



Compression

Parte 2

Prof. Filippo Milotta
milotta@dmi.unict.it



Fattori di compressione per codifiche basate su PCM

- Dipendono dalla implementazione della PCM:
 - IMA ADPCM: **4/1 (75%)**
 - Con specifica G.721: 16 o 32 kbps
 - Con specifica G.723: 24 kbps
 - ACE/MACE (APPLE) ADPCM: **2/1 (50%)**
- Ma soprattutto dipende dall'utente, che stabilisce in base alle necessità la fedeltà vs compressione del segnale



Entropia percettiva

- J.D. Johnston ha fissato un limite teorico alla comprimibilità di un segnale se si vuole ottenere una codifica trasparente
 - **Codifica trasparente:** è una codifica compressa che permette una riproduzione non distinguibile del segnale originale
- Tale limite è di circa 2.1 bit / campione



Entropia percettiva - Esempio

■ CD Audio

- Tasso di campionamento: 44,1kHz
- PCM lineare 16 bit: 44,1kHz * 16 = 705,6kbps
- Compressione a 64kbps
- Ogni campione verrà campionato con $64.000 / 44.100 = 1,45 \text{ bit / campione}$
 - $1,45 < 2,1 \rightarrow \rightarrow \rightarrow$ Codifica NON trasparente



Entropia percettiva

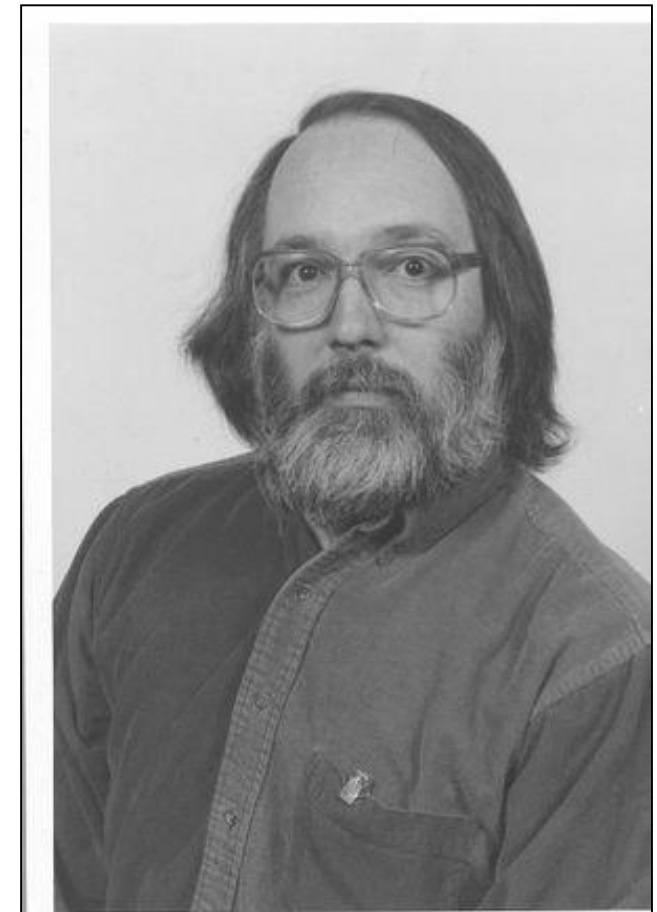
- La trasparenza non è una proprietà necessaria delle codifiche di compressione
- E' più che altro una conseguenza diretta del bit-rate di compressione scelto



James D. Johnston

(?? – in vita)

- Noto come *Il padre delle codifiche di compressione di tipo percettivo*
- Responsabile di numerose codifiche all'interno dei formati MP3 e MPEG-2. Lavorò per 26 anni nei Bell Labs. Oggi occupato presso la Microsoft.





La tecnica **Compansion**

(Cap. 3.6 – Pag.130)

- **Compansion = Compression + Expansion**
(intesi come operatori dinamici)
 - Compressione in fase di registrazione
 - Espansione in riproduzione
- Utilizzata negli schemi di compressione di tipo percettivo
- Ideata dalla Dolby negli anni '60-'70 per risolvere i problemi di SNR sui nastri magnetici



Compressione di tipo percettivo

- Si basa su 4 tecniche principali:
 1. Block Coding
 2. Transform Coding
 3. Sub-band Coding
 4. Huffman Coding



Block Coding

Codifica per blocchi

- La quantizzazione non uniforme si può vedere come una codifica a virgola mobile
 - Esponente e mantissa
- Nelle tracce audio ci si aspetta che l'esponente vari pochissimo
 - Si può codificare l'esponente una volta sola per blocco

Es.: + $(e)^{-8}$ × 123456 = +0,00123456

<i>segno</i>	<i>e</i>									<i>m</i>																					
31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0



Block Coding

Codifica per blocchi – Pre-echi

- Problema dei pre-echi
 - Dovuto principalmente a transitori impulsivi
- Si può risolvere in 2 modi:
 - Ridurre la durata dei blocchi
 - Usare blocchi di durata variabile in base all'andamento dei transitori, per circoscrivere i rumori impulsivi



Transform Coding

Codifica nel dominio delle frequenze

- Il segnale audio nel dominio delle frequenze tende a variare meno rispetto al dominio dello spazio
- Al posto della DFT applichiamo trasformate efficienti come la FFT o la DCT
 - La DCT è da preferire



Transform Coding

Codifica nel dominio delle frequenze

- Vantaggiosa se applicata a blocchi con bassa gamma dinamica
- Per evitare i pre-echi
 - Si calcola la trasformata su intervalli sovrapposti per il 50%
 - Con questo metodo si ottiene il doppio dei campioni necessari
- La compressione viene quindi applicata nel dominio delle frequenze



Sub-band Coding

Codifica per sottobande

- Divide lo spettro di frequenze in sottobande codificate in maniera individuale
 - Le sottobande con gamma dinamica ristretta possono essere codificate con meno bit
- Il processo di ***band-splitting*** non è semplice e richiede il giusto compromesso fra complessità di splitting e tasso di compressione

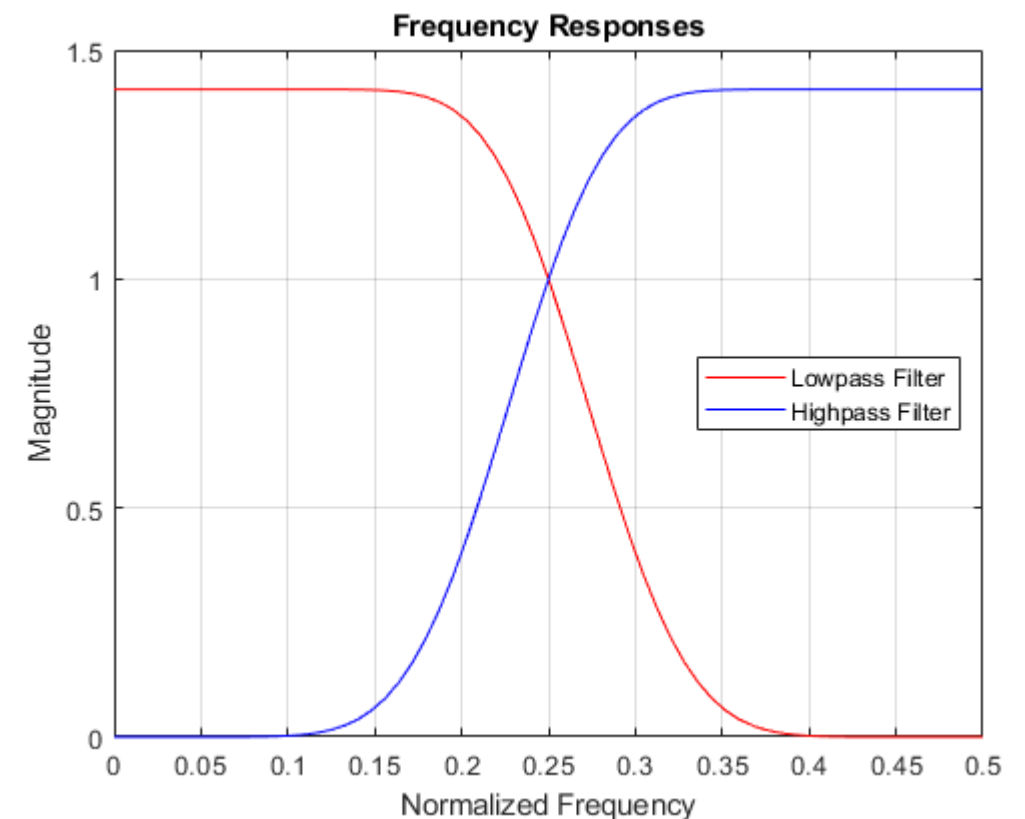


Sub-band Coding

Codifica per sottobande – QMF

■ QMF: Quadrature Mirror Filtering

- Si considerano 2 segnali separati: basse e alte frequenze
- I filtri QMF possono essere usati in cascata e possono operare in polifase (cioè in parallelo)
- Le due bande devono avere la stessa grandezza





Huffman Coding

Compressione di Huffman

- Codifica ottimale (si avvicina al limite di Shannon)
- Codici senza prefissi
- Compressione Lossless

- Algoritmo greedy:
 - Selezione di due caratteri con frequenze minime
 - Sostituzione dei due caratteri con uno fittizio la cui frequenza è la somma delle precedenti due
 - Ripetere fino a ottenere il carattere con frequenza 1



Huffman Coding

Compressione di Huffman

- A questo punto si ottiene un albero, la cui forma può variare in base alle scelte prese
- Si etichettano i rami binari con 0 e 1
- Si assegnano le codeword alle foglie leggendo dalla radice le etichette dei rami
 - Caratteri frequenti avranno codeword brevi
 - Caratteri rari avranno codeword lunghe



Schema generale di compressione di tipo percettivo

1. Block-Coding: Segmentazione della traccia audio in frame *quasi-stazionari* di 2-50 msec
 - Quasi-stazionari: con transitori poco variabili
2. Transform Coding: si passa all'analisi nel dominio delle frequenze
3. Sub-band Coding opzionale, se si vuole ulteriormente ottimizzare la codifica del range dinamico
4. Rimozione delle ridondanze tramite codifiche lossy (ADPCM) o lossless (Huffman)



Approfondimenti

- ***[EN] Paper: Johnston's limit to compression***
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.422.1835&rep=rep1&type=pdf>
- ***[EN] J.D. Johnston brief biography***
https://ethw.org/James_D._Johnston
- ***[EN] A tutorial on MPEG/Audio compression***
<https://www.icg.isy.liu.se/courses/tsbk35/material/mpegaud.pdf>