Elaborazione dei Segnali

Esercitazione "software" #1

Analisi in frequenza di brani musicali campionati utilizzando FFT e DFT

Scadenza per consegna: 15 dicembre 2024

Introduzione all'esercitazione

Scopo dell'esercitazione:

- Caricare due file musicali campionati (a vostra scelta) che abbiano una durata superiore ai 20 secondi
  - Si suggerisce di utilizzare due brani con caratteristiche diverse, ad esempio un brano di musica classica e uno di musica rock
- Stimare lo spettro di energia su sotto-finestre temporali, tramite due approcci:
  - Calcolo "esplicito" della DFT
  - Utilizzo della funzione di libreria FFT (Fast Fourier Transform)
- Confrontare i risultati ottenuti nell'elaborazione dei due file

Brevi richiami teorici

DTFT, FFT e segnali campionati

DTFT e la trasformata di Fourier di un segnale analogico campionato

Si ricorda che valgono le seguenti relazioni viste a lezione

- DTFT: $$X\left(e^{j2\pi f}\right) = \sum_{k=-\infty}^{+\infty} x(k)\, e^{-j2\pi f k}$$
- La trasformata di Fourier (FT) del segnale campionato: $$X_c\left(f_a\right) = \sum_{k=-\infty}^{+\infty} x\left(kT_c\right) e^{-j2\pi k T_c f_a}$$
- Le due trasformate coincidono se: $$f = T_c f_a = \frac{f_a}{f_c}$$
- In ambito numerico è tuttavia più adatto l'uso della DFT
  - … si veda la slide successiva

Trasformata di Fourier discrete (DFT)

- La trasformata di Fourier discreta su *N* punti di un segnale *x(n)* costituito da *N* soli campioni è definita come segue:

$$\boxed{X(k)=\sum_{n=0}^{N-1} x(n)e^{-j2\pi n\frac{k}{N}}\,, \quad \forall k=0,1,2,\ldots,N-1}$$

- *X(k)* può essere interpretata come la DTFT $X(e^{j2\pi f})$ valutata nelle *N* frequenze equi-spaziate:

$$f_k=\frac{k}{N}, \quad \forall k=0,1,2,\ldots,N-1$$

$$X(k)=\mathrm{DFT}[x(n)]=X\left(e^{j2\pi f_k}\right)$$

Testo dell'esercitazione Software #1

Analisi in frequenza di brani musicali campionati utilizzando FFT e DFT

Esercitazione software #1

- Dividere il file musicale in sotto-finestre temporali della durata di *M* secondi
  - La lunghezza (in numero di campioni) di ciascuno dei segnali a tempo discreto dipenderà sia da *M* che dalla frequenza di campionamento f_s del segnale in ingresso
- Per ciascuna delle finestre temporali, considerare il risultante segnale a tempo discreto e calcolare numericamente:
  - DFT (implementando via software la formula che definisce la DFT senza semplificazioni)
  - FFT (usando la funzione di libreria di Matlab o Python)
- Per ciascuna delle sotto-finestre temporali, disegnare su un grafico gli spettri di energia risultanti, quotando opportunamente l'asse delle frequenze

Suggerimenti

- Scrivere il codice mantenendo "liberi" i valori dei parametri principali
  - Ad esempio *M* e f_s
  - *Si ricorda che la frequenza di campionamento* f_s *deve essere un parametro noto del file del segnale campionato*
- Relativamente all'uso della FFT, si consiglia di leggere nel dettaglio la documentazione
  - Anche per quando riguarda la funzione *fftshift*( )
- Nei grafici, l'asse x deve essere quotato in kHz