



UNIVERSITÀ DI PISA
Corso di Laurea in Scienze Motorie
Tecnologie e strumentazione biomedica

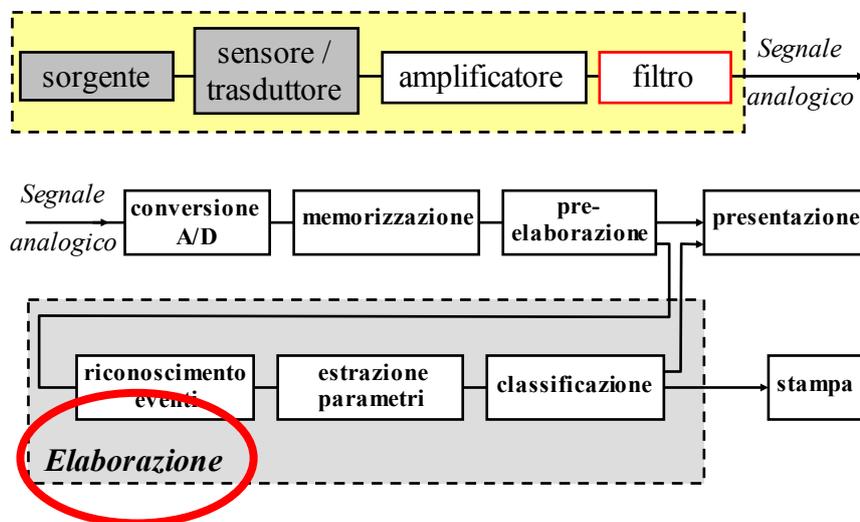
Elaborazione di segnali

Alberto Macerata
Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione

UNIPIS-M-Filtri/Acquisizione/Elaborazione segnali

Acquisizione ed elaborazione di segnali

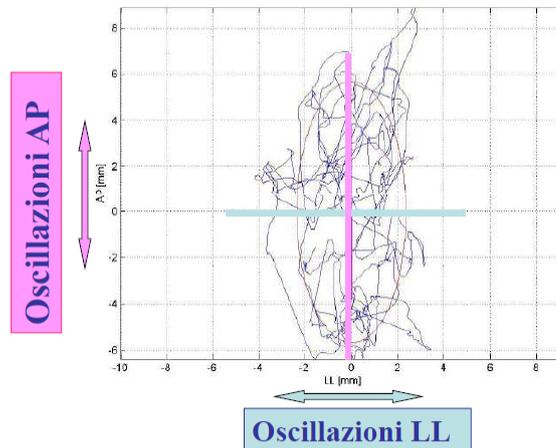
Blocchi funzionali



UNIPIS-M-Filtri/Acquisizione/Elaborazione segnali

Esempi di elaborazione

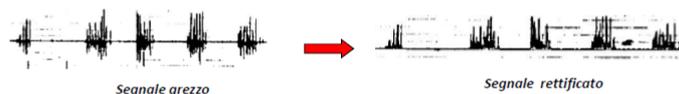
Statokinesiogramma: oscillazioni LL e AP



UNIP-SM-Filtri/Acquisizione/Elaborazione segnali

Esempi di elaborazione

Rettificazione del segnale grezzo



Il segnale EMG originale ottenuto dopo l'amplificazione è bipolare, e la somma delle fluttuazioni casuali che questo ha, fatta su un periodo sufficientemente lungo, è pari a zero. **La rettificazione del segnale è la tecnica usata per rendere il segnale unipolare.**

La rettificazione può avvenire, o eliminando la parte del segnale di una certa polarità (in questo caso si parla di raddrizzatori a semi onda), oppure invertendo una polarità del segnale (in questo caso ho il raddrizzatore a onda intera).

Questa seconda tecnica è di solito da preferire perché consente di mantenere tutta l'energia del segnale originale.

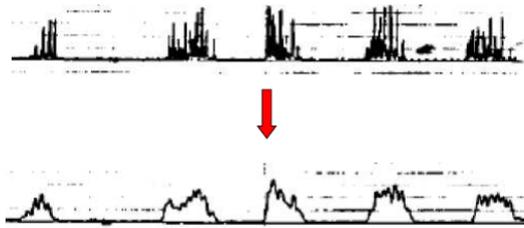
UNIP-SM-Filtri/Acquisizione/Elaborazione segnali

Esempi di elaborazione

Integrazione del segnale Raddrizzato

$$I[EMG(t)] = \int_t^{t+T} |EMG(t)| dt$$

L'integrazione si riferisce alla operazione matematica del **calcolo dell'area sottesa dalla curva descritta dalla funzione integranda**. Essendo l'integrale del segnale originale nullo, è necessario fare un'operazione di rettificazione.



UNIPSM-Filtri/Acquisizione/Elaborazione segnali

Elaborazione

- L'informazione di interesse (segnale) relativa ad un processo biologico è spesso distribuita su più segnali osservabili e immersa in variazioni (rumore) dovute sia ad altri processi fisiologici che a sorgenti di segnale esterne.
- L'elaborazione dei segnali ha lo scopo di estrarre questa informazione.
- Al fine di isolare l'informazione di interesse si deve cercare di caratterizzarla rispetto agli altri contributi.

UNIPSM-Filtri/Acquisizione/Elaborazione segnali

Come estrarre l'informazione?

Si possono distinguere i seguenti casi:

1. Il segnale (che contiene l'informazione di interesse) è separabile dal rumore *nel dominio del tempo*.
2. Il segnale e il rumore sono separabili *nel dominio della frequenza*.
3. E' possibile stimare un *modello* che ci permetta di estrarre l'informazione di interesse dall'insieme di tutte le componenti presenti nel segnale (segnale vero + rumore).

UNIPSM-Filtri/Acquisizione/Elaborazione segnali

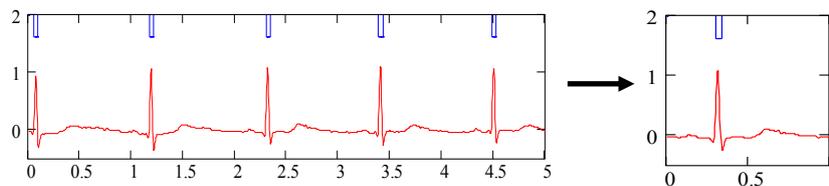
Dominio del tempo

Il segnale è separabile dal rumore nel dominio del tempo.

E' possibile isolare l'informazione di interesse usando algoritmi di riconoscimento di eventi che lavorano nel tempo.

Esempio: l'informazione di interesse dell' ECG è concentrata nel complesso QRS.

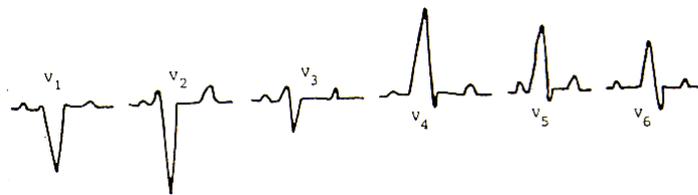
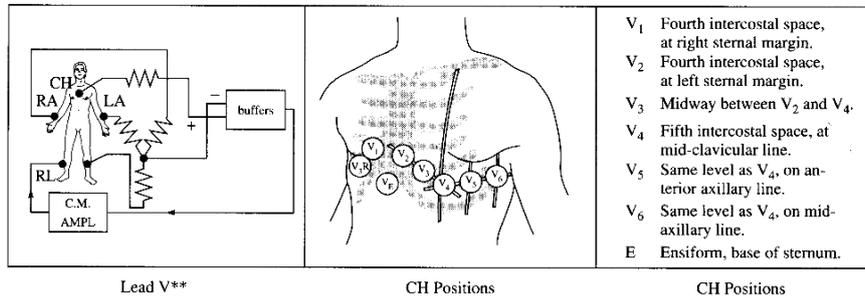
- devo fare qualcosa per ottenere innanzi tutto il riconoscimento del complesso QRS.



UNIPSM-Filtri/Acquisizione/Elaborazione segnali

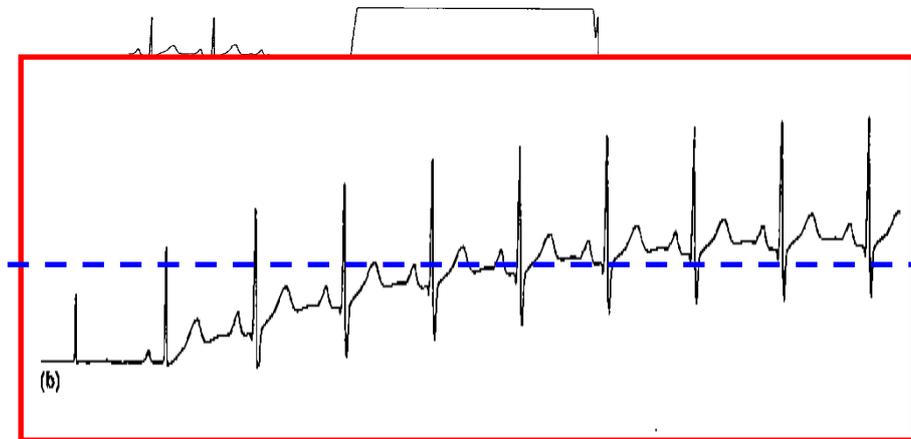
Elettrocardiogramma - derivazioni

Unipolar chest leads



UNIP-SM-Filtri/Acquisizione/Elaborazione segnali

ECG: artefatti



- per rientrare nel range di operazione normale.
 b) Continuazione della traccia a)
 c) Lo stesso segnale con amplificazione grafica ridotta.

UNIP-SM-Filtri/Acquisizione/Elaborazione segnali

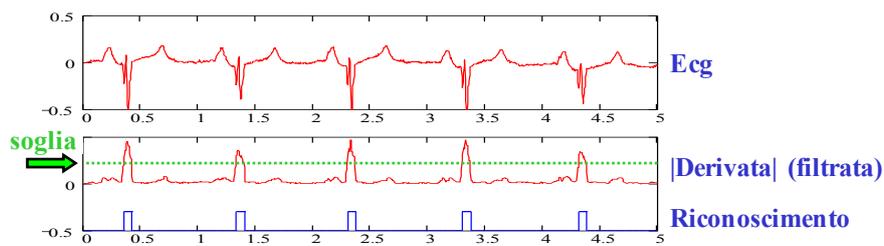
Esempio: *riconoscimento del QRS*

Posso esaltare l'evento QRS dell'elettrocardiogramma rispetto agli altri eventi (onda T, onda P, rumore, artefatti) costruendo una variabile "manifestazione".

La variabile *manifestazione* può essere, per esempio, la *derivata* del segnale.

La decisione sulla presenza o meno dell'evento QRS è presa, per esempio, confrontando la variabile *manifestazione* con una soglia.

Il giusto valore di questa soglia può essere stimata su un archivio annotato di ECG; inoltre può venire aggiornata per inseguire l'evoluzione della morfologia del QRS.



Dominio della frequenza

Il segnale e il rumore sono separabili nel dominio della frequenza.

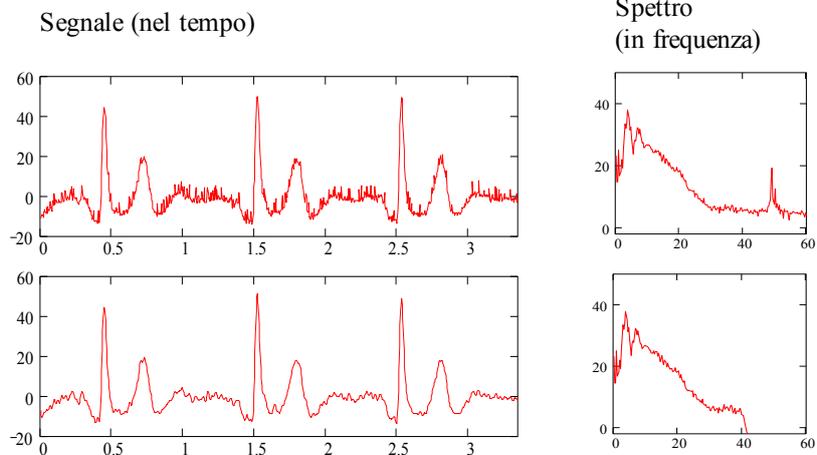
Partendo dalle diverse caratteristiche del segnale e del rumore nel dominio della frequenza, e' possibile progettare dei filtri che mantengono le componenti di segnale utile e attenuino quelle di rumore.

- Filtri lineari
- Analisi spettrale

UNIPSM-Filtri/Acquisizione/Elaborazione segnali

Dominio della frequenza

Esempio: **Filtro Passa-basso** applicato all'ECG.

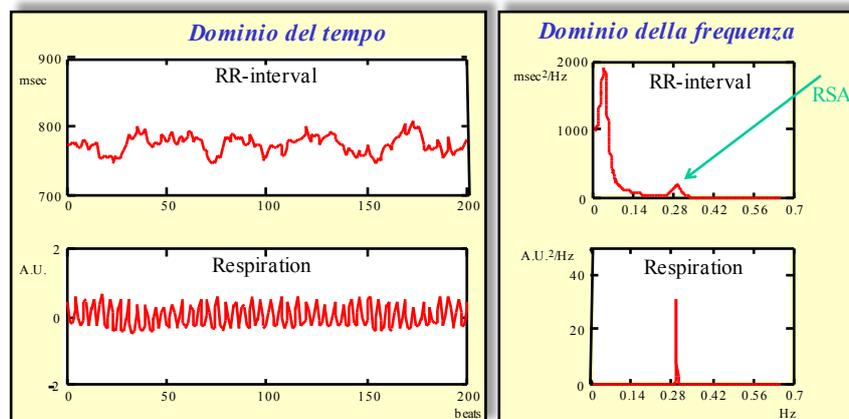


UNIP-SM-Filtri/Acquisizione/Elaborazione segnali

Dominio della frequenza

Applicazione all'analisi della variabilità della frequenza cardiaca

Dal segnale ECG si può calcolare il segnale di frequenza cardiaca o della sequenza degli intervalli R-R. L'analisi in frequenza di questo nuovo segnale consente di evidenziare la presenza di componenti significative.

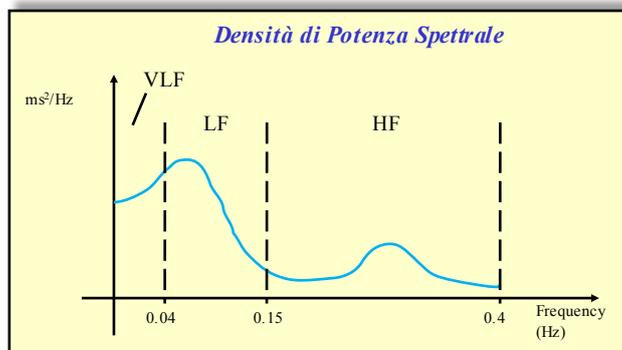


UNIP-SM-Filtri/Acquisizione/Elaborazione segnali

Dominio della frequenza

L'analisi spettrale del segnale R-R consente lo studio non invasivo della influenza del Sistema Nervoso Autonomo sul sistema cardiovascolare:

- la potenza nella banda HF (High Frequency) è indice di attivazione vagale
- la potenza nella banda LF (Low Frequency) è associata ad un'attivazione simpatica e vagale



UNIP-SM-Filtri/Acquisizione/Elaborazione segnali

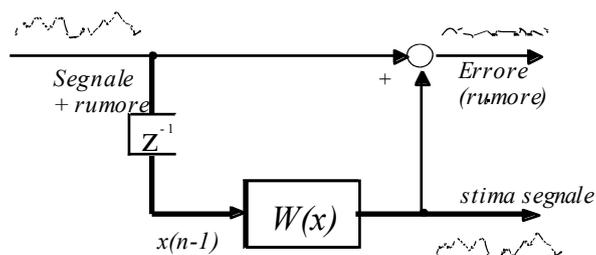
Modelli

Su Wikipedia si trova la seguente definizione:

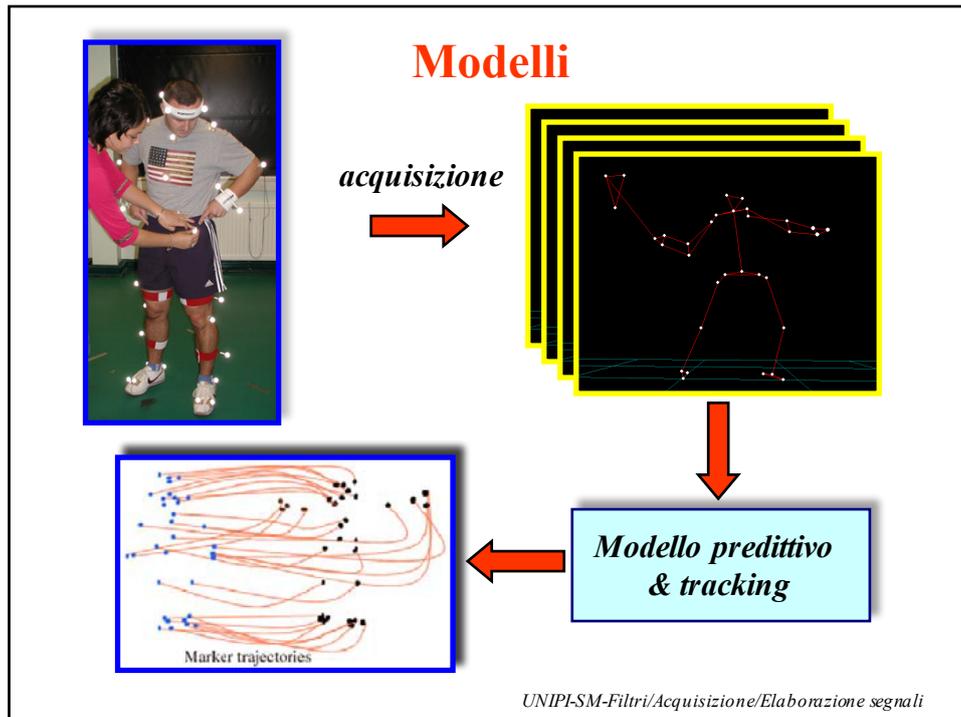
Un modello matematico è un modello costruito usando il linguaggio e gli strumenti della matematica. Come tutti gli altri modelli usati nella scienza, il suo scopo è quello di rappresentare il più possibile fedelmente un determinato oggetto, un fenomeno reale o un processo fisico dal punto di vista quantitativo.

Nel nostro caso, stimare un **modello** significa identificare una struttura nei dati propria dell'informazione di interesse e non delle altre componenti presenti o viceversa.

Esempio: stima di un modello predittivo per un segnale immerso nel rumore



UNIP-SM-Filtri/Acquisizione/Elaborazione segnali



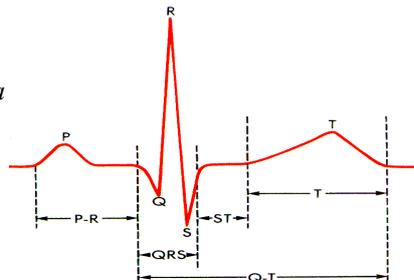
Estrazione parametri

Il segnale così trattato, o elaborato, presenta al meglio le sue principali caratteristiche, come evento (per es. il QRS sull'ECG) o come componenti in frequenza o semplicemente come segnale filtrato da rumore e artefatti.

Da questo "nuovo" segnale è possibile estrarre degli specifici parametri, o misure, in grado di descrivere sinteticamente alcune caratteristiche peculiari del segnale.

Queste misure possono essere di **origine medica**, cioè orientate alla fisiopatologia dei fenomeni (*ampiezza R*, *durata QRS*, *slivellamento ST*, ecc.), o di **origine fisica-matematica** (*frequenze*, *indici morfologici*, ecc.).

L'estrazione di misure può avere come obiettivo anche la riduzione di dati (*trasmissione*, *spazio disco*, *semplificare la fase di classificazione*, ecc.).



UNIP-SM-Filtri/Acquisizione/Elaborazione segnali

Rappresentazione dei parametri

I parametri estratti possono essere rappresentati sotto forma di grafici per la loro analisi visiva o sottoposti ad ulteriori elaborazioni.

