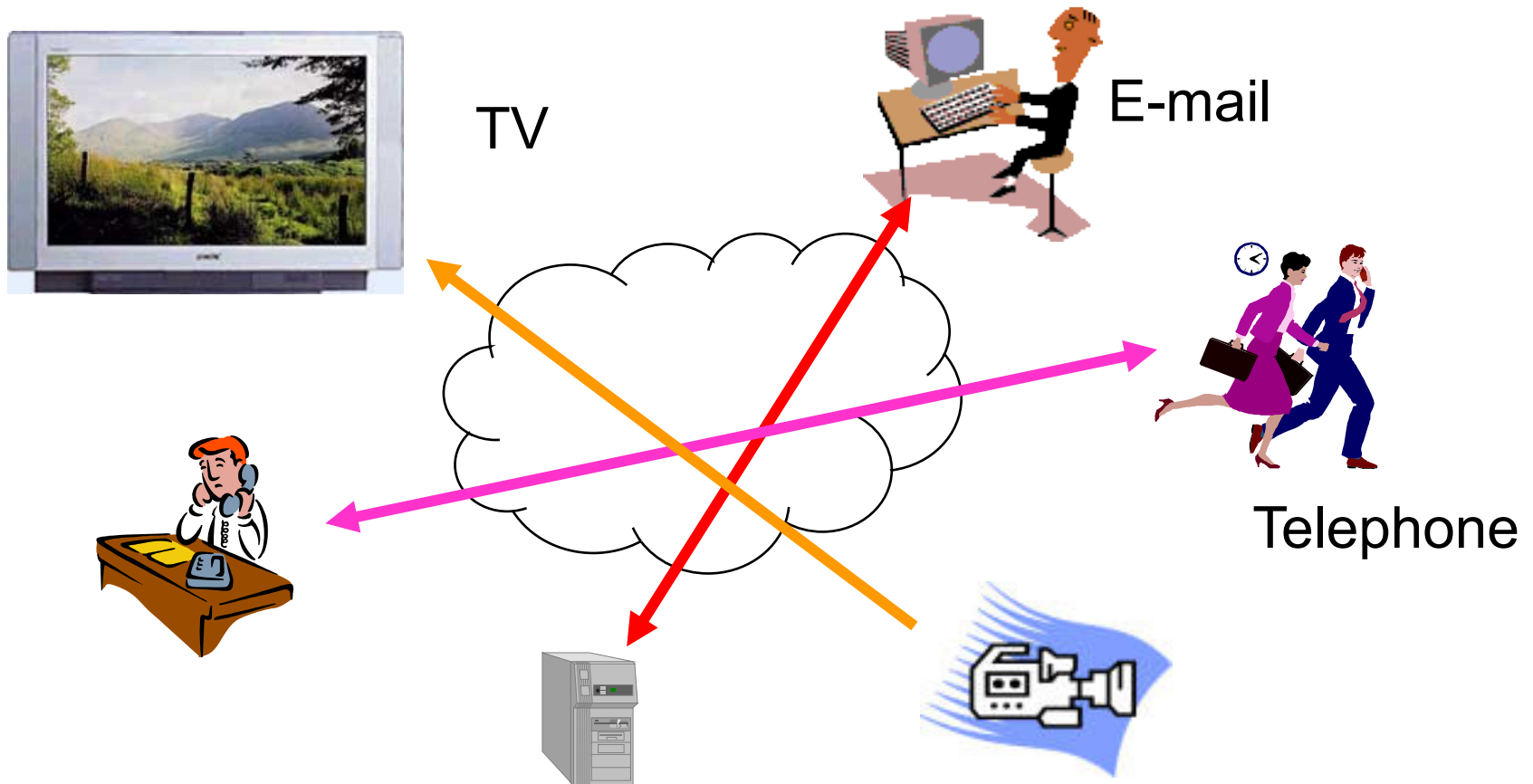


# **Addendum**

**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  
( $3 \times 10^8$  m/s nel vuoto,  $2 \times 10^8$  m/s nei mezzi guidati)

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

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

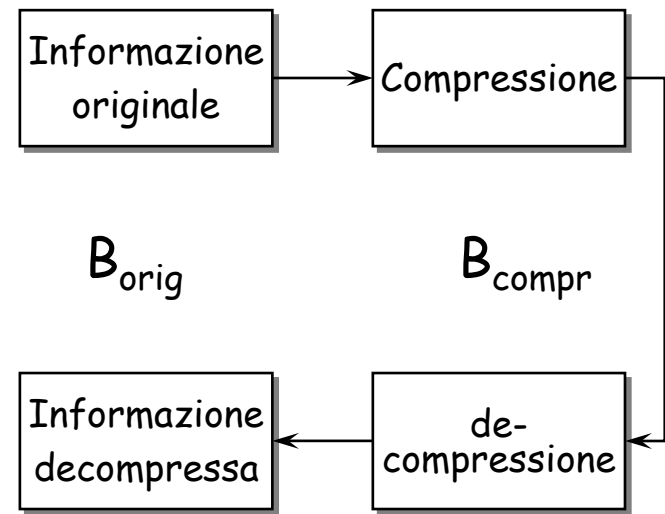
# Compressione

## ■ 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

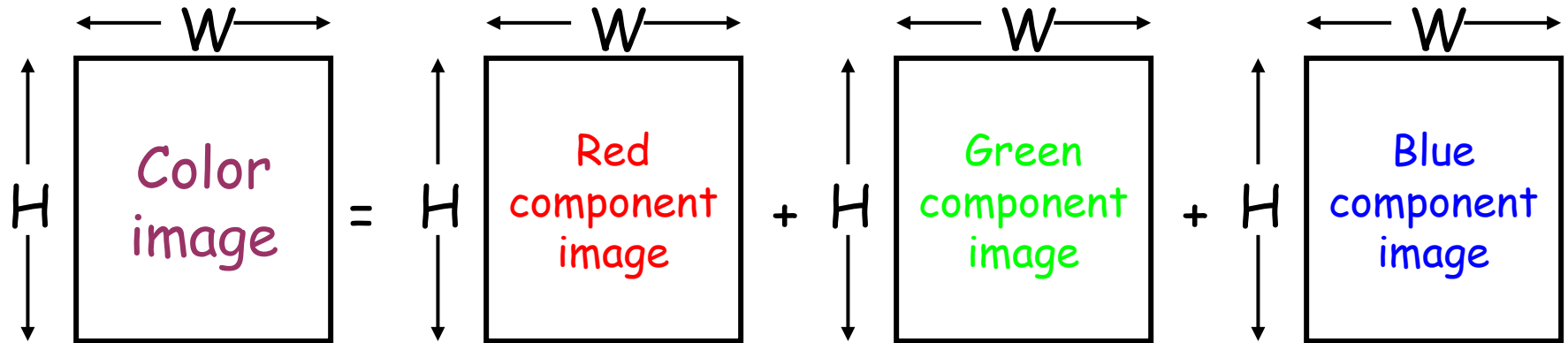
## ■ Rapporto di compressione (Compression Ratio) ( $R_c$ )

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



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

# Immagine 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 inch<sup>2</sup>

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

8 bits/pixel/color

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

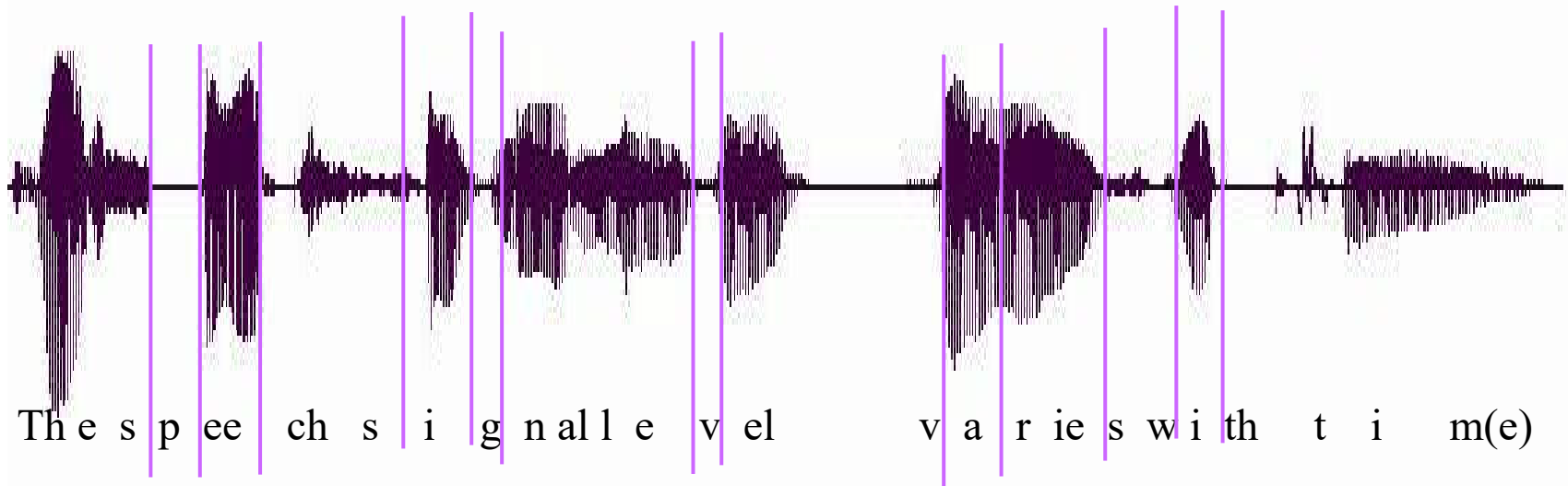
# Esempi di informazione a blocchi

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



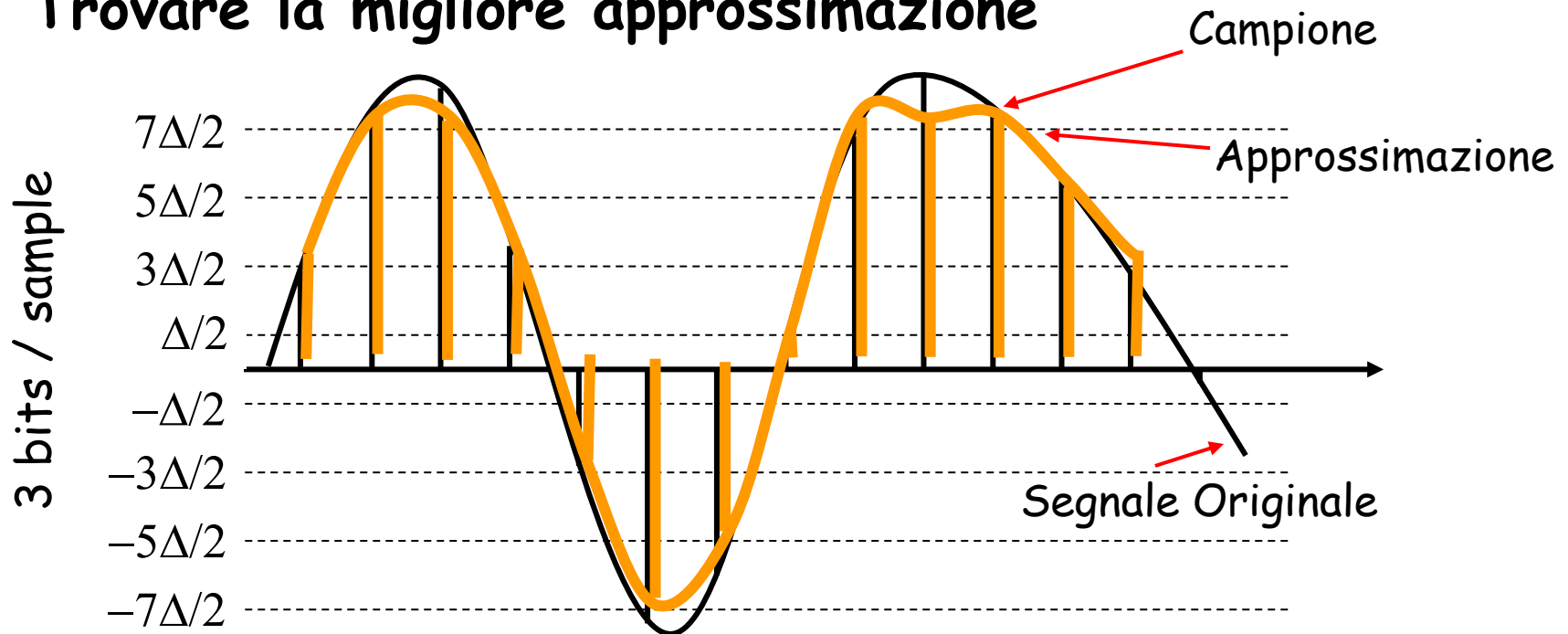
# Stream Information

- 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)

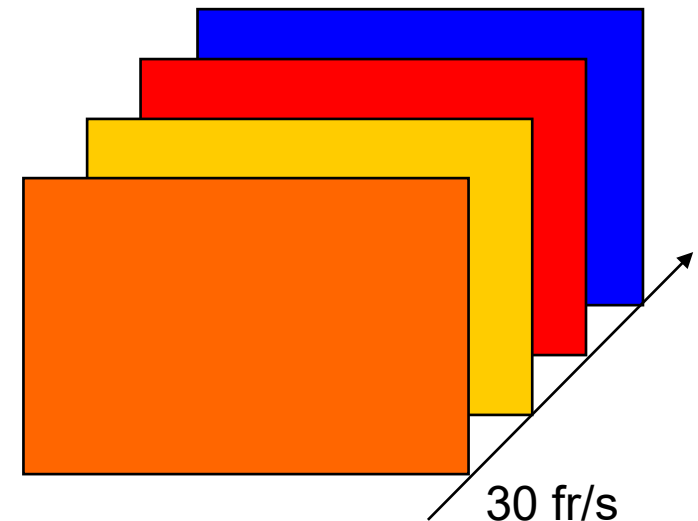
- $W_s = 4 \text{ kHz} \rightarrow 8000 \text{ sample/sec}$
- 8 bit/sample
- $R_s = 8 \times 8000 = 64 \text{ kbit/s}$
- Nella telefonia mobile si usano codifiche con maggiore rapporto di compressione
  - $R_s = 8\text{-}12 \text{ kbit/s}$

## 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

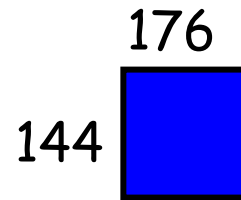
- Sequenza di “quadri” (**picture frame**)
  - ogni picture è digitalizzata e compressa
- Frequenza di ripetizione delle frame
  - 10-30-60 frame/sec in relazione all'obiettivo di qualità
- Risoluzione di ogni picture (**Frame resolution**)
  - Bassa risoluzione per servizio di videoconferenza
  - Risoluzione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



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

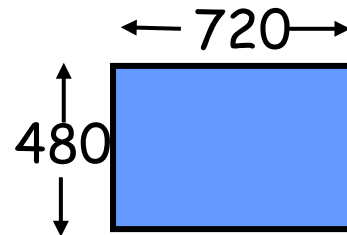
# Frame Video

QCIF videoconferenza



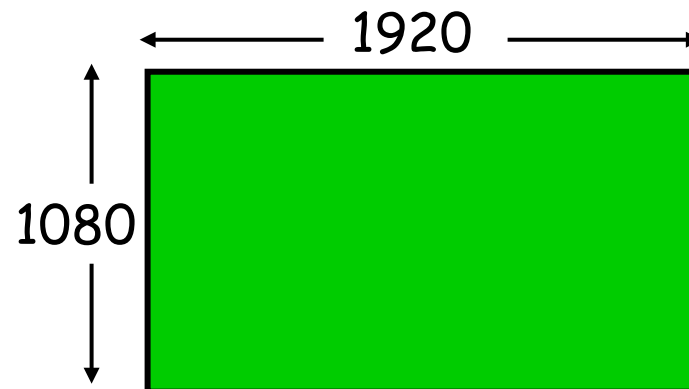
a 30 frame/sec =  
= 760,000 pixel/sec

Broadcast TV



a 30 frame/sec =  
=  $10.4 \times 10^6$  pixel/sec

HDTV



a 30 frames/sec =  
=  $67 \times 10^6$  pixels/sec

# Digital Video Signals

Tipo	Metodo	Formato	Originale	Compresso
Video Conferenza	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

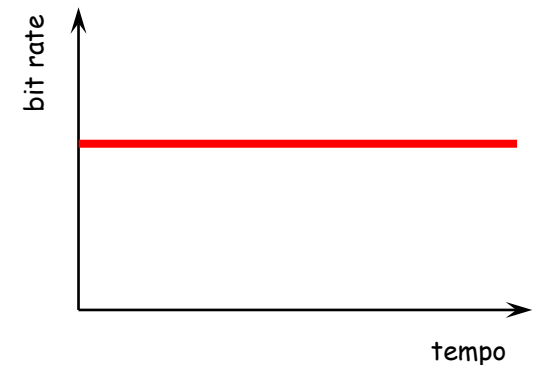
## ■ Constant bit-rate

### ■ 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



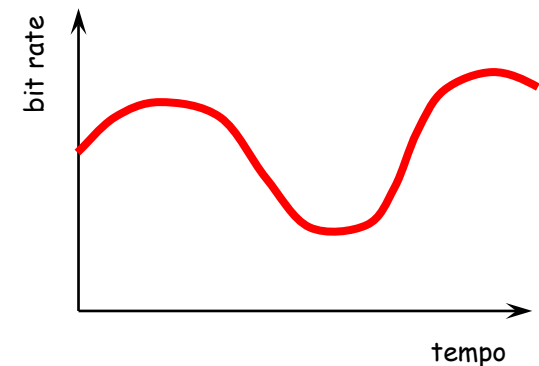
## ■ Variable bit-rate

### ■ 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)

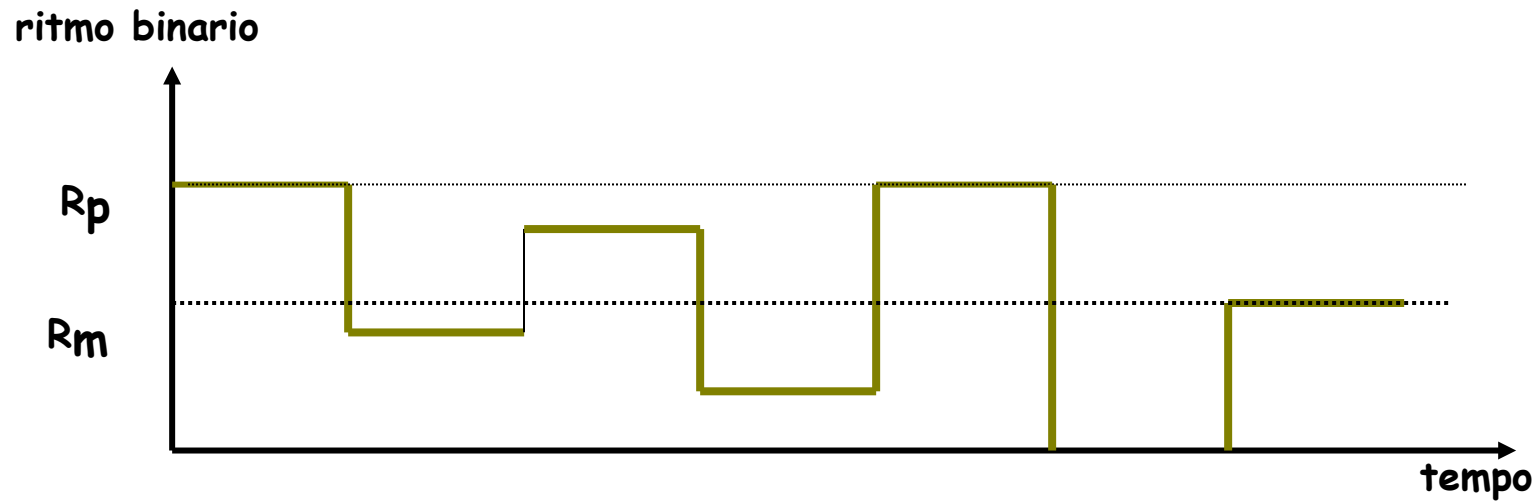
- Voce codificata PCM =  $64 \text{ kbit/s} = 8\text{bit}/125\mu\text{s}$



# Classificazione delle sorgenti

## ■ Sorgenti VBR Variable Bit Rate

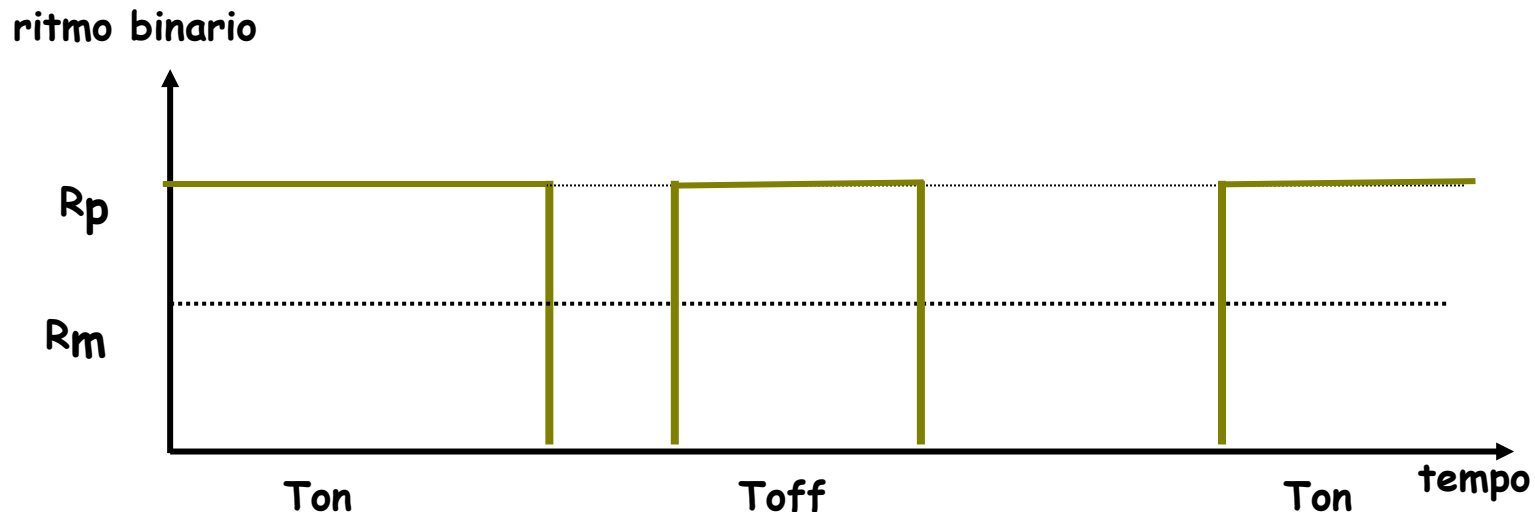
- Esempio: codifica di immagini in movimento (MPEG)



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