

Progetto InnovAALab

PO FESR PUGLIA 2007-2013 – Asse I – Linea di Intervento 1.4 – Azione 1.4.2 “Investiamo nel vostro futuro” Bando “Supporto alla crescita e sviluppo di PMI specializzate nell’offerta di contenuti e servizi digitali – Apulian ICT Living Labs” - “Verso Puglia Digitale 2020” -- Living Labs Smart Puglia 2020”

D3 RAPPORTO TECNICO CONTENENTE LA DESCRIZIONE DEL PROTOTIPO E LA PERSONALIZZAZIONE DELLA SOLUZIONE PROPOSTA

eResult

14/04/2015





eResult s.r.l.

Piazzale Luigi Rava, 46

47522 Cesena FC

Telefono: 0547 1901264

Fax: 0547 1950456

Sede Operativa

Via de Stefano n. 23 Foggia (FG) 71121

<http://www.eresult.it>

Sommario

1. Descrizione della soluzione.....	3
2. Acquisizione ed elaborazione dei parametri fisiologici e medicali.....	3
2.1. Mobile Gateway	5
2.2. EMG Pre-fall detection Gateway	8
2.3. EEG + EMG Pre-fall detection Gateway	12
3. Soluzioni software di telemedicina	17



Regione Puglia - Area Politiche per lo Sviluppo, il Lavoro e l'Innovazione
Servizio Ricerca Industriale e Innovazione - Ufficio Servizi e-Government e ICT
P.O. FESR PUGLIA 2007-2013 - ASSE I - Linea di Intervento 1.4 - Azione 1.4.2 - Investiamo nel vostro futuro
SUPPORTO ALLA CRESCITA E SVILUPPO DI PMI SPECIALIZZATE NELL'OFFERTA DI CONTENUTI E SERVIZI DIGITALI
Apulian ICT Living Labs - Verso Puglia Digitale 2020

1. Descrizione della soluzione

Il progetto InnovAALab ha consentito la realizzazione di un sistema innovativo di servizi di telemedicina in grado di assistere i pazienti presso il proprio domicilio, mediante l'utilizzo domestico di strumenti di misura dei parametri fisiologici di interesse clinico, integrati funzionalmente in un dispositivo utilizzabile autonomamente dal paziente e/o da eventuali assistenti domiciliari. Contemporaneamente è stato messo a punto, avvalendosi di tecnologie innovative, un sistema di rilevazione del rischio di caduta attraverso l'analisi combinata EEG/EMG.

Il sistema di telemedicina realizzato è organizzato logicamente su due livelli:

- **Livello 1:** Acquisizione ed elaborazione dei parametri fisiologici e medicali.
- **Livello 2:** Soluzioni software di telemedicina.

I paragrafi che seguono descrivono nel dettaglio i due livelli

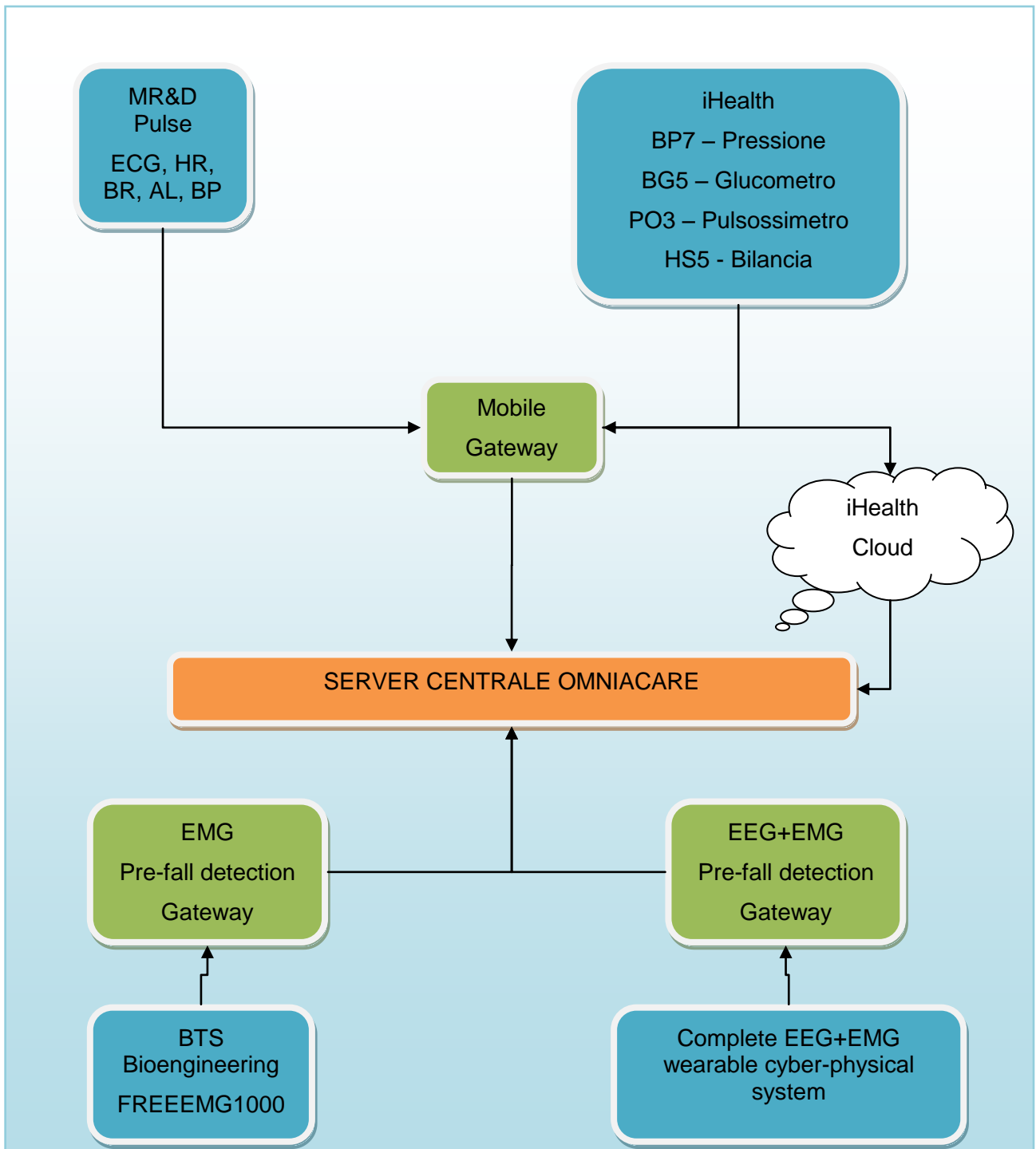
2. Acquisizione ed elaborazione dei parametri fisiologici e medicali

Il livello di acquisizione ed elaborazione dei parametri fisiologici e medicali si occupa di:

- Rilevare i parametri fisiologici e medicali di interesse dell'assistito
- Processare i parametri rilevati
- Trasmettere le rilevazioni al server centrale

Il livello comprende quindi un insieme di dispositivi hardware per la rilevazione dei parametri fisiologici e medicali che costituiscono la "valigetta" e un insieme di gateway che si occupano di gestire l'interazione tra l'assistito e i dispositivi, processare i dati e trasmetterli al server centrale. Fisicamente i gateway possono essere dispositivi mobile (come tablet e smartphone), tablet PC oppure hardware dedicati a seconda dei dispositivi che devono gestire e della capacità di processing richiesta.

Di seguito uno schema che mostra come è stato implementato il livello di acquisizione ed elaborazione dei parametri fisiologici e medicali nel sistema di telemedicina implementato nel progetto INNOVAALAB.



Nella figura i blocchi azzurri rappresentano i dispositivi per la rilevazione dei parametri fisiologici e medicali. I blocchi verdi rappresentano i gateway per l'acquisizione, l'elaborazione e la trasmissione dei parametri rilevati. Il blocco arancione rappresenta il server centrale del sistema di telemedicina.

I paragrafi che seguono approfondiscono i dispositivi e i gateway rappresentati nello schema.

2.1. Mobile Gateway

Il Mobile Gateway è una App realizzata da eResult per l'acquisizione dei parametri fisiologici e medicali da dispositivi indossabili wireless. La App è stata implementata in maniera da poter integrare in futuro qualsiasi dispositivo che possa rilevare e trasmettere dati tramite protocolli standard quali bluetooth e wi-fi. In particolare nel progetto INNOVAALAB sono stati integrati i seguenti dispositivi:

MR&D Pulse: dispositivo indossabile multifunzione per la rilevazione di ECG, frequenza cardiaca, frequenza respiratoria, livello di attività, postura.



iHealth BP7: misuratore di pressione



iHealth BG5: glucometro



iHealth PO3: pulsossimetro

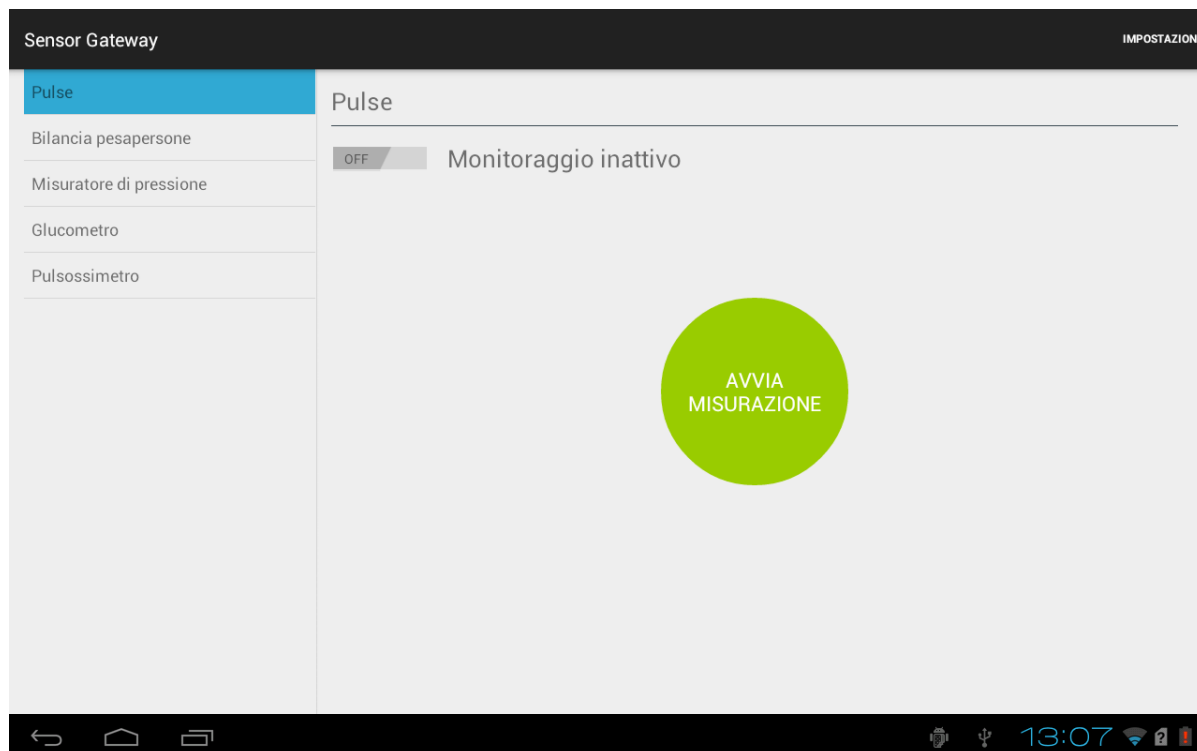


iHealth HS5: bilancia per la rilevazione di peso, massa grassa, massa muscolare, livello di idratazione.



Il Mobile Gateway ha una modalità di funzionamento differente nell'interazione con MR&D Pulse rispetto ai dispositivi iHealth. Il motivo risiede nel fatto che l'acquisizione dei parametri con i dispositivi iHealth può avvenire solamente attraverso la App iHealth e il cloud iHealth. Per l'acquisizione dei dati dal PULSE il Gateway funziona come segue.

Una volta indossato il Pulse l'utente avvia l'acquisizione dei dati cliccando su *Avvia Misurazione*.





eResult s.r.l.

Piazzale Luigi Rava, 46

47522 Cesena FC

Telefono: 0547 1901264

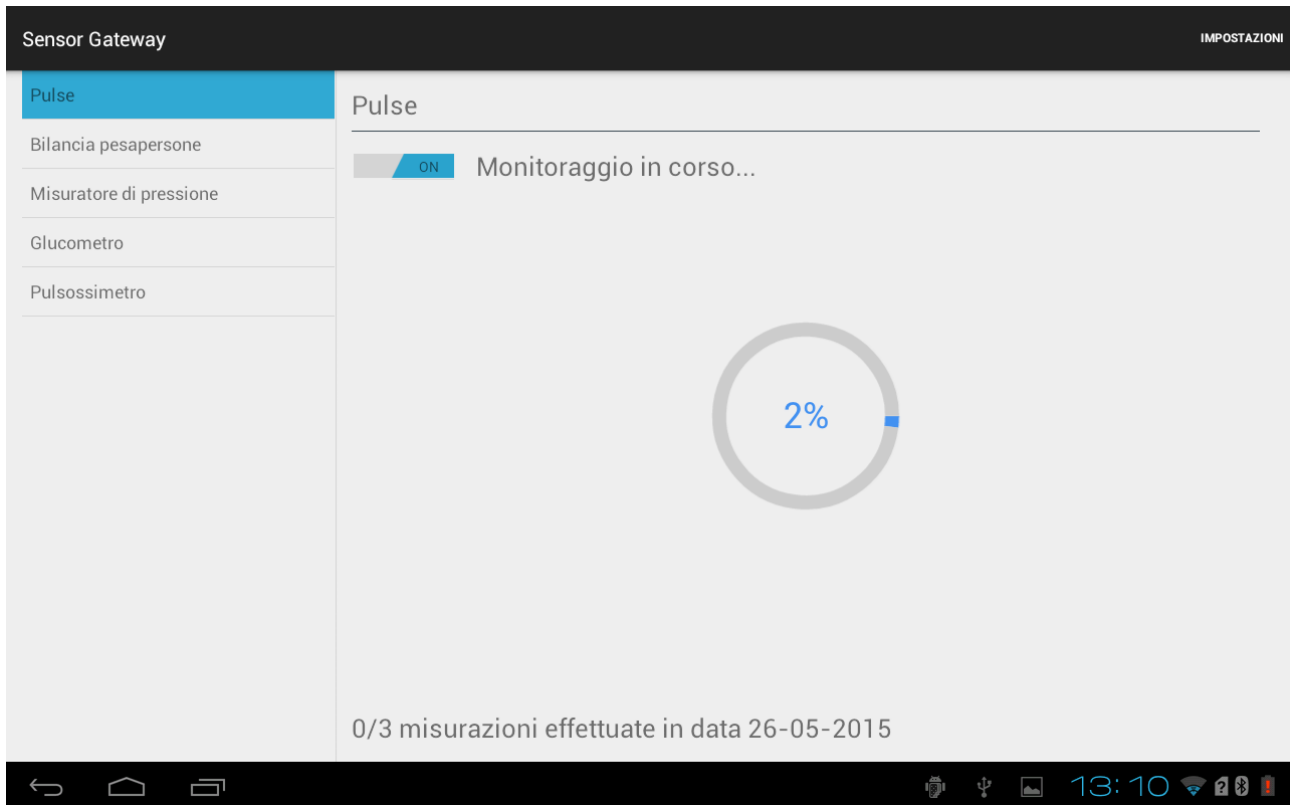
Fax: 0547 1950456

Sede Operativa

Via de Stefano n. 23 Foggia (FG) 71121

<http://www.eresult.it>

A questo punto il gateway segnala all'utente che è in corso la registrazione dei parametri indicando lo stato di avanzamento delle registrazioni.

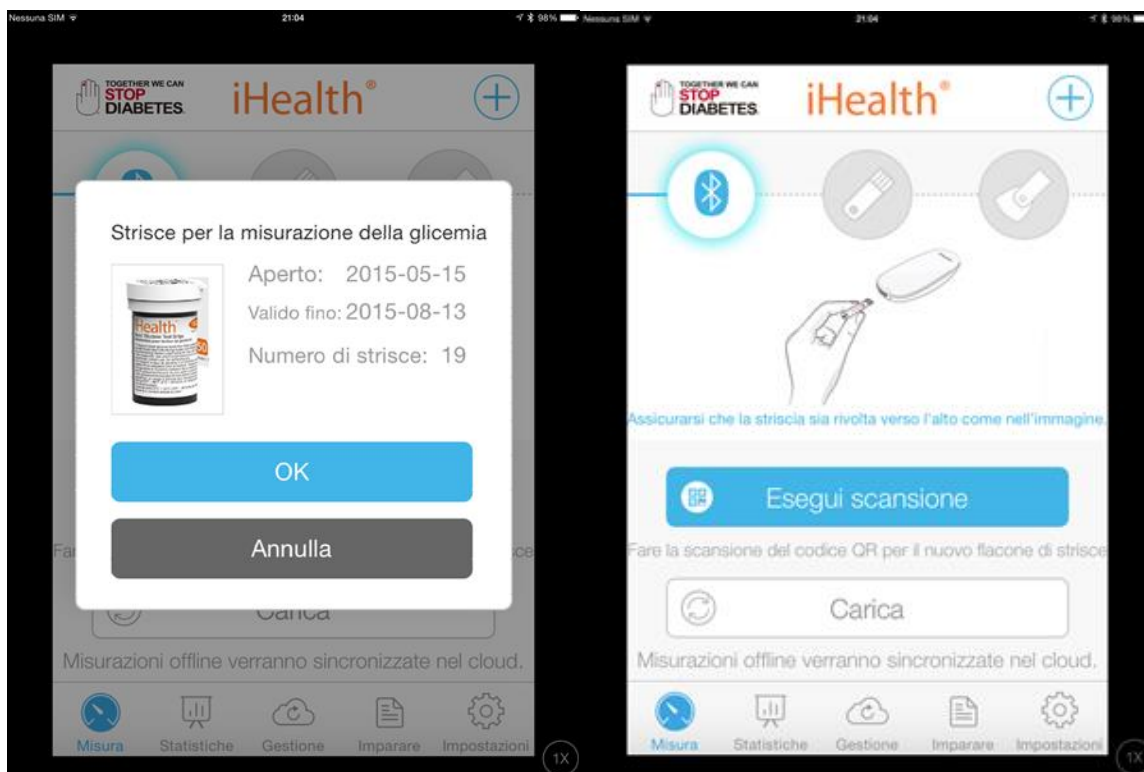


Una volta terminata la registrazione i dati vengono trasmessi al server centrale della piattaforma di telemedicina OMNIACARE.

Per quanto riguarda i dispositivi iHealth invece il funzionamento è leggermente differente. Selezionando uno dei dispositivi iHealth tramite il menu posto sulla sinistra il gateway apre la App iHealth per l'acquisizione dei dati da quel dispositivo. La scelta di questa modalità operativa è stata vincolata dal fatto che i dispositivi iHealth non consentono la comunicazione diretta con il dispositivo, ma richiedono il passaggio dalla App e dal cloud del fornitore.



Regione Puglia - Area Politiche per lo Sviluppo, il Lavoro e Innovazione
Servizio Ricerca Industriale e Innovazione - Ufficio Servizi e-Government e ICT
P.O. FESR PUGLIA 2007-2013 - ASSE I - Linea di Intervento 1.4 - Azione 1.4.2 - Investiamo nel vostro futuro
SUPPORTO ALLA CRESCITA E SVILUPPO DI PMI SPECIALIZZATE NELL'OFFERTA DI CONTENUTI E SERVIZI DIGITALI
Apulian ICT Living Labs - Verso Puglia Digitale 2020



Una volta completata l'acquisizione del dato la App di iHealth trasmette i dati al cloud di iHealth al quale il server centrale OMNIACARE si collega per il download.

2.2. EMG Pre-fall detection Gateway

La rilevazione del rischio di caduta basato sull'analisi dei segnali elettromiografici avviene rilevando l'EMG tramite il dispositivo FREEEMG1000 di BTS Bioengineering. I valori rilevati vengono trasmessi al gateway che effettua il calcolo del rischio di caduta e trasmette i valori calcolati al server centrale OMNIACARE. In questo caso il gateway è costituito da una postazione PC. La scelta di utilizzare una postazione PC piuttosto che un dispositivo mobile è legata alla minor capacità computazionale di quest'ultimo. Il dispositivo EMG infatti rileva una grande quantità di informazioni che vengono inviate al gateway e che il gateway deve elaborare in tempo reale mediante algoritmi complessi per valutare il rischio di caduta. Questo tipo di processo richiede elevate capacità computazionali. Per contro, l'adozione di una postazione PC come gateway lo rende idoneo solamente a contesti indoor. Di seguito si approfondiscono le caratteristiche del dispositivo adottato e del gateway implementato.

Per lo specifico contesto considerato, si è ricorsi al sistema di analisi elettromiografica di superficie (EMG) FREEEMG1000 prodotto da BTS Bioengineering del costo di circa 11.000 Euro ed autonomamente acquisito dal CNR-IMM poiché non ammesso a finanziamento dal soggetto finanziatore. Il sistema nasce per valutazioni in contesto sportivo/fitness, sebbene le ultime versioni

del prodotto (non in dotazione al CNR-IMM) siano attualmente dotate di certificazioni atte all'uso clinico.

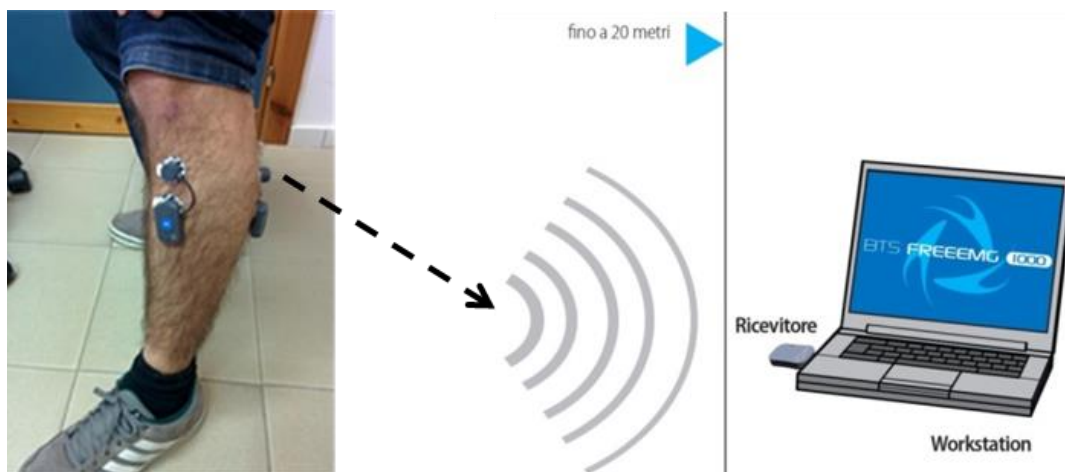


Il sistema EMG preso in esame è wireless, leggero e compatto, e si configura come un dispositivo poco invasivo, compatibile con lo svolgimento delle normali attività dell'utente che lo indossa. Le 4 sonde in dotazione sono in grado di acquisire, elaborare e trasmettere il segnale elettromiografico in tempo reale, fino ad una distanza di 20 metri in spazio libero, in accordo al protocollo IEEE 802.15.4. La frequenza di campionamento del segnale (1KHz) garantisce un elevato livello di accuratezza nella misura, indispensabile nella caratterizzazione di movimenti [1-2]. Un limite del sistema EMG scelto riguarda l'autonomia di funzionamento delle sonde: esse sono dotate di una batteria ricaricabile agli ioni di litio che permette la trasmissione dei dati grezzi, in modalità streaming, per un tempo non superiore alle 8 ore. Di conseguenza è necessario l'intervento da parte dell'utente/caregiver per assicurarsi il funzionamento continuo del sistema. I segnali inviati dalle sonde EMG vengono ricevuti e decodificati grazie al ricevitore compatto in dotazione connesso ad un sistema di elaborazione tramite porta USB. Un ulteriore aspetto importante del sistema EMG scelto è la sua semplicità d'uso: l'applicazione delle sonde è semplice, veloce e garantisce una stabilità del segnale EMG anche in presenza di movimenti bruschi dell'utente. Le sonde sono indossate utilizzando elettrodi pre-gellati di geometria e dimensioni variabile; sono stati testati diversi tipi di elettrodi presenti in commercio e il modello che ha fornito le migliori prestazioni in termini di dimensioni ed efficacia del gel è il modello Kendall H124SG (30 mmx24 mm). Nella tabella che segue sono riportate le principali caratteristiche del sistema EMG impiegato FREEMEG1000.

Sonde Wireless	Caratteristiche tecniche
Risoluzione	16bit

Trasmissione dati	Wireless IEEE802.15.4
Batteria	Ricaricabile agli ioni di litio
Autonomia	8h in modalità streaming
Range di acquisizione	Sino a 20 metri in spazio aperto
Certificazione	Classe IIa
Weight	10g
Dimensioni	41.5 x 24.8 x14 mm
Ricevitore USB Caratteristiche tecniche	
Canali EMG	Sino a 10 sonde wireless
Peso	80g
Dimensioni	82 x 44 x 22.5 mm

Il sistema FREEMEG1000 supporta sino ad un massimo di 10 sonde. Tuttavia per lo sviluppo del primo prototipo è stato ridotto il numero di sonde utilizzate al fine di aumentare l'usabilità del sistema e tenere comunque contenuti, per quanto possibile, i costi della piattaforma. Coerentemente con quanto presente in letteratura riguardo lo studio delle attività muscolari per la valutazione di uno sbilanciamento posturale [3], e come da indicazioni ricevute dal personale medico del Policlinico di Bari, si è deciso di utilizzare solo 4 sonde e di monitorare le zone muscolari relative ai muscoli tibiale e gastrocnemio destro e sinistro. Nella figura sottostante è riportato il setup relativo al posizionamento delle sonde e l'overview del sistema di acquisizione ed elaborazione dati.



Per la validazione del segnale acquisito col sistema FREEMEG1000 si è effettuata la comparazione con i dati rilevati dal sistema cablato EEG-EMG MICROMED System Plus (impiegato esclusivamente per fini clinici/diagnostici), attualmente in uso presso il Policlinico di Bari. L'analisi ha necessitato di alcune fasi di pre-processing per un'adeguata valutazione dei segnali (decimazione del segnale, filtraggio del rumore, allineamento dei segnali nel tempo ed eliminazione dell'offset). I risultati ottenuti hanno mostrato un elevato livello di coerenza tra i segnali con un valore di cross-correlazione superiore a 0,9.

Si è quindi effettuato il design e l'implementazione del framework per l'elaborazione dei segnali provenienti dalle sonde EMG e per l'individuazione del rischio caduta, cercando di segnalare anticipatamente tale criticità rispetto all'impatto col suolo. Di seguito sono riportati sinteticamente gli step logici principali del sistema:

1. pre-elaborazione dei segnali grezzi provenienti dalle 4 sonde EMG;
2. calibrazione del sistema;
3. estrazione delle feature;
4. classificazione dell'evento di pre-caduta.

Le predette fasi sono sinteticamente descritte nel seguito, mettendone in risalto le caratteristiche degli approcci adottati. La fase di pre-elaborazione si è resa necessaria soprattutto per ridurre il livello di rumore dovuto agli artefatti introdotti dai movimenti degli arti e per disporre di dati in un formato adatto all'elaborazione in ambiente software di alto livello. Tale fase consta principalmente di un filtraggio passa banda dei segnali provenienti dalle 4 sonde (di tipo FIR tra le frequenze [20..450]Hz) e l'involuppo lineare degli stessi. La fase di calibrazione è stata introdotta per verificare il corretto funzionamento del sistema, per ricavare la baseline dei segnali ed i valori di massima contrazione volontaria dei muscoli in esame, necessari per la normalizzazione dei segnali. Quest'ultima operazione permette di non avere ordini di grandezza troppo differenti nelle feature, durante la fase di classificazione dell'evento di pre-fall, e di ricavare un riferimento relativo per lo specifico end-user. La fase di calibrazione è seguita da quella di estrazione delle feature, nel dominio del tempo e della frequenza, che meglio discriminano ed individuano il rischio di sbilanciamento posturale [1, 4]. Di seguito sono elencate le feature utilizzate, estratte in una sliding window di 100 millisecondi:

- Integrated EMG;
- Mean Absolute Value;
- EMG Variance;
- Root Mean Square;
- Simple Squared Integral;
- Willison Amplitude;
- Zero Crossing;
- Co-Contraction Index;
- Frequency Energy.

Per la rilevazione del rischio di caduta è stato considerato un approccio a soglie, che non presenta un elevato grado di generalizzazione; tuttavia consente di contenere il costo computazionale del sistema garantendo il funzionamento real-time dello stesso. Lo studio, il design e la validazione del

framework sono stati effettuati in ambiente di sviluppo di alto livello (Matlab), in modalità offline, considerando il dataset di acquisizioni effettuate presso il Policlinico di Bari ed il CNR-IMM, come meglio descritto nel Rapporto Tecnico D4.

Il sistema è stato infine ottimizzato e validato in ambiente Microsoft C#. Il porting ha permesso di verificare che il dispositivo funzionasse anche in modalità online e in real-time. E' stata inoltre realizzata un'interfaccia grafica per la visualizzazione dei dati elettromiografici grezzi in tempo reale. La medesima interfaccia consente la visualizzazione dell'allarme in circostanze quasi-critiche (riconoscimento di elevati livelli del rischio caduta), con espressione del relativo indice di confidenza. L'interfaccia utente, utilizzata durante la fase di test e sperimentazione, è meglio descritta nel Rapporto Tecnico D4. Il framework si occupa inoltre della trasmissione di informazioni di alto livello relative al rischio caduta ed il relativo indice di confidenza che manifesta il livello di robustezza del rischio medesimo.

Riferimenti

- [1] A. Phinyomark et al "A preliminary study assessing time-domain EMG features of classifying exercises in preventing falls in the elderly," Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON), 2012 9th International Conference pp.1,4, 16-18 May 2012.
- [2] J. Cheng et al "A Framework for Daily Activity Monitoring and Fall Detection Based on Surface Electromyography and Accelerometer Signals," Biomedical and Health Informatics, IEEE Journal of , vol.17, no.1, pp.38,45, Jan. 2013.
- [3] H. Ghasemzadeh et al "A Body Sensor Network With Electromyogram and Inertial Sensors: Multimodal Interpretation of Muscular Activities," Information Technology in Biomedicine, IEEE Transactions on , vol.14, no.2, pp.198,206, March 2010.
- [4] B. Horsak, et al "A. Muscle co-contraction around the knee when walking with unstable shoes", J Electromyogr Kinesiol., vol.25, 2015.

2.3. EEG + EMG Pre-fall detection Gateway

Il gateway sviluppato per la rilevazione del rischio di caduta mediante l'analisi combinata dei segnali EEG ed EMG ha caratteristiche architetture simili a quelle del gateway sviluppato per la rilevazione del rischio di caduta mediante la sola analisi EMG, descritto nel paragrafo precedente.

In questo caso la rilevazione del rischio di caduta avviene un sistema completo, indossabile e cyber fisico che registra i dati relativi all'EMG e l'EEG. I valori rilevati vengono trasmessi al gateway che effettua il calcolo del rischio di caduta e trasmette i valori calcolati al server centrale OMNIACARE. Come nel caso del gateway EMG, anche il gateway EEG+EMG è costituito da una postazione PC. La scelta di utilizzare una postazione PC piuttosto che un dispositivo mobile è legata alla minor capacità computazionale di quest'ultimo. Le rilevazioni EEG ed EMG infatti generano una grande quantità di informazioni che vengono inviate al gateway e che il gateway deve elaborare in tempo reale mediante algoritmi complessi per valutare il rischio di caduta. Questo tipo di processo richiede elevate capacità computazionali. Per contro, l'adozione di una

postazione PC come gateway lo rende idoneo solamente a contesti indoor. Di seguito si approfondiscono le caratteristiche del dispositivo adottato e del gateway implementato.

La fenomenologia dell'evento caduta presenta un carattere multifattoriale, le cui cause possono essere le più numerose e disparate, rendendo di fatto impossibile una loro completa determinazione. Il metodo adottato dal Politecnico di Bari per la valutazione del rischio caduta sfrutta quattro indici derivanti dalle rilevazioni sincrone e combinate dell'EEG e dell'EMG:

- 1) Il fattore di base (BF): il rischio di caduta non può essere assoluto ma deve essere correlato alle condizioni di ciascun soggetto: status psico-fisico, età, episodi di caduta avvenuti in passato e tutte le condizioni cliniche del soggetto non possono essere trascurate. Il fattore di base (BF) considera il rischio caduta direttamente correlato alla condizione dell'individuo, inclusa la presenza di neuropatologie (quali ad esempio l'Alzheimer, il morbo di Parkinson, la Corea di Huntington, la SLA, etc.) che di fatto aumentano il rischio caduta nella vita quotidiana. Il BF varia da zero (basso rischio correlato alle condizioni del soggetto) ad 1 (alto rischio correlato alle condizioni del soggetto) [1].
- 2) Il fattore ambientale (EnF): le condizioni ambientali sono riconosciute quali cause che contribuiscono al rischio caduta. L'alta temperatura, un elevato livello di umidità così come superfici scivolose ed accidentate insieme ad innumerevoli altri fattori possono di fatto aumentare il rischio di caduta e dovrebbero essere dunque presi in considerazione per una valutazione effettiva del rischio caduta [1]. Di conseguenza, il fattore ambientale (EnF) tiene conto del rischio caduta correlato alle condizioni ambientali. Esso varia da 0 (ambiente non ostile) ad 1 (ambiente molto ostile).
- 3) Il fattore co-contrazione EMG (CF): generalmente, durante una normale camminata, il soggetto attiva in modo alternato i muscoli agonista-antagonista degli arti. I tempi anormali di co-contrazione (>500/600ms) sono indice di instabilità e squilibrio del soggetto. Vale la pena di notare che la co-contrazione può essere valutata per ogni coppia di muscoli agonista-antagonista dell'arto. Nel nostro lavoro prendiamo in considerazione il fattore di co-contrazione EMG (CF) correlato al valore massimo fra quelli calcolabili per un determinato passo considerando l'abbinamento fra i muscoli agonista ed antagonista, ossia:

$$CF(t1) = \max_i \{CF_i^*(t1)\} \quad (1)$$

dove CF_i^* rappresenta tutti i fattori di co-contrazione che possono essere valutati considerando tutti i dati EMG disponibili. Il fattore CF varia da 0 (nessun rischio) ad 1 (elevato rischio correlato all'EMG).

- 4) Il fattore EEG-derivato (EF): l'implicazione corticale durante l'andatura non è ancora chiara ed è tutt'oggi lungi dall'essere chiarita. Ciò è soprattutto dovuto alla complessità dell'andatura, che, ciononostante, coinvolge innumerevoli muscoli ed è un movimento in gran parte automatico e naturale. Il modello proposto prende in considerazione i Potenziali Correlati al Movimento (MRPs) e gli eventi correlati alle desincronizzazioni μ -ritmo. (μ -ERDs). Per ciò che riguarda il contributo al rischio caduta correlato all'EEG, ci siamo concentrati principalmente sul Bereitschaftspotential (BP), il μ -ritmo ed il β -ritmo. Gli MRP considerati differiscono per le bande di frequenze in cui si verificano: BP, μ -ritmo e β -ritmo possono essere rilevati nell'area di corteccia-motoria anche un secondo precedente l'attivazione del muscolo, in una banda di frequenza rispettivamente di 2-5 Hz, 7-12 Hz, 13-30 Hz. In particolare, la letteratura [2] dimostra che il μ -ritmo è coinvolto nell'evento correlato alla desincronizzazione (μ -ERDs), eseguendo dei movimenti isolati. Nei disturbi del movimento, la difficoltà motoria è indicata da una modulazione alterata dei MRP e diversi modelli di ERDs sono stati scoperti. La raccolta sincrona di dati derivanti dall'EEG e l'EMG, sopportata da

veloci algoritmi di elaborazione, consente di effettuare un monitoraggio corticale durante l'andatura per poter valutare il rischio caduta. Il fattore EEG-derivato (EF) è l'indice di rischio caduta calcolabile dai dati derivanti dall'EEG. Il calcolo si basa sul comportamento degli MRPs e degli μ -ERDs. L'EF varia da 0 (basso rischio associato all'EEG) ad 1 (rischio molto alto associato all'EEG) e viene calcolato come il fattore massimo fra tutti i fattori correlati all'EEG calcolabili per un certo passo e su tutti gli elettrodi motorio-corticali, ossia:

$$EF(t_1) = \max_i \{EF_i^*(t_1)\} \quad (2)$$

dove l' EF_i^* rappresenta tutti i fattori di rischio caduta correlati all'EEG che possono essere valutati considerando tutti i dati EEG disponibili. Dal momento che il rischio caduta correlato all'EEG si basa sugli MRPs e l'analisi del μ -ERD, l' EF_i^* è ulteriormente suddiviso in:

$$EF_i^*(t_1) = MRPF_i^*(t_1) + ERDF_i^*(t_1) \quad (3)$$

dove $MRPF_i^*$ (che varia da 0 a 0.75) rappresenta gli indici di rischio caduta correlati all'analisi dell'MRP e studia il livello di potenza nelle bande di frequenza dell'MRP, mentre $ERDF_i^*$ (che varia da 0 a 0.25) rappresenta gli indici basati sul μ -ERD.

Si osservi inoltre che i fattori di base ed ambientale sono considerati costanti in tale modello, mentre quelli di rischio caduta associati alla co-contrazione EMG e ai segnali EEG evolvono e vengono ricalcolati non appena il compimento di un nuovo passo viene riconosciuto durante l'andatura del soggetto.

Tutti i fattori sopramenzionati sono presi in considerazione nella valutazione del rischio caduta attraverso una media ponderata. Il rischio caduta (FR) è espresso da un coefficiente che varia da 0 (rischio basso) ad 1 (rischio molto alto) ed è dato da:

$$FR(t) = W1 \cdot BF + W2 \cdot EnF + W3 \cdot CF(t) + W4 \cdot EF(t) \quad (4)$$

dove $W1$, $W2$, $W3$, $W4$ sono i pesi del modello. Nel nostro modello $W1 = 0.35$; $W2 = 0.15$; $W3 = 0.25$; $W4 = 0.25$. I pesi possono essere cambiati per favorire alcuni coefficienti piuttosto che altri, ma deve esser sempre verificato che:

$$\sum_i W_i = 1. \quad (5)$$

Tuttavia l'insieme dei pesi qui proposti permette il calcolo del rischio caduta bilanciando equamente il contributo dell'EEG e dell'EMG. E' chiaro che essi possono essere impostati e modificati con lo scopo di ottenere una stima più accurata. Per esempio, lo studio del rischio caduta per un soggetto affetto da problemi motori, ma che non presenta malattie neurodegenerative può essere eseguito dando maggiore valore a $W3$ e riducendo (o azzerando) $W4$. E' pertanto necessario prevedere una fase di taratura dei pesi a seconda del soggetto preso in esame e secondo quanto previsto dal punto (5).

La procedura di valutazione del rischio caduta è stata implementata su di un sistema completo, indossabile e cyber fisico che registra i dati relativi all'EMG e l'EEG e li trasmette grazie ad una Wireless Body Area Network (WBAN) a basso consumo. Gli elettrodi

wireless EEG ed EMG inviano i dati ad un dispositivo gateway che sincronizza tali dati in tempo reale e ricorre ad algoritmi di elaborazione veloce per la valutazione del rischio caduta in tempo reale. Il gateway è anche in grado di inviare un feedback se il rischio caduta raggiunge livelli allarmanti.

L'apparecchiatura wireless per l'EEG e quella per l'EMG sono sistemi commerciali che funzionano tramite loro protocolli e con un loro proprio trigger.

L'attrezzatura indossabile per la registrazione dei dati dell'EEG è costituita da una cuffia wireless a 32 canali che consiste di un set di 32 elettrodi secondo il sistema internazionale 10-20; un trasmettitore miniaturizzato posizionato sul retro del cappuccio di elettrodi; una stazione base che può esser connessa ad un dispositivo host tramite USB; caricatore *pad* di tipo *contactless*; L'intero sistema è orientato ad un'elaborazione in tempo reale negli ambienti, con *top performances* anche in contesti rumorosi. Il sistema possiede una frequenza di campionamento di 500 Hz con una risoluzione di 24-bit ed un vasta frequenza di sovra campionamento per migliorare il rapporto segnale-rumore (SNR). Il sistema è Qi compatibile (secondo gli attuali standard di ricarica wireless) e completamente impermeabile per facilitarne la pulizia. Il sistema di registrazione EEG sfrutta gli elettrodi attivi: dei microchip all'interno di ogni elettrodo amplificano, filtrano (la banda passa da 0.1 Hz a 100 Hz) e digitalizzano il segnale in punto di registrazione. Ciò facilita la trasmissione wireless realizzata a 2.4 GHz, elimina il rischio di rumori dai cavi migliorando la qualità del segnale. Il trasmettitore comprende un accelerometro a 3 assi. La batteria è in grado di garantire circa 11 ore di autonomia al sistema senza necessità di ricarica mentre il trasmettitore invia i dati dagli elettrodi EEG alla stazione di base in tempo reale. La Fig. 1 rappresenta il sistema di registrazione EEG wireless and indossabile adottato dal Politecnico di Bari per l'acquisizione del segnale celebrale.



Fig. 1 Sistema wireless ed indossabile di registrazione EEG.

Il sistema di registrazione EMG (fig. 2) è costituito da una rete wireless multi-canale e multi-sensore composta da una unità di base, con entrambe le uscite digitale ed analogica ed un trasmettitore fino a 16 nodi. Le principali specifiche di questo sistema sono:

- i) Elettrodi wireless ed a basso consumo, sviluppati con un elevata integrazione in tecnologia SMD (dispositivo montato in superficie);

- ii) Acquisizione del segnale EMG simultaneamente con l'accelerometro incorporato e/o con i sensori inerziali;
- iii) Trasmissione digitale tramite RF (2.4 GHz).

Gli elettrodi wireless sono composti da un modulo di condizionamento del segnale, con circuiti attivi per la trasmissione del segnale radio. Gli elettrodi sono realizzati con plastica completamente biocompatibile prodotta dalla Bayer. Per applicare gli elettrodi sulla pelle del paziente è stato utilizzato un apposito nastro bi-adesivo certificato, come il Nastro Medico con Doppio Rivestimento 3M 1522 prodotto e certificato da 3M. I campioni EMG sono digitalizzati a 2 kbps con una risoluzione di 16 bit.

L'unità di base ha un ricetrasmittitore RF a 2.4 GHz, un microprocessore per la sincronizzazione e la separazione dei dati, un convertitore D/A. Il nodo EMG comunica con il dispositivo host attraverso l'unità di base grazie ad un link bi-direzionale. Un sistema automatico per il risparmio energetico ottimizza la durata della batteria durante le fasi in cui gli elettrodi non sono in uso. Entrambi i sistemi di rilevazione EMG ed EEG sono scarsamente invasivi e dotati di caratteristiche wireless, facendo in modo che la raccolta del bio-segnale lasci libertà di movimento al paziente. Infatti, l'uso di un sistema cablato viene messo fuori discussione: i fili muovendosi distorcono pesantemente il segnale limitando al contempo la libertà di movimento dell'individuo, risultando pertanto essere non adatti per le applicazioni dell'*ambient assisted living*.

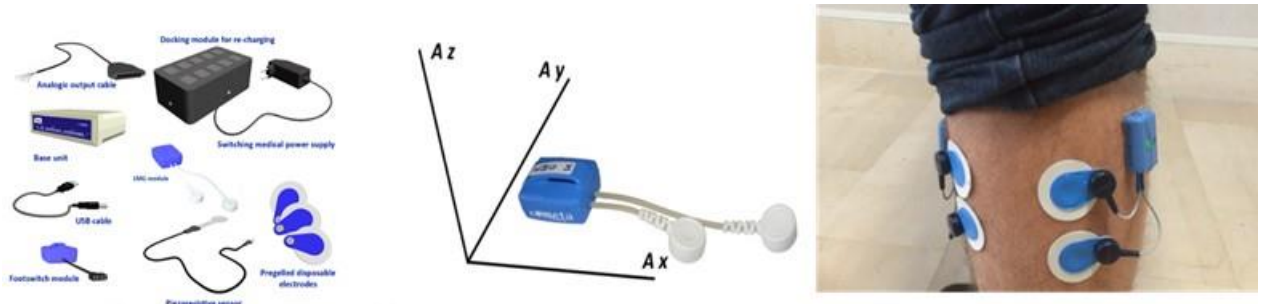


Fig. 2 Sistema di rilevazione EMG indossabile e wireless

Per il nostro uso, ci è necessario sincronizzare i dati derivanti dai due sistemi: quando la rilevazione EMG viene avviata, il trigger esterno della unità di raccolta EMG sale ad 1 mentre il segnale strobo comincia a scorrere. Entrambi sono degli input attraverso la comunicazione USB al ricevitore EEG e sono utilizzati come riferimento temporale sia per i dati EMG che EEG. I dati EMG sono filtrati in modalità *pass-band* (con filtro *anti-aliasing* da 0.1Hz a 200 Hz) e campionati attraverso algoritmi multi-frequenza per realizzare un match con la frequenza di campionamento EEG. Il gateway esegue al contempo l'elaborazione dei dati raccolti per la valutazione del rischio caduta, ma anche l'attività di *decision-making*. Il gateway ricopre il ruolo di *decision-maker* per determinare la valutazione del rischio-caduta. I dati EEG ed EMG derivanti dai sistemi wireless vengono sincronizzati attraverso i segnali trigger e strobo. Poi vengono elaborati al fine di valutare gli indici necessari per la valutazione del rischio caduta.

3. Soluzioni software di telemedicina

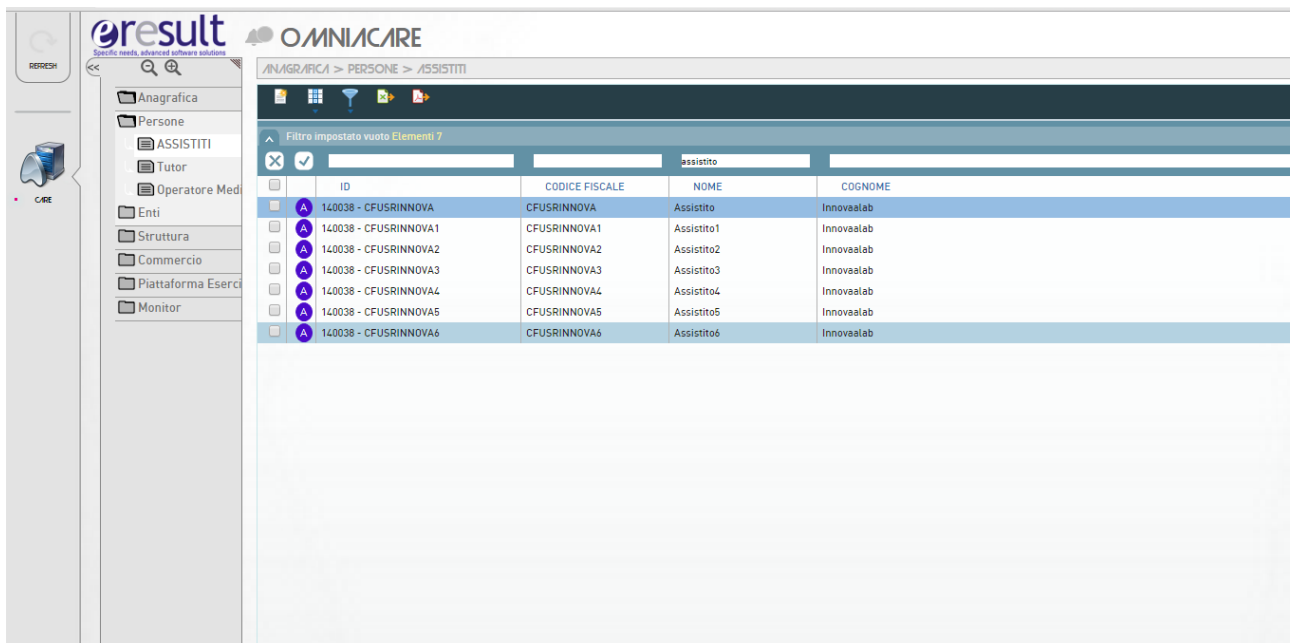
Tutti i parametri rilevati dai dispositivi ed elaborati dai gateway descritti nei paragrafi precedenti, vengono trasmessi al server centrale della piattaforma OMNIACARE. Allo scopo la piattaforma OMNIACARE implementa un'interfaccia software standard basata su web services. Ogni rilevazione inviata al server è caratterizzata dalle seguenti informazioni:

- **SensorId:** identificativo del sensore. Nel caso di dispositivi che rilevano più parametri (es. MR&D Pulse) ogni parametro rilevato costituisce un diverso sensore.
- **Value:** valore rilevato
- **Timestamp:** istante della rilevazione

Il web service restituisce il valore 1 in caso di esito positivo della trasmissione e 0 in caso di esito negativo. Nel secondo caso il web service restituisce anche una stringa con il dettaglio dell'errore verificatosi.

Le soluzioni software sviluppate sul server centrale consentono agli operatori medici e ai caregiver di ricevere alert via mail e sms in caso di anomalie nei valori rilevati dai dispositivi, di monitorare nel tempo l'andamento dei parametri fisiologici e medicali rilevati, di registrare diagnosi e referti. Tutto questo consente di avere un quadro clinico completo e costantemente aggiornato delle condizioni del paziente e di intervenire tempestivamente in caso di emergenze.

Il medico che accede alla piattaforma OMNIACARE con le proprie credenziali, può accedere all'archivio dei propri assistiti e cercare l'assistito per il quale desidera verificare il quadro clinico.



	ID	CODICE FISCALE	NOME	COGNOME
<input type="checkbox"/>	140038 - CFUSRINNOVA	CFUSRINNOVA	Assistito	Innovaalab
<input type="checkbox"/>	140038 - CFUSRINNOVA1	CFUSRINNOVA1	Assistito1	Innovaalab
<input type="checkbox"/>	140038 - CFUSRINNOVA2	CFUSRINNOVA2	Assistito2	Innovaalab
<input type="checkbox"/>	140038 - CFUSRINNOVA3	CFUSRINNOVA3	Assistito3	Innovaalab
<input type="checkbox"/>	140038 - CFUSRINNOVA4	CFUSRINNOVA4	Assistito4	Innovaalab
<input type="checkbox"/>	140038 - CFUSRINNOVA5	CFUSRINNOVA5	Assistito5	Innovaalab
<input type="checkbox"/>	140038 - CFUSRINNOVA6	CFUSRINNOVA6	Assistito6	Innovaalab

Una volta individuato l'assistito il medico apre la form di dettaglio e si posiziona sulla scheda relativa al parametro fisiologico o medicale da monitorare. All'interno di ciascuna scheda il medico

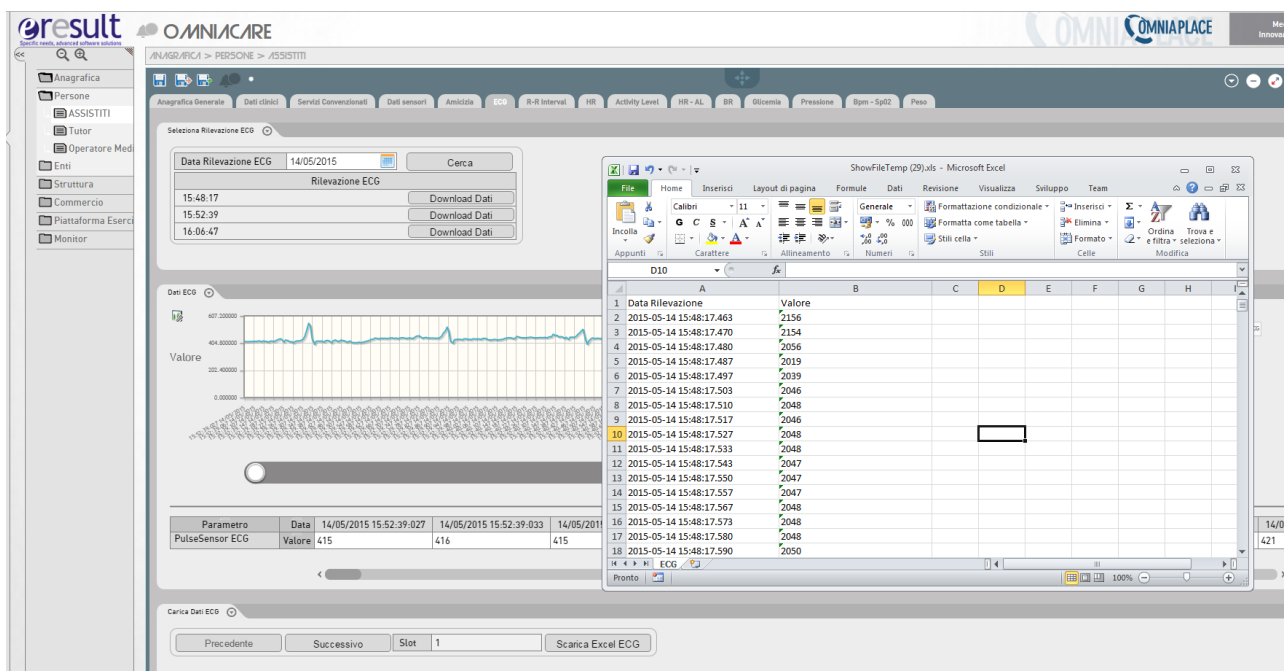
inserisce la data per la quale vuole analizzare i dati del paziente, quindi seleziona la funzione *Download Dati* per visualizzare i valori rilevati in quella data. I dati tipicamente sono mostrati sia in forma di grafico che in forma tabellare.

Le due figure che seguono mostrano rispettivamente l'esempio di un grafico ECG ottenuto in base ai dati rilevati mediante il dispositivo MR&D Pulse e l'esempio di un grafico che mostra insieme i valori di ossigenazione del sangue e di frequenza cardiaca acquisiti mediante pulsossimetro iHealth.





Oltre alla visualizzazione grafica dei dati il medico ha la possibilità di estrarre i valori in un foglio excel utilizzando l'apposita funzione *Scarica Excel* al fine di effettuare un post-processing dei dati.





eResult s.r.l.

Piazzale Luigi Rava, 46

47522 Cesena FC

Telefono: 0547 1901264

Fax: 0547 1950456

Sede Operativa

Via de Stefano n. 23 Foggia (FG) 71121

<http://www.eresult.it>

In alcuni casi il medico ha la necessità di confrontare l'andamento nel tempo di parametri che non sono visualizzabili all'interno dello stesso grafico. Per questi casi sono state implementate schede ad hoc che mostrano i due parametri in due grafici posti uno sotto l'altro. Un esempio è quello mostrato di seguito nel quale il medico può vedere all'interno della stessa schermata il confronto tra il livello di attività del paziente e la frequenza cardiaca. Valori elevati di frequenza cardiaca, se osservati in corrispondenza di picchi di attività sono giustificati, mentre diversamente evidenziano una possibile disfunzione.



Oltre al monitoraggio dei parametri rilevati dai dispositivi il medico tramite la piattaforma OMNICARE può accedere anche alla cartella clinica del paziente che comprende anche le funzioni per la registrazione della diagnosi e dei referti.



Unione Europea



MINISTERO SVILUPPO ECONOMICO



Regione Puglia



PO FESR PUGLIA 2007-2013

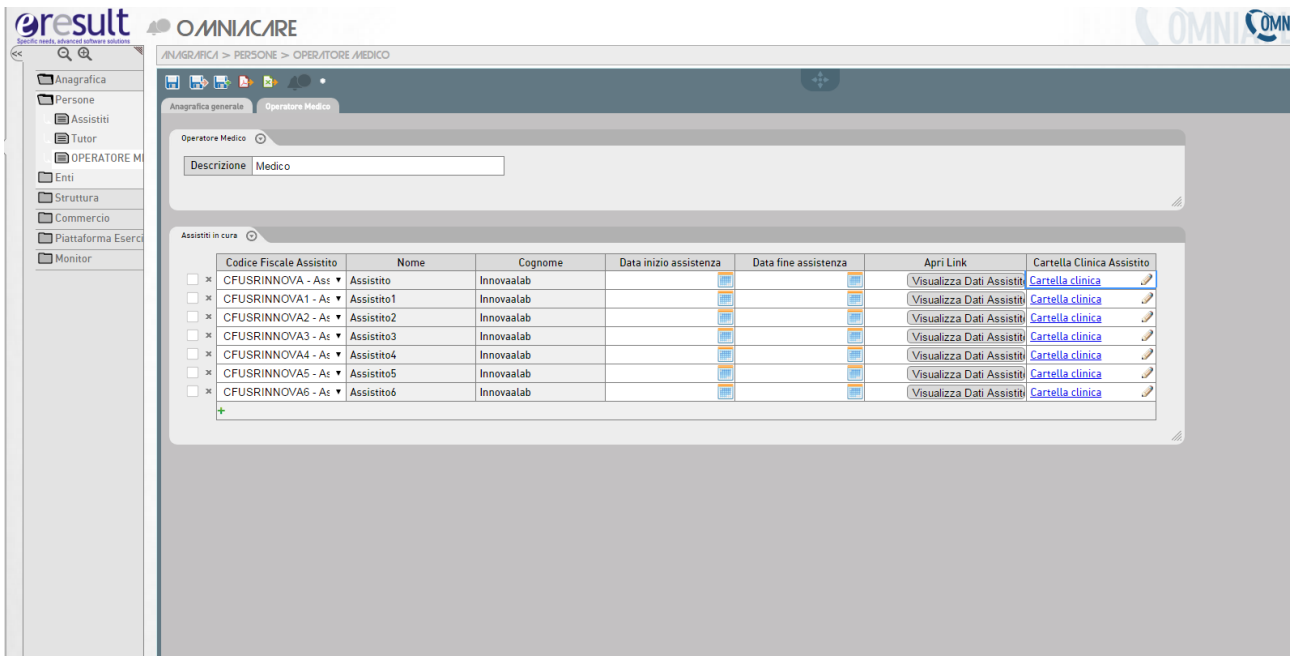


PUGLIA EUROPA Investiamo nel vostro futuro.



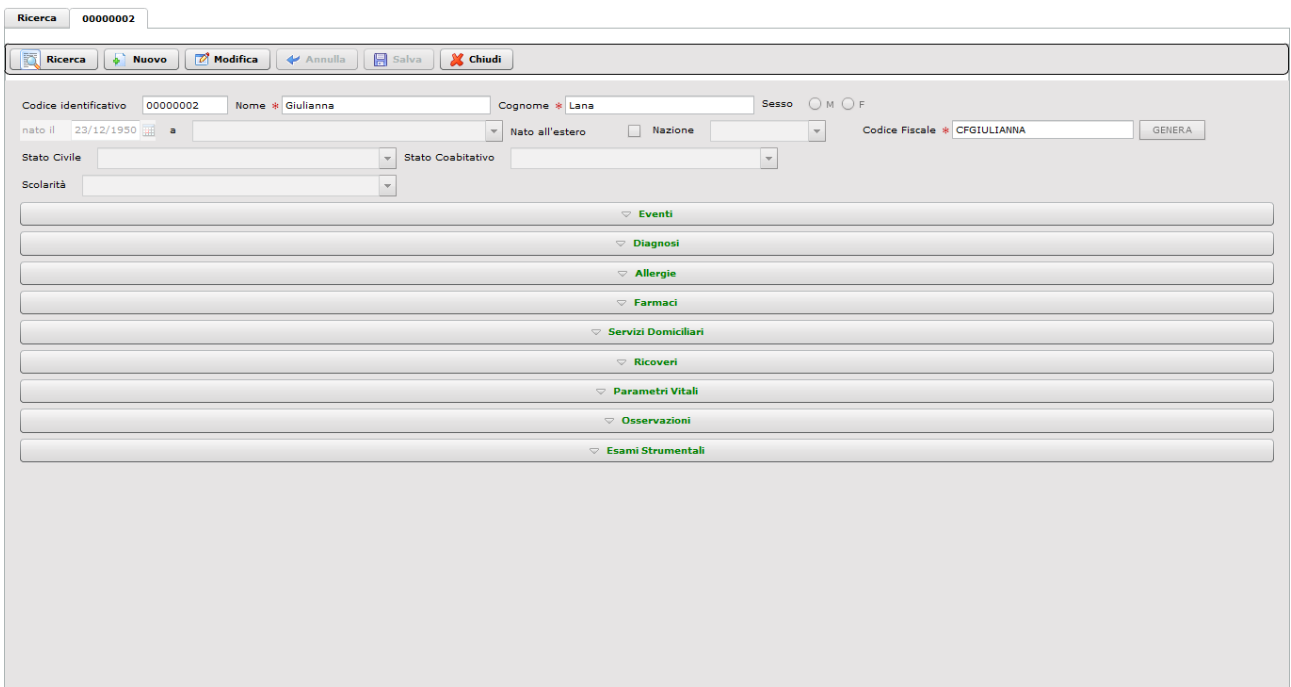
SMART PUGLIA INTELLIGENZA DEL FUTURO

Regione Puglia - Area Politiche per lo Sviluppo, il Lavoro e l'Innovazione
Servizio Ricerca Industriale e Innovazione - Ufficio Servizi e-Government e ICT
P.O. FESR PUGLIA 2007-2013 - ASSE I - Linea di Intervento 1.4 - Azione 1.4.2 - Investiamo nel vostro futuro
SUPPORTO ALLA CRESCITA E SVILUPPO DI PMI SPECIALIZZATE NELL'OFFERTA DI CONTENUTI E SERVIZI DIGITALI
Apulian ICT Living Labs - Verso Puglia Digitale 2020



Codice Fiscale Assistito	Nome	Cognome	Data inizio assistenza	Data fine assistenza	Apri Link	Cartella Clinica Assistito
CFUSRINNOVA - Ass	Assistito	Innovaalab			Visualizza Dati Assistiti	Cartella clinica
CFUSRINNOVA1 - As	Assistito1	Innovaalab			Visualizza Dati Assistiti	Cartella clinica
CFUSRINNOVA2 - As	Assistito2	Innovaalab			Visualizza Dati Assistiti	Cartella clinica
CFUSRINNOVA3 - As	Assistito3	Innovaalab			Visualizza Dati Assistiti	Cartella clinica
CFUSRINNOVA4 - As	Assistito4	Innovaalab			Visualizza Dati Assistiti	Cartella clinica
CFUSRINNOVA5 - As	Assistito5	Innovaalab			Visualizza Dati Assistiti	Cartella clinica
CFUSRINNOVA6 - As	Assistito6	Innovaalab			Visualizza Dati Assistiti	Cartella clinica

CILI MEDICO 001 DIP. SMBNOS - UNIBA



La cartella è costituita dalle seguenti sezioni:

- Eventi.

- Diagnosi.
- Allergie.
- Farmaci.
- Servizi domiciliari.
- Ricoveri.
- Parametri vitali.
- Osservazioni.
- Esami strumentali

Il menu 'Eventi' consente di accedere all'elenco degli alert generati dal server centrale di OMNIACARE e di gestirne il workflow legato a ciascun evento anomalo. Ogni evento deve in primo luogo essere preso in carico da parte del medico. Dopo la presa in carico il medico alimenta le informazioni legate all'evento anomalo di pari passo agli esami e/o cure prescritte al paziente specificando la diagnosi, l'esito della segnalazione, le osservazioni e allegando i referti di eventuali esami clinici. Una volta gestita l'anomalia il medico chiude l'evento che rimane comunque archiviato nel sistema e che alimenta la storia clinica del paziente.

SCHEDA DELL'EVENTO 00000111	
CODICE EVENTO	00000111
DATA RICEZIONE EVENTO	14/05/2015 16:11
STATO EVENTO	PRESO IN CARICO
DESCRIZIONE SEGNALAZIONE	Medio Rischio di caduta con soglia 0.6
TIPO EVENTO	RISCHIO CADUTA +TipoEvento
DIAGNOSI	Miastenia grave Ricerca ✖
ESITO SEGNALAZIONE	
OSSERVAZIONI	
<u>REFERTI ALLEGATI</u>	
SALVA	ESCI
CHIUDI EVENTO	

Il menu 'Diagnosi' consente di ricercare una diagnosi, associare ad essa la tipologia (PDX se diagnosi principale, DX2, DX3, DX4, DX5, DX6 se diagnosi secondarie) ed aggiungerla alla griglia sottostante delle diagnosi. Selezionando una diagnosi e cliccando su 'Rimuovi' è possibile

eliminarla dalla griglia. Non è possibile associare una stessa diagnosi a più tipologie né è possibile selezionare più volte la stessa tipologia di diagnosi.

CILI MEDICO 001 DIP. SMBN05-UNIBA

Ricerca **00000003**

Ricerca Nuovo Modifica Annulla Salva Chiudi

Codice identificativo Nome Cognome Sesso M F
 nato il a Nato all'estero Nazione Codice Fiscale

Stato Civile Stato Coabitativo

Scolarità

Diagnosi

Altra gastroenterite e colite non infettiva Tipo Diagnosi

Diagnosi	Tipo Diagnosi
Altra gastroenterite e colite non infettiva	PDX

Il menu 'Allergie' consente di ricercare un'allergia già inserita (in modo analogo a quanto già previsto per le diagnosi) o inserire una nuova allergia cliccando su 'Nuova allergia' (in questo caso si aprirà un pop-up 'Nuova allergia' in cui dovranno essere valorizzati il codice e la descrizione della stessa) e successivamente di aggiungerla alla griglia sottostante.

Il menu 'Farmaci' consente di:

- Ricercare un farmaco per codice, descrizione o ATC;
- Definire per esso una posologia;
- Definire una data di inizio ed una di fine della terapia;
- Aggiungere la prescrizione farmacologica alla griglia sottostante, che riporta le seguenti informazioni: farmaco, ATC, posologia, confezione (associata al farmaco selezionato), data inizio terapia, data fine terapia.

CILI MEDICO 001 DIP. SMBNOS - UNIBA

Ricerca 00000003

Ricerca Nuovo Modifica Annulla Salva Chiudi

Codice identificativo 00000003 Nome * Marco Cognome * Carta Sesso M F
 nato il 27/11/1987 a [] Nato all'estero Nazione [] Codice Fiscale * ASSISTITOCARTA GENERA

Stato Civile [] Stato Coabitativo []
 Scolarità []

Farmaci

Aggiungi Rimuovi PILOCARPINA LUX Ricerca Posologia 3 volte al giorno dopo i pasti Data inizio terapia 01/06/2015 Data fine terapia 08/06/2015

Farmaco	ATC	Posologia	Confezione	Data inizio terapia	Data fine terapia
PILOCARPINA LUX	PILOCARPINA	3 volte al giorno dopo i pasti	coll 10 ml 1%	01/06/2015	08/06/2015

Il menu 'Servizi domiciliari' consente di ricercare un servizio domiciliare già inserito o crearne uno nuovo, definire per esso una data di inizio ed una di fine attivazione e successivamente aggiungerlo alla griglia sottostante.

CILI MEDICO 001 DIP. SMBNOS - UNIBA

Ricerca 00000003

Ricerca Nuovo Modifica Annulla Salva Chiudi

Codice identificativo Nome Cognome Sesso M F
nato il a Nato all'estero Nazione Codice Fiscale

Stato Civile Stato Coabitativo
Scolarità

Servizi Domiciliari

Nuovo Servizio Data inizio attivazione Data fine attivazione

Codice	Descr. Servizio	Data inizio attivazione	Data fine attivazione
01	Assistenza Domiciliare Integrata	01/06/2015	08/06/2015

Il menu 'Ricoveri' consente di ricercare un ricovero già inserito o crearne uno nuovo, definire per esso una data di inizio o fine ricovero e successivamente di inserirlo nella griglia sottostante.

Il menu 'Parametri vitali' consente di ricercare un parametro vitale già inserito o crearne uno nuovo, aggiungere delle note, definire un valore numerico ed una data di rilevazione e successivamente di inserirlo nella griglia sottostante.

Il menu 'Osservazioni' consente di aggiungere delle osservazioni nella griglia sottostante, in cui vengono memorizzati automaticamente anche la data e l'orario di inserimento.

Il menu 'Esami strumentali' consente di aggiungere un esame strumentale nella griglia sottostante, in cui vengono memorizzati automaticamente anche la data e l'orario di inserimento.