RdS
RICERCA DI SISTEMA

ENEA
AGENZIA NAZIONALE PER LE NUOVE TECNOLOGIE, L'ENERGIA E LO SVILUPPO ECONOMICO SOSTENIBILE

MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA SICUREZZA ENERGETICA

Ricerca di Sistema elettrico

Avvio CER: Prototipo indossabile per il Robot Pepper per implementare servizi di Assisted Living (LA1.9)

Prof. Vincenzo Bonaiuto

TOR VERGATA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ROMA

RdS_PTR 22-24_PR1.7_LA1.9_324

Avvio CER: Prototipo indossabile per il Robot Pepper per implementare servizi di Assisted Living

LA 1.9 - Avvio CER: Prototipo indossabile per il Robot Pepper per implementare servizi di Assisted Living

Prof. V. Bonaiuto / Dipartimento Ingegneria Industriale – Università di Roma Tor Vergata

Dicembre 2024

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica - ENEA Piano Triennale di Realizzazione 2022-2024

Obiettivo: Decarbonizzazione

Progetto: Tema di ricerca 1.7 – Tecnologie per la penetrazione efficiente del vettore elettrico negli usi finali

Linea di attività: LA1.9

Responsabile del Progetto: Claudia Meloni, ENEA

Responsabile del Work Package: Angelo Frascella, ENEA

Responsabile Linea di Attività: Prof. Vincenzo Bonaiuto, Università di Roma Tor Vergata

Mese inizio previsto: 13

Mese inizio effettivo: 13

Mese fine previsto: 36

Mese fine effettivo: 36

Il presente documento descrive le attività di ricerca svolte all'interno dell'Accordo di collaborazione:
Prototipo indossabile per il Robot Pepper per implementare servizi di Assisted Living

Indice

1 Risultati attesi 4
2 Risultati ottenuti 5
3 Prodotti attesi 6
4 Prodotti sviluppati 7
4.1 Progetto meccanico e realizzazione supporto pulsossimetro 7
4.2 Progetto driver interfaccia pulsossimetro 7
4.3 Sviluppo del driver per la gestione dei movimenti del robot nella gestione del pulsossimetro 7
5 Analisi degli scostamenti su attività e risultati 9
6 Sintesi delle attività svolte 10
7 Dettaglio delle attività svolte 11
7.1 Servizio di Assisted Living implementato 11
7.2 Identificazione del dispositivo di misura 12
7.3 Progetto meccanico del supporto 12
7.3.1 Progetto della stampa 3D 13
7.3.1.1 Progetto della vaschetta per l'alloggiamento del pulsossimetro 13
7.3.1.2 Progetto bracciale 13
7.4 Progetto del protocollo di comunicazione fra controllo, robot e paziente 14
7.1 Progetto dell'interfaccia utente 15
7.1.1 Interfaccia utente visuale su tablet 15
7.1.2 Interfaccia utente vocale e gestuale 16
7.2 Archiviazione 16
7.2.1 Panoramica dell'architettura 16
8 Contributo delle eventuali consulenze alle attività sopra descritte 18
9 Pubblicazioni scientifiche 19
10 Eventi di disseminazione 20

Indice delle figure

Figura 1 – Pulsossimetro posizionato sul supporto e montato sul braccio destro del robot 7
Figura 2 - Robot Pepper - United Robotics Group - Germany 11
Figura 3 – Pulsossimetro modello FR-500G-B (Jumper – Cina) 12
Figura 4 – Progetto per stampa 3D del supporto del pulsossimetro: bracciale 13
Figura 5– Robot Pepper e pulsossimetro FR-500G-B 13
Figura 6 – Protocollo di comunicazione fra sistema di controllo – robot – paziente..... 14
Figura 7– Interfaccia visuale mostrata sul tablet 15

1 Risultati attesi

L'oggetto delle attività di ricerca riguarda la realizzazione di un prototipo indossabile per il Robot Pepper per creare servizi innovativi per l'uso efficiente e in sicurezza delle risorse elettriche e per l'Assisted Living mediante l'ampliamento delle funzionalità di un robot antropomorfo messo a disposizione dall'ENEA (Robot Pepper – United Robotics Group - Germany), aggiungendo cioè della nuova sensoristica alla dotazione di fabbrica.

I risultati attesi dall'attività di ricerca riguardano l'integrazione di sensori per la rilevazione diretta di alcuni parametri biologici di interesse clinico quali un pulsossimetro che il robot metterà a disposizione della persona per valutare il suo livello di saturazione dell'ossigeno del sangue e la frequenza cardiaca. I dati clinici raccolti saranno mostrati al paziente e archiviati in un prototipo di database relazionale installato su piattaforma cloud per la consultazione asincrona da parte del personale autorizzato: medico competente, caregivers, altro personale sanitario afferente a strutture cliniche, etc.

Deliverable del progetto è un rapporto tecnico sull'attività svolta ed il prototipo del dispositivo indossabile per il robot Pepper, completo di driver e software di gestione.

2 Risultati ottenuti

Lo scopo dell'attività di ricerca è dimostrare come alcune attività di monitoraggio di parametri clinici possano essere eseguite con successo da robot. A titolo di esempio si è voluto realizzare una misura di pulsossimetria su paziente, una misura effettuata di routine in strutture ospedaliere o residenze per anziani per rilevare la frequenza cardiaca e stimare il livello di saturazione periferica dell'ossigeno del sangue.

Le attività svolte hanno permesso di realizzare un prototipo indossabile per il robot antropomorfo Pepper, che gli permettesse di effettuare in modo autonomo una misura di pulsossimetria su paziente. È stato pertanto integrato, mediante un apposito supporto da montare sull'avambraccio del robot, un pulsossimetro provvisto di collegamento wireless Bluetooth e sono quindi stati realizzati tutti i driver software necessari per il controllo del dispositivo, la gestione dei movimenti del robot per proporre il dispositivo al paziente, la gestione della misura e la sua archiviazione su apposita cartella clinica disponibile all'interno di un prototipo di un database relazionale installato su piattaforma cloud.

Il sistema è stato provato con successo all'interno dei laboratori di ENEA Casaccia.

Il sistema sviluppato è dimostrato di essere in grado di gestire, in completa autonomia, alcuni esami clinici di routine (ad es. all'interno di una residenza per anziani) permettendo ad operatori umani, altrimenti impiegati negli stessi compiti, di essere utilizzati in altri compiti a più alto livello di complessità.

3 Prodotti attesi

Rapporto tecnico sull'attività svolta e prototipo del dispositivo indossabile per il robot Pepper, completo di driver e software di gestione. In particolare

- Progetto del supporto meccanico per alloggiare il pulsossimetro e renderlo disponibile al paziente.
- Progetto del driver software con le funzioni per il controllo remoto del pulsossimetro attraverso collegamento wireless Bluetooth e la lettura dei dati clinici misurati.
- Progetto del driver software con le funzioni per il movimento del braccio destro del robot dove è montato il supporto del pulsossimetro
- Progetto di un prototipo di database relazionale per la gestione delle cartelle cliniche
- Progetto dei driver per l'archiviazione del dato misurato su cloud

4 Prodotti sviluppati

4.1 Progetto meccanico e realizzazione supporto pulsossimetro

Progetto del supporto meccanico per alloggiare il pulsossimetro e renderlo disponibile al paziente. Il disegno è stato realizzato con software per progetto meccanico per essere realizzato mediante stampa 3D materiale PLA (Acido Polilattico) poliestere, derivato dalla condensazione dell'acido lattico. Il supporto, mostrato in Figura 1 è stato realizzato in due parti:

- un alloggiamento a forma di vaschetta rettangolare per il posizionamento del pulsossimetro
- un bracciale da montare sull'avambraccio del robot mediante una cinghia provvista di velcro e dove montare l'alloggiamento del pulsossimetro.

Il prodotto atteso è il prototipo stampato e i file in formato STL e GCode necessari per la stampa 3D.

Figura 1 – Pulsossimetro posizionato sul supporto e montato sul braccio destro del robot

4.2 Progetto driver interfaccia pulsossimetro

Progetto del driver software con le funzioni per il controllo remoto del pulsossimetro attraverso collegamento wireless Bluetooth e la lettura dei dati clinici misurati.

Il driver è provvisto delle funzioni per permettere la comunicazione con il paziente per

- Illustrare al paziente le modalità per l'esecuzione della misura
- Fornire al paziente il report della misura
- Memorizzare nella cartella clinica del paziente disponibile su piattaforma Cloud il referto della misura

4.3 Sviluppo del driver per la gestione dei movimenti del robot nella gestione del pulsossimetro

Progetto del driver software con le funzioni per il movimento del braccio destro dove è montato il supporto del pulsossimetro per proporre il dispositivo al paziente che deve eseguire la misura. In particolare, il robot dovrà eseguire un movimento di flessione e di abduzione (rispettivamente di 90° e circa 45°) del braccio destro e ruotando l'avambraccio in modo da posizionare il pulsossimetro in posizione orizzontale.

Il prodotto della ricerca, come indicato sul capitolato, è rappresentato da

- Il rapporto tecnico sull'attività svolta

- Il prototipo del dispositivo indossabile per il robot Pepper, completo di driver e software di gestione della misura.
- Manuale d'uso
- File per la stampa 3D del progetto meccanico in formato STL e GCode
- Progetto di un prototipo di database relazionale per la gestione delle cartelle cliniche installato su piattaforma cloud

5 Analisi degli scostamenti su attività e risultati

Non vi sono stati scostamenti, sia per quanto riguarda le attività che i risultati ottenuti, rispetto a quanto indicato nel capitolato.

6 Sintesi delle attività svolte

L'oggetto delle attività svolte è il progetto e la realizzazione di un sistema prototipo per permettere alla piattaforma robotica antropomorfa (Robot Pepper) l'ampliamento delle proprie funzionalità operative in ambiente di Assisted Living mediante l'integrazione hardware e software di un pulsossimetro per la misura della frequenza cardiaca e del livello di saturazione periferica dell'ossigeno del sangue). Lo strumento è composto da una pinza dove il paziente deve inserire l'ultima falange di un dito della mano.

Una volta individuato il modello di pulsossimetro con caratteristiche utili allo scopo, è stato disegnato e realizzato mediante stampa 3D un supporto dove alloggiarlo che potesse essere montato sul braccio del robot.

Sono stati quindi progettati

- I driver software per la gestione del pulsossimetro e la lettura della misura
- I driver software per la gestione del tablet dove mostrare le istruzioni al paziente e fornirgli un feedback immediato sul risultato della misura
- Un prototipo di database per la gestione di cartelle cliniche su cloud dove archiviare il risultato della misura
- I driver di comunicazione per archiviare nell'apposita cartella clinica il risultato delle misure

7 Dettaglio delle attività svolte

L'oggetto delle attività di ricerca svolte è stato il progetto e la realizzazione di un sistema prototipale per permettere ad una piattaforma robotica di tipo antropomorfo l'ampliamento delle proprie funzionalità operative in ambiente di Assisted Living per creare servizi innovativi permettendo altresì un uso efficiente ed in sicurezza delle risorse elettriche.

La macchina messa a disposizione da ENEA che è stata utilizzata per la sperimentazione è il robot Pepper (United Robotics Group - Germany). Si tratta di una macchina alta 120 cm e peso 28kg in grado di muoversi grazie a tre ruote motorizzate e che presenta un'autonomia di operazioni che può raggiungere le 12 ore. È in grado di svolgere diverse tipologie di missioni grazie all'ampia gamma di sensori e componenti hardware di cui dispone e che gli consentono di percepire l'ambiente e di comunicare efficacemente via wireless con sistemi di controllo esterni. Tra le caratteristiche particolari di questo robot è possibile evidenziare il suo particolare design e la disponibilità di un tablet posto all'altezza del petto (Figura 2) che gli permettono di avere un alto grado di accettabilità da parte dell'utente e di essere utilizzato con successo in applicazioni di Assisted Living.

Figura 2 - Robot Pepper - United Robotics Group - Germany

L'integrazione con il robot ha richiesto sia la progettazione meccanica per la realizzazione di un supporto dove poter alloggiare il dispositivo, che il progetto software delle interfacce per il suo controllo remoto, l'acquisizione della misura, la relativa comunicazione al paziente e l'archiviazione nella cartella clinica del paziente su cloud del dato misurato.

7.1 Servizio di Assisted Living implementato

Il servizio di Assisted Living che si è voluto implementare è quello di effettuare a misura di alcuni parametri vitali di un soggetto che si trova all'interno della sua stanza. La missione assegnata al robot è quindi quella di entrare nella stanza designata ed effettuare la misura della frequenza cardiaca (BPM), del livello di saturazione dell'ossigeno (SpO_2) ed il tracciato PPG (fotopletismografia). Per effettuare tali misure è possibile utilizzare un pulsossimetro, uno strumento, cioè, che permette di ottenere una stima rapida e sufficientemente accurata del livello di saturazione periferica dell'ossigeno del sangue (un indicatore della percentuale di emoglobina satura di ossigeno) utilizzando un metodo a basso costo e non invasivo che effettua misurazioni sulla superficie della pelle.

La stima del livello di saturazione periferica dell'ossigeno del sangue è ottenuta attraverso l'utilizzo di un dispositivo ottico emettitore a due componenti (rosso e infrarosso) e un fotodiodo. È quindi in grado di misurare l'intensità luminosa assorbita dall'emoglobina e

trasmessa attraverso i tessuti ottenendo un valore proporzionale alla percentuale di emoglobina satura di ossigeno presente nel sangue. Lo strumento, nella sua versione portatile, si presenta come una pinza all'interno della quale il paziente deve inserire l'ultima falange di un dito della mano. Come misure accessorie tali dispositivi sono in genere in grado di fornire anche il valore di frequenza cardiaca, l'intensità della pulsazione e, in alcuni dei modelli più recenti, è anche possibile visualizzare la curva del pletismogramma che può essere utilizzata per rilevare le variazioni di volume del sangue a livello microvascolare dei tessuti.

In questo contesto, le attività svolte dal Dipartimento di Ingegneria Industriale hanno riguardato il progetto meccanico, hardware e software e sua realizzazione di un prototipo indossabile da parte del robot utili all'esecuzione della misura di SpO_2 e BPM su un paziente.

7.2 Identificazione del dispositivo di misura

Dopo accurata ricerca, è stato individuato un dispositivo per pulsossimetria provvisto di collegamento wireless di tipo Bluetooth e con adeguata disponibilità di librerie software utili alla sua integrazione all'interno della sensoristica del robot. Il dispositivo scelto è il FR-500G-B (Jumper – Cina): un dispositivo di dimensioni 58x32x32.9 mm e peso 50.4 g che viene alimentato a batteria (Figura 3). Il produttore dichiara un'accuratezza nella misura del SpO_2 del ± 2% (nel range 70 – 99 %) e di ± 2 BPM per la misura della frequenza cardiaca (nel range 25 – 250 BPM). In particolare, è stato scelto il modello di colore nero per creare un contrasto maggiore con il braccio robotico, di colore bianco, e migliorare la sua visibilità da parte del paziente.

Figura 3 – Pulsossimetro modello FR-500G-B (Jumper – Cina)

7.3 Progetto meccanico del supporto

Per poter utilizzare il pulsossimetro sono state analizzate diverse possibili soluzioni per quello che riguarda diverse strategie utili a proporre il dispositivo al paziente e organizzare la procedura di misura. Sono state analizzate diverse modalità operative in funzione del posizionamento del pulsossimetro sul robot ed è stata scelta quella che ha soddisfatto le seguenti specifiche:

- garantire un sufficiente livello di ergonomicità per quello che riguarda la posizione del dispositivo rispetto al soggetto da monitorare
- consentire una complessità ridotta per quanto riguarda la movimentazione del braccio del robot
- garantire un sufficiente livello di stiffness da parte dei motori del robot interessati per poter assicurare un adeguato livello di supporto al peso della mano del soggetto durante la misura (per un tempo dell'ordine di qualche decina di secondi).

Sulla base delle valutazioni effettuate sulle varie possibili soluzioni, si è scelto di posizionare il dispositivo sulla parte anteriore del braccio destro del robot utilizzando un braccialetto, appositamente disegnato e realizzato mediante stampa 3D, fissato su di esso mediante una cinghia come mostrato in Figura 1. Il robot dovrà, raggiunto il paziente, eseguire un movimento

di flessione e di abduzione (rispettivamente di 90° e circa 45°) del braccio destro e ruotando l'avambraccio in modo da posizionare il pulsossimetro in posizione orizzontale.

7.3.1 Progetto della stampa 3D

È stato disegnato, utilizzando un software per progettazione meccanica, il supporto per assicurare il pulsossimetro al braccio del robot. Il progetto è stato suddiviso in sue parti distinte per agevolare il processo di stampa 3D: un alloggiamento a forma di vaschetta rettangolare ed un bracciale da posizionare sul braccio del robot e dove montare tale vaschetta.

7.3.1.1 Progetto della vaschetta per l'alloggiamento del pulsossimetro

La prima parte è costituita dall'alloggiamento a forma di vaschetta rettangolare. Il dimensionamento del pezzo è stato realizzato a partire dalla geometria del pulsossimetro garantendo che non fosse presente alcun ostacolo al movimento della parte superiore della pinza e che non vi fosse alcun impedimento nel posizionamento della falange del dito, all'interno della pinza, sul sensore ottico. Un apposito incasso, delle dimensioni della parte superiore del bracciale e realizzato sulla sua faccia inferiore, permetterà il suo ancoraggio nella corretta posizione. Il pulsossimetro dovrà essere quindi inserito all'interno della vaschetta e fissato, sulla sua base inferiore, mediante nastro biadesivo.

7.3.1.2 Progetto bracciale

La seconda parte è costituita dal bracciale, mostrato in Figura 4, che dovrà essere assicurato al braccio del robot. Il pezzo è stato dimensionato sulla geometria, a forma di tronco di cono, dell'avambraccio del robot e presenta, sulla parte superiore, un'asola per permettere il passaggio di una cinghia provvista di velcro per il suo fissaggio.

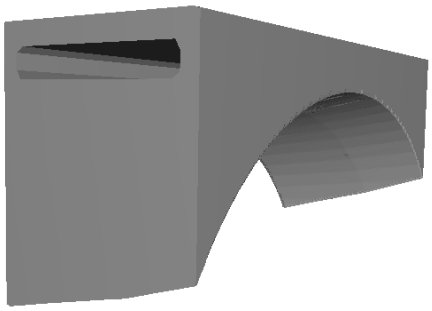

Figura 4 – Progetto per stampa 3D del supporto del pulsossimetro: bracciale

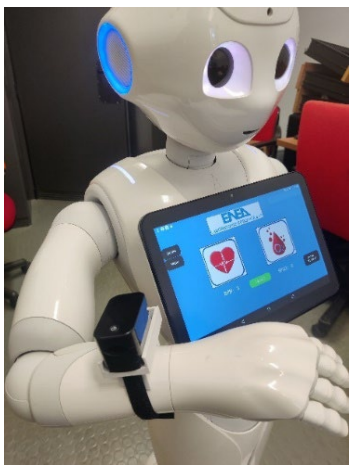

Figura 5– Robot Pepper e pulsossimetro FR-500G-B

Il peso totale pulsossimetro più bracciale (vaschetta, cinghia, ecc.) è risultato sufficientemente limitato da non rendere necessaria alcuna modifica della matrice di inerzia del robot.

7.4 Progetto del protocollo di comunicazione fra controllo, robot e paziente

Nel caso il sistema di controllo ritenga di dover effettuare la misura su un paziente, o se quest'ultimo chiama il robot per effettuarla inizia la procedura di misura. Per la sua gestione è stato progettato un protocollo di comunicazione fra il sistema di controllo, il robot ed il paziente che opera come mostrato in Figura 6.

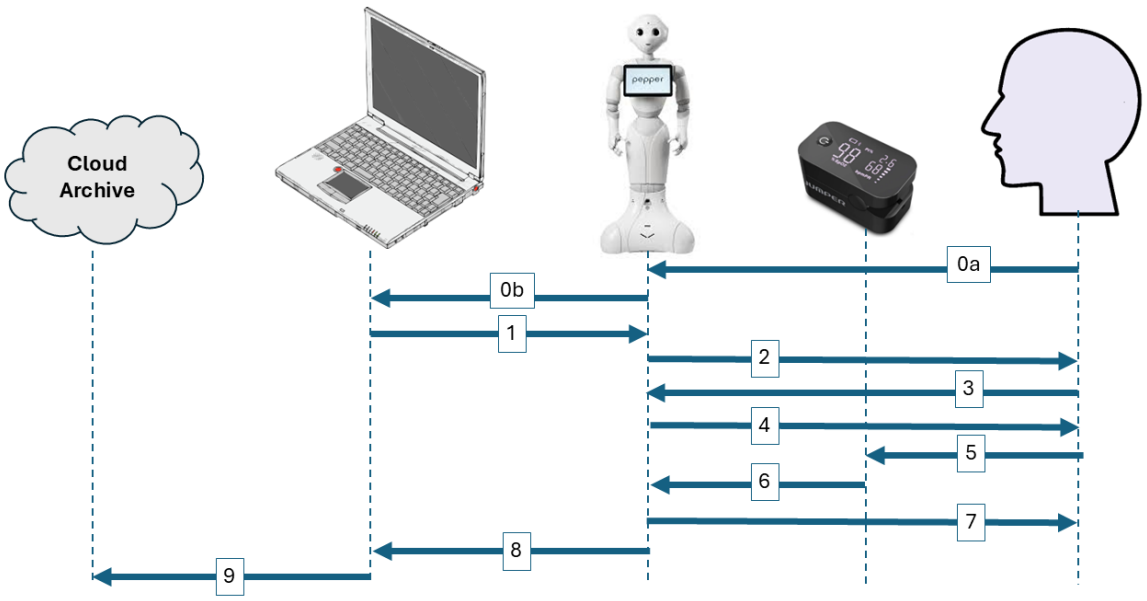

Figura 6 – Protocollo di comunicazione fra sistema di controllo – robot – paziente

Nel caso il processo sia innescato dall'intervento del paziente (0a), la richiesta viene passata al sistema di controllo (0b) che inizia la procedura di misura inviando il comando al robot e chiedendogli di effettuare la misura (1). Una volta raggiunto il paziente da misurare all'interno della sua stanza, il robot Pepper, dopo averlo identificato (ad esempio mediante riconoscimento facciale), lo ingaggia scegliendo, in base alla profilazione, il tipo di interfaccia utente da utilizzare e procede salutarlo e ad invitarlo ad effettuare la misura mediante messaggio vocale (2). Il paziente esprime il proprio consenso ad effettuarla (3) mediante interfaccia visuale o messaggio vocale che viene elaborato dal robot. Il robot inizia la procedura e fornisce al paziente le istruzioni riguardo le operazioni da eseguire (4) e sposta il braccio destro verso il paziente proponendo ad esso il dispositivo di misura. Il paziente inserisce il dito nel pulsossimetro e preme il bottone presente su di esso per iniziare la misura (5). Terminata la misura, il pulsossimetro invia il relativo risultato al robot (6). questo verifica, dal valore letto che il dispositivo sia stato inserito correttamente e, in caso affermativo, lo comunica al paziente (7) che viene invitato a rimuovere il dito dal pulsossimetro. Il dato viene contemporaneamente formattato, memorizzato nella memoria interna del robot e inviato al computer centrale (8) per essere inviato alla piattaforma Cloud (9) per la sua archiviazione. Nel caso la misura non sia andata a buon fine, viene chiesto al paziente di ripeterla.

Durante questo processo, il robot ha coinvolto l'individuo in un dialogo pre-programmato per mantenere un'atmosfera amichevole e interattiva e fornendo una breve interpretazione del risultato della misura: ad esempio spiegando al paziente se i valori rilevati rientrano o meno in un intervallo normale.

7.1 Progetto dell'interfaccia utente

Per la comunicazione robot-paziente è stata progettata un'interfaccia che fa uso sia di messaggi visuali/testuali, utilizzando il tablet posto all'altezza del petto del robot, che messaggi vocali mediante il sistema audio del robot. Scopo di tale interfaccia è di fornire al paziente, mediante descrizione audio e immagini, tutte le indicazioni necessarie per poter effettuare correttamente la misura come, ad esempio, le modalità di inserimento del dito nella pinza del pulsossimetro, la posizione del bottone per far partire la misura, ecc.

7.1.1 Interfaccia utente visuale su tablet

Il progetto della grafica è stato implementato per guidare il paziente nell'esecuzione della misura e per fornire un feedback immediato e di facile interpretazione sul risultato della stessa. Alcune schermate di tale interfaccia sono mostrate in Figura 7.

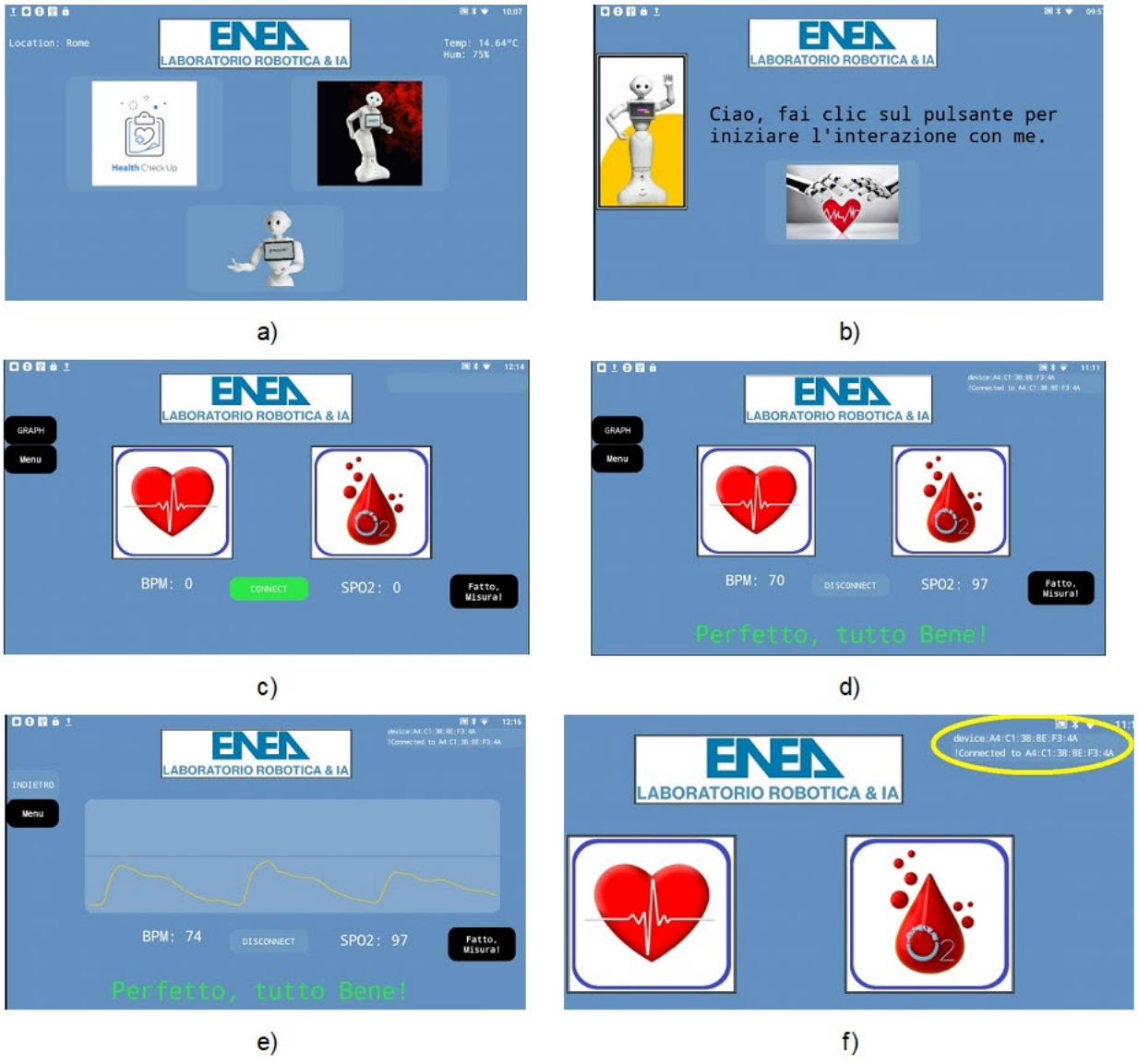

Figura 7– Interfaccia visuale mostrata sul tablet

In particolare, la Figura 7.a mostra il menu home che il paziente visualizza prima di iniziare la procedura di misura, mentre in Figura 7.b e Figura 7.c sono mostrate, rispettivamente, la

schermata del sottomenu per aprire la connessione wireless con il pulsossimetro e quella di conferma di avvenuta connessione con il dispositivo. In Figura 7.d è mostrata la schermata nella quale viene comunicato al paziente che la misura è stata eseguita correttamene ed il risultato della stessa riportando i valori sia della frequenza cardiaca rilevata che la misura del livello di SPO_2. Insieme a tali valori viene anche fornito al paziente un breve commento sull'esito della stessa. Infine, la schermata illustrata in Figura 7.e mostra il tracciato PPG della misura.

7.1.2 Interfaccia utente vocale e gestuale

È stato progettato e realizzato il driver per la gestione dell'interfaccia utente realizzata mediante comandi vocali e gestuali. Per quello che riguarda la parte di comandi vocali sono stati definiti alcuni semplici comandi vocali con i quali il paziente può interagire con il robot. Per la comunicazione robot paziente sono stati invece descritte le operazioni che il paziente dovrà eseguire per effettuare la misura utilizzando un linguaggio semplice e con un sufficiente livello di dettaglio. Nella maggior parte delle situazioni la stessa descrizione è accompagnata da messaggi presenti sull'interfaccia visuale.

7.2 Archiviazione

Al termine della misura, il robot provvede ad archiviare i dati clinici in modo sicuro all'interno della propria memoria e ad aggiornare la cartella clinica del paziente sulla piattaforma cloud appositamente progettata consentendo al personale sanitario autorizzato di accedervi per analizzarle in una fase successiva. Questo doppia procedura di archiviazione garantisce sia la disponibilità immediata del dato che la sua accessibilità a lungo termine per il monitoraggio clinico.

Un archivio di cartelle cliniche basato su cloud deve essere progettato seguendo le normative previste per ottenere l'archiviazione delle informazioni sanitarie sensibili garantendone la gestione sicura.

7.2.1 Panoramica dell'architettura

Il sistema è costituito dai seguenti componenti principali:

- Interfaccia utente (servizi di front-end) in grado di garantire, con diverso livello di autorizzazione, l'accesso e la gestione delle cartelle cliniche da parte di medici, pazienti e personale amministrativo implementando un controllo degli accessi basato sui ruoli per garantire che solo il personale autorizzato possa visualizzare o modificare le informazioni sensibili.
- Servizi back-end: gestiscono l'autenticazione, l'autorizzazione e l'elaborazione dei dati
- Archiviazione in cloud: memorizzazione in modo sicuro (mediante crittografia) dei dati contenuti all'interno delle cartelle cliniche (dati strutturati e non strutturati come immagini e referti).
- Livello API: per consentire una comunicazione sicura tra il front-end, il back-end e il cloud storage per aggiungere, recuperare, aggiornare o eliminare specifiche cartelle cliniche.
- Database: database relazionale per dati strutturati (metadati del paziente, storia clinica, ecc.)
- Livello di sicurezza: effettuare il controllo degli accessi ai dati archiviati, garantirne la sicurezza e la trasmissione mediante crittografia in conformità con le normative previste dal regolamento europeo 2016/679 in materia di protezione dei dati personali (GDPR - General Data Protection Regulation).

- Audit e registrazione: tenere traccia di tutti gli accessi e dello storico delle modifiche alle cartelle cliniche.

Il manuale che descrive in dettaglio il software realizzato e il progetto dei pezzi meccanici realizzati mediante stampa 3D è disponibile nella repository di Progetto.

8 Contributo delle eventuali consulenze alle attività sopra descritte

Non è stato necessario fare uso di consulenze esterne per realizzare le attività descritte nel presente report.

9 Pubblicazioni scientifiche

Non sono state realizzate pubblicazioni scientifiche nell'ambito della LA.

10 Eventi di disseminazione

Non sono stati realizzati eventi di disseminazione nell'ambito della LA.