



Ricerca di Sistema elettrico

Ricerca sui sistemi portatili per il rilevamento dei parametri fisici di interesse medico e loro interfaccia utente

Vincenzo Bonaiuto

RICERCA SUI SISTEMI PORTATILI PER IL RILEVAMENTO DEI PARAMETRI FISICI DI INTERESSE MEDICO E LORO INTERFACCIA UTENTE

Vincenzo Bonaiuto (Dipartimento Ingegneria Industriale – Università di Roma Tor Vergata)

Settembre 2017

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico – ENEA

Piano Annuale di Realizzazione 2016

Area: Efficienza energetica e risparmio di energia negli usi finali elettrici e interazione con altri vettori energetici

Progetto: D.6 Sviluppo di un modello integrato di smart district urbano

Obiettivo: b. Sistemi e servizi smart per edifici

Responsabile del Progetto: Claudia Meloni, ENEA

Il presente documento descrive le attività di ricerca svolte all'interno dell'Accordo di collaborazione *“Attività di ricerca dal titolo: “Ricerca sui sistemi portatili per il rilevamento dei parametri fisici di interesse medico e loro interfaccia utente”*

Responsabile scientifico ENEA: Dott. Andrea Zanela

Responsabile scientifico Università di Roma Tor Vergata: Prof. Vincenzo Bonaiuto

Indice

SOMMARIO.....	4
1 INTRODUZIONE	6
2 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ SVOLTE E RISULTATI.....	8
2.1 ESAMI DIAGNOSTICI DI ROUTINE	9
2.2 STATO DELL'ARTE SU, SISTEMI INTEGRATI, DISPOSITIVI E PIATTAFORME HARDWARE PER E-HEALTHCARE	14
2.2.1 <i>Progetti di e-healthcare</i>	15
2.2.2 <i>Sistemi portatili per la rilevazione di parametri biomedicali</i>	16
2.2.2.1 ViSi Mobile (Sotera Wireless – USA)	16
2.2.2.2 Vital Sign Tracker (Hammacher Schlemmer & CO – NY USA)	16
2.2.2.3 OneTouch Verio Flex™ (LifeScan Italia).....	17
2.2.2.4 CardioSenseSystem (Novosense AB – Svezia).....	17
2.2.2.5 HappyMed (T4A Srl – Italia)	18
2.2.2.6 iMediLogger – ENOBIO - ibioSAQ (itie Knowledge Solutions – India)	19
2.2.2.7 MySignals (Libelium – Spagna)	20
2.2.2.8 Biomedical Data Acquisition System (E-TrolZ – USA).....	22
2.2.2.9 BioRadio™ (Great Lakes NeuroTechnologies – USA)	22
2.2.2.10 BITalino (r)evolution Board Kit BT (PLUX – Wireless Biosignals – Portogallo)	23
2.2.2.11 Stand-alone BioNomadix Wireless Systems.....	25
2.2.2.12 OPMS (Online Patient Monitoring System – Vista-Innovation – Thailandia)	25
2.3 RIEPILOGO	26
3 STUDIO DELL'INTERFACCIA UTENTE	27
3.1 SPECIFICHE DI UN'INTERFACCIA UTENTE DEDICATA PERSONE ANZIANE	27
3.1.1 <i>Relazioni sociali</i>	29
3.1.2 <i>Caratteristiche generali del dispositivo di interfaccia</i>	29
3.1.3 <i>Specifiche per mancanza di esperienza pregressa nell'uso di strumenti tecnologici</i>	29
3.1.4 <i>Specifiche in caso di interfaccia testuale</i>	30
3.1.5 <i>Specifiche per un interfaccia Audio/Video</i>	30
3.1.6 <i>Specifiche per un'interfaccia Touch screen</i>	30
4 CONCLUSIONI.....	31
4.1 SCELTA DEL SISTEMA DI ACQUISIZIONE DI SEGNALI BIOMEDICI PIÙ ADATTO ALLA SPERIMENTAZIONE.....	31
4.2 DEFINIZIONE DELLE SPECIFICHE PER L'INTERFACCIA UTENTE	33
5 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	35
6 ABBREVIAZIONI ED ACRONIMI.....	36
CURRICULUM SCIENTIFICO DEL GRUPPO DI LAVORO	37

Sommario

Le attività previste nell'ambito del presente accordo di collaborazione riguardano lo studio di sistemi di "Assisted Living" per il supporto, all'interno della propria abitazione, a persone per le quali le patologie tipiche dell'avanzare dell'età o una eventuale disabilità portano spesso a perdere la propria autosufficienza.

In particolare, gli obiettivi dell'attività del Dipartimento di Ingegneria Industriale (DII) dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata" sono:

- 1: Analisi sullo stato dell'arte di sistemi portatili per il rilevamento di parametri di interesse medico e, in particolare, realizzare un'approfondita indagine sulle caratteristiche sia hardware che software di tali sistemi che renda efficace la loro integrazione all'interno di un sistema domotico che caratterizza una "smart home". La ricerca è stata effettuata sia su sistemi già presenti sul mercato che in fase di studio nell'ambito della ricerca tecnologica.
- 2: Studio delle tipologie di interfaccia utente di tali sistemi di rilevamento che siano di semplice utilizzo, cioè adeguate ad un'utenza composta da persone che possono presentare problematiche motorie, della percezione o semplicemente, per descriverla con termine medico, presentano una progressiva diminuzione della "capacità omeostatica" naturale conseguenza dell'avanzare dell'età.

In primo luogo, in accordo con ENEA, sono stati individuati i parametri clinici più importanti che il sistema deve essere in grado di misurare e, di conseguenza, le caratteristiche principali che deve possedere il sistema elettronico che dovrà essere utilizzato. Questa prima fase del lavoro ha portato ad individuare le seguenti caratteristiche del sistema:

- Portabilità sia in termini di ingombri limitati che di possibilità da parte del sistema di essere alimentato a batteria.
- Semplicità di accesso alle funzioni del sistema anche da parte di utenti non necessariamente specializzati.
- Ergonomia
- Facile integrabilità con altre tipologie di sensori di parametri di interesse medico sia collegabili direttamente al sistema via cavo, sia con collegamento di tipo wireless (verifica degli standard di comunicazione disponibili sul sistema in esame).
- Integrabilità con sistemi di *smart home* in termini di scambio dati con le altre tipologie di sensori presenti nel sistema domotico (verifica di compatibilità degli standard di comunicazione).

In particolare, è stata effettuata un'accurata ricerca bibliografica su sistemi ancora in fase di sviluppo in ambito accademico e sono stati, inoltre, studiati alcuni dei sistemi attualmente disponibili sul mercato e con caratteristiche tali da essere utilizzabili nel progetto. Nel corso della presente relazione tecnica saranno illustrate le principali caratteristiche di ciascuna delle piattaforme prese in considerazione e, inoltre, saranno valutate le rispettive potenzialità se utilizzate all'interno del sistema di *Assisted Living*. Risultato dell'analisi effettuata sarà l'individuazione della piattaforma hardware/software che è risultata più idonea alle caratteristiche del progetto.

1 Introduzione

I continui sviluppi tecnologici in ambito di *smart home* e la maturità raggiunta dalla tecnologia *IoT* (Internet of things) che rende sempre più diffusa disponibilità di oggetti di uso comune con capacità di connessione ad una rete dati [1-2] permette l'immaginazione di nuove applicazioni. La conseguente possibilità di essere, ove necessario (es. malati, disabili, ecc.), controllati da remoto e poter scambiare informazioni fra sensori e sistemi elettronici, rendono interessante la possibilità di attivare nuovi servizi in grado di fornire un utile supporto a persone che, per problemi dovuti a disabilità o semplicemente dovuti all'avanzare dell'età (diminuzione della "capacità omeostatica"), hanno necessità di essere frequentemente monitorate nei movimenti (es. cadute, disorientamento, fughe dalla propria abitazione frequenti in caso di demenza senile ecc.) e, spesso, di un frequente supporto sociale e/o sanitario [3].

Una *smart home* è caratterizzata dalla presenza di un'ampia gamma di sensori ambientali e di attuatori verso elettrodomestici o altri oggetti della casa (es. avvolgibili, tendaggi, illuminazione, ecc.) controllabili con apposite *app* su dispositivi mobili (tablet o smartphone) sia in locale che in remoto attraverso la rete internet che, a sua volta, presenta capacità di trasmissione anche di notevoli quantità di informazioni.

I sistemi che rendono il loro servizio reagendo sulla base di eventi e che sono integrati in modo non invasivo nel nostro ambiente quotidiano sono definiti come ambienti intelligenti (Aml – Ambient Intelligence Systems) e, in particolare, i sistemi che sono progettati per il supporto a persone con limitata autonomia sono definiti HCS (Home Care Systems) [4]. Tali sistemi sono strutture informatizzate installate all'interno della casa per fornire servizi di assistenza sociale (tele-care) e sanitaria (tele-health) e sono integrati agli altri servizi domotici presenti nell'abitazione.

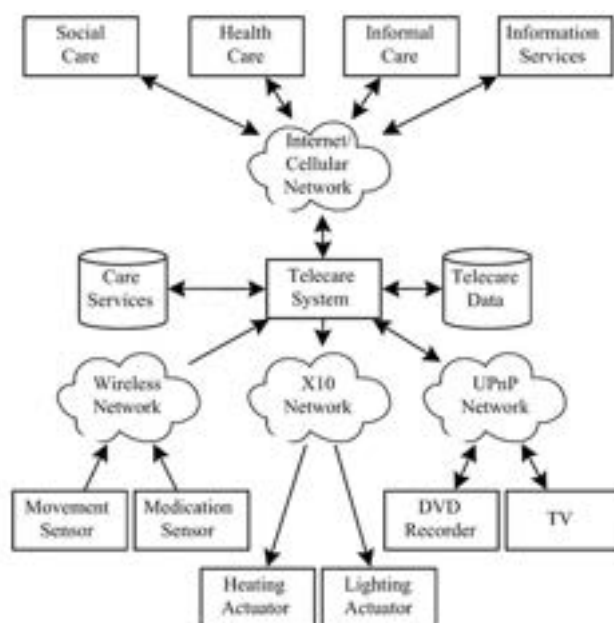


Figura 1. Struttura di un HCS [5]

L'obiettivo di una HCS è quindi quello di consentire alle persone assistite di vivere più a lungo nel loro ambiente preferito (la propria casa) mantenendo la propria indipendenza anche quando presentano handicap o malattie che ne vanno a ridurre la mobilità.

Come illustrato nella Figura 2, un HCS può essere grossolanamente strutturato tre diverse tipologie di supporto alla persona: servizi di assistenza di emergenza, servizi relativi al miglioramento dell'autonomia e in servizi di comfort.



Figura 2. Caratteristiche di un HCS

In questo ambito, si ritiene allora utile poter disporre di sistemi elettronici portatili in grado di fornire all'anziano il necessario supporto in molte delle attività quotidiane e, soprattutto, fornire loro un efficace ausilio in campo medico. L'idea è allora quella di utilizzare una rete di sensori, anche di tipo indossabile (WS – “wearable sensors”) per effettuare il necessario monitoraggio dell'anziano (o del disabile) e sfruttare le potenzialità di connessione (internet o cellulare) della rete dati domestica sia verso i dispositivi all'interno dell'abitazione (cablati o più spesso wireless) che verso l'esterno.

Inoltre, considerando il fatto che, molto spesso, le persone anziane presentano la frequente necessità di usufruire di esami diagnostici presso laboratori specializzati, con la presente attività di ricerca si vuole proporre la realizzazione di un sistema in grado di rendere possibile il controllo di routine di alcuni parametri fisici di interesse medico (es. pressione sanguigna, frequenza cardiaca, saturazione dell'ossigeno, glicemia, ecc.) e comunicarle direttamente al medico curante senza la necessità, da parte del paziente, di spostarsi dalla propria abitazione [6-7]. Il sistema dovrà essere in grado di guidare, in modo automatico, la persona ad una corretta esecuzione dell'esame diagnostico, acquisirne il risultato e memorizzarlo secondo opportune metodologie informatiche su apposite banche dati realizzate su “cloud”. Il medico curante sarà così in grado di esaminare i reperti diagnostici e comunicare direttamente al paziente, o ad eventuali

caregivers, la conferma o gli aggiornamenti del piano terapeutico sia in modalità testuale che in collegamento video remoto. Il medesimo approccio potrebbe essere utilizzato anche nel caso di terapie riabilitative che potrebbero essere effettuare, in questo modo, anche all'interno del proprio ambiente familiare dove il paziente potrebbe essere guidato da remoto nell'esecuzione della terapia e monitorato rispetto ai risultati raggiunti. Il sistema oggetto della presente sperimentazione sarà in grado quindi di supportare efficacemente il paziente con chiari benefici dal punto di vista psicologico, sia in termini di migliore qualità della vita e nel miglioramento del proprio livello di autostima.

Tale modus operandi sarà inoltre in grado di far risparmiare all'anziano molti degli spostamenti presso le strutture sanitarie ottenendo, allo stesso tempo, notevoli risparmi in termini economici anche da parte dello stesso servizio sanitario nazionale (SSN).

2 Descrizione delle attività svolte e risultati

La ricerca è partita dall'analisi dei principali esami diagnostici a cui sono generalmente sottoposti i pazienti con le caratteristiche precedentemente evidenziate. Per ciascuno degli esami individuati sono state verificate le tipologie di sensori e la strumentazione clinica comunemente utilizzata per la valutazione dello specifico parametro fisico. Per ciascun sensore/strumento sono state studiate le interfacce elettriche e i protocolli di comunicazione (ove disponibili) al fine di individuare i più adatti dal punto di vista di un'integrazione in un HCS.

È stata, quindi, effettuata una ricerca riguardo le piattaforme elettroniche, disponibili sul mercato, in grado di interfacciarsi con tali sensori e che dispongano di capacità di interconnessione con l'esterno ed in particolare con il sistema domotico della casa. È stato effettuato uno studio anche riguardo le piattaforme ancora oggetto di sola ricerca scientifica e non ancora commercializzate. Poiché lo scopo del progetto è la realizzazione di un sistema prototipo, tra le piattaforme individuate, sono state preferite quelle che presentano la caratteristica di essere strutture aperte, nel senso che rendono possibile eventuali modifiche del software (sono sistemi programmabili dall'utente) e permettono l'integrazione anche di ulteriori sistemi e/o sensori di parametri fisici di interesse medico.

In una seconda fase, è stato effettuato uno studio approfondito su diverse tipologie e caratteristiche di interfacce che meglio si possono adattare a facilitare la comunicazione con utenti che potrebbero non aver acquisito la necessaria manualità nell'uso di strumenti informatici complessi [8].

Il sistema di e-healthcare che dovrà essere sviluppato per poter iniziare la sperimentazione dovrà soddisfare le seguenti specifiche:

- Portabilità del sistema sia in termini di ingombri limitati che di possibilità di essere alimentato a batteria.
- Ergonomicità
- Facile integrabilità con altre tipologie di sensori di parametri di interesse medico sia collegabili direttamente al sistema via cavo, sia con collegamento di tipo wireless (verifica degli standard di comunicazione disponibili sul sistema in esame).
- Semplicità di accesso alle funzioni del sistema anche da parte di utenti non necessariamente specializzati.
- Integrabilità con sistemi di *smart home* in termini di scambio dati con le altre tipologie di sensori presenti nel sistema domotico (verifica di compatibilità degli standard di comunicazione).

2.1 Esami diagnostici di routine

Sulla base alle patologie caratterizzanti soggetti anziani (o disabili) sono stati individuati i principali esami diagnostici di routine a cui questi soggetti sono, generalmente, sottoposti (tabella 1):

Elettrocardiografia (ECG) a riposo e sotto sforzo	Spirometria
Misura della frequenza cardiaca	Frequenza respiratoria
Misura della pressione arteriosa	Elettromiografia superficiale (EMG)
Saturazione dell'ossigeno (quantità di ossigeno presente nel sangue – SPO ₂)	Peso corporeo
Galvanic Skin Response (GSR)	Analisi del movimento (accelerometria)
Misura della temperatura corporea	EEG (Elettroencefalografia)
Misura di glicemia (GLI)	Studio del sonno e del russamento
Coagulometria (misura INR)	

Tabella 1

- Elettrocardiografia a riposo e sotto sforzo: l'esame realizza la riproduzione grafica dell'attività elettrica cardiaca registrata mediante apposizione di elettrodi (vedi Fig. 3), in specifiche posizioni, sulla superficie del corpo. Due sono i test effettuati: a riposo e sotto sforzo (o dinamico). La

posizione dei sensori è la stessa nei due test: il primo è effettuato con il paziente immobile (generalmente su un lettino) mentre il secondo è realizzato, generalmente, in un ambiente clinico controllato, con il paziente in movimento ed è utilizzato per misurare la capacità del cuore di rispondere a segnali di stress fisico.



Figura 3. ECG: ViSi Mobile

- Misura della frequenza cardiaca: è il numero di battiti del cuore al minuto (bpm), è un esame più semplice rispetto all'elettrocardiogramma e può essere realizzato utilizzando lo stesso principio nel precedente esame (ma in numero decisamente minore di elettrodi) utilizzando, ad esempio una fascia applicabile intorno al torace, oppure utilizzando una tecnologia ottica per monitorare la pulsazione del sangue nelle vene. Tali sensori ottici sono molto diffusi e sono spesso integrati in orologi o bracciali utilizzati in ambito fitness per monitorare la prestazione sportiva.
- Misura della pressione arteriosa: è realizzata con uno strumento specifico (sfigmomanometro Fig.4). Fornisce come risultato due valori di pressione (in mmHg) noti come pressione sistolica e diastolica. La misura prevede di indossare, sul braccio un bracciale che viene gonfiato e, durante lo sgonfiamento, l'apparecchio è in grado di rilevare l'ampiezza e il gradiente delle oscillazioni pressorie e, in questo modo, ottenere la misura richiesta.



Figura 4. Misura pressione arteriosa: Bioradio System

- Saturazione dell'ossigeno: permette, in maniera non invasiva, di misurare la quantità di emoglobina legata nel sangue e, quindi, ottenere una stima della quantità di ossigeno presente nel sangue. La misura è effettuata, in modo non invasivo, utilizzando una tecnologia ottica (Fig. 5a e 5b) che impiega fasci di luce nel campo del rosso e dell'infrarosso e permette di calcolare la saturazione dell'ossigeno nel paziente (SpO_2).



Figura 5. Saturazione dell'ossigeno (SpO_2): a) Libelium System b) Bioradio System

- GSR: (galvanic skin response) si tratta di una semplice misura di conducibilità della pelle ed è realizzata mediante l'applicazione di due elettrodi ad esempio su due dita (Fig. 6a e 6b). Alcuni studi sostengono infatti che è possibile rilevare, in alcuni istanti, una conducibilità elettrica maggiore in concomitanza di stimoli, fisiologicamente eccitanti, sia esterni che interni. Rilevando tale fenomeno è allora possibile ottenere indicazioni indirette riguardo la risposta emotiva del soggetto. Il fenomeno è inoltre correlato al livello di attenzione ed alla memoria.



Figura 6. GSR (Galvanic Skin Response): a) Seeed Technology Co., Ltd., b) OBMS

- Misura della temperatura corporea: è misurata mediante termometro. Sono disponibili sensori elettronici di temperatura che forniscono in uscita segnali sia analogici che digitali.
- Misura di glicemia: è un test per misurare la quantità di glucosio nel sangue ed è realizzata mediante uno specifico strumento (il glucometro Fig. 7) che effettua l'analisi di una goccia di

sangue prelevato da un vaso capillare in genere ottenuto mediante la puntura del polpastrello di un dito. Sono stati recentemente sviluppati dispositivi in grado di realizzare la misura senza richiedere il prelievo di sangue.



Figura 7. Misura di glicemia: Libelium System

- Coagulometria: è un test per la determinazione rapida del valore di INR (International Normalized Ratio) relativo alla misura del tempo di protrombina. Si tratta di un test utile in diverse patologie cardiache e nelle terapie post intervento cardiocirurgico in terapia anticoagulante orale (TAO) per tenere sotto controllo il livello di coagulazione del sangue.
- Spirometria: è il test più comune per valutare la funzionalità polmonare. È realizzata mediante un apposito strumento chiamato spirometro costituito da un boccaglio (Fig. 8a e 8b) all'interno del quale il paziente deve soffiare eseguendo una particolare sequenza di test.



a)



b)

Figura 8. Spirometria: a) Libelium System b) Bioradio System

- Frequenza respiratoria: è la misura della frequenza del respiro ed è realizzabile mediante spirometro, o più semplicemente mediante dispositivi, recentemente sviluppati, che fanno uso di tecnologia ottica [9] e che prevedono la loro installazione su fasce da applicare al torace (Fig. 9) oppure su particolari magliette realizzate con tessuti di tipo conduttivo.



Figura 9. Frequenza respiratoria: BioNomadix BIOPAC System

- Elettromiografia superficiale: è un esame strumentale che fornisce informazioni sulla funzionalità dei nervi periferici e dei muscoli scheletrici. È realizzato mediante l'applicazione di appositi elettrodi sull'arto sul quale si vuole effettuare l'indagine (Fig. 10a e 10b). Esistono numerosi sistemi di acquisizione in grado di fornire un'uscita analogica o digitale da cablare, mediante un opportuno cavo in ingresso alla piattaforma elettronica. Sono disponibili sul mercato anche sistemi dotati di trasmissione wireless.

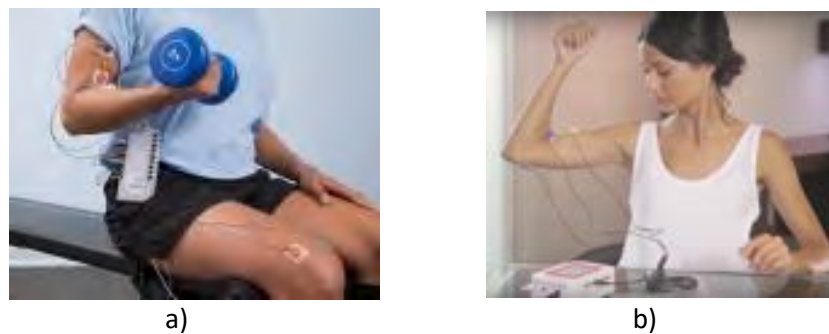


Figura 10. EMG: a) BioRadioSystem b) Libelium My Signals

- Analisi del movimento: la misura della postura e del movimento umano è un parametro molto importante per molte applicazioni mediche e diagnostiche. Questa tipologia di sensori è utile per l'analisi del movimento volontario delle diverse articolazioni nel corpo e le principali applicazioni sono i sistemi per l'analisi del cammino (Gait Analysis) o della posizione (es. in piedi o seduti, supini, proni, a sinistra o a destra). È spesso anche utilizzata, ad esempio, per rilevare la caduta di persone anziane. È realizzata mediante l'uso di piattaforme inerziali (IMU – Inertial movement Unit) realizzate in tecnologia MEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems) a 6 o 9 gradi di libertà (DoF – Degree of Freedom) applicando tali sensori sulla schiena del paziente in posizione livello L4-L5 mediante una cintura. Tali sistemi sono costituiti da un accelerometro, un giroscopio e un magnetometro (9 DoF) ciascuno triassiale mediante i quali è possibile effettuare un'analisi del movimento del paziente.
- EEG: è l'esame che misura l'attività elettrica del cervello attraverso degli elettrodi posizionati sullo scalpo (Fig.11a). Il sistema sensori è costituito da un caschetto in plastica dal quale fuoriescono elettrodi che si applicano sullo scalpo, simmetricamente sulle due metà del capo, secondo un posizionamento standard.

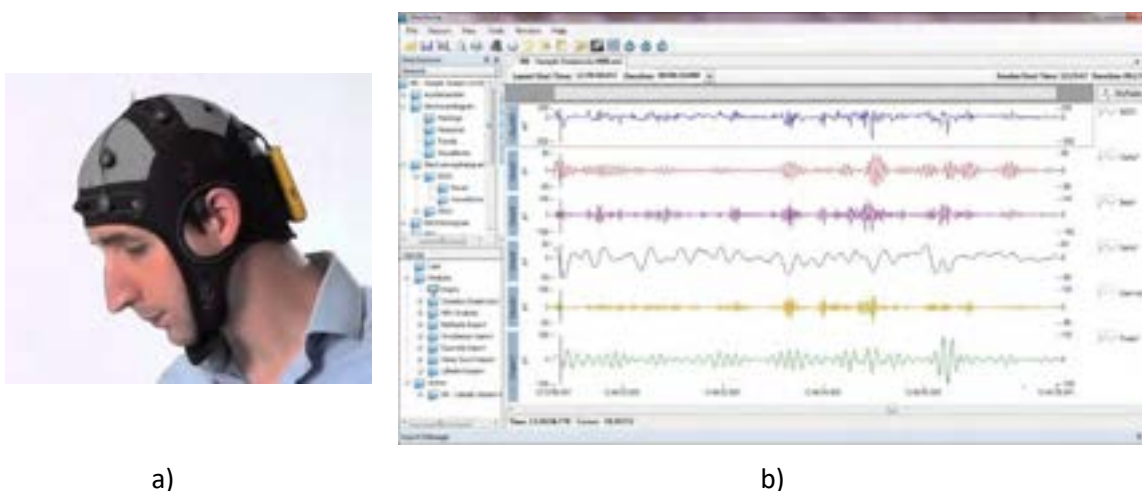


Figura 11. EEG a) iMediLogger System; b) BioRadio Wireless EEG Software Analysis Tools

- Sensore del sonno e del russamento (SR): è l'esame utilizzato per monitorare il sonno e, in particolare, la presenza di russamento e apnee notturne. Sono basati su sensori di pressione applicati sulle narici (Fig. 12) o sulla bocca che misurano l'intensità del respiro oppure mediante sensori piezoelettrici in grado di rilevare il livello sonoro del russamento.



Figura 12. Sensore del sonno e del russamento (SR): OBMS

2.2 Stato dell'arte su, sistemi integrati, dispositivi e piattaforme hardware per e-healthcare

La ricerca effettuata sullo stato dell'arte di sistemi nell'ambito dell'e-healthcare ha portato all'individuazione di progetti regionali, di sistemi integrati e di singoli dispositivi per il monitoraggio di specifici parametri vitali. Alcuni di tali sistemi sono commercialmente disponibili mentre altri sono solo in fase di sviluppo. Nei seguenti paragrafi verranno descritti in dettaglio i risultati ottenuti da questa ricerca iniziando con la descrizione di alcuni progetti sviluppati negli ultimi anni.

2.2.1 Progetti di e-healthcare

Progetto Nuvola IT – Home Doctor (TIM)

È un servizio di telemedicina elaborato e sviluppato dal Gruppo Telecom Italia che, già nel 2009, ha iniziato, in collaborazione con l'Ospedale Molinette di Torino, una sperimentazione su 40 pazienti (Fig.13).

Il servizio consente pazienti affetti da patologie croniche la possibilità di monitorare alcuni parametri fisiologici: peso corporeo, pressione arteriosa, frequenza cardiaca, saturazione dell'ossigeno ematico (Saturazione dell'ossigeno SPO₂), glicemia, spirometria, elettrocardiogramma, temperatura corporea, ecc. Le misure sono effettuate in casa e trasmesse, attraverso il telefono cellulare, al sistema centrale.

I pazienti, in base ai piani stabiliti dal medico, ricevono sul proprio cellulare messaggi di promemoria sulle misure da effettuare. Appositi dispositivi portatili rilevano i parametri richiesti e inviano le informazioni attraverso la rete cellulare e in modo automatico. [11-12]

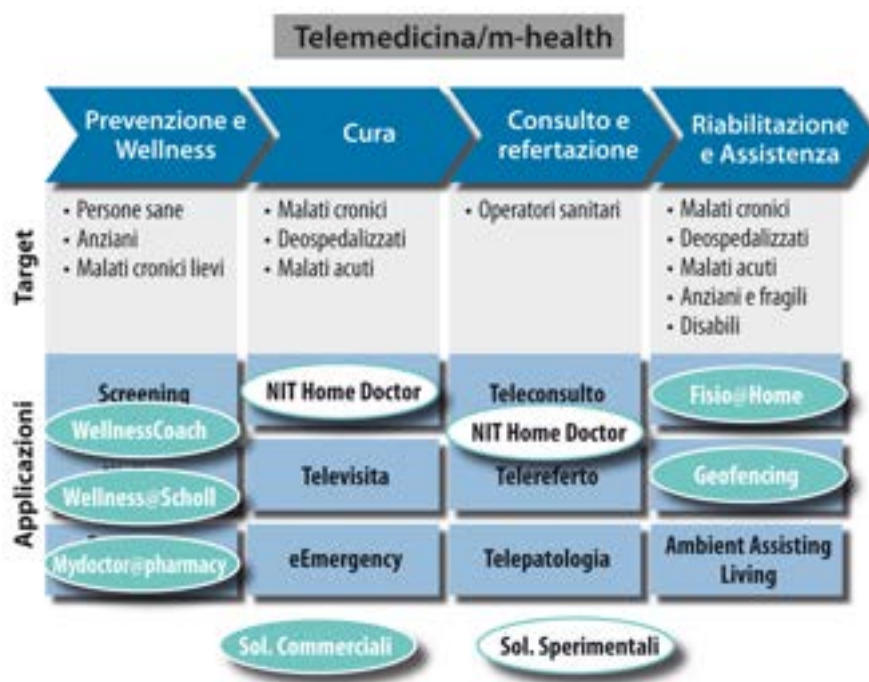


Figura 13. Home Doctor TIM

Progetto P-PSAFA (Regione Piemonte)

È un progetto, finanziato dalla regione Piemonte nel 2015, che si propone fornire soluzioni tecnologiche e servizi a supporto della persona al proprio domicilio facilitandone l'interazione con le strutture diagnostiche, socio-assistenziali, riabilitative, ecc. Il progetto si propone di realizzare il controllo in remoto

di specifici parametri vitali (saturazione dell'ossigeno, pressione arteriosa, glicemia e peso) e della condizione sociale degli utenti osservati. La sperimentazione ha riguardato 30 soggetti, perlopiù donne, di età superiore ai 75 anni. [13]

Progetto ICE-T (International Centres of Excellence – TeleHealth – Inghilterra)

Il progetto, sviluppato da alcune università inglesi, mira all'identificazione e lo sviluppo di nuove opportunità di mercato nel settore della teleassistenza e di indirizzare opportunità di implementazione verso i fornitori di servizi di teleassistenza. L'analisi è stata effettuata concentrandosi in primo luogo sui bisogni degli utenti. In particolare le università coinvolte si sono occupate di gestione degli ambienti (Università del Kent), impostazioni domiciliari (Stoke Mandeville Hospital) e luoghi di lavoro (Università di Southampton) [14].

2.2.2 Sistemi portatili per la rilevazione di parametri biomedicali

2.2.2.1 ViSi Mobile (Sotera Wireless – USA)



Figura 14. ViSi Mobile [15]

È una piattaforma per il monitoraggio di parametri vitali che permettono al medico, soprattutto in ambiente ospedaliero, di rimanere in contatto con i propri pazienti sia a letto che durante il trasporto o nel corso delle visite ambulatoriali (Fig.14a e 14b). Il sistema è in grado di effettuare il monitoraggio di molti dei parametri di interesse: ECG, frequenza cardiaca e respiratoria, saturazione dell'ossigeno (SPO_2), pressione arteriosa e temperatura corporea.

2.2.2.2 Vital Sign Tracker (Hammacher Schlemmer & CO – NY USA)

È un monitor digitale (mostrato in Fig. 15) che presenta dimensioni molto ridotte (si può tenere nel palmo di una mano) ed è in grado di misurare cinque parametri vitali chiave nelle patologie cardiache e polmonari

(ECG, la frequenza cardiaca, saturazione dell'ossigeno (SpO_2), la pressione arteriosa sistolica e la temperatura corporea). I risultati sono visualizzati su uno schermo LCD e il dispositivo è in grado di memorizzare oltre cento letture. È utilizzabile anche con un'App per smartphone (tecnologia Bluetooth) che è in grado anche di inviare i risultati degli esami al medico curante.



Figura 15. Vital Sign Tracker [16]

2.2.2.3 OneTouch Verio Flex™ (LifeScan Italia)

È un sistema (Fig. 16) per il monitoraggio della glicemia in campioni di sangue capillare prelevato dal polpastrello. È dotato di un sistema di trasmissione Bluetooth che permette la visualizzazione del risultato del test mediante un app su smartphone e quindi anche la trasmissione del reperto clinico al medico curante.



Figura 16. OneTouch Verio Flex [17]

2.2.2.4 CardioSenseSystem (Novosense AB – Svezia)

Il sistema è composto da due elementi, il sensore CardioPatch® (Fig. 17a) ed un'unità ricevente chiamata CardioBase® (Fig. 17b). L'idea è quella di misurare un ECG in modalità wireless utilizzando unità usa e getta

a basso costo. il sensore CardioPatch® è una unità completamente integrata contenente elettrodi, amplificatore ECG, trasmettitore radio e può essere applicato al corpo mediante un adesivo di tipo standard idrogel utilizzato per le misurazioni dell'ECG (nello stesso modo del sistema tradizionale).



Figura 17. CardioSenseSystem: a) CardioPatch® b) CardioBase®[18]

2.2.2.5 HappyMed (T4A Srl – Italia)

È un sistema integrato (Fig. 18), sviluppato in collaborazione con l'Università degli Studi di Siena, per il monitoraggio remoto di parametri fisiologici di interesse clinico in ambiente domiciliare, assistito o meno. È controllabile attraverso un'App disponibile su dispositivi Android (smartphone e tablet).



Figura 18. HappyMed [19]

I valori dei parametri misurati sono resi disponibili sia al paziente per una consultazione on line che da remoto dal medico curante. È provvisto di sistemi di trasmissione per connettività ADSL, Wi-Fi, 3G e satellitare. Inoltre, sono integrabili con il sistema, in modalità wireless, ulteriori strumenti per la misura del peso, la pressione arteriosa, la glicemia, il colesterolo, trigliceridi, SpO₂, capacità polmonare (spirometria) ed ECG.

2.2.2.6 iMediLogger – ENOBIO - ibioSAQ (itie Knowledge Solutions – India)

Sono tre sistemi sviluppati dalla Itie Knowledge Solutions [20]:

- iMediLogger: è un sistema di acquisizione portatile multicanale che comprende 4 canali EMG e 1 canale di ECG (Fig. 19).



a)



b)

Figura 19. iMediLogger: a) il Sistema b) un particolare dell'hardware

- ENOBIO: è un sistema di sensori elettrofisiologici wireless per la registrazione di EEG (fino a 32 canali Fig. 20) e permette la fedele riproduzione di segnali EEG, EOG (Elettro-oculografia), EMG, ECG, QEEG (Quantitative EEG) e GSR (Galvanic Skin Response).



Figura 20. ENOBIO: a) il Sistema b) un particolare dell'hardware

- **ibioSAQ** (Biomedical Signal Acquisition & Analysis System): è un sistema (Fig. 21) sviluppato in LabVIEW (National Instruments) per l'acquisizione e l'analisi in tempo reale di ECG, EMG, EEG e EOG (Elettro-oculografia). Un software fornito con il sistema permette di analizzare i segnali acquisiti mediante l'applicazione di appositi filtri, l'analisi in frequenza mediante FFT (Fast Fourier Transform) e, mediante particolari algoritmi, il rilevamento di QRS.

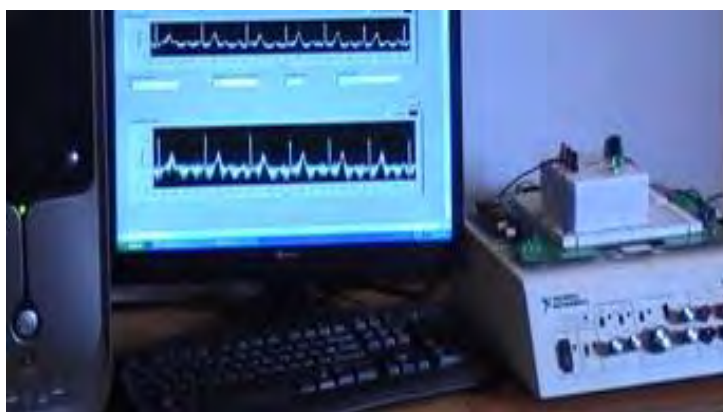


Figura 21. **ibioSAQ**

2.2.2.7 MySignals (Libelium – Spagna)

È un vero e proprio sistema di sviluppo per dispositivi medici e applicazioni eHealthcare. È possibile infatti utilizzare MySignals per sviluppare applicazioni eHealthcare mediante un'interfaccia web e permette (nella versione HW 2) di aggiungere altri sensori sviluppati da terze parti (o sviluppati in proprio) per la creazione di nuovi dispositivi medici.



a)



b)

Figura 22. Libelium MySignals: a) Unità centrale b) accessori [21]

Il sistema (mostrato in figura 22a) consente, con i sensori messi a disposizione nel kit (Fig. 22b), la misura oltre 20 parametri biometrici come frequenza cardiaca, la respirazione, la misura di SpO₂, la pressione arteriosa sistolica e la temperatura corporea, ECG, EMG, i livelli di glucosio, GSR, la capacità polmonare, lo studio del sonno, la posizione del paziente (mediante accelerometria), il flusso d'aria e altri parametri del corpo umano (es. peso corporeo, massa ossea, grasso corporeo, massa muscolare, acqua, grasso, tasso metabolico basale e indice di massa corporea, ecc.). È basato sul microcontrollore ATmega2560 a 16MHz. Non è certificato come dispositivo medico e può quindi essere utilizzato esclusivamente per attività di laboratorio didattiche e di ricerca.

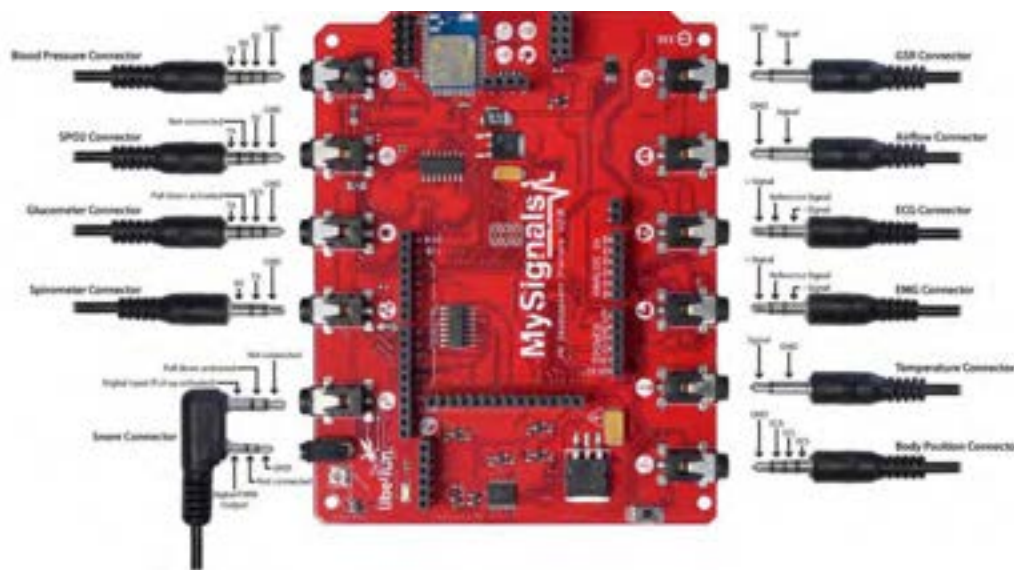


Figura 23. Libelium MySignals HW 2: particolare dell'hardware del sistema

I dati acquisiti possono essere visualizzati utilizzando tre diverse modalità:

- Modalità standalone: utilizzando, in modalità touch, lo schermo integrato nel dispositivo.
- Modalità smartphone: utilizzando un App per dispositivi mobili (disponibile sia per Android che iOS).
- Modalità Web: connettendosi al Cloud tramite un browser Web o utilizzando l'App

Il sistema MySignals è un sistema chiuso, nel senso che non è collegabile ad altri sensori se non quelli forniti con il kit. È però disponibile una versione “aperta” della scheda (MySignals HW v2 – Fig.23) che permette di utilizzare ulteriori sensori eventualmente sviluppati in modo custom.

2.2.2.8 Biomedical Data Acquisition System (E-TrolZ – USA)

È un registratore portatile (Fig. 24) disponibile fino a 64 canali sviluppato per il monitorare ECG, EEG, temperatura corporea, SPO₂ e accelerometria. Il sistema permette l'acquisizione ad una frequenza di campionamento massima di 64 KHz a 16bit (massimo 2 KHz per canale). È disponibile un collegamento con un PC host (USB2.0 Full speed e RS232) per la visualizzazione in tempo reale dei risultati ed è programmabile con la suite Microsoft Visual Studio SDK. Sono inoltre disponibili API (Application Programming Interface) completamente integrate ed una interfaccia per il software MATLAB.



Figura 24. Biomedical Data Acquisition System E-TrolZ [22]: a) esterno e b) particolare dell'hardware del sistema

2.2.2.9 BioRadio™ (Great Lakes NeuroTechnologies – USA)

È un dispositivo biomedico portatile (Fig. 25) con canali programmabili per l'acquisizione di un notevole gruppo di segnali fisiologici umani (ECG, EMG, EEG, Frequenza respiratoria, SpO₂, GSR, pressione arteriosa, spirometria, temperatura corporea, ecc.).

Il sistema permette la registrazione del tracciato di tali strumenti su una memoria interna o la trasmissione wireless (tecnologia Bluetooth) verso un PC esterno. È fornito, inoltre, di un tool che permette diverse elaborazioni dei segnali dedicate a studi clinici, laboratori di ricerca e/o didattici. È inoltre messo a disposizione un kit di sviluppo che permette di realizzare applicazioni in grado di trasmettere, in tempo reale, i dati acquisiti dal sistema.



Figura 25. Bioradio [23]: System and b) Respiration Kit

In particolare, è fornito un software di analisi dedicato (Experimenter BioRadio) che è un plugin di un software molto articolato (SciWorks – DataWave Technologies – USA) che permette, fra le altre cose, la registrazione wireless in tempo reale dei segnali dal sistema Bioradio e la loro successiva analisi. In figura 26 sono mostrate alcune finestre del software.

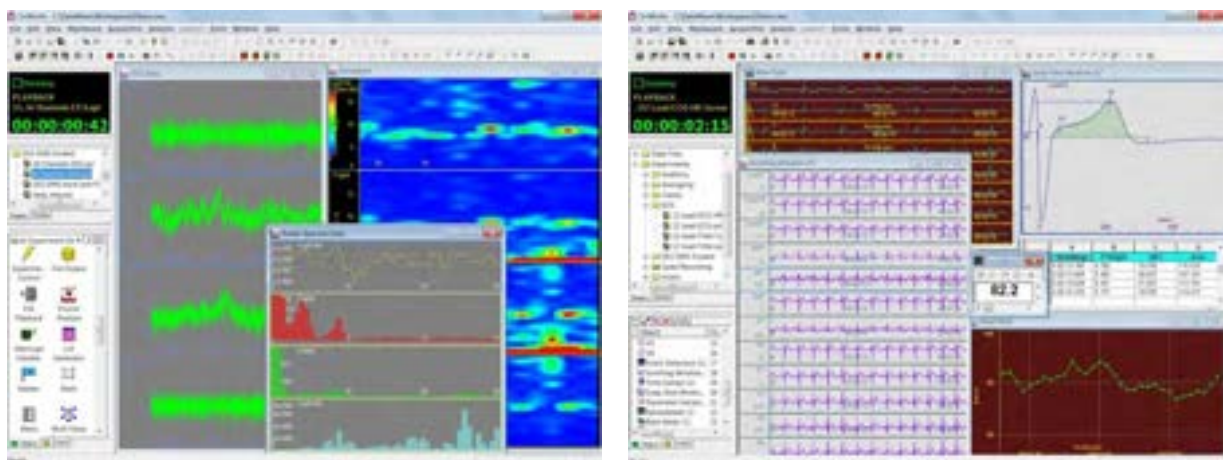


Figura 26. Bioradio System: Experimenter Software (SciWorks Plugin)

2.2.2.10 BITalino (r)evolution Board Kit BT (PLUX – Wireless Biosignals – Portogallo)

Il kit di schede *BITalino (r)evolution* presenta un design hardware particolare con tutti le interfacce elettriche verso i rispettivi sensori che sono pre-collegati alla scheda principale del sistema (vedi fig. 27a) e che possono, se necessario, essere separati da esso e collegati con apposito cavo di segnale. Il sistema presenta una sufficiente versatilità che lo rende interessante per l'analisi di segnali biomedicali e in attività di laboratorio. È fornito con sensori per EMG, ECG, GSR, EEG, frequenza cardiaca e accelerometria.

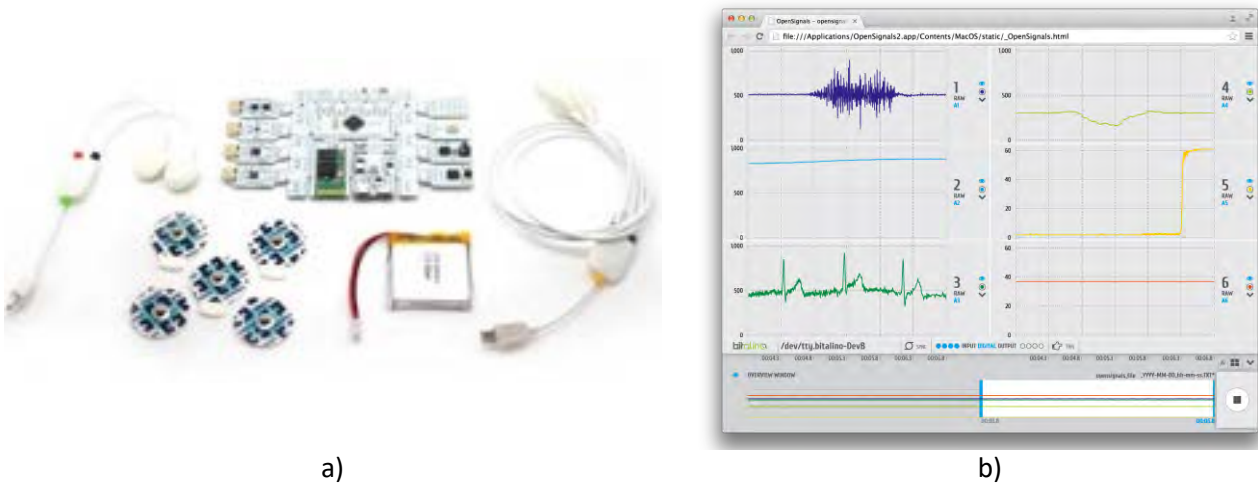


Figura 27. BITalino System: a) hardware e kit sensori, b) OpenSignals software [24]

Il kit fornisce anche una scheda con le stesse dimensioni delle altre schede sensore e utilizzabile per realizzare sensori di tipo custom. Il software OpenSignals (Fig. 27b), fornito insieme al sistema, consente la visualizzazione immediata dei dati biomedicali acquisiti e la loro immediata registrazione. È disponibile con connettività Bluetooth 2.0 e 4.0 (BLE – Bluetooth Low Energy) ed è basato su un microcontrollore 8-bit Atmel ATmega328p a 12MHz alimentato da una batteria LiPo. Non è certificato come dispositivo medicale e può quindi essere utilizzato esclusivamente per attività di laboratorio didattiche e di ricerca.

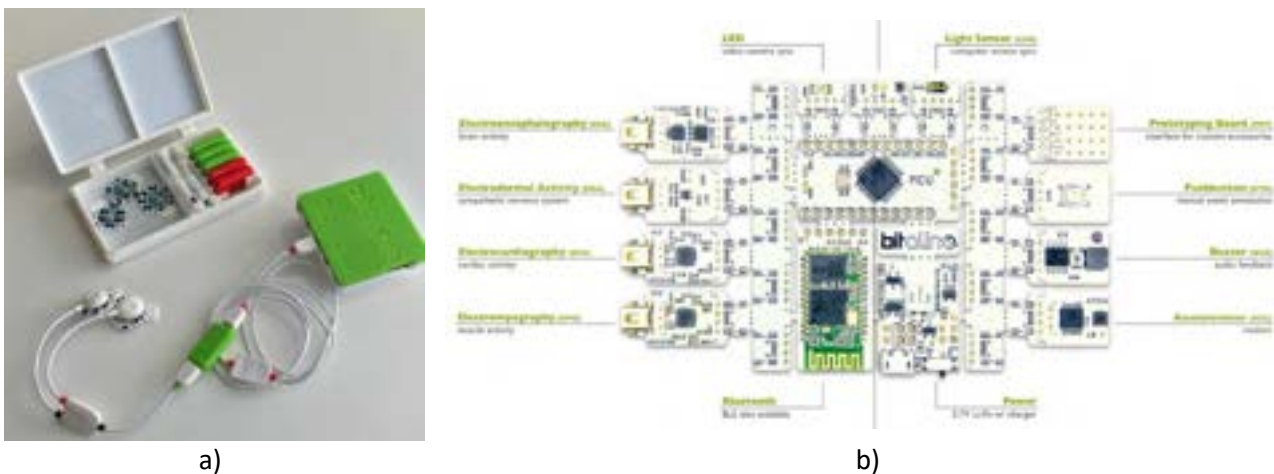


Figura 28. BITalino System: a) b) particolare dell'hardware [24]

2.2.2.11 Stand-alone BioNomadix Wireless Systems

Registra in modalità wireless diversi segnali biomedicali o biomeccanici: ECG, EEG, EMG, EOG, EGG (Elettrogastrografia), GSR, frequenza cardiaca e respiratoria, temperatura corporea e accelerometria. È costituito da due parti: un trasmettitore wireless indossato dal soggetto (Fig29a) e un modulo ricevitore (Fig. 29b). Il trasmettitore è un'unità a doppio canale in grado di trasmettere una coppia di segnali fra quelli disponibili sulla periferica campionate in modalità sincrona (es. ECG-ECG, FR-ECG, ACC-EMG, ecc.). Se utilizzato con un sistema BIOPAC MP, è possibile registrare fino a 16 canali. Il software *AcqKnowledge*, fornito insieme al sistema, garantisce la possibilità di automatizzare le misure mediante specifiche procedure predeterminate o sviluppabili dall'utente.



Figura 29. BioNomadix System: a) trasmettitore b) BIOPAC MP Logger [25]

2.2.2.12 OPMS (Online Patient Monitoring System – Vista-Innovation – Thailandia)

È un sistema che permette il controllo remoto di diversi parametri di interesse medico quali: l'analisi del respiro, la saturazione dell'ossigeno (SpO_2), temperatura corporea, pressione arteriosa, ECG, i livelli di glucosio, EMG, GSR, analisi del sonno e del russamento, la postura (accelerometria). Alcuni dei sensori sono collegati al sistema in modalità wireless (Bluetooth – Fig. 30a) oppure sono cablati con esso (Fig.30b).

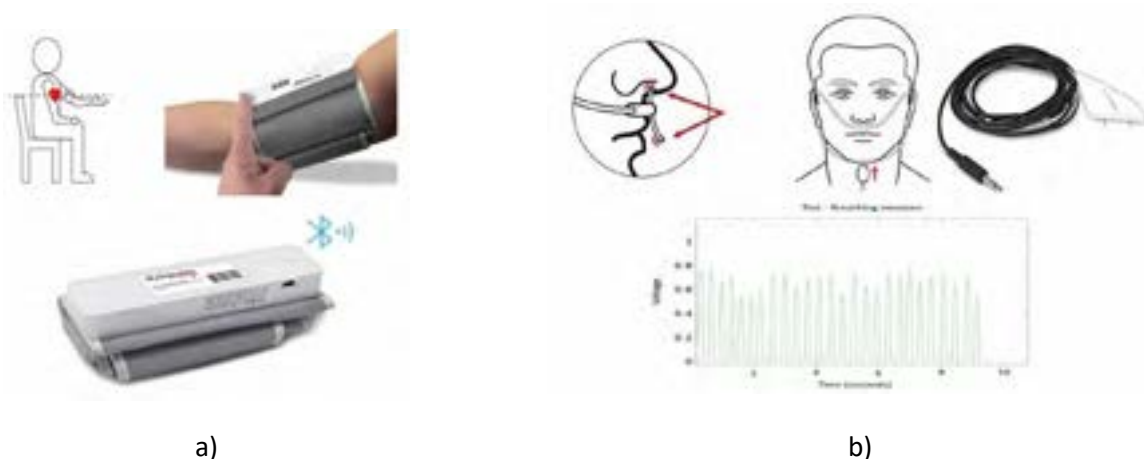


Figura 30. OPMS System: a) Sfigmomanometro Bluetooth, b) Analisi del respiro [26]

2.3 Riepilogo

Nella seguente tabella è riportato il riepilogo delle tipologie di sensori disponibili per ciascun sistema preso in considerazione nel corso della presente indagine.

#	Nome/Esame	ECG	FC	PA	SPO ₂	GSR	TMP	GLI	COA	SPI	FR	SR	EMG	Kg	ACC	EEG
1.	Nuvola IT	✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓				✓		
2.	P-PSAFA			✓	✓			✓						✓		
3.	ViSi Mobile	✓	✓	✓	✓		✓				✓					
4.	Vital Sign Tracker	✓	✓	✓	✓		✓									
5.	OneTouch							✓								
6.	Cardio Sense Sys	✓														
7.	HappyMed	✓		✓	✓			✓		✓				✓		
8.	iMediLogger	✓											✓			
9.	ENOBIO															✓
10.	ibioSAQ	✓											✓			✓
11.	Libelium	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
12.	Bio Acq Sys (EtrolZ)	✓			✓		✓								✓	✓
13.	BioRadio	✓		✓	✓	✓	✓			✓	✓		✓			✓
14.	BITalino	✓	✓			✓					✓		✓		✓	✓
15.	BioNomadix	✓	✓			✓	✓						✓			✓
16.	OPMS	✓		✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓		✓	

Tabella 2

3 Studio dell'interfaccia utente

Ogni volta che si parla di innovazione tecnologica e di nuovi sistemi, ne vengono illustrate le notevoli potenzialità e si discute di come tali sistemi sarebbero in grado di *“cambiare il mondo”* e di *“rendere migliore la vita delle persone”*. Questo senza tenere in considerazione di come invece la presenza di un design difettoso (ad es. interfacce non adeguate alle caratteristiche dell'utente) comporti l'esclusione di intere aree della popolazione dai vantaggi di detta tecnologia.

Le nuove generazioni (definite “nativi digitali”) presentano una dimestichezza naturale con le diverse tipologie di interfaccia caratteristiche dei moderni sistemi elettronici (tastiera e mouse del computer, schermi touch screen per smartphone e tablet) e, in genere, con la tecnologia. Si pensi solo come alla fruizione di libri e alla consultazione di testi cartacei si stia gradualmente sostituendo l'utilizzo di sistemi digitali come ad esempio ebook e tablet. Non sempre però le precedenti generazioni presentano le stesse capacità mentre spesso esiste, da parte loro, sicuramente un atteggiamento di diffidenza e, talvolta, un netto rifiuto nei confronti di tali sistemi. Tale atteggiamento non è frutto spesso di preconetti ma dalle effettive difficoltà che essi incontrano nel rapportarsi con tali sistemi e spesso dovute ad alcune caratteristiche delle interfacce utilizzate sia dal punto di vista hardware (es. tasti o caratteri troppo piccoli) che software (es. l'utilizzo espressioni o modalità di utilizzo tipiche solo delle nuove generazioni). Partendo da queste considerazioni è quindi opportuno indagare in dettaglio sulle difficoltà che un anziano, a causa di possibili disturbi visivi, uditivi e di movimento, presenta nei confronti delle tipiche interfacce nell'ottica di individuare un sistema che sia il più adatto per il sistema che si sta sviluppando.

3.1 Specifiche di un'interfaccia utente dedicata persone anziane

Il sistema oggetto di questa indagine è pensato per un utilizzo prevalente da parte di utenti con età avanzata (maggiore di 65 anni) che potrebbero, inoltre, presentare deficit uditivi o visivi (es. presbiopia e ridotta capacità nel distinguere i colori), lo studio di idonee interfacce utente assume notevole importanza ed alcune regole di massima devono essere rispettate [27-28]. Occorre, inoltre, prevedere la possibilità d'uso anche da parte di soggetti che potrebbero essere non del tutto esperti nell'utilizzo di strumenti tecnologici prevedendo interfacce semplici e intuitive e, in ogni caso, considerando che il progetto dovrà tenere conto delle seguenti linee guida. In particolare, tre sono le aree che devono essere particolarmente tenute in considerazione nel progetto di sistemi dedicati a persone anziane: la memoria, l'attenzione e il processo decisionale.

Memoria: è possibile riconoscere diversi tipi di memoria che sono, rispettivamente, influenzate in modo diverso dal processo di invecchiamento. La memoria procedurale (il modo di come fare le cose), ad

esempio, non è generalmente influenzata dall'invecchiamento. La memoria a breve termine e la memoria episodica sono invece particolarmente vulnerabili e potrebbero essere in difficoltà nel comprendere come combinare nuovi concetti complessi e anche la memoria prospettica (ricordarsi di fare qualcosa nel futuro) tende a degenerare (ci si dimentica, ad esempio, di assumere i farmaci al momento giusto). Da ricerche sull'argomento, si è visto che l'anziano tenda a sopperire a tali deficit scrivendo quanto vogliono ricordare. In questo ambito, allora, un supporto tecnologico potrebbe essere in grado di fornire il necessario ausilio.

Il sistema dovrebbe quindi:

- Introdurre gradualmente nuove funzionalità per prevenire il sovraccarico cognitivo.
- Evitare di suddividere ciascuna attività su più schermate successive se è necessario ricordare le azioni precedenti.
- Fornire un promemoria sugli obiettivi da raggiungere ed un chiaro feedback sullo stato delle operazioni che si stanno eseguendo.
- Funzionare da promemoria e mostrare avvisi per le azioni abituali (es. ricordare di assumere un farmaco o di chiudere la manopola del gas).

Attenzione: contrariamente a quanto accade per le capacità mnemoniche, le persone anziane presentano ottimi risultati in termini di attenzione, resistenza, precisione e metodicità [29]. Per questo motivo, anche se il tempo per eseguire un'azione è generalmente più lungo, spesso l'anziano è in grado di individuare particolari in un sistema che generalmente sfuggono a persone più giovani. Il livello di attenzione diminuisce però in attività di tipo multitasking. Un sistema dovrebbe quindi tenere presente che:

- Non è necessario utilizzare testi brevi.
- È necessario utilizzare intervalli di tempo maggiori nelle diverse interazioni.
- È opportuno evitare il multitasking: cioè suddividere l'attenzione dell'utente su più operazioni contemporaneamente o su differenti zone dello schermo.

Processo decisionale: gli anziani quando prendono una decisione sono portati a dare maggiore peso alla propria esperienza e conoscenze. Inoltre, tendono generalmente a dare un peso importante alle opinioni di esperti. Il sistema deve quindi:

- Enfatizzare i collegamenti con scelte precedenti piuttosto che proporre nuove alternative.
- Tenere in considerazione il fatto che le opinioni di esperti potrebbero essere più convincenti.

3.1.1 Relazioni sociali

Le persone anziane presentano tipologie di relazioni sociali che hanno caratteristiche diverse rispetto alle nuove generazioni e spesso, a differenza di questi ultimi, le loro relazioni sono consolidate nel tempo. Nel settore sanitario, ad esempio, sono seguiti dagli stessi medici da decenni ed hanno in essi un alto grado di considerazione e fiducia. A causa, però, della progressiva diminuzione della “capacità omeostatica” con conseguente riduzione della propria mobilità, sono confinati nel solo spazio della loro casa. Sotto questo aspetto allora le caratteristiche da parte del sistema dedicato alle comunicazioni dovrebbero:

- Non prevedere un grande social network indifferenziato ma rendere facile la connessione con un gruppo ristretto di persone (le più importanti).
- Non sovraccaricare i controlli di sicurezza e privacy quando vengono coinvolte persone conosciute.
- Essere sensibili a questioni di isolamento.

3.1.2 Caratteristiche generali del dispositivo di interfaccia

Da numerose indagini sull’approccio alla tecnologia di persone anziane è risultato come spesso uno smartphone è considerato come fastidioso e complicato. Non sempre chi li possiede li utilizza e, talvolta, vengono ignorati completamente SMS o altri messaggi testuali prevenuti loro mediante altri programmi di messaggistica invece ampiamente diffusi fra le nuove generazioni. È però emerso come, gli stessi soggetti, non abbiano timore di provare nuove tecnologie quando ne intravedono un chiaro vantaggio. Questo è ampiamente dimostrato da alcune ricerche di mercato che mostrano come le persone anziane siano tra le comunità più numerose tra i compratori di tablet (anche considerando una congenita ritrosia a cambiare troppo spesso il proprio dispositivo). La spiegazione di tale comportamento è sicuramente da ricondurre alla differenza di definizione dovuta alle differenti dimensioni dello schermo tra un tablet ed un telefono cellulare. Di conseguenza è opportuno che nel progetto di un sistema a loro dedicato:

- Si eviti l’utilizzo di dispositivi con uno schermo troppo piccolo.
- Non si faccia affidamento su SMS o altri software di messaggistica per veicolare informazioni importanti.

3.1.3 Specifiche per mancanza di esperienza pregressa nell’uso di strumenti tecnologici

Generalmente, quando viene progettata un’interfaccia, si utilizzano un certo numero di strumenti informatici di tipo classico (es. pulsanti, barre di scorrimento, combo box, ecc.) supponendo che tutti ne conoscano il funzionamento. Occorre invece tenere presente che alcuni soggetti potrebbero non avere mai

utilizzato tali strumenti e quindi non riuscire ad effettuare anche operazioni molto semplici. Di conseguenza:

- Non fare alcuna ipotesi sulle conoscenze informatiche che potrebbero possedere gli utenti dell'applicazione che stiamo sviluppando.
- Verificare tutte le parti del progetto dal punto di vista della sua usabilità.

3.1.4 Specifiche in caso di interfaccia testuale

Per tenere conto delle difficoltà visive dei soggetti, per il progetto delle interfacce di tipo testuale sarà necessario seguire le seguenti raccomandazioni:

- Evitare le dimensioni dei caratteri minori di 16 pixel
- Assicurare all'utente la possibilità di adattare le dimensioni del testo.
- Prestare particolare attenzione ai rapporti di contrasto con il testo.
- Evitare il colore blu per gli elementi chiave.

3.1.5 Specifiche per un interfaccia Audio/Video

Anche l'udito presenta una degradazione con l'età in modi prevedibili e una grande percentuale di persone di età superiore ai 65 anni presenta forme di deficit uditivo. Se si prevede di utilizzare un'interfaccia audio è allora opportuno prevedere, ove possibile, di fornire sottotitoli quando il contenuto video o audio è fondamentale per la descrizione dell'attività che il soggetto dovrà svolgere.

3.1.6 Specifiche per un'interfaccia Touch screen

Poiché anche le nostre capacità motorie diminuiscono con l'età, è spesso più difficile l'uso di computer ed in particolare i sistemi di puntamento (mouse). Si è però notato che mentre in genere nella maggior parte della popolazione un mouse è più preciso di un dito, si è notato che le persone anziane riescono meglio ad interagire con la macchina utilizzando le interfacce di tipo touch. Ciò è coerente con il risultato di alcune ricerche mediche che riportano come la capacità di "finger tapping" (tocco con un dito) ha un degrado più lento rispetto ad altre abilità motorie [13].

Le specifiche di uno schermo touch dovrebbero rispettare le seguenti regole:

- Ridurre la distanza tra gli elementi dell'interfaccia che potrebbero essere utilizzati in sequenza, ma assicurare almeno 2 millimetri di distanza fra di essi.

- I pulsanti sulle interfacce touch devono avere la dimensione di almeno 9,6 millimetri in diagonale per utenti con età fino a 70 anni e maggiori per utenti più anziani.
- Gli elementi di interfaccia da cliccare con un mouse (come forme e pulsanti) dovrebbero essere almeno 11 millimetri in diagonale.

4 Conclusioni

Sulla base della ricerca effettuata su alcuni sistemi e-healthcare la cui sperimentazione è in corso da diversi anni o già conclusa, sono state indagate alcune piattaforme hardware/software per l'acquisizione di segnali biomedici disponibili sul mercato. Verranno qui illustrate le motivazioni che hanno portato all'individuazione di uno dei sistemi analizzati come il più idoneo alle caratteristiche del sistema che si vuole realizzare e alla sua relativa sperimentazione. Verranno inoltre discusse le caratteristiche del sistema di interfaccia più adatte alla tipologia di utenti per il quali è stato pensato il sistema.

4.1 Scelta del sistema di acquisizione di segnali biomedici più adatto alla sperimentazione

Quello che si vuole sviluppare è un sistema prototipo in grado di realizzare il maggior numero di test biomedici o biomeccanici tra quelli più critici e tipici delle patologie più diffuse nella popolazione anziana e tra i disabili. Si ritiene, inoltre, che il sistema migliore per la sperimentazione debba essere un sistema sufficientemente "aperto", in grado cioè di permettere l'utilizzo anche di nuove tipologie di sensori, scelti fra quelli disponibili in commercio o appositamente sviluppati. Il sistema dovrebbe disporre di un sistema di sviluppo per permettere la definizione e la programmazione di nuove procedure di acquisizione e calcolo. Inoltre, dovrebbe essere fornito un software dedicato al sistema di misura che sia ben strutturato per il controllo delle procedure di acquisizione e la visualizzazione e l'analisi delle misure effettuate. Infine, il sistema dovrà essere in grado di realizzare un facile collegamento, preferibilmente con tecnologia wireless (Wi-Fi o Bluetooth), con il sistema domotico della casa e con la rete internet permettendo l'accesso a cloud preferibilmente dedicati o anche disponibili in rete.

Dall'indagine effettuata è emerso che i quattro sistemi che si avvicinano maggiormente alle specifiche di progetto, sia in termini della disponibilità di diversi sensori che di programmabilità dello stesso, sono: MySignals, BioRadio, BITalino e OPMS.

La scelta finale è caduta sul sistema MySignals (Fig. 31) che è risultata la più completa piattaforma di eHealth presente, al momento, sul mercato. Tale sistema presenta infatti:

- La maggiore copertura per quanto riguarda il numero di sensori: sono presenti nel kit 12 su 14 tipologie di sensori tra quelli descritti nel paragrafo 2.1 (vedi tabella 2). Per questi sensori sono già disponibili, all'interno del kit, sia le interfacce elettriche che i rispettivi driver software.
- La migliore unità centrale in termini di potenza di calcolo del microprocessore e di memoria disponibile a bordo.
- Programmabilità del sistema per lo sviluppo di nuovo software.
- Collegamento wireless Wi-Fi e Bluetooth Low Energy 4.0 con possibilità di inviare direttamente i dati acquisiti su un account personale sul cloud dedicato del sistema (Libelium Cloud) oppure è fornite le procedure software (API - Application Programming Interface) per il collegamento con altri sistemi di memorizzazione dati remoto.
- Possibilità di lavorare stand alone utilizzando il display TFT presente sul modulo di acquisizione (Fig.32a) o da remoto mediante App disponibili per dispositivi mobili (Android e iPhone) o per Personal Computer in versione Windows, Linux e Mac (Fig.32b).



Figura 31. Libelium MySignals



a)



b)

Figura 32. Libelium MySignals: a) sistema Stand Alone b) MySignals Software

4.2 Definizione delle specifiche per l'interfaccia utente

L'interfaccia utente di un qualunque sistema sicuramente dipende dalle operazioni che questo dovrà compiere e dalle modalità di utilizzo del sistema stesso. Detto questo, tutte le interfacce previste per il controllo del sistema e per comunicare con l'anziano dovranno cercare di tenere conto delle specifiche e dei suggerimenti riportati nel paragrafo 3 della presente relazione. Da quanto è emerso, è preferibile utilizzare interfacce con differenti tipologie di sistema di input/output in funzione dell'attività che il sistema dovrà svolgere. Per poter essere facilmente accettata dovrà, inoltre, essere sufficientemente intuitiva e ben strutturata: dove i vari menù siano sempre brevi e di semplice navigazione (es. evitare che per impartire un comando sia necessario navigare su più di un paio di pagine).

Potrebbe essere interessante, inoltre, sfruttare, ove possibile, sistemi a controllo vocale. Il sistema potrebbe in questo modo, per esempio utilizzando una voce sintetizzata (eventualmente accompagnata dalla presenza di sottotitoli sullo schermo), ricordare all'anziano di assumere dei farmaci o di effettuare alcune operazioni tipiche della vita quotidiana (es. chiudere la manopola del gas o accendere la lavatrice o avvisare in caso di allarmi, ecc.).

È sempre possibile, inoltre, l'utilizzo di sistemi con schermi di tipo touch (piuttosto che schermi con *touch pad*, *trackball* o *mouse*) dove si è visto che l'anziano mostra buone capacità di interazione. Questo purché tale schermo non presenti dimensioni non troppo ridotte (es. da 10" in su) e che le schermate non siano eccessivamente strutturate (solo poche operazioni possibili e tutte sulla stessa pagina evitando l'utilizzo di oggetti informatici tipo *scroll bar* o simili). Dovranno poi essere evitati per i testi quei colori (es. il blu) che potrebbero essere non facilmente riconosciuti e dare, di conseguenza, problemi nella loro lettura. I comandi, in questo caso, dovrebbero poter essere impartiti al sistema utilizzando tasti disegnati sullo schermo con dimensioni opportune (come suggerito nel paragrafo 3.16) e dove la dimensione dei caratteri sia, come suggerito nel paragrafo 3.14, sempre maggiore di 16 pixel.

Fondamentale, infine, è l'individuazione e la gestione di eventi o segnali di allarme come ad esempio una caduta segnalata dal sensore di accelerometria, oppure alcuni livelli di parametri medici (es. pressione arteriosa o frequenza cardiaca/respiratoria) sopra o sotto specifiche soglie. Questi eventi dovrebbero essere registrati, memorizzati immediatamente su cloud e fatte partire le procedure di emergenza previste dai protocolli.

5 Riferimenti bibliografici

- 1- Aarts, E., Harwig, E., Schuurmans, M.: Ambient Intelligence. In: Denning, J. (ed.), *The Invisible Future*, pp. 235–250. McGraw-Hill, New York (2001)
- 2- Aarts, E.: Ambient intelligence: A multimedia perspective. *IEEE. Multimedia* 11(1), 12–19 (2004) 3.
- 3- Emiliani, P.L., Stephanidis, C.: Universal access to ambient intelligence environments: Opportunities and challenges for people with disabilities. *IBM Systems Journal* 44(3), 605–619 (2005)
- 4- Bellazzi, R., Montani, S., Riva, A., Stefanelli, M.: Web-based telemedicine systems for home-care: technical issues and experiences. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 64(3), 175–187 (2001).
- 5- K.J. Turner, *Advances in Home Care Technologies: Results of the MATCH Project*, IOS Press, Oct 10, 2012
- 6- Becker, M., Werkman, E., Anastasopoulos, M. and Kleinberger, T., 2006, November. Approaching ambient intelligent home care systems. In *Pervasive Health Conference and Workshops*, 2006 (pp. 1–10). IEEE.
- 7- Biljana Risteska Stojkoska, Kire Trivodaliev, and Danco Davcev, “Internet of Things Framework for Home Care Systems,” *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2017. doi:10.1155/2017/8323646
- 8- Kleinberger, T., Becker, M., Ras, E., Holzinger, A. and Müller, P., 2007, July. Ambient intelligence in assisted living: enable elderly people to handle future interfaces. In *International Conference on Universal Access in Human-Computer Interaction* (pp. 103–112). Springer, Berlin, Heidelberg.
- 9- Guay, P., Gorgutsa, S., LaRochelle, S. and Messaddeq, Y., 2017. Wearable Contactless Respiration Sensor Based on Multi-Material Fibers Integrated into Textile. *Sensors*, 17(5), p.1050.
- 10- C. Browne, C. Nishita, H. Chun, *Evaluation of TCARE Pilot Program*, University of Hawai, https://www.hawaiiadrc.org/Portals/_AgencySite/TCARE_Eval.pdf
- 11- <https://tmed.telecomitalia.it/>
- 12- <http://www.telecomitalia.com/tit/it/notiziariotecnico/2013-03/capitolo-05.html>
- 13- P-PSAFA: un progetto a supporto delle persone anziane e fragili, <https://abitaresociale.net/2016/05/13/p-psafa-un-progetto-a-supporto-delle-persone-anziane-e-fragili/>
- 14- <http://www.sehta.co.uk/ice-t/>
- 15- <http://www.soterawireless.com/visi-mobile/for-clinicians/>
- 16- <https://www.hammacher.com/Product/88164>
- 17- <https://www.onetouch.com/products/glucose-meters/onetouch-verio-flex>
- 18- <http://www.novosense.se/Index.html>
- 19- <http://www.happymed.it/>
- 20- <http://www.itie.in/>
- 21- <http://www.libelium.com/products/mysignals/>
- 22- http://www.e-trolz.com/products_biomedical_data_acquisition_overview.htm
- 23- <https://glneurotech.com/bioradio/>
- 24- <http://bitalino.com/en/board-kit-bt>
- 25- <https://www.biopac.com/product/bionomadix-smart-sys/#product-tabs>
- 26- <http://vista-innovation.com/>
- 27- Glisky EL. *Changes in Cognitive Function in Human Aging*. In: Riddle DR, editor. *Brain Aging: Models, Methods, and Mechanisms*. Boca Raton (FL): CRC Press/Taylor & Francis; 2007
- 28- Nielsen, J., 2013. *Seniors as web users*. Nielsen Norman Group. Retrieved September 27, p.2015.
- 29- Hoogendam, Y.Y., van der Lijn, F., Vernooij, M.W., Hofman, A., Niessen, W.J., van der Lugt, A., Ikram, M.A. and van der Geest, J.N., 2014. Older age relates to worsening of fine motor skills: a population-based study of middle-aged and elderly persons. *Frontiers in aging neuroscience*, 6.

6 Abbreviazioni ed acronimi

IoT	Internet of things
WS	Wearable Sensors
HCS	Home Care Systems
AmI	Ambient Intelligence Systems
ECG	Elettrocardiografia
FC	Frequenza cardiaca (cardiofrequenzimetro)
PA	Pressione arteriosa
SPO ₂	Saturazione dell'ossigeno
GSR	Galvanic Skin Response
TMP	Temperatura corporea
GLI	Misura di glicemia
COA	Coagulazione del sangue – tempo di protrombina (INR – International Normalized Ratio)
SPI	Spirometria
FR	Frequenza respiratoria
SR	Studio del sonno e del russamento
EMG	Elettromiografia
Kg	Peso corporeo
ACC	Accelerometria
EEG	Elettroencefalografia

Curriculum scientifico del gruppo di lavoro

Prof. Vincenzo Bonaiuto received, in 1997, the PhD in Telecommunication and Microelectronics from University of Rome Tor Vergata. From 1996 to 2002, he was Assistant Professor in Electrical Engineering and, in March 2002, at the same university he joined as an Associate Professor.

His main research interests are in the field of the hardware design for real time signal processing by using analog as well as digital solutions (DSP, FPGA, etc.). He published more than 100 papers on international journal and conferences and he was reviewer of several projects for Italian Ministry of Research as well as for international journals and conferences.

Prof. Bonaiuto, in his research activity, has developed wide skills in the design of systems for conditioning and signal analysis and in the design, construction and testing of electrical and electronic systems.

He participated in several projects funded by Italian Research Ministry (PRIN). Since 2009, he is involved in the experiment NA62 at CERN and he is working on the project of the electronics section of Trigger and Data Acquisition System. In 2017, he founded, at the University of Rome Tor Vergata, the Sport Engineering Laboratory where his research group is developing electronics systems based on multi-sensors wearable devices suited for the monitoring of the human movement for the assessment of sport performances.