

Progetto SIMMS (Sarcopenia Integrated Measurement and Management System)

Sistema tecnologico integrato per la misurazione e la gestione della sarcopenia



Finanziato su fondi POR Puglia FESR FSE 2014-2020 - Sub-Azione 1.4.B - Bando InnoLabs

Deliverable D3

Rapporto tecnico contenente la descrizione del prototipo

Sommario

Descrizione del prototipo	3
1. Progettazione e sviluppo delle componenti hardware.....	3
1.1. Sistema basato su EMG di superficie per la valutazione della perdita di forza muscolare.....	4
1.2. Prototipo di dispositivo indossabile per misurare la forza di presa, l'EMG e la velocità di camminata.....	5
2. Progettazione e sviluppo delle componenti software	6
2.1. Web Application	6
2.2. App Gateway.....	8
3. Progettazione e sviluppo delle componenti di integrazione	17
3.1. Ricezione dati da dispositivo indossabile	17
3.2. Ricezione dati da dispositivo EMG	19
Riferimenti bibliografici	19

Descrizione del prototipo

Il presente documento costituisce il deliverable dell'attività c) di Prototipazione e personalizzazione delle soluzioni.

La Fig. 1 mostra l'architettura del sistema. Consiste di tre componenti principali:

- Dispositivi di misurazione indossabili. Esistono due dispositivi prototipali. A valle dell'analisi dei requisiti, è stato progettato e costruito un prototipo di dispositivo hardware in grado di rilevare la forza muscolare, la velocità di deambulazione e l'EMG. Il dispositivo realizzato soddisfa i requisiti individuati in fase di analisi, ovvero portabilità, basso costo, non invasività e basso consumo. È stato inoltre avviato uno studio preliminare delle modalità operative per l'utilizzo del sistema EMG di superficie (dispositivo EMG).
- App Gateway. È progettata per essere installata su uno smartphone Android. È in grado di connettersi al dispositivo indossabile tramite connessione Bluetooth per ricevere i dati misurati da quel dispositivo e inviare tali dati al server back-end dell'applicazione web SIMMS. L'App Gateway può essere utilizzata sia dai pazienti che dai medici, su smartphone di proprietà dei pazienti o forniti dall'ospedale.
- Applicazione Web. È progettata per essere installata su PC o tablet. Consente ai medici di accedere al registro dei pazienti e di diagnosticare la sarcopenia analizzando i dati ricevuti dall'App Gateway così come i dati ricevuti direttamente dal dispositivo EMG.

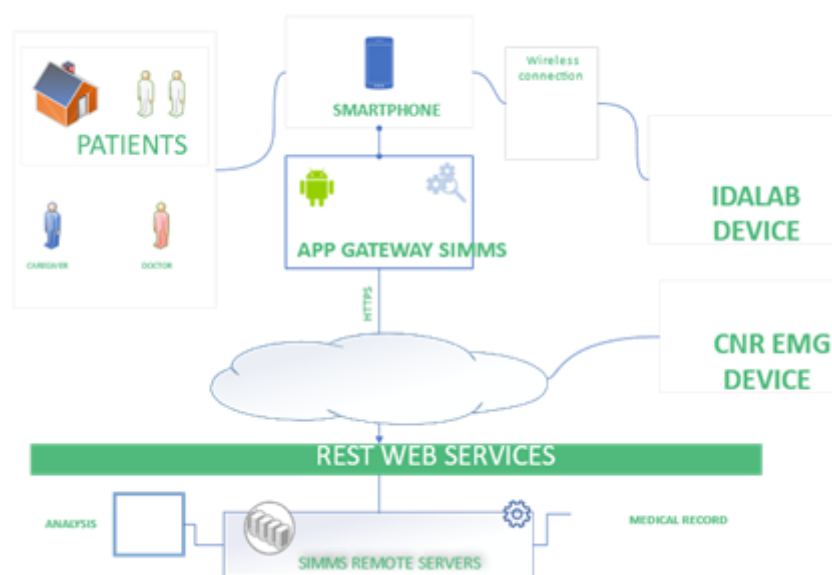


Figura 1. Architettura del sistema

L'architettura hardware del sistema include anche:

- Tecnologie di comunicazione come i servizi web di tipo Bluetooth REST;
- Server di raccolta dati remoti.

Sulla base dello sviluppo dei componenti hardware e software e dei relativi componenti di integrazione, è stato completato il prototipo della soluzione proposta. Una prima versione del prototipo è disponibile per la successiva fase di test.

1. Progettazione e sviluppo delle componenti hardware

Le componenti hardware coinvolte nel progetto sono due: un dispositivo indossabile sviluppato da IDA Lab e un dispositivo di misurazione elettromiografica utilizzato da CNR-IMM.

A valle del processo di raccolta ed analisi dei requisiti, IDA Lab ha progettato e realizzato un dispositivo hardware prototipale in grado di rilevare tutti e tre i parametri relativi alla sarcopenia (forza muscolare, massa muscolare, velocità del cammino). In particolare, il dispositivo realizzato, oltre ad integrare tutti i sensori necessari a rilevare i parametri di interesse, soddisfa ulteriori requisiti individuati in fase di analisi, ovvero portabilità, basso costo, non invasività e basso consumo. Al fine di realizzare tale dispositivo, è stata preliminarmente eseguita un'intensa attività di scouting per andare ad individuare, tra tutti i prodotti presenti sul mercato, quelli più idonei per gli scopi preposti. Successivamente, il prototipo è stato realizzato e testato in laboratorio al fine di validarne il funzionamento.

Il CNR-IMM ha avviato lo studio preliminare delle modalità operative per l'utilizzo del sistema elettromiografico di superficie. Tale fase ha interessato principalmente i seguenti aspetti:

- a) individuazione del numero di sonde da utilizzare e dei gruppi muscolari in grado di fornire opportune informazioni, legate alla valutazione della forza muscolare e dei disturbi nella deambulazione;
- b) valutazione dei vincoli d'uso della tecnologia (range di utilizzo in spazio aperto, modalità di posizionamento delle sonde, ecc.);
- c) studio, progettazione e implementazione della pila algoritmica per l'elaborazione dei segnali provenienti dalle sonde (pre-elaborazione, calibrazione, estrazione feature,), utilizzando un ambiente di sviluppo di alto livello (Matlab);
- d) ricerca ed analisi dei dataset di segnali elettromiografici presenti online, potenzialmente utili per lo sviluppo e testing del framework software progettato;
- e) individuazione delle tecniche di pre-elaborazione al fine di ridurre il rumore intrinseco nel segnale elettromiografico, individuare la frequenza di campionamento ottimale e rendere il segnale fruibile per le fasi successive della pila algoritmica;
- f) calibrazione del segnale per ridurre gli effetti inerenti le differenze inter-individuali degli utenti;
- g) individuazione ed estrazione delle principali feature utilizzate per la valutazione della contrazione/stato dei muscoli degli arti inferiori (Co-Contraction Index, Waveform Length, Integrated EMG);
- h) coding in ambiente C# dei primi step della pila algoritmica progettata, focalizzando l'attenzione sulla fase di acquisizione dati, di pre-elaborazione, calibrazione e di invio dati grezzi, tramite procedura di compressione degli stessi (creazione di un file .zip contenente tutte le entries corrispondenti ai dati acquisiti) e successivo invio del file al web server tramite protocollo HTTP utilizzando il metodo POST;
- i) supporto per la strutturazione del database (definizione campi, tipo dato, ecc.) relativo alla memorizzazione dei dati elettromiografici e collegato alla cartella clinica del paziente;
- j) valutazione della stabilità e delle performance del sistema realizzato in fase di acquisizione-elaborazione e trasmissione dati;
- k) realizzazione di una campagna di acquisizione, in condizioni controllate, per la creazione di un primo dataset di segnali, provenienti dai muscoli di interesse, necessari per effettuare i test preliminari del software realizzato.

1.1. Sistema basato su EMG di superficie per la valutazione della perdita di forza muscolare

Per valutare la perdita di forza muscolare, utile per la diagnosi nella patologia della sarcopenia, è stata realizzata una piattaforma hardware-software basata su sEMG per il monitoraggio miniminvasivo e a lungo termine dei muscoli degli arti inferiori. La ricerca si è concentrata sulla valutazione dei pattern elettromiografici dei due gruppi muscolari Gastrocnemio Lateralis, che sono rilevanti nella valutazione del comportamento muscolare degli arti inferiori. Attraverso la piattaforma sarà possibile rilevare, nel tempo, un decadimento muscolare in utenti che indossano sensori sEMG ed eseguono esercizi normalmente utilizzati per valutare la perdita muscolare, nel contesto clinico.

La piattaforma hardware è composta da un'unità di elaborazione e da un sistema di acquisizione dati. Per il sistema di setup dell'acquisizione è stato utilizzato il dispositivo BTS Bioengineering FREEEMG1000. È composto da sonde sEMG indossabili e wireless e da un ricevitore USB, prodotto dalla BTS Bioengineering [1]. L'unità di elaborazione, invece, è costituita da un PC embedded (CPU i7@2.40 GHz con una RAM di 8 GB

DDR3). Le sonde sEMG sono leggere (circa 10 gr) e piccole (41,5 x 24,8 x 14 mm per l'elettrodo madre e 16 x 12 mm per l'elettrodo satellite). Nella Fig. 2.a è mostrato il sistema BTS FREEEMG1000. I sensori vengono indossati attraverso i comuni elettrodi Ag/AgCl pregellati utilizzando clip, consentendo una vestibilità rapida, semplice e resistente ai movimenti dell'utente. I dati possono essere inviati per un periodo di circa 8 ore in modalità streaming con una frequenza di campionamento di 1 KHz e una risoluzione di 16 bit.

Le principali fasi di calcolo dell'architettura software sono: a) Pre-elaborazione; b) Calibrazione; e c) estrazione di feature. Per la fase di pre-elaborazione, i dati grezzi sono stati filtrati passa-banda con frequenze di taglio comprese tra 20Hz e 450Hz, per ridurre gli artefatti ed evitare l'aliasing del segnale. Quindi, per confrontare la relazione EMG-tensione, i segnali sono stati elaborati generando la loro rettifica a piena onda e il loro involuppo lineare. La procedura di calibrazione è stata eseguita ripristinando la condizione iniziale dopo il montaggio del dispositivo. In particolare, per calcolare la linea di base dei segnali, è stata calcolata la media dei segnali per ogni sensore mentre l'utente ha indossato i dispositivi in posizione ferma per 5 secondi. Inoltre, per ridurre la variabilità interindividuale del sEMG, sono stati valutati i valori massimi di ampiezza del segnale per i muscoli del gastrocnemio destro e sinistro.

Per la fase di estrazione delle caratteristiche, sono state considerate le caratteristiche nel dominio del tempo presenti in letteratura per la valutazione dei muscoli degli arti inferiori [2], e quelle con prestazioni superiori saranno scelte dopo l'elaborazione dei dati ottenuti attraverso i test in contesto ospedaliero. A tal proposito verrà eseguito principalmente il test Sit To Stand, in quanto è comunemente utilizzato nelle cliniche per la valutazione della funzionalità muscolare degli arti inferiori negli anziani [3]. Nella Fig. 2.b è mostrata la configurazione del test.

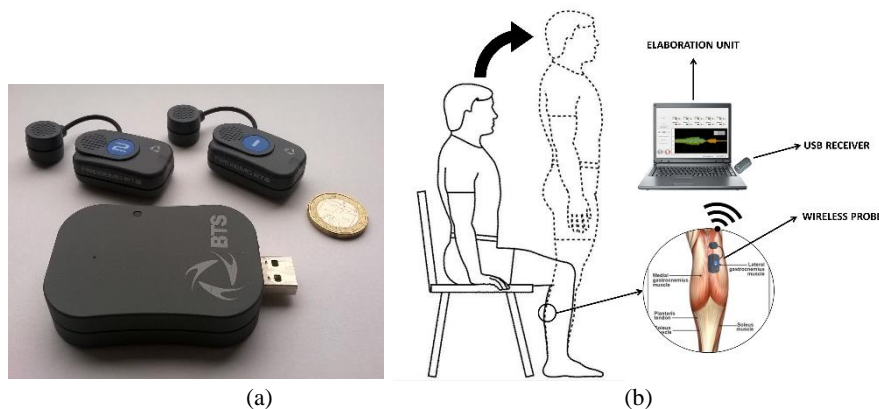


Fig. 2. (a) EMG FREEEMG1000 acquisition system; (b) Sit To Stand test setup.

1.2. Prototipo di dispositivo indossabile per misurare la forza di presa, l'EMG e la velocità di camminata

È stato progettato e realizzato un prototipo di dispositivo indossabile per rilevare i tre parametri correlati alla sarcopenia identificati, ovvero massa muscolare, forza muscolare e velocità dell'andatura (Fig. 3.a). Una scheda Arduino Nano [4] è stata dotata di sensori piccoli ed economici in grado di fornire questi parametri e, in dettaglio:

- Massa muscolare. La scheda MyoWare [5] è stata utilizzata per rilevare misure EMG utili per ottenere informazioni sulla massa muscolare.
- Forza muscolare. Questa misura è stata ottenuta sfruttando una scheda HX711 [6]. Questa scheda incorpora sia una cella di carico che un circuito per amplificare il segnale.
- Velocità dell'andatura. Per rilevare questo parametro, viene utilizzata una scheda GY-521 che incorpora il chip Inven-Sense MPU-6050 [7] con un accelerometro MEMS a 3 assi e un giroscopio MEMS a 3 assi.

Maggiori dettagli sul funzionamento e la configurazione dei sensori sono riportati in [8].

Inoltre, il convertitore Bluetooth seriale HC-06 [9] collegato alla scheda Arduino permette di ricevere dati dai sensori collegati e di convertirli in segnale Bluetooth destinato al gateway (ovvero l'applicazione mobile). Il dispositivo indossabile è inoltre dotato di una batteria da 700 mAh 9V in grado di garantire una vita operativa di circa 9 ore. Infine, è stata realizzata una scatola stampata in 3D per contenere tutti i componenti elencati e le loro connessioni ad eccezione dei tre elettrodi per la misurazione della massa muscolare, due dei quali sono fissati sul retro della scatola mentre il terzo appare fuori scatola tramite un piccolo cavo. La scatola è stata dotata di un interruttore che permette di accendere/spegnere facilmente il dispositivo.

Per un corretto intervento, il paziente (da solo o supportato dal caregiver o dal medico) deve eseguire alcune semplici azioni prima di iniziare la procedura di acquisizione:

- indossare il dispositivo a livello dell'avambraccio, in corrispondenza della mano dominante per la rilevazione della forza muscolare, tramite le apposite fasce con velcro poste sulla scatola;
- attaccare i due elettrodi EMG adesivi posti sul retro del dispositivo lungo i muscoli estensori superficiali dell'avambraccio mentre posizionare il terzo elettrodo adesivo (elettrodo di riferimento) lontano dallo stesso muscolo (es. In corrispondenza della cartilagine);
- accendere il terminale del dispositivo procedere con le misure utilizzando l'applicazione mobile.

La Fig. 3.b mostra come indossare il dispositivo per consentire una corretta acquisizione dei parametri di sarcopenia.



Fig. 3. (a) The proposed prototypal wearable device; (b) the realized device worn by a patient.

La sarcopenia è una malattia legata all'età, quindi è chiaro che il dispositivo prototipo e l'applicazione mobile possono essere utilizzati da persone che non hanno familiarità con la nuova tecnologia. Per alleviare questo problema, in questa fase vengono forniti ai pazienti il prototipo e alcune semplici istruzioni. Inoltre, gli esercizi che i pazienti devono eseguire per misurare i parametri correlati alla sarcopenia sono molto semplici e lo sviluppo dell'applicazione mobile segue le migliori pratiche di applicazioni mobili semplici e pratiche. Tuttavia, quando in futuro il prototipo sarà trasformato in un dispositivo commerciale, potrà essere integrato, ad esempio, in un guanto lungo o in una fascia per l'avambraccio per eliminare o ridurre al minimo il rischio di posizionamento errato del dispositivo.

2. Progettazione e sviluppo delle componenti software

Le componenti software del progetto sono due: la Web Application e l'App Gateway precedentemente descritte.

2.1. Web Application

Le tecnologie utilizzate per lo sviluppo della Web Application sono: per il front-end Angular 8.0 e per il back-end Spring-boot 2.0. L'architettura è organizzata per l'elaborazione dei dati dai seguenti client:

- App Gateway: invio dati rilevazioni distinte per tipologia (EMG, Forza, Velocità).
- CNR-IMM: storicizzazione dati grezzi e dati elaborati.

- Laboratorio Prisco: integrazione dell'algoritmo di calcolo della sarcopenia mediante algoritmo di riferimento.

La piattaforma web è organizzata come segue:

- Lista pazienti anagrafici;
- Dettaglio anagrafica paziente;
- Aggiunta nuovo paziente;
- Cartelle cliniche associate;
- Profilo utente/medico.

L'utente/medico (previa login) ha la possibilità di effettuare una ricerca full/text e filtrare i pazienti per cognome, nome, data di nascita, codice fiscale. Cliccando sul paziente in lista è possibile visualizzare nel dettaglio i suoi dati anagrafici (e relative cartelle cliniche create).

L'inserimento di un nuovo paziente prevede l'inserimento di una serie di dati anagrafici obbligatori e alcuni dati secondari nello specifico:

- Dati generali
 1. Nome
 2. Cognome
 3. Codice fiscale (che sarà validato prima del salvataggio)
 4. Sesso
 5. Luogo di nascita
 6. Data di nascita
 7. Indirizzo
 8. Mail
 9. Indirizzo
 10. Telefono
 11. Cellulare
- Dati secondari
 1. Stato civili
 2. Scolarità
 3. Cittadinanza
 4. ASL di competenza
 5. Attività lavorativa
 6. Caregiver (Nominativo, Contatto)

Dopo aver effettuato il salvataggio del paziente (che avrà un codice univoco autogenerato), sarà possibile inserire una nuova cartella clinica.

La cartella clinica associata al paziente è strutturata nel seguente modo:

1. **Accettazione:** viene specificata una data e ora di ingresso ed una o più diagnosi in ingresso del paziente (fino a 4).
2. **SARC-F** lista dei test effettuati sul paziente ordinati per data ed ora di inserimento, nello specifico la tabella riepilogativa mostrerà, per ogni domanda del questionario (forza, assistenza del cammino, salire le scale, alzarsi da una sedia, cadute), il valore, insieme al totale di riferimento (in rosso se maggiore o uguale a 4). All'interno della stessa maschera è possibile inserire un nuovo test.
3. **Dati rilevazioni:** nel dettaglio viene visualizzata la lista di rilevazioni effettuate, ordinate per data ed ora di inserimento. La tabella riepilogativa è organizzata come segue:
 - a. **Data e ora rilevazione.**
 - b. **Parametro:** indica il parametro vitale misurato in base al tipo di protocollo scelto (protocollo standard, App Gateway, Elettromiografia CNR).
 - c. **Valore rilevato dalla misurazione.**
 - d. **Unità di misura:** differenziata per parametro misurato.
 - e. **Protocollo.**
 - f. **Utente:** paziente o medico che ha effettuato la rilevazione.

- g. **Download:** eventuali dati grezzi scaricabili mediante file testuale (valido per le rilevazioni effettuate mediante sensori biometrici diversificati tra CNR e App Gateway).
4. **Calcolo sarcopenia:** l'algoritmo permette un calcolo preliminare del grado di sarcopenia del paziente. I parametri in ingresso sono:
- a. **Sesso del paziente;**
 - b. **Sospetto clinico;**
 - c. **Totale test SARC-F;**
 - d. **Forza;**
 - e. **Elettromiografia;**
 - f. **Altezza;**
 - g. **Velocità** (calcolata come rapporto tra la distanza percorsa (5 metri) ed il tempo impiegato a percorrerla).
5. **Test MPI:** compilazione indice prognostico multidimensionale. Questo test sarà editabile sempre in base alla variazione clinica dello stato del paziente in oggetto.
6. **Terapia ospedaliera:** elenco terapie ospedaliere assegnate al paziente, nello specifico:
- a. **Farmaco;**
 - b. **ATC;**
 - c. **Posologia;**
 - d. **Confezione;**
 - e. **Inizio e fine terapia.**
7. **Scheda dimissione ospedaliera:** si divide in due maschere:
- a. **Dati dimissione:** Possibile specificare data dimissione, giorni degenza (calcolati in base alla data ricovero), modalità ed esito dimissione.
 - b. **Diagnosi in uscita.**
8. **Terapia domiciliare:** questa maschera è consultabile anche dall'app gateway e permette al medico di definire una specifica terapia per il paziente, divisa in: terapia farmacologica, dieta, esercizi, prossimo controllo, accertamenti, ulteriori informazioni.

2.2. App Gateway

La seconda app implementata, da utilizzare su smartphone connessi al dispositivo indossabile, funge da app-gateway per la rilevazione di alcuni parametri utili alla misurazione della sarcopenia per un determinato paziente, nello specifico:

- EMG;
- Velocità;
- Forza.

Il device si collega direttamente al microcontrollore tramite protocollo Bluetooth classico attraverso un canale per la trasmissione dei dati.

Per lo sviluppo mobile dell'app gateway è stato utilizzato il framework Flutter open-source per la creazione di interfacce native Android e IOS (linguaggio di programmazione Dart). Pattern architetturale (BLOC):

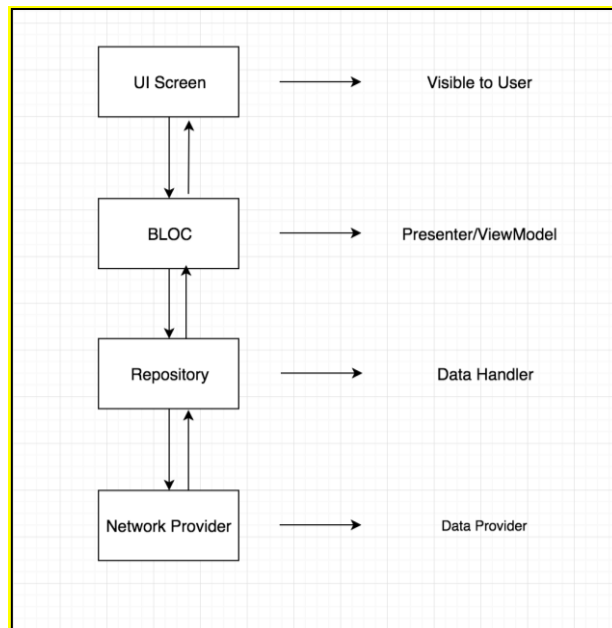
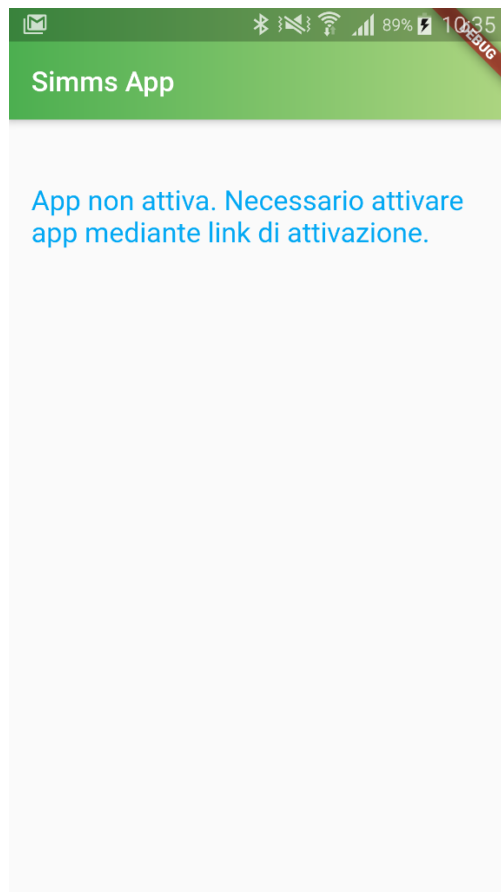


Figura 2. BLOC pattern per Flutter.

Funzionalità principali dell'app sono:

- Comunicazione mediante micro servizi REST per trasmissione dati sulla piattaforma web.
- Implementazione di base di Flutter per Bluetooth classico (solo RFCOMM).
- Invio di notifiche push: nello specifico il paziente verrà notificato di un eventuale modifica o creazione di una terapia giornaliera.

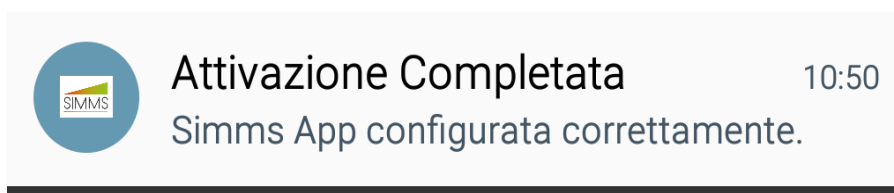
L'installazione dell'app prevede un'attivazione preliminare mediante deep-link che sarà generato direttamente dalla web app per ogni paziente.



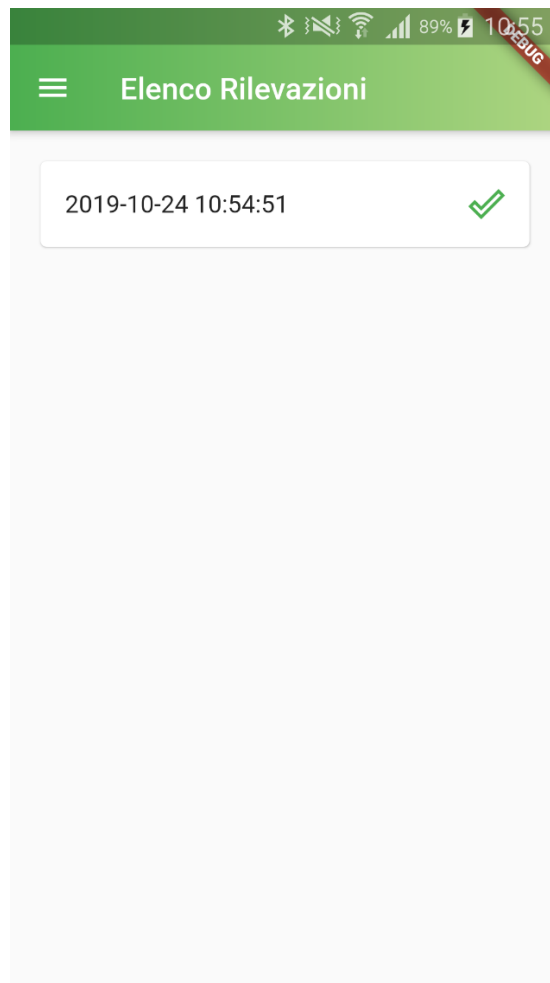
Mediante link di attivazione vengono memorizzati i seguenti dati:

- **Token:** necessario per l'autenticazione a tutti i servizi.
- **URL:** indirizzo server di riferimento della web-app.
- **Informazioni paziente:** informazioni basilari del paziente: nome, cognome, codice fiscale, email.

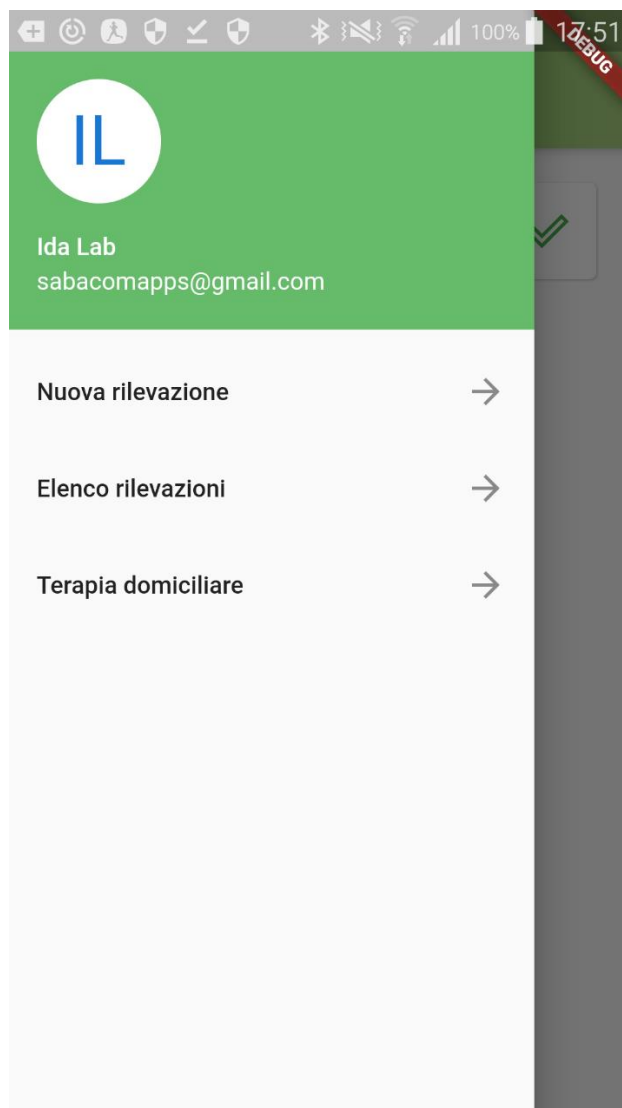
Una notifica avviserà l'utente della registrazione.



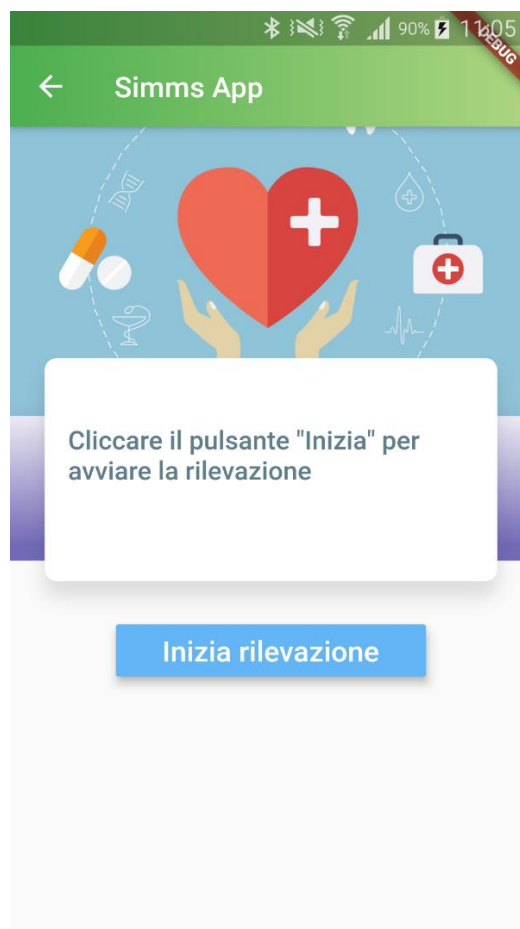
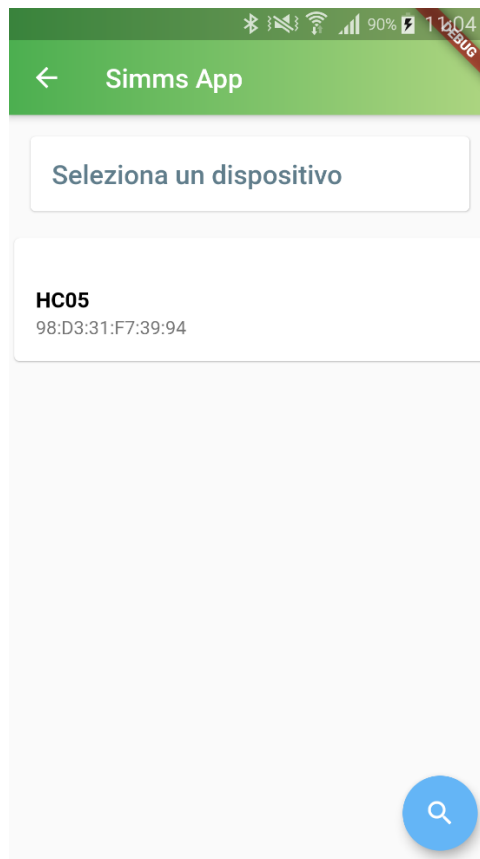
L'home page dell'app presenta lo storico delle rilevazioni effettuate dal paziente comprensive di data:



Il paziente può effettuare una nuova rilevazione dei parametri mediante wizard selezionando la voce di menu "Nuova rilevazione":



Per iniziare una rilevazione è necessario selezionare il dispositivo Bluetooth precedentemente associato e successivamente iniziare una nuova rilevazione:



Le rilevazioni vengono eseguite nel seguente ordine:

- EMG.
- Velocità.
- Forza.

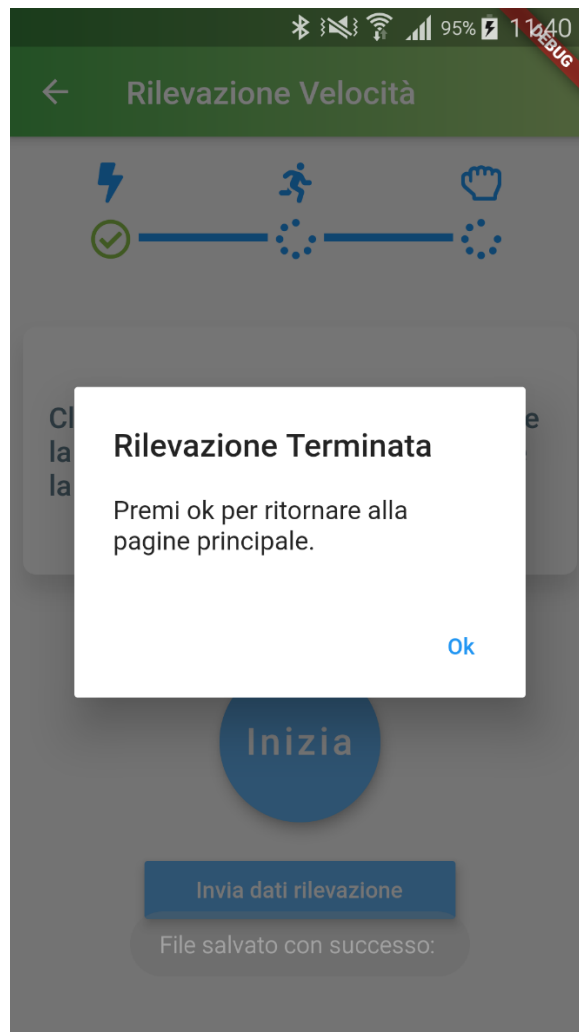
Per iniziare il campionamento dei dati è necessario premere il pulsante “Inizia” e attendere la connessione con il microcontrollore per lo screening dei valori rilevati.



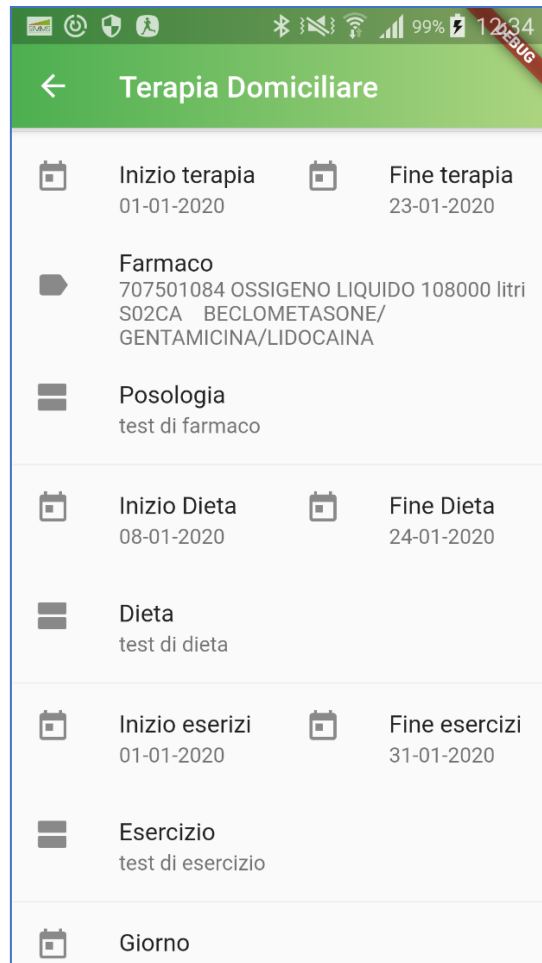
Premendo il pulsante “Stop”, in caso di esito positivo, viene salvata la rilevazione corrente all’interno del device in attesa di essere inviata al server al completamento della procedura guidata.



Lo step finale è l'invio delle rilevazioni effettuate alla web-app che si occuperà di elaborarle in seguito.



È possibile poi visionare la terapia domiciliare inserita dal medico direttamente sull'app. Ad ogni aggiornamento, il paziente viene avvisato tramite una notifica push.



3. Progettazione e sviluppo delle componenti di integrazione

3.1. Ricezione dati da dispositivo indossabile

In questa fase sono state definite le modalità di comunicazione tra le componenti del sistema costituito da: dispositivo indossabile, applicazione gateway, sistema di back-end, applicazione front-end. In particolare, è stato definito e dettagliato il formato (JSON) con il quale vengono scambiate le informazioni tra dispositivo indossabile e applicazione gateway e tra quest'ultima e il sistema di back-end. È stata poi testata in laboratorio l'integrazione tra dispositivo indossabile e applicazione gateway al fine di testare la comunicazione tramite Bluetooth tra le due componenti e di verificare che lo scambio dei dati rispettasse il formato stabilito.

La tecnologia utilizzata per la trasmissione dei file si basa sul protocollo REST, che permette una veloce trasmissione dello streaming dei dati (nello specifico, invio dati tramite MultiPart). È possibile salvare i file con le rilevazioni per paziente, anche effettuando il download dei file direttamente dal front-end. La modalità di trasmissione dati è la seguente. Il paziente o il medico (nel caso in cui il paziente non sia autosufficiente) effettua un login sull'app gateway mediante un codice di attivazione generato dall'app. Appena loggato sull'app è possibile effettuare una o più rilevazioni (EMG, velocità, forza). Nello specifico:

- Selezione dall'app del dispositivo biometrico (HC05, HC06);
- Collegamento tramite Bluetooth;
- Inizio/stop rilevazione;
- Invio file rilevazioni sul server.

L'inizio e lo stop saranno definiti dal paziente/medico. Al termine della specifica rilevazione verrà salvato un file testuale con i dati in streaming appena trasmessi.

Queste operazioni possono essere effettuate anche con il dispositivo offline, l'unico requisito è che il dispositivo Bluetooth sia acceso e correttamente collegato.

Il formato di trasmissione per lo scambio dei dati da client a server verrà codificato tramite JSON e verranno creati dei modelli di dati opportuni che, a partire dal JSON di risposta, saranno opportunamente visualizzati.

Il plugin utilizzato per la comunicazione con il device esterno sfrutta un'interfaccia che, tramite protocollo seriale, comunica con un adattatore HC-06/HC-05. Le funzionalità sono:

- Monitoraggio dello stato dell'adattatore.
- Accensione e spegnimento dell'adattatore.
- Rilevamento del dispositivo (e richiesta di rilevabilità).
- Elencare i dispositivi collegati e associarne di nuovi.
- Connessione a più dispositivi contemporaneamente.
- Invio e ricezione di dati mediante streaming.

FCM (Firebase Cloud Messaging) è stato utilizzato come soluzione per la messaggistica e per inviare notifiche push agli utenti senza doversi preoccupare del codice del server.



La modalità di salvataggio dei dati è suddivisa in due step principali:

- Acquisizione dati mediante connessione e streaming dati Bluetooth.
- Invio server rilevazioni effettuate.

È possibile salvare lo streaming dei dati in un file txt. I files saranno divisi per tipologia di rilevazione:

- EMG, forza, velocità. L'inizio e la fine della rilevazione sono effettuati manualmente mediante interazione dell'utente.

Al termine dell'ultimo step è possibile inviare i file mediante chiamata REST, multi-part.

La modalità di rilevazione può essere anche offline (assenza di connettività); in questo caso, i file saranno salvati all'interno del device.

3.2. Ricezione dati da dispositivo EMG

Verranno richiamati due end-point differenti:

- Dati grezzi: Invio file zip, estrazione file e salvataggio massivo dei dati grezzi.
- Features: invio dati elaborati divisi per tipologia di sonda.

La procedura di memorizzazione dei dati provenienti dal CNR-IMM viene distinta in due parti:

- **Memorizzazione dati grezzi:** alla fine di ogni elaborazione viene inviato un file zippato che contiene lo streaming dei dati elaborati, codificato secondo uno specifico formato che permette di trasformare lo streaming in una rilevazione effettiva. Per ogni set di dati trasmesso viene visualizzata una riga che mostra la media dello streaming, con la possibilità di scaricare i dati grezzi completi mediante download del file.
- **Memorizzazione features:** rappresentano i valori di media, massimo, minimo, media matematica e varianza, calcolati sulla intera sessione, delle seguenti feature: Co-Contraction Index (CCI), Waveform Length (WL), Integrated EMG (IEMG).

Per ogni trasmissione effettuata è necessario passare anche il codice fiscale del paziente in modo da poter agganciare le rilevazioni ad uno specifico paziente.

Riferimenti bibliografici

1. <https://www.btsbioengineering.com/it/>, last accessed 2020/07/28.
2. Phinyomark, A., Chujit, G., Phukpattaranont, P., Limsakul, C., Huosheng, H.: 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)*, 9th International Conference 1(4), 16-18 (2012).
3. Chorin, F., Cornu, C., Beaune, B., Frère, J., Rahmani, A.: Sit to stand in elderly fallers vs non-fallers: new insights from force platform and electromyography data. *Aging Clin Exp Res.* 28(5), 871-879 (2016).
4. Arduino Nano, <https://www.arduino.cc/en/uploads/Main/ArduinoNanoManual23.pdf>, last accessed 2020/07/27.
5. MyoWare Muscle Sensor v3 Datasheet, <https://cdn.sparkfun.com/assets/a/3/a/f/a/AT-04-001.pdf>, last accessed 2020/07/27.
6. HX711 Load Cell Amplifier Datasheet, https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/ForceFlex/hx711_english.pdf, last accessed 2020/07/27.
7. MPU-6050 Datasheet, <https://invensense.tdk.com/wp-content/uploads/2015/02/MPU-6000-Datasheet1.pdf>, last accessed 2020/07/27.
8. Addante, F., Gaetani, F., Patrono, L., Sancarlo, D., Sergi, I., Vergari, G. An Innovative AAL system based on IoT Technologies for Patients with Sarcopenia. *Sensors* 19(22), 4951 (2019).
9. HC-06 Datasheet, <https://www.olimex.com/Products/Components/RF/BLUETOOTH-SERIAL-HC-06/resources/hc06.pdf>, last accessed 2020/07/27.