

# Un prototipo di applicazione di IoT in sanità: il progetto MARINER

Paolo Meriggi<sup>1</sup>, Ivana Olivieri<sup>1</sup>, Cristina Fedeli<sup>1</sup>, Diana Scurati<sup>1</sup>, Giovanni Ludovico Montagnani<sup>2</sup>, Elena Brazzoli<sup>1</sup>,  
Marina Rodocanachi<sup>1</sup>, Lucia Angelini<sup>1</sup>

<sup>1</sup> IRCCS Fondazione Don Carlo Gnocchi Onlus, Centro S.M.Nascente, Via Capecelatro 66, 20148, Milano (Italy)  
{pmeriggi, iolivieri, cfedeli, dscurati, ebrazzoli, mrodocanachi, langelini}@dongnocchi.it

<sup>2</sup> Politecnico di Milano and Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Sezione di Milano, (Italy)  
giovanniludovico.montagnani@polimi.it

**Abstract.** In questo articolo viene presentato il prototipo di un sistema, pensato per il monitoraggio remoto continuo e quantitativo dell'uso quotidiano di carrozzine elettroniche, adottate precocemente da bambini con grave disabilità. Il sistema si basa su un uso non convenzionale di un normale smartphone, e rappresenta un'interessante applicazione IoT (Internet of Things) in sanità, per il monitoraggio remoto e di lungo periodo di informazioni legate alla salute.

**Keywords:** Monitoraggio Remoto Quantitativo, Carrozzine Elettroniche, Cloud, IoT in Sanità.

## 1 Introduzione

Le Carrozzine Elettroniche (CE) rappresentano un aiuto fondamentale per le persone con gravi disabilità, in particolare se bambini [1]. Purtroppo però, a dispetto dei costi elevati di questi ausili e della loro domanda crescente, gli assessment sono normalmente limitati a qualche valutazione prima dell'erogazione, ed i follow-up (effettuati molto raramente), sono generalmente effettuati solo attraverso telefonate ai caregiver [2], e sono in genere di natura qualitativa [3]. La mancanza di valutazioni quantitative dopo l'erogazione dell'ausilio, riguardo "per quanto tempo" e "come" le CE vengano realmente utilizzate, diviene particolarmente importante quando si considerano i bambini, i cui bisogni e capacità evolvono con la crescita dei soggetti. Senza un monitoraggio continuo del reale utilizzo delle CE, infatti, un ausilio così importante e sofisticato può risultare di aiuto marginale o addirittura venire abbandonato, nel caso divenga difficile il suo controllo o addirittura pericoloso il suo utilizzo da parte dell'utente.

Nel 2014 è iniziato uno studio caso-controllo (finanziato dalla Regione Lombardia), con lo scopo di valutare gli effetti dell'adozione precoce (soggetti di 4-5 anni) di CE da parte di bambini affetti da paralisi celebrale, in particolare riguardo i possibili cambiamenti relativi alla qualità della vita ed allo sviluppo delle funzioni cognitive. Nell'ambito di questo progetto, abbiamo quindi ideato un sottoprogetto (chiamato MARINER – Monitoraggio Remoto Carrozzine Elettroniche), per raccogliere informazioni quantitative circa l'utilizzo delle CE, in maniera non invasiva, senza cioè chiedere ai caregiver di compilare giornalmente questionari, report o diari. L'obiettivo di questo monitoraggio era di raccogliere in maniera automatica informazioni che permettessero all'operatore da remoto di avere una visione dell'utilizzo della carrozzina in termini di numero di ore di reale utilizzo, insieme ad altri parametri che potessero aiutare a comprendere a distanza "quanto bene" la CE era utilizzata dal bambino.

Nei prossimi paragrafi descriveremo brevemente il Sistema realizzato ed integrato per il progetto MARINER, evidenziando alcuni possibili sviluppi futuri.

## 2 Materiali and Metodi

Nove bambini di età compresa tra 4 e 6 anni sono stati reclutati per un periodo di studio di un anno. A ciascun bambino è stata fornita una carrozzina elettronica Skippy (Otto Bock Mobility Solutions GmbH, Germania). Per ciascuna carrozzina è stato quindi realizzato un sistema di monitoraggio, da integrare opportunamente sullo chassis.

Dopo avere cercato delle soluzioni nell'ambito del monitoraggio delle flotte di veicoli ed anche nelle prime soluzioni legate all'IoT, senza trovare una soluzione totalmente rispondente alle caratteristiche desiderate, alla fine abbiamo optato per integrarla attorno ad uno smartphone commerciale (un Galaxy S4, Samsung, Seoul, Korea del Sud). Allo smartphone è stato quindi abbinato un modulo per raccogliere le informazioni fornite direttamente dalla centralina della CE sotto forma di segnale PWM (Pulse-Width Modulation) legato all'attività dell'elettrofreno. Questo segnale viene filtrato attraverso un filtro RC passa basso (costante di tempo 10 ms) e quindi acquisito dal modulo Maxi I/O (Yoctopuce Sarl, Cartigny, Svizzera) collegato allo smartphone attraverso un cavo USB (fig. 1).

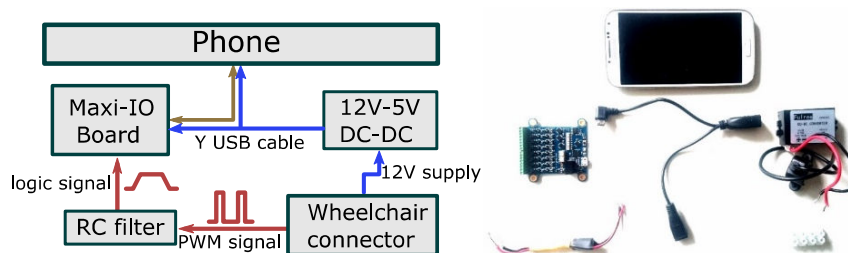


Fig. 1 – Schema del sistema di acquisizione (sinistra) e una foto dei vari componenti (destra).

Durante il movimento della CE, l'intero sistema è alimentato dalla batteria principale (12V) attraverso un comune convertitore DC-DC da 12V a 5V, che è in grado di erogare fino a 3A sui 5V. Questo alimentatore fornisce l'energia necessaria per l'alimentazione sia dello smartphone che del modulo di I/O, attraverso un opportuno cavo a Y (VAlarm, California, USA).

Lo smartphone è collocato in un involucro di plastica resistente, posizionato proprio sopra un secondo involucro che invece contiene il convertitore DC-DC, il modulo Multi-I/O ed i vari cavetti di collegamento (fig. 2).

Gli involucri, in particolare quello dello smartphone, sono posti molto vicino al centro di rotazione delle due ruote motrici, grazie ad una piastra di metallo appositamente realizzata e spessa 3mm. Il costo complessivo delle componenti hardware è di circa € 500.



Fig. 2 – Lo smartphone Galaxy S4 su cui gira l'app di controllo (sinistra), e una foto dei dispositivi contenuti nell'involucro inferiore (centro). Setup finale nella parte posteriore della CE (destra), posizionato grazie alla piastra di metallo.

La raccolta e gestione delle informazioni sullo smartphone è effettuata da una app appositamente sviluppata per acquisire, immagazzinare e trasmettere i dati alla parte di back-end dell'architettura. Le principali misure, rilevate solo durante l'effettivo movimento della CE, sono rilevate a 50 Hz dall'accelerometro e dal giroscopio presenti sullo smartphone. Inoltre, dieci volte al minuto viene rilevata la temperatura dello smartphone. Queste misure vengono memorizzate come *tracciati*.

Tutti i cambiamenti nelle condizioni di funzionamento del sistema (accensione e spegnimento della carrozzina, attivazione e disattivazione dei motori, cambiamento del livello di carica dello smartphone, etc.) vengono opportunamente etichettati con un timestamp e memorizzati, e considerati *eventi asincroni*. La sequenza di tali eventi asincroni, insieme ai tracciati, vengono elaborate localmente sullo smartphone per estrarre alcuni semplici indici (percentuale di attività, temperatura media e massima dello smartphone, livello di batteria, livello del segnale GSM, etc.), per poi essere trasferiti all'architettura di back-end secondo due differenti modalità: una volta all'ora nei cosiddetti *Hourly Events*, in grado di fornire una visione sintetica e continua delle condizioni della CE, e una volta al giorno attraverso attraverso i *Daily Events*, che invece consistono in una raccolta più completa di informazioni (es. il numero di ore di attività, il numero di accensioni e spegnimenti giornalieri della carrozzina e dei motori, etc.). I dati di riepilogo giornaliero vengono spediti ogni giorno alle 2:00 di notte, quando la CE non è in uso. Dopo tale spedizione, sempre alle 2:00 di notte, vengono trasferiti anche tutti i tracciati acquisiti durante il giorno, inviati ad una opportuna struttura (un repository di *blob*) nell'architettura di back-end. Questa parte, schematicamente rappresentata in fig. 3, è stata sviluppata utilizzando il cloud Microsoft Azure (Microsoft Corp., Redmond, USA), facendo uso di elementi pensati per architetture IoT, quali l'*Event Hub* e gli *Stream Analytics*, oltre ad altri come il repository di blob ed un database SQL per la parte finale dello storage delle misure raccolte e degli indici ricavati. Una prima stima delle dimensioni delle informazioni raccolte è di circa fino a 20 MB per i tracciati e qualche KB per evento, per ogni giorno per ciascuna carrozzina.

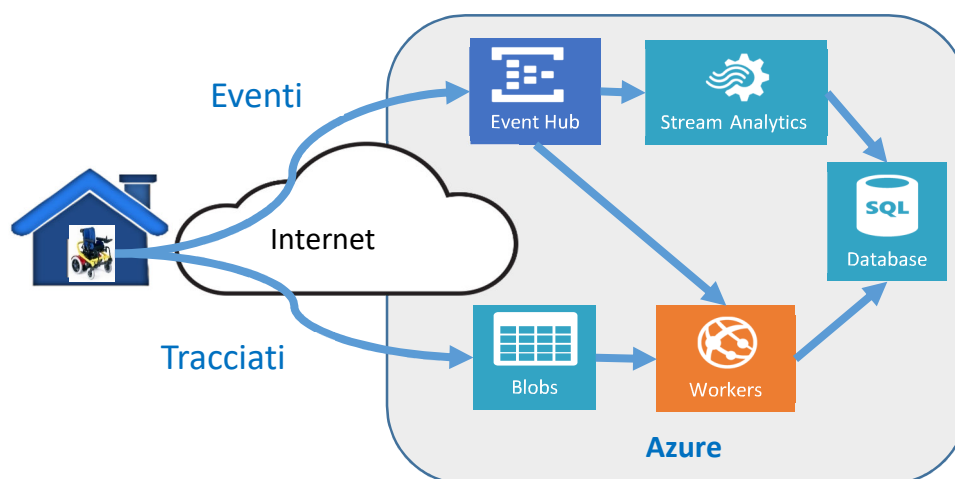


Fig. 3 –Schema semplificato del doppio flusso di informazioni dalle CE, rispettivamente al Event Hub (per gli eventi) e al blob repository (per i tracciati), cui segue, dopo alcuni passi di elaborazione, la memorizzazione dei dati sul database SQL.

### 3 Conclusioni e prospettive future

Il sistema prototipale descritto nel presente articolo, ha lo scopo di valutare la fattibilità e la possibile rilevanza clinica di un monitoraggio quantitativo di lungo periodo dell'utilizzo quotidiano di CE. Per quanto di nostra informazione, infatti, a parte diari o report quotidiani compilati dai caregiver o qualche contatto telefonico o via email da parte degli operatori, non ci sono attualmente sforzi in questa direzione relativi alle CE, non soltanto relativamente ai bambini, ma anche per gli adulti e gli anziani. Per questo, una volta che le informazioni e gli indici raccolti saranno opportunamente analizzati e valutati, questo approccio quantitativo potrebbe fornire un importante contributo nel campo dell'utilizzo delle CE: per gli alti costi (ciascuna CE facilmente supera i €5000), e la crescente necessità di efficacia e di efficienza nei sistemi sanitari, è possibile infatti che un sistema basato su un dispositivo poco invasivo e relativamente di basso costo possa fungere da "black box" per potere ricavare delle misure di outcome più affidabili ed utili nella fornitura delle CE.

Infine, date le caratteristiche del progetto, realizzato attorno ad un comune smartphone, è possibile ipotizzarne adattamenti per raccogliere informazioni quantitative su un ampio spettro di misure biomediche di valore per le condizioni di salute e di benessere delle persone, sia attraverso lo smartphone o ricavate da altri dispositivi wearable (es. smartwatch, etc.).

Per tutte queste prospettive, saranno ovviamente necessari ulteriori e più ampi studi per approfondire la tematica, per il grande numero di implicazioni psicologiche, sociali, legali ed economiche.

**Ringraziamenti.** Gli autori desiderano ringraziare Microsoft Corp. Per la fornitura del Cloud Azure alla Fondazione Don Gnocchi, come parte del programma di supporto alle istituzioni non-profit. Inoltre, un sentito ringraziamento va ad Amper S.r.l. (Milano, Italy), che ha realizzato e fornito pro-bono le componenti meccaniche necessarie per il sulle CE.

### Bibliografia

1. Bray, N., et al., *Wheelchair interventions, services and provision for disabled children: a mixed-method systematic review and conceptual framework*. BMC Health Serv Res, 2014. **14**: p. 309.
2. Salatino, C., et al., *An observational study of powered wheelchair provision in Italy*. Assist Technol, 2016. **28**(1): p. 41-52.
3. Livingstone, R. and D. Field, *Systematic review of power mobility outcomes for infants, children and adolescents with mobility limitations*. Clin Rehabil, 2014. **28**(10): p. 954-64.