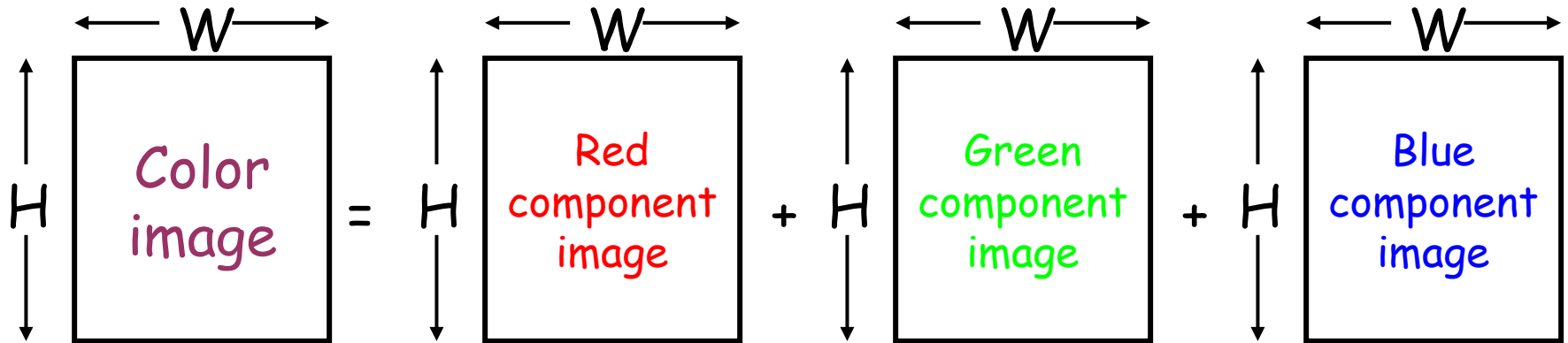
■ Rapporto di compressione (Compression Ratio) (R_c)

- $R_c = B_{orig} / B_{compr}$ (#bits file originale / #bits file compresso)
- Compromesso tra numero di bit e qualità



$$R_c = \frac{B_{orig}}{B_{compr}}$$

Imagine a colori



$$B_{\text{orig}} = 3 \times H \times W \text{ pixel} \times B \text{ bit/pixel} = 3HWB \text{ bit}$$

Esempio: 8 × 10 inch picture a 400 × 400 pixel per inch²

$$400 \times 400 \times 8 \times 10 = 12.8 \text{ million pixels}$$

8 bits/pixel/color

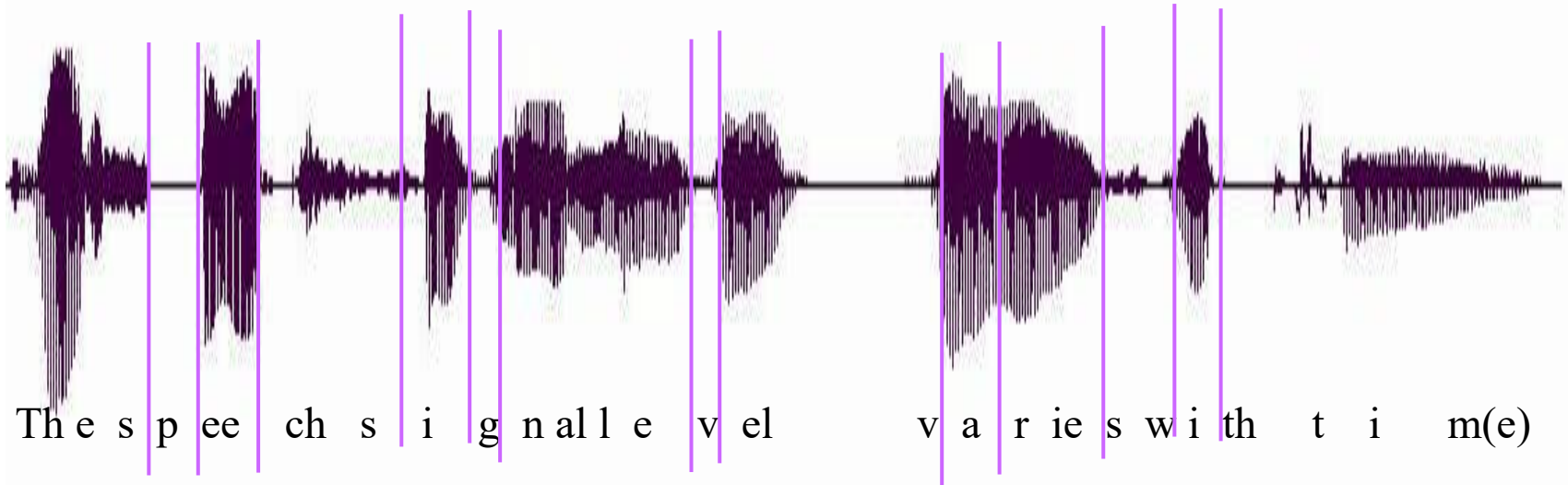
$$12.8 \text{ megapixel} \times 3 \text{ byte/pixel} = 38.4 \text{ megabyte}$$

Esempi di informazione a blocchi

Tipo	Metodo	Formato	Originale	Compressed Ratio
Text	Zip	ASCII	Kbyte-Mbyte	$2 < R_c < 6$
Fax	CCITT Group 3	A4 page 200x100 pixel/in ²	256 kbyte	5-54 kbyte ($5 < R_c < 50$)
Immagine a Colori	JPEG	8x10 in ² photo 400 ² pixel/in ²	38.4 Mbyte	1-8 Mbyte ($5 < R_c < 30$)

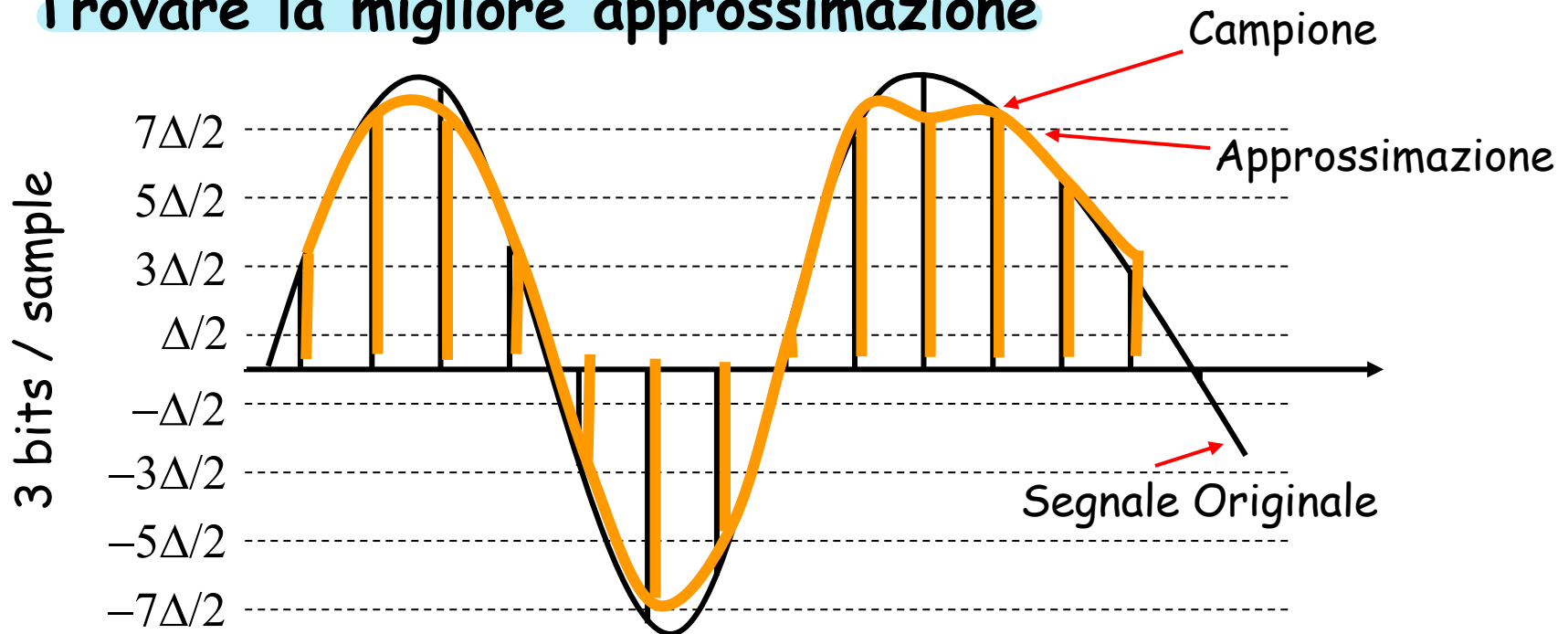
Stream Information

- Un segnale vocale nella forma originale è di tipo analogico
- Un segnale vocale deve essere digitalizzato e trasmesso in tempo reale
- Il livello del segnale analogico varia nel tempo



Digitalizzazione di segnali analogici

- Campionamento (sampling) del segnale analogico nel tempo e codifica dell'ampiezza dei campioni
- Trovare la migliore approssimazione



$$R_s = \text{Bit rate} = \# \text{ bit/sample} \times \# \text{ sample/second}$$

Bit rate dei segnali digitalizzati

■ Larghezza di banda (Bandwidth) W_s (Hz)

- indica quanto "velocemente" il segnale varia nel tempo
- Maggiore bandwidth \rightarrow campioni più frequenti
- Frequenza di campionamento minima $F_c = 2 \times W_s$

■ Accuratezza della rappresentazione

- Maggiore accuratezza
 - \rightarrow minore spaziatura tra approssimazione dei campioni
 - \rightarrow numero maggiore di bit per campione

Esempio: Voce & Audio

Codifica vocale (Telefonia)

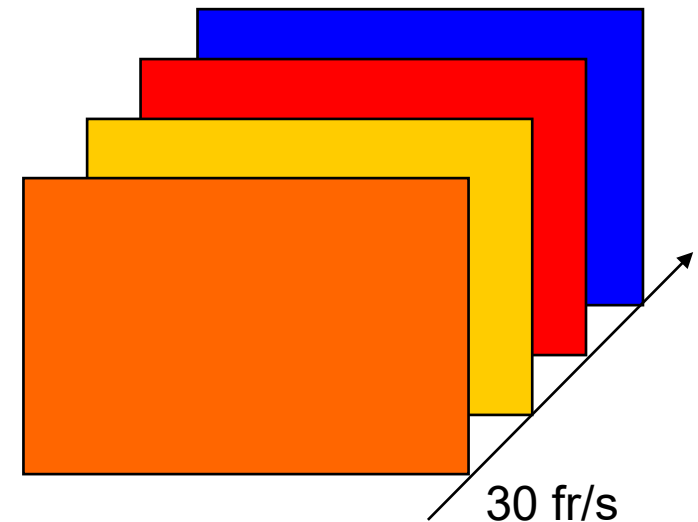
- $W_s = 4 \text{ kHz} \rightarrow 8000 \text{ sample/sec}$
- 8 bit/sample
- $R_s = 8 \times 8000 = 64 \text{ kbit/s}$
- Nella telefonia mobile si usano codifiche con maggiore rapporto di compressione
 - $R_s = 8\text{-}12 \text{ kbit/s}$

CD Audio

- $W_s = 22 \text{ kHz} \rightarrow 44000 \text{ sample/sec}$
- 16 bit/sample
- $R_s = 16 \times 44000 = 704 \text{ kbps per canale}$
- MP3 usa una codifica con maggiore rapporto di compressione
 - $R_s = 50 \text{ kbit/s per canale audio}$

Segnale video

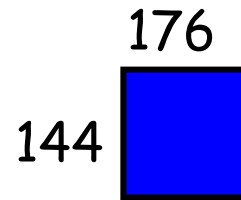
- Sequenza di “quadri” (picture frame)
 - ogni picture è digitalizzata e compressa
- Frequenza di ripetizione delle frame
 - 10-30-60 frame/sec in relazione all'obiettivo di qualità
- Risoluzione di ogni picture (Frame resolution)
 - Bassa risoluzione per servizio di videoconferenza
 - Risoluzione maggiore per servizio broadcast TV
 - HDTV frames



$$\text{Rate} = M \text{ bits/pixel} \times (W \times H) \text{ pixel/frame} \times F \text{ frame/second}$$

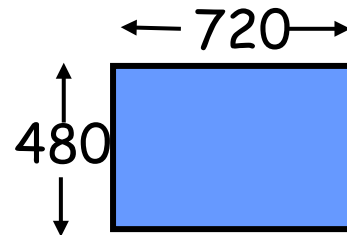
Frame Video

QCIF videoconferenza



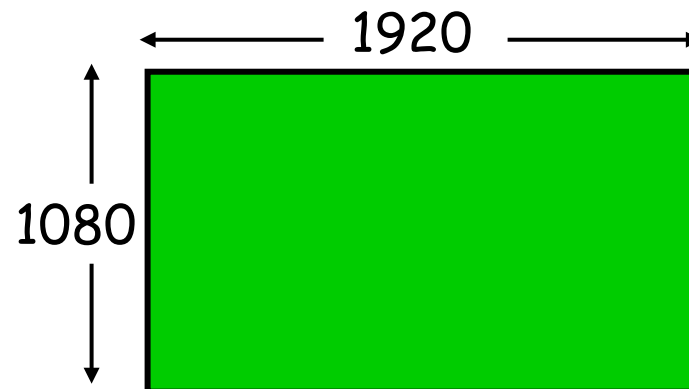
a 30 frame/sec =
= 760,000 pixel/sec

Broadcast TV



a 30 frame/sec =
= 10.4×10^6 pixel/sec

HDTV



a 30 frames/sec =
= 67×10^6 pixels/sec

Digital Video Signals

Tipo	Metodo	Formato	Originale	Compresso
Video Confer- enza	H.261	176x144 or 352x288 pix a 10-30 fr/sec	2-36 Mbit/s	64-1544 kbit/s
Full Motion	MPEG2	720x480 pix a 30 fr/sec	249 Mbit/s	2-6 Mbit/s
HDTV	MPEG2	1920x1080 a 30 fr/sec	1.6 Gbit/s	19-38 Mbit/s

Tipologia di informazioni stream

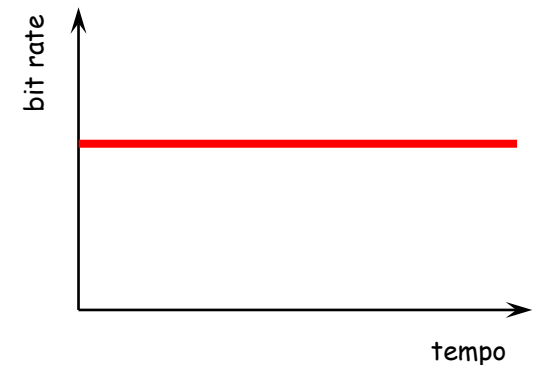
■ Constant bit-rate

■ Flussi informativi a bit rate costante

- Es. sorgente telefonica produce un flusso stream a rate costante 64 kbit/s

■ La rete deve fornire un canale di comunicazione con banda almeno uguale al bit rate della sorgente

- Es. Rete telefonica: canali di comunicazione (circuiti) a 64 kbit/s



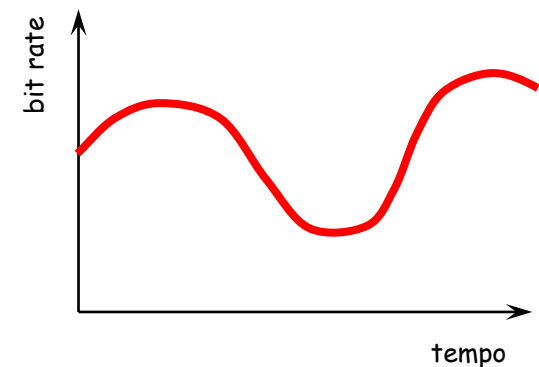
■ Variable bit-rate

■ Flussi informativi con bit rate variabile nel tempo

- Es. sorgente video a qualità costante produce un flusso in cui il bit rate varia in funzione del movimento tra due picture consecutive

■ La rete deve supportare in modo efficiente la variabilità del bit rate

- Es. commutazione di pacchetto o rate-smoothing



Classificazione delle sorgenti

■ CBR: Constant Bit Rate

- Esempio: uscita da un codificatore opera un campionamento di un segnale analogico (codificatore vocale o musicale)

- Voce codificata PCM = $64 \text{ kbit/s} = 8\text{bit}/125\mu\text{s}$

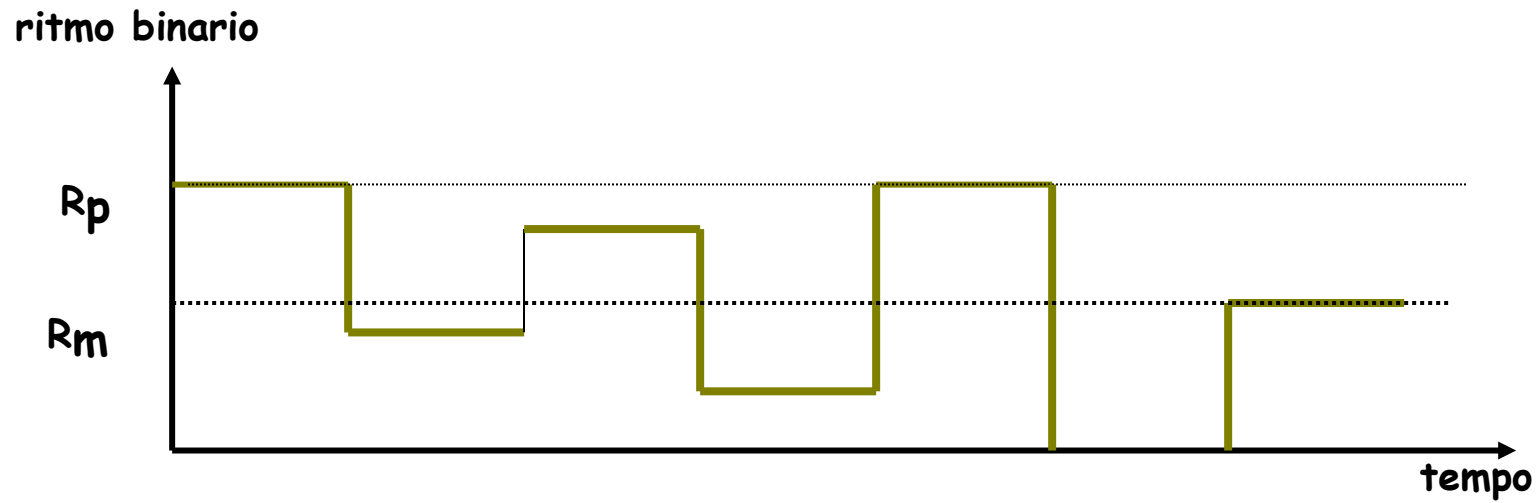
ritmo binario



Classificazione delle sorgenti

■ Sorgenti VBR Variable Bit Rate

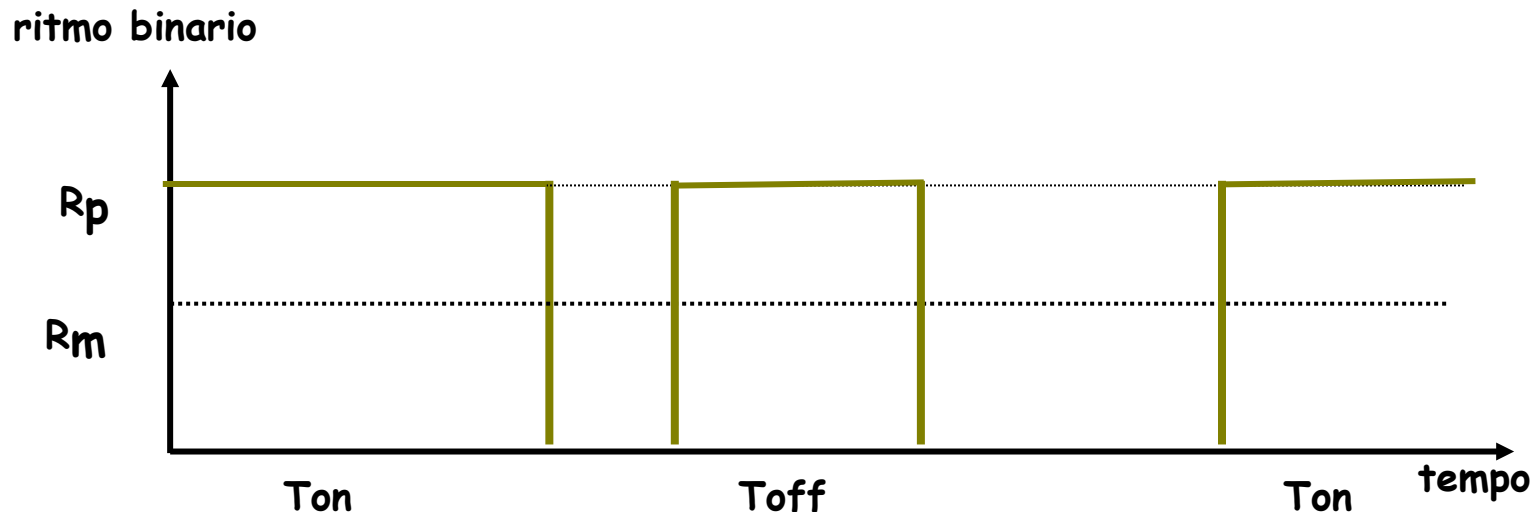
- Esempio: codifica di immagini in movimento (MPEG)



Classificazione delle sorgenti

■ Sorgenti VBR a due stati o anche sorgenti ON-OFF

- Esempio: sorgenti vocali con rivelazione di tratti vocali
- Voce codificata ADPCM $F_p=32$ kbit/s
- $R_m = 32 \text{ kbit/s} * E\{T_{on}\} / (\{T_{on}\} + \{T_{off}\}) = 11.2 \text{ kbit/s}$
- $E\{T_{on}\}=350 \text{ ms}$, $E\{T_{off}\}=650 \text{ ms}$
- Coefficiente di attività $a = R_m/R_p$



Parametri di qualità per servizi di tipo Stream

- Possibili problemi introdotti dal transito in rete (Network Impairment)
 - Ritardo (Delay)
 - Per ogni servizio occorre individuare il vincolo sul ritardo massimo di attraversamento della rete
 - Variabilità del ritardo (Jitter)
 - Per ogni servizio occorre individuare il vincolo sulla variabilità massima consentita del ritardo di attraversamento della rete
 - Perdita di informazioni (Loss)
 - Per ogni servizio occorre individuare il vincolo sul percentuale massima di bit persi (per errori o congestione) sul totale dei bit trasmessi (Probabilità di perdita)
- I protocolli di trasferimento sono progettati per gestire questi problemi

Tipi di sorgenti

	Ritmo binario	Tipo di emissione
Voce qualità telefonica	64 kbit/sec	CBR
Voce qualità migliorata	48, 56 o 64 kbit/s	CBR
Voce codificata ADPCM	32 kbit/sec (DECT)	CBR
Voce con codificatori di analisi per sintesi	16 kbit/sec, 13 kbit/sec (GSM)	CBR
CD musicali	1,41 Mbit/s, 384 kbit/s, 256 kbit/s	CBR
Standard Definition TV	166 Mbit/s	CBR
High Definition TV	885 Mbit/s, 15-25Mbit/s	CBR
ISDN px64 video conferenza	64 e 1984 kbit/s	VBR
Video conferenza a basso ritmo	< 28.8 kbit/s	VBR
MPEG-1	1-1,5 Mbit/s.	VBR
MPEG-2	5 Mbit/s	VBR