

# CONFRONTO DI METODI DI FILTRAGGIO PER L'ANALISI DI SEGNALI DI PRESSIONE INTRACRANIACA: PCA Vs. SIGNAL AVERAGING

*Andrea Calisto, Alessia Bramanti, Giancarlo Consolo, Giovanni Finocchio,  
Alessandro Prattella, Vito Puliafito, Bruno Azzerboni*

Dipartimento di Fisica della Materia e Ingegneria Elettronica  
Università di Messina  
Salita Sperone 31, Vill. S. Agata, 98166 Messina

Monitorare la pressione intracranica (ICP) è ritenuto ormai un approccio comunemente utilizzato in tutti quei casi di danni cerebrali, ferite, e per la conduzione d'indagini su patologie cerebrali croniche. Solo negli ultimi anni la comunità scientifica ha spostato la sua attenzione sulle differenti componenti incluse nel segnale di ICP: un'analisi approfondita di tutte le componenti in frequenza che formano l'onda tipica permette la determinazione di parametri considerati fondamentali per l'indagine e il riconoscimento di ben determinate patologie. Le registrazioni di ICP sono normalmente contaminate da diverse tipologie di rumori ed artefatti, che possono essere divise in due classi: rumori ad alta frequenza (determinati dall'impiego di dispositivi di misurazione e amplificazione o dalla presenza dell'alimentazione) e rumori a bassa frequenza (movimenti indesiderati del paziente e ad eventuali colpi di tosse o parole pronunciate, assieme a rumori di tipo random e di quantizzazione). Obiettivo del presente studio è di incrementare il SNR del segnale ICP, per questo motivo è stato condotto uno studio approfondito sulle tecniche di filtraggio più comuni, sovrapponendo l'effetto di alcune di queste e confrontando i risultati ottenuti. La validazione di tali risultati avviene tramite una comparazione tra i risultati ottenuti dall'algoritmo per la marcatura automatica dell'ICP, dopo l'applicazione dei metodi di filtraggio, e la marcatura degli stessi segnali ICP effettuata manualmente da uno staff di neurochirurghi. I dati processati provengono da registrazioni di pressione intracranica di 16 pazienti (7 maschi e 9 femmine, età 24-78) [1].

La tecnica di filtraggio adottata per il presente lavoro consiste in uno schema a due step. Il primo riguarda una fase di pre-filtraggio per eliminare le componenti ad alta frequenza, cui segue un vero e proprio filtraggio per la bassa frequenza. Considerando che il segnale ICP è stato campionato a 128 Hz e ipotizzando ragionevolmente che le componenti biologiche nel segnale (relazionate all'emodinamica del corpo umano) non possono superare di molto la frequenza cardiaca (0,5 – 3 Hz), può essere affermato che tutte le componenti dell'ICP la cui frequenza è compresa tra qualche Hz e 64 Hz costituiscono rumore ad alta frequenza. La conferma di quanto affermato è stata ottenuta dalla Power Spectral Density (PSD) (cfr. Fig.1) del segnale; in essa, infatti, è possibile notare come la maggior parte dell'energia associata al segnale è confinata sotto la soglia di 8 Hz. Per tale motivo tutte le componenti sopra tale soglia sono eliminate attraverso l'applicazione di un filtro FIR ( $F_s = 128$  Hz,  $F_{\text{pass}} = 10$  Hz,  $F_{\text{stop}} = 15$  Hz,  $A_{\text{pass}} = 1$ ,  $A_{\text{stop}} = 50$ , minimum order), come è possibile vedere in Fig.2.

Dopo il pre-filtraggio si effettua il filtraggio tramite una delle due differenti tecniche: Signal Averaging attraverso finestra mobile e Principal Components Analysis (PCA). Il *Signal Averaging* lavora come un filtro smoothing: calcola il valor medio di una forma d'onda ICP applicando una finestra scorrevole a N-periodi su una sequenza numerica. Ogni singola forma d'onda è filtrata mediandola con i precedenti e i successivi  $(N-1)/2$  periodi e

sostituendo il valore centrale con la media aritmetica calcolata sui punti dentro la stessa finestra. Il filtraggio tramite *PCA*, ottimo metodo per la riduzione di dataset o per l'identificazione di pattern, è spesso utilizzato per ridurre il rumore da segnali biomedicali a singolo o multi canale [2]. La sua applicazione è descritta in [2]. Tre sono i diversi criteri per la scelta degli autovalori seguiti, e i cui risultati sono stati confrontati: *Cumulative Percent Variance (CPV)*, *Average Eigenvalue or Kayser's rule*, *Screenplotmethod*.

Su ognuna delle 16 registrazioni sono stati applicati i 4 metodi di pre-filtraggio + filtraggio: (a) FIR filter + Signalaveraging filter; (b) FIR filter + PCA (Cumulative Percent Variance rule) filter; (c) FIR filter + PCA (Kaiser's rule) filter; (d) FIR filter + PCA (Screenplotmethod) filter.

Dopo ogni filtraggio i tracciati sono passati all'algoritmo per la ricerca dei minimi [3] e i risultati confrontati con la marcatura manuale (180 periodi scelti in modo random su ogni registrazione). La larghezza della finestra mobile per ogni metodo è scelta in modo da minimizzare l'errore quadratico medio (MSE) (tra marcatura automatica e manuale). I risultati ottenuti (Tab.1) mostrano come la migliore configurazione è la (a), per la quale si ottengono i seguenti valori:  $MSE=118.84[\text{sample}^2]$ ,  $Sensitivity=0.9983$  and  $Positive\ predictivity=0.9805$ .

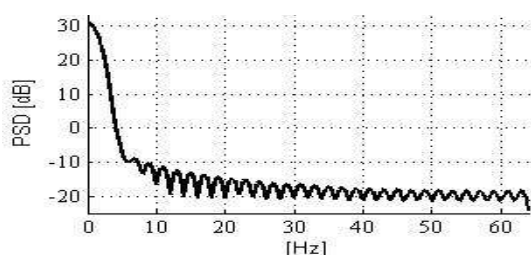


Fig. 1: Esempio di PSD calcolata sul segnale di ICP

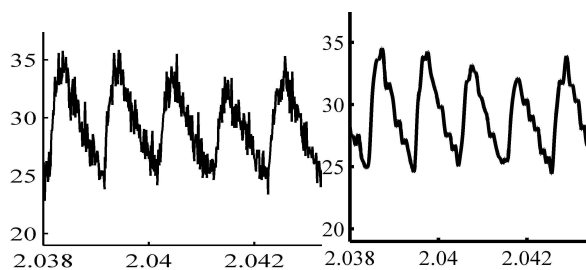


Fig. 2: Esempio di segnale prima (sx) e dopo (dx) il pre-filtraggio

TABLE I

Filter	Size	MSE [sample <sup>2</sup> ]	Sensitivity	Positive Predictivity
FIR		154,47	0.9973	0.9788
FIR+Sign. Averag.	3	118.84	0.9983	0.9805
FIR+PCA 1	39	135.29	0.9979	0.9798
FIR+PCA 2	23	142.33	0.9976	0.9760
FIR+PCA 3	57	147.15	0.9973	0.9975

Tab. 1: I risultati (errore quadratico medio, percentuale di falsi negativi S e di falsi positivi PP) dei 4 metodi a confronto

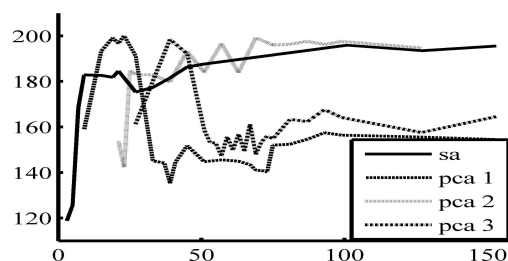


Fig. 3: E' mostrato l'andamento dell'errore quadratico medio per i 4 metodi in funzione della larghezza della finestra (asse x)

## Referenze

- [1] A. Calisto et al., "A Preliminary Study for Investigating Idiopathic Normal Pressure Hydrocephalus by means of Statistical Parameters Classification of Intracranial Pressure Recordings", *31st Annual International Conference of the IEEE EMB* (2009)
- [2] R. Palaniappan, Tan Eng Knoon, "Uni-Channel PCA for noise reduction from ECG signals", *Proceedings of IDEC2004*, 436 (2004)
- [3] A. Calisto et al., "Analysis of Intracranial Pressure Recordings: Comparison of PCA and Signal Averaging Based Filtering Methods and Signal Period Estimation", in press for *32nd Annual International Conference of the IEEE EMBS* (2010)