

RICOSTRUZIONE DEL SEGNALE RESPIRATORIO DA REGISTRAZIONI ELETTROCARDIOGRAFICHE A SINGOLO CANALE

*Giuseppina Inuso¹, Domenico Labate¹, Fabio La Foresta¹,
Maurizio Campolo¹, Francesco Carlo Morabito¹*

¹Dipartimento di Informatica Matematica Elettronica e Trasporti (DIMET),
Università “Mediterranea” degli Studi di Reggio Calabria

A. Lay-Ekuakille², P. Vergallo²

²Dipartimento di Ingegneria dell’Innovazione, Università del Salento

L’attività di ricerca svolta nel corso dell’ultimo anno dall’Unità di Ricerca di Reggio Calabria nell’ambito dell’elaborazione di segnali biomedici è stata indirizzata anche allo studio dell’apparato cadio-respiratorio. In particolare si è lavorato all’implementazione di algoritmi per l’estrazione del segnale respiratorio (EDR) dal segnale elettrocardiografico (ECG). L’attività di ricerca è stata svolta in collaborazione con il Dipartimento di Ingegneria dell’Innovazione dell’Università del Salento ed è stata supportata dalla apparecchiatura BIOPAC System presente presso il Laboratorio Neurolab della Facoltà d’Ingegneria dell’Università di Reggio Calabria.

Il segnale EDR ha frequenza nel range 0.2-0.4 Hz [1-2]. Il cambiamento di volume del segnale respiratorio si riflette nel movimento del torace, che porta, a sua volta, al movimento delle derivazioni elettrocardiografiche. Questo si manifesta nell’ECG sotto forma di cambiamenti periodici dell’onda R e si parla di modulazione d’ampiezza. La respirazione influenza anche il segnale cardiaco nella variabilità di comparsa dei picchi RR, che è definita come variabilità della frequenza cardiaca, tale processo si chiama aritmia sinusale respiratoria (RSA). E’ quindi chiaro il legame tra l’ECG e il segnale respiratorio, anche dal nome dato a quest’ultimo, ossia ECG-Derived Respiratory (EDR).

Si propongono qui tre metodi per l’estrazione del segnale EDR, che sono il metodo basato sulla variabilità della frequenza cardiaca (HRV), la decomposizione wavelet discreta (DWT) ed il metodo Empirical Mode Decomposition (EMD) [5].

Il metodo basato su HRV parte dalla valutazione degli intervalli RR e isola EDR dopo opportuni filtri, infatti l’attività respiratoria provoca una rotazione delle componenti del vectorcardiogramma e determina le variazioni morfologiche di ECG [3-4]. Usando invece la DWT, isolato il range 0.2-0.4 Hz, che è un dettaglio dell’albero wavelet, si ha proprio EDR [5]; data la natura del segnale respiratorio si consiglia la wavelet madre Daubechies di ordine 6 [6]. EMD supera il limite della scelta *a priori* della wavelet madre più adatta al segnale da analizzare. EMD è un metodo proposto da Huang et al, che può essere applicato per studiare le proprietà non lineari e non stazionari di una serie temporale. Il punto di partenza di è quello di stimare a livello locale un segnale come somma di un trend locale e un dettaglio locale [7].

In figura 2 viene riportato il confronto tra i metodi proposti. Al fine di valutare le *performances* di ricostruzione si propone il calcolo del coefficiente di correlazione e della Densità Spettrale di Potenza (PSD) tra l’EDR registrato e l’EDR ricostruito con i metodi implementati.

I potenziali vantaggi di tali metodi sono basso costo, elevata flessibilità e possibilità di eseguire un continuo monitoraggio non invasivo dell’attività respiratoria. Recenti lavori scientifici dimostrano che il segnale respiratorio può essere accuratamente valutato da elaborazione di ECG a singolo canale. I risultati preliminari confermano che l’algoritmo EMD fornisce migliori risultati, soprattutto nel caso di ricostruzione della forma d’onda respiratoria.

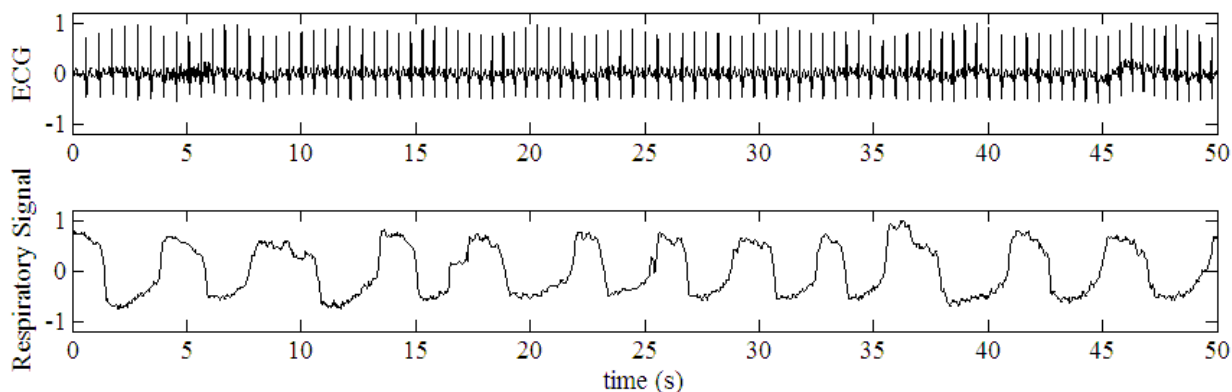


Fig. 1- I primi 50 secondi del segnale ECG e del segnale respiratorio registrato con soggetto in posizione supina.

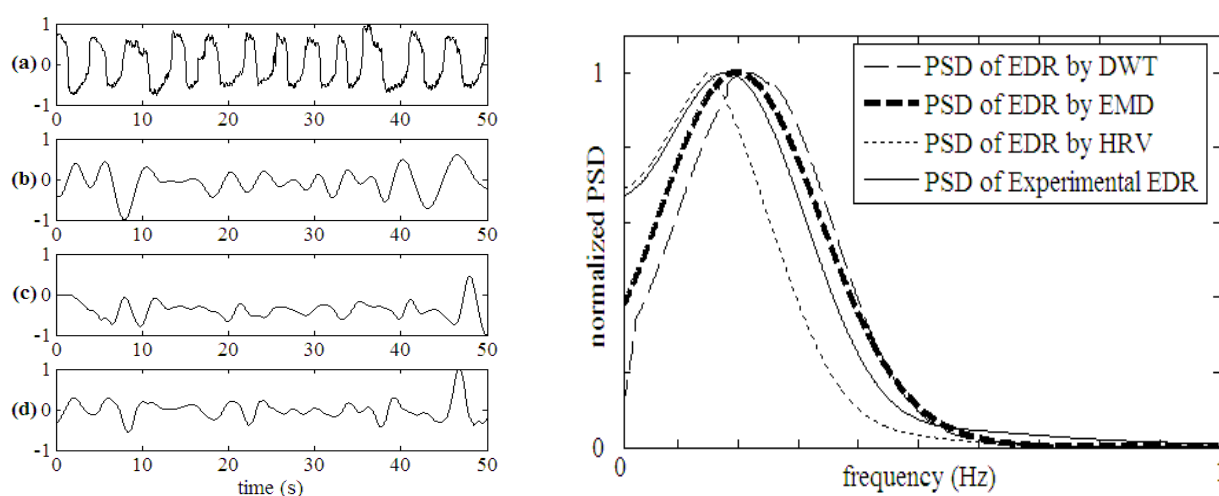


Fig. 2- (a sinistra) I primi 50 secondi del segnale respiratorio relative alla condizione di soggetto supine. (a) EDR BIOPAC, (b) EDR con EMD, (c) EDR con HRV e (d) EDR con DWT. (a destra) Confronto tra le Densità Spettrali di Potenza (PSD) dei segnali estratti con i differenti metodi.

Bibliografia

- [1] W. Eithoven, G. Fahr, and A. Waart, *On the Direction and Manifest Size of the Variations of Potential in the Human Heart and on the Influence of the Position of the Heart on the Form of the Electrocardiogram*, Am. Heart J., vol. 40, pp. 163-193, 1950.
- [2] J. Flaherty et al., *Influence of Respiration on Recording Cardiac Potentials*, Am. J. Cardiol., vol. 20, pp. 21-28, 1967.
- [3] J. A. Malmivuo and R. Plonsey, *Bioelectromagnetism, Principles and Applications of Bioelectric and Biomagnetic Fields*, Oxford University Press, New York, 1995, pp. 119-146, 277-289, 320-335.
- [4] G. D. Clifford, F. Azuaje and P. E. McSharry., *Advanced Methods and Tools for ECG Data Analysis*, Artech House Publishing, 2006, pp.215-244.
- [5] M. Campolo, D. Labate, F. La Foresta, F.C. Morabito, A. Lay-Ekuakille, P. Vergallo, *ECG-Derived respiratory Signal using Empirical Mode Decomposition*, Proc. of the 6th IEEE International Symposium on Medical Measurements and Applications, 2011.
- [6] G. Inuso, F. La Foresta, N. Mammone and F. C. Morabito, *Wavelet-ICA methodology for efficient artifact removal from Electroencephalographic recordings*, Neural Networks, International Joint Conference, (IJCNN 2007), 1524 – 1529,2007.
- [7] N. E. Huang et al., *The empirical mode decomposition and the Hilbert spectrum for non-linear and non stationary time series analysis*, Proc. Royal Soc. London A, vol. 454, pp. 903-995, 1998.