

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI  
MODENA E REGGIO EMILIA  
Dipartimento di Ingegneria “Enzo Ferrari”

---

Corso di Laurea in Ingegneria Informatica (D.M. 270/04)

Analisi, progetto e sviluppo di  
un'interfaccia di un API con  
Wearable Device in ambito e-health

Relatore:  
Chiar.ma Prof. Sonia Bergamaschi

Candidato:  
Matteo Gabrielli

Correlatore:  
Ing. Marco Pacchioni

---

Anno Accademico 2015 - 2016

*Parole chiave:*

*e-health*

*API*

*Wearable device*

*Database*

## Sommario

1	Introduzione .....	4
1.1	Organizzazione del documento .....	4
2	E-health e wearable devices .....	5
2.1	Ruolo nella società odierna .....	6
2.2	Diffusione nel mercato .....	8
2.3	Dispositivi in commercio .....	9
2.4	Wearable nelle assicurazioni .....	13
2.5	Utilizzo in abito ospedaliero .....	14
2.6	Caratteristiche dei dispositivi .....	16
2.7	Come valutare un dispositivo .....	19
2.8	Problemi comuni ai wearable devices .....	21
3	Implementazioni con l'uso di wearable devices .....	22
3.1	Basati su un indumento con biosensori integrati .....	22
3.2	Basati su un dispositivo mobile e bluetooth .....	23
3.3	Altri tipi di devices .....	25
4	Progetto di integrazione dati da wearable devices .....	26
4.1	Descrizione .....	26
4.2	Obiettivi .....	27
4.3	Strumenti a disposizione .....	27
4.4	Sicurezza e API fornite dai produttori .....	28
4.5	Analisi dei dati di ritorno e storage .....	32
4.6	Accesso ai dati raccolti dai dispositivi tramite DAO .....	34
4.7	Graficazione dei dati .....	37
5	Conclusioni e sviluppi futuri .....	39
6	Bibliografia e sitografia .....	40

# 1 Introduzione

Le tecnologie, i bisogni e le modalità per fornire assistenza sono cambiati radicalmente nelle ultime decadi; la rapida diffusione di conoscenze ha portato svariate comunità di ricercatori e industrie a cercare interconnessioni tra l'informatica e la medicina.

“Nasce così l'unica e più importante rivoluzione nel settore dell'assistenza medica dall'avvento della medicina moderna, l'e-health”, disse Siber nel 2003 durante una delle prime conferenze sull'e-health svolte in commissione europea.

Il termine e-health, che possiamo trovare scritto anche come E-Health o eHealth, è in uso sin dai primi anni 2000. Con questa espressione si fa riferimento a più settori dell'informatica medica, ma in particolare s'intende la consegna di informazioni cliniche, cure e servizi, mettendo le funzioni tecnologiche in secondo piano.

I paesi che, ad oggi, posseggono sistemi e infrastrutture per l'e-health, continuano a vedere questa risorsa come una necessità per il futuro, in modo da poter fornire sicurezza, qualità e una sanità incentrata sul cittadino.

Anche se gli attuali sviluppi tecnologici in questo settore sono principalmente limitati ai paesi sviluppati, l'e-health è ora un tema globale. Se ne sono occupati infatti il vertice mondiale delle Nazioni Unite sulla società dell'informazione nel 2003, l'Assemblea Mondiale della Sanità nel 2005 e l'Organizzazione Mondiale della Sanità che ha stabilito varie iniziative negli ultimi anni.

In questo elaborato si vuole analizzare il contesto e-health in generale, soffermandosi in particolare sulla categoria dei dispositivi indossabili, i cosiddetti *Wearable Devices*, che saranno anche oggetto del progetto che ho svolto presso l'azienda modenese *Datariver*.

## 1.1 Organizzazione del documento

Il contenuto della tesi è così strutturato:

- Nel Capitolo 2 viene effettuata un'analisi del mondo e-health, concentrandosi anche sui dispositivi indossabili. Si esamina quindi lo stato dell'arte di queste tecnologie, osservando la loro situazione attuale nel mercato.
- Nel Capitolo 3 si descrivono alcuni dei progetti svolti da aziende o ricercatori, che vedono come protagonisti i dispositivi indossabili, nelle loro svariate implementazioni.
- Nel Capitolo 4 vengono mostrate parti del progetto svolto a Datariver, presentando inoltre gli obiettivi e le scelte che hanno portato all'implementazione del codice.
- Nel capitolo 5 sono riassunti gli esiti e i possibili sviluppi delle tecnologie in ambito medico.

## 2 E-health e wearable devices

Le piattaforme, i dispositivi, i software e le EHR (Electronic Health Records, cartelle cliniche elettroniche) convergono in quello che viene chiamato eHealth, ovvero le soluzioni informatiche e tecnologiche applicate alla salute e alla sanità.

Questo mondo si sta dimostrando sempre più una grande opportunità per rinnovare il settore sanitario nazionale, ne troviamo dimostrazione nel recente interesse da parte di diversi governi, che si trovano ad avere sempre più a che fare con riforme in tale settore, per accogliere le nuove e future evoluzioni che avverranno in questo campo.

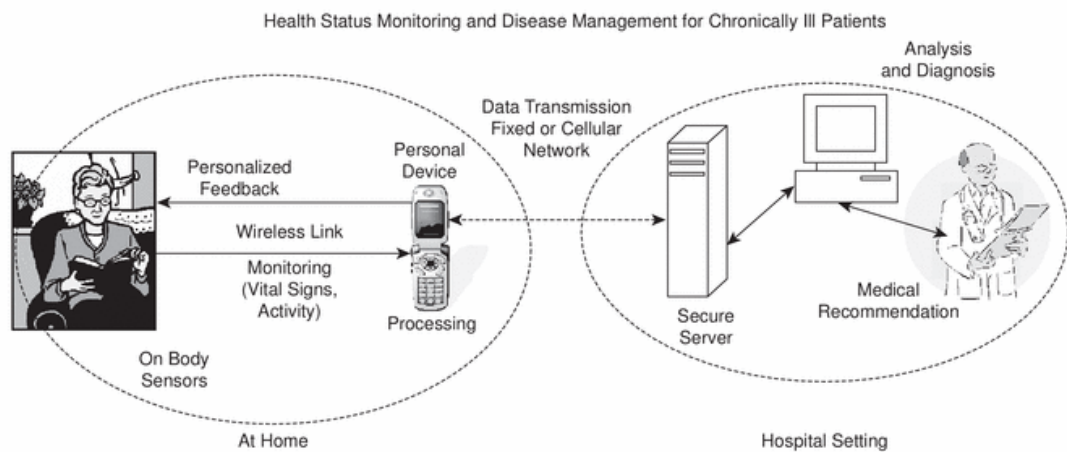
Le cartelle cliniche elettroniche possono portare un enorme vantaggio in termini di spese ai vari sistemi sanitari, collezionando sistematicamente informazioni sulla salute degli individui o di una popolazione in formato digitale, includendo dati demografici, storia medica, cure e allergie, stato immunitario, risultati di test di laboratorio, immagini radiologiche, segnali vitali, statistiche personali come età e peso e informazioni di fatturazione.

Infatti, basta uscire fuori dall'Italia e si evince che proprio le EHR stanno consentendo (tra il 2014 e il 2019) un risparmio sui costi per il settore sanitario globale di settantotto miliardi di dollari. La professione medica si affiderà sempre di più alle EHR per sostenere elementi disparati della salute digitale, esse forniranno il 'collante' tra i devices, gli stakeholders e le cartelle cliniche, in un futuro ambiente sanitario completamente connesso, tuttavia è pur vero che gli sviluppi positivi sono controbilanciati, dal fatto, per esempio, che devono essere su misura per ciascuna regione geografica.

Di sicuro le nuove problematiche e le sfide sono molte e la nostra privacy in qualche modo ne sarà coinvolta, ma i vantaggi che ne potrebbero arrivare dovrebbero colmare tutti i futuri svantaggi.

## 2.1 Ruolo nella società odierna

Lo scopo di quello che in generale viene chiamato personal health management systems (PHMSs) è quello di stabilire la connessione tra persone e reti di informazione sanitaria, rendendo una realtà il sistema sanitario incentrato sul cittadino. I benefici diretti comprendono non solo la facilitazione della prestazione tempestiva di servizi di telemedicina al momento del bisogno, ma anche pazienti meglio informati e più responsabili.



*Figura 1. Monitoraggio dello stato di salute a distanza con PHMSs per la gestione delle malattie croniche, per il monitoraggio dello stato di salute delle persone a rischio o le persone che vogliono rimanere in buona salute.*

Possiamo trovare i PHMS sotto forma di sistemi indossabili, impiantabili o portatili, ma anche dispositivi per uso domestico che svolgono funzioni di in-vitro point-of-care.

I sistemi sanitari elettronici portatili e, in particolare, quelli indossabili basati su nuove generazioni di sensori stanno emergendo per applicazioni promettenti. Il lavoro svolto finora ha dimostrato il potenziale di queste piattaforme per permettere cure personalizzate incentivando le persone ad adottare uno stile di vita di prevenzione concentrato sulla diagnosi precoce.

A partire dalla metà degli anni 1990, la Commissione europea ha cercato di facilitare le sinergie tra i settori dell'ingegneria biomedica e dell'informatica medica. L'obiettivo principale è stato quello di sviluppare sistemi e servizi innovativi per il monitoraggio della salute personale.

Il lavoro che è stato svolto finora sui sistemi eHealth indossabili e portatili è concentrato sul monitoraggio non invasivo di funzioni fisiologiche, vale a dire la misurazione dei segni vitali del corpo, come l'ECG, e variabili come la frequenza respiratoria, frequenza cardiaca, temperatura e la saturazione di ossigeno nel sangue, nel tentativo di raccogliere

informazioni che possano portare all'identificazione precoce e prevenzione delle malattie (ad esempio, cardiovascolari o malattia respiratoria).

Dal punto di vista tecnologico, due approcci sono stati seguiti nella maggior parte dei sistemi e prototipi. Il primo è l'integrazione della microelettronica e sensori elettrici a dispositivi indossabili. L'alternativa è lo sviluppo di tessuti intelligenti (abiti biomedicali intelligenti) con capacità di rilevamento integrato basato su sensori tessili (elettrodi). Alcuni sistemi utilizzano sensori aggiuntivi per identificare postura e l'attività cinematica, con l'obiettivo di dare consapevolezza alla persona del suo stato in relazione alle misure fisiologiche effettuate.

Nella maggior parte dei casi, i dati provenienti da sensori di corpo sono trasmessi ad una unità centrale, facendo uso di connessioni cablate o comunicazioni wireless, ad esempio Bluetooth. L'unità centrale può elaborare i dati raccolti e generare allarmi quando si raggiungono dei valori misurati non nella norma. L'unità a sua volta, comunica coi i centri di telemedicina servendosi di tecnologie come Global System for Mobile communications (GSM) o General Packet Radio Service (GPRS).

	Technologies	Measurement	Application
AMON Project	Wrist-worn device with wireless connection to telemedicine center	Vital signs and physical activity	Monitoring high risk cardiac/ respiratory patients
MOBIHEALTH Project	Body area network with wireless connection to medical services	Vital signs	Remote monitoring of chronically ill patients
WEALTHY and MERMOTH Projects	Biomedical clothes with textile electrodes and wireless connection to medical center	Vital signs	Monitoring of cardiac parameters and patients
MYHEART Project	Biomedical clothes with textile electrodes and electronic sensors. Wireless connection to medical services	Vital signs and kinematic activity	Prevention and monitoring of cardiovascular diseases
VTAMIN Project	Biomedical clothes with integrated sensors and electronics	Vital signs	Disease monitoring
Mamagoose Pyjama, Verhaert	Biomedical pajama for infants	Vital signs	Detection of Sudden Infant Death Syndrome
LifeShirt, Vivometrics Inc.	Biomedical shirt with integrated sensors	Vital signs, posture, and physical activity	Sleep diagnostics, disease monitoring
SmartShirt, Sensatex Inc.	Textile platform with embedded electronic sensors and a conductive fiber grid to transmit data	Vital signs	Health monitoring
GlucoWatch G2 Biographer, Cygnus Inc.	Wearable device (forearm)	Glucose level	Noninvasive glucose monitor for diabetics

Figura 2. Realizzazioni attuali di PHMSs (non completo).

## 2.2 Diffusione nel mercato

Analizzando dei report della Juniper Research si possono estrapolare alcuni dati interessanti, tra cui il fatto che i dispositivi fitness in uso nel 2014 sono stati circa diciannove milioni.

Si prevede che 2019 verranno venduti 148M di wearable devices, dispositivi dotati di microprocessore interno che sono in grado di misurare e registrare le nostre attività: di 148 milioni, il 70% saranno Smartwatches, seguiti da un 20% di Fitness Band e Activity Tracker.

Uno dei risvolti più interessanti di questa tecnologia in enorme diffusione è la connessione con il mondo assicurativo. Da una parte molti brand wearable stanno sviluppando business model che coinvolgono il mondo delle aziende per raggiungere margini di profitto non solo legati alla vendita dell'hardware. Dall'altra sono le stesse assicurazioni che iniziano a guardare al mondo dei wearable per innovare la propria offerta e competere nell'affollato mercato dell'Health Insurance.

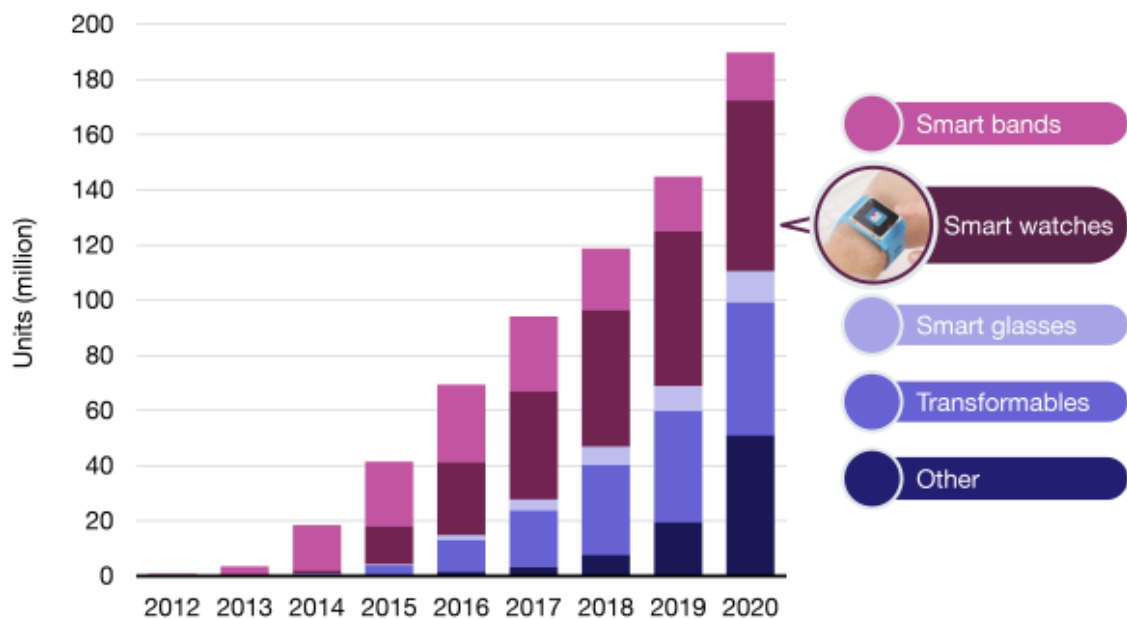


Figura 3. Wearable technology sales trend (<http://www.analysismason.com>).



## 2.3 Dispositivi in commercio

Attualmente la frammentazione tra i vari wearable devices in circolazione è grande, si differenziano in sistemi operativi e funzioni, con suddivisioni che li dividono in due classi: la prima in cui si trovano device a poco costo e la successiva con dispositivi più complessi e cari che offrono anche funzionalità aggiuntive.

Le grandi case come Apple, Google, Microsoft e Samsung, si sono immerse del tutto in questo business, approntando delle piattaforme per gestire le informazioni che vengono dai loro, ma anche dagli altri devices, sostanzialmente abbiamo: l'HealthKit della Apple, il SAMI della Samsung, il Google Fit e il Microsoft Healthvault.

Tutte queste architetture di monitoraggio continuo dei parametri vitali degli utenti vengono utilizzate per registrare i dati attraverso l'uso di smartphone e devices indossabili, che in seguito le salvano su un sistema cloud.

Ormai non possiamo più notare grosse differenze tra smartwatch e wristband, poiché la sottile linea tra l'uno e l'altro sta diventando sempre più labile, con la tendenza a raccogliere queste funzioni in un solo oggetto.

Anche tra fitness ed health la diversità si inizia a sfumare, non a caso ci sono state trattative tra Cupertino e due grosse società di assicurazione americane, con le quali si stava provando ad inserire l'HealthKit e l'Apple Watch tra i dispositivi ammessi per monitorare la salute di dipendenti e dirigenti presso le grandi aziende, per risparmiare dollari sulle polizze vita e salute: è chiaro quindi che questi devices nel futuro aiuteranno sempre di più la sanità.

Attualmente molti produttori di dispositivi per il monitoraggio sanitario come Nonin, Philips, Nellcor, Agilent, Redding Medical e altri stanno fornendo pulsossimetri piccoli, portabili, a basso costo, da applicare sulla punta del dito, che forniscono una visione in tempo reale della frequenza cardiaca misurata e saturazione di ossigeno nel sangue. Altri esempi sono i cardiofrequenzimetri fabbricati da Polar e Omron, che utilizzano una cintura da avvolgere al petto e un orologio da polso per la visualizzazione delle misure rilevate.

In commercio possiamo altresì trovare il Vivago WristCare, un dispositivo da polso, che permette di monitorare la temperatura e la conduttività della pelle e il movimento volto durante la giornata. Un dispositivo simile è il SenseWear Armband sviluppato da BodyMedia, che in aggiunta al prodotto precedentemente descritto, controlla la temperatura ambiente e il flusso di calore. Entrambi i dispositivi includono un trasmettitore wireless per la comunicazione dei dati raccolti e le eventuali allarmi ad una stazione base per un'ulteriore valutazione che viene svolta da un medico professionista.



Figura 4. Vivago WristCare.



Figura 5. SenseWear Armband, BodyMedia.

WelchAllyn ha sviluppato il Micropaq Monitor, un wearable device trasportabile in un borsello, che può eseguire pulsossimetria e possiede 5 terminali per svolgere l'ECG. Un altro esempio di sistemi di monitoraggio della salute disponibili in commercio sono i sistemi portatili polisonnografia da CleveMed, che raccolgono più canali di EEG, ECG, EMG, EOG, il flusso d'aria, il rumore durante il russamento, gli sforzi respiratori toracici e addominali, la posizione del corpo, e la pulsossimetria. In seguito questi dati possono essere trasmessi in modalità wireless a qualsiasi posto utilizzando un semplice trasmettitore di banda ISM.

VivoMetrics ha sviluppato LifeShirt, un giubbotto leggero e lavabile che include sensori che misurano la frequenza respiratoria, un ECG per la misurazione della frequenza cardiaca e un accelerometro per il monitoraggio delle attività. Il Foster-Miller Watchdog è uno strumento di monitoraggio fisiologico indossabile in grado di misurare la frequenza cardiaca, frequenza respiratoria, la postura, l'attività, la temperatura della pelle e la posizione GPS. Un altro esempio è il sistema sviluppato da Sensatex, si tratta di una T-shirt che utilizza sensori a fibre conduttive per svolgere l'ECG e misurare frequenza respiratoria e pressione sanguigna.

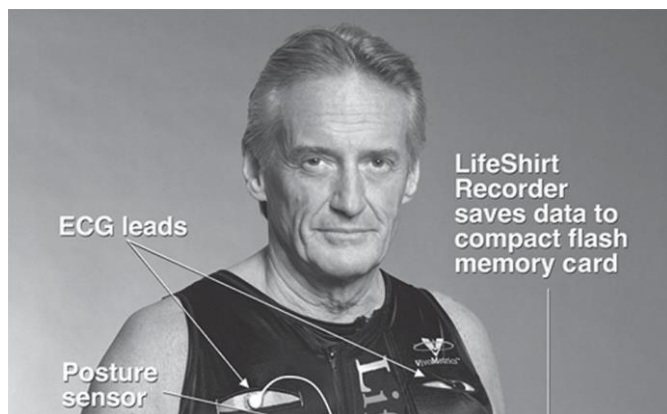


Figura 6. Vivometrics LifeShirt.



Figura 7. Foster-Miller Watchdog.

CardioNet ha messo a punto un sistema mobile di telemetria cardiaca (MCOT: Cardiac Outpatient Telemetry system) per il monitoraggio ECG ambulatoriale, con l'obiettivo di aiutare i medici a diagnosticare e trattare i pazienti con aritmie. Un altro prodotto è il BioHarness che si utilizza tramite una fascia toracica che controlla ECG, frequenza respiratoria, la temperatura e l'attività della pelle, e utilizza moduli wireless.

Health è un'applicazione messa a punto da Apple: in essa confluiscono automaticamente tutte le informazioni accumulate dalle altre app presenti all'interno del device ed è possibile creare delle schede con le informazioni mediche più importanti, come il gruppo sanguigno o le allergie.

Assieme a Health, Apple ha rilasciato HealthKit, una piattaforma pensata per permettere agli sviluppatori di realizzare app personalizzate in base ai dati che gli utenti sceglieranno di divulgare, con la possibilità di fare da "ponte" tra varie applicazioni che si occupano di fitness, raccolta dati sulle condizioni fisiche o analizzano il contenuto dietetico degli alimenti. Recentemente una delle strutture ospedaliere più grandi degli Stati Uniti, ha dato il via a un esperimento di integrazione della tecnologia HealthKit nei propri sistemi informatici. I medici avranno così a disposizione le informazioni accumulate dalle app di oltre 80 mila pazienti.

Ad aggiungere dati all'applicazione health ci pensa lo smartwatch Apple Watch 2 che può misurare il battito cardiaco e usare il GPS per misurare le distanze percorse. Insieme a FitBit, azienda leader nella produzione di fitness tracker e cardiofrequenzimetri, sono solo alcuni esempi di prodotti già accessibili al largo consumo.



*Figura 8. Apple Watch e Fitbit.*

La rivoluzione parte allora dal rendere le persone autonome nell'accedere ai propri dati biometrici e a monitorarli, creando uno shift positivo dalla cura alla prevenzione in cui il paziente assuma il ruolo centrale da protagonista.

Stiamo parlando della ‘new era’ della salute, nonché l’era Wearable Technology. Infatti, ci sono già numerose opportunità date dal Self-monitoring e dal Quantified Self, anticipando i bisogni delle persone (pazienti) e spostando il focus sulla prevenzione.

Il paradigma sta cambiando, a partire dall’impegno e dagli investimenti delle aziende pharma che, ad esempio negli Usa, stanno finanziando realtà che cambieranno i pilastri del settore. Basti pensare a Rock Health, incubatore e venture fund di startup in ambito healthcare, pioniera di tecnologie che trasformeranno il modo di intendere e lavorare nel settore pharma.

O ancora a colossi come Apple e IBM che, grazie ad una partnership, stanno introducendo nel mercato della salute Watson Health, la prima intelligenza artificiale pensata per l’healthcare: un sistema che elabora dati inviati dalle applicazioni dei partner, come Health Kit di Apple, aprendo la strada ad un’analisi dati su scala enorme. Ad esempio in oncologia, grazie alla collaborazione con Sloan–Kettering, Watson sta aiutando a guidare decisioni in ambito chemioterapeutico.

Cycardia Health e la wearable technology iTBra™: si tratta di un reggiseno, che permette di effettuare screening mensili sullo stato di salute del seno, in autonomia, con tutta la comodità del caso. Sarà messa sul mercato in Europa nel primo trimestre del 2016 e a seguire negli Usa. Questa tecnologia è stata testata con successo su oltre 500 pazienti e ha dimostrato una correlazione dell’87 % a diagnosi cliniche di cancro al seno verificate anche nelle pazienti con tessuto mammario denso. Si stima che, nel 2016, l’80% delle donne potrebbero ricevere una diagnosi precoce di cancro al seno, permettendo un intervento tempestivo.



*Figura 9. iTBra (Cycardia Health).*

Embrace, un orologio pensato per il consumatore, un dispositivo di qualità medica con tecnologia sviluppata con partner come il Massachusetts Institute of Technology, è stato sviluppato per migliorare la vita delle persone che convivono con l’epilessia. Le persone affette da epilessia sono in grado di monitorare quali sono le situazioni che possono potenzialmente scatenare una crisi, potendola così prevenire. E questi sono solo alcuni esempi e modelli di wearable devices sul mercato.

## 2.4 Wearable nelle assicurazioni

Oggi la maggior parte dei devices necessita di una connessione allo smartphone o al tablet per esercitare il 90% delle proprie funzionalità. Nonostante le proiezioni raccontino di un mercato in crescita ad un ritmo del 35% (CAGR), il valore percepito dagli utenti dei wearable è ancora troppo debole. Spesso i consumatori faticano a percepire le potenzialità di questi minuscoli tracker. La dimensione ridotta degli screen, la durata limitata della batteria e la mancanza di una “killer app” che sia in grado di trainare il livello di adozione, rappresentano i limiti maggiori di questa industria. Per questo, molti dei maggiori brand stanno cercando di rendere questi devices sempre più intelligenti e fruibili da qualunque tipologia di utente.

La prossima generazione di wearable come Fitbit o Jawbone Up si sta già preparando a svolgere un ruolo sempre più importante nella definizione dei premi dell'assicurazione sanitaria, stabilendo partnership con numerose realtà aziendali grazie ai suoi programmi corporate. BP America, per esempio, ha trainato i costi della copertura assicurativa al di sotto della crescita media degli Stati Uniti del 6%. 14.000 impiegati, 6000 coniugi e 4000 pensionati hanno ricevuto in regalo Fitbit: tracciando le loro attività è stato possibile definire un premio di assistenza sanitaria inferiore alla media registrata gli anni precedenti.

Fitbit sta anche lavorando per stipulare partnership con Vitality, che nel Regno Unito e negli Stati Uniti offre uno sconto sull'assicurazione sanitaria in cambio dell'uso del fitness tracker. Il prossimo grande passo nel monitoraggio dei wearable non è l'hardware, infatti, ma l'analisi dei dati raccolti per produrre feedback significativi, come in questo caso, per le aziende e per il mondo assicurativo.

Il mercato globale della Health Insurance vale oggi 2.7 miliardi di dollari. Nel 2014, i fondi di venture capital hanno finanziato con \$700M le iniziative di tech insurance; nei soli primi nove mesi del 2015, i finanziamenti sono triplicati. Gli investimenti in startup tech da parte delle assicurazioni hanno registrato nel 2015 il 43% in più rispetto all'anno precedente, che diventa un 725% rispetto al 2013. Non solo investimenti ma anche partnerships. E' il caso di Axa che ha stipulato una partnership con Withings connected healthcare, offrendo premi e check-in gratuiti per tutti i clienti che acquistano la polizza e monitorano la propria attività. Se oggi le partnership rappresentano in alcuni casi ottimi strumenti di marketing, domani potrebbero andare ben oltre definendo in modo flessibile e customizzato il premio assicurativo.

Il legame tra Wearable e assicurazioni non rappresenta dunque solo un nuovo business model per i wearable, ma anche un ottimo driver di innovazione per le assicurazioni.

## 2.5 Utilizzo in abito ospedaliero

I Wearable Devices per il monitoraggio della salute hanno attirato molta attenzione da parte della ricerca e delle industrie. L'aumento dei costi sanitari e l'invecchiamento della popolazione mondiale ha portato la necessità di monitorizzare lo stato di salute del paziente anche al di fuori dell'ospedale, quando si trova nel suo ambiente personale.

Per far fronte a questa richiesta, nel corso degli ultimi anni sono stati sviluppati una serie di prototipi di sistemi e prodotti commerciali, con l'obiettivo di fornire informazioni di feedback in tempo reale sulla propria condizione di salute, comunicata all'utente stesso, ad un centro medico o direttamente al un supervisore medico professionista, cosicché si possa essere in grado di accorgersi di condizioni di pericolo imminenti per la salute imminente. Si viene a formare un sistema di gestione e monitoraggio che consente l'assistenza a pazienti anziani, in fase post-operatoria o aventi malattie croniche.

Molti dispositivi medici esistenti utilizzare per il monitoraggio e la percezione di segnali dal nostro corpo sono invasivi e scomodi da indossare. L'obiettivo di chi si occupa di progettare questi devices è quello di fornire un prodotto confortevole nell'utilizzo durante le normali attività quotidiane, mentre acquisisce segnali durante il monitoraggio domestico.

Diagnosi precoci e trattamenti personalizzati sono il futuro e l'obiettivo principale dei sistemi sanitari. Il consolidamento di un tale scenario e la sua diffusione può essere raggiunto solo attraverso lo sviluppo di nuove tecnologie specifiche, orientate al monitoraggio dei pazienti per la prevenzione delle malattie, il follow-up e la riabilitazione. Tali tecnologie possono essere integrate con le diverse reti di comunicazione mobile, largamente diffuse nella nostra società, rendendo possibile la trasmissione, la memorizzazione e l'elaborazione delle informazioni in real-time.

Fra i vari parametri che si possono acquisire al domicilio del paziente, sicuramente l'elettrocardiogramma (ECG) rappresenta il segnale per eccellenza che meglio caratterizza le patologie cardiache, e in particolare la variabilità cardiaca. L'ECG è facilmente acquisibile in ambiente ospedaliero, tuttavia in un ambiente domestico, in condizioni di acquisizione continuativa per periodi di mesi, diventa cruciale la scelta dell'interfaccia tra strumento di acquisizione e pelle del soggetto.

L'attività respiratoria del paziente è inoltre un ulteriore parametro fondamentale ed indicativo delle condizioni del paziente in presenza di patologie croniche respiratorie, come la BPCO (broncopneumopatia cronica ostruttiva). La frequenza respiratoria e i parametri delle tempistiche dei respiri sono indicatori delle condizioni del paziente ed è possibile acquisirli attraverso una misura di impedenza elettrica del torace attraverso gli stessi elettrodi dell'ECG.

Un caso di utilizzo molto interessante dei dispositivi indossabili è quello della sorveglianza dei bambini nell'immediato post-parto; ma, nonostante sia notevolmente raccomandato un attento monitoraggio, attualmente non viene sempre effettuato. Le analisi si concludono con le classiche procedure di valutazione dell'indice di Apgar

(riflessi, colorito, frequenza cardiaca e respiratoria) ad un minuto dalla nascita o ad una più o meno frequente ricognizione visiva del personale sanitario addetto. Questo avviene poiché nel panorama delle tecnologie biomediche, non è disponibile un sistema di monitoraggio specifico per l'applicazione identificata.



*Figura 10. App per la sorveglianza dei bambini.*

Dispositivi che offrono servizi come questi, spesso vengono inseriti nel contesto dei “Mobile Health” (mHealth). Con tale definizione si intende un sistema che è in grado di sfruttare la tecnologia mobile, attualmente diffusa sul mercato, per scopi di monitoraggio e assistenza alla salute. La finalità è quella di rendere visibili le acquisizioni su smartphone o tablet attraverso un'app appositamente sviluppata.

Per superare i limiti intrinseci ai tradizionali setting assistenziali, che non permettono una condizione di osservazione costante dello stato del paziente, si sono impressi molti sforzi nella ricerca di nuove metodiche di monitoraggio dello stato del paziente, al di fuori del tradizionale contesto clinico, continuativamente per periodi di tempo prolungato. Si è così sviluppata l'importante branca del monitoraggio domestico attraverso l'utilizzo di sensori indossabili.

Questi sistemi sono forniti di opportuni sensori, specifici per le patologie sotto monitoraggio. I dispositivi prevedono che il malato indossi, a casa propria, particolari maglie su cui sono inseriti elettrodi, ovvero trasduttori dei segnali biologici, e sensori di biopotenziali, cioè apparecchiature preposte a misurare parametri fisiologici di interesse clinico per il paziente.

I sensori indossabili devono inoltre essere dotati di algoritmi per il riconoscimento e la valutazione di determinate condizioni cliniche, al fine di fornire al medico un supporto alle decisioni. È possibile estrarre informazioni clinicamente significative dall'insieme di dati biologici acquisiti, definendo un quadro clinico aggiornato in maniera automatica, di cui è tenuto sotto controllo il trend, inviando segnali di allarme a personale medico, in remoto, solo nel caso in cui risultino variazioni nei parametri fisiologici ritenute indice di una situazione di pericolo.

Grazie ad un'osservazione costante ma automatizzata dello stato del paziente, si punta a sgravare le strutture sanitarie dai costi di ospedalizzazione e a ridurre il carico di lavoro

delle figure di caregiving, quali medici e infermieri che non sono impegnate nel monitoraggio dei parametri fisiologici del malato. Un sistema del genere, per poter essere implementato, deve essere domiciliare e gestibile facilmente ed in autonomia dal paziente stesso; affinché tali requisiti siano rispettati il sistema di acquisizione deve risultare poco invasivo e non interferire nelle normali attività quotidiane del paziente.

## 2.6 Caratteristiche dei dispositivi

Sono diverse le tecnologie di rilevamento dei segnali fisiologici che possono essere integrate come parte di un sistema di monitoraggio sanitario indossabile. La misurazione di questi biosegnali vitali e la loro successiva elaborazione per estrazione delle caratteristiche conduce ad una raccolta di tempo reale parametri fisiologici raccolti, che può dare una stima complessiva dello stato di salute dell'utente in un dato momento.

Type of Bio-signal	Type of Sensor	Description of measured data
Electrocardiogram (ECG)	Skin/Chest electrodes	Electrical activity of the heart (continuous waveform showing the contraction and relaxation phases of the cardiac cycles)
Blood pressure (systolic & diastolic)	Arm cuff-based monitor	Refers to the force exerted by circulating blood on the walls of blood vessels, especially the arteries
Body and/or skin temperature	Temperature probe or skin patch	A measure of the body's ability to generate and get rid of heat
Respiration rate	Piezoelectric/piezoresistive sensor	Number of movements indicative of inspiration and expiration per unit time (breathing rate)
Oxygen saturation	Pulse Oximeter	Indicates the oxygenation or the amount of oxygen that is being "carried" in a patient's blood
Heart rate	Pulse Oximeter/skin electrodes	Frequency of the cardiac cycle
Perspiration (sweating) or skin conductivity	Galvanic Skin Response	Electrical conductance of the skin is associated with the activity of the sweat glands
Heart sounds	Phonocardiograph	A record of heart sounds, produced by a properly placed on the chest microphone (stethoscope)
Blood glucose	Strip-base glucose meters	Measurement of the amount of glucose (main type/source of sugar/energy) in blood
Electromyogram (EMG)	Skin electrodes	Electrical activity of the skeletal muscles (characterizes the neuromuscular system)
Electroencephalogram (EEG)	Scalp-placed electrodes	Measurement of electrical spontaneous brain activity and other brain potentials
Body Movements	Accelerometer	Measurement of acceleration forces in the 3D space

Figura 11. Biosensori e biosegnali

I servizi resi disponibili dall'Internet of Things: sensori, motes, reti di sensori wireless (WSN), architettura middleware semantica, ontologie e molti altri, sono aumentati e di conseguenza hanno ampliato in maniera significativa il numero di applicazioni basate sulla Io. Queste applicazioni hanno alcune caratteristiche uniche: sono autonome nei loro modelli di acquisizione dei dati, hanno capacità di trasferimento di eventi e di fornire una forte interoperabilità e utilizzare la connettività di rete. A causa di queste caratteristiche specifiche (ubiquità, pervasività, miniaturizzazione dei componenti, ecc.), i ricercatori e gli ingegneri si stanno costantemente spingendo oltre i confini della tecnologia

Anche l'E-Health e il monitoraggio dell'ambiente hanno raggiunto un alto livello di maturità per quanto riguarda l'Internet applicato alle cose (IoT), ad esempio attualmente ci sono applicazioni in grado di utilizzare motori semantici relativi ai dati medici o di monitoraggio degli incendi elettrici.

Ad oggi gli sforzi fatti sui sistemi portatili e indossabili si sono concentrati sul monitoraggio fisiologico. Questo approccio è estremamente importante, ma ci sono



ulteriori opportunità per lo sviluppo di sistemi simili che possono estrarre informazioni multiparametriche del sangue e che possono sostituire le funzionalità degli organi mancanti o degradati (si parla quindi di organi artificiali indossabili e portatili). Sono stati proposti anche nuovi approcci per monitorare lo stato mentale di una persona e l'impatto sulla salute o sul piano di cura.

Gli organi artificiali portatili o indossabili sono sistemi che possono sembrare piuttosto futuristici e visionari al momento, ma si può immaginare i vantaggi di avere, per esempio, un dispositivo di dialisi portatile abbastanza piccolo per essere attaccato alla cintura del paziente. Un dispositivo come questo, capace di funzionamento continuo e con richieste di manutenzione minime, consentirebbe pazienti di svolgere la loro attività quotidiana senza dover visitare il loro ospedale e stare sdraiati su un letto per ore mentre sono connessi ad una macchina per dialisi ingombrante.

La Commissione Europea ha intrapreso un programma molto impegnativo che si occupa di sviluppare la modellazione multilivello e la simulazione della anatomia e fisiologia umana: il Virtual Physiological Human (VPH). L'obiettivo finale di questo programma è quello di rendere competenti gli scienziati e i medici nel comprendere e applicare le conoscenze su tutte le cause rilevanti di malattia a livello di molecole, cellule, organi e organismo. Come tale, il lavoro nell'ambito del programma di VPH potrebbe fornire spunti estremamente utili nell'elaborazione di farmaci mirati e organi artificiali in grado di raggiungere il livello atteso di funzionalità.

Per estrarre informazioni multiparametriche del sangue sono state introdotte possibilità di misurazione non invasive basata su una nuova generazione di sensori transdermici indossabili. L'elettroforesi comporta l'applicazione di bassi livelli di corrente alla superficie della pelle, innescando un flusso transdermico di molecole dai vasi sanguigni sottostanti, nel liquido extracellulare e alla pelle. La sonoforesi ottiene lo stesso effetto con l'applicazione di raffiche di ultrasuoni a bassa frequenza, mentre elettrosonoforesi è una combinazione delle due tecniche di cui sopra.

L'applicazione di uno qualsiasi di questi metodi consentirebbe agli analiti presenti nel sangue di essere raccolti e misurati sulla superficie della pelle. Questo controllo può essere in qualsiasi periodo di tempo tra le 12 e 24 ore, non è invasivo, è indolore e può essere eseguito senza raccogliere campioni di sangue.

Grazie a questi vantaggi, i sensori transdermici sono visti come un ambito promettente e ad alto potenziale per il monitoraggio non invasivo del paziente. Un primo esempio è il GlucoWatch G2 Biographer sviluppato da Cygnus Inc. (Redwood City, California), disponibile commercialmente negli Stati Uniti e nel Regno Unito. Il Gluowatch viene indossato sul braccio ed è in grado di leggere i livelli di glucosio nelle persone diabetiche con una frequenza di dieci minuti su una finestra di 13 ore. Il dispositivo invia allarmi quando vengono raggiunti livelli di guardia.

Un altro modello di monitor continuo del glucosio è in fase di sviluppo, basato su tecniche ottiche (di SpectRx, Inc., Georgia). Resta da vedere se questo tipo di dispositivo raggiungerà il mercato e se le tecnologie ottiche potranno essere estese a una analisi multiparametrica del sangue.

I sensori transdermici possono fornire in ambiente domestico un'analisi del sangue multiparametrica, attualmente possibile solo in ambito ospedaliero; di conseguenza, questo può introdurre la capacità di identificazione remota della malattia. La misura di analiti del sangue può consentire una valutazione dello stato immunitario, individuare le tendenze, attivare allarmi per le persone a rischio e anche indicare la necessità di aggiustamenti dietetici.

In uno scenario diverso, sensori transdermici possono essere combinati con somministrazione di farmaci, e sarebbero estremamente utili nella gestione di malati cronici. Il diabete, per esempio, rappresenta circa il 20% delle spese sanitarie. Il costo di gestione di un paziente diabetico potrebbe essere ridotto utilizzando sistemi di somministrazione di farmaci ad anello chiuso (closed-loop) automatizzato. Questi utilizzerebbero sensori transdermici per misurare i livelli di glucosio in modo continuo, in tempo reale, e innescare una pompa per fornire la giusta quantità di insulina al momento giusto. Il potenziale è enorme: si può offrire un trattamento personalizzato con una contestuale riduzione delle spese sanitarie.

Technology	Functionality	Application area in personalized care
a) Wearable noncontact ultrasonic (CMUT) sensors b) Wearable or portable noncontact RF (UWB) sensors	a) Measurement of heart and respiratory rate b) Imaging of heart valves c) Measurement of blood flow	a) Physiological monitoring b) Anatomical imaging with home diagnostic devices
Wearable transdermal sensors	Measurement of blood analytes through the skin	Noninvasive patient monitoring (multiparametric blood analysis and remote identification of disease fingerprints)
Wearable transdermal sensors	Input to closed-loop drug delivery systems	Targeted drug delivery for management of chronic diseases
Wearable/portable artificial organs	Substitution of missing or degraded organ functionality (prostheses)	Management of chronic conditions and disabilities
RF (UWB) noncontact sensors	Location estimation	Position tracking of elderly, in combination with health status monitoring

Figura 12. Applicazioni di nuove tecnologie PHMSs.

## 2.7 Come valutare un dispositivo

Quando deve essere effettuata una scelta per l'adozione di un certo device all'interno di un progetto da parte di sviluppatori, medici o responsabili, oppure più semplicemente direttamente dall'utente finale, ci sono una serie di caratteristiche da valutare per scegliere il prodotto più adatto:

1. la capacità di misurare più parametri
2. la quantità e il livello di dettaglio della documentazione fornita
3. la frequenza della loro citazione in altri progetti
4. la misura in cui essi utilizzano tecnologie hardware allo stato dell'arte
5. l'inserimento di algoritmi intelligenti per estrazione delle caratteristiche e/o di supporto alle decisioni.

Project Title/Institution	Hardware Description	Communication Modules	Measured Signals*	Medical applications
A) LiveNet (MIT) [19]	PDA, microcontroller board	wires, 2.4GHz radio, GPRS	ECG, BP, R, T, SaO <sub>2</sub> , EMG, GSR <sub>e</sub>	Parkinson symptom & epilepsy seizures detection, behav. modelling
B) AMON (EU IST FP5 program) [20]	Wrist-worn device	GSM link	ECG, BP, T SaO <sub>2</sub> , A	High-risk cardiac-respiratory patients
C) LifeGuard (Stanford Un. & NASA) [22]	Custom µC-based device & commercial bio-sensors	serial cables, Bluetooth	ECG, BP, R, T, SpO <sub>2</sub> , A	Medical monitoring in extreme environments (space & terrestrial)
D) MyHeart (EU IST FP6 program) [25]-[28]	PDA, Textile & electronic sensors on clothes + heart belt	conductive yarns, Bluetooth, GSM	ECG, R, other vital signs, A	Prevention and early diagnosis of CVD
E) WEALTHY (EU IST FP5 program) [29]-[31]	Textile & electronic sensors on jacket	conductive yarns, Bluetooth, GPRS	ECG, R, T, EMG, A	Monitoring of rehabilitation & elderly patients, chronic diseases
F) MagIC (Un. Of Milan, Italy, Bioeng. Centre & Cardiac Rehab.Unit) [32]	Vest with textile sensors, custom electronic board, PDA	Bluetooth	ECG, R, T	Recording of cardiorespiratory and motion signals during spontaneous behavior in daily life and in a clinical environment
G) MERMOTH (EU IST FP6 program) [33],[34]	Garment with knitted dry electrodes, PDA	conductive yarns, RF link	ECG, R, T, A	General health monitoring
H) Smart Vest (National Pr. On Smart Materials, India) [35]	Vest with woven sensors, microcontroller	woven wires, 2.4 GHz ISM RF	ECG, BP, T, PPG, GSR	General remote health monitoring
I) CodeBlue (Harvard Univ.)[37]	Sensor motes with custom processing boards	Zigbee	ECG, SpO <sub>2</sub> , A	Real-time physiological status monitoring with wearable sensors
J) Body area network (Valencia, Spain & Malta Un. & Microvitae Tech)[38]	Zigbee-based motes & Zigbee-based custom base device	Zigbee, Wi-Fi, GPRS	ECG, BP, R	Detection & prediction of human physiological state (wakefulness, fatigue, stress) during daily activities
K) WSN u-Healthcare system (Dongseo Un. Korea) [39],[40]	Custom tiny motes, cell phone & commercial sensors	Zigbee, CDMA	ECG, BP, SpO <sub>2</sub> , A	Health monit. and remote identification of suspicious health patterns for further evaluation by physicians
L) Human++ (IMEC) [48], [49]	Miniature low-power BAN nodes, energy scavenging	Zigbee	ECG, EEG, EMG	Enable autonomous wearable sensor networks for general health monitoring
M) HealthGear (Microsoft) [50]	Custom sensing board, comm. sensors and cell-phone	Bluetooth	HR, SpO <sub>2</sub>	Monitoring users during their sleep to detect sleep apnea events
N) HeartToGo (Un. of Pittsburgh) [51]	Cell phone & comm. available BT bio-sensors	Bluetooth, GPRS	ECG, A	Individualized remote CVD detection
O) Personal Health Monitor (Un. of Tech. Sydney) [52]	Cell phone & comm. available BT bio-sensors	Bluetooth, GPRS	ECG, BP, A	Heart-attack self-test for CVD patients
P) Wearable ECG, arrhythmia detection (Eng. + Med. Dpts, Norway) [55]	Microcontroller board, PDA	wires, Zigbee, GPRS	ECG	Remote detection of cardiac arrhythmias
Q) AUDABE (Dept. of Medical Physics, Ioannina, Greece) [56]	Mask, glove, chest sensors	wires, Bluetooth, Wi-Fi	ECG, R, GSR, EMG	Evaluation of the emotional state of an individual at environments where subjects operate at extreme stress conditions
R) Lifeshirt (Vivometrics) [71]	Sensors embedded in vest, PDA	Bluetooth & wires	ECG, R, A	All-day remote health monitoring
S) Bioharness (Zephyr Inc) [75]	Chest Belt	Bluetooth or ISM RF	ECG, R, T, A, P	Remote monitoring of human performance and condition in the real-world

\*ECG: electrocardiogram (also implies the measurement of heart rate), HR: heart rate, EMG: electromyogram, BP: blood pressure, R: respiration, T: temperature, P: posture, GSR: galvanic skin response, A: activity, PPG: photoplethysmography.

Figura 13. Alcuni sistemi corredati da una descrizione dei loro moduli hardware e di comunicazione, i parametri fisiologici che misurano e il loro campo di applicazione dichiarato.

La scelta di funzioni spesso è basata su una vasta gamma di requisiti che un sistema Wearable composto da biosensore deve soddisfare affinché possa essere utilizzato in scenari di monitoraggio sanitario della vita reale. Dal momento che nel caso generale non ci sono metriche oggettive ideali per valutare ogni caratteristica di ogni sistema, la valutazione viene svolta relativamente al caso d'interesse cercando l'approccio migliore.

Nella decisione finale va tenuto conto delle prospettive di tutte le parti coinvolte nello sviluppo e l'utilizzo dei sistemi, ad esempio, i fabbricanti, i medici e gli utenti. Il motivo è legato al fatto che caratteristiche specifiche possono avere diversi livelli di significatività per ciascuna delle parti interessate, ad esempio le risorse di calcolo a bordo del sistema possono essere una caratteristica che è molto importante per lo sviluppatore del sistema, mentre potrebbe non essere così importante per l'utente che sarebbe naturalmente più preoccupato per la facilità d'uso del device.

<i>Wearability (F1)</i>	The system must have low weight and size.
<i>Appropriate placement on the body (F2)</i>	The system has to be unobtrusive and comfortable, in order not to interfere with the user's movements and daily activity.
<i>Aesthetic issues (F3)</i>	The system should not severely affect the user's appearance.
<i>Data encryption and security (F4)</i>	Encrypted transmission of measured signals and authentication requirement for private data access.
<i>Operational lifetime (F5)</i>	Ultra low power consumption for long-term, maintenance-free health monitoring.
<i>Real Application (F6)</i>	The developed system is applicable (and useful) to real-life scenarios/health conditions.
<i>Real-time Application (F7)</i>	The wearable system produces results, e.g. display of measurements, alerts, diagnosis etc, in (or near) real-time.
<i>Computational &amp; Storage Requirements (F8)</i>	The computational and storage resources required or utilized by the system to achieve desirable results.
<i>Ease of use (F9)</i>	The system incorporates a friendly, easy-to-use and easy-to-learn user interface.
<i>Performance and test in real cases (F10)</i>	Sufficient results and performance statistics are provided to verify the system's functionality in real cases.
<i>Reliability (F11)</i>	The system produces reliable and accurate results.
<i>Cost (F12)</i>	The amount of money required to produce and purchase the proposed wearable system.
<i>Interference Robustness (F13)</i>	Availability and reliability of wirelessly transmitted physiological measurements.
<i>Fault Tolerance (F14)</i>	The system produces reliable results under any circumstances, such as various kinds of patient's movements.
<i>Scalability (F15)</i>	Potentiality of upgrading, enhancing and easily incorporating additional components to the developed system.
<i>Decision Support (F16)</i>	The implemented system includes some type of diagnosis/decision mechanism or an algorithm/pattern recognition system for context aware sensing of parameters.

Figura 14. Caratteristiche di valutazione di un dispositivo.

## 2.8 Problemi comuni ai wearable devices

Si vogliono identificare alcuni dei problemi comuni che affliggono i devices: questi costituiscono una serie di sfide che dovranno essere affrontate da ricercatori al fine di migliorare l'efficienza, l'affidabilità e la sicurezza dei sistemi Wearable in abito eHealth. Queste sfide includono:

- La tecnologia delle batterie e scavenging (recupero) di energia: infatti il consumo di energia e la dimensione della batteria sembrano essere forse il problema più grande e agiscono come collo di bottiglia sulle prestazioni nelle implementazioni attuali. I sistemi di biosensori indossabili dovrebbero essere in grado di operare senza manutenzione per lunghi periodi, anche anni. Studi sul recupero di energia (ad esempio attraverso il calore del corpo o movimento), ricetrasmittitori a bassa potenza e miglioramenti a tecnologie per le batterie promettono di risolvere questo problema.
- La sicurezza delle informazioni private, quelle raccolte sull'utente e che descrivono il suo stato di salute. Questi dati devono rimanere al sicuro e devono poter essere comunicati unicamente al portatore del sistema e ai medici di supervisione. I meccanismi di crittografia e di corretta autenticazione sono tenuti a garantire la privacy di tutti i dati comunicati.
- Ulteriori miglioramenti nella miniaturizzazione ed efficienza del sensore, considerando che molti biosensori utilizzati in sistemi indossabili attuali tendono ad avere dimensioni ingombranti e possono richiedere posture o collocamenti molto specifici sul corpo per fornire misure affidabili. Per sopperire a queste carenze, sono necessari perfezionamenti riguardo a sensori tessili, design del sensore avanzato e miniaturizzazione.
- La validazione clinica, che esige di sottoporre i devices sviluppati a test esaustivi, i quali verranno validati da medici professionisti.
- La standardizzazione e la cooperazione a tutti i livelli, che vuole essere il requisito per l'interoperabilità tra le diverse infrastrutture di comunicazione e tra i vari tipi di dispositivi, sensori, attuatori, operatori sanitari, ecc. Questo sottolinea la necessità di standardizzazione di interfacce per la comunicazione e la cooperazione tra ricercatori, medici esperti, produttori di hardware, produttori tessili, fornitori di rete, e altre organizzazioni sanitarie.

## 3 Implementazioni con l'utilizzo di wearable devices

### 3.1 Basati su un indumento con biosensori integrati

Il progetto MyHeart sostenuto dalla Commissione europea e che coinvolge 33 partner provenienti da 10 paesi diversi, tra cui partner industriali come Philips, Nokia, Vodafone, e Medtronic, è volto a combattere le malattie cardiovascolari (CVD: CardioVascular Diseases) per la prevenzione e la diagnosi precoce. Ha adottato l'uso di abiti "smart", in cui i moduli di rilevamento sono integrati nell'indumento o semplicemente incastonati in una parte di esso.

Il concetto si basa sull'utilizzo di minuscoli fili conduttori filati normalmente. In questo modo, il sistema indossabile è molto comodo per l'utente, non sono necessari moduli wireless per i sensori e l'intero sistema necessita di un solo alimentatore centralizzato sul corpo, con conseguente notevole riduzione delle dimensioni del sistema complessivo.

In questi sistemi è sempre presente un dispositivo che si occupa di controllare il bus, la sincronizzazione e l'alimentazione di tutti i componenti sull'indumento. I sensori tessili sviluppati sono l'ECG e un sensore di attività. Per il progetto MyHeart è stato utilizzato un algoritmo in grado di classificare con altissima precisione l'attività a riposo, sdraiato, camminando, correndo, e salendo/scendendo le scale. Durante il progetto sono stati sviluppati anche una cintura che può essere indossata sul petto o collegata a un reggiseno che effettua misurazioni sul cuore.

Il progetto WEALTHY (Wearable Health Care System), che fa parte di una serie di progetti commissionati dalla Commissione europea e stato completato nel 2005. Ha messo a punto un indumento da indossare sotto i vestiti normali, che copre l'intera parte superiore del corpo ed è in grado di registrare le variabili biomeccaniche e segnali fisiologici.

Il sistema WHEALTHY si rivolge a pazienti che stanno svolgendo una riabilitazione o pazienti ad alto rischio, come gli anziani, le persone con malattie croniche e molti altri. I sensori, che sono stati integrati sotto forma di tessuto, utilizzando conduttore e materiali piezoresistivi, sono in grado di monitorare l'ECG con tre derivazioni, l'EMG posto sulle braccia, frequenza di respirazione toracica ed addominale, la posizione del corpo e il movimento, la pelle, e la temperatura corporea.

Si possono anche ottenere le misurazioni della pressione sanguigna e della saturazione di ossigeno. Inoltre contiene un modulo GPRS o Bluetooth per trasmettere i segnali processati.

MagIC è un progetto sviluppato da un gruppo di ricercatori a Milano. Consiste in una maglia sensorizzata e lavabile, che effettua l'ECG, il monitoraggio della frequenza respiratoria e una scheda elettronica portatile, che valuta il livello di movimento di chi lo indossa ed è responsabile per la pre-elaborazione del segnale e la trasmissione dei dati tramite Bluetooth ad un PC locale o a un PDA.

Il sistema indossabile incorpora anche sensori di temperatura della pelle e mira principalmente ad un uso da parte di persone anziane o pazienti cardiaci per il controllo domestico, consentendo tuttavia anche il monitoraggio della salute durante la vita ambulatoriale quotidiana.

I dati raccolti dai test di valutazione effettuati hanno dimostrato che il sistema raggiunge una buona qualità del segnale acquisito (eccetto nel caso di attività fisica estrema) e che è anche in grado di identificare correttamente episodi di fibrillazione atriale e la presenza di battiti ectopici atriali e ventricolari.

Il progetto MERMOTH (Medical Remote Monitoring of clothes), che fa parte di un programma europeo che include un totale di 6 progetti basati su stoffe intelligenti e tessuti interattivi, è stato completato nel 2006.

È stato sviluppato un indumento elastico e a basso costo, che incorpora tessuti conduttivi e elettrostrittivi, che consente di misurare l'ECG, la pletismografia respiratoria, la temperatura della pelle e l'attività attraverso accelerometri. Un PDA è collegato al microcontrollore per interfacciarsi con sensori sul capo, fornendo un collegamento RF ad un PC locale per l'interpretazione e la visualizzazione delle misure rilevate.

Pandian e il suo team descrive Smart Vest, un sistema di monitoraggio fisiologico indossabile che consiste in un vestito, che utilizza una serie di sensori integrati sul tessuto del capo, in grado di raccogliere simultaneamente diversi segnali biologici in modo non invasivo e discreto. I parametri misurati sono ECG, fotopletismografia (PPG), la frequenza cardiaca, la pressione sanguigna, la temperatura corporea, e la risposta galvanica della pelle (GSR).

Inoltre, si afferma che l'ECG può essere registrato senza l'uso di gel e che la sua registrazione di informazioni non è influenzata dal rumore basale e da movimenti involontario. Inoltre, la pressione sanguigna è calcolata tramite tecniche non invasive, in cui l'algoritmo implementato viene calibrato individualmente in base all'ECG dell'utente.

I sensori sono collegati ad una unità centrale di elaborazione, che è in grado di correlare le misure acquisite per formare un quadro generale della salute dell'utilizzatore.

### 3.2 Basati su un dispositivo mobile e bluetooth

Il primo esempio in questa categoria è il device HealthGear di Microsoft. Il prototipo è costituito da un pulsossimetro non invasivo, una scheda di rilevamento che fornisce i valori di saturazione di ossigeno e frequenza cardiaca, un modulo Bluetooth per la trasmissione wireless dei segnali misurati, alimentazione tramite batterie AAA e un telefono cellulare per fornire l'interfaccia utente.

Questo dispositivo consente di monitorare gli utenti durante il sonno e rilevare momenti di apnea del sonno. Sono due i metodi proposti per la rilevazione automatica della apnea durante il sonno. Il primo funziona nel dominio del tempo e rileva eventi apnea dopo aver valutato statisticamente valori soglia per il livello di saturazione di ossigeno, mentre il secondo lavora nel dominio della frequenza a seguire eventuali picchi in un periodogramma filtrato dei valori ossimetrici.

Il sistema è stato testato da 20 individui e per il periodo di test non ha presentato problemi tecnici e il sistema rilevava con successo i momenti di apnea del sonno lieve e grave (OSA). Gli utenti anche riferito che la vestibilità e la funzionalità dell'intero sistema erano buone.

HeartToGo è una piattaforma portatile che con la presenza di un telefono cellulare, in grado di monitorare continuamente il segnale ECG dell'utente tramite un sensore wireless, di analizzare dell'elettrocardiogramma in tempo reale e rilevare eventuali modelli anormali relativi a malattie cardiovascolari. Il sistema proposto è in grado di adattarsi alle condizioni fisiologiche dei singoli utenti attraverso l'uso di sistemi di reti neurali artificiali, basati su algoritmi di machine learning che classificare più accuratamente i modelli ECG.

Leijdekkers e Gay hanno sviluppato un'applicazione per il monitoraggio della salute personale che è in grado di riconoscere un eventuale infarto, utilizzando un telefono cellulare tradizionale e un sensore Bluetooth ECG. Il telefono cellulare ha la funzione di analizzare i dati in streaming dal sensore in tempo reale e li trasmette ad un cardiologo. Nell'applicazione è presente una semplice interfaccia che viene utilizzata per acquisire il feedback da parte degli utenti sui sintomi e sulla base delle risposte, nel caso in cui le condizioni di salute del paziente si trovano ad essere a rischio, saranno contattati i servizi di emergenza.

È stato sviluppato anche un dispositivo indossabile per il monitoraggio continuo dell'ECG, in cui il sensore trasmette continuamente il segnale ECG misurato e amplificato a un dispositivo portatile (HHD: hand held device), che è un PDA comune. Il PDA funge da dispositivo "intelligente" del sistema, in quanto processa, analizza e salva le misurazioni dell'ECG. Un algoritmo che è implementato sull'HHD può rilevare eventi aritmici, con una percentuale di rilevamento corretta del 99,2%. Il HHD comunica tramite GPRS con una stazione clinica remota, trasmettendo segnali di allarme e forme d'onda registrate dall'ECG. Il medico alla stazione clinica remota può impostare le soglie limite, oltre le quali viene generato un allarme, il quale specificherà ad esempio se si tratta di bradicardia, tachicardia o aritmia.



### 3.3 Altri tipi di devices

In quest'ultima sottocategoria di prototipi di ricerca, si darà uno sguardo ad alcuni interessanti sistemi indossabili che non potevano essere direttamente classificate in una delle categorie precedenti.

Uno di questi è AUBADE, sviluppato presso l'University of Ioannina in Grecia, che è un sistema indossabile che esegue la valutazione dello stato emotivo di un individuo in un ambiente, in cui soggetti umani operano in condizioni di stress estremo. Il prototipo sviluppato è costituito da una maschera che contiene sedici sensori tessili EMG a prova di fuoco (che misurano l'attività elettrica nei muscoli), un sensore ECG a tre derivazioni e un sensore per frequenza respiratoria si trovano sul petto del soggetto e un sensore tessile posto all'interno di un guanto misura l'attività elettrodermica (o risposta galvanica della pelle o conduttanza cutanea). È presente anche un meccanismo di rappresentazione del viso in 3-D e un modulo di riconoscimento delle emozioni per classificare la condizione psicologica dell'individuo a partire da un insieme di emozioni.

Un altro sistema interessante è quello che utilizza un dispositivo ECG indossabile per rilevare anomalie di movimento (distorsioni) e classificare il tipo di movimento del corpo (BMA: Body Movement Activity) dal segnale ECG stesso. Questo studio si rivolge a situazioni in cui è richiesto il monitoraggio dinamico del cuore, ad esempio, nel caso di pazienti che si muovono. Il battito dell'ECG preprocessato è utilizzato da un approccio di apprendimento supervisionato, basato sul PCA (Principal Component Analysis), per allenare il classificatore BMA a riconoscere il movimento delle braccia, la posizione seduta, la camminata sul piano o in salita.

Presso il Fraunhofer IGD a Rostock, Germania, è stato sviluppato un sistema indossabile per la misurazione della relazione tra le emozioni e i parametri fisiologici. Viene utilizzato un guanto come indumento per ospitare un sensore che raccoglie dati dalla conduttività della pelle, da sensori che misurano la temperatura della pelle e una fascia toracica della Polar come sensore per la frequenza cardiaca. Il sensore comunica in modalità wireless utilizzando un ricetrasmittitore banda ISM con una stazione base, che può generare eventi, come ad esempio il rilevamento di determinati stati fisiologici.

## 4 Progetto di integrazione dati da wearable devices

### 4.1 Descrizione

In un contesto di ricerca medica, per monitorare lo stato di salute di un paziente è necessario avere più informazioni possibili. La stessa necessità si può presentare anche in altri ambiti, come in quello sportivo, quando l'atleta vuole sapere se il suo allenamento sta apportando miglioramenti tramite un'analisi fatta da: numeri, indicatori e grafici.

Indipendentemente dall'area di interesse in cui ci si trova, si può notare come la tecnologia riesca a dare numerosi feedback sull'ambiente circostante.

I wearable devices possono, ad esempio, ritornare informazioni sul corpo, ma limitatamente alla parte in cui sono indossati e alle capacità di rilevazione del dispositivo.

Al centro del progetto svolto presso l'azienda Datariver ci sono 2 dispositivi indossabili: il Vivofit 2 di Garmin e la Mywellness Key di Technogym.



Figura 15. Garmin Vivofit 2.



Figura 16. Technogym Mywellness Key.

Questi devices reperiscono da ciascun utente informazioni come passi effettuati durante la giornata, ore di sonno, calorie bruciate, steps e molte altre, le quali sono memorizzate e gestite da una piattaforma che consente l'accesso sia al paziente stesso che al medico responsabile del suo monitoraggio.

I valori rilevati, per il medico, sono solo uno strumento ausiliario alle diagnosi: infatti questi strumenti non sono in grado da soli di dare elementi sufficienti per una decisione medica, ma viceversa possono aiutare ad inquadrare meglio la situazione e l'ambiente in cui il paziente vive.

## 4.2 Obiettivi

Le finalità del progetto sono quelle di fornire strumenti per l'analisi dell'attività fisica svolta, misurata tramite dispositivi indossabili, a una figura di riferimento che si occupa di monitorare in remoto i dati raccolti. L'insieme delle informazioni raccolte non sono in grado di fornire una diagnosi precisa a un paziente o un'analisi approfondita del benessere di un atleta, ma danno un elemento di feedback del quale si può tenere conto.

Si vuole rappresentare un grafico che mostra i dati, divisi per mese, di un utente che è in possesso di due braccialetti Wellness. Si parte quindi a dover raccogliere i dati da dispositivi della Technogym tramite opportune API e a salvare i dati raccolti in un database in cui sono già presenti anche dati di dispositivi Garmin. In seguito questi dati verranno reperiti dal grafico, il quale è composto da più sottografici, poiché si vogliono distinguere e analizzare le varie misure reperite grazie ai braccialetti Wellness.

## 4.3 Strumenti a disposizione

Si tratta di una web-application scritta in linguaggio Java che è stata implementata utilizzando l'ambiente di sviluppo free e open-source Eclipse, nella sua versione IDE for Java EE Developers 4.3 Kepler. Eclipse è un ambiente di sviluppo integrato multi-linguaggio e multiplatforma.

Un ambiente di sviluppo integrato (in lingua inglese Integrated Development Environment ovvero IDE, anche integrated design environment o integrated debugging environment, rispettivamente ambiente integrato di progettazione e ambiente integrato di debugging) è un software che, in fase di programmazione, aiuta i programmatori nello sviluppo del codice sorgente di un programma. Spesso l'IDE aiuta lo sviluppatore segnalando errori di sintassi del codice direttamente in fase di scrittura, oltre a tutta una serie di strumenti e funzionalità di supporto alla fase di sviluppo e debugging.



*Figura 17. Eclipse 4.3 Kepler*

Per gestire la sincronizzazione della repository del progetto tra sviluppatori è stato necessario utilizzare Mercurial tramite la sua interfaccia grafica TortoiseHg. Tramite Mercurial ogni sviluppatore ha la possibilità di lavorare anche non disponendo di una connessione di rete, inoltre ha una maggiore velocità di esecuzione dei comandi poiché ogni operazione agisce sui dati residenti in locale. Anche la sicurezza del codice ne trae vantaggio perché ogni sviluppatore mantiene una copia completa della storia del progetto, e quindi agisce da backup per tutti gli altri utenti.

Non è stato utilizzato direttamente un plugin di Mercurial in Eclipse poiché ci sono state impossibilità nell'installazione in Eclipse Kepler, essendo una versione meno recente. Mercurial è utilizzato in alcuni dei più famosi progetti, tra i quali Mozilla, OpenOffice, Adblock Plus, Netbeans e molto altri.

Per la gestione dei database è stato utilizzato il DBMS, anch'esso gratuito e con licenza open-source, PostgreSQL. Quest'ultimo è una reale alternativa sia rispetto ad altri prodotti liberi come MySQL, Firebird SQL e MaxDB che a quelli a codice chiuso come Oracle, IBM Informix o DB2 ed offre caratteristiche uniche nel suo genere che lo pongono per alcuni aspetti all'avanguardia nel settore dei database.

#### 4.4 Sicurezza e API fornite dai produttori

Le API (application programming interface) sono insiemi di procedure disponibili al programmatore, di solito raggruppate a formare un set di strumenti specifici per lo svolgimento di un determinato compito all'interno di un certo programma. Spesso con tale termine si intendono le librerie software disponibili in un certo linguaggio di programmazione.

Generalmente esistono due linee di condotta per quanto riguarda la pubblicazione delle API:

- Alcune compagnie conservano gelosamente le loro API. Per esempio, Microsoft fornisce API ufficiali solamente agli sviluppatori Xbox registrati. Questo perché intende restringere il numero di persone che possono scrivere giochi per la console per limitare la pirateria.

Garmin fornisce le proprie API per accedere ai loro Fitness Band in modo confidenziale, solo a chi ha un progetto attivo in collaborazione con loro.

- Altre compagnie distribuiscono le API pubblicamente. Per esempio la stessa Microsoft fornisce al pubblico informazioni sulle sue Windows API, tra cui le Microsoft Foundation Classes (MFC), per scrivere software per la piattaforma Windows.

Anche Technogym, per i prodotti wellness che supportano API, le ha rese pubbliche e accessibili a tutti:

<http://mywellnesscloud.github.io/api/authentication/>.

La finalità è ottenere un'astrazione a più alto livello, di solito tra l'hardware e il programmatore o tra software a basso e quello ad alto livello semplificando così il lavoro di programmazione.

Le API permettono infatti di evitare ai programmatori di riscrivere ogni volta tutte le funzioni necessarie al programma dal nulla, ovvero dal basso livello, rientrando quindi nel più vasto concetto di riuso di codice. Le API stesse rappresentano quindi un livello di astrazione intermedio: il software che fornisce una certa API è detto implementazione dell'API.

Sia Garmin che Technogym per permettere l'autorizzazione delle loro API nelle loro applicazioni (mobile, web e desktop) utilizzano un protocollo di sicurezza aperto, standard e semplice chiamato OAuth, nella sua versione 2.0.



*Figura 18. Logo OAuth 2.0*

Per gli sviluppatori di applicazioni è un metodo per pubblicare e interagire con dati protetti. OAuth garantisce ai service provider l'accesso da parte di terzi ai dati degli utenti proteggendo contemporaneamente le loro credenziali. Per esempio permette all'utente di dare ad un sito, chiamato consumer, l'accesso alle sue informazioni presenti su un altro sito, detto service provider, senza condividere la sua identità.

Il protocollo OAuth è sviluppato a partire dal novembre 2006 e nella sua versione 1.0 è stato pubblicato come RFC 5849 nell'aprile 2010.

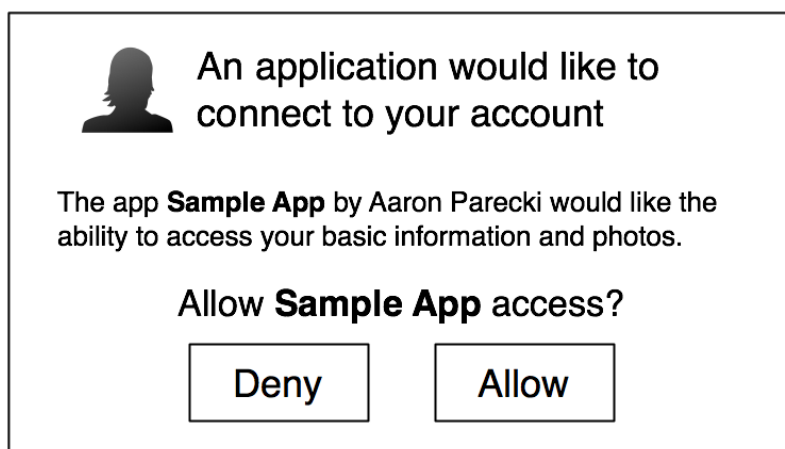
L'idea di base è quella di autorizzare terze parti a gestire documenti privati senza condividere la password. La condivisione della password infatti presenta molti limiti a livello di sicurezza, per esempio non garantisce supporto per singoli privilegi su determinati file o operazioni, e soprattutto rende accessibile l'intero account e il pannello di amministrazione (in particolare questo accesso incondizionato è indesiderato); inoltre l'unico modo per revocare l'accesso è cambiare la password dell'intero account.

OAuth è nato quindi con il presupposto di garantire l'accesso delegato ad un client specifico per determinate risorse sul server per un tempo limitato, con possibilità di revoca.

In OAuth esistono 3 attori principali:

- Server
- Client
- Utente

L'utente è la persona fisica che vuole garantire l'accesso alle risorse presenti sul server. Il client è la parte che richiede l'accesso alle risorse protette. Per far questo il client interagisce con il server ottenendo delle proprie credenziali temporanee. Per accedere alle risorse protette, il client richiede all'utente il permesso, detto token di accesso. Una volta ottenuto può accedere e interagire con le risorse stabilite per un breve periodo. Nel caso di Datariver il consenso viene fatto tramite WebApp.



*Figura 19. Esempio di richiesta di autorizzazioni all'utente. Se l'utente clicca "Allow", il servizio ridireziona l'utente al sito con un token d'accesso.*

OAuth 1.0 presenta alcune limitazioni a livello di sicurezza. Il server non svolge questo servizio "gratuitamente", ma raccoglie informazioni riguardanti l'utente, il client e la loro interazione. OAuth 1.0 non garantisce confidenzialità né sulle richieste né sui contenuti.

Sebbene questo protocollo garantisca che il client non acceda ad informazioni indesiderate, non garantisce che l'uso delle risorse autorizzate rimanga nell'ambito specificato. Per questo motivo OAuth suggerisce al server di proteggere le risorse tramite il protocollo TLS.

Per garantire l'integrità delle informazioni, OAuth offre 3 metodi diversi: Plaintext (usato solo con protocollo HTTPS), HMAC, RSA.

Un ulteriore problema noto è quello del phishing. Il client potrebbe indirizzare l'utente a una pagina di accesso fasulla del server per richiedere l'autenticazione e ottenere le credenziali dell'utente.

Un'evoluzione di OAuth 1.0 è descritta nel documento RFC 6749 dell'ottobre 2012. Il principio di funzionamento è il medesimo, ma differisce dal predecessore per qualche miglioramento nel servizio. Infatti OAuth 2.0 presenta una chiara divisione dei ruoli, implementando un mediatore tra client e server. Un altro vantaggio rispetto alla

precedente versione è dato dalla possibilità di prolungare il tempo di utilizzo del token di accesso qualora desiderato.

Gli attori sono i medesimi con l'aggiunta di un server mediatore. Quest'ultimo ha il principale compito di gestire i token di accesso tra client e server. Il server che funge da mediatore può essere lo stesso che ospita le risorse alle quali accedere. Il server mediatore può gestire token di accesso provenienti da più di un solo server.

I limiti di OAuth 2.0 sono i medesimi di OAuth 1.0. I protocolli OAuth non sono compatibili fra loro.

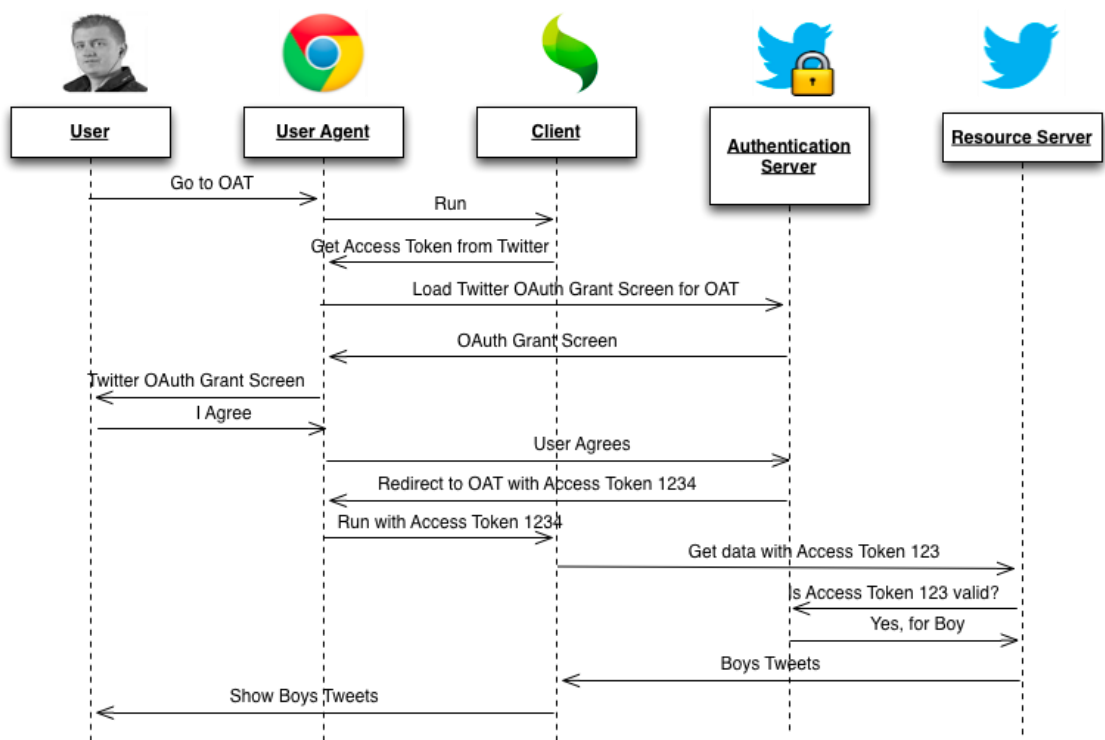


Figura 20. OAuth2 sequence-diagram cheatsheet.

## 4.5 Analisi dei dati di ritorno e storage

Quando si richiede ai server di Garmin e Technogym i dati tramite le API si ottiene una risposta in formato JSON. Nell'ambito della programmazione web, JSON, acronimo di JavaScript Object Notation, è un formato adatto all'interscambio di dati fra applicazioni client-server.

La semplicità di JSON ne ha decretato un rapido utilizzo specialmente nella programmazione in AJAX. Il suo uso tramite JavaScript è particolarmente semplice, infatti l'interprete è in grado di eseguirne il parsing tramite una semplice chiamata alla funzione `eval()`. Questo fatto lo ha reso velocemente molto popolare a causa della diffusione della programmazione in JavaScript nel mondo del Web.

In questa fase del progetto sono stati creati degli account di prova in un ambiente di testing delle due compagnie. In questo modo si è potuto iniziare ad inserire alcuni dati riguardanti l'attività fisica svolta, sia in modo manuale che in modo automatico tramite le registrazioni effettuate dal dispositivo. I dispositivi contenevano alcuni dati poiché sono stati indossati in ufficio per un paio di giorni durante le ore lavorative.

Il due devices differiscono nelle modalità di sincronizzazione tra il dispositivo stesso e l'applicazione proprietaria installata sul pc che si occupa di trasferire i dati reperiti al server cloud.

Il Vivofit 2 di Garmin si sincronizza con l'applicazione tramite una USB key Bluetooth, mentre la Mywellness key di Technogym si connette direttamente al PC tramite USB.

Ciascun utente può integrare gli account di Garmin e Technogym sull'applicazione sviluppata da Datariver. In questo modo direttamente dall'applicazione è possibile effettuare il pull dei dati.

Per la richiesta TimeSeries che fa parte delle Mywellness cloud API fornite da Technogym viene effettuata un'analisi e implementazione in linguaggio Java.

TimeSeries è una funzione che fornisce il riepilogo mensile dei dati di un utente. Ricevendo in input il token dell'utente e un datatype (Move, Calories, RunningDistance, CyclingDistance), ritorna una lista di day, value e rawValue, che sono rispettivamente il giorno a cui fa riferimento il dato, il valore sotto forma di stringa e il valore sotto forma di double.

Si precisa che il mese richiesto viene ritornato in ogni caso, anche se non sono presenti dati.



```

1 public JSONObject apiCallTimeSeries(Long idUserAccount, Date day, String dataType){
2
3     JSONObject JSONparams = new JSONObject();
4     JSONObject paramsResp = null;
5
6     UserTechnogym userTechnogym = getOAuthTokenUserTG(idUserAccount);
7
8     try {
9         JSONparams.put("dataType", dataType); //dataType can be Move or Calories
10        JSONparams.put("token", userTechnogym.getTokenApi());
11        logger.debug("JSONparams apiCallTimeSeries" +JSONparams.toString());
12    } catch (JSONException e1) {
13        logger.error("apiCallTimeSeries httpError "+e1.getMessage());
14        e1.printStackTrace();
15    }
16
17    String url = replaceTimeFrameId(getUrlDaylyCounters(), day);
18    logger.debug("apiCallTimeSeries url "+url);
19
20    RestTemplate restTemplate = new RestTemplate();
21    HttpHeaders headers = new HttpHeaders();
22
23    headers.setContentType(MediaType.APPLICATION_JSON);
24
25    headers.set("X-MWAPPS-OAUTHCLIENTID", getClientId());
26    logger.debug("X-MWAPPS-OAUTHCLIENTID "+getClientId());
27
28    HttpEntity<String> entity = new HttpEntity<String>(JSONparams.toString(), headers);
29
30    try {
31
32        ResponseEntity<String> response =
33            restTemplate.exchange(url, HttpMethod.POST, entity, String.class);
34        logger.debug("response.getStatusCode() "+response.getStatusCode());
35        if (HttpStatus.OK == response.getStatusCode()) {
36            logger.debug("apiCallTimeSeries response "+response.getBody());
37            try {
38                paramsResp = new JSONObject(response.getBody());
39            } catch (JSONException e) {
40                logger.error("JSONException in apiCallTimeSeries" + e.getMessage());
41                e.printStackTrace();
42            }
43        }
44    } catch (HttpClientErrorException e) {
45        logger.error("apiCallTimeSeries HttpClientErrorException "+e.getMessage());
46        e.printStackTrace();
47    } catch (ResourceAccessException e) {
48
49        logger.error("apiCallTimeSeries ResourceAccessException "+e.getMessage());
50        e.printStackTrace();
51    }
52
53    return paramsResp;
54
55 }
56

```

Figura 21. Implementazione della richiesta a TimeSeries in linguaggio Java.

## 4.6 Accesso ai dati raccolti dai dispositivi tramite DAO

Per accedere ai dati che sono stati raccolti e memorizzati nel database vengono utilizzati i Data Access Object (DAO), che fungono da linea di connessione e comunicazione diretta verso la base di dati, stratificando e isolando l'accesso a una tabella tramite query, poste all'interno dei metodi della classe, ovvero al data layer da parte della business logic creando un maggiore livello di astrazione ed una più facile manutenibilità. I DAO sono utilizzati principalmente quando le operazioni CRUD (acronimo di: Create, Read, Update, Delete) sono invocate nel codice Java.

Il vantaggio relativo all'uso del DAO è dunque il mantenimento di una rigida separazione tra le componenti di un'applicazione, le quali potrebbero essere il "Modello" e il "Controllo" in un'applicazione basata sul paradigma MVC.

Nelle funzioni che implementano i DAO sono stati integrati elementi del framework Java Hibernate, che è una piattaforma middleware open source per lo sviluppo di applicazioni Java, che fornisce un servizio di Object-relational mapping (ORM) ovvero gestisce la persistenza dei dati sul database attraverso la rappresentazione e il mantenimento su database relazionale di un sistema di oggetti Java.

Come tale dunque, nell'ambito dello sviluppo di applicazioni web, tale strato software si frappone tra il livello logico di business o di elaborazione e quello di persistenza dei dati sul database (Data Access Layer).

Lo scopo principale di Hibernate è quello di fornire un mapping delle classi Java in tabelle di un database relazionale; sulla base di questo mapping Hibernate gestisce il salvataggio degli oggetti di tali classi su database (tipicamente attributi di oggetti per ciascun campo dati della tabella). Si occupa inoltre al rovescio del reperimento degli oggetti dal database, producendo ed eseguendo automaticamente le query SQL necessarie al recupero delle informazioni e la successiva reistanziatura dell'oggetto precedentemente "ibernato" (mappato su database).

L'obiettivo di Hibernate è quello di esonerare lo sviluppatore dall'intero lavoro relativo alla persistenza dei dati. Hibernate si adatta al processo di sviluppo del programmatore, sia se si parte da zero sia se da un database già esistente. Hibernate genera le chiamate SQL e solleva lo sviluppatore dal lavoro di recupero manuale dei dati e dalla loro conversione, mantenendo l'applicazione portabile in tutti i database SQL. Hibernate fornisce una persistenza trasparente per Plain Old Java Object (POJO); l'unica grossa richiesta per la persistenza di una classe è la presenza di un costruttore senza argomenti.

Il DAO implementato per il progetto è contenuto nella funzione `getMonthlyDeviceDatasUser` che implementa una SQL query per recuperare i dati dell'utente che si trovano nel database in un range di tempo specificato. La funzione riceve in input l'ID dell'utente, la data di inizio e quella di fine del periodo richiesto, mentre ritorna una lista di diverse misure rilevate all'utente, divise per mese.

Per ogni misura ritorna i dati per coprire tutto il range temporale specificato in input e nel caso fossero presenti più dati nello stesso mese della stessa misura allora verrà ritornata la somma per mese.

Viceversa se non fossero presenti dati in un certo mese verrà ritornato il valore null per quel mese.

```
StringBuilder sqlQueryData = new StringBuilder(
    "SELECT date_part('year', dd.data_timestamp) as year, "
    + "date_part('month', dd.data_timestamp) as month, sum(dd.data_value) as sum_value "
    +"FROM device_data dd "
    +"WHERE dd.id_user_account = :idUserAccount and dd.id_measure = :idMeasure "
    +"and dd.data_timestamp >= :startDate and dd.data_timestamp < :endDate "
    +"GROUP BY date_part('year', dd.data_timestamp), date_part('month', dd.data_timestamp) "
    +"ORDER BY year, month");
```

*Figura 22. SQL Query contenuta nella funzione che interroga il database per recuperare tutti i dati di un utente, in un range di date specificato, ordinando il risultato per anno e mese.*

Questo algoritmo riempie la struttura dati facendo in modo che siano presenti tanti valori quanti sono i mesi compresi tra il range di date specificato. Questo dato è uguale alla differenza in numero di mesi, dalla fine all’inizio del range, quindi **totalDiffMonth**.

L’algoritmo richiede che i dati della misura richiesta verranno analizzati in ordine cronologico (partendo dal meno recente) all’interno di un range di date specificato, allora la variabile **countIns** tiene conto di quante volte il dato viene inserito nella struttura dati che li conterrà. Questa variabile è fondamentale nell’algoritmo poiché se un mese non ha valori, bisogna riempire questo “buco” con il valore NULL.

```

ArrayList<Number> measureSumValueList = new ArrayList<Number>();
int countIns=0;
//iterate months
while (iterSections.hasNext()) {
    //start mapping
    @SuppressWarnings("rawtypes")
    Map record = (Map) iterSections.next();
    //values cast
    int year = Integer.parseInt(record.get("year").toString().replace(".0", ""));
    int month = Integer.parseInt(record.get("month").toString().replace(".0", ""));
    int sumValue = Integer.parseInt(record.get("sum_value").toString().replace(".0", ""));

    int diffYear = year - calStart.get(Calendar.YEAR);
    //difference of month between current month and the chart start month
    int diffMonth = diffYear * 12 + month - (calStart.get(Calendar.MONTH)+1);

    //iterate and fill the list with NULL until is the current month
    // (this implies that the query results are sorted)
    int nNull = diffMonth-countIns;
    for(int i=0 ; i<nNull ; i++){
        measureSumValueList.add(null);
        countIns++;
    }
    //add the current month
    measureSumValueList.add(sumValue);
    countIns++;
}

//iterate and fill the list with NULL until is the last month
int nNull = totalDiffMonth-countIns;
for(int i=0 ; i<(nNull) ; i++){
    measureSumValueList.add(null);
    countIns++;
}

measureDateList.add(measureSumValueList);
}

```

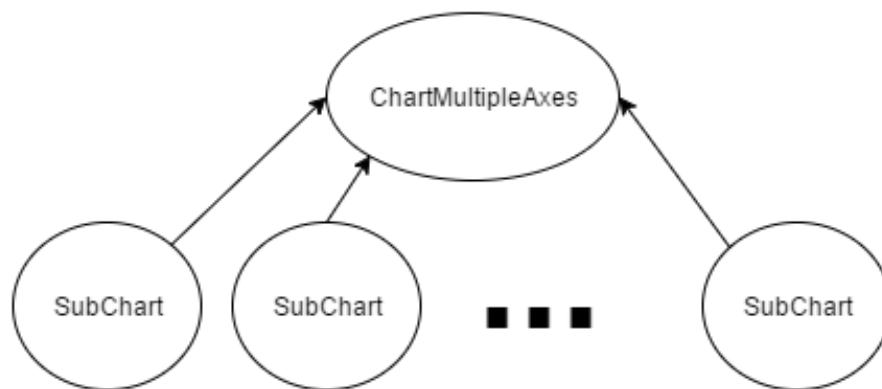
Figura 23. Algoritmo che si occupa di riempire la struttura dati facendo in modo che siano presenti tanti valori quanti sono i mesi compresi tra il range di date specificato.

## 4.7 Graficazione dei dati

L'ultima fase del progetto è stata quella di progettare un grafico che mostri tutte le misurazioni reperite all'utente e successivamente implementarlo utilizzando la libreria Vaadin charts.

Vaadin è un framework web open source per applicazioni web che utilizza Java come linguaggio di programmazione per la creazione di contenuti web. A differenza di librerie JavaScript e soluzioni basate su browser plug-in, utilizza un architettura server-side, il che significa che la maggior parte della logica viene eseguita dal server. Viene utilizzata la tecnologia Ajax lato browser per garantire una completa ed interattiva esperienza agli utenti.

Il grafico, che nella documentazione di Vaadin Charts prende il nome di Multiple Axes, è composto da uno o più sottografici in modo da rappresentare il confronto di diverse misure reperite all'utente, con ciascuna misura sulla sua rispettiva scala numerica.



*Figura 24. Grafico formato da un insieme di sottografici, in questo modo le varie misure rilevate (ciascuna con le proprie scale e metodi di visualizzazione) possono essere integrate in un unico grafico.*

Per implementare il Multiple Axes Chart vengono utilizzate 2 classi: ChartMultipleAxes e SubChart.

La prima si occupa di implementare e ritornare il grafico Highchart chiamato Multiple Axes, ricevendo in input il titolo, il sottotitolo, l'asse X comune (suddiviso in mesi) e l'insieme dei sottografici.

L'asse X passato in input contiene un certo numero di mesi, quindi in base al numero di mesi, i valori delle misure nei sottografici devono essere nello stesso numero. Si precisa inoltre che l'ordine con il quale si inseriscono i SubChart determina la sovrapposizione dei loro colori.

La classe SubChart crea il sottografico ricevendo in input il nome, l'unità di misura, il colore, il lato dove si vuole vedere l'asse, il tipo di grafico (linea, barra, ecc.) e l'insieme di valori che saranno tanti quante sono i mesi sull'asse delle ascisse.

Questa classe non è in grado di disegnare un grafico autonomamente, perché ogni sua istanza è un asse Y del Multiple Axes Chart, ma le ascisse a cui fanno riferimento sono comuni a tutti i sottografici di uno stesso grafico.

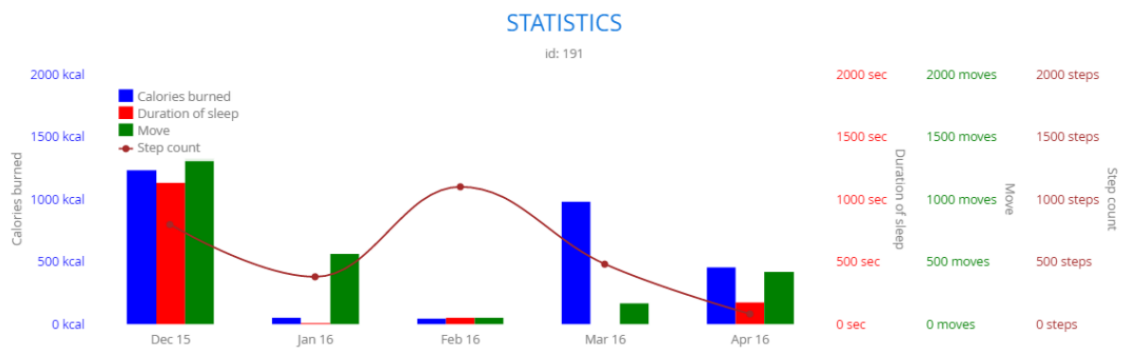


Figura 25. Grafico Multiple Axes di un utente che mostra le misure reperite in 5 mesi.

## 5 Conclusioni e sviluppi futuri

L'utilizzo dei wearable devices e dei sistemi di comunicazioni diventerà sempre più fondamentale per il monitoraggio a lungo termine dei parametri fisiologici.

È necessario continuare ad apportare migliorie in questo settore, che non è ancora del tutto esente da problematiche.

Sviluppi futuri potrebbero ad esempio orientarsi al miglioramento dell'autonomia delle batterie: la riduzione del consumo è una questione fondamentale; attualmente diversi settori di ricerca se ne occupano, in particolare nel mondo e-health si sta cercando di ridurre il consumo di potenza inserendo nel dispositivo indossabile un sistema che effettua la compressione dei dati fisiologici grezzi in tempo reale.

I wearable devices hanno il potenziale per rivoluzionare l'assistenza sanitaria, fornendo soluzioni a basso costo per garantire l'ubiquità durante tutto il giorno, monitorando lo stato di salute spesso in modo non invasivo e garantiscono una diagnosi precoce e un migliore trattamento di varie condizioni mediche, nonché la prevenzione delle malattie e di una migliore comprensione e auto gestione delle malattie croniche.

L'utilizzo di queste tecnologie indossabili è in grado inoltre di offrire diverse soluzioni per ridurre il numero di personale infermieristico e dei costi per la cura degli anziani.

Algoritmi robusti di elaborazione del segnale sono alla base di tutto ciò, tuttavia sono necessari numerosi test e prove per fornire un elevato livello di fiducia nella fase decisionale.

Si discute molto dei problemi che si riferiscono alla sicurezza dei dati personali, la privacy e la riservatezza, soprattutto dal punto di vista etico.

## 6 Bibliografia e sitografia

L. Gatzoulis – I. Iakovidis, *Wearable and Portable eHealth Systems*. IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine, September 2007

<http://ieeexplore.ieee.org/xpls/icp.jsp?arnumber=4312668>

P. Castillejo – J.F. Martínez – J. Rodríguez-Molina, *Integration of wearable devices in a wireless sensor network for an E-health application*. IEEE Wireless Communications, August 2003

<http://ieeexplore.ieee.org/xpls/icp.jsp?arnumber=6590049>

A. Pantelopoulos – N.G. Bourbakis, *A Survey on Wearable Sensor-Based Systems for Health Monitoring and Prognosis*. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews), January 2010

<http://ieeexplore.ieee.org/xpls/icp.jsp?arnumber=5306098>

P.S. Pandian - K. Mohanavelu - K.P. Safeer - T.M. Kotresh - D.T. Shakunthala - Parvati Gopal - V.C. Padaki, *Smart Vest: Wearable multi-parameter remote physiological monitoring system*. Defence Bioengineering and Electromedical Laboratory (DEBEL), Defence R&D Organization (DRDO), May 2008

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17869159>

C.D. Katsis, G. Ganiatsas, D.I. Fotiadis, *An integrated telemedicine platform for the assessment of affective physiological states*. Dept. of Medical Physics, Medical School, University of Ioannina, Greece, August 2006

<https://www.researchgate.net/publication/6906435>

<http://www.openclinical.org/e-Health.html>

<http://www.avalun.com/en/>

[http://www.corrierecomunicazioni.it/it-world/31651\\_sara-l-anno-dei-wearable-l-e-health-la-killer-app.htm](http://www.corrierecomunicazioni.it/it-world/31651_sara-l-anno-dei-wearable-l-e-health-la-killer-app.htm)

[http://www.insuranceup.it/it/opinioni/wearable-device-e-assicurazioni-cosi-nascono-nuovi-modelli-di-business\\_1107.htm](http://www.insuranceup.it/it/opinioni/wearable-device-e-assicurazioni-cosi-nascono-nuovi-modelli-di-business_1107.htm)

<http://www.ehealthnews.eu/myheart>

<https://it.wikipedia.org/wiki/OAuth>

<https://it.wikipedia.org/wiki/Hibernate>



Sitografia relativa al progetto:

[http://www.tutorialspoint.com/json/json\\_java\\_example.htm](http://www.tutorialspoint.com/json/json_java_example.htm)

<https://aaronparecki.com/2012/07/29/2/oauth2-simplified>

<https://howtoprogramwithjava.com/hibernate-creating-data-access-objects-daos/>

<https://docs.jboss.org/hibernate/orm/3.3/reference/en/html/querycriteria.html>

<http://mywellnesscloud.github.io/api/activitystream/#timeseries>