



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

INFORMATIZZAZIONE DELLA DOCUMENTAZIONE SANITARIA

Anno Accademico 2019/2020

Docente: ing. Salvatore Sorce

Rappresentazione numerica delle informazioni

Compressione

Il problema della banda passante

- La quantità di dati che è possibile trasmettere per unità di tempo
- Un aumento della banda passante significa una diminuzione della latenza (tempo di attesa affinché un'informazione sia interamente trasmessa)
- La banda passante dipende:
 - Dal mezzo trasmissivo
 - Dalle tecniche usate per la trasmissione
- Si esprime in bit/sec

Immagini e video digitali

- Occorrerebbero 51 minuti per scaricare con un modem un'immagine a colori di 20 x 25 cm digitalizzata a 300 pixel per pollice (dpi) senza alcuna compressione
- Com'è possibile vedere immagini a tutto schermo in pochi secondi navigando sul Web?
- Un tipico schermo di computer ha meno di 100 pixel per pollice
 - un'immagine digitalizzata a 100 dpi richiede poco più di un decimo della memoria
 - ◆ richiede sempre 5 minuti e mezzo per essere spedita
- Soluzione: la compressione

La compressione

Arte di minimizzare il numero di bit necessari per rappresentare le informazioni

Obiettivi:

ridurre la memoria occupata

ridurre i costi (tempo) di trasmissione

mantenere una buona qualità in confronto alla versione non compressa (al limite, la *stessa* qualità)

Obiettivo: *riproduzione trasparente*

Riproduzione dei contenuti "uguale" all'originale

Audio che anche orecchie sensibili non riescono a distinguere dall'originale (non compresso)

Immagine che anche occhi sensibili non riescono a distinguere dall'originale (non compresso)

Sequenze audio/video che "si vedono" e "suonano" come l'originale (non compresso)

Numero minimo di bit mantenendo una riproduzione *trasparente* del segnale

Esempio: l'audio digitale

Audio digitale non compresso:

alta fedeltà delle copie del segnale

robustezza

gamma dinamica estesa

Svantaggio: alto tasso di trasferimento dati

campionamento: 44.1 kHz (CD), 48 kHz (DAT)

quantizzazione: PCM lineare a 16 bit

L'audio digitale non compresso occupa ...

molto spazio sull'hard-disk per la memorizzazione

una banda ampia sul canale di trasmissione

Esempio: brano di 1 min con qualità CD

Parametri

campionamento = 44.100 campioni/sec

quantizzazione = 16 bit/campione = 2 byte/campione

canali = 2

Memoria = 44.100 c/s * 2 can * 2 byte/c * 60 s

~ 10 Mbyte per ogni minuto di musica stereo.

Tempo necessario per il trasferimento di un minuto di musica stereo su un collegamento a 200 kbps =

$$\frac{10 \text{ Mbyte} * 8 \text{ bit/byte}}{(200 \text{ kbps} * 60 \text{ s})} = \frac{10 * 1024 * 1024 * 8}{200 * 1024 * 60} \sim 7 \text{ minuti}$$

... per scaricare un solo minuto di musica stereo!

(sarebbe impossibile qualsiasi applicazione *live*, come la web-radio)

Esempio: immagine a colori 1600x1200 px

Parametri:

$$1600 \times 1200 = 1.920.000 \text{ pixel}$$

Quantizzazione a 24 bit/px

$$\text{Memoria} = 1920000 \text{ px} \times 24 \text{ bit/px} = 46.080.000 \text{ bit}$$

$$\text{In Byte} \rightarrow 46.080.000 \text{ bit} / 8 \text{ bit/byte} = 5.760.000 \text{ Byte}$$

$$\sim 5,5 \text{ Mbyte}$$

Tempo necessario per il trasferimento di un'immagine
1600x1200 a 24 bit/px su un collegamento a 200 kbps =

$$\frac{46.080.000 \text{ bit}}{200 \text{ kbps}} = 230 \text{ secondi } (\sim 4 \text{ minuti})$$

(sarebbe impossibile qualsiasi applicazione *live*, come lo streaming A/V)

Tipi di compressione

Classificazione in base al principio:

Compressione percettiva

Si basa su considerazioni fisiologiche, cioè su come l'informazione viene percepita (es.: il suono dalle orecchie, le immagini dagli occhi)

Il risultato è (o tende ad essere) percettivamente uguale all'originale

Alti tassi di compressione possibili, a costo di un risultato percettivamente peggiore

Compressione non-percettiva

Si basa su considerazioni esclusivamente numeriche

Il risultato può essere identico all'originale (non compresso)

Il tasso di compressione dipende da come è strutturata l'informazione non compressa (può anche peggiorare!)

Tipi di compressione

Classificazione in base al risultato:

Compressione con perdita

La sequenza di bit ricostruita *non è* uguale all'originale

Nonostante ciò, il segnale finale può essere *percepito* come uguale all'originale

Compressione senza perdita

La sequenza di bit ricostruita *è uguale* all'originale

Il segnale finale è identico all'originale



Compressione e decompressione

Dati originali
non compressi

Encoding,
Codifica,
Compressione

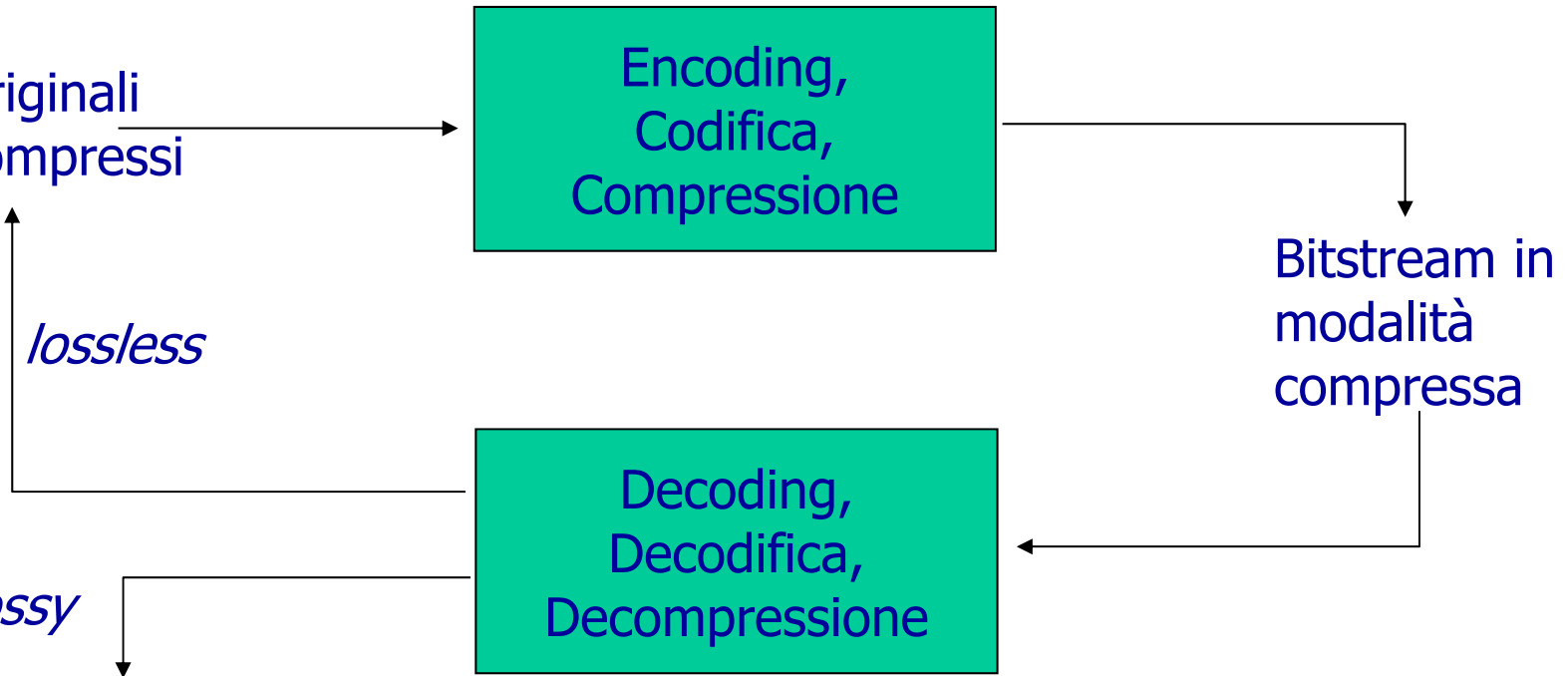
Bitstream in
modalità
compressa

lossless

Decoding,
Decodifica,
Decompressione

lossy

Segnale non compresso *diverso*
ma percepito come l'originale



Compressione non-percettiva: esempio

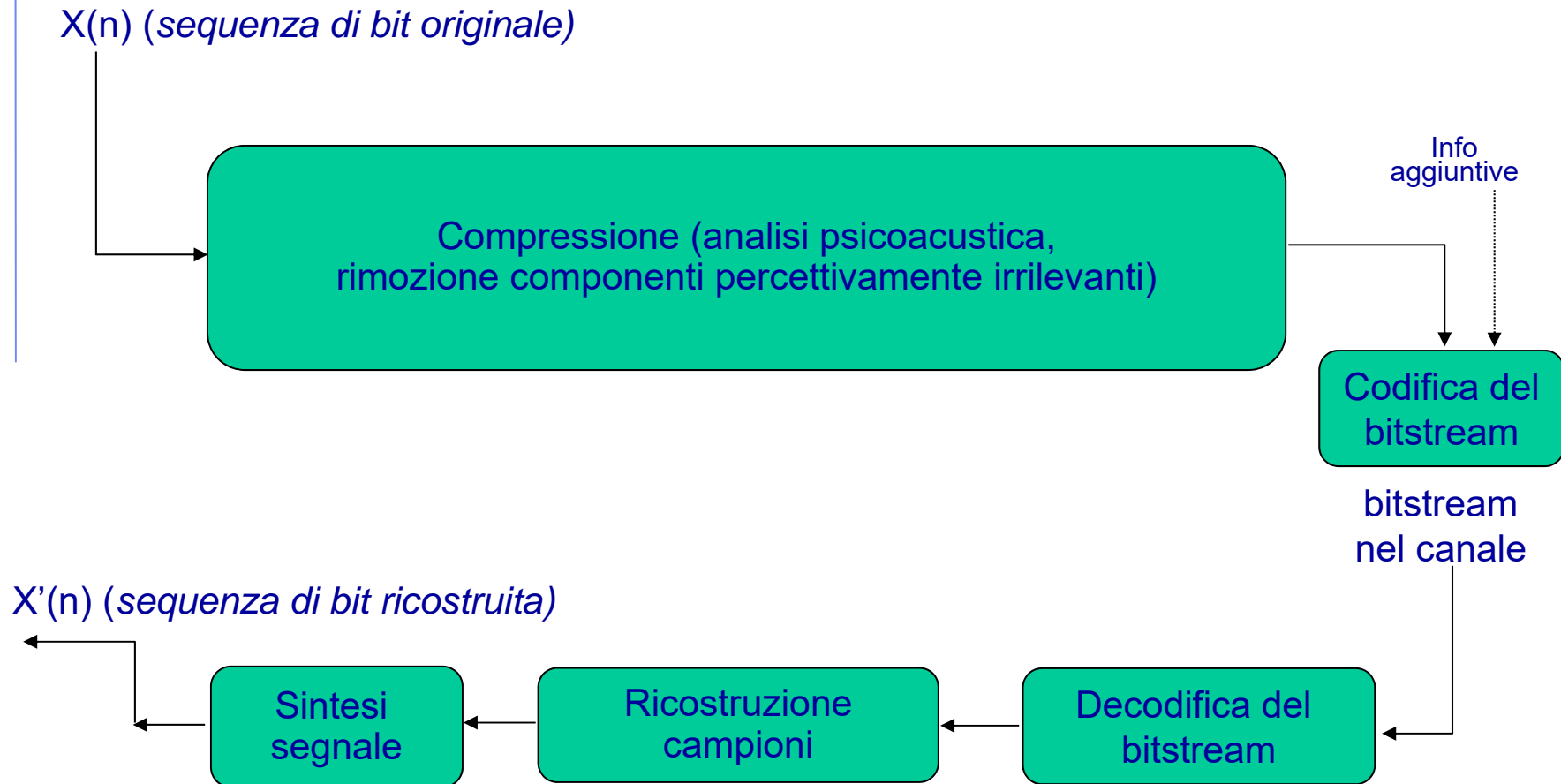
Basata su sole considerazioni numeriche

➤ Run-Length Encoding, RLE

- Codifica una stringa di bit *contando* le sequenze di bit 0 e 1 che si susseguono
- Esempio: i fax sono lunghe sequenze di 0 e 1 che codificano il contenuto di una pagina in bianco e nero. La codifica RLE è utilizzata per specificare la lunghezza della prima sequenza di 0, seguita dalla sequenza di 1, ecc.
- la compressione RLE è *lossless*, cioè senza perdita – la rappresentazione originale può essere ricostruita perfettamente
- Per le immagini, memorizzazione di zone di colore uniforme tramite stringhe speciali
 - Buona per immagini che hanno un numero limitato di colori
 - Se l'immagine è "complessa" la memorizzazione compressa occupa più spazio dell'originale!

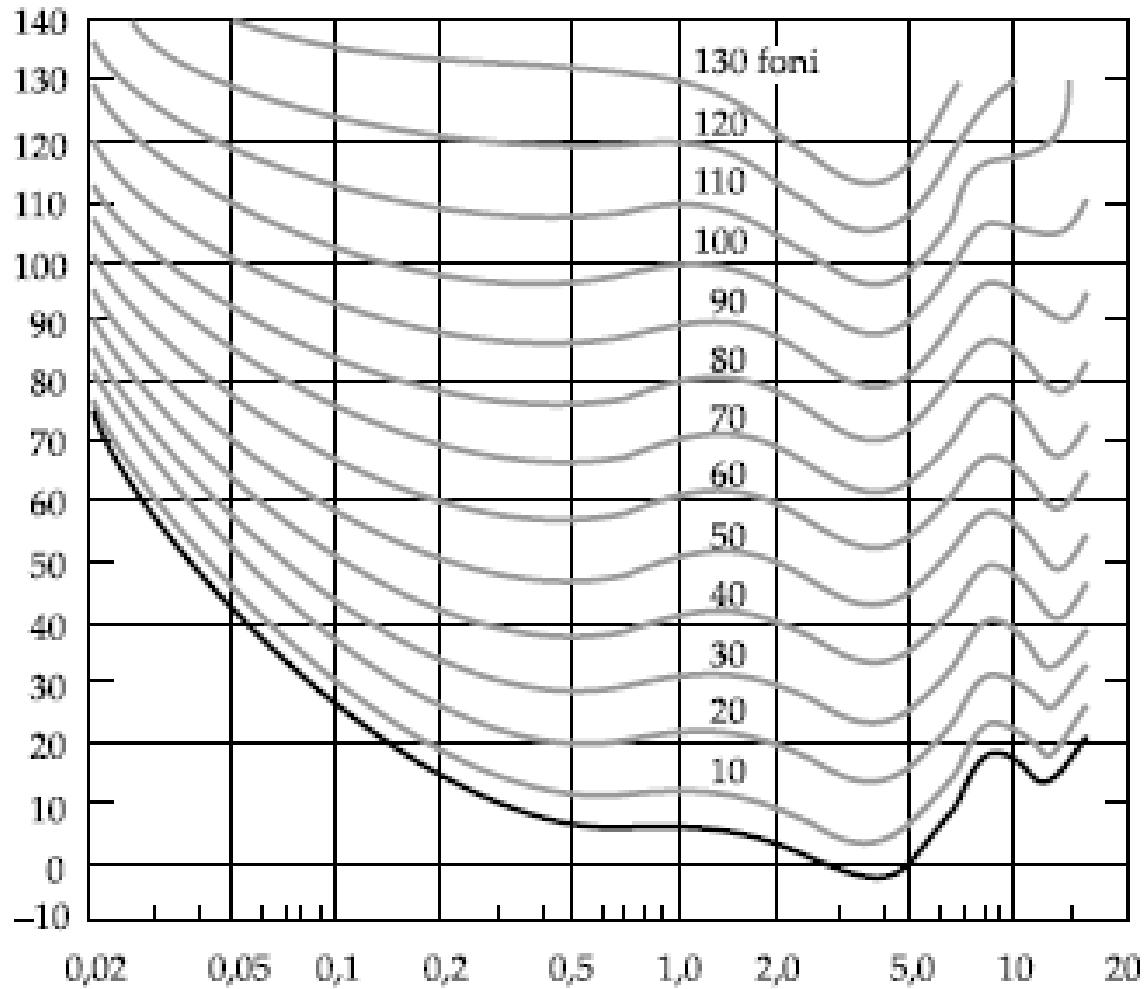


Compressione percettiva: schema generale



$X'(n) \neq X(n)$, ma, nei limiti della larghezza di banda disponibile, deve "essere percepito" $X(n)$

Audio: Soglia assoluta dell'udito



Audio: MPEG (Motion Picture Experts Group)

Gruppo di lavoro di ISO/IEC per lo sviluppo di standard internazionali per:

compressione, decompressione, elaborazione, e rappresentazione codificata di

Video

Audio

combinazioni A/V

Audio: Alcuni standard MPEG

MPEG-1: memorizzazione/recupero video/audio (11/92)

MPEG-2, standard per la TV digitale (11/94)

MPEG-4

v. 1, standard applicazioni multimediali (10/98)

v. 2, standard audio/video HDTV (12/99)

MPEG-7: standard per la rappresentazione dei contenuti
ricerca, filtraggio, gestione di info multimediale
rilasciato a luglio 2001

Audio: MPEG-1/2 Layer III (MP3)

1987 progetto Eureka (Digital Audio Broadcasting)

lavoro su audio percettivo in collaborazione tra Fraunhofer IIS e l'Università di Erlangen

risultato: algoritmo molto potente ISO-MPEG Audio Layer-III

<http://it.wikipedia.org/wiki/Mp3>

Audio: I tre livelli di compressione

Layer I

il più semplice (bitrate oltre 128 kbps a canale)
DCC di Philips usa la compressione di Layer I a 192

Layer II

complessità media (bitrate circa 128 kbps a canale)
applicazioni in DAB

Layer III

il più complesso, migliore qualità
64 kbps adatto per trasmissione audio su ISDN

Audio: Modalità di compressione

Più frequenze di campionamento (32/44.1/48)

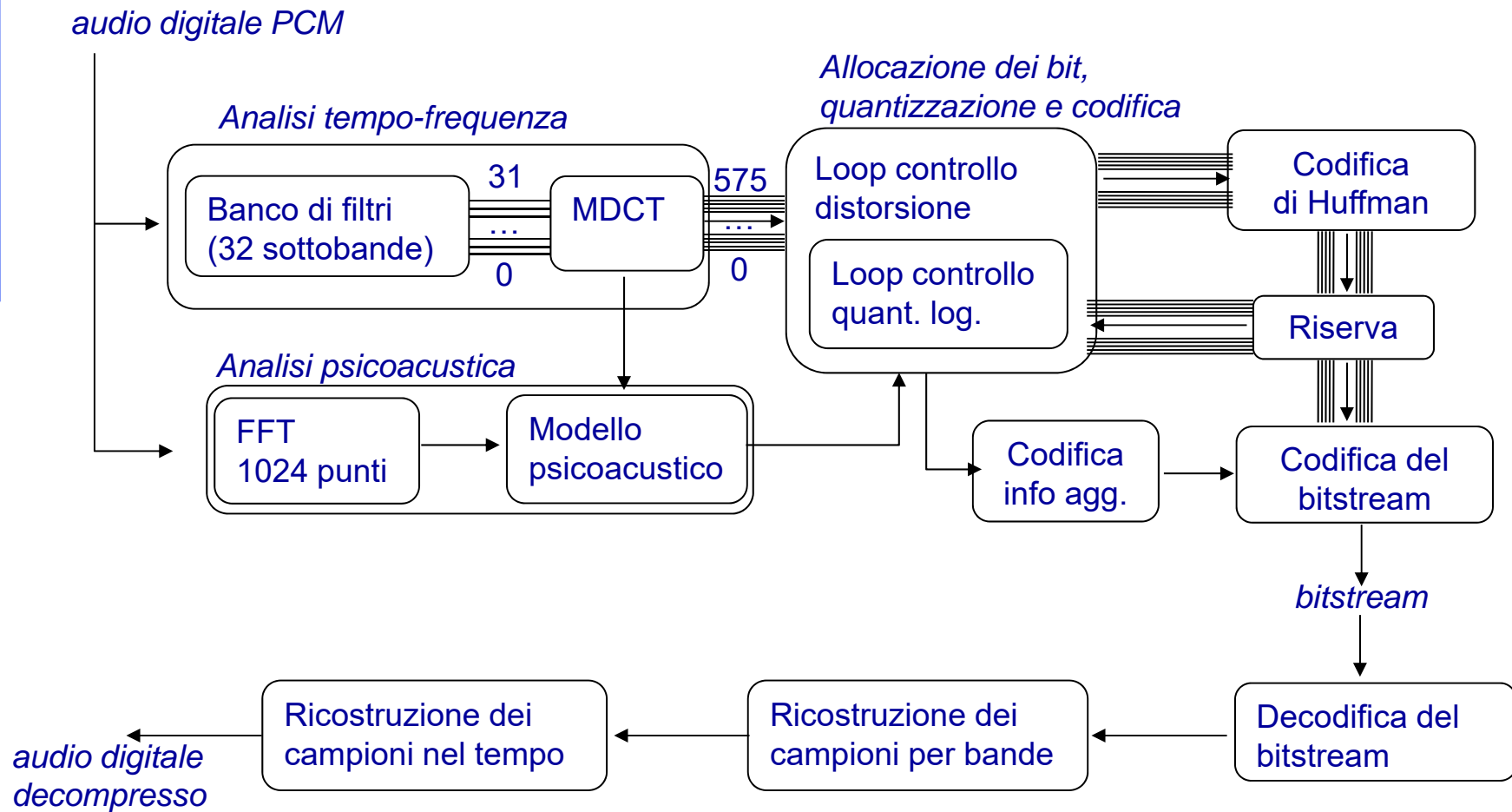
Bitstream compresso supporta mono, dual mono, stereo,
joint stereo

Bit rate da 32 a 224 kbps (compressione da 24 a 2,7 volte) –
tassi fissi e variabili

Supporta il controllo e la correzione degli errori

Informazioni supplementari

Audio: MPEG 1 - Layer III (complessità)



Audio: Tipiche riduzioni di MPEG

Riferimento standard (CD):

$$16 \text{ bit} * 2 \text{ canali} * 44100 \text{ sr} = 1.411 \text{ kbps}$$

1:4 con Layer I

corrisponde a 384 kbps per un segnale stereo

1:6...1:8 con Layer II

corrisponde a 256..192 kbps per un segnale stereo

1:10...1:12 con Layer III (MP3)

corrisponde a 128..112 kbps per un segnale stereo

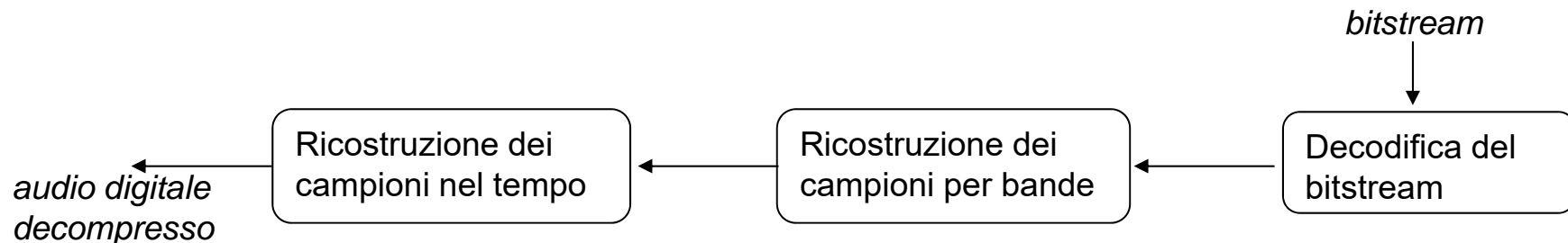
sempre mantenendo *percettivamente* la qualità audio CD

Audio: Decodifica

Sintetizza un segnale a partire dalle componenti spettrali codificate

Non si ha più lo stesso segnale!!!

Tutto dipende dal bit-rate



Audio: Esempi di bitrate

bit-rate = numero medio di bit consumati da un secondo di dati audio (kbps)

bit-rate per il CD = 1411.2 kbps

bit-rate per MP3 per qualità CD = 128 kbps

Audio: Le performance di MP3

qualità telefonica: 96:1 (2.5 kHz / mono / 8 kbps)

meglio di AM radio: 24:1 (7.5 kHz / mono / 32 kbps)

simile a FM radio: 26...24:1 (11 kHz / stereo / 56...64 kbps)

quasi-CD: 16:1 (15 kHz / stereo / 96 kbps)

CD: 14..12:1 (>15 kHz / stereo / 112..128kbps)

prende approx. 1Mb/minute di spazio hard-disk

Oltre: 8...4:1 per la musica acustica

Immagini: Compressione JPEG

- Osservazione 1: disponibilità di immagini con un elevatissimo numero di colori e di computer in grado di elaborarle
- Osservazione 2: I nostri occhi non sono sensibili alle piccole variazioni di tonalità, ma sono sensibili alle piccole variazioni di luminosità
- La compressione JPEG provvede a salvare le componenti a bassa frequenza (zone di colore uniformi) e una parte delle componenti ad alta frequenza (particolari dell'immagine)
- fornisce una descrizione meno accurata delle sfumature di colore
 - Rapporto di compressione variabile sulla base della qualità residua desiderata
 - Compressione fino a 20:1 senza variazioni percepibili ai nostri occhi
 - È una compressione *percettiva e con perdita (sempre)*



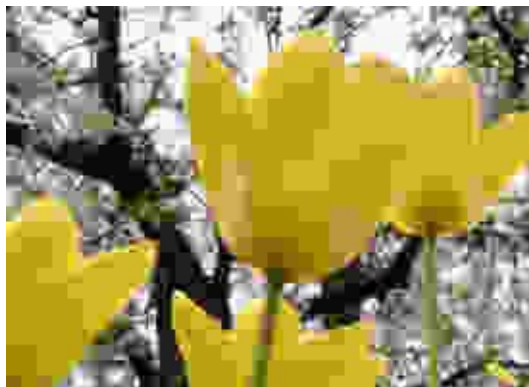
Immagini: Compressione JPEG



Un dettaglio da un'immagine compressa mediante JPEG. (a) compressione 14:1; (b) compressione 140:1.



Immagini: Compressione JPEG



Qualità 10% - 3,2 KB



Qualità 50% - 6,7 KB



Qualità 90% - 30,2 KB



Qualità 100% - 87,7 KB

Sequenze A/V: Compressione MPEG

- La stessa idea alla base del JPEG, ma applicata ai filmati
- Osservazione: i filmati sono costituiti in genere da lunghe sequenze di immagini consecutive molto simili
 - Il primo frame si comprime con JPEG
 - I successivi si codificano per differenza dal precedente
 - la compressione MPEG memorizza solo "la differenza" tra fotogrammi consecutivi
 - ciò permette livelli di compressione elevatissimi (finché non si avvera uno "stacco" di scena)
- Per la traccia audio: MP3

I bit possono rappresentare tutto

- Principio del mezzo universale:
 - per mezzo dei bit si può rappresentare ogni sorta di informazione discreta; i bit non hanno un significato intrinseco.
- I bit sono un mezzo universale
 - tutte le cose che possono essere rappresentate possono anche essere manipolate
- I bit non hanno preferenze
 - il significato dei bit deriva interamente dall'*interpretazione* che ne dà il computer attraverso il programma
- I bit non rappresentano necessariamente numeri
 - i bit possono essere interpretati come numeri, ma anche no

I bit possono rappresentare tutto

23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1

I bit possono rappresentare tutto

23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1

Un colore RGB:

R = 254	G = 210	B = 13
----------------	----------------	---------------



I bit possono rappresentare tutto

23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1

Un numero intero a 24 bit:

16.699.917

I bit possono rappresentare tutto

23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1

Un numero esadecimale a 6 cifre:

F	E	D	2	0	D
---	---	---	---	---	---

I bit possono rappresentare tutto

23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1

Due campioni di un segnale audio (L+R):

L = -19	R = +525
---------	----------

I bit possono rappresentare tutto

23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1

Una sequenza di caratteri ASCII:

p	ò	CR (ritorno a capo = INVIO)
---	---	-----------------------------

I bit possono rappresentare tutto

23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1
S_N	Mantissa															S_e	Esponente						

$$-0.111111011010010 \times 2^{13} = -1111110110100.10_2 = -8116.5_{10}$$