

SENSORI E STRUMENTI PER IL MONITORAGGIO DEL MOVIMENTO UMANO: REALIZZAZIONE DI DISPOSITIVI PER IL CONDIZIONAMENTO DI SEGNALI ACCELEROMETRICI

Andrea Marani

INTRODUZIONE

Postura e Movimento sono termini di largo utilizzo che hanno moltissime implicazioni sul piano della salute, culturale e sociale. Il movimento richiede al nostro corpo di risolvere in ogni istante un problema di equilibrio dinamico dove il sistema nervoso, muscolare e scheletrico si integrano alla perfezione. Ogni alterazione in questi sistemi, dovuta all'età o ad una particolare patologia, porta ad una limitazione funzionale che può essere rilevata, quantificata e studiata con tecniche strumentali. Questo lavoro, che è parte di un progetto interuniversitario (FIRB) svolto in collaborazione fra le università di Roma Tre, Genova e Torino, ha come scopo la progettazione e la realizzazione di un sistema che attraverso l'utilizzo di accelerometri e tecnologia Bluetooth, sia capace di monitorare il movimento e la postura di una persona. Il motivo per cui è stata scelta una trasmissione wireless nasce dall'esigenza di rendere più semplici ed efficaci le procedure di acquisizione, elaborazione e visualizzazione dei dati, in cui la presenza di fili di collegamento tra il paziente e i vari sistemi, non debbano né disturbarne né limitarne il movimento. È infatti opportuno, soprattutto nelle diagnosi che prevedono una valutazione medica sotto sforzo o in movimento, che il paziente si senta il più possibile a proprio agio e libero nei movimenti.

STATO DELL'ARTE

La conoscenza dei meccanismi di controllo coinvolti nei processi posturali e motori formalizzata attraverso modelli matematici, può fare luce sulle cause delle alterazioni esistenti. Esistono diverse tecniche di analisi della postura e del movimento che possono essere classificate in base alla strumentazione utilizzata: *stereofotogrammetriche, elettromiografiche, dinamometriche e sistemi portatili*. Un'accurata ricerca, esposta nel presente progetto di tesi, ha consentito di valutare cosa è offerto oggi dal mercato (o da enti di ricerca) nell'ambito dei sensori wireless per applicazioni biomediche, mettendone in luce pregi e difetti; ciò ha permesso di mettere a punto un dispositivo quanto più possibile all'avanguardia.

MATERIALI E METODI

La scelta sul tipo di sensore accelerometrico è ricaduta su capacitivo, in quanto permette misure di accelerazioni sia statiche che dinamiche e presenta dimensioni contenute ed elettronica di condizionamento on board. Il microcontrollore è il cuore di tutto il sistema, esso si occupa del condizionamento, acquisizione e conversione analogico-digitale dei segnali provenienti dai tre canali dell'accelerometro. Una volta digitalizzati i segnali vengono poi inviati ad un trasmettitore Bluetooth (nello specifico il PAN 1560) che permette un interfacciamento wireless con un comune PC dotato di adattatore Bluetooth.

Lo svolgimento del presente lavoro si è svolto in due fasi successive. La prima ha visto la realizzazione di una scheda di sviluppo composta da un PIC, un adattatore di livelli MAX232, una porta seriale a 9 poli, un circuito di alimentazione con opportuno sistema di filtraggio per eliminare i disturbi, uno spazio dedicato all'alloggiamento del chipset Bluetooth ed infine una serie di connettori che permettono di rendere la scheda modulare a qualsiasi tipo di sviluppo futuro. Nella seconda fase, invece, è stato progettato un accelerometro Bluetooth in tecnologia SMD che utilizza componenti miniaturizzati al fine di diminuire le dimensioni di ingombro. Il master del circuito è stato realizzato in doppia faccia dove in quella anteriore è stato posto il PIC, l'accelerometro e la relativa componentistica per il loro corretto funzionamento, mentre sul lato posteriore è stato posto il chipset Bluetooth e la batteria. I dati vengono ricevuti sulla seriale di un PC ed analizzati da un software che li memorizza su un file in formato *.txt, li elabora e ne visualizza sullo schermo la relativa forma d'onda.

RISULTATI E CONCLUSIONI

Sulla scheda realizzata sono stati eseguiti vari test. In particolare è stata eseguita: la verifica della corretta ricostruzione di alcuni segnali per i quali era nota la forma d'onda, la verifica del corretto interfacciamento con il sensore accelerometrico, la prova di robustezza nelle registrazioni di lunga durata ed infine l'analisi dei consumi. Per quanto riguarda le prime prove, i risultati ottenuti sono stati soddisfacenti in quanto l'errore medio su ogni campione ricostruito si aggira su un valore inferiore a quello del LSB (List Significant Bit). Inoltre, tramite un accelerometro biassiale (ADXL203) sono state fatte alcune prove di registrazione dei segnali per l'analisi del movimento sul cammino di un soggetto, dalle quali sono facilmente identificabili i momenti in cui il tallone tocca per terra (Heel Strike). In queste zone infatti, si ha un repentino cambiamento del valore dell'accelerazione lungo entrambi gli assi. Rispetto ai consumi energetici, la scheda realizzata, quando trasmette tramite protocollo RS232 presenta un assorbimento di corrente che si aggira attorno ai 57 mA, mentre se utilizza il protocollo Bluetooth per il trasferimento dei dati, i consumi salgono a circa 90 mA. Se il tutto viene riportato al progetto in SMD, questi consumi, con l'utilizzo di una batteria a montaggio su circuito stampato al Ni-MH (LISUN ER14250), permette una registrazione della durata di circa 10 – 12 ore consecutive (tempo più che sufficiente per un corretto ed approfondito *holter motorio*).

Per concludere si può dire che la scheda realizzata permette di acquisire non solo segnali provenienti da accelerometri, ma in generale qualsiasi segnale di natura analogica che abbia un range di escursione massima pari a quello del convertitore analogico-digitale presente nel PIC; ciò ha permesso quindi di utilizzare il prototipo anche per scopi diversi da quello cui era finalizzato in questo lavoro di tesi (ad esempio: elaborazione segnale ECG, analisi dei segnali di forza provenienti da un pedale dinamometrico, ecc). Per gli sviluppi futuri si può dire che l'elaborazione dei segnali provenienti dall'accelerometro può essere ulteriormente spinta nella direzione di fornire informazioni aggiuntive sul movimento del corpo, riguardanti la velocità o la posizione tramite apposite tecniche di integrazione. Il sistema di trasmissione wireless Bluetooth può essere esteso anche alla tecnologia GPRS, in modo da coprire distanze più grandi, o in alternativa, si potrebbe predisporre opportuni dispositivi di immagazzinamento dati con funzionalità di *Holter Motorio*.