



Politecnico di Milano

Facoltà del Design

Laurea magistrale in Design & Engineering

SISTEMA DI SENSORI AMBIENTALI FINALIZZATI AL TELE-MONITORAGGIO
DELL'UTENTE ANZIANO, INTEGRATI ALL'INTERNO DELL'AMBIENTE
DOMESTICO IN MODO DA RILEVARE LA CADUTA A PARTIRE
DALL'ANALISI DELL'ATTIVITÀ MOTORIA.

Tesi di laurea di

Pietro Santarelli, 786151

Relatore

Giuseppe Andreoni

Anno Accademico

2012/2013

Indice:

1. Scenario e utenti	7
1.1. Active Aging	
1.1.1. L'invvecchiamento globale	
1.1.2. L'invvecchiamento individuale	
1.1.3. Self-Care	9
1.2. Smart Home Systems	10
1.2.1. Struttura generale	11
1.2.2. Le funzioni del sistema	
1.2.3. I vantaggi delle applicazioni e-Health	12
1.2.4. Le caratteristiche delle applicazioni e-Health	
1.3. Fall detection: cosa, come e perché	13
1.3.1. La dimensione del problema	
1.3.2. Dinamiche di caduta	14
1.3.3. Valutazione del rischio	15
1.4. User Centered Design	16
1.4.1. I requisiti di usabilità	18
1.4.2. Gli strumenti	19
1.5. Il settore sanitario	20
1.5.1. L'approccio multidisciplinare	
1.5.2. La rete di servizi	21
1.6. Gli attori dello scenario	
1.6.1. Gli anziani	
1.6.1.1. Anziani autonomi	22
1.6.1.2. Report dell'etnografia rapida	23
1.6.1.3. Anziani fragili	24
1.6.1.4 Report delle interviste	25
1.6.1.5. Anziani gravemente compromessi	29
1.6.2. Lo staff medico	30
1.6.3. I familiari	
1.7. Individuazione personas	
2. Struttura del sistema	33
2.1. Premessa	
2.2. Gli elementi del sistema	
2.2.1. I sensori	
2.2.2. Clustering data center	35
2.2.3. Data storage	
2.3. Le caratteristiche del sistema	36

2.3.1. Integrazione	
2.3.2. Adattabilità	
2.3.3. Scalabilità	37
2.3.4. Affidabilità	
2.3.5. Invisibilità	
3. Prodotti e servizi sul mercato	39
3.1. Premessa	
3.2. Fall detection	
3.2.1. Rilevatori indossabili manuali	
3.2.2. Rilevatori indossabili automatici	49
3.2.3. Rilevatori ambientali vision-based	54
3.2.4. Rilevatori ambientali a pavimento	57
3.3. Sicurezza	60
3.4. Health and activity monitoring	61
4. Il percorso progettuale	64
4.1. I requisiti del sistema in base a tecnologia e usabilità	
4.1.1. Individuazione del target	
4.1.2. Scelta della soluzione tecnologica	66
4.1.2.1. Accettazione da parte degli utenti	
4.1.2.2. Confronto con le alternative sul mercato	71
4.2. Funzionalità tecniche del sistema	73
4.2.1. Rilevazione delle vibrazioni	
4.2.2. Trasmissione di segnali	76
4.3. Prototipo	78
4.3.1. Componenti hardware	
4.3.2. Componenti software	79
4.3.3. Funzionamento	80
4.3.4. Sperimentazione	
4.3.4.1. Simulazioni di caduta e test di calibrazione	
4.3.4.2. Gait analysis	82
5. Il progetto	86
5.1. I principi della forma	
5.2. Forma iniziale del prototipo	
5.3. Ridefinizione della forma	
5.3.1. Ipotesi formali	87
5.3.2. Interviste con utenti	
5.3.3. Riadattamento back-end	88

5.3.4. I materiali	89
5.3.5. I processi	90
5.4. I colori	
5.5. Sviluppi futuri	91
5.6. Rappresentazione del progetto	
Indice delle immagini:	
	40
Immagine 3.1. Carephone and transmitter by Bosch	41
Immagine 3.2. Vega by Everon	42
Immagine 3.3. Link by Care Innovations	
Immagine 3.4. Terminal and panic button by Neat	43
Immagine 3.5. Carephone Landline	44
Immagine 3.6. Ivi by Tunstall	
Immagine 3. 7. Terminal by VRI	45
Immagine 3.8. Carephone and transmitter by Bayalarm	46
Immagine 3.9. Carephone and transmitter by Medical Guardian	
Immagine 3.10. Carephone and transmitter by Life Fone	47
Immagine 3.11. Carephone and transmitter by Life Station	
Immagine 3.12. Carephone and transmitter by Life Alert	
Immagine 3.13. Carephone and transmitter by Alert1	48
Immagine 3.14. Carephone and transmitter by ADT	
Immagine 3.15. Carephone and transmitter by Mobile Help	
Immagine 3.16. Carephone and transmitter by Rescue Alert	49
Immagine 3.17. Carephone by Beghelli	
Immagine 3.18. Carephone by Intervox	50
Immagine 3.19. Il dispositivo adesivo Vigi'Fall	51
Immagine 3.20. Panic Button by VoCare	
Immagine 3.21. Stazione di ricarica del rilevatore di caduta	52
Immagine 3.22. Carephone and transmitter by Philips	54
Immagine 3.23. Dispositivo indossabile realizzato da Caretek	55
Immagine 3.24. Progetto di uno studente della Delft University of Technology	59
Immagine 3.25. Sistema di sensori e software di gestione dei dati	61
Immagine 3.26. Braccialetto Larklife	62
Immagine 3.27. Braccialetto Nike+	
Immagine 3.28.Braccialetto Jawbone	
Immagine 3.29.Braccialetto Fitbit	
Immagine 3.30. G-Walk, dispositivo per il telemonitoraggio della deambulazione	63
Immagine 3.31. Pedometro sportivo	66
Immagine 4.1. Storyboard descrittivo del primo scenario di utilizzo proposto	67

Immagine 4.2. Storyboard descrittivo del secondo scenario di utilizzo proposto	
Immagine 4.3. Storyboard descrittivo del terzo scenario di utilizzo proposto	
Immagine 5.1. Posizione verticale del dispositivo	91
Immagine 5.2. Posizione orizzontale del dispositivo	
Immagine 5.3. Vista posteriore da cui è possibile osservare le viti di ancoraggio	
Immagine 5.4. Vista anteriore	
Immagine 5.5. Vista della componentistica elettronica interna	92
Immagine 5.6. Possibili alternative estetiche di colorazione	

Indice dei grafici:

Grafico 1.1. Utente autonomo N°1	31
Grafico 1.2. Utente autonomo N°2	
Grafico 1.3. Paziente 1	32
Grafico 1.4. Paziente 2	
Grafico 1.5. Paziente 3	
Grafico 1.6. Paziente 4	
Grafico 1.7. Paziente 5	
Grafico 1.8. Paziente 6	
Grafici 4.1. Modello tipico di anziano autonomo	64
Grafici 4.2. Modello tipico di anziano fragile	65
Grafico 4.3. Risultati del primo esperimento di gait analysis	83
Grafico 4.4. Risultati del secondo esperimento di gait analysis	
Grafico 4.5. Risultati del terzo esperimento di gait analysis	84
Grafico 4.6. Risultati del quarto esperimento di gait analysis	
Grafico 4.7. Risultati del quinto esperimento di gait analysis	85

Indice delle tabelle:

Tabella 1.1. Parametri per la valutazione dell'autonomia dell'utente anziano	22
Tabella 3.1. Risultati delle sperimentazioni effettuate per verificare la sensibilità di Speedy	53
Tabella 4.1. Confronto tra le principali caratteristiche delle soluzioni sviluppate fino ad oggi	72
Tabella 4.2. La sensibilità dello strumento è determinata dalla differenza tra caduta rilevata e caduta avvenuta.	73
Tabella 4.3. Confronto tra le varie tecnologie che consentono la rilevazione delle vibrazioni	76
Tabella 4.4. Setup del primo esperimento che non ha portato ad alcun risultato	81
Tabella 4.5. Setup del secondo esperimento che non ha portato ad alcun risultato	
Tabella 4.6. Setup e risultati del terzo esperimento	
Tabella 4.7. Setup del quarto esperimento che non ha portato ad alcun risultato	82
Tabella 4.8. Setup e risultati del quinto esperimento	

Abstract:

Il progetto ha lo scopo di sviluppare un sistema di Ambient Intelligence finalizzato al supporto del processo di Active Aging.

In particolare la soluzione prevede l'integrazione all'interno dell'ambiente domestico di sensori la cui funzione sarà quella di intervenire sul livello di sicurezza dell'anziano, senza interferire con lo svolgimento delle attività domestiche.

In questo modo il sistema sarà in grado di offrire un servizio di protezione che non risulti oppressivo e stigmatizzante per l'utente, ma che al contrario lo spioni a conservare e potenziare l'autonomia e la consapevolezza indispensabili per acquisire un ruolo attivo nella gestione del suo stato di salute.

Per ottenere questo risultato la tecnologia impiegata dovrà rispettare dei requisiti di passività e flessibilità, così da rispettare la scarsa propensione all'interazione che mediamente gli utenti anziani manifestano nei confronti degli artefatti digitali.

1. SCENARIO E UTENTI

1.1. Active aging

1.1.1. L'invecchiamento globale

L'ultimo World Population Prospect riportato dalla UN DESA (United Nations, Department of Economic and Social Affairs) prevede un incremento del numero di ultra centenari nel mondo, che nel 2030 raggiungeranno la cifra di 17 milioni.

Nello stesso anno si prevede che la percentuale di popolazione over-65 raggiunga il 25% negli USA e il 30% in Italia, dove a pari merito col Giappone le persone hanno l'aspettativa di vita maggiore, 79 anni per gli uomini e 84 per le donne.

Gli anziani sono una porzione di popolazione in aumento le cui caratteristiche li rendono dei potenziali catalizzatori di attività redditizie. La capacità di acquisto e il tempo libero superiori rispetto ai giovani li rende dei consumatori ideali per una serie di prodotti e servizi.

Inoltre l'aumento dell'aspettativa di vita comporta la necessità di sviluppare e investire in una serie di settori quali la domotica, la sicurezza domestica e la telemedicina, il cui potenziale innovativo funge da elemento propulsivo per l'economia.

Le maggiori difficoltà che i paesi ad "economia matura" si trovano a dover affrontare nella gestione dell'invecchiamento globale sono la generazione di nuove povertà di ritorno, il fenomeno dell'esclusione sociale, l'insostenibilità del welfare pubblico e la crisi della funzione della famiglia come ammortizzatore sociale.

Come è possibile evincere dai dati riportati nel World Population Prospect del 2012, dal 1950 al 2010 il potential support ratio è diminuito, mentre la old age dependency ratio è aumentata. Ciò significa che per ogni anziano over-70 ci sono sempre meno persone tra i 25 e i 69 anni in condizione di potergli fornire il supporto di cui ha bisogno. Allo stesso tempo è in continuo aumento la percentuale di anziani over-70 che non possono più svolgere un'attività lavorativa in modo da poter provvedere autonomamente al proprio sostentamento.

Per arginare gli effetti negativi legati al global aging è necessario che la longevità crescente delle persone venga sfruttata per prolungare anche la loro attività lavorativa.

Il processo che consente all'anziano di conservare la propria autonomia, senza diventare un peso per la società è definito Active Aging.

1.1.2. L'invecchiamento individuale

L'invecchiamento è un processo complesso che determina una serie di modificazioni da cui dipendono lo stato fisico, psichico e sociale del paziente.

Le ricadute di queste modificazioni sulla qualità di vita dell'anziano devono essere analizzate in base a dei criteri che, oltre agli aspetti clinici legati alla salute del paziente, consentano di valutarne anche e soprattutto lo stato globale di funzionalità.

Modificazioni dell'organismo

Le teorie biologiche dell'invecchiamento si dividono in due categorie: una secondo la quale l'invecchiamento è dovuto ad un accumulo, all'interno dell'organismo, di errori dovuti anche ad aggressioni esterne; un'altra secondo la quale nel nostro organismo è già previsto, fin dalla nascita un limite di funzionamento*.

* Sintesi tratta da: operatoresociosanitario.net

A livello fisiologico, durante l'invecchiamento le principali alterazioni che coinvolgono i vari apparati dell'organismo sono*:

- le alterazioni morfologiche delle cellule, dei tessuti e degli organi;
- il rallentamento delle funzioni biologiche;
- l'alterazione delle funzioni di tutti i sistemi dell'organismo, tra cui gli organi di senso e il sistema immunitario;
- la diminuzione dell'energia di riserva che provoca una risposta meno efficiente allo stress;
- il sistema omeostatico nell'anziano mostra due alterazioni caratteristiche, ovvero una più lenta risposta nel ritorno alla norma e una diminuzione della capacità di riserva, causa di una maggiore vulnerabilità alle malattie.

Modificazioni psicologiche e socio-culturali (“interne” ed “esterne”)

L'anziano matura una percezione negativa della sua condizione a partire da una serie di fattori dovuti sia a cause “interne” che “esterne”.

Le cause “interne” consistono nelle alterazioni fisiologiche che danneggiano le funzioni cognitive attraverso le quali il paziente interagisce con l'ambiente esterno: attenzione, orientamento, linguaggio, memoria, percezione visuo-spaziale, trasmissioni nervose, capacità di giudizio, capacità di risolvere problemi.

Le cause “esterne” provocano dei cambiamenti nelle dinamiche sociali a cui il paziente è abituato.

Infatti l'anziano si trova ad avere a che fare con un nuovo ruolo che gli viene assegnato dalla famiglia e in generale dalla società; nella migliore delle ipotesi si tratta di una condizione caratterizzata da nuove amicizie, nuove attività e una nuova situazione economica; in caso contrario l'anziano si trova ad essere escluso dalla società a causa della mancanza di autonomia, delle limitazioni fisiche e del disagio economico. Ovviamente cause interne ed esterne sono legate in un circolo vizioso in cui si alimentano reciprocamente, provocando ripercussioni sull'anziano sempre peggiori per quanto riguarda il tono dell'umore, l'interesse e la motivazione, la percezione di sé, la sfera sessuale, i rapporti interpersonali, la qualità del sonno, e lo stato emotivo in generale.

Stato funzionale

La funzionalità del paziente è determinata dal suo livello di autonomia nello svolgimento delle attività quotidiane (ADL, Activities of Daily Living), che possono essere divise in due categorie distinte:

- attività basali (B-ADL, Basal Activities of Daily Living), che comprendono lavarsi, vestirsi, muoversi, alimentarsi, usare i servizi igienici;
- attività strumentali (I-ADL, Instrumental Activities of Daily Living), come usare il telefono, gestire il denaro, fare la spesa, preparare i pasti, fare il bucato, usare i mezzi di trasporto, gestire la propria terapia.

Disabilità e autosufficienza

Salute psicofisica, inclusione sociale e funzionalità sono i tre fattori fondamentali che consentono al paziente anziano di conservare la propria autosufficienza.

Qualora una o più d'una di queste condizioni dovesse venire a mancare, l'anziano incorrerebbe nel rischio di sviluppare una forma di disabilità, intesa come la limitazione o la perdita della capacità di compiere una attività, che causerebbe una progressiva diminuzione della sua autosufficienza.

Secondo uno studio condotto dall'ISTAT nel 2000, una persona viene definita disabile se presenta il massimo grado di difficoltà in almeno una delle seguenti funzioni prestabilite dall'ICDH (International Classification of Disease Disability and Handicap):

* Sintesi tratta da: Sapere.it

- Difficoltà nel movimento: camminare, fare le scale, raccogliere gli oggetti da terra; nelle situazioni più gravi può portare a condizioni di confinamento (a letto, sulla sedia a rotelle, nella propria abitazione).
- Difficoltà nello svolgimento delle attività quotidiane (B-ADL; I-ADL).
- Difficoltà della comunicazione: menomazione delle facoltà visive uditive e linguistiche.

Interazione con l'ambiente esterno

Nello sviluppo di un progetto finalizzato al miglioramento della qualità della vita dell'utente anziano tramite l'utilizzo di tecnologie interattive e di Physical Computing, è necessario tenere in considerazione oltre ai numerosi aspetti sopra elencati, anche una serie di conseguenze dell'invecchiamento sulle capacità della persona di percepire gli stimoli esterni e interagire con essi*.

- **Sensazione:** intesa come capacità di percepire lo stimolo tramite i recettori sensoriali (un suono alto, un colore caldo, ecc.). La degenerazione di questa facoltà impedisce al paziente di essere adeguatamente recettivo o attento rispetto agli stimoli provenienti dall'ambiente esterno.
- **Percezione:** ovvero la capacità di associare alla variazione del segnale percepito un'informazione (identificare un suono alto come un allarme, un oggetto rosso come una mela, ecc.). Il paziente che non possiede una sufficiente facoltà percettiva potrebbe incorrere nel rischio di interpretare erroneamente il significato di determinati segnali.
- **Cognizione:** consiste nel processo con cui il sistema nervoso è in grado di acquisire ed elaborare l'informazione percepita (ragionamento, ricordo, decisione, ecc.). Il paziente che presenti una scarsa capacità cognitiva non sarà in grado di sfruttare in maniera utile le informazioni derivanti dai dati relativi al suo stato di salute.
- **Controllo del movimento:** permette l'esecuzione di un'azione in reazione a uno stimolo esterno (usare un oggetto, guidare una macchina, raccogliere oggetti, ecc.). La perdita di questa capacità provoca notevoli difficoltà all'utente nel momento in cui deve interagire con il mondo esterno.

1.1.3. Self-Care

La long term care è stata definita all'interno del report del 2000 redatto dal WHO, "Active Aging, a policy framework", come: "... Il sistema di attività intraprese da operatori informali (familiari, amici e/o vicini di casa) e/o professionisti (servizi sociali e sanitari), per assicurare la migliore qualità di vita a persone non completamente autosufficienti, in conformità con le sue preferenze e tenendo in massima considerazione il mantenimento dell'indipendenza, dell'autonomia, della partecipazione, della realizzazione e della dignità individuale."

Il monitoraggio dello stato di salute appartiene a un più ampio insieme di servizi il cui obiettivo è mettere in atto un processo di responsabilizzazione dell'utente definito Active Aging.

L'evoluzione di questo processo consentirà di rispondere in maniera sempre più adeguata alle necessità legate al progressivo invecchiamento globale della popolazione.

Infatti l'Active Aging o Aging in Place prevede l'introduzione all'interno dell'ambiente domestico di una serie di dispositivi elettronici che metteranno l'utente in condizione di provvedere autonomamente alla gestione del suo stile di vita, secondo quello che viene definito il principio del self-care.

Affinché questo principio possa essere messo in pratica occorre che il sistema soddisfi i seguenti requisiti**:

- **Raggiungimento da parte del paziente di una buona capacità di interpretazione delle informazioni e dei dati che costituiscono il suo quadro clinico:** al paziente deve essere data la possibilità di conoscere dettagliatamente le implicazioni legate alla sua condizione, in modo da potersi interfacciare al meglio

* Estratto dall'articolo "Aging in Place: Self-Care in Smart Home Environments" (vedere bibliografia, "Smart Home Systems")

** Blanson Henkemans et al., 2010

con gli operatori sanitari.

- Recupero di informazioni utili alla gestione delle proprie attività: le modalità ottimali di svolgimento del processo di self-care vengono scelte in base alle esigenze personali del paziente.
- Coordinamento con le attività quotidiane: le fasi del processo di self-care necessitano di essere coordinate con lo svolgimento delle attività quotidiane del paziente. In questo modo le attività svolte dal paziente rientrano in un insieme di abitudini.
- Conservazione della sfera sociale: l'organizzazione del supporto rivolto al paziente dev'essere tale da garantire una collaborazione a stretto contatto tra gli operatori del sistema di care-giving; in questo modo al paziente è data la possibilità formare legami sociali stabili, attraverso i quali introdursi nel sistema come elemento attivo, senza sentirsi un fardello per la comunità.

Per massimizzare il grado di autosufficienza raggiungibile da ciascun utente è necessario che il funzionamento del sistema sia basato su un elevato grado di sinergia tra tutti i componenti; in questo modo il sistema sarà in grado di operare nella massima autonomia senza risultare intrusivo nei confronti dello svolgimento delle attività quotidiane dell'utente.

Tuttavia il livello di automazione dev'essere opportunamente bilanciato in modo da dare all'utente la possibilità di interagire attivamente con il sistema qualora desideri calibrarne i parametri di funzionamento a seconda delle proprie esigenze.

Il sistema deve operare in maniera invisibile all'interno dell'ambiente, senza però sfuggire al controllo dell'utente, che non deve mai essere tenuto all'oscuro dei processi in atto e deve sempre poter mantenere il controllo della situazione.

Gli aspetti della qualità della vita dell'utente che traggono maggior vantaggio dall'applicazione di questo principio sono i seguenti:

- Il mantenimento di legami stabili con una comunità di persone. È proprio la solitudine infatti il fattore che provoca e aggrava maggiormente le patologie senili, in quanto colpisce il paziente a livello psicologico, privandolo delle risorse intellettuali necessarie al superamento della sua condizione.
- La permanenza del paziente all'interno dell'ambiente domestico, dove l'utente conserva dei legami psicologici e affettivi, che gli consentono di avere dei riferimenti utili allo svolgimento delle attività quotidiane.
- L'aumento dell'autostima del paziente, dovuto al fatto che è spronato a mantenere in esercizio le sue facoltà intellettive e le sue capacità fisiche.

La diffusione della pratica del self-care consentirebbe inoltre di compensare l'incremento del carico di lavoro che grava in sempre maggior misura sul settore sanitario. L'invecchiamento progressivo della popolazione mondiale infatti aumenta sempre di più il rischio di sbilanciare il delicato equilibrio tra la domanda di assistenza e l'adeguatezza dell'offerta di servizi.

1.2. Smart Home Systems

È all'interno del contesto degli Smart Home Systems che si trovano le premesse adeguate per il raggiungimento degli obiettivi previsti dall'Aging in Place.

Infatti le tecnologie impiegate in questo campo potenziano gli strumenti di cui il settore sanitario dispone per soddisfare le esigenze dei pazienti.

Attraverso la collaborazione tra la domotica e la medicina è stato possibile sviluppare nel corso del tempo una serie di servizi integrati nell'ambiente domestico finalizzati al raggiungimento da parte dell'anziano di una maggiore autonomia nella gestione del proprio stato di salute.

1.2.1. Struttura generale

Il settore degli Smart Home Systems comprende una notevole quantità di diverse possibili soluzioni che presentano una struttura comune.

Il sistema si basa su una serie di dispositivi caratterizzati da un livello tecnologico variabile a seconda delle esigenze, che possono essere integrati nell'ambiente domestico, indossati dall'utente o utilizzati con altre modalità.

Questi dispositivi comunicano con il resto del sistema tramite una rete cablata fissa o wireless, più flessibile e meno intrusiva. La connessione trasmette i dati acquisiti a un database dove vengono processati. In questa fase vengono dunque impiegati Software specifici per l'analisi dei segnali vitali, la valutazione delle attività quotidiane, la previsione di eventi avversi, la registrazione e l'invio dei dati. Ovviamente la componente umana è ineliminabile e fondamentale per garantire l'efficienza del sistema, per questo i dati vengono trasmessi a tutti gli attori che operano per prestare all'utente i servizi di cui necessita.

Sebbene questi sistemi siano rivolti a un pubblico molto ampio gli utenti che ne traggono maggiore vantaggio sono coloro che a causa di vari fattori invalidanti presentano un livello funzionale ridotto sotto l'aspetto fisico, psichico e sociale. Si tratta di anziani, persone con disabilità e/o afflitte da handicap percettivi, motori, ecc., la cui condizione di scarsa autosufficienza può essere migliorata attraverso specifiche funzioni offerte dal sistema.

1.2.2. Le funzioni del sistema

Le possibili applicazioni delle tecnologie impiegate nel settore degli Smart Home System comprendono funzioni di monitoraggio e supporto, somministrazione di cure e terapie, incremento del comfort domestico.

I principi in base ai quali è organizzata la suddivisione di queste funzioni rispettano l'ordine stabilito da Maslow nella piramide dei bisogni.

Questa mappa concepita dallo psicologo statunitense a metà degli anni '50 organizza le principali categorie in cui sono suddivisi i bisogni dell'uomo secondo una gerarchia ben precisa*:

- Bisogni fisiologici (fame, sete, ecc.)
- Bisogni di salvezza, sicurezza e protezione
- Bisogni di appartenenza (affetto, identificazione)
- Bisogni di stima, di prestigio, di successo
- Bisogni di realizzazione di sé (realizzando la propria identità e le proprie aspettative e occupando una posizione soddisfacente nel gruppo sociale)

L'obiettivo degli Smart Home Systems è di soddisfare ciascuno di questi livelli di bisogno tramite delle funzioni integrate nell'ambiente domestico.

In particolare il settore della telemedicina, o e-Health si basa su delle funzioni specializzate per il supporto degli utenti che intendono recuperare e/o conservare la propria autonomia attraverso un processo di self-care.

Secondo uno studio del 2008, condotto da due ingegneri informatici, G. Demiris, dell'università di Washington a Seattle e B. K. Hensel, dell'università del Missouri, Columbia, le suddette funzioni possono essere raggruppate nelle seguenti categorie:

- Monitoraggio dei parametri fisiologici: lo stato di salute dei pazienti è determinato da una serie di fattori le cui variazioni devono essere tenute sotto controllo in modo da adeguare al meglio il programma di self-care alle esigenze specifiche di ciascun paziente.
- Monitoraggio delle attività quotidiane e prevenzione degli eventi avversi: l'analisi delle attività

* Elenco riportato da Wikipedia

quotidiane svolte dal paziente facilita l'individuazione di comportamenti e avvenimenti anomali, come cadute e difetti di deambulazione, che rischiano di ostacolare il processo di self-care.

- Protezione dai pericoli ambientali (Safety): controllo automatico di alcune funzioni ambientali ausiliarie che permettono al paziente di svolgere le sue attività quotidiane in una condizione di massima sicurezza.
- Sicurezza dell'ambiente domestico (Security): è necessario che l'ambiente in cui il paziente trascorre la sua vita quotidiana sia protetto da eventuali minacce esterne (ad es. intrusione).
- Incremento del grado di interazione sociale: il paziente deve avere la possibilità di entrare a far parte di comunità di vario tipo all'interno delle quali mantenere attive le sue interazioni sociali.
- Assistenza alle facoltà cognitive: il paziente viene supportato in tutta una serie di attività in cui le sue facoltà cognitive risultano deficitarie e insufficienti all'assolvimento dei compiti richiesti.

1.2.3. I vantaggi delle applicazioni e-Health

I seguenti effetti positivi determinati dalla telemedicina coinvolgono tanto l'utente e il suo stato di salute, quanto il settore sanitario nel suo complesso:

riduzione dell'ospedalizzazione, per facilitare l'ottimizzazione delle risorse.

patient empowerment e patient centered care, che prevede che il paziente ottenga il massimo controllo possibile sulla propria condizione di salute, in modo da avere un ruolo attivo all'interno di essa.

riduzione del carico economico.

possibilità di sperimentare tecnologie innovative in un ambiente controllato e sicuro.

1.2.4. Le caratteristiche delle applicazioni e-Health

I progetti che assolvono alle funzioni elencate nel paragrafo 1.2.2. soddisfano due requisiti comuni: il funzionamento in remoto e l'intrusività ridotta.

Entrambe queste caratteristiche si basano sul modello dell'ubiquitous computing, che prevede un'interazione pervasiva tra l'uomo e la macchina in tutti gli aspetti della vita quotidiana, attraverso l'adattamento dei dispositivi tecnologici all'ambiente umano.

Nel caso dei servizi di telemedicina questo processo di digitalizzazione deve tuttavia rispettare le caratteristiche proprie dell'utente medio, la cui interazione con la tecnologia è determinata dalla sua condizione di salute, più che dalla sua volontà.

Di conseguenza è necessario che il sistema si introduca nella maniera più discreta possibile nella vita "analogica" dell'utente, in maniera tale che quest'ultimo ne riesca a tollerare la presenza, traendone il massimo beneficio.

Questo processo è stato descritto da un punto di vista più generale in un libro del 1998 intitolato "Il Computer invisibile", di D.A.Norman.

In questo testo Norman delinea il tipico trend che assume il ciclo di vita della maggior parte dei prodotti tecnologici, individuando 2 fasi distinte attraverso le quali avviene il passaggio da oggetto High Tech a bene di consumo:

Fase technology push

In questa fase l'intento dell'azienda produttrice è quello di superare le prestazioni tecnologiche offerte dai concorrenti. Di conseguenza vengono trascurate le concrete esigenze dell'utente quali produttività, facilità di utilizzo, appropriatezza rispetto all'attività desiderata. Infatti quando ancora la tecnologia è in via di sviluppo, gli utenti che Norman definisce "della prima ondata" sono interessati esclusivamente all'aspetto prestazionale delle tecnologie incluse nel prodotto. Questi utenti, per necessità o per interesse personale, sono costantemente alla ricerca del modello più aggiornato e con le specifiche tecniche più avanzate sul mercato, senza preoccuparsi dei costi che dovranno sostenere per ottenerlo o delle difficoltà che dovranno superare per utilizzarlo.

Fase User oriented

Una volta che la tecnologia si è stabilizzata, il suo utilizzo non comporta più difficoltà che potrebbero scoraggiare la porzione restante di utenti. Il livello raggiunto dalla tecnologia in questa fase è tale che riesce a soddisfare le esigenze fondamentali degli utenti e di conseguenza non viene più valutata in base all'incremento della funzionalità prestazionale. È sufficiente che l'oggetto assolva il suo compito proporzionalmente all'utilizzo concreto che ne fa l'utente medio, per cui ogni sovradimensionamento delle performance non ne aumenta la competitività sul mercato.

Le aziende in questa fase non possono più fare affidamento su una nicchia ristretta di utenti disposti a ignorare gli aspetti di usabilità del prodotto, ma devono rivolgersi alla massa di consumatori più prudenti e pragmatici che non rimangono affascinati dalla tecnologia fine a se stessa.

Per penetrare in questo tipo di mercato è necessario che a monte del processo di progettazione l'azienda sostituisca la tecnologia, che prima bastava ad alimentare l'interesse degli utenti, con l'usabilità, il nuovo parametro che determina la qualità percepita del prodotto.

La distinzione di Norman risulta utile per comprendere quale dovrebbe essere l'evoluzione del settore delle smart home systems, in cui la vivibilità dell'ambiente domestico è determinata dalla minimizzazione della complessità tecnologica in favore della massima adattabilità dell'ambiente alle esigenze personali dell'utente "analogico".

Questo approccio è perfettamente adeguato a soddisfare le esigenze degli anziani, la cui propensione ad accettare prodotti ad alto contenuto tecnologico nella loro vita quotidiana è mediamente inferiore rispetto alla maggior parte degli utenti, soprattutto se confrontati con i nativi digitali.

1.3. Fall detection: cosa, come e perché

All'interno del variegato panorama di funzioni offerte dai sistemi di Ambient Intelligence, il livello di bisogno che il progetto si prefigge di soddisfare secondo la piramide di Maslow appartiene alla categoria dei bisogni di sicurezza, salvezza e protezione.

Per raggiungere questo obiettivo occorre sviluppare un sistema integrato nell'ambiente domestico, finalizzato alla rilevazione, analisi ed eventualmente alla prevenzione contro gli eventi avversi che minacciano lo svolgimento autonomo delle attività quotidiane da parte dell'utente anziano.

Uno degli eventi avversi che affligge maggiormente gli anziani sia per la sua ricorrenza che per il potenziale danno che può arrecare alle persone anziane è la caduta. Per questo il sistema verrà ottimizzato per la rilevazione di questo evento specifico.

1.3.1. La dimensione del problema

Statistiche

I Centri per la prevenzione e il controllo delle malattie (Centers of Disease Control and Prevention, CDC) hanno raccolto una serie di dati aggiornati al 2010, relativi agli incidenti di caduta che coinvolgono gli anziani in America*.

Ogni anno l'incidente della caduta costituisce una delle principali cause di traumi fatali e non fatali per 1/3 degli anziani sopra i 65 anni.

Secondo le statistiche del National Health Interview Survey, gli anziani vittime di incidenti non fatali legati alla caduta sarebbero 2,3 milioni, di cui 662.000 necessitano di essere ospedalizzati.

Per gli anziani con età superiore a 75 anni il tasso di incidenza delle cadute non fatali riportato a una popolazione di 1.000 persone è risultato essere di 115.

Per gestire adeguatamente incidenti di questo tipo nel 2010 sono stati spesi 30 miliardi di dollari.

* Dati consultabili all'indirizzo: <http://www.cdc.gov/HomeandRecreationalSafety/Falls/index.html>

Conseguenze

Dal 20 al 30% dei pazienti vittime di cadute non fatali incorre nel rischio di fratture, traumi cranici e lesioni di vario tipo. In particolare i traumi cranici (Traumatic Brain Injuries, TBI) nel 2000 sono stati causa di morte nel 46% dei casi di caduta.

Le fratture sono un'altra conseguenza molto frequente della caduta, dovute ai violenti impatti e all'osteoporosi. In particolare le fratture dell'anca sono per il 95% provocate dalle cadute.

Per quanto riguarda la rottura del femore, sarebbe più opportuno annoverarla tra le cause della caduta, piuttosto che tra gli effetti, in quanto avviene spesso che la struttura ossea dell'anziano non sia più in grado di sopportare gli sforzi a cui è sottoposta e dunque ceda provocando la caduta.

L'incidente della caduta spesso provoca anche dei traumi a livello psicologico, che inducono il paziente a isolarsi in una condizione di inattività.

Il tasso di mortalità causato dalle cadute è aumentato nell'ultimo decennio. In particolare nel 2010 le morti legate agli effetti collaterali delle cadute sono state 21.700.

La probabilità che gli effetti della caduta siano fatali dipende sia dal sesso che dall'etnia di appartenenza del paziente; in particolare le donne, le persone di colore e gli ispanici incorrono meno frequentemente in conseguenze letali.

Tuttavia le donne sono più vulnerabili agli effetti non fatali, in particolar modo alle fratture.

Nel caso in cui la caduta non si riveli fatale, la necessità di sottoporre il paziente a una terapia a lungo termine è da 4 a 5 volte più frequente per gli anziani con età superiore ai 75 anni.

Prevenzione

L'efficacia della soluzione a un problema di tale portata dipende dall'integrazione di numerosi interventi che operino in sinergia tra loro.

In una logica User-Oriented e non più technology-push, è necessario che l'applicazione della tecnologia sia supportata da un efficiente apparato sociale che faccia della prevenzione il suo principio guida.

Per questo enti come i Centers for Disease and Control Prevention (CDC) promuovono dei programmi di prevenzione che comprendono i seguenti accorgimenti per ridurre sensibilmente il rischio di caduta:

- Svolgere regolarmente attività fisica per rinforzare le gambe e allenare l'equilibrio.
- Evitare per quanto la condizione di salute lo consente, di assumere medicinali che provocano sonnolenza e vertigini
- Controllare periodicamente la vista
- Servirsi di ausili di varia natura, soprattutto nell'ambiente domestico dove è più probabile che si verifichino le cadute.

1.3.2. Dinamiche di caduta

La progettazione di un sistema di rilevazione delle cadute rende necessaria la conoscenza di alcuni aspetti relativi alle modalità con cui si verificano questi specifici eventi avversi.

Nella rilevazione di una caduta ricopre un ruolo piuttosto importante la postura, intesa come configurazione volontaria e/o abitudinaria assunta dal corpo. Essa può essere determinata analizzando l'angolo relativo tra il busto e le gambe.

Il vacillamento precede la caduta e viene definito come l'evento per il quale la linea verticale che attraversa il centro di massa del corpo giace al di fuori dalla base di appoggio. Una volta iniziato, il vacillamento può portare alla caduta.

I tratti distintivi che permettono di individuare una caduta sono i seguenti:

- Il movimento del corpo verso il suolo è caratterizzato da elevata velocità ed accelerazione.
- Avviene un impatto al suolo.
- Dopo l'impatto l'utente resta immobile a terra per un lasso di tempo variabile.

La caduta descrive una traiettoria nelle tre dimensioni lungo due piani principali: il piano sagittale ($x - z$) corrisponde alla caduta avanti o indietro; il piano coronale ($y - z$) corrisponde alle cadute laterali. La caduta può essere analizzata tramite un modello che tenga conto del consumo di energia cinetica e potenziale che avviene nel lasso di tempo in cui il corpo passa da un'altezza $h=H$ a un'altezza $h=0$. Il verificarsi di una caduta è correlato a un insieme di condizioni da cui è possibile ricavare delle caratteristiche costanti.

La maggior parte delle cadute si svolgono all'interno o nei pressi dell'ambiente domestico. Tuttavia il ricovero del paziente all'interno di una struttura ospedalizzata provoca un incremento dell'incidenza delle cadute dovuto alla necessità di abituarsi alla nuova struttura dell'ambiente in cui vengono svolte le attività quotidiane.

Sono proprio queste attività apparentemente innocue a predisporre le condizioni più favorevoli alla caduta in quanto l'utente è completamente vulnerabile a qualsiasi evento imprevisto come inciampare in un qualsiasi ostacolo, scivolare su una superficie di varia natura, perdere l'equilibrio a causa di un capogiro. Tutti quegli elementi tradizionali di prevenzione delle cadute, che dovrebbero fungere da supporto, si rivelano spesso inutili o peggiorano la gravità della caduta.

Le cadute possono essere catalogate a seconda delle dinamiche con cui avvengono:

- Cadute dal letto: particolarmente difficili da rilevare
- Collassi: dovuti a cali di pressione, attacchi cardiaci o malori in generale
- Cadute dalla sedia: questa modalità non prevede grandi velocità
- Cadute per mancato raggiungimento di oggetti: spesso implica velocità elevate
- Cadute dovute a scivolamento: facili da rilevare date le elevate velocità e accelerazioni
- Cadute dopo essere inciampati: simili alle cadute per scivolamento
- Cadute da altezze superiori al pavimento: l'utente cade da una sedia, da un gradino, dalle scale, ecc.

A seguito di una caduta il paziente riporta una serie di danni che coinvolgono sia il suo fisico che la sua stabilità psicologica. E' riscontrabile infatti nei soggetti vittime di cadute una perdita di autostima e autosufficienza*.

1.3.3. Valutazione del rischio

Alla luce di quanto è stato riportato nel paragrafo 1.2.2. riguardante la condizione complessiva dell'anziano, è evidente che anche nel caso particolare delle cadute l'individuazione dei potenziali fattori di rischio necessita di strumenti di analisi e valutazione che comprendano aspetti diversi dello stato funzionale del paziente.

I fattori che devono essere considerati per un'accurata valutazione del rischio si suddividono in 4 categorie principali**:

- Fattori biologici: età maggiore di 65 anni, sesso, razza; patologie croniche (Parkinson, artrite, osteoporosi, ecc.); declino delle capacità fisiche (particolare vista, udito, equilibrio, propriocezione, ecc.) e psichiche (demenza, delirio, ecc.); instabilità emotiva (depressione, aggressività, agitazione, ecc.)
- Fattori comportamentali: assunzione di medicinali; abuso di alcol; sedentarietà, inattività, mancanza di esercizio; inadeguatezza delle calzature; cure ipotensive.

* Estratto da: "Monitoring of human movements for fall detection and activities recognition in elderly care using wireless sensor network: a survey"; Stefano Abbate, Marco Avvenuti, Paolo Corsini, Alessio Vecchio, Janet Light

** "WHO global report on falls prevention in older age" (si veda bibliografia)

- Fattori ambientali (domestici ed esterni): inadeguatezza delle infrastrutture; superfici scivolose; presenza di tappeti; illuminazione insufficiente; pavimentazione dissestata; affollamento; sussidi mal progettati.
- Fattori socioeconomici: reddito ed educazione scarsi; abitazioni vecchie; mancanza di interazioni sociali; accesso limitato ai servizi; mancanza di risorse pubbliche.

I fattori elencati influenzano notevolmente la probabilità di incidenza di una caduta tanto che sulla totalità dei casi analizzati: l'8% non è correlato ad alcun fattore di rischio; il 27% è correlato con un solo fattore di rischio; il 78% è correlato con 4 o più fattori di rischio*.

Appropriate procedure di valutazione sono necessarie per determinare l'effettivo livello di rischio in cui il paziente incorre e adottare di conseguenza le contromisure più efficaci.

Queste procedure si distinguono in 3 categorie:

- Esami medici effettuati da un geriatra o un operatore sanitario specializzato: i parametri acquisiti con questo strumento hanno carattere prevalentemente descrittivo e non forniscono indici numerici utili alla collocazione del paziente in una categoria statistica. Si tratta di informazioni relative all'anamnesi del paziente come precedenti esperienze di caduta, terapie farmacologiche, forza, equilibrio, dieta e patologie croniche
- Valutazione dei fattori di rischio svolta in ospedale: questa procedura permette di delineare un profilo del paziente basato su dei parametri quantitativi, la cui oggettività ne facilita l'analisi e il controllo periodico.
- Valutazione delle facoltà motorie affidata a un fisioterapista: si tratta di un'analisi più approfondita, ma anche più invasiva dell'utente.

Alcuni studiosi tuttavia non concordano con la validità di questi metodi. Ad esempio D. Oliver in uno studio del 2008 suggerisce le seguenti caratteristiche per un efficace valutazione del livello di rischio:

- Durata breve dell'analisi
- Parametri da estrapolare: individuazione dei pazienti ad alto rischio; individuazione dei pazienti a basso rischio; effettiva probabilità di cadere; effettiva probabilità di non cadere; accuratezza della previsione.

1.4. User centered design

Il termine "user centered design" indica un processo progettuale in cui l'utente assume un ruolo fondamentale nella determinazione delle caratteristiche finali del prodotto.

Uno dei maggiori studiosi di questo fenomeno è Donald Arthur Norman, professore emerito al MIT, la cui formazione multidisciplinare di ingegnere elettronico e psicologo lo ha portato a spaziare nelle sue ricerche dal settore dell'informatica a quello del prodotto industriale.

Nei suoi studi legati alla Human Computer Interaction, Norman traspone i principi della psicologia cognitiva nel campo dell'usability engineering. In questo modo egli arriva a formulare un metodo di progettazione i cui principi possono essere applicati tanto ai prodotti High Tech, quanto a tutti i prodotti di consumo di massa.

In particolare vengono definiti i seguenti principi di cui è necessario tenere conto durante lo sviluppo del prodotto**:

- Usare sia la conoscenza esterna, sia la conoscenza interna: È necessario fornire all'utente un modello concettuale efficace dell'oggetto in modo tale che sia possibile acquisire una rappresentazione

* Tinetti et.al

** "La caffettiera del masochista", D. A. Norman

mentale quanto più possibile fedele al funzionamento reale. Infatti per un'interazione funzionale con il prodotto è sufficiente che l'utente sia in grado di riconoscere l'alternativa corretta tra le varie funzioni possibili basandosi sull'osservazione dei vincoli esterni (knowledge in the world); in questo modo viene minimizzato lo sforzo cognitivo per attingere alla conoscenza interna (knowledge in the head), costituita dalle informazioni conservate nella memoria.

- Semplificare la struttura dei compiti: L'utente deve essere consapevole delle conseguenze, delle alternative e delle relazioni tra le azioni che sta svolgendo per ottenere un determinato risultato nell'interazione col sistema. Per ottenere questo risultato è necessario adottare dei metodi che minimizzino lo sforzo cognitivo richiesto all'utente: ricorrere a dei sussidi tecnologici; adeguare l'interfaccia al modello concettuale che l'utente ha del sistema; automatizzare le funzioni del sistema senza snaturare l'interazione con l'utente; modificare radicalmente le modalità di esecuzione dei compiti.
- Rendere visibili le cose: Il prodotto deve comunicare chiaramente il suo stato all'utente prima e dopo l'azione. Ci deve essere una chiara corrispondenza tra l'intenzione dell'utente e la funzione mostrata dal prodotto, in modo che l'utente sappia cosa deve fare per eseguire l'azione. Una volta che l'azione è stata eseguita l'utente deve poter valutare se la funzione rispecchia effettivamente la sua intenzione.
- Impostare bene le correlazioni: Un buon mapping prevede che la forma, la disposizione e l'utilizzo dei comandi sull'interfaccia consenta all'utente di associare direttamente ciascun comando alla rispettiva operazione eseguita; successivamente è necessario un feedback attraverso il quale l'utente sia in grado di valutare se l'azione svolta dal sistema corrisponde alle sue aspettative.
- Sfruttare i vincoli sia naturali che artificiali: I vincoli fisici con cui l'utente è obbligato a confrontarsi nell'interazione con il prodotto possono essere sfruttati per ridurre il numero di alternative concepibili dall'utente, in modo da guidarlo verso l'utilizzo corretto del sistema.
- I margini di errore: La reversibilità delle azioni consente di minimizzare gli errori, che comunque rimangono inevitabili conseguenze delle approssimazioni tramite le quali l'utente raggiunge l'obiettivo desiderato. Pertanto è necessario prestabilire un margine d'errore in modo tale da poterlo eventualmente individuare e correggere.
- In mancanza di meglio, standardizzare: Qualora non fosse possibile applicare i suddetti principi per lo sviluppo del prodotto, è opportuno ricorrere a degli standard globalmente riconosciuti.

L'applicazione di questi principi al processo progettuale presuppone il coinvolgimento dell'utente in modo da poterne individuare i reali bisogni rispetto ai quali adeguare le caratteristiche del prodotto.

Attraverso questo metodo è possibile realizzare l'approccio User Oriented descritto da Norman (si veda paragrafo 1.2.4.), in base al quale la competitività del prodotto risiede nella sua capacità di soddisfare i bisogni dell'utente medio, più che nelle prestazioni tecnologiche offerte a una nicchia di utenti esperti. Il procedimento ottimale per massimizzare il coinvolgimento dell'utente è strutturato secondo un ciclo iterativo: l'osservazione e l'analisi dei bisogni consentono di estrapolare i requisiti necessari alla formulazione di una proposta che viene sottoposta all'utente sotto forma di prototipo. Ciò permette di ottenere un feedback diretto attraverso il quale eseguire una valutazione dell'usabilità del prodotto. A seguito della valutazione si apportano le modifiche necessarie per migliorare la soluzione in base alle problematiche individuate.

Attraverso una serie di approssimazioni successive le fasi del progetto si susseguono fino a raggiungere la soluzione finale.

È necessario precisare che l'avanzamento del percorso verso una maggiore definizione del prodotto determina la possibilità di proporre all'utente delle soluzioni sempre più concrete, ma allo stesso tempo diminuisce la possibilità di modificare il prototipo in modo da renderlo più adeguato ai requisiti.

1.4.1. I requisiti di usabilità

Gli utenti dunque vengono coinvolti nelle primissime fasi del progetto attraverso una approfondita analisi dei loro bisogni.

Questa analisi prevede un'attenta osservazione dell'utente basata su dei criteri che consentano di estrapolare non solo i bisogni espliciti, ma anche quelli taciti e latenti di cui l'utente non ha consapevolezza*.

Una volta che i bisogni degli utenti sono stati individuati è possibile stabilire quali requisiti debba avere il prodotto per soddisfarli.

I requisiti si distinguono tra funzionali e non funzionali: i primi specificano cosa il prodotto debba fare; i secondi indicano i vincoli secondo i quali il sistema deve essere sviluppato.

È possibile ricavare una descrizione piuttosto esauriente dei requisiti non funzionali a partire dalla norma ISO 13407 (1999). In essa vengono descritti gli obiettivi da raggiungere durante il processo di progettazione affinché il prodotto presenti il massimo grado di usabilità:

- Identificazione degli utenti
- Determinazione degli obiettivi raggiungibili dall'utente
- Definizione dei fattori ambientali
- Misurazione dei parametri di efficienza, efficacia e soddisfazione

I suddetti obiettivi vengono ripresi e meglio specificati dalla norma ISO 9241-11 (2010), in cui viene formulata una definizione secondo la quale un prodotto è caratterizzato da un buon livello di usabilità quando viene utilizzato da utenti specifici per raggiungere determinati obiettivi in modo efficace, efficiente, soddisfacente e coerentemente col contesto d'uso.

A partire da questa definizione e dagli obiettivi individuati nella ISO 13407 è possibile stabilire con precisione alcuni dei principali requisiti non funzionali da rispettare in un processo di user centered design**.

I requisiti ambientali o relativi al contesto d'uso

Si riferiscono alle circostanze alle quali il prodotto si dovrà adattare per operare al meglio.

In particolare l'indagine del contesto deve comprendere l'ambiente fisico, organizzativo, tecnico e gli aspetti sociali.

I requisiti utente

Individuano il profilo utente, ovvero le caratteristiche del gruppo di utenti di riferimento.

Gli utenti possono essere suddivisi in tre categorie principali (Eason, 1987): gli utenti di primo grado sono coloro che utilizzano direttamente il prodotto; gli utenti di secondo grado fanno un uso limitato del prodotto, spesso non vi entrano neanche in contatto direttamente, ma tramite altri utenti; l'immissione del prodotto sul mercato e il suo utilizzo da parte degli altri utenti determinano delle conseguenze che si ripercuotono indirettamente sugli utenti di terzo grado.

Per ciascun utente è necessario individuare le capacità, le conoscenze e gli attributi personali, al fine di adattarvi al meglio le caratteristiche del prodotto.

I requisiti di usabilità

Fissano gli obiettivi di usabilità e le relative misure per un dato prodotto.

Un obiettivo (Goal) viene definito come il risultato intenzionale che scaturisce dall'utilizzo dell'oggetto. Per raggiungere un obiettivo l'utente è chiamato ad assolvere una serie di compiti (Task), le cui caratteristiche

* "Design for Experiencing: New Tools"; Elizabeth B.-N. Sanders and Uday Dandavate

** "The Standard of User-Centered Design and the Standard Definition of Usability: Analyzing ISO 13407 against ISO 9241-11"

determinano i parametri quantitativi per la misurazione dell'usabilità del prodotto finito:

- Efficacia: l'accuratezza e la completezza con cui l'utente raggiunge l'obiettivo
- Efficienza: il consumo di risorse dipendente dall'efficacia con cui è raggiunto l'obiettivo
- Soddisfazione: l'assenza o comunque la riduzione del discomfort e la propensione a un atteggiamento positivo durante l'utilizzo del prodotto

Quando un prodotto presenta delle caratteristiche che corrispondono al meglio ai requisiti individuati, esso rispetta il cosiddetto criterio di adeguatezza.

Tuttavia la natura iterativa del processo di User Centered Design prevede lo sviluppo di una serie di alternative che vengono proposte all'utente sotto forma di prototipi. A seconda del feedback ricevuto, sia il progettista che l'utente acquistano sempre maggiore consapevolezza su quali siano i reali bisogni da soddisfare e quale sia il modo migliore per soddisfarli; di conseguenza i requisiti del prototipo subiscono dei progressivi cambiamenti fino a raggiungere la soluzione finale che presenta le caratteristiche ottimali per soddisfare i bisogni individuati.

1.4.2. Gli strumenti

Il coinvolgimento dell'utente nel processo di progettazione viene realizzato tramite alcuni strumenti di cui il designer si serve nelle varie fasi del processo progettuale per raccogliere dati e ottenere descrizioni dettagliate delle attività svolte dall'utente. Questi strumenti si basano sull'osservazione degli utenti in ambienti controllati o nel loro ambiente naturale e sulla loro partecipazione ad attività di gruppo.

Test di usabilità

In ambienti controllati, ad esempio laboratori, vengono effettuate le cosiddette prove con utenti o test di usabilità. Questa modalità di osservazione viene impiegata durante la fase valutativa della progettazione per verificare che il prodotto rispetti i criteri di efficienza, efficacia e soddisfazione prestabiliti e non prevede alcuna partecipazione da parte del designer/ricercatore all'attività dell'utente.

Per evitare che qualsiasi elemento esterno interferisca con il processo di interazione tra l'utente e il sistema, le condizioni in cui si svolge l'osservazione devono essere fortemente controllate e l'attività del ricercatore deve limitarsi alla raccolta dei dati tramite registrazioni audio e/o video, fotografie, tecniche di tipo "think aloud". È possibile utilizzare interviste e questionari per far emergere aspetti che l'utente non ha esplicitato durante l'utilizzo del prodotto.

Studi sul campo

Questo metodo di osservazione dell'utente nel suo ambiente naturale può essere applicato a tutte le fasi della progettazione grazie all'estrema variabilità delle tecniche di ricerca impiegate e del grado di partecipazione del designer/ricercatore.

L'etnografia è una tecnica di ricerca derivata dall'antropologia che permette all'osservatore di esplicitare tutte quelle caratteristiche di cui l'utente non è consapevole in quanto sono implicite nel suo stile di vita. Per ottenere questo obiettivo è necessario che il ricercatore entri a stretto contatto con la cultura dell'utente per lunghi periodi di tempo, senza però interferire con essa.

Le tempistiche ridotte del processo di progettazione hanno reso necessario sviluppare una variante di questo metodo di ricerca, chiamata etnografia rapida, in cui il designer/ricercatore trascorre del tempo con gli utenti, pone domande, osserva, cerca di comprendere gli usi e i costumi.

L'intervista contestuale è una forma ibrida di ricerca in cui l'osservazione viene integrata con tecniche di discussione e ricostruzione di eventi passati; essa prevede una profonda collaborazione tra designer e utente che partecipano entrambi nella stessa misura al processo di raccolta dei dati.

Il ricercatore può anche condurre un tipo di osservazione indiretta basata su dei dati registrati dall'utente in

un certo periodo di tempo, attraverso diari o log delle interazioni.

Attività di gruppo

I focus group rappresentano una particolare forma di intervista rivolta a un gruppo di persone scelto da un campione rappresentativo di utenti. In questo modo è possibile analizzare i bisogni e rendere gli utenti partecipi del processo di scelta e valutazione delle alternative progettuali elaborate. I vantaggi di questa tecnica consistono nel fatto che le opinioni che emergono dalle discussioni sono il frutto di una elaborazione collettiva e non del modo di pensare di un singolo.

Altri metodi di ricerca collettiva sono i workshop e i brain storming, in cui gli utenti partecipano attivamente al processo di ideazione delle proposte progettuali.

1.5. Il settore sanitario

A causa della complessità derivante dalle caratteristiche del malato geriatrico il metodo tradizionale della medicina classica, sintomo-diagnosi-terapia-guarigione, si è rivelato uno strumento insufficiente per elaborare un profilo assistenziale adeguato del paziente anziano.

Di conseguenza il settore sanitario ha dovuto sviluppare nel corso del tempo una serie di strumenti multidisciplinari per poter gestire con un nuovo approccio le procedure di valutazione del fabbisogno assistenziale del paziente necessarie per l'elaborazione di un piano di trattamento efficace.

Questa logica finalizzata all'ottimizzazione del prodotto/servizio in base alle necessità dell'utente/paziente, accomuna il settore sanitario con la progettazione basata sui principi di User Centered Design.

1.5.1. L'approccio multidisciplinare*

Come è stato riportato nel paragrafo 1.1.2. riguardo alle conseguenze dell'invecchiamento, la qualità della vita dei pazienti anziani è determinata da una serie di fattori di carattere funzionale e psicosociale oltre che dai parametri fisiologici relativi al loro stato di salute inteso in senso clinico.

L'appartenenza dei parametri che influiscono sull'autosufficienza del paziente ad aree disciplinari piuttosto eterogenee impone l'utilizzo di un metodo per l'acquisizione di informazioni molto variegata: dai parametri fisiologici a quelli psichici, dall'autonomia nella soddisfazione dei bisogni individuali all'efficienza nello svolgimento delle mansioni sociali.

Uno strumento che risponde ai suddetti requisiti è la valutazione multidimensionale (VM), o Comprehensive Geriatric Assessment (CGA), che prevede l'impiego di scale di valutazione specifiche a seconda delle esigenze diagnostiche; in questo modo è possibile condurre un'analisi complessiva che tenga in considerazione sia gli aspetti quantitativi che quelli qualitativi della condizione del paziente.

Tra gli elementi che costituiscono la VM, l'ICF (International Classification of Functioning, Disability and Health) è uno dei modelli più validi utilizzati per effettuare delle valutazioni e classificazioni accurate dei parametri relativi allo stato di salute del paziente.

L'ICF è stato elaborato a partire dalla revisione realizzata dal WHO (World Health Organization) nel 1993, dello standard ICIDH (International Classification of Impairments, Disabilities and Handicaps, 1980).

Mentre quest'ultimo si basa sul metodo clinico tradizionale sintomo-diagnosi-terapia-guarigione, l'ICF adotta un approccio definito "biopsicosociale", secondo il quale la salute del paziente deve essere analizzata nelle sue componenti biologiche, individuali e sociali. Per questo nel primo capitolo, "Funzionamento e disabilità", vengono classificati i seguenti aspetti:

- Funzioni e strutture corporee: comprendono le funzioni psicofisiche e le parti anatomiche del corpo.
- Attività e la partecipazione: intese come le azioni e i compiti eseguite da un individuo, e il coinvolgimento dello stesso in un'attività sociale.

* Tratto da: "Assistenza domiciliare integrata, Bruno Andreoni"

Il fatto di non limitarsi a classificare le conseguenze delle malattie, ma di distinguere tra uno stato funzionale e uno disfunzionale della condizione del paziente, rende l'ICF uno standard tramite il quale poter classificare non solo i malati, ma tutte le persone.

Nel secondo capitolo vengono trattati i "Fattori contestuali" che influiscono sulla funzionalità dell'individuo:

- Fattori ambientali: il contesto in cui la persona vive
- Fattori personali: le caratteristiche soggettive dell'individuo, quali la personalità, le esperienze, la condizione sociale, ecc.

1.5.2. La rete di servizi

Una volta che il paziente è stato classificato in base al suo stato complessivo di salute, l'elaborazione di un adeguato piano di trattamento viene affidata alle cosiddette Unità di Trattamento Geriatrico, ovvero dei gruppi composti da diverse identità professionali che operano in vari contesti clinico-assistenziali a seconda delle esigenze dell'individuo.

L'offerta di servizi a disposizione del paziente può essere suddivisa in tre categorie principali:

L'assistenza domiciliare comprende tutta una serie di servizi finalizzati al mantenimento dello stato di benessere del paziente presso il proprio domicilio. In questo caso il livello complessivo di autosufficienza dell'anziano è tale da non imporre l'utilizzo di strutture specializzate.

L'assistenza residenziale prevede la presenza di strutture attrezzate come le RSA (Residenza Sanitaria Assistenziale), che siano in grado di ospitare pazienti non autosufficienti per un periodo di tempo variabile, in modo da poterli riabilitare per vivere indipendentemente. Presentano delle caratteristiche intermedie tra le case di riposo, dove i pazienti sono parzialmente autosufficienti, e gli ospedali e le case di cura, il cui obiettivo è quello di fornire una cura specifica al paziente per una malattia diagnosticata.

L'assistenza ospedaliera comprende tutte le strutture, i servizi e gli strumenti rivolti a pazienti affetti da patologie acute.

1.6. Gli attori dello scenario

L'insieme di attori che interagiscono col sistema è stato suddiviso convenzionalmente dal sottoscritto in due macro-categorie: gli utenti e gli utilizzatori.

Gli utenti sono coloro che si rapportano più o meno attivamente con l'interfaccia per usufruire dei servizi offerti. Di conseguenza questa categoria comprende gli anziani e i loro familiari.

Gli utilizzatori sono tutti coloro che supportano e integrano il funzionamento del sistema attraverso le loro competenze professionali. Questa categoria comprende dunque i medici, gli operatori, gli installatori e i manutentori che interagiscono col sistema in modo da ottimizzare la fruibilità da parte dell'utente dei servizi offerti.

Le caratteristiche delle varie categorie sono state definite attraverso due metodi di ricerca principali: lo studio della documentazione e l'indagine sul campo.

Infatti oltre a consultare svariate fonti che documentassero studi ed esperimenti inerenti all'ambito di ricerca, sono state svolte delle interviste e una ricerca etnografica rapida finalizzate a ottenere informazioni più approfondite riguardo alle categorie degli anziani e degli operatori sanitari.

1.6.1. Gli anziani

Come è stato riportato nei paragrafi precedenti, la valutazione dell'autonomia complessiva degli utenti anziani si basa su dei parametri che non comprendono solamente lo stato di salute clinico legato al processo fisiologico di invecchiamento.

L'osservazione dei soggetti durante le interviste ha permesso al sottoscritto di verificare sul campo la concretezza dei parametri annoverati nei paragrafi precedenti, strutturati in base all'esperienza clinica e ai

riscontri di studi condotti su scale ben più vaste.

L'integrazione tra l'osservazione diretta e lo studio della documentazione ha permesso l'individuazione di alcune delle principali caratteristiche che contribuiscono a determinare l'autonomia complessiva del paziente.

PARAMETRO	CRITICO	PUNTO DI FORZA
Corporatura	Obeso	Magro
Salute	Comorbidità cronica	Sistema immunitario funzionale
Stabilità	Spostamenti su carrozzina	Deambulazione corretta
Condizione fisica	Menomazione invalidanti	Assenza di menomazioni
Facoltà mentali	Incapacità di intendere e volere	Lucidità mentale
Attività sociale	Solitudine	Vita sociale attiva
Infrastrutture	Situazione abitativa inadeguata	Ambiente domestico controllato
Stile di vita	Sregolato	Adeguato allo stato di salute
Status economico	Indigente	Benestante

Tabella 1.1. Parametri per la valutazione dell'autonomia dell'utente anziano

Ognuno dei parametri sopra elencati varia in base alla gravità della condizione del paziente.

A seconda della valutazione complessiva che risulta dall'integrazione dei vari parametri è possibile stabilire l'appartenenza dell'utente a uno dei seguenti sottogruppi: anziani autonomi, anziani fragili, anziani compromessi.

1.6.1.1. Anziani autonomi

Requisiti utente

Gli effetti che il processo di invecchiamento ha avuto sulla salute di questi utenti non sono stati tali da provocare episodi traumatici e/o patologie croniche invalidanti.

Di conseguenza questi utenti conservano delle buone capacità fisiche e intellettive e non presentano alcuna disabilità o limitazione di vario tipo.

Requisiti ambientali

Gli utenti appartenenti a questa categoria si trovano raramente in una condizione di solitudine. Molti possono fare affidamento sul coniuge e/o altri parenti coi quali condividono l'ambiente domestico. Inoltre partecipano a delle attività sociali, in modo da coltivare dei rapporti umani anche all'esterno della famiglia. Questa "rete" di relazioni induce gli anziani a sentirsi protetti e al sicuro, in modo da poter mantenere una buona serenità psicologica. Allo stesso tempo questa condizione può portare l'anziano a sottovalutare i rischi nei quali incorre.

Per questo nonostante la condizione complessivamente funzionale, alcuni di questi utenti non conducono uno stile di vita adeguatamente equilibrato, rischiando di perdere tutti quei vantaggi acquisiti grazie a una buona genetica e a una condizione sociale favorevole.

Valutazione autonomia

Il livello di autonomia complessiva che scaturisce da questa condizione permette all'utente di svolgere delle attività che vanno oltre i semplici compiti quotidiani della vita domestica.

Alcuni trascorrono una vita tranquilla, scandita da ritmi quotidiani piuttosto regolari; quindi si dedicano a hobby e frequentano abitualmente luoghi dove poter incontrare persone della propria età.

Altri invece portano avanti un'attività professionale che gli assicura l'autosufficienza anche dal punto di vista

economico.

La lucidità mentale che deriva da questa condizione di benessere consente all'anziano di acquisire un buon livello di autocontrollo e consapevolezza grazie a cui è possibile individuare e prevenire senza eccessivo disagio i rischi in cui eventualmente potrebbe incorrere.

Ricerca sul campo

Per ottenere informazioni relative a questo gruppo di utenti è stata effettuato uno studio etnografico partecipato.

Sulla base di questa prima esperienza sul campo sono state tratte alcune conclusioni revocabili in dubbio, secondo le quali gli utenti appartenenti a questa categoria, forti dell'apparente stabilità della loro condizione, mostrano una certa indifferenza nei confronti delle potenziali conseguenze negative della vecchiaia, controllabili tramite un'opportuna prevenzione.

Tuttavia le condizioni particolari in cui è stata svolta questa parte dello studio determinano un livello di aleatorietà piuttosto elevato delle ipotesi avanzate. Per verificare queste ultime, sarebbe necessario condurre ulteriori ricerche in ambienti in cui il contesto sociale e psicologico alteri in minor misura il comportamento dei soggetti.

1.6.1.2. Report dell'etnografia rapida

Durante la giornata mi sono recato in alcuni luoghi tipici frequentati dagli anziani.

In mattinata mi sono fermato a parlare con un gruppo che si era trovato a parlare tra le bancarelle del mercato. Un paio seduti su una panchina, altri sparsi intorno a piedi o in bicicletta.

Appena mi sono presentato, mi hanno accolto benevolmente e subito hanno manifestato disponibilità a rispondere alle mie domande. Si sono mostrati altrettanto entusiasti quando hanno scoperto che avevo intenzione di recarmi alla bocciolina, dove loro si incontrano quotidianamente.

Così nel pomeriggio ho visitato la bocciolina e il centro per anziani che confina con la croce rossa.

Entrambi i luoghi sono caratterizzati da un ambiente molto gioviale e vivace, anche se la bocciolina al momento del mio arrivo era molto più frequentata.

Tuttavia gli sforzi di estrapolare informazioni approfondite sul tema di interesse per la ricerca si sono rivelati vani a causa di numerosi fattori, primo fra tutti la spiccata tendenza a divagare che ho riscontrato nella maggior parte delle persone con cui ho parlato.

Inoltre anche il contesto si è rivelato poco favorevole alla formulazione di domande precise e alla possibilità di instaurare un dialogo stabile e privo di interferenze esterne.

Infatti alla bocciolina erano presenti almeno una cinquantina di uomini oltre i 60 anni, tra i quali anche quelli che avevo incontrato in mattinata, che si erano suddivisi in svariati tavoli distribuiti su due piani della struttura e giocavano animatamente a carte. Il gran numero di persone presenti rendeva la situazione complessivamente caotica, anche se ad alcuni tavoli gli anziani erano più silenziosi.

Era dunque inevitabile che per una persona palesemente estranea come il sottoscritto, risultasse pressoché impossibile instaurare una comunicazione. I soggetti erano tutti molto concentrati a giocare e mi consideravano per lo più come un elemento di disturbo.

Anche provando a fare domande generiche per riuscire a carpire indirettamente le informazioni desiderate, i risultati sono stati scarsi.

La maggior parte dei soggetti frequenta il posto quotidianamente ed è sposata, mentre pochissimi sono scapoli e vedovi. Di conseguenza quasi nessuno si ritrova a dover affrontare da solo le difficoltà derivanti dallo svolgimento delle attività quotidiane. Inoltre l'atmosfera di forte competizione che scaturisce dalla concitazione del gioco, rende i soggetti molto poco inclini a riportare i loro problemi e le loro debolezze; al contrario si mostrano infastiditi e perplessi quando gli vengono rivolte domande riguardanti possibili situazioni di rischio.

Al centro anziani l'atmosfera sembra essere molto più rilassata, anche grazie al fatto che sono presenti molte meno persone. Instauro un dialogo con un gruppo di persone che hanno interrotto il gioco e si sono

spostate all'esterno per fumare; tra di loro vi sono anche degli uomini intorno ai 40 anni, uno dei quali si mostra particolarmente disponibile e incita gli altri a darmi ascolto.

In questo caso, l'argomento della conversazione risulta più inerente al tema della ricerca. Uno degli episodi che mi viene raccontato riguarda uno dei presenti, ma viene descritto più come un avvenimento divertente, che non ha arrecato danni a nessuno e di cui si può ridere goliardicamente. Un altro evento si è verificato all'interno del centro; uno degli anziani si è sbilanciato sulla sedia e cadendo ha subito un trauma alla testa. Fortunatamente la vicinanza della croce rossa e la presenza di molte persone hanno garantito un intervento immediato.

Nel raccontare l'episodio i soggetti sembrano più propensi a discutere gli aspetti economici legati al risarcimento dell'assicurazione, piuttosto che a considerare gli effettivi rischi per la loro salute.

Uno dei soggetti infine mi racconta della caduta di sua moglie, avvenuta fuori casa a causa dalla strada dissestata, ma a parte le solite informazioni legate alle modalità con cui il pronto soccorso è stato avvertito, la situazione si è rivelata comunque troppo dispersiva per analizzare altri aspetti.

Nel complesso l'esperienza etnografica si è rivelata poco proficua in termini di informazioni raccolte, ma ha comunque permesso al sottoscritto di approfondire la consapevolezza relativa a molti aspetti legati alla vita sociale dell'utente.

Prima che si verifichi un evento avverso nella sua vita, l'anziano preferisce trascorrere la sua quotidianità senza preoccuparsi troppo dei possibili problemi di salute in cui potrebbe incorrere. Per questo ambienti come la bocciola risultano essere ideali per passare dei momenti di svago durante i quali l'anziano si dimentica temporaneamente della sua condizione.

1.6.1.3. Anziani fragili

Una definizione molto puntuale di questo gruppo di utenti è stata formulata tra il 2008 e il 2011, in occasione del progetto europeo INTERLINKS, che ha coinvolto 15 partners in un'attività di coordinamento tra i vari servizi di long term care e E-Health finalizzati alla cura degli anziani:

“Persons 65+ (old-age) who regularly and for an extended period of time depend on different kinds of long-term care services (medical as well as social), formal (professional) or informal (private) arrangements in order to cope with physical, mental and social restrictions and to manage instrumental activities of daily living (IADLs)”.

Requisiti utente

La definizione descrive una categoria di anziani, di cui il 10-25% con età superiore a 75 anni e il 45% con età superiore a 85 anni, i quali sviluppano nel corso dell'invecchiamento patologie croniche multiple ed un decadimento significativo dello stato fisico e cognitivo.

Questo stato di salute determina una condizione di vulnerabilità che progressivamente aumenta il rischio di subire traumi e danni irreversibili.

Per questo motivo è necessario l'intervento di una struttura sanitaria che si occupi del ricovero e della riabilitazione dell'anziano in modo da dargli la possibilità di recuperare l'autonomia perduta.

Requisiti ambientali

Molti degli anziani che appartengono a questa categoria sono costretti a dover gestire le attività della vita quotidiana senza una struttura di supporto composta da familiari e amici.

Questa condizione comporta delle notevoli difficoltà nel mantenimento di uno stile di vita sano, soprattutto per quanto riguarda l'alimentazione.

Spesso anche le infrastrutture risultano inadeguate a supportare l'anziano, che anzi ne viene ostacolato. Tutti questi fattori contribuiscono ad aggravare lo stato di salute già compromesso del paziente, fino a sfociare in eventi traumatici che richiedono l'intervento di un'equipe medica.

Valutazione autonomia

L'autonomia del paziente risulta compromessa sia da fattori fisiologici che ambientali.

Questi fattori compromettono la consapevolezza che l'anziano ha della propria condizione, esponendolo ulteriormente a rischi ambientali che sfociano spesso in eventi traumatici.

Una volta avvenuto, il trauma peggiora ulteriormente l'instabilità emotiva del paziente, che anche se non presenta alcuna patologia mentale, diventa ancora più insicuro e incapace di valutare oggettivamente la propria condizione.

Per questo gli anziani fragili manifestano spesso comportamenti sbilanciati verso la sottovalutazione dei rischi in cui incorrono o verso l'esagerazione della percezione negativa delle conseguenze del trauma.

Ricerca sul campo

Il campione di riferimento per l'analisi di questa categoria è stato intervistato in condizioni molto più favorevoli rispetto al campione di anziani autonomi. Infatti le interviste sono state svolte in un centro di riabilitazione dotato di un reparto specializzato per il trattamento di traumi dovuti a caduta.

Di conseguenza in questo caso gli utenti si sono dimostrati molto più disponibili ad esaminare insieme al sottoscritto i propri bisogni. Evidentemente la recente esperienza della caduta li ha resi più sensibili rispetto al tema della sicurezza individuale e quindi più propensi a prendere in considerazione delle possibili soluzioni.

1.6.1.4. Report delle interviste

Inizialmente era previsto che le interviste seguissero le domande formulate in un questionario a risposte chiuse. Tuttavia lo svolgimento concreto dell'intervista si è evoluto secondo uno schema più libero, in base al quale si è preferito seguire il flusso di pensieri dell'utente, piuttosto che imporre un percorso preconstituito di domande, che avrebbe limitato le informazioni ricavate.

Paziente 1

Caratteristiche visibili:

La paziente è sulla sedia a rotelle. Presenta un fisico asciutto e un'espressione piuttosto serena.

Fisicamente non sembra avere dei deficit visibilmente invalidanti.

Anche dal punto di vista mentale sembra essere piuttosto lucida, anche se a volte si confonde mentre parla rendendo poco comprensibile alcune parti del discorso. La qualità complessiva delle facoltà comunicative risulta comunque buona.

Informazioni personali:

La paziente si preoccupa subito di avvertirmi che soffre di vuoti di memoria a breve termine e perdite di conoscenza, per cui le capita di perdere il filo del discorso e di ritrovarsi in determinate situazioni senza esserne consapevole.

Risponde molto educatamente alle domande. Tuttavia quando le vengono fatte domande più specifiche sulle sue preferenze riguardo alle modalità di monitoraggio, dice chiaramente di non essere abbastanza autosufficiente per poter prendere determinate decisioni sulla gestione del suo stile di vita.

Infatti viene accudita dalla figlia e dalla nipote, che devono prestarle il loro aiuto in prima persona, in quanto non possono permettersi una badante.

Evidentemente gli episodi di perdita di conoscenza da lei stessa descritti hanno progressivamente limitato il suo livello di indipendenza.

Dinamiche di caduta:

Le cadute sono state provocate dalla perdita di conoscenza periodiche di cui la paziente soffre.

In particolare l'ultimo episodio si è verificato all'esterno dell'ambiente domestico e ha procurato alla paziente alcuni traumi sul volto e sulle mani dovuti alla violenza dell'impatto, che al momento

dell'intervista sembrano quasi totalmente guariti.

La paziente non sembra aver riportato fratture.

Percorso riabilitativo:

Presso il centro di riabilitazione la paziente viene seguita da dei fisioterapeuti per eseguire degli esercizi di recupero delle capacità motorie parzialmente compromesse.

Paziente 2

Caratteristiche visibili:

Anche in questo caso la paziente ha bisogno della sedia a rotelle per spostarsi.

Per quanto riguarda la forma fisica la condizione di questa paziente è peggiore rispetto alla precedente, in quanto soffre di obesità e ha riportato una frattura al braccio a seguito della caduta.

Le facoltà della paziente risultano completamente intatte. La paziente dimostra un'ottima proprietà di linguaggio, anche se a livello emotivo sembra presentare una leggera inclinazione alla depressione, dovuta probabilmente alla situazione contingente più che a un tratto caratteriale.

Informazioni personali:

La paziente ha sperimentato più volte episodi di caduta, dovuti a vari fattori, tra cui l'obesità.

Una delle cadute avventue in passato si è verificata in casa e ha costretto la paziente, che abita da sola in quanto vedova, a restare stesa sul pavimento per più di 2 ore, finché non è riuscita a raggiungere il telefono per contattare la sua vicina di casa.

È interessante il fatto che abbia preferito chiamare la vicina di casa con cui ha stabilito un tacito accordo di reciproco aiuto, piuttosto che chiamare la figlia, che pensava di disturbare.

Dinamiche di caduta:

La caduta si è verificata mentre la paziente si recava alla ASL insieme a un'amica. Il caldo ha indotto la paziente a sostare lungo il tragitto, tuttavia una volta giunta a destinazione, un brusco calo di pressione ha provocato la caduta. La paziente ha riportato una frattura al braccio sinistro e varie contusioni. Subito è stata soccorsa e il 118 è intervenuto tempestivamente.

Percorso riabilitativo:

La paziente esegue degli esercizi di fisioterapia per recuperare la deambulazione corretta e si sottopone a dei cicli di magnetoterapia quotidiani per facilitare la guarigione della frattura.

Tuttavia a seguito di questo episodio la paziente afferma di essersi sentita molto più vulnerabile dal punto di vista psicologico rispetto alle altre volte; a livello emotivo infatti permane una sensazione di insicurezza che la rende instabile e ulteriormente incapace di gestire autonomamente le proprie attività quotidiane.

Paziente 3

Caratteristiche visibili:

Nonostante l'aspetto molto trasandato, il paziente si presenta in buone condizioni di salute. Cammina con passo sicuro e parla fluentemente, con una forte cadenza sarda, che comunque non influisce sulla comprensibilità delle sue parole. La corporatura del paziente è molto esile e la statura potrebbe essere inferiore a 170 cm.

Quando gli chiedo dove voglia svolgere l'intervista, mi invita a sederci all'esterno, in balcone, nonostante sia il 30 di settembre e abbia indosso solo una maglietta a maniche corte e un paio di calzoncini leggeri.

Informazioni personali:

Il paziente è un uomo di mezz'età, pensionato, con alle spalle quasi 30 anni di lavoro nella polizia penitenziaria.

Questo impiego prevedeva spesso dei turni durante le ore notturne, con conseguente scombussolamento dei ritmi di vita, stress e stanchezza durante il giorno, che ha provocato anche un'altra caduta/svenimento. Vive da solo in casa poiché è rimasto vedovo da circa 3 mesi e apparentemente non ha nessun altro

familiare a parte i parenti della moglie.

La morte della moglie ha sicuramente influito su molteplici aspetti del suo stile di vita e di conseguenza anche sul suo stato di salute. Infatti il paziente trascorre molto tempo da solo in casa, dove non ha l'opportunità di svolgere molte attività per tenersi impegnato, a parte qualche lavoretto di riordino dell'ambiente domestico.

Anche se poco impegnativa, un'attività a cui il paziente si dedica consiste nell'innaffiare le piante sul balcone con la pompa dell'acqua. L'attività viene svolta quotidianamente dal paziente di mattina o di sera a seconda degli impegni che ha durante la giornata.

Al di fuori dell'ambiente domestico il paziente frequenta il circolo dei pensionati delle forze dell'ordine, dove si reca per incontrare altre persone che condividono il suo stesso passato professionale e da quando ha perso la moglie, anche per mangiare alla mensa.

Dinamiche di caduta:

Il paziente è caduto a causa di un giramento di testa che lo ha colto mentre si piegava per allacciarsi le scarpe in camera da letto. Una volta caduto è rimasto disteso a terra per quasi un'ora nella speranza di riuscire a riprendersi da solo; in seguito ha deciso di contattare i vigili del fuoco usando il cellulare che era rimasto a portata di mano sul letto. Infatti la porta blindata oltre alla doppia serratura è dotata di due chiavistelli e un gancio fermaporta, che rendono impossibile a chiunque entrare, senza l'intervento di qualcuno dall'interno dell'abitazione. Di conseguenza gli infermieri del pronto soccorso avrebbero incontrato molte più difficoltà per entrare rispetto ai vigili del fuoco, che invece si sono introdotti dalla finestra, poiché il paziente non aveva fatto in tempo ad abbassare la serranda.

Una volta entrati i vigili del fuoco hanno soccorso il paziente e hanno chiamato il pronto soccorso, i cui infermieri hanno provveduto ad aiutare il paziente a rialzarsi, poiché fino a quel momento era rimasto a terra senza riuscire a muoversi a causa del dolore alla spalla e del fastidio alle gambe dovuto alle protesi su entrambe le anche.

Percorso riabilitativo:

Il paziente è stato ricoverato il 5 agosto al S. Paolo e successivamente al Policlinico di Milano, dove è stato sottoposto per circa un mese ad alcune terapie per risolvere alcuni problemi legati alla deambulazione scorretta.

Infine il 16 settembre è stato trasferito presso l'istituto Golgi Redaelli, dove la sua permanenza è prevista fino al 4 ottobre per completare la terapia agli ultrasuoni per la spalla.

Paziente 4

Caratteristiche visibili:

Il paziente presenta una corporatura estremamente gracile e un'andatura un po' meno sicura rispetto al primo paziente intervistato, a causa anche dell'età visibilmente più avanzata.

Parla con un tono di voce leggermente basso, ma probabilmente più per abitudine che per motivi fisiologici.

Dopo aver aspettato alcuni minuti che avesse finito di radersi, ci incontriamo nel soggiorno del reparto.

Il primo paziente intervistato lo conosce e gli fa notare che ha ancora della schiuma da barba sul viso.

Quando ritorna per la seconda volta dal bagno, ha ancora della schiuma addosso, ma non sembra accorgersene.

Nonostante questi sintomi fisici di debolezza e le disattenzioni nella cura dell'aspetto, il paziente mostra un atteggiamento piuttosto sicuro durante l'intervista.

Informazioni personali:

La prima informazione che il paziente mi comunica di sua spontanea volontà riguarda il suo lavoro come rappresentante commerciale di un'importante industria farmaceutica. Questo impiego lo ha portato a svolgere anche alcune interviste presso i consumatori di medicinali.

Per questi motivi il paziente dimostra una certa dimestichezza con le dinamiche dell'intervista svolta all'interno del settore sanitario e con l'attività clinica in generale. Ciò gli permette di avere sempre un

dialogo attivo con i medici in modo da proporre le proprie ipotesi diagnostiche.

Il paziente abita da solo nell'appartamento di un condominio dove si trovava anche la madre, ha instaurato dei buoni rapporti sociali con altri condomini e in generale si considera una persona socievole a cui piace conoscere nuove persone e fare amicizie. Per questo afferma che se le sue condizioni dovessero peggiorare, piuttosto che rimanere in casa, preferirebbe essere ricoverato in un luogo dove poter avere contatti con altre persone oltre che ricevere le cure adeguate.

Per quanto riguarda le attività quotidiane il paziente afferma di essere piuttosto portato per la cucina e quindi di essere autonomo dal punto di vista dell'alimentazione; mentre per fare le pulizie ha bisogno dell'aiuto di badanti che è in grado di stipendiare grazie alla sua condizione economica agiata.

Dinamiche di caduta:

Il paziente è caduto più di una volta con una certa frequenza negli ultimi mesi a causa di una serie di capogiri che lo hanno insospettito fino a spingerlo ad andare in ospedale accompagnato da un amico per chiedere un consulto.

Ogni volta che è caduto il paziente è sempre riuscito a rialzarsi da solo, probabilmente grazie alla sua costituzione magra. Apprezza molto la solidarietà dimostrata dai passanti che spesso lo hanno soccorso quando la caduta si è verificata al di fuori delle mura domestiche.

Percorso riabilitativo:

Il paziente si trova dal 17 settembre al Golgi Redaelli, dove segue un programma di riabilitazione finalizzato a correggere la postura; infatti le frequenti perdite di equilibrio hanno provocato un progressivo peggioramento della deambulazione, senza intaccare la funzionalità complessiva del paziente.

Paziente 5

Caratteristiche visibili:

Il paziente mi ha accolto nella sua stanza nella quale si spostava a fatica su un'ingombrante sedia a rotelle. Osservandolo dal corridoio mentre parlava con la capo reparto, mi era sembrato uno dei più compromessi dal punto di vista cognitivo. Tuttavia ho immediatamente cambiato opinione non appena ci siamo scambiati le prime parole: il tono fermo della voce e la chiarezza con cui scandiva le parole mi hanno subito testimoniato che le facoltà cognitive del paziente erano più che buone.

I deficit presentati dall'utente riguardavano maggiormente l'aspetto fisico: i più visibili erano in tremori dovuti al morbo di Parkinson e la cecità dell'occhio destro dovuta a un'ischemia.

Informazioni personali:

Oltre alla frattura del femore, lo stato di salute del paziente è caratterizzato da ulteriori aspetti invalidanti, quali deficit dell'apparato cardiovascolare, dell'equilibrio e sintomi del morbo di Parkinson. Questo stato di comorbidità ha determinato una sempre maggiore vulnerabilità del paziente al verificarsi di cadute sia in casa che in altri luoghi. Nessuna delle cadute precedenti tuttavia aveva provocato grossi danni al paziente, che si è sempre rialzato autonomamente.

Dinamiche di caduta:

Il paziente è caduto di notte in camera da letto mentre aiutava la moglie ad alzarsi per andare in bagno. Nella caduta il paziente ha trascinato con sé la moglie, che fortunatamente non ha riportato alcun danno, e si è rotto il femore.

In casa era presente anche il figlio che, svegliato dal rumore della caduta, ha subito provveduto a chiamare il pronto soccorso, mentre i coniugi sono rimasti entrambi a terra, memori dei consigli che gli erano stati dati in caso si verificasse un episodio del genere.

Le cadute sperimentate fino a quel momento dal paziente non gli avevano mai procurato danni rilevanti, mentre questa volta la caduta ha determinato conseguenze più gravi a causa di una serie di fattori concomitanti: il verificarsi della caduta di notte, l'assunzione di medicinali prima di coricarsi, l'impatto molto più violento dovuto alla caduta di due corpi contemporaneamente invece che di uno solo.

L'intervento della croce rossa è stato immediato e il paziente è stato portato subito all'ospedale più vicino.

Percorso riabilitativo:

Una volta giunto in ospedale, a causa del quadro clinico generale del paziente, i medici non hanno ritenuto che ci fossero i presupposti per sottoporre il paziente a un intervento chirurgico sufficientemente sicuro. Di conseguenza il paziente è stato trasferito presso il reparto di riabilitazione del Golgi Redaelli, dove potrà recuperare la funzionalità della gamba tramite un trattamento meno invasivo rispetto all'intervento chirurgico.

Paziente 6

Caratteristiche visibili:

La paziente ha un portamento aristocratico e un aspetto molto ben curato. Inoltre dimostra una buona proprietà di linguaggio e lucidità mentale. Parla lentamente e con tono pacato, scandendo le parole e accennando anche delle espressioni tedesche, che ricorda mentre racconta gli episodi vissuti durante la guerra.

Avendo rotto il femore, anche lei si sposta sulla sedia a rotelle, facendosi aiutare dalla figlia che la accompagna fino al tavolo dove ci sediamo per svolgere l'intervista.

Informazioni personali:

La paziente dimostra di attribuire particolare importanza ai rapporti sociali; mentre racconta gli eventi che hanno seguito la caduta, precisa di aver avuto l'appoggio di molti amici e di aver incontrato anche tra i medici delle persone di sua conoscenza.

Se non ci fosse stato il marito, sarebbero stati disposti ad aiutarla anche i vicini di casa, con i quali ha instaurato un rapporto di fiducia reciproca e di conseguenza ha scambiato con loro una copia delle chiavi di casa.

Nonostante la paziente riponga una notevole fiducia nelle persone che la circondano, manifesta altrettanta insicurezza riguardo alla propria salute fisica; afferma infatti di essere geneticamente predisposta a una serie di patologie, che tuttavia non le hanno impedito di conservare la salute mentale.

Si sofferma a lungo sul racconto della sua infanzia e della sua giovinezza, che sono state inevitabilmente segnate dalla guerra. Gli episodi vissuti durante questo periodo costituiscono un altro fattore, oltre allo stato di salute attuale, che influisce profondamente sulla stabilità emotiva della paziente.

Nonostante questi accenni di depressione, la paziente esprime un sincero apprezzamento per l'operato di tutte le persone che le concedono quotidianamente il loro supporto, dai familiari e gli amici, fino ovviamente agli infermieri e i medici del centro di assistenza.

Dinamiche di caduta:

La paziente è caduta sul terrazzo della sua casa di villeggiatura mentre spostava un tavolino.

La perdita di equilibrio non è stata accompagnata da alcun capogiro, malore o perdita di conoscenza, come è dimostrato dall'accuratezza con cui la paziente descrive l'episodio.

La paziente è stata soccorsa dal marito, che inizialmente non ha ritenuto necessario l'intervento del pronto soccorso; dopo due giorni, a causa dei dolori la paziente ha insistito per recarsi al pronto soccorso, dove le hanno diagnosticato una frattura del femore.

Percorso riabilitativo:

La paziente si trova nel centro di riabilitazione per recuperare la funzionalità della gamba dopo aver subito l'intervento chirurgico al femore.

1.6.1.5. Anziani gravemente compromessi

In questo caso le condizioni del paziente hanno raggiunto un tale livello di criticità da comprometterne irrimediabilmente l'autosufficienza.

Il margine riabilitativo previsto per questi pazienti non consente il recupero dell'autonomia nella gestione delle attività quotidiane, per questo non verranno presi in considerazione come possibile utenza del

sistema.

1.6.2. Lo staff medico

Il personale medico è costituito da una serie di figure professionali con competenze che spaziano molto attraverso i vari ambiti del settore sanitario. Per poter prestare al paziente le migliori cure è infatti necessario l'intervento coordinato di un'equipe di professionisti che possano apportare un contributo specifico per ognuno dei fattori che contribuiscono a determinare la condizione complessiva del paziente.

Infermieri

Queste figure professionali si occupano di garantire il benessere del paziente attraverso un'incessante attività di supporto allo svolgimento delle attività quotidiane, sia nelle strutture ospedaliere che a domicilio. Questo approccio sul campo dà la possibilità agli infermieri di essere maggiormente sensibili alle esigenze più concrete dei pazienti e a instaurare con essi un rapporto molto diretto.

Fisioterapisti

Anche questi professionisti operano a stretto contatto con il paziente. A differenza degli infermieri il loro intervento è mirato alla soddisfazione di necessità meno immediate, ma altrettanto concrete del paziente. Per ottenere questo risultato a lungo termine il fisioterapista svolge un lavoro progressivo di riabilitazione che necessita inevitabilmente della partecipazione attiva dell'utente.

Medici

Delle adeguate competenze diagnostiche permettono a queste figure professionali di elaborare un piano assistenziale che comprenda tutti gli elementi necessari al recupero dell'equilibrio psicofisico da parte del paziente.

Per ottenere questo obiettivo è necessario un opportuno bilanciamento tra i numerosi aspetti che concorrono a determinare la condizione complessiva del paziente.

1.6.3. I familiari

La famiglia costituisce un'importante struttura di protezione sociale, in grado di fornire all'anziano il supporto necessario al mantenimento delle sue capacità psicofisiche. Laddove vi siano delle dinamiche funzionali al mantenimento dell'autonomia e del benessere del paziente, è giusto valorizzarle e incentivarle. Tuttavia delle dinamiche sociali distorte all'interno del nucleo familiare provocano nel paziente un malessere psicologico profondo che inevitabilmente si traduce in un peggioramento della condizione di salute.

Sarebbe dunque opportuno correggere e/o ridimensionare il ruolo della famiglia qualora entri in conflitto con la qualità della vita del paziente.

1.7. Individuazione personas

Nella realtà della ricerca sul campo è stato possibile rilevare una notevole eterogeneità anche all'interno della medesima categoria di pazienti.

Infatti la valutazione complessiva del livello di autonomia può condurre a risultati simili a partire anche da condizioni molto diverse tra loro. Ad esempio due pazienti possono essere ritenuti entrambi autonomi, fragili o compromessi anche se presentano caratteristiche non completamente uniformi.

Per evidenziare questo aspetto sono stati realizzati dei grafici che riassumono le caratteristiche di ciascuno degli utenti intervistati sia per la categoria degli anziani autonomi che per quella degli anziani fragili.

A partire da questi grafici è possibile ipotizzare dei possibili modelli descrittivi di utenti tipo in modo

da ottenere dei riferimenti quanto più realistici e variegati possibili per l'individuazione delle soluzioni adeguate.

Personas autonome



Grafico 1.1. Utente autonomo N°1

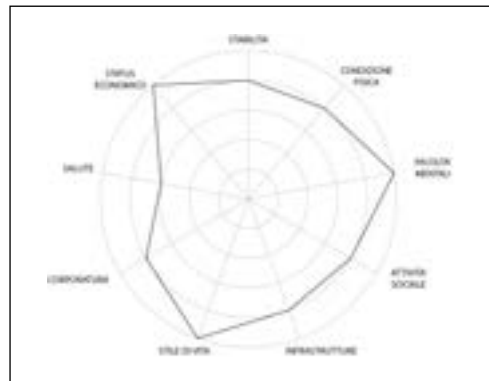


Grafico 1.2. Utente autonomo N°2

Perosnas fragili



Grafico 1.3. Paziente 1



Grafico 1.4. Paziente 2

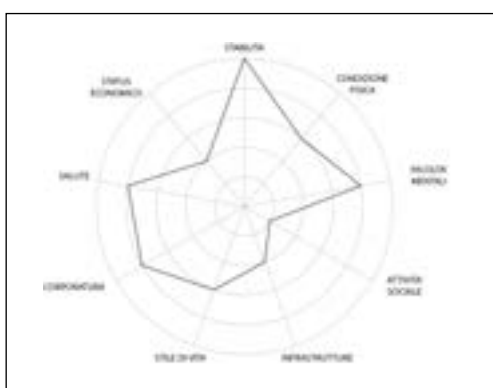


Grafico 1.5. Paziente 3

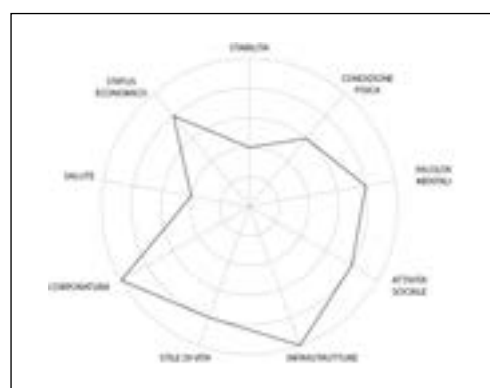


Grafico 1.6. Paziente 4



Grafico 1.7. Paziente 5



Grafico 1.8. Paziente 6

2. STRUTTURA DEL SISTEMA

2.1. Premessa

Al fine di sviluppare una soluzione di Ambient Intelligence competitiva, indirizzata alle persone anziane e/o non del tutto autosufficienti, è necessario progettare un sistema le cui caratteristiche siano coerenti con lo scenario descritto nel capitolo 1.

Queste caratteristiche sono state individuate a partire da una ricerca che ha spaziato tra svariati settori tra loro interconnessi: gli Smart Home Systems, i Wearable devices, la telemedicina, il Physical e l'Ubiquitous Computing, ecc.

Le soluzioni commercializzate o sperimentate nei suddetti settori presentano una struttura che si basa su degli elementi e dei principi comuni che verranno ripresi e rielaborati nel corso del progetto.

2.2. Gli elementi del sistema

La configurazione tipica del sistema deriva dal modello dei Wireless Sensor Network (WSN).

Questi modelli si basano su una struttura gerarchica secondo cui ciascun elemento svolge autonomamente la funzione che compete al proprio ruolo, mantenendo la comunicazione col resto del sistema.

2.2.1. I sensori

Costituiscono l'apparato percettivo tramite il quale il sistema è in grado di interfacciarsi con l'ambiente esterno.

Ciascuno dei sensori distribuiti all'interno dell'ambiente viene definito col termine nodo e integra al suo interno le componenti necessarie a svolgere le funzioni di acquisizione, elaborazione locale del segnale e trasmissione dei dati alle altre componenti del sistema che svolgono processi computazionali più complessi. I sensori vengono assemblati tra di loro in una rete configurata secondo una topologia a maglie connesse (Wireless Sensor Network) che presenta le seguenti caratteristiche.

Multi hop

La rete attraverso la quale avviene la trasmissione di informazione è organizzata secondo una struttura poin-to-point in cui ogni nodo funge da ripetitore. Questa caratteristica consente di evitare il ricorso a connessioni a lungo raggio, molto più dispendiose dal punto di vista energetico.

L'architettura di trasmissione multi hop prevede l'instradamento del flusso di dati verso un nodo comune della rete; questo centro nevralgico detto sink node costituisce il punto di accesso attraverso il quale i dati affluiscono al dispositivo di elaborazione principale (computer, dispositivi mobili, ecc.).

Self-configuring

Il sistema dovrebbe essere caratterizzato da un elevato livello di automatizzazione nello svolgimento delle procedure necessarie alla realizzazione delle connessioni tra i nodi e alla loro manutenzione.

Questa caratteristica consente di minimizzare il grado di complessità con cui l'utente deve entrare in contatto per interfacciarsi col sistema.

Self-healing

Un altro vantaggio di questa struttura a maglie consiste nella facilità con cui è possibile scalare il sistema attraverso un ampliamento del numero di nodi presenti nella rete, i quali possono essere rimossi o aggiunti senza dover riconfigurare il protocollo di routing complessivo.

Dynamic routing

Il sistema deve essere in grado di determinare autonomamente i percorsi di instradamento delle informazioni a seconda delle necessità contingenti imposte dall'ambiente e dall'utente.

A seconda del tipo di sensori utilizzati, l'attività di monitoraggio svolta dal sistema può essere finalizzata all'espletamento di due delle funzioni fondamentali della pratica clinica: la formulazione di diagnosi e l'intervento tempestivo in caso di eventi avversi.

Per raggiungere questi obiettivi è necessario che i sensori installati all'interno dell'ambiente domestico siano in grado di registrare tre categorie principali di dati:

- Parametri fisiologici: peso, temperatura corporea, pressione sanguigna, frequenza cardiaca e respiratoria, tasso glicemico, ecc.
- Parametri actigrafici: postura, analisi del movimento, traiettorie, ecc.
- Parametri ambientali: temperatura, tasso di umidità dell'aria, livello di rumore, luminosità, ecc.

L'acquisizione dei suddetti parametri avviene in maniera differente a seconda del tipo di sensori utilizzato. L'utilizzo di sensori attivi opportunamente alimentati consente al sistema di usufruire di un flusso di dati ininterrotto utile al monitoraggio della variazione di parametri fisiologici e ambientali nel corso del tempo; questa modalità di acquisizione delle informazioni consente la generazione di un report diagnostico costante, tramite il quale è possibile individuare il trend evolutivo del quadro clinico o eventuali anomalie potenzialmente nocive per il paziente.

Qualora i sensori implementati all'interno del sistema siano di tipo passivo, l'attivazione del processo di acquisizione dei dati è determinata dal verificarsi di un evento prestabilito. Questa tecnica di rilevazione prevede un monitoraggio estremamente accurato e preciso attraverso il quale il sistema è in grado di captare (ed eventualmente prevedere) con un margine d'errore minimo gli eventi avversi in cui il paziente incappa durante la sua vita quotidiana.

Allo stesso tempo questa soluzione permette al sistema di contenere in maniera molto più efficace il livello di energia assorbita da sistema.

Una volta che i segnali utili sono stati captati, essi vengono indirizzati verso un unico punto della rete.

A seconda dello scopo per cui servono i dati, l'interazione tra i sensori della rete per riportare i dati al centro di raccolta avviene con 4 modalità differenti:

- Rilevazione di un evento: il segnale viene trasmesso al centro di elaborazione soltanto quando un determinato evento ne provoca il superamento di una soglia prestabilita.
- Misurazioni periodiche: i sensori possono essere impostati in modo da inviare periodicamente i report sulle variazioni dei parametri rilevati.
- Analisi della variazione dei parametri e individuazione di anomalie: la distribuzione dei sensori all'interno di più ambienti dell'abitazione consente di mappare l'andamento delle variazioni dei segnali a seconda del luogo dove vengono rilevati. In questo modo è possibile estrarre utili approssimazioni del comportamento generale di una funzione o individuare punti specifici in cui i parametri assumono dei valori costanti.
- Localizzazione: nel caso in cui la fonte di un segnale sia mobile, i sensori possono cooperare tra loro per tracciare gli spostamenti dell'oggetto analizzato e determinarne eventualmente velocità, direzione, accelerazione, ecc.

A seguito della scelta del tipo di sensori basata sulle necessità del sistema, occorre disporre opportunamente i dispositivi in modo tale da minimizzarne il livello di intrusività all'interno dell'ambiente abitativo. Bisogna che il sistema interferisca il meno possibile con le attività quotidiane dell'utente, sia a livello fisico che psicologico.

Per questo è preferibile che il sistema ricorra a un metodo di trasmissione delle informazioni di tipo

wireless, evitando per quanto possibile l'utilizzo di cablaggi fisici.

Inoltre la presenza dei dispositivi non deve essere percepita dall'utente come un elemento psicologicamente opprimente e invasivo rispetto alla vita privata. La discrezione con cui il sistema opera all'interno dell'ambiente è un requisito fondamentale per determinare il grado di soddisfazione dell'utente. Una volta raggiunta la configurazione spaziale ottimale, i sensori devono essere sottoposti a un processo di calibrazione in modo tale che i segnali immessi nel sistema sotto forma di input siano coordinati ai dati che vengono visualizzati sotto forma di output tramite l'interfaccia.

2.2.2. Clustering data center*

Una volta che i dati grezzi sono stati acquisiti tramite la rete di sensori, essi vengono sottoposti a un processo di elaborazione in modo da estrarne le informazioni che potranno essere agevolmente consultate dai pazienti e dal personale medico.

La sezione del sistema che svolge questa funzione si avvale di dispositivi computazionali presenti sul mercato sia fissi che mobili: Personal Computer, smartphone, handheld device, ecc.

Al fine di ricavare dai dati relazioni e regolarità alle quali fornire successivamente una valenza generale, questi dispositivi effettuano una serie di operazioni computazionali.

I dati acquisiti devono essere filtrati e selezionati in modo tale da eliminare eventuali ridondanze e inconsistenze e mantenerne solo le componenti ritenute significative alla luce dell'obiettivo da raggiungere.

Un'ulteriore fase di trasformazione consente di rendere i dati editabili, così da poterli eventualmente modificare e ampliare.

Una fase fondamentale del processo è quella che prende il nome di data mining; essa si serve di metodologie di discretizzazione derivanti dall'apprendimento automatico (machine learning) per poter estrarre dai dati dei modelli esemplificativi, definiti anche col termine pattern.

Tramite lo studio degli schemi prestabiliti su cui si basano questi modelli risulterà possibile svolgere con maggiore facilità operazioni di previsioni dell'andamento di variabili fisiche, classificazioni di elementi, riassunto di contenuti di un database, spiegazione di fenomeni osservati.

2.2.3. Data storage**

Una volta che i dati sono stati elaborati all'interno della rete privata, essi vengono trasferiti tramite una connessione sicura su un apposito database che sia in grado di conservarli e renderli accessibili per la consultazione ai soli utenti autorizzati.

L'invio delle informazioni può essere effettuato automaticamente nel caso sia necessario sottoporre il paziente a un monitoraggio costante; se invece la funzione del sistema consiste nel fornire un rapido canale di comunicazione per richiedere un consulto medico, il paziente stesso può provvedere all'invio di dati che necessitano di essere interpretati da un professionista.

L'obiettivo di questo sistema è quello di permettere al paziente di raggiungere un maggior grado di autonomia e consapevolezza riguardo alla gestione del proprio stato di salute.

In questo modo si crea un rapporto di collaborazione attiva in cui il ruolo del medico diventa quello di supportare il paziente nel processo di interpretazione dei dati clinici e nelle decisioni relative alle modalità di cura. Per ottenere questo risultato sono necessarie due condizioni fondamentali: la tutela della privacy e l'affidabilità del feedback professionale messo a disposizione dal medico.

Il sistema si avvale di una serie di strumenti per garantire la protezione delle informazioni da eventuali atti di violazione della privacy nelle fasi di trasmissione, conservazione e consultazione.

Alcuni di questi strumenti sono le connessioni di tipo VPN (Virtual Private Network) che consentono di inviare dati in un ambiente virtuale condivisibile, proteggendoli dagli attacchi informatici.

* Tratto da: "Data Mining, metodi informatici, statistici e applicazioni", (si veda bibliografia)

** Tratto da: "Design Requirements for a Patient Administered Personal Electronic Health Record", (si veda bibliografia)

L'accessibilità delle informazioni caricate sui database on-line è gestita da appositi AAA server (Authentication, Authorization, Accountig); per garantire la protezione dei dati, questi server sfruttano un metodo di identificazione RBAC (Role Based Access Control), basato su una gerarchia prestabilita in cui gli utenti vengono catalogati a seconda delle informazioni a cui possono avere accesso.

Le decisioni relative all'assegnazione dei ruoli devono essere prese dal paziente, in modo da dargli la possibilità di controllare e modificare facilmente le modalità di accesso di altri utenti alle informazioni del suo account.

Nel caso in cui si presentino situazioni d'emergenza particolarmente rischiose per l'incolumità del paziente, è necessario prevedere delle procedure "break the glass", che consentano di bypassare l'autorizzazione da parte dell'utente all'accesso ai dati.

2.3. Le caratteristiche del sistema

Gli elementi appena descritti si organizzano secondo una struttura gerarchica comune alla maggior parte dei sistemi commercializzati o sperimentati fino ad oggi.

I principi su cui si basa questa struttura sono riportati di seguito e alcuni di essi verranno rielaborati a seconda delle esigenze che si presenteranno durante l'avanzamento del progetto, in modo da costituire i requisiti fondamentali del sistema sviluppato.

2.3.1. Integrazione

Al fine di ottimizzare l'efficienza complessiva dell'ambiente domestico, è necessario che sia presente un elevato grado di integrazione tra i vari elementi costitutivi del sistema.

Infatti lo scopo primario dell'informatizzazione delle funzioni ambientali è quello di migliorare sensibilmente la qualità della vita dell'utente, aumentandone il grado di indipendenza nello svolgimento delle ADL (Activities of Daily Living).

Per ottenere questo risultato non è sufficiente l'introduzione nell'ambiente domestico di elettrodomestici che offrono singole prestazioni tecnologicamente avanzate; occorre dunque sviluppare un sistema caratterizzato da un elevato grado di interoperabilità tra tutti gli elementi che lo compongono.

In un sistema di questo tipo tutti i dispositivi sono in grado di scambiarsi reciprocamente i dati relativi alle singole funzioni che svolgono.

Questa circolazione libera di informazioni permette un coordinamento sinergico delle singole funzioni ambientali in modo tale che il sistema complessivo risulti calibrato a seconda delle esigenze specifiche dell'utente.

L'aumento del livello di interoperabilità all'interno dell'apparato domotico necessita di un'appropriata definizione degli standard relativi alle modalità con cui viene gestito il flusso dei dati all'interno del sistema: topologia di rete; acquisizione dei segnali; trasmissione dei dati; formato dei dati; elaborazione dei dati; conservazione e protezione dei dati

2.3.2. Adattabilità

Adattabilità Hardware

Il sistema dovrà essere in grado di adattarsi con la massima flessibilità alle differenti condizioni che caratterizzano gli spazi domestici, in modo da risultare poco invasivo e da richiedere degli interventi di installazione poco onerosi.

Interfaccia Software

Al fine di ottimizzare le modalità di interazione tra il sistema e l'utente risulta necessario porre particolare attenzione alla progettazione dell'interfaccia di controllo.

L'interfaccia dovrà dunque presentare alcune caratteristiche:

- Intuitività: nella progettazione dell'interfaccia sarà necessario adottare dei principi di ergonomia cognitiva atti a rendere le funzioni del sistema di facile interpretazione anche per l'utente poco avvezzo a interagire con dispositivi elettronici.
- Proattività: l'interfaccia dovrà essere in grado di eseguire delle operazioni di analisi delle esigenze contingenti manifestate dall'utente e sulla base di queste effettuare delle attività responsive che permettano all'utente stesso di personalizzare la propria esperienza interattiva col sistema.
- Configurabilità: l'utente dovrebbe avere la possibilità di dare il suo contributo al processo di personalizzazione, modificando a seconda delle sue preferenze alcune caratteristiche dell'interfaccia.
- Trasparenza: le funzioni dovranno presentare vari gradi di astrazione in maniera tale da rendere l'utente consapevole dei processi che sottendono al funzionamento del sistema, senza però risultare di difficile comprensione.

2.3.3. Scalabilità

La connessione tra gli elementi deve essere caratterizzata da una certa modularità così da evitare la riconfigurazione completa del sistema ogni volta che gli si deve aggiungere o togliere un elemento. I vantaggi principali di questo approccio consistono nella facilitazione delle operazioni di manutenzione e ampliamento del sistema.

La scalabilità conferisce dunque maggiore pervasività al sistema.

2.3.4. Affidabilità

L'affidabilità del sistema dipende dal fatto che ogni segnale in ingresso nel sistema venga elaborato in modo tale da fornire un'unica informazione inequivocabile.

Di conseguenza risulta di fondamentale importanza la capacità di filtrare in maniera opportuna i segnali rilevati dai sensori così da evitare la ridondanza dei feedback o peggio la sovrapposizione tra informazioni discordanti. Per ottenere questo risultato è possibile calibrare i sensori in maniera tale da bilanciare i parametri metrologici che li caratterizzano.

In questo modo il cluster di dati elaborati dal processore saranno quanto più possibile fedeli ai segnali reali che sono di interesse per il monitoraggio.

Questo aspetto coinvolge prevalentemente le funzioni emergenziali, come quelle dei fall detector, per le quali risulta fondamentale il feed-back immediato da parte dell'operatore sanitario in modo da garantire la rapidità d'intervento.

2.3.5. Invisibilità

Nello sviluppo di sistemi per l'Assisted Living assumono un ruolo fondamentale gli aspetti che contribuiscono a determinare il grado di intrusività nella vita quotidiana dell'utente.

La progettazione delle componenti front-end deve essere finalizzata al raggiungimento del giusto equilibrio tra visibile e invisibile, in modo tale che l'interazione col sistema possa avvenire senza modifiche del proprio codice comportamentale da parte dell'utente.

Per garantire le migliori condizioni di usabilità, la tecnica non deve dunque entrare in conflitto con le abitudini analogiche dell'utente. Altrimenti il sistema viene percepito come un elemento estraneo e la sua presenza viene mal tollerata dall'utente, soprattutto se si tratta di un sistema finalizzato al monitoraggio dei parametri patologici.

Alcuni esempi interessanti di progetti coerenti con questo approccio sono stati presentati il 17 ottobre al convegno organizzato presso il ministero della salute da Italia Longeva, la rete nazionale di ricerca sull'invecchiamento e la longevità.

In particolare l'architetto Maria Benedetta Spadolini, docente di Architettura all'Università di Genova e membro del board scientifico di Italia Longeva, ha riportato l'esperienza degli studenti che durante un laboratorio di disegno industriale hanno progettato insieme agli utenti anziani per realizzare delle proposte coerenti con le loro reali esigenze.

Da questo laboratorio è emerso come il prodotto non debba presentare delle caratteristiche esplicitamente adattate allo status di anzianità dell'utente per essere accettato da quest'ultimo, ma debba invece mimetizzarsi tra gli oggetti tradizionali della casa in modo da poter essere utilizzato da tutti i componenti della famiglia.

3. PRODOTTI E SERVIZI SUL MERCATO

3.1. Premessa

Dopo aver analizzato il complesso scenario in cui il progetto affonda le proprie radici, risulta opportuno analizzare il settore specifico in cui è prevista l'introduzione del prodotto.

Infatti il mercato degli Smart Homes Systems presenta una notevole eterogeneità di servizi e prodotti finalizzati alla soddisfazione di vari livelli di bisogno.

Per evitare di perdere l'orientamento all'interno di un settore così vasto, l'attenzione è stata rivolta nello specifico ai sistemi in grado di monitorare nel modo più efficiente e meno invasivo possibile le attività quotidiane svolte dall'utente in modo da proteggerlo da eventuali minacce, aiutandolo così a conservare la propria autonomia.

In particolare l'analisi è stata più approfondita per tutti quei sistemi il cui obiettivo coincideva con quello del progetto: integrazione all'interno dell'ambiente domestico di sistemi finalizzati all'incremento del livello di sicurezza di persone anziane o comunque con un limitato livello di autonomia, in particolare attraverso dispositivi di rilevazione della caduta.

Sono state comunque accennate ulteriori funzionalità, che contribuiscono a delineare una visione quanto più completa possibile del settore.

3.2. Fall detection

Sul mercato sono presenti numerose soluzioni finalizzate a risolvere il problema della caduta che coinvolge persone anziane e in generale soggetti con autosufficienza limitata.

Alcuni sistemi sono in produzione e acquistabili, altri sono in via di sperimentazione.

A seconda della soluzione tecnologica adottata possiamo distinguere i vari tipi di sistemi sviluppati fino ad oggi in quattro categorie.

3.2.1. Rilevatori indossabili manuali

Questi sistemi basano il proprio funzionamento su dei dispositivi indossabili tramite i quali il paziente può attivare un allarme che viene inviato ai caregiver.

Il livello tecnologico minimo necessario per il funzionamento del sistema è piuttosto basso; la scelta di tecnologie più avanzate dipende dal tipo di servizio che le varie aziende intendono offrire al paziente.

La notevole semplicità tecnologica rende il prodotto accessibile, ma riduce l'affidabilità complessiva del sistema, soprattutto nel caso particolare in cui l'anziano non sia in grado per vari motivi di attivare l'allarme. È opportuno precisare che i dispositivi indossabili di allarme sono spesso inclusi in una struttura molto più ampia in cui un terminale funge da nodo principale di una rete di dispositivi addetti alle più svariate funzioni, dalla rilevazione delle fughe di gas agli allarmi anti-intrusione.

All'interno di questo contesto così variegato di servizi, l'analisi prende in considerazione nello specifico la porzione di sistema che comprende il terminale e il dispositivo indossabile.

Installazione: Semplice e immediata, non richiede particolari competenze e può essere eseguita dall'utente stesso.

Economicità: Il costo di questi sistemi è molto variabile data la molteplicità di servizi accessori disponibili. A prescindere dalle tecnologie impiegate, che comunque non costituiscono un costo eccessivo, è l'abbonamento al servizio di assistenza il fattore che stabilisce la convenienza economica del sistema complessivo.

Hardware: Terminale di comunicazione tra la periferica indossata dall'utente e il centro di assistenza e/o

altri caregiver più o meno informali.

Periferiche: Oltre al pulsante antipanico indossato dall'utente sotto forma di braccialetto o pendente, spesso vengono messi a disposizione ulteriori dispositivi con svariate funzionalità finalizzate a garantire la sicurezza dell'utente.

Portata: Variabile ma mediamente limitata all'ambiente domestico e ai suoi dintorni.

Alimentazione: Il terminale è allacciato alla rete elettrica domestica, mentre i dispositivi indossabili sono muniti di batteria.

Software: Il sistema si serve prevalentemente di protocolli di comunicazione wireless per la connessione tra le periferiche e il terminale e della rete telefonica o di appositi moduli GSM per contattare i caregiver o il centro di assistenza.

Servizi: Oltre alle numerose periferiche aggiuntive possono essere inclusi nell'offerta al cliente dei servizi opzionali di assistenza domiciliare.

Intrusività del monitoraggio: L'utente non è sottoposto a un'osservazione costante in quanto il sistema è progettato per funzionare solo in caso di emergenza. Tuttavia il fatto di dover indossare il dispositivo di allarme potrebbe risultare ugualmente invasivo.

Intervento dell'utente: L'attivazione del segnale di allarme è sotto il controllo dell'utente.

Dati acquisiti: Alcuni terminali sono dotati di una memoria per registrare gli eventi segnalati tramite le periferiche in un certo lasso di tempo.

Bosch Security



Installazione: I terminali possono essere collegati alla rete telefonica tramite cavo, alla rete cellulare tramite protocollo GSM o alla rete internet tramite IP. Anche la programmazione dei terminali può avvenire con varie modalità: in loco usando l'apposita tastiera integrata o la funzione "plug and play" che sfrutta una SD card; in remoto tramite appositi strumenti di programmazione come PC o dal centro di monitoraggio.

Economicità: I costi non vengono specificati sul sito dell'azienda, che mette a disposizione una mappa online dei rivenditori.

Hardware: Bosch security offre svariati modelli per ciascuno degli elementi del sistema di telesoccorso. Sia i terminali che i trasmettitori indossabili si suddividono in due categorie a seconda che siano più idonei per l'utilizzo nell'ambiente domestico o per le attività del personale infermieristico.

I trasmettitori indossabili sono molti sebbene il principio di funzionamento sia comune a tutti, ciascuno possiede delle caratteristiche peculiari. Alcuni integrano al loro interno un sensore di inclinazione che genera un pre-allarme, interrompibile tramite un pulsante. Un dispositivo simile è in grado

Immagine 3.1. Carephone and transmitter by Bosch

di individuare la caduta e stabilirne il livello di gravità in un lasso di tempo in cui invia un pre allarme tramite una vibrazione, interrompibile scuotendo il braccio. Altri dispositivi specifici per i pazienti dementi sono muniti di localizzatori in caso di fuga, o di segnalatori che avvertono il sistema quando il paziente è accompagnato. Altri ancora integrano al loro interno un orologio.

Dei segnali di controllo vengono inviati periodicamente per verificare lo stato della connessione.

Periferiche: Oltre ai vari modelli di dispositivi con pulsante antipanico indossabili dall'utente, vengono messi a disposizione ulteriori dispositivi con svariate funzionalità finalizzate a garantire la sicurezza dell'utente.

Portata: Variabile tra i 150 e i 250 m.

Alimentazione: I terminali si allacciano direttamente alla rete elettrica domestica e dispongono di una batteria di riserva che in caso di blackout garantisce una carica tra le 72 e le 120 ore a seconda del modello e del protocollo di comunicazione utilizzato (la connessione IP consuma di più)

I dispositivi indossabili sono alimentati a batteria con carica variabile.

Software: Il sistema si serve prevalentemente di protocolli di comunicazione wireless per la connessione tra le periferiche e il terminale; mentre per l'invio delle chiamate di emergenza i terminali dispongono di

avvalgono della rete telefonica di moduli GSM o di protocolli VoIP e connessione IP.

Servizi: Oltre alle numerose periferiche aggiuntive possono essere inclusi nell'offerta al cliente dei servizi opzionali.

Intrusività del monitoraggio: Alcuni dispositivi indossabili monitorano automaticamente l'utente, tuttavia il funzionamento del sistema si basa prevalentemente sull'attivazione dell'allarme da parte dell'utente. È necessario dunque che l'utente indossi costantemente i trasmettitori indossabili.

Intervento dell'utente: L'attivazione e in alcuni casi anche la disattivazione del segnale di allarme è sotto il controllo dell'utente.

Dati acquisiti: I sistemi proposti dall'azienda non sembrano presentare alcuna funzione per la memorizzazione e rielaborazione di dati relativi alla condizione complessiva dell'utente.

Everon



Installazione: Il sistema si collega alla rete telefonica fissa tramite cavo e/o alla rete telefonica cellulare tramite il modulo GSM integrato in uno dei dispositivi dispositivo; il dispositivo per l'attivazione dell'allarme può essere allacciato al polso o indossato in altri modi.

Economicità: I costi non vengono riportati sul sito internet dell'azienda.

Hardware: Terminale di trasmissione singolo o configurabile come ripetitore in una rete con altri terminali.

I dispositivi indossabili si dividono in due categorie: pulsanti antipanico; dispositivi dotati di rilevatore GPS per la geo-localizzazione e di modulo GSM per poter inviare l'allarme anche in assenza del terminale.

Periferiche: Il terminale è in grado di interfacciarsi con numerosi dispositivi aggiuntivi oltre ai dispositivi indossabili, come ad esempio sistemi di controllo di apertura e chiusura delle porte.

Immagine 3.2. Vega by Everon

Portata: I dispositivi dotati di GPS incorporato e modulo GSM permettono di individuare l'utente e riceverne i segnali anche qualora si allontanano dalla zona sicura raggiungibile dal terminale.

Alimentazione: Il terminale è allacciato alla rete elettrica domestica, mentre i dispositivi indossabili sono muniti di batteria e possono essere ricaricati mentre sono indossati e in funzione.

Software: Il sistema si serve prevalentemente di protocolli di comunicazione wireless per la connessione tra le periferiche e il terminale e della rete telefonica e di appositi moduli GSM per contattare i caregiver o il centro di assistenza.

Servizi: Il sistema comprende anche delle ulteriori funzioni di monitoraggio ambientale che possono essere applicate sia nell'ambiente domestico privato, che in centri di assistenza specializzati.

Intrusività del monitoraggio: Il dispositivo GPS potenzialmente permette di tenere costantemente sotto controllo gli spostamenti dell'utente, la cui posizione però viene localizzata solo qualora egli preme il pulsante antipanico o superi il raggio d'azione del terminale.

Il sistema resta dunque sotto il controllo dell'utente, il quale tuttavia potrebbe mal tollerare la possibilità di essere tracciato in ogni momento.

Intervento dell'utente: L'attivazione del segnale di allarme è sotto il controllo dell'utente.

Dati acquisiti: Il sistema non sembra in grado di registrare i dati acquisiti, nonostante potrebbe essere utile memorizzare gli spostamenti dell'utente, tracciati tramite il GPS.



Immagine 3.3. Link by Care Innovations

Care Innovations (Intel+GE Company)

Installazione: Il terminale si collega alla rete telefonica domestica tramite cavo e i dispositivi con pulsante antipanico vengono indossati sul polso, al collo o alla vita.

Economicità: Il servizio non richiede costi aggiuntivi di attivazione e contratti a lungo termine, inoltre il prezzo riportato sul sito online per l'abbonamento mensile sembra piuttosto conveniente rispetto ai competitors.

Hardware: Terminale di comunicazione tra la periferica indossata dall'utente e il centro di assistenza e/o altri caregiver più o meno informali. I dispositivi con pulsante antipanico sono impermeabili e il loro funzionamento viene periodicamente supervisionato con l'invio di segnali di controllo.

Periferiche: Oltre al sistema di tele-soccorso, Care Innovations offre ulteriori soluzioni tecnologiche per il miglioramento delle attività di tele-monitoraggio, tele-medicina e assistenza alla persona in generale, tra cui anche un sistema di rilevazione della caduta automatico che verrà trattato in un'altra scheda.

Portata: fino a 120 m.

Alimentazione: Il terminale è allacciato alla rete elettrica domestica e possiede una batteria di sicurezza con 30 ore di carica in caso di blackout, mentre la batteria dei dispositivi indossabili dura 5 anni e prima di scaricarsi notifica il suo stato all'utente e al centro di assistenza.

Software: Il sistema si serve prevalentemente di protocolli di comunicazione wireless per la connessione tra le periferiche e il terminale e della rete telefonica per contattare i caregiver o il centro di assistenza.

Servizi: Oltre ai sistemi hardware di tele-soccorso, Care Innovations offre al cliente ulteriori soluzioni software finalizzate alla gestione di attività di tele-monitoraggio e tele-medicina.

Intrusività del monitoraggio: L'utente non è sottoposto a un'osservazione costante in quanto il sistema è progettato per funzionare solo in caso di emergenza. Tuttavia il fatto di dover indossare il dispositivo di allarme potrebbe risultare ugualmente invasivo.

Intervento dell'utente: L'attivazione del segnale di allarme è sotto il controllo dell'utente.

Dati acquisiti: Il terminale non registra alcun dato utile a definire lo stato complessivo dell'utente.



Immagine 3.4. Terminal and panic button by Neat

Neat

Installazione: Il terminale si collega alla rete telefonica domestica tramite cavo e i dispositivi con pulsante antipanico vengono indossati sul polso o al collo.

Economicità: I costi non vengono riportati sul sito internet dell'azienda.

Hardware: Terminale di comunicazione tra la periferica indossata dall'utente e il centro di assistenza e/o altri caregiver più o meno informali; il terminale è dotato di uno speaker ben udibile dall'utente e un pulsante di allarme luminoso per poter essere individuato facilmente anche di notte; inoltre è programmato per controllare periodicamente lo stato della linea telefonica e individuare eventuali interferenze radio. Il dispositivo indossabile è disponibile anche in una versione dotata di una particolare funzione in grado di rilevare se il dispositivo non viene utilizzato dopo un certo lasso di tempo prestabilito. Oltre a questi dispositivi viene anche offerto un telefono cellulare semplificato munito di modulo GSM e accessoriabile con un localizzatore GPS.

Periferiche: Oltre al pulsante antipanico indossato dall'utente sotto forma di braccialetto o pendente, spesso vengono messi a disposizione ulteriori dispositivi con svariate funzionalità finalizzate a garantire la sicurezza dell'utente, tra cui rilevatori di gas, fumo, temperatura, movimento e allarmi anti allagamento. Una delle periferiche disponibili è inoltre in grado di rilevare automaticamente le cadute e di inviare l'allarme al terminale.

Portata: Grazie alla funzione di geo-localizzazione integrabile nel sistema sotto forma di telefono cellulare è possibile tracciare l'utente anche a distanze elevate dall'ambiente domestico. In questa modalità la carica della batteria varia dalle 120 alle 24 ore.

Alimentazione: Il terminale è allacciato alla rete elettrica domestica ed è dotato di una batteria di riserva in caso di blackout; i dispositivi indossabili sono muniti di batteria il cui stato di carica viene costantemente controllato (5 anni di carica).

Software: Il sistema si serve prevalentemente di protocolli di comunicazione wireless per la connessione tra le periferiche e il terminale e della rete telefonica o di appositi moduli GSM e GPS per tracciare l'utente e contattare i caregiver o il centro di assistenza.

Servizi: L'azienda offre un'ampia gamma di servizi oltre ai dispositivi descritti, tra cui assistenza domiciliare specializzata, dispositivi high tech per l'auto monitoraggio, l'auto diagnosi e la tele assistenza a distanza.

Intrusività del monitoraggio: L'utente non è sottoposto a un'osservazione costante in quanto il sistema è progettato per funzionare solo in caso di emergenza. Tuttavia il fatto di dover indossare il dispositivo di allarme potrebbe risultare ugualmente invasivo.

Intervento dell'utente: L'attivazione del segnale di allarme è sotto il controllo dell'utente.

Dati acquisiti: Il sistema non sembra possedere alcuna memoria integrata per la registrazione di dati utili al monitoraggio.

The Care Phone



Immagine 3.5. Carephone
Landline

Installazione: Il terminale si collega alla rete telefonica domestica tramite cavo e i dispositivi con pulsante antipanico vengono indossati al collo.

Economicità: Le tariffe per l'acquisto delle componenti hardware del sistema sono ridotte rispetto a quelle di altre aziende. Il prezzo dell'abbonamento ai servizi varia a seconda dell'offerta scelta (solo monitoraggio, solo geo-localizzazione, entrambi i servizi). Il costo per l'attivazione dei servizi è agevolato nel caso in cui l'utente scelga di usufruire sia del monitoraggio che della geo-localizzazione.

Hardware: Telefono cellulare con base di ricarica dotato di modulo GPS per la geo-localizzazione e pulsante antipanico portatile aggiuntivo; terminale di comunicazione con pulsante antipanico portatile; dispositivo di geo-localizzazione stand-alone, portatile dotato di pulsante antipanico.

Periferiche: Il sistema offre 3 opzioni hardware indipendenti tra loro e non interfacciabili con altri dispositivi.

Portata: Fino a un massimo di 200 m dal terminale.

Alimentazione: Il terminale è allacciato alla rete elettrica domestica, mentre i dispositivi indossabili sono muniti di batteria.

Software: Il sistema si serve prevalentemente di protocolli di comunicazione wireless per la connessione tra le periferiche e il terminale e della rete telefonica per contattare i caregiver o il centro di assistenza; inoltre sfrutta la tecnologia GPS per tracciare costantemente la posizione e gli spostamenti dell'utente, che vengono registrati su un apposito portale consultabile online.

Servizi: L'utente può scegliere se usufruire del centro di monitoraggio messo a disposizione dall'azienda o se fare affidamento solo su dei contatti privati.

Intrusività del monitoraggio: La posizione e gli spostamenti dell'utente vengono periodicamente registrati in modo tale da dare la possibilità ai caregiver di individuare tempestivamente l'utente in caso di emergenza. Il fatto di essere costantemente tracciati potrebbe essere mal tollerato dagli utenti.

Intervento dell'utente: L'attivazione del segnale di allarme è sotto il controllo dell'utente, mentre la localizzazione avviene automaticamente a intervalli regolari di tempo.

Dati acquisiti: Sul portale online i caregiver autorizzati possono acquisire importanti informazioni riguardanti gli spostamenti dell'utente.



Immagine 3.6. Ivi by Tunstall

Tunstall

Installazione: I terminali sono compatibili con i protocolli telefonici tradizionali, con la rete GSM e con la connessione Ethernet CAT6. Il software di installazione è disponibile sul sito e la programmazione del dispositivo può essere eseguita tramite la tastiera incorporata o la ID card. I trasmettitori possono essere indossati al polso, al collo e alla vita.

Economicità: I costi non vengono specificati sul sito dell'azienda, che mette a disposizione una mappa online dei rivenditori.

Hardware: Tunstall offre svariati modelli per ciascuno degli elementi del sistema di telesoccorso. I terminali possono integrare funzioni per la misurazione della temperatura ambientale, la segnalazione di inattività e intrusioni.

Per quanto riguarda i dispositivi indossabili l'offerta comprende trasmettitori con pulsante antipánico, alcuni dei quali integrano orologi, sensori di caduta, pulsanti per interrompere i falsi allarmi; altri dispositivi portatili sono dotati di modulo GSM e tecnologia GPS, utilizzabili come telefoni cellulari. La connessione per trasmettere il segnale di allarme può essere periodicamente controllata.

L'azienda mette a disposizione dei caregiver alcune soluzioni, come dei ricevitori portatili per avvertire quando un allarme viene attivato. Alcuni dei trasmettitori inoltre sono configurabili in maniera tale da poter aprire automaticamente la serratura elettronica dell'abitazione dove si è verificata l'emergenza.

Periferiche: Oltre al pulsante antipánico indossato dall'utente sotto forma di braccialetto o pendente, vengono messi a disposizione ulteriori dispositivi con svariate funzionalità finalizzate a garantire la sicurezza dell'utente, tra cui sensori ambientali a infrarossi e tappeti in grado di rilevare l'inattività tramite sensori di pressione.

Portata: Variabile ma mediamente limitata all'ambiente domestico e ai suoi dintorni.

Alimentazione: Il terminale è allacciato alla rete elettrica domestica, mentre i dispositivi indossabili sono muniti di batteria, la cui durata può arrivare fino a 7 anni, dopo i quali il dispositivo dev'essere sostituito.

Software: Il sistema si serve prevalentemente di protocolli di comunicazione wireless per la connessione tra le periferiche e il terminale e della rete telefonica o di appositi moduli GSM, GPS per contattare i caregiver o il centro di assistenza e per localizzare l'utente.

Servizi: Oltre alle numerose periferiche aggiuntive possono essere inclusi nell'offerta al cliente dei servizi opzionali.

Intrusività del monitoraggio: Alcuni dispositivi indossabili monitorano automaticamente l'utente, tuttavia il funzionamento del sistema si basa prevalentemente sull'attivazione dell'allarme da parte dell'utente. È necessario dunque che l'utente indossi costantemente i trasmettitori indossabili.

Intervento dell'utente: L'attivazione e in alcuni casi anche la disattivazione del segnale di allarme è sotto il controllo dell'utente.

Dati acquisiti: L'offerta dell'azienda comprende anche un tablet in grado di registrare e visualizzare alcuni parametri riguardanti l'attività e gli eventi passati dell'utente.

VRI



Immagine 3.7. Terminal by VRI

Installazione: Il terminale si collega alla rete internet tramite un modem e i dispositivi con pulsante antipánico vengono indossati sul polso o al collo.

Economicità: I costi riportati sul sito internet dell'azienda sembrano piuttosto contenuti, ma non sono comunque specificati in maniera del tutto chiara.

Hardware: Terminale di comunicazione tra la periferica indossata dall'utente e il centro di assistenza e/o altri caregiver più o meno informali.

Periferiche: Oltre al pulsante antipánico indossato dall'utente sotto forma di braccialetto o pendente, non sono previsti altri dispositivi gestiti attraverso il terminale.

Portata: Variabile ma mediamente limitata all'ambiente domestico e ai suoi dintorni.

Alimentazione: Il terminale è allacciato alla rete elettrica domestica, mentre i dispositivi indossabili sono muniti di batteria.

Software: Il sistema è l'unico sul mercato a utilizzare i protocolli VOIP per la trasmissione della chiamata di emergenza.

Servizi: Oltre al sistema di allarme, VRI offre un servizio di assistenza per l'assunzione di farmaci e un servizio di monitoraggio dei parametri vitali.

Intrusività del monitoraggio: L'utente non è sottoposto a un'osservazione costante in quanto il sistema è progettato per funzionare solo in caso di emergenza. Tuttavia il fatto di dover indossare il dispositivo di allarme potrebbe risultare ugualmente invasivo.

Intervento dell'utente: L'attivazione del segnale di allarme è sotto il controllo dell'utente.

Dati acquisiti: Il sistema non prevede la memorizzazione di dati.

Bay Alarm Medical



Immagine 3.8. Carephone and transmitter by Bayalarm

Tra tutti i sistemi attualmente in commercio Bay alarm medical è quello col raggio d'azione maggiore; il pendente riesce a comunicare con il centro di controllo fino a una distanza di circa 300 metri. Inoltre il sistema fornisce un servizio di allarme antincendio, rilevazione di fumi e di perdite di monossido di Carbonio e altri gas tossici.

Il ricevitore è dotato di uno speaker e di un microfono molto sensibile in grado di captare suoni anche se la fonte non è vicina. Poiché è collegato direttamente alla linea telefonica domestica, il ricevitore permette all'utente di rispondere alle chiamate a distanza.

Il pendente è leggero e impermeabile e può essere indossato al collo, al polso o sulla vita. L'autonomia della batteria è di 32 ore. L'ampiezza

dell'area coperta dalla banda di trasmissione del dispositivo standard è di 122 metri circa, ma può arrivare fino a 300 metri se viene utilizzato un pendente speciale.

Se necessario l'utente può richiedere un pendente aggiuntivo per un suo congiunto o amico in modo da poter essere monitorati entrambi utilizzando lo stesso ricevitore.

Il sistema di monitoraggio contro incendi, fumi e gas nocivi consiste in una serie di rilevatori di fumo ottici o a ionizzazione, allarmi antincendio e segnalatori di perdite di monossido di Carbonio e altri gas. Il tutto integrato nel sistema complessivo controllabile tramite il pendente e il ricevitore.

Tra i servizi aggiuntivi viene offerto anche un contenitore dotato di combinazione dove poter conservare una copia della chiave di casa; durante le situazioni di emergenza la combinazione viene comunicata allo staff medico in modo da evitare di compiere effrazioni per entrare in casa.

L'installazione del sistema prevede semplicemente il collegamento alla rete elettrica domestica e alla linea telefonica già esistente.

La copertura del servizio può includere un'area geografica molto ampia; in questo modo qualora l'utente abbia la necessità di spostarsi dalla propria abitazione per periodi di tempo variabili, il ricevitore può essere trasportato e reinstallato in qualunque luogo previsto dal piano acquistato.

Per agevolare la comunicazione col cliente vengono offerti due servizi particolarmente utili: la traduzione in 170 lingue e il supporto live via chat presente sul sito.

Medical Guardian



Immagine 3.9. Carephone and transmitter by Medical Guardian

Il centro di monitoraggio si avvale di personale altamente qualificato, la cui preparazione è certificata secondo gli standard: 911, EMT (Emergency Medical Technician). Anche l'efficienza dei protocolli di sicurezza è certificata dalla UL (Underwriters Laboratories), dal dipartimento della difesa e dalla FM.

L'efficacia dei protocolli è determinata anche dall'accesso a informazioni mediche personali fornite dal cliente stesso, che facilitano lo staff nell'operazione di intervento.

Inoltre il centro di monitoraggio è caratterizzato da una notevole versatilità e flessibilità, in quanto gli operatori al suo interno sono in grado di discernere a seconda della situazione quale sia la categoria più adatta da contattare: medici, polizia, vigili del fuoco, familiari o vicini.

Nonostante il sistema non includa i servizi di rilevamento di CO₂, fumi e gas nocivi, è possibile dotare l'ambiente di appositi allarmi sensibili all'eccessivo innalzamento della temperatura.

I dispositivi per il monitoraggio impiegano canali di comunicazione compatibili con i telefoni cellulari; in questo modo il sistema è tecnologicamente aggiornato e adatto a soddisfare in maniera adeguata una popolazione che si avvale sempre di più dei telefoni cellulari per comunicare.

La portata del segnale wireless che viene trasmesso al ricevitore dal pendente indossabile è di circa 150 metri.

La durata del servizio prevista dal contratto è piuttosto contenuta, in modo da non vincolare il cliente a usufruire del servizio per troppo tempo, qualora non ne fosse soddisfatto.

L'apparecchiatura viene consegnata gratuitamente e non vi sono quote aggiuntive per l'attivazione e la cancellazione del servizio.

Medical Guardian offre un'ampia gamma di possibili soluzioni per risolvere problemi e chiarire perplessità riguardo al funzionamento del sistema: via telefono, email, live chat e blog sul sito.

Life Fone



Immagine 3.10. Carephone and transmitter by Life Fone

Il sistema è in grado di fornire un protocollo di emergenza altamente personalizzato a seconda delle esigenze specifiche dell'utente.

Le apparecchiature a disposizione permettono di gestire anche le chiamate telefoniche ma mancano di dispositivi in grado di rilevare incendi, fumo e perdite di gas nocivi.

Il sistema comprende un particolare servizio aggiuntivo definito Worldwide Protection service, che prevede il possesso da parte dell'utente di una carta sulla quale è riportato un codice identificativo; tramite questo codice, qualsiasi medico nel mondo in caso di necessità potrà accedere alle informazioni relative allo stato di salute del paziente registrate su un profilo personale.

Oltre al pendente tradizionale d'emergenza il servizio fornisce una serie di dispositivi accessori come un pendente con maggiore copertura del segnale, un pulsante d'emergenza installabile a muro e un contenitore munito di combinazione tramite il quale lo staff medico può usufruire di una copia delle chiavi di casa.

Life Station



Immagine 3.11. Carephone and transmitter by Life Station

La gestione del centro di monitoraggio è svolta direttamente dall'azienda per ottenere il massimo controllo sulle chiamate d'emergenza ricevute.

Il personale segue un corso di preparazione di 160 ore per garantire la massima efficienza durante le operazioni di intervento sul campo. Inoltre ogni chiamata è gestita da due operatori alla volta in modo che uno si occupi di contattare l'assistenza e l'altro di tenere sotto controllo la situazione del cliente in difficoltà.

È possibile richiedere anche un servizio che prevede dei controlli quotidiani sulla condizione del paziente.

L'efficacia dell'apparecchiatura di segnalazione è garantita al 100%; controlli settimanali vengono effettuati sul funzionamento della connessione e in caso di guasto l'intera attrezzatura viene sostituita gratuitamente.

Life Alert



Immagine 3.12. Carephone and transmitter by Life Alert

I servizi offerti comprendono: il tradizionale monitoraggio per le emergenze mediche; un sistema di allarme antincendio che contatta direttamente il centro di monitoraggio; rilevatori di fumo, CO e gas; un sistema di microfoni antintrusione tramite i quali per un operatore è possibile controllare l'effettiva presenza di estranei in casa; un dispositivo dotato di GPS per il monitoraggio all'infuori dell'ambiente domestico; la possibilità di usufruire del servizio di monitoraggio tramite il cellulare o lo smartphone.

È prevista una quota per l'attivazione del servizio e qualora il cliente non provvedesse a fornire un preavviso di almeno 30 giorni prima della

cancellazione del servizio gli verrebbe imposto il pagamento di una quota per annullare il servizio.

Alert1



Immagine 3.13. Carephone and transmitter by Alert1

La qualità di questo servizio è garantita da numerose testimonianze, autorevoli certificazioni e da un'attenta valutazione del grado di preparazione e professionalità degli operatori.

Le principali funzioni offerte consistono in un sistema di monitoraggio in caso di cadute, un servizio di assistenza in caso di patologie croniche, un sistema antintrusione, un servizio di assistenza generica.

Oltre all'apparecchiatura standard comprendente il pendente e il ricevitore il cui raggio d'azione arriva fino a 180 metri circa, il sistema offre una serie di dispositivi e prodotti aggiuntivi: degli speaker supplementari per poter

mantenere il contatto tra l'operatore e l'utente anche se quest'ultimo è molto distante dallo speaker posto sul ricevitore; un distributore di medicinali; un pulsante di emergenza applicabile sui muri della casa nel caso in cui il pendente non fosse raggiungibile; il lockboxes per consentire allo staff assistenziale di entrare nell'abitazione senza dover compiere effrazioni.

L'apparecchio può essere utilizzato anche per rispondere al telefono, ha un'autonomia di 24 ore nel caso in cui venisse a mancare l'alimentazione della rete domestica e qualora la batteria si stesse per scaricare il centro di monitoraggio verrebbe avvertito.



Immagine 3.14. Carephone and transmitter by ADT

ADT Companion service

Oltre al servizio di soccorso in caso d'emergenza questa compagnia offre svariate soluzioni di Home Automation per la protezione della casa da minacce come l'intrusione di estranei, incendi, perdite di monossido di carbonio e gas nocivi, variazioni eccessive di temperatura.

L'intero pacchetto può essere integrato con ulteriori funzioni ambientali (ADT Pulse), controllabili in remoto da cellulare o con delle apposite interfacce di controllo tramite un protocollo wireless chiamato Z-Wave; le funzioni comprendono attivazione e disattivazione del sistema, chiusura automatizzata

delle porte, controllo dei sistemi di illuminazione e condizionamento, video sorveglianza, ecc.

L'attivazione del servizio prevede una quota notevolmente superiore a quelle proposte dai concorrenti e non viene data la possibilità di disdire l'abbonamento al servizio qualora il cliente non fosse soddisfatto.



Immagine 3.15. Carephone and transmitter by Mobile Help

Mobile Help

Questo sistema sfrutta la tecnologia GPS per localizzare l'utente anche al di fuori dell'ambiente domestico. Di conseguenza il dispositivo portatile includerà anche uno speaker per poter comunicare con l'operatore ovunque, a prescindere dalla propria posizione rispetto alla propria abitazione.

Sull'installazione non vengono fornite informazioni particolarmente dettagliate, ma risulta evidente che il funzionamento dell'apparecchiatura è indipendente rispetto alla linea telefonica.

Le soluzioni disponibili comprendono comunque la possibilità di avere l'apparecchiatura tradizionale, basata sulla linea telefonica domestica.



Immagine 3.16. Carephone and transmitter by Rescue Alert

Rescue alert

La professionalità del supporto è garantita dalla certificazione EMD (Emergency Medical Dispatcher) della preparazione degli operatori. Inoltre è disponibile anche un servizio aggiuntivo di traduzione in 150 lingue.

I ricevitori hanno un raggio d'azione di 300 metri e hanno a disposizione fino a 90 ore di autonomia. Per maggiore sicurezza la qualità del segnale viene sottoposta a controlli periodici.

Per quanto riguarda il livello di carica del pendente, esso può essere controllato periodicamente in modo da evitare che al momento dell'emergenza sia scarico.

Se il cliente non disponesse di una linea telefonica fissa, è possibile fornire un ricevitore compatibile con connessioni mobili 3G.

Nel caso in cui ci sia il rischio da parte del cliente di incorrere in episodi di violenza domestica, il ricevitore può essere dotato di un apposito silenziatore che consente al cliente di chiamare con discrezione il centro di assistenza.

Il ricevitore può integrare ulteriori tecnologie accessorie, come il VoIP, qualora il cliente volesse usufruire di un tipo di comunicazione indipendente dalla linea telefonica, o il Line Grabber, che consente di contattare il centro di assistenza anche se la linea è occupata da un altro terminale all'interno della casa.

Il sistema fornisce anche un servizio chiamato RA Minders che permette all'utente di ricevere degli avvisi per ricordargli di prendere dei farmaci o effettuare altre operazioni funzionali al suo benessere. Per facilitare l'assunzione di medicinali Rescue Alert mette anche a disposizione un apposito distributore.



Immagine 3.17. Carephone by Beghelli

Telesalvavita Beghelli

All'interno di un'offerta molto variegata di prodotti, il gruppo Beghelli include anche alcune soluzioni finalizzate alla sicurezza dell'anziano.

La struttura del sistema presenta una configurazione piuttosto tradizionale comprendente un terminale collegato alla rete elettrica e a quella telefonica a cui possono essere collegati via radio uno o più dispositivi attivati dall'utente o in grado di rilevare automaticamente delle situazioni di pericolo, come delle perdite di gas.

Anche in questo caso il sistema mette a disposizione del cliente un servizio di assistenza, costituito da un centro SOS operativo 24 ore su 24. Alternativamente l'allarme viene indirizzato da un apposito combinatore verso un massimo di 8 numeri predefiniti dal cliente.



Immagine 3.18. Carephone by Intervox

Intervox Systems

Si tratta di un'azienda acquistata dal gruppo Legrand, di cui fa parte anche l'italiana BTicino

L'offerta dell'azienda integra il tradizionale terminale per la ricezione dei segnali d'allarme con una serie di prodotti e servizi aggiuntivi.

Il modello base può essere corredato con alcuni dei seguenti plug-in: modulo GPRS per la comunicazione tramite scheda SIM; moduli aggiuntivi per la comunicazione intercom; servizi di assistenza domiciliare tramite personale specializzato; servizi di localizzazione tramite badge RFID e appositi software; memorizzazione degli ultimi 500 eventi.

Oltre al terminale e alle numerose periferiche connesse ad esso, l'azienda fornisce un particolare prodotto interattivo dotato di un'interfaccia touch-screen tramite la quale l'anziano può accedere a una serie di servizi: video chiamate con medici, familiari, ecc.; agenda elettronica per utili promemoria; applicazioni per il brain-training; gestione della posta elettronica.

3.2.2. Rilevatori indossabili automatici

Il funzionamento di questi sistemi si basa su dei dispositivi indossabili che inviano automaticamente dei dati a un centro di elaborazione principale che tramite degli algoritmi è in grado di stabilire la condizione posturale del paziente.

Il sistema in questo caso presenta un livello tecnologico leggermente superiore, dovuto alla complessità del software di elaborazione più che alle componenti hardware. Infatti l'affidabilità del sistema è fortemente influenzata dall'efficacia dell'algoritmo che elabora i segnali rilevati da sensori passivi indossati costantemente dal paziente.

I sensori utilizzati sono di due tipi: sensori di accelerazione e di posizione. La complessità e l'efficacia dell'algoritmo determinano la scelta di utilizzo di uno dei due tipi di sensore, piuttosto che di entrambi. Infatti, soprattutto durante la fase sperimentale, utilizzando solo gli accelerometri occorre stabilire una soglia di rilevamento per distinguere la caduta dalle accelerazioni derivanti dalle attività quotidiane, che rischiano di causare dei falsi positivi. D'altra parte i giroscopi e altri sensori utili a misurare l'orientamento del corpo possono generare dei falsi negativi, qualora la posizione finale dopo la caduta non sia orizzontale. Di conseguenza per ottimizzare l'accuratezza del rilevamento è opportuno impiegare entrambe le categorie di sensori*.

Il sistema nel suo complesso presenta numerosi vantaggi quali i costi di installazione pressoché nulli, le dimensioni contenute, il monitoraggio simultaneo di più parametri, la possibilità di un utilizzo esterno all'ambiente domestico.

* Tratto da: "Accurate, Fast Fall Detection Using Gyroscopes and Accelerometer-Derived Posture Information", (si veda bibliografia)

Tuttavia la necessità di indossare permanentemente degli oggetti estranei che costituiscono un potenziale elemento di stigmatizzazione, può essere mal tollerata dall'utente.

Per questo motivo questo tipo di sistemi necessitano di una notevole attenzione nella progettazione della componente front-end affinché risulti quanto meno intrusiva possibile.

Installazione: Semplice e immediata, non richiede particolari competenze e può essere eseguita dall'utente stesso.

Economicità: Anche in questo caso, seppure il livello tecnologico è più elevato sotto certi aspetti, il fattore che incide maggiormente sul costo finale del sistema è l'abbonamento al servizio di assistenza.

Hardware: Dispositivi indossabili dotati di vari tipi di sensori, tra cui accelerometri e sensori di posizione che si interfacciano con dei centri di elaborazione dei dati programmati per individuare pattern anomali.

Periferiche: La maggior parte delle funzioni del sistema sono integrate nel dispositivo indossabile.

Portata: Variabile ma mediamente limitata all'ambiente domestico e ai suoi dintorni.

Alimentazione: Il terminale è allacciato alla rete elettrica domestica, mentre i dispositivi indossabili sono muniti di batteria.

Software: Oltre ai tradizionali protocolli di comunicazione il sistema si serve di algoritmi per l'elaborazione dei dati acquisiti, in modo da poter accuratamente individuare eventi anomali.

Servizi: Grazie alla varietà di dati acquisibili è possibile sfruttare questi sistemi per un'analisi completa della vita quotidiana dell'utente.

Intrusività del monitoraggio: I dispositivi indossabili monitorano costantemente i parametri dell'utente e li inviano con periodicità variabile ai caregiver. La necessità di essere osservati tramite un dispositivo indossato permanentemente, potrebbe essere mal tollerata dall'utente.

Intervento dell'utente: L'attivazione del segnale di allarme è affidata all'utente solo qualora sia in possesso delle sue facoltà psicofisiche.

Dati acquisiti: Il sistema può essere configurato in modo da poter estrapolare una grande varietà di informazioni sulla vita quotidiana dell'utente, ad esempio la quantità e la qualità del movimento, la dieta, il sonno, la temperatura corporea, ecc.

Vigi'Fall



Immagine 3.19. Il dispositivo adesivo Vigi'Fall

Installazione: Il terminale si collega alla rete telefonica domestica tramite cavo e il dispositivo di rilevamento viene applicato appena sotto al torace tramite un adesivo.

Economicità: I costi non vengono riportati sul sito internet dell'azienda.

Hardware: Il sistema si avvale del terminale prodotto dalla Intervox-Legrand per ricevere e inviare i segnali. Il dispositivo indossabile integra un accelerometro ed è a costante contatto con il corpo dell'utente grazie a una speciale pellicola adesiva. Il sistema necessita di una settimana per effettuare l'auto-calibrazione.

Periferiche: Oltre al sensore indossabile il sistema può essere dotato di sensori ambientali a infra rossi per ottenere maggiori informazioni riguardo agli spostamenti dell'utente e di rilevatori che controllano l'apertura e la chiusura delle porte.

Portata: Fino a un massimo di 60 m.

Alimentazione: Il terminale è allacciato alla rete elettrica domestica e dotato di una batteria di riserva di 48 ore, mentre i dispositivi indossabili sono alimentate a batteria.

Software: Oltre ai tradizionali protocolli di comunicazione il sistema si serve di algoritmi per l'elaborazione dei dati acquisiti, in modo da poter accuratamente individuare eventi anomali.

Servizi: Il sistema può essere impiegato sia in ambienti domiciliari privati che in istituti geriatrici; nell'eventualità di una caduta il paziente può scegliere se contattare solamente dei numeri privati o se avvalersi del centro di assistenza attivo 24 ore su 24.

Intrusività del monitoraggio: I dispositivi indossabili monitorano costantemente i parametri dell'utente

e li inviano con periodicità variabile ai caregiver. La necessità di essere osservati tramite un dispositivo indossato permanentemente, per di più a contatto tramite un adesivo, potrebbe essere mal tollerata dall'utente.

Intervento dell'utente: Il sistema è completamente automatico anche se in una delle brochure si accenna alla possibilità di ricorrere anche a un pulsante antipanico aggiuntivo.

Dati acquisiti: Il sistema è in grado di monitorare una grande varietà di dati relativi ai movimenti, gli spostamenti e la posizione dell'utente all'interno dell'ambiente domestico, oltre ai parametri vitali relativi all'attività cardiaca.

Non è chiaro se il sistema sia in grado di memorizzare questi dati o se essi vengano semplicemente inviati periodicamente al centro di monitoraggio, senza essere conservati.



Immagine 3.20. Panic Button by VoCare

VoCare

Installazione: È sufficiente che l'utente indossi il dispositivo dotato di pulsante antipanico. Sul sito non viene riportata

Economicità: I costi non vengono riportati sul sito internet dell'azienda.

Hardware: Dispositivo indossabile al polso o al collo, dotato di pulsante antipanico, geo-localizzatore e rilevatore automatico di caduta.

Periferiche: Oltre al sistema di tele-soccorso l'offerta dell'azienda comprende anche un tablet tramite il quale l'utente può usufruire di svariati servizi di tele-medicina e un telefono cellulare semplificato, che integra tele-soccorso e geo-localizzazione.

Portata: Non specificata ma presumibilmente ampia grazie alla funzione di geo-localizzazione.

Alimentazione: Il pulsante antipanico è provvisto di una batteria, la cui durata non viene specificata.

Software: Non specificati, anche se probabilmente il sistema si avvale dei tradizionali protocolli di comunicazione wireless e delle tecnologie GPS.

Servizi: Oltre al pulsante antipanico finalizzato al telesoccorso, il sistema comprende una serie di funzioni aggiuntive gestite tramite un tablet, le quali comprendono video-chiamate e messaggi per la tele-assistenza, gestione dei medicinali e strumenti di monitoraggio dei parametri vitali.

Intrusività del monitoraggio: Sul sito online vengono accennate molte opzioni di monitoraggio che tuttavia mancano di una descrizione dettagliata.

Per quanto riguarda il dispositivo indossabile, il fatto di dover indossare costantemente un oggetto potrebbe essere mal tollerato dall'utente.

Intervento dell'utente: L'attivazione del segnale di allarme è affidata all'utente solo qualora sia in possesso delle sue facoltà psicofisiche.

Dati acquisiti: La tecnologia impiegata per la rilevazione automatica della caduta non viene specificata; in ogni caso il dispositivo indossabile non sembra presentare alcuna funzione per la memorizzazione di dati relativi al movimento dell'utente. Al contrario le funzioni gestite tramite tablet consentono di acquisire una grande mole di informazioni utili per l'attività diagnostica.



Immagine 3.21. Stazione di ricarica del rilevatore di caduta

Numera

Installazione: Il dispositivo indossabile si interfaccia con qualunque altro tipo di sistema di tele-soccorso preesistente.

Economicità: I costi non vengono riportati sul sito internet dell'azienda.

Hardware: Il prodotto offerto per il telesoccorso consiste in un dispositivo indossabile al collo o alla vita dotato di sensori per la rilevazione automatica della caduta (2 accelerometri, giroscopio, magnetometro), tecnologia GPS per la localizzazione al di fuori dell'ambiente domestico, moduli GSM (2G) e

WCDMA (3G) per la trasmissione delle chiamate d'emergenza, speaker e microfono integrati, un pulsante antipanico nel caso in cui l'utente rimanga cosciente.

Periferiche: Oltre al sistema di tele-soccorso l'offerta dell'azienda comprende anche un terminale indipendente dal dispositivo indossabile, tramite il quale l'utente può usufruire di svariati servizi di tele-medicina.

Portata: Non specificata ma presumibilmente ampia grazie alla funzione di geo-localizzazione.

Alimentazione: I dispositivi indossabili sono muniti di batteria e stazione di ricarica.

Software: Il sistema adotta un protocollo bluetooth per la trasmissione locale dell'allarme dal dispositivo indossabile e dei protocolli GSM e 3G per la comunicazione con l'assistenza, mentre per la geo-localizzazione si serve di tecnologie GPS e AGPS.

Il software integrato nel dispositivo indossabile sfrutta un algoritmo ottimizzato per l'identificazione della caduta.

Servizi: L'azienda prevede un'evoluzione del dispositivo indossabile, che comprenderà delle funzioni per interfacciarsi con vari strumenti diagnostici e inviare i dati acquisiti allo staff medico.

Inoltre l'azienda offre già alcuni prodotti software finalizzati alle seguenti attività di tele-medicina: programmi per la visualizzazione in tempo reale dello stato di salute del paziente; interfacce per la gestione dei parametri auto-monitorati e caricati dall'utente su un apposito terminale; software di consulenza per l'acquisto di prodotti; applicazioni social.

Intrusività del monitoraggio: I dispositivi indossabili monitorano costantemente i parametri dell'utente. Nonostante la presenza di un pulsante antipanico manuale, la necessità di essere osservati tramite un dispositivo indossato permanentemente potrebbe essere mal tollerata dall'utente.

Intervento dell'utente: L'attivazione del segnale di allarme è affidata all'utente solo qualora sia in possesso delle sue facoltà psicofisiche.

Dati acquisiti: Il sistema può essere configurato in modo da poter estrapolare una grande varietà di informazioni sulla vita quotidiana dell'utente, soprattutto per quanto riguarda la quantità e la qualità del movimento.



Philips Lifeline

Philips ha introdotto nel mercato dei tradizionali allarmi attivati manualmente un prodotto che si differenzia rispetto ai competitori in quanto integra all'interno del pendente un accelerometro in grado di rilevare automaticamente il verificarsi della caduta, qualora l'utente non fosse in grado di premere il pulsante di allarme.

Il ricevitore è disponibile sia nel modello classico dotato di microfono, speaker, pulsante di allarme e batteria, che come telefono cordless da poter utilizzare per le necessità quotidiane.

L'installazione viene effettuata con l'aiuto di un tecnico per assicurarsi dell'effettivo funzionamento del sistema.

Oltre al monitoraggio delle cadute i sono offerti anche ulteriori servizi aggiuntivi, come l'assistenza per l'assunzione dei farmaci, speaker aggiuntivi per comunicare al meglio col centro operativo e key box per introdursi agevolmente in casa in caso di emergenza.

Immagine 3.22. Carephone and transmitter by Philips

Speedy

Lo Swiss Federal Institute of Technology ha sviluppato il prototipo di un sistema di allarme indossabile. La rilevazione della caduta avviene tramite un dispositivo indossato sul polso come un orologio, contenente un accelerometro a 3 assi.

La scelta del posizionamento del sensore ha permesso di rendere il sistema confortevole, discreto

ed ergonomico; allo stesso tempo è stato piuttosto complesso formulare un algoritmo che rilevasse efficacemente la caduta.

L'utilizzo di ulteriori sensori avrebbe risolto il problema, ma avrebbe reso più difficile la miniaturizzazione del dispositivo, e avrebbe incrementato il consumo di energia.

L'algoritmo presenta dunque un'approssimazione che gli consente di ottenere il miglior risultato a partire dai dati di accelerazione rilevati lungo i tre assi del movimento, mancando i parametri di rotazione che determinano l'orientamento dell'oggetto.

Quando il sensore rileva un'accelerazione verso il suolo, l'evento viene tenuto in considerazione solo se si verifica l'impatto entro 3 secondi. Se nei 60 secondi successivi, vengono registrati almeno 40 secondi di inattività, il dispositivo genera un segnale di allarme. L'utente ha quindi la possibilità di disattivare l'allarme tramite un pulsante posto sul dispositivo, se è in grado di alzarsi da solo, altrimenti l'allarme viene trasmessa tramite una connessione wireless al ricevitore che contatta immediatamente il centro di assistenza.

I componenti contenuti nel dispositivo sono i seguenti: 2 accelerometri a 3 assi (Analog Devices); un microcontroller (Texas Instrument); un tag RFID wireless; una batteria da 1000 Mah/3,6 V, che conferisce al dispositivo un'autonomia di una settimana, se non avvengono cadute che richiedono il consumo di energia necessario alla trasmissione del segnale (11 mA).

Per valutare l'affidabilità dei sensori e dell'algoritmo sono stati condotti dei test in cui un volontario simulava la caduta su di un materassino mentre indossava Speedy. La seguente tabella mostra i risultati ottenuti.

FALL	N°	VELOCITY	IMPACT	INACTIVITY	SUCCESS
forward	10	10	10	10	100%
backward	24	15	14	14	58%
sideways	11	7	5	5	45%
total	45	32	29	29	65,00%

Tabella 3.1. Risultati delle sperimentazioni effettuate per verificare la sensibilità di Speedy

I risultati del test differiscono a seconda del tipo di caduta. Una caduta laterale provoca una maggior difficoltà di rilevazione a causa della breve distanza dal suolo. La rilevazione delle cadute all'indietro invece è disturbata dal movimento delle mani in senso opposto alla caduta.

Per verificare la sensibilità del dispositivo ai falsi allarmi è stato indossato per 48 ore mentre il volontario svolgeva le sue normali attività quotidiane. Questa prova non ha portato alla rilevazione di nessun falso positivo.

Il dispositivo è ancora allo stato prototipale dati i problemi relativi all'affidabilità della rilevazione e al consumo di energia.

Tuttavia con dei test a lungo termine svolti in collaborazione con delle case di cura sarebbe possibile ottimizzare la calibrazione delle soglie di rilevazione dell'accelerazione.

Il consumo di energia potrebbe essere ridotto utilizzando accelerometri a basso consumo (60 μ W) e prevedendo una condizione di stand-by per il microcontroller durante i periodi di bassa attività

Sperimentazione con i sensori TEMPO

In questo studio del 2009 condotto dall'Università della Virginia in collaborazione col College of William and Mary sono stati effettuati dei test atti a dimostrare l'affidabilità dei dati ottenuti tramite l'applicazione dei sensori TEMPO 3.0 alla rilevazione dei fenomeni di caduta.

I sensori includono sia un giroscopio che un accelerometro, entrambi a tre assi; il fornitore dell'accelerometro è Freescale Semiconductor; la velocità angolare lungo i tre assi di rotazione è registrata tramite il funzionamento combinato di un giroscopio a due assi della InvenSense e di un giroscopio monoasse della Analog Devices.

La frequenza di campionamento del segnale è di 120 Hz, più che sufficiente per registrare il movimento umano.

I sensori sono controllati da un microcontrollore della Texas Instruments.

L'integrazione in un unico dispositivo sia dell'accelerometro che del giroscopio consente di minimizzare la complessità degli algoritmi necessaria per l'elaborazione dei dati e velocizzare così la risposta del sistema. Questa soluzione prevede la distinzione tra due fasi dell'attività: la postura statica e la transizione dinamica. All'interno della prima sono state individuate le seguenti categorie: posizione eretta, chinata, seduta, distesa. Nella seconda sono compresi tutti i movimenti di passaggio tra una posizione e l'altra. Misurando sia l'accelerazione lineare che la velocità angolare di questi movimenti è possibile dedurre l'effettiva intenzionalità.

I sensori sono stati posizionati sul petto e su una gamba di ciascuno dei 4 soggetti scelti per effettuare il test. 3 dei soggetti hanno simulato delle attività quotidiane, delle cadute e delle azioni potenzialmente registrabili come falsi positivi. Un unico soggetto invece si è dedicato a testare la rilevazione delle posizioni statiche.

Per elaborare un efficace algoritmo di elaborazione è stato necessario scomporre la procedura di analisi del movimento in tre componenti: intensità dell'attività, postura, spostamento.

L'algoritmo consente di determinare se la condizione del del paziente sia dinamica o statica; nel caso in cui non sia rilevato alcun movimento, viene analizzata la postura del corpo. Se dall'analisi risulta che il paziente si trova in posizione distesa, allora viene esaminata l'effettiva intenzionalità dei movimenti che nei 5 secondi precedenti hanno portato a quella posizione. Se i movimenti registrati risultano involontari, viene segnalata la caduta.

Adamo wristwatch



Immagine 3.23. Dispositivo indossabile realizzato da Caretek

Adamo è un progetto sviluppato dalla Caretek in collaborazione con la fondazione Torino Wireless e l'Istituto Superiore Mario Boella.

Il sistema è costituito da due componenti: un dispositivo indossabile simile a un orologio da polso che integra al suo interno un pulsante anti-panico e una serie di sensori per il monitoraggio costante di alcuni parametri utili a determinare lo stato del paziente (temperatura, luminosità, accelerazione); una stazione base installata in casa che riceve i segnali dal dispositivo e li invia a un centro servizi attivo 24 ore su 24, oppure a un numero privato scelto dall'utente.

Il sistema consente all'utente di avvalersi di due tipi di servizio, previa registrazione su un apposito portale internet: la tele-assistenza e il tele-monitoraggio. Qualora si verifichi un evento avverso la combinazione di questi due servizi permette all'utente di essere soccorso anche nel caso in cui non fosse in grado di premere il pulsante anti-panico. Infatti i sensori integrati nel dispositivo indossabile inviano periodicamente i dati al centro assistenza e sono in grado di individuare in qualunque momento delle situazioni anomale (cadute seguite da immobilità, immobilità sospette, disagio termico).

In questo modo l'orologio genera lo stato di allarme che viene ricevuto dalla stazione base, programmata per chiamare in vivavoce il centro assistenza o dei numeri telefonici privati scelti dall'utente.

3.2.3. Rilevatori ambientali vision-based

Questi sistemi prevedono un monitoraggio costante del movimento attraverso una serie di dispositivi ottici, atti ad acquisire delle immagini che vengono appositamente elaborate in modo da estrapolare soltanto le informazioni strettamente necessarie alla valutazione posturale del paziente, senza invaderne la privacy. Anche in questo caso il sistema sfrutta degli algoritmi di elaborazione: rilevazione di movimento, analisi della postura, tracciamento 3D dei movimenti della testa, ecc.

I sistemi risultano molto accurati, ma meno economici a causa sia del maggiore livello tecnologico che dei

costi di installazione e manutenzione.

Inoltre anche in questo caso il paziente spesso manifesta delle resistenze nell'accettazione della presenza di una tecnologia di questo tipo all'interno dell'ambiente domestico.

Installazione: Nella maggior parte dei casi si tratta di sistemi che richiedono una certa competenza tecnica per poter essere installati correttamente.

Economicità: Anche se non vi sono sul mercato esempi acquistabili, è ipotizzabile che il prezzo per questo tipo di sistemi possa essere piuttosto alto, data la complessità delle tecnologie impiegate.

Hardware: Sensori ottici di varia natura che inviano i dati a un apposito centro di elaborazione dei dati.

Periferiche: I sistemi sviluppati fino ad ora non presentano ulteriori funzionalità integrabili con la rilevazione della caduta.

Portata: Limitata al raggio d'azione dell'ottica del sensore. Solitamente i sensori impiegati non riescono a coprire più di una stanza.

Alimentazione: Solitamente il sistema utilizza la rete elettrica fissa.

Software: Oltre ai tradizionali protocolli di comunicazione il sistema si serve di algoritmi per l'elaborazione dei dati acquisiti, in modo da poter accuratamente individuare eventi anomali.

Servizi: L'offerta di tali sistemi si concentra prevalentemente sulla rilevazione della caduta e sull'analisi del movimento.

Intrusività del monitoraggio: Rispetto a un dispositivo indossabile il sistema risulta meno invasivo da un punto di vista pratico. Tuttavia il monitoraggio costante tramite sensori finalizzati all'acquisizione di immagini può essere mal tollerato a livello psicologico, anche se l'immagine viene elaborata in modo da trasmettere esclusivamente le informazioni relative alla potenziale caduta.

Intervento dell'utente: Il sistema è totalmente passivo e non necessita di alcuna interazione con l'utente.

Dati acquisiti: L'analisi delle immagini acquisite può essere condotta con appositi algoritmi che oltre a individuare la caduta consentono di estrapolare utili informazioni relative allo svolgimento delle attività quotidiane.

*"An intelligent camera for the healthcare"**



Immagine 3.24. Progetto di uno studente della Delft University of Technology

Installazione: La videocamera viene installata sul soffitto.

Economicità: Essendo un progetto di laurea, il costo del prodotto non è esplicitato, ma è ipotizzabile che sia maggiore rispetto a quello di altre soluzioni per la rilevazione delle cadute.

Hardware: Il monitoraggio delle attività quotidiane dell'utente è attuato tramite una videocamera che grazie a un'ottica fisheye è in grado di acquisire le immagini di un'intera stanza dal soffitto.

Periferiche: Il sistema non presenta ulteriori funzionalità integrabili con la rilevazione della caduta.

Portata: La videocamera è in grado di coprire un'area estesa quanto una stanza di un appartamento medio.

Alimentazione: Il sistema utilizza la rete elettrica fissa.

Software: L'algoritmo utilizzato dal sistema è in grado di analizzare i movimenti che vengono catturati dalla videocamera in modo da distinguere l'utente dal resto dell'ambiente (Mixture of Gaussians). Una volta che il sistema rileva la presenza dell'utente nella stanza, la situazione di pericolo può essere associata sia a una condizione di immobilità prolungata, che a delle azioni potenzialmente rischiose.

Servizi: Il sistema non include servizi aggiuntivi oltre alla rilevazione della caduta e l'analisi del movimento.

Intrusività del monitoraggio: Il monitoraggio costante tramite sensori finalizzati all'acquisizione di immagini viene spesso considerato invasivo dagli utenti, anche se l'immagine viene elaborata in modo da trasmettere esclusivamente le informazioni relative alla potenziale caduta.

* Master Thesis by A.J.J. Aertssen, supervisors: M. Rudinac, Prof.dr.ir. P. Jonker; Delft University of Technology

Intervento dell'utente: Il sistema è totalmente passivo e non necessita di alcuna interazione con l'utente.
 Dati acquisiti: Per rilevare efficacemente la caduta è necessaria un'approfondita analisi delle variazioni del movimento dell'utente, in modo da poter distinguere e classificare le azioni tipiche.

Tramite una serie di test sperimentali, il sistema ha dimostrato di poter rilevare diversi tipi di azioni oltre alla caduta: camminare, chinarsi, aprire porte e simili, sedersi, mangiare, ecc.

Tutti i dati necessari per conseguire questo obiettivo possono essere conservati per future analisi di tipo diagnostico.

Rilevatori tramite Kinect

Installazione: Nella maggior parte degli esperimenti utili a studiare il sistema è stato impiegato un unico sensore Kinect per un intero appartamento, spesso montato vicino al soffitto per massimizzare lo spazio visualizzato e minimizzare l'intrusività. In una applicazione reale potrebbe essere necessario un numero maggiore di sensori, distribuiti nell'ambiente domestico.

Economicità: Il prezzo del sensore Kinect riportato su microsoftstore.com è di circa 150 €

Hardware: Il Microsoft Kinect integra al suo interno diversi tipi di sensori, che possono cambiare leggermente a seconda del modello utilizzato (per Xbox 360 o Windows) tra cui una videocamera RGB con risoluzione configurabile, 4 microfoni in grado di individuare la sorgente delle onde sonore, un accelerometro a 3 assi per stabilire la posizione del sensore, un insieme di emettitori e sensori a infrarossi tramite i quali è possibile mappare le variazioni di profondità dell'immagine (depth image), con una frequenza di 30 frame al secondo che permette al sistema di non essere influenzato dalla luce visibile. Per poter essere visualizzati i dati vengono trasmessi dal sensore a un computer munito di un apposito software di elaborazione delle immagini acquisite.

Periferiche: La maggior parte dei sistemi sviluppati si avvalgono soltanto del sensore Kinect.

Portata: L'area coperta dal sensore si estende per circa 2 metri di profondità, con una larghezza di più di 3,5 metri. Nelle applicazioni ludiche è consigliabile sgombrare lo spazio da qualsiasi oggetto estraneo per permettere il riconoscimento ottimale del corpo dei giocatori.

Alimentazione: Il sistema utilizza la rete elettrica fissa.

Software: La piattaforma è dotata di un apposito Software Development Kit (SDK) la cui funzione è quella di individuare e distinguere la presenza di persone all'interno della mappa di profondità ottenuta e adattare uno scheletro virtuale al corpo umano reale che si trova nel raggio d'azione del sensore. Questo strumento software integrato è stato spesso integrato con ulteriori algoritmi appositamente sviluppati per l'individuazione accurata degli incidenti legati alla caduta.

Servizi: Il sistema non include servizi aggiuntivi oltre alla rilevazione della caduta e l'analisi del movimento.

Intrusività del monitoraggio: Il sistema può essere configurato in maniera tale da estrapolare soltanto le informazioni necessarie all'analisi biomeccanica, senza violare la privacy dell'utente. Nonostante questi espedienti per contenere l'intrusività del sistema, alcuni utenti potrebbero continuare a sentirsi a disagio per la presenza di un oggetto estraneo nell'ambiente domestico.

Intervento dell'utente: Il sistema è totalmente passivo e non necessita di alcuna interazione con l'utente.

Dati acquisiti: L'analisi dei parametri biomeccanici acquisiti permette di stabilire con accuratezza l'effettivo livello di fragilità nei pazienti a rischio di caduta. La possibilità di monitorare costantemente il paziente nell'ambiente dove svolge le sue attività quotidiane e non in uno spazio artificiale ricreato in laboratorio, incrementa la validità dei dati necessari all'elaborazione delle diagnosi.

*Method and device for fall prevention and detection **

Per effettuare il monitoraggio ambientale il sistema si serve di un sensore ottico intelligente che elabora le immagini acquisite tramite una fotocamera digitale

L'algoritmica del processore prevede un sistema per distinguere se il paziente sta entrando o sta uscendo

* Si veda brevetto riportato in bibliografia

dal letto. Una volta che è stata rilevata la presenza del paziente all'infuori del letto, viene effettuata un'analisi dell'immagine in 2 fasi per determinare l'effettivo stato di pericolo del paziente: il riconoscimento della figura al suolo che elabora i parametri di percentuale di pavimento occupata dal corpo, inclinazione del corpo e lunghezza apparente percepita dal sensore; l'indagine sulle modalità di caduta che vengono stabilite in base alle grandezze fisiche di velocità e accelerazione.

Caratteristiche del sistema: sensore Argus CT-100, si occupa di catturare ed elaborare l'immagine; 8 MB SDRAM + 2MB flash memory.

Fotocamera: cono ottico, 116 gradi in orizzontale x 85 gradi in verticale; lunghezza focale di 2,5 mm.

Prima che il sistema possa essere utilizzato è opportuno effettuare alcuni test preventivi che permettano la calibrazione delle coordinate del sistema in modo tale da evitare gli eventuali falsi positivi in cui l'apparato algoritmico del sensore potrebbe incorrere.

La fotocamera acquisisce un'immagine statica su cui effettuare il procedimento di calibrazione che consiste nella trasformazione delle coordinate che corrispondono allo spazio della stanza nelle coordinate bidimensionali che corrispondono ai pixels dell'immagine.

Il pretrattamento a cui viene sottoposta l'immagine consente di ottenere un modello del movimento dell'oggetto o della persona che cade nella porzione di spazio analizzata. Grazie a questo modello è possibile calcolare quali siano gli insiemi di pixel dell'immagine corrispondenti all'oggetto interessato.

Questo metodo di elaborazione, applicato a una serie di frame che costituiscono il filmato della stanza, consente di distinguere nell'immagine una porzione statica ("background") e una che è interessata dal movimento dell'oggetto ("foreground")

Per ottimizzare il procedimento di individuazione dell'area interessata dal movimento il sistema implementa una serie di algoritmi.

Algoritmo di rilevazione delle interferenze e dei falsi positivi: consente di escludere dalla rilevazione tutti quegli oggetti che occupano un'area troppo piccola nell'immagine per poter essere confusi dal sensore con l'utente, e tutti gli oggetti che si muovono in una zona della stanza lontana da quella interessata dalla rilevazione.

Algoritmo per il calcolo percentuale dei pixel corrispondenti al pavimento

Algoritmo per il calcolo dell'angolo tra la direzione del corpo e l'asse Y del sistema di riferimento: l'ampiezza dell'angolo calcolato è inversamente proporzionale alla probabilità che il paziente si trovi in posizione eretta. L'algoritmo inoltre permette di ricavare la posizione del corpo rispetto alle coordinate della stanza

Algoritmo per il calcolo della distanza apparente testa – piedi: consente di distinguere la condizione eretta o distesa dell'utente a seconda della distanza rilevata nelle coordinate planari del pavimento tra gli estremi del volume occupato dal corpo.

Algoritmo di rilevamento della caduta: consente di determinare l'effettivo verificarsi della caduta attraverso il calcolo delle velocità del centro di massa dell'utente durante la caduta libera. A seconda della distanza del paziente dal sensore il risultato necessita di un processo di normalizzazione.

Algoritmo "immagine precedente": consente di distinguere tra oggetti veloci e lenti attraverso la sovrapposizione di frame successivi

Algoritmo per il calcolo percentuale della porzione di suolo occupata dall'utente: si basa sull'individuazione di una linea limite sotto alla quale il corpo viene considerato disteso

3.2.4. Rilevatori ambientali a pavimento

Il funzionamento di questi dispositivi è totalmente passivo e si basa su tutti quei dispositivi in grado di rilevare le sollecitazioni esercitate sul pavimento dal paziente durante lo svolgimento delle attività quotidiane. Attraverso delle opportune fasi di elaborazione dei dati è possibile isolare all'interno del segnale acquisito dei pattern che permettono di riconoscere eventuali eventi avversi.

Se opportunamente amplificati e calibrati a seconda delle condizioni di rilevazione, i sensori utilizzati raggiungono elevati livelli di risoluzione e accuratezza, in modo da evitare falsi positivi e garantire l'affidabilità del monitoraggio.

La qualità dei dati acquisiti può essere migliorata fino a rendere questi sistemi adatti per applicazioni di analisi del movimento.

Installazione: Il livello di difficoltà delle procedure di installazione cambia a seconda della struttura del sistema. Generalmente i sensori vengono distribuiti sul pavimento, ma alcune applicazioni possono prevedere un posizionamento a parete o anche a soffitto.

Economicità: Anche il costo è fortemente variabile a seconda della soluzione tecnologica scelta.

Hardware: Oltre ai dispositivi di elaborazione e comunicazione dei segnali, la struttura del sistema solitamente comprende un'insieme di sensori che rilevano varie sollecitazioni (pressioni, vibrazioni, microtremori, ecc.) a cui è tipicamente sottoposto il pavimento durante lo svolgimento di determinate attività o a causa di eventi avversi. Le soluzioni tecnologiche di cui il sistema può avvalersi per rilevare queste sollecitazioni sono varie: bobina a induzione magnetica; riflessione di raggi laser; frequenze radio; Risonanza plasmonica di superficie; radar Doppler; variazioni di luce dovuti a luminescenza; trasduttori di vibrazioni e microtremori.

Altri sistemi invece invece si avvalgono di sensori passivi a infrarossi per rilevare i movimenti del paziente nell'ambiente.

Periferiche: La struttura del sistema generalmente non prevede ulteriori dispositivi oltre a quelli finalizzati al rilevamento della caduta.

Portata: È molto variabile a seconda della qualità e della quantità dei sensori impiegati. L'obiettivo è quello di ottimizzare il rapporto tra le risorse impiegate e la risoluzione del dato acquisito.

Alimentazione: Poiché la maggior parte dei sensori utilizzati sono passivi il sistema complessivamente presenta un basso consumo energetico.

Software: Oltre ai tradizionali protocolli di comunicazione il sistema si serve di algoritmi per l'elaborazione dei dati acquisiti, in modo da poter accuratamente individuare eventi anomali.

Servizi: L'offerta di tali sistemi si concentra prevalentemente sulla rilevazione della caduta e sull'analisi del movimento.

Intrusività del monitoraggio: La modalità di acquisizione dei dati consente di ottenere un buon compromesso tra continuità del monitoraggio e accettazione da parte dell'utente.

Intervento dell'utente: Il sistema è totalmente passivo e non necessita di alcuna interazione con l'utente.

Dati acquisiti: L'analisi dei dati acquisiti può essere condotta con algoritmi dedicati che oltre a individuare la caduta consentono di estrapolare utili informazioni relative alla qualità del movimento dell'utente.

"Fall detection of elderly through floor vibration and sound"

Installazione: L'accelerometro e il microfono che compongono il sistema devono essere posizionati sul pavimento nell'angolo di una stanza per poter percepire le vibrazioni generate dalle attività nella stanza stessa.

Economicità: Il costo dell'invenzione non viene specificato, ma è comunque ipotizzabile un costo contenuto per la componentistica hardware.

Hardware: I sensori utilizzati includono un accelerometro prodotto dalla Crossbow e un microfono amplificato di dimensioni molto contenute. I segnali acquisiti dai sensori vengono campionati a 16 kHz da un dispositivo di acquisizione dati della National Instruments che li trasmette tramite USB a un computer dove vengono elaborati.

Periferiche: La struttura del sistema non prevede ulteriori dispositivi oltre a quelli finalizzati al rilevamento della caduta.

Portata: Le simulazioni sperimentali sono state condotte a distanze variabili tra i 2 e i 5 metri.

Alimentazione: I dispositivi che compongono il sistema devono essere allacciati alla rete elettrica domestica.

Software: Un computer processa il segnale tramite un algoritmo in grado di classificare gli eventi in base all'energia generata. In questo modo il pattern generato dalla caduta di una persona può essere discriminato da quello generato da altri eventi.

Il processo di rilevazione è suddiviso in due fasi distinte e che vengono eseguite per lo più parallelamente. Il training è eseguito sui dati registrati durante delle prove sperimentali che permettono di avere dei pattern di confronto; il testing utilizza i segnali acquisiti dai sensori in tempo reale. Il rilevamento di eventi sospetti avviene tramite il calcolo dell'energia sviluppata dalle vibrazioni a intervalli regolari di tempo (Event detection ed Event segmentation). La classificazione di un evento all'interno delle due categorie "human fall" o "object fall" (Event classification), dipende dalle caratteristiche dell'evento rilevato che vengono estrapolate nella cosiddetta fase di "feature extraction".

Servizi: L'offerta di tali sistemi si concentra prevalentemente sulla rilevazione della caduta e sull'analisi del movimento.

Intrusività del monitoraggio: La modalità di acquisizione dei dati consente di ottenere un buon compromesso tra continuità del monitoraggio e accettazione da parte dell'utente.

Intervento dell'utente: Il sistema è totalmente passivo e non necessita di alcuna interazione con l'utente.

Dati acquisiti: L'analisi dei dati acquisiti può essere condotta con appositi algoritmi che oltre a individuare la caduta consentono di estrapolare utili informazioni relative alla qualità del movimento dell'utente.

Care Innovations, Quiet Care



Immagine 3.25. Sistema di sensori e software di gestione dei dati

Installazione: Viene effettuata da un tecnico, dato che in questo caso i sensori sono fissati a parete.

Economicità: I costi per questo specifico sistema offerto non vengono riportati sul sito internet dell'azienda.

Hardware: Il sistema si serve di una rete wireless di sensori (WSN) che sfruttano la tecnologia passiva a infrarossi per monitorare i movimenti del paziente all'interno dell'ambiente. I singoli sensori trasmettono i segnali a un modulo di ricezione principale, che a sua volta è collegato con un server centrale di elaborazione.

Periferiche: Il sistema non prevede ulteriori funzioni oltre al monitoraggio del movimento, anche se potenzialmente potrebbe integrare numerose tipologie di sensori.

Portata: Dipende dal numero e dalla distribuzione dei sensori impiegati. Per lo più corrisponde all'area media di un appartamento.

Alimentazione: Il sistema deve essere collegato alla rete elettrica fissa.

Software: I dati rilevati dai sensori a infrarossi vengono inviati a un server di elaborazione e registrazione dei dati, che è in grado di "riconoscere" i pattern tipici degli spostamenti dell'utente. L'accesso al server può essere effettuato da qualsiasi dispositivo dotato di connessione internet e permette di consultare la situazione complessiva rilevata nel corso del tempo dal sistema, in modo da poter eventualmente individuare cambiamenti nei pattern abituali o situazioni critiche potenzialmente rischiose. Il protocollo di comunicazione per la trasmissione del segnale locale all'interno della rete domestica è ZigBee, che rende il sistema flessibile e scalabile.

Servizi: Essendo un sistema particolarmente adatto per i centri assistenziali residenziali, può essere integrato con ulteriori servizi legati all'assistenza del paziente tramite personale specializzato.

Intrusività del monitoraggio: Il sistema permette di monitorare gli spostamenti quotidiani dell'utente all'interno dello spazio domestico, mantenendo completamente inviolata la sua privacy.

Intervento dell'utente: Il sistema è completamente passivo e non richiede alcun intervento da parte dell'utente.

Dati acquisiti: Riguardano gli spostamenti del paziente e possono essere facilmente interpretati dallo staff medico per controllare le abitudini del paziente senza un intervento troppo invasivo.

"A smart and passive floor-vibration based fall detector for elderly"

Il sistema è costituito da un oscillatore che trasmette le vibrazioni del pavimento a un sensore

piezoelettrico, da un processore alimentato a batteria che elabora le variazioni di potenziale generate dal sensore e attiva un segnale di allarme e da un dispositivo wireless che trasmette l'allarme a un apposito centro di assistenza.

I pattern di frequenza delle vibrazioni devono essere pre-processati in modo da poter distinguere le attività quotidiane e i movimenti innocui dalle cadute realmente dannose per l'utente.

Le fasi del processo di rilevazione sono le seguenti: il dispositivo sensorizzato traccia tramite un monitoraggio costante le variazioni presenti nel pattern di vibrazione; quando avviene una caduta il segnale ricevuto viene elaborato e confrontato con il pattern che identifica la caduta di un essere umano; l'allarme viene attivato tramite wireless e le unità di intervento medico vengono tempestivamente contattate.

Per valutare l'attendibilità della rilevazione sono stati condotti dei test tramite dei manichini (Hybrid-III) antropomorfi tramite i quali sono state simulate delle cadute, i cui pattern sono stati confrontati con i pattern generati dalla caduta di oggetti in condizioni analoghe ai manichini.

Le cadute sono state effettuate a distanze variabili tra circa mezzo metro e 6 metri, in modo da verificare la variazione di accuratezza nel raggio d'azione di una stanza media.

Il 100% delle 20 cadute simulate con Hybrid-III sono state rilevate, con una leggera riduzione del raggio d'azione sul pavimento senza rivestimento in linoleum, mentre le simulazioni condotte con gli oggetti non hanno generato alcun falso positivo, a prescindere dal tipo di pavimento su cui sono state condotte le prove.

*"Active floor mat to monitor sick person"***

Il sistema si basa su una serie di sensori di pressione divisi in elementi modulari che vengono installati a pavimento e possono essere integrati con altri dispositivi di rilevazione.

A seconda della sensibilità dei sensori il sistema è in grado di rilevare la sola caduta del paziente o anche la sua presenza nell'area interessata.

In particolare la pressione determinata dalle forze applicate a pavimento viene associata alla variazione di capacità elettrica rilevata all'interno di un dipolo in cui il dielettrico è compreso tra due strati di materiale estremamente flessibile e quindi adatto a fungere da elemento sensibile alle deformazioni.

Il sensore di prossimità sfrutta invece un metodo di rilevamento basato sul movimento delle cariche elettriche all'interno dello strato conduttivo dei singoli moduli che quasi sempre costituisce il 50% della superficie coperta dal sistema.

Gli strumenti di computing permettono di rilevare la deformazione del capacitore quando è sottoposto a pressione e il trasferimento di carica correlato alla presenza dell'utente

Ogni singolo modulo è connesso con gli altri in modo da formare una rete di trasmissione dei dati governata da un'unità di controllo centralizzata che fornisce energia e smista le informazioni attraverso un apposito circuito cablato contenuto in apposite canaline tra una fila di moduli e la successiva.

Il sistema è dotato di appositi strumenti di comunicazione e dall'unità di controllo centralizzata addetti all'invio di informazioni codificate a seconda del modulo specifico che rileva il segnale

L'unità di controllo centralizzata è in grado di disconnettere o ricalibrare ciascun modulo a seconda delle necessità ed è addetta alla generazione del segnale di output per il monitoraggio del paziente o per l'eventuale allertamento dello staff medico in caso di caduta.

La realizzazione dei singoli moduli deve essere ottimizzata in modo da impiegare materiali facilmente reperibili e componenti elettroniche in minimo numero. Per questo motivo ad esempio la doppia funzione di rilevazione delle cadute e della presenza dell'utente viene affidata a un unico capacitore.

3.3. Sicurezza

Vengono riportate di seguito le principali funzioni svolte dai sistemi di Ambient Intelligence finalizzate all'incremento della sicurezza domestica del paziente e alla protezione da minacce esterne.

* Si veda brevetto riportato in bibliografia

Spesso queste funzioni vengono integrate all'interno dell'ambiente domestico attraverso un sistema di molteplici dispositivi, ciascuno specializzato in una funzione. Sarebbe invece interessante sviluppare una soluzione che combinasse più funzioni in un unico dispositivo.

Sistemi antincendio

Si tratta di sistemi dotati di appositi sensori di luce e calore: in particolare vengono impiegati LDR (Light Dependent Resistors) e termistori il cui principio di funzionamento si basa sulla diminuzione della resistenza qualora vengano rilevate delle variazioni di luce e/o temperatura. Qualora il voltaggio associato a questi due parametri superi un determinato limite un segnale di interrupt provvede immediatamente a istruire il modulo GSM affinché invii un messaggio a un destinatario prestabilito sotto forma di sms e poi di email. È proprio questo messaggio ad attivare l'allarme che segnala la presenza di un incendio all'interno dell'ambiente domestico. L'allarme può essere inviato anche su un telefono cellulare, ovunque si trovi il padrone di casa, in modo da poter eventualmente attivare un dispositivo atto ad estinguere l'incendio.

Sistemi antintrusione

Un sistema simile, dotato di sensori fotosensibili o di altro tipo, potrebbe essere impiegato per segnalare al padrone di casa l'intrusione di estranei.

Controllo dei visitatori

All'interno dell'ambiente domestico viene installato un sistema di monitor presenti in ogni stanza sulla quale è possibile visualizzare e identificare l'ospite al suo arrivo. Non appena il padrone di casa apre la porta al visitatore, un segnale di interrupt attiva il timer incorporato nel sistema che permette di registrare l'ora e la data di arrivo, che vengono conservati in una apposita unità di memorizzazione dei dati.

3.4. Health and Activity monitoring

Sul mercato sono presenti anche numerosi prodotti le cui funzionalità sono finalizzate al monitoraggio di parametri legati alla condizione di salute complessiva dell'utente: segnali vitali, facoltà motorie, deambulazione, qualità dell'attività quotidiana, ecc.

I prodotti presenti sul mercato adottano i principi degli strumenti diagnostici impiegati nel settore sanitario, con un forte riadattamento del front end alle esigenze di un pubblico non necessariamente affetto da disturbi patologici. Gli utenti a cui sono indirizzati questi prodotti possono anche essere persone totalmente autosufficienti il cui scopo è quello di monitorare alcuni parametri psicofisici in modo da valutare il proprio stile di vita.

D'altronde non è necessario soffrire di obesità per usare una bilancia e per questo il mercato mette a disposizione di un numero sempre maggiore di persone una vasta gamma di dispositivi per lo più indossabili in grado di raccogliere ed elaborare dati fisiologici.



Larklife

Il prodotto consiste in un braccialetto con unico pulsante in grado di connettersi all'iPhone via Bluetooth, senza bisogno di essere configurato da un computer. L'utente visualizza i dati tramite l'apposita applicazione. Il prodotto è progettato per monitorare l'utente sia di giorno che di notte, valutando la qualità dell'attività motoria, della dieta e del sonno.

Immagine 3.26. Braccialetto Larklife



Immagine 3.27. Braccialetto Nike+

Nike+ Fuelband

Il braccialetto si interfaccia con un account Nike+ e non necessita di un iPhone per poter essere utilizzato. Si configura tramite un apposito software scaricabile dal sito Nikeplus.com, che deve essere installato sul computer. Il dispositivo è specializzato nel monitoraggio dell'attività fisica e non include funzionalità legate ad altre attività quotidiane come mangiare e dormire. Tutte le informazioni elaborate possono essere lette dall'utente direttamente sul display LED di cui è dotato il dispositivo.



Immagine 3.28. Braccialetto Jawbone

Jawbone UP

Il braccialetto da polso tiene traccia dei movimenti e del riposo notturno. L'applicazione visualizza i dati, consente di aggiungere articoli come alimenti, umore, di configurare un allarme di inattività dopo un periodo di tempo scelto dall'utente e offre spunti che mantengono alta la motivazione dell'utente ad avere uno stile di vita sano.

I risultati possono essere visualizzati solo tramite l'App per smartphone con cui il dispositivo si sincronizza tramite un connettore jack incorporato.



Immagine 3.29. Braccialetto Fitbit

Fitbit

L'azienda offre un'ampia gamma di prodotti con diverse caratteristiche. La maggior parte sono dispositivi indossabili per il monitoraggio dell'attività motoria e di altri parametri legati alla qualità dello stile di vita: qualità del sonno, abitudini alimentari, battito cardiaco, pressione sanguigna, glicemia. I dati registrati dai dispositivi vengono caricati tramite una connessione wireless su un portale online, al quale l'utente accede tramite un account in modo da poter consultare tutti i dati registrati. Alcuni dispositivi dispongono di display in modo da dare la possibilità all'utente di visualizzare i dati senza bisogno di connettersi a internet tramite computer o smartphone.



Immagine 3.30. G-Walk, dispositivo per il telemonitoraggio della deambulazione

BTS Bioengineering

L'azienda è specializzata nell'analisi dell'andatura e del movimento, finalizzata ad applicazioni professionali nel settore sportivo e sanitario.

L'offerta dell'azienda comprende sia dispositivi indossabili che piattaforme stabilo-metriche fisse.

Per soddisfare le esigenze di un utenza costituita da professionisti e specialisti della riabilitazione (medici, fisioterapisti, ecc.), i prodotti presentano delle performance molto elevate. I dati registrati necessitano infatti di un grado di accuratezza e complessità maggiore rispetto ai tradizionali dispositivi di monitoraggio dell'attività quotidiana rivolti agli utenti medi.



Immagine 3.31. Pedometro sportivo

Omron

Oltre a svariati altri settori questa grande azienda si occupa della produzione di dispositivi per il monitoraggio di svariati parametri fisiologici.

I prodotti finalizzati a questa applicazione sono sviluppati dalla divisione Omron Healthcare, mentre Omron Fitness è ulteriormente specializzata nella produzione di pedometri.

4. IL PERCORSO PROGETTUALE

4.1. I requisiti del sistema in base a tecnologia e usabilità

Seguendo un approccio User Oriented come quello descritto nel capitolo 1, il principio che ha guidato il progetto fin dall'inizio è stato quello di bilanciare opportunamente il contenuto tecnologico con l'usabilità del sistema.

Le necessità che il sistema avrebbe dovuto soddisfare per essere tollerato dall'anziano sono state individuate tramite l'analisi iniziale dell'utenza condotta tramite le interviste.

In seguito è stata effettuata la sperimentazione tecnologica con simulazioni per verificare la corrispondenza tra le necessità individuate e le prestazioni del sistema prototipato.

4.1.1. Individuazione del target

Le caratteristiche eterogenee riportate nei grafici relativi ai singoli utenti sono state sintetizzate in due grafici riassuntivi da cui è possibile estrapolare le caratteristiche degli utenti tipici a cui è rivolto il sistema. I due modelli così ottenuti consentono di acquisire una visione più omogenea e precisa delle necessità che il sistema deve soddisfare.

È bene precisare che alcuni utenti pur appartenendo a una delle due categorie descritte dai grafici presentano comunque delle caratteristiche che si discostano molto dai modelli individuati, al punto da risultare poco adatti a usufruire del sistema.



Grafico 4.1. Modello tipico di anziano autonomo

Anziani autonomi

Gli utenti appartenenti a questa categoria sono complessivamente in grado di svolgere la maggior parte delle attività quotidiane autonomamente. Una adeguata capacità critica consente loro di individuare eventuali principi di decadimento di alcune facoltà psicofisiche che potrebbero compromettere la loro autonomia.

Per mantenere la condizione di benessere in cui si trovano dunque sono disposti ad accettare degli ausili di supporto all'autonomia, che non vengono considerati negativamente come dei simboli stigmatizzanti o degli oggetti intrusivi, ma vengono accettati e tollerati in quanto strumenti che garantiscono un livello sufficiente di sicurezza per non incorrere in una serie di rischi potenzialmente traumatici.

Anche qualora dovessero verificarsi degli episodi traumatici dovuti a condizioni esterne particolarmente sfavorevoli, questi utenti nella maggior parte dei casi continuano a essere sostenuti dalla loro lucidità mentale che consente loro di accettare ragionevolmente la loro obiettiva necessità di aiuto.

Il modello che rappresenta al meglio le caratteristiche di questa categoria è il seguente.

Stabilità: le facoltà motorie del target scelto sono tali da garantire una deambulazione sufficientemente corretta, ma suscettibile di peggioramenti qualora si verificassero eventi inattesi e imprevedibili, indipendenti dalla volontà del paziente.

Condizione fisica: assenza di menomazioni invalidanti che impediscono all'utente di svolgere alcune azioni.
 Facoltà mentali: l'utente ha un buon livello di istruzione e tiene costantemente allenare le sue abilità mnemoniche e di apprendimento. Ciò gli permette di sviluppare un'ottima consapevolezza dei propri limiti, in modo da valutare quali siano gli atteggiamenti da evitare per non correre rischi potenzialmente dannosi per la salute.

Attività sociale: la vita quotidiana di questi utenti è stimolata da contatti più o meno frequenti con altre persone in modo da poter fare affidamento su una rete di supporto sociale in caso di bisogno.

Infrastrutture: le infrastrutture con cui l'utente entra in contatto quotidianamente potrebbero essere inadeguate a soddisfare delle esigenze specifiche come quelle di un anziano.

Stile di vita: l'utente conduce uno stile di vita regolato in base alle necessità del suo stato di salute.

Corporatura: un'alimentazione corretta e uno stile di vita sano garantiscono una forma fisica adeguata al metabolismo di ciascuno.

Salute: il sistema immunitario di questi utenti presenta alcune falle che possono comunque essere facilmente tenute sotto controllo.

Status economico: è stato scelto di riportare un valore medio, rappresentativo della notevole variabilità di questa caratteristica.



Grafico 4.2. Modello tipico di anziano fragile

Anziani fragili

Anche se questi utenti non presentano alcuna patologia mentale, spesso faticano a raggiungere la consapevolezza completa della loro condizione di fragilità, a causa dell'instabilità emotiva generata dalla condizione stessa ed eventualmente aggravata da un trauma.

Per questo qualsiasi ausilio esplicitamente di supporto all'autonomia viene rifiutato in quanto associato simbolicamente alla condizione che non si vuole accettare.

Per potersi rivolgere a questi utenti, la componente front end del progetto dovrà presentare alcune caratteristiche finalizzate a smorzare questo atteggiamento disfunzionale.

Stabilità: le facoltà motorie di questi utenti sono spesso compromesse, soprattutto a seguito di un trauma.

Condizione fisica: anche dal punto di vista fisico più generale l'utente potrebbe incontrare difficoltà nello svolgimento di altre azioni oltre a quelle legate alla deambulazione.

Facoltà mentali: l'utente non è affetto da malattie mentali, tuttavia spesso presenta una instabilità emotiva di entità variabile.

Attività sociale: un ulteriore fattore di rischio è la mancanza di quella rete di supporto sociale fondamentale per ottenere un buon livello di serenità emotiva e stimolare la propria motivazione.

Infrastrutture: delle infrastrutture inadeguate alle necessità di un anziano che eventualmente abbia subito un trauma lo renderebbero ulteriormente vulnerabile contro i peggioramenti della sua condizione.

Stile di vita: gli utenti appartenenti a questa categoria conducono uno stile di vita migliorabile anche se comunque non sregolato.

Corporatura: nella media.

Salute: l'utente soffre di varie patologie croniche che aggravano ulteriormente la sua condizione di fragilità.

Status economico: è stato scelto di riportare un valore medio, rappresentativo della notevole variabilità di questa caratteristica.

4.1.2. Scelta della soluzione tecnologica

4.1.2.1. Accettazione da parte degli utenti

L'individuazione delle necessità dei target ha contribuito a formulare delle ipotesi su quale potesse essere la soluzione tecnologica più adatta a soddisfare gli utenti.

Le prestazioni funzionali del sistema sono state dunque calibrate in base al livello tecnologico che l'utente anziano odierno è in grado mediamente di accettare.

Per ottenere un riscontro sulla validità delle ipotesi formulate, ad alcuni dei pazienti che hanno partecipato alle interviste e ad alcuni operatori sanitari sono stati proposti gli storyboard riportati di seguito, che rappresentano tramite dei disegni riassuntivi diversi scenari a seconda della tecnologia utilizzata.

Primo Scenario

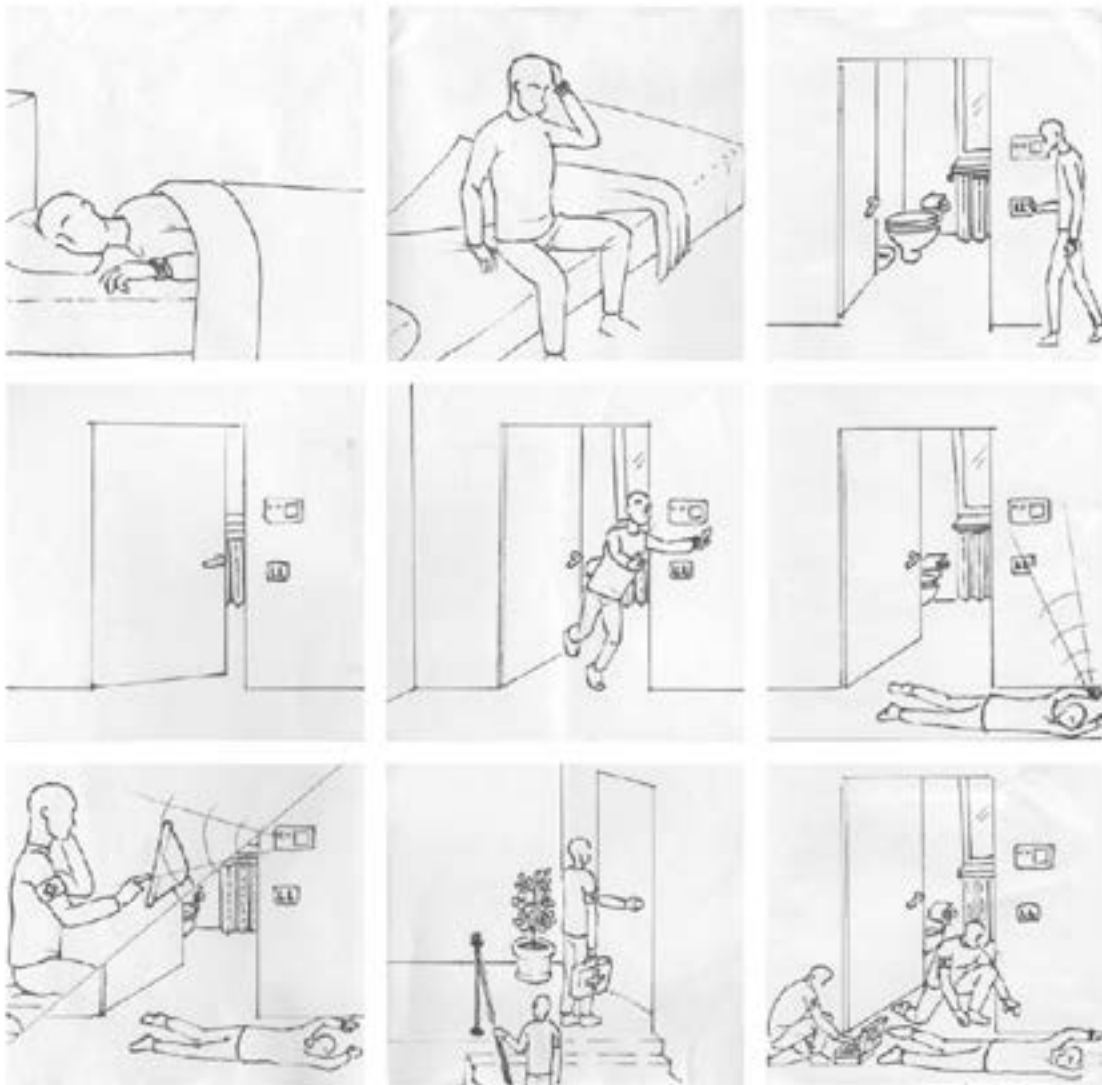


Immagine 4.1. Storyboard descrittivo del primo scenario di utilizzo proposto

Secondo scenario

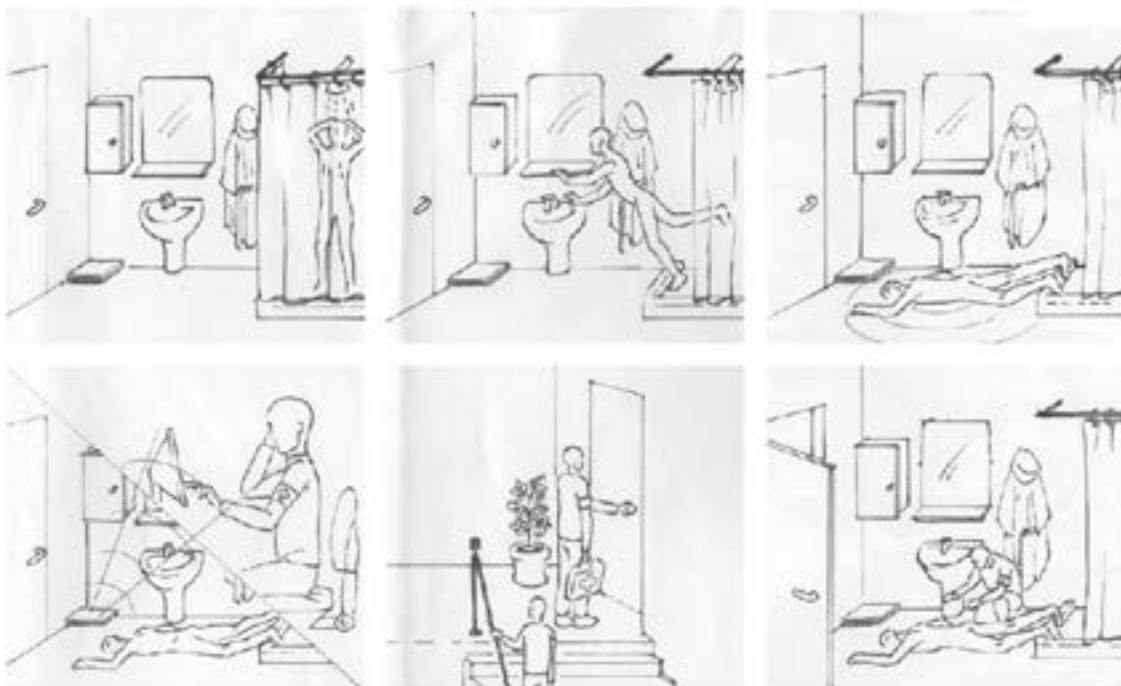


Immagine 4.2. Storyboard descrittivo del secondo scenario di utilizzo proposto

Terzo scenario

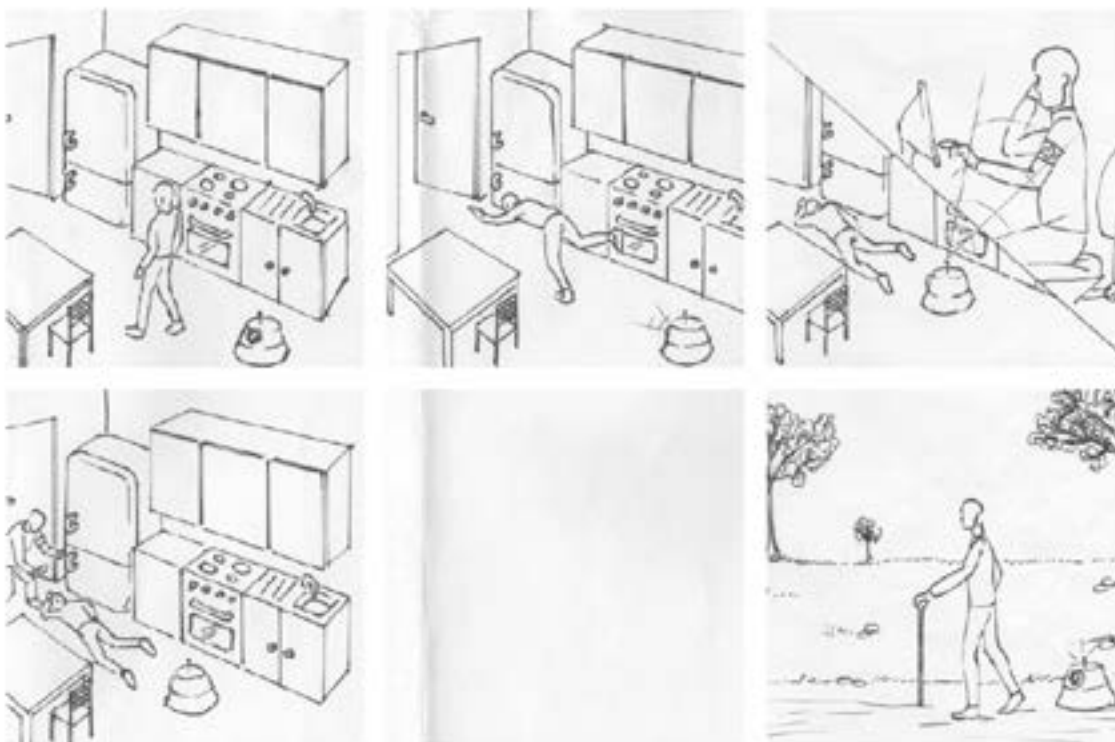


Immagine 4.3. Storyboard descrittivo del terzo scenario di utilizzo proposto

Il primo scenario rappresenta un sistema indossabile e ne descrive il funzionamento nell'eventualità di una caduta durante la notte.

Nel secondo scenario viene rappresentato schematicamente un sistema installato sul pavimento di una stanza dell'abitazione, in particolare il bagno, che sia in grado di rilevare la caduta senza bisogno che l'utente indossi nulla.

Il terzo scenario prevede che l'utente venga accompagnato da un drone programmato per individuare gli eventi avversi.

Le reazioni degli utenti e le considerazioni degli operatori sanitari hanno permesso di verificare quale delle alternative proposte corrispondesse effettivamente alle preferenze dell'utente.

Paziente 3

Valutazione delle alternative:

Il paziente non mostra quasi nessun interesse per le alternative che gli vengono proposte.

Quando gli viene illustrata l'alternativa del dispositivo indossabile, sembra più preoccupato per le eventuali modifiche che dovrà apportare all'ambiente domestico per installare il ripetitore, piuttosto che interessarsi ai possibili vantaggi per la sua sicurezza personale.

L'alternativa dell'automa viene a malapena presa in considerazione poiché gli spostamenti in casa del paziente sono talmente limitati da non rendere necessario l'utilizzo di un dispositivo in grado di "seguire" il paziente.

Il fatto che la casa sia di proprietà della suocera rende ancora più riluttante il paziente nell'introdurre all'interno dell'abitazione un oggetto che necessita di apportare delle modifiche anche minime all'ambiente.

Considerazioni:

Dall'aspetto trasandato e dal comportamento remissivo è possibile dedurre che il paziente sia poco propenso a manifestare e soddisfare i propri bisogni.

È probabile che questo tratto della personalità sia stato accentuato dalla condizione di indipendenza coatta in cui il paziente si è trovato dopo la morte della moglie.

Questa situazione ha imposto al paziente di prendere autonomamente delle decisioni che precedentemente poteva condividere con un'altra persona.

Per questo motivo al paziente viene a mancare il supporto necessario per stabilire quali siano le priorità che regolano i suoi nuovi bisogni.

Non c'è da stupirsi dunque per l'atteggiamento riluttante e disinteressato manifestato dal paziente nei confronti delle alternative proposte.

Paziente 4

Valutazione alternative:

Nonostante le cadute si siano verificate con una certa frequenza, il paziente non sembra sentire l'esigenza di avvalersi di uno strumento per arginarne le conseguenze.

Ritiene che gli utenti più adatti ai quali rivolgere i servizi offerti dal sistema siano quelli appartenenti alla categoria dei cosiddetti "apprensivi".

Evidentemente il paziente pensa che la sua condizione gli garantisca già un buon livello di sicurezza, senza bisogno di aggiungere ulteriori ausili.

Pur vivendo da solo il paziente infatti afferma di poter fare affidamento sugli altri condomini e sulle sue capacità di recupero. Non sembra neanche prendere in considerazione la possibilità di non riuscire a rialzarsi e reputa che il cellulare, se tenuto sempre a portata di mano, sia uno strumento più che sufficiente per contattare il pronto soccorso in caso di necessità.

Inoltre anche per lui l'ingresso in casa da parte dell'unità di soccorso resta un problema piuttosto complesso da risolvere, per il quale non basta l'utilizzo delle cosiddette "lock box", contenitori in cui la chiave di casa viene protetta tramite una combinazione.

Considerazioni:

Complessivamente il paziente sembra aver conservato una discreta autonomia, di cui va molto fiero. Grazie alla vivacità della sua vita sociale e alla frequenza dei contatti umani il paziente non mostra alcuna preoccupazione di potersi trovare da solo in situazioni di difficoltà.

Questa convinzione di poter fare affidamento su molte persone potrebbe essere in parte ostentata per nascondere una più profonda insicurezza, oppure potrebbe essere il frutto di una sottovalutazione dei rischi della propria condizione, eventualità peraltro improbabile data la formazione medica del paziente.

L'ipotesi più probabile resta quella che le motivazioni che spingono il paziente a pensare di essere al sicuro siano fondate.

Paziente 5

Valutazione alternative:

Il paziente non si mostra indifferente ai servizi offerti dal sistema, ma premette subito che ritiene di non averne bisogno, in quanto la presenza del figlio in casa gli garantisce già un sufficiente grado di protezione. Oltre all'incolumità fisica, il paziente sembra tenere in notevole considerazione anche la propria sicurezza economica, tutelata tramite una polizza assicurativa che copre tutti i componenti del nucleo familiare.

Una soluzione possibile potrebbe essere quella di includere il servizio all'interno del pacchetto offerto dalla polizza assicurativa, ma al momento il paziente non ritiene di trovarsi in una condizione che richiede un tale tipo di supporto. Al contrario, se il paziente vivesse da solo o insieme alla moglie, senza la possibilità di fare affidamento sul figlio o sull'aiuto quotidiano di una persona sana, prenderebbe in considerazione la possibilità di adottare uno dei dispositivi proposti.

A prescindere da questa premessa il paziente mostra un discreto apprezzamento per l'alternativa indossabile, che considera la più affidabile e completa tra le varie proposte.

Quando gli propongo l'alternativa del sistema fisso da installare nelle stanze, il paziente ribadisce la sua preferenza per il dispositivo indossabile, in quanto sarebbe in grado di rilevare anche le cadute che avvengono al di fuori dell'ambiente domestico (ovviamente se munito di un apposito amplificatore del segnale).

Quando gli viene proposta afferma che l'alternativa del robot risulterebbe più conveniente rispetto alle altre se non si limitasse a seguire soltanto una persona, ma se fosse in grado di tenere sotto controllo un'ampia gamma di avvenimenti che coinvolgono tutte le persone presenti nell'ambiente domestico. Ovviamente il paziente ritiene che il costo, in relazione alla specifica condizione economica di ciascuno, sarebbe un parametro fondamentale per la scelta di una soluzione piuttosto che di un'altra da parte dei potenziali acquirenti.

Qualora dovesse utilizzare in prima persona uno dei dispositivi proposti, il paziente reputa che le persone più adatte da contattare in caso di emergenza siano i medici del pronto soccorso, per garantire la massima efficacia nel prestare le cure.

Considerazioni:

Nonostante la condizione fisica piuttosto compromessa, il paziente sembra avere conservato un'ottima lucidità mentale, che gli consente di essere perfettamente consapevole della sua condizione e di prendere delle decisioni coerenti con essa.

Paziente 6

Valutazione alternative:

Fin da subito la paziente esprime una forte preferenza per la prima alternativa indossabile, che ritiene essere la più affidabile. Anche in questo caso tuttavia la paziente ipotizza l'utilizzo di un dispositivo del genere solo nel caso in cui fosse da sola in casa. Nella sua situazione attuale non ritiene di averne bisogno data la convivenza col marito, la vicinanza dei figli nello stesso condominio e la possibilità di avvalersi dell'ulteriore aiuto dei vicini.

La paziente sembra talmente sicura dell'efficacia del dispositivo, che non la preoccupa la possibilità di non

riuscire ad attivare il dispositivo a causa della perdita di conoscenza. Infatti a suo parere, un dispositivo che viene indossato è talmente vicino alla persona che neanche uno svenimento, per quanto rapidamente possa avvenire, può impedire di attivarlo quando serve.

Oltre a queste considerazioni più tecniche, la paziente sottolinea l'importanza che dovrebbe ricoprire la componente estetica, per rendere l'oggetto gradevole e piacevole da indossare sia per gli uomini che per le donne.

La seconda alternativa invece non ispira altrettanta fiducia nella paziente, in quanto non è a contatto con il corpo e quindi non è in grado di seguire i suoi movimenti ovunque si sposti.

L'alternativa del robot non viene disdegnata dalla paziente, che è già abituata ad utilizzare dispositivi simili per la pulizia della casa, a cui tiene moltissimo.

Dopo aver esaminato tutte le alternative, la paziente resta convinta che la migliore sia quella del dispositivo indossabile.

Per quanto riguarda l'invio del segnale di allarme, le prime persone alle quali dovrebbe essere rivolto sono i figli, in quanto abitano nello stesso condominio della paziente e non avrebbero bisogno di sfondare la porta per entrare. Qualora i figli andassero a vivere lontano, la paziente farebbe comunque affidamento sui vicini. Quando le viene chiesto quanto sarebbe disposta a spendere per usufruire di un tale sistema, ipotizza che un costo di circa 1500 € potrebbe risultare accessibile per la maggior parte degli utenti.

Considerazioni:

In questo caso possiamo associare il verificarsi della caduta a dei fattori completamente indipendenti dalla volontà della paziente, che prima di questo episodio si sentiva pienamente autosufficiente e in grado di valutare autonomamente per quali attività necessitava di un aiuto esterno, come ad esempio la pulizia dei vetri e dei mobili di una certa altezza.

Infermiere

Il soggetto intervistato è un infermiere piuttosto giovane, probabilmente con un'esperienza relativamente limitata riguardo all'attività sul campo, ma comunque in grado di formulare delle ipotesi attendibili su quelle che potrebbero essere delle valide soluzioni progettuali.

Grazie all'esperienza e alla formazione medica, il soggetto è in grado di elencare alcuni dei fattori che determinano più frequentemente il verificarsi delle cadute.

Le cure ipotensive ad esempio prevedono la transizione del paziente da una posizione supina a una ortostatica; questo spostamento può provocare il rischio di abbassamenti di pressione e quindi giramenti di testa che determinano la caduta.

Se il paziente è affetto da problemi di deambulazione di varia natura legati ad esempio al morbo di Parkinson o ad altre malattie neurodegenerative, può incontrare notevoli difficoltà nell'esecuzione di piccoli movimenti che vengono considerati scontati dalle persone sane, ma che in realtà risultano fondamentali per la stabilità del paziente in situazioni critiche, come quando ci si trova davanti a un ostacolo o all'interno di spazi stretti.

Malattie che inficiano le facoltà cognitive, come la demenza e il morbo di Alzheimer alterano la percezione dell'ambiente esterno da parte del paziente e lo riducono la sua capacità di individuare ed evitare le situazioni di pericolo.

Il soggetto si mostra molto favorevole all'impiego di un dispositivo che possa essere indossato permanentemente dal paziente, in modo da poterlo proteggere proprio quando è più vulnerabile, nelle ore notturne e quando si reca in bagno.

In particolare il dispositivo non dovrebbe essere concepito come un indumento tradizionale che il paziente si può togliere e mettere con facilità, perché ciò potrebbe provocare il rischio di dimenticare di indossarlo. Al contrario le modalità con cui il dispositivo viene indossato dovrebbero essere tali da impedire al paziente di toglierselo senza esserne consapevole.

Inoltre il dispositivo non dovrebbe risultare intrusivo o ridurre la libertà di movimento, come avviene ad esempio per alcuni ausili utilizzati nei centri di riabilitazione; caso tipico è la cintura di contenimento che si

fa indossare ai pazienti dementi per evitare che si alzino dalla sedia a rotelle. In questo caso l'invasività dell'oggetto è necessaria in quanto il paziente, non essendo lucido, spesso tenta di alzarsi anche se la sua condizione non gli consente di stare in piedi. Ovviamente questo tipo di dispositivi viene mal tollerato dal paziente, che invece sarebbe sicuramente più propenso ad accettare un oggetto di dimensioni più contenute e che possa essere localizzato in zone opportune del corpo dove non intralci i movimenti. L'alternativa dell'automa suscita nel soggetto alcune perplessità riguardanti l'accettazione da parte dell'anziano di un oggetto tecnologico all'interno del suo ambiente domestico. Il soggetto ritiene che sarebbe molto più efficace investire sul miglioramento dell'intervento umano, piuttosto che adottare una soluzione che preveda l'impiego di strumenti artificiali.

Ovviamente è lecito ipotizzare che le prossime generazioni avranno maggiore dimestichezza nell'utilizzo di dispositivi High-Tech e che in prospettiva la soluzione robotizzata possa essere quella in grado di fornire il miglior servizio all'anziano.

Inoltre gli anziani attuali possono fare affidamento su una prole molto più numerosa rispetto a quella su cui potranno contare gli anziani della prossima generazione.

Medico

Il medico si mostra poco favorevole all'impiego di un dispositivo indossabile in quanto potrebbe essere mal tollerato dall'utente, che secondo la sua esperienza spesso percepisce gli ausili come oggetti stigmatizzanti, come ad esempio avviene per il walker.

Infatti spesso i pazienti anziani, pur essendo in grado di intendere e volere, soprattutto a seguito di un trauma sviluppano una sorta di incapacità di valutare la propria condizione. Questa caratteristica determina una maggiore vulnerabilità a tutti quegli eventi avversi in cui il paziente anziano incorre a causa di un errore di valutazione sul suo livello di autonomia.

Per questo il sistema viene ritenuto più adatto per un gruppo di utenti che abbia conservato un livello di autonomia sufficiente per prevenire razionalmente i potenziali rischi in cui incorrono.

Ammesso che sia opportunamente calibrato per non rilevare falsi positivi, il sistema ambientale viene ritenuta la soluzione migliore in quanto minimamente invasivo.

Una possibile evoluzione del progetto potrebbe prevedere l'integrazione di un sistema ambientale con un dispositivo ambientale, per ottenere un doppio riscontro sulla rilevazione.

Conclusioni

Questa valutazione sperimentale con gli utenti ha confermato la validità delle ipotesi iniziali, individuando la rilevazione delle vibrazioni ambientali come la soluzione tecnologica migliore tra le alternative presenti sul mercato.

Infatti a partire dalla notevole variabilità delle opinioni raccolte, è stato possibile delineare un trend comune di apprezzamento delle soluzioni.

Alcuni utenti si sono mostrati indifferenti alle soluzioni proposte, di conseguenza è possibile ipotizzare che un dispositivo indossabile richiederebbe un livello di consapevolezza troppo elevato per garantire un utilizzo corretto.

Gli utenti che hanno mostrato una preferenza per il dispositivo indossabile sono gli stessi che possono contare ancora sull'appoggio della famiglia, fattore che non permette loro di valutare obiettivamente l'eventualità in cui si dovessero trovare a dover gestire una situazione di difficoltà in completa autonomia.

Gli operatori sanitari hanno confermato questa ipotesi, testimoniando la tendenza degli anziani a mal tollerare oggetti indossati che presentano come effetto collaterale la limitazione dell'autonomia.

4.1.2.2. Confronto con le alternative sul mercato

Oltre al giudizio degli utenti, sono stati presi in considerazione ulteriori parametri di valutazione che hanno permesso di confrontare da un punto di vista tecnico le soluzioni presenti sul mercato.

Tra tutte le caratteristiche dei sistemi analizzati sul mercato, sono state scelte quelle che avevano maggiore attinenza con i principi strutturali individuati nel capitolo 2.

Passività: in che misura il funzionamento del sistema richiede l'intervento dell'utente.

Sensibilità: affidabilità del sistema in base alla percentuale di falsi positivi e falsi negativi sul numero totale di rilevazioni.

Installazione facile: quantità e complessità di operazioni richieste all'utente per mettere in funzione il sistema.

Semplicità Hardware: quantità e livello tecnologico dei componenti elettronici, dei materiali e dei processi utilizzati.

Semplicità Software: algoritmi e strumenti generali di rielaborazione, gestione e trasmissione dei segnali acquisiti.

Caratteristiche	Indossabili manuali	Indossabili automatici	Vision-based	Rilevazione vibrazioni
Passività	● ● ● ● ●	● ● ● ● ●	● ● ● ● ●	● ● ● ● ●
Sensibilità	● ● ● ● ●	● ● ● ● ●	● ● ● ● ●	● ● ● ● ●
Installazione facile	● ● ● ● ●	● ● ● ● ●	● ● ● ● ●	● ● ● ● ●
Semplicità HW	● ● ● ● ●	● ● ● ● ●	● ● ● ● ●	● ● ● ● ●
Semplicità SW	● ● ● ● ●	● ● ● ● ●	● ● ● ● ●	● ● ● ● ●

Tabella 4.1. Confronto tra le principali caratteristiche delle soluzioni sviluppate fino ad oggi

Anche in base a questa valutazione, l'alternativa più adatta per le finalità del sistema risulta ancora la rilevazione ambientale delle vibrazioni.

Infatti questa soluzione presenta delle caratteristiche che soddisfano al meglio i principi di sistema individuati nel capitolo 2.

Invisibilità

Grazie alla quasi completa passività e automazione, il sistema risulta sostanzialmente indipendente dall'intervento dell'utente, a cui è richiesto uno sforzo mentale e delle capacità minime per interagire col prodotto; l'unica operazione effettuata direttamente dall'utente consiste nel posizionamento e nella connessione alla presa di corrente del dispositivo.

Grazie a queste caratteristiche che riducono il livello di intrusività, l'anziano è più incline ad accettare la presenza del sistema in quanto ne percepisce meno l'effetto stigmatizzante e non deve modificare le proprie abitudini e il proprio codice comportamentale.

Affidabilità

L'applicazione di questo metodo di rilevazione necessita di test sperimentali finalizzati a valutare le prestazioni del sistema secondo tre parametri fondamentali: la sensibilità, ovvero la capacità di rilevare una caduta, che è data dal rapporto tra il numero di rilevazioni e il numero di cadute effettive; la specificità è la capacità di evitare falsi positivi e cioè di rilevare la caduta soltanto quando si verifica realmente; l'accuratezza consiste nella capacità di distinguere i pattern rappresentativi della caduta da tutti gli altri eventi.

Per calibrare i suddetti parametri vengono effettuati dei test di valutazione con appositi manichini che consentono di simulare la caduta dell'utente a varie distanze dai sensori e in varie condizioni.

La calibrazione consente di stabilire la soglia di ricezione del segnale alla quale è associata l'attivazione dell'allarme, in modo da assicurare l'effettiva corrispondenza tra la rilevazione e il verificarsi della caduta.

	Caduta avvenuta	Caduta non avvenuta
Caduta rilevata	True Positive	False Positive
Caduta non rilevata	False Negative	True Negative

Tabella 4.2. La sensibilità dello strumento è determinata dalla differenza tra caduta rilevata e caduta avvenuta.

In base alle simulazioni condotte fino ad oggi durante lo sviluppo dei sistemi, la tecnologia si è dimostrata piuttosto affidabile, con dei livelli di sensibilità e specificità compresi tra il 95% e il 100%, a seconda dei casi specifici*.

Dei parametri così elevati di rilevazione sono resi possibili dall'integrazione della tecnologia con degli algoritmi ottimizzati per l'elaborazione dei segnali.

Un altro motivo che rende questa tecnologia più affidabile rispetto a quelle utilizzate da altri prodotti sul mercato consiste nella possibilità di rilevare le cadute anche se l'utente perde conoscenza, eventualità non così remota nel caso di cadute particolarmente violente.

Scalabilità

La tecnologia consente di introdurre all'interno dell'ambiente domestico un numero variabile di moduli singoli in grado di svolgere le funzioni di rilevazione indipendentemente dalle altre componenti del sistema. In questo modo il sistema è in grado di adeguarsi progressivamente, con una elevata flessibilità alle esigenze dell'utente.

Adattabilità

L'installazione dei dispositivi è molto semplice e può essere effettuata dall'utente stesso in base a qualsiasi conformazione planimetrica dello spazio, senza bisogno dell'intervento di personale tecnico specializzato.

Integrazione

Il sistema consente di includere in un unico dispositivo tutte le componenti necessarie.

Le componenti Hardware del sistema possono essere integrate in un unico dispositivo in grado di eseguire tutte le funzioni necessarie.

Anche i protocolli Software di elaborazione dei segnali possono essere contenuti all'interno dei singoli nodi del sistema, anche se per alcune operazioni di visualizzazione è necessario trasferire i dati a uno strumento di elaborazione esterno, generalmente un computer.

4.2. Funzionalità tecniche del sistema

Le tecnologie di cui il sistema si serve per svolgere le sue funzioni principali per rilevazione delle vibrazioni e trasmissione dell'allarme, appartengono alle seguenti categorie.

Trasduttori: ogni elemento che trasforma un segnale in ingresso in uno in uscita di natura differente.

Sensori: dispositivi di misurazione che si servono dei principi di trasduzione per convertire le variazioni di una grandezza fisica in un segnale elettrico utile a un sistema di elaborazione e/o trasmissione di informazioni.

Protocolli di comunicazione: sono dei metodi ufficialmente riconosciuti per la trasmissione di dati.

4.2.1. Rilevazione delle vibrazioni

Prima di scegliere quale tra i sensori presenti in commercio sia il più adatto per questo scopo, è opportuno analizzare quali siano i parametri metrologici che influiscono sulle prestazioni di questi dispositivi:

* Alcuni risultati simili sono riportati negli articoli: "A Smart and Passive Floor-Vibration Based Fall Detector for Elderly" e "Fall Detection of Elderly through Floor Vibrations and Sound" (si veda bibliografia)

- Risoluzione: si intende la quantità minima di informazione registrabile da uno strumento di misurazione
- Precisione: si intende la dispersione dei risultati ottenuti dalle singole misurazioni di uno stesso dato rispetto alla media tra tutti i risultati. Negli strumenti di misura è definita come tolleranza e permette di determinare il grado di ripetibilità e/o riproducibilità di una certa misura.
- Accuratezza: grado di concordanza del valore misurato rispetto al valore di riferimento assunto convenzionalmente come vero.

Un altro aspetto che si è rivelato essere molto importante ai fini dello sviluppo del progetto è stato quello della trasformazione dei segnali analogici in dati digitali.

Un segnale può essere definito come la variazione temporale di una grandezza fisica che veicola un'informazione.

Da un punto di vista matematico il rapporto tra i valori di un insieme di segnali continui e quelli di un insieme di segnali discreti è definibile come segue.

D è il dominio a cui appartiene il tempo o lo spazio

D = R : segnale a tempo continuo

D = I : segnale a tempo discreto

C è il codominio a cui appartiene la variabile dipendente, ovvero il segnale

C = R : segnale continuo nelle ampiezze

C = I : segnale discreto nelle ampiezze

D = R , C = R : segnale analogico o continuo

D = R , C = I : segnale quantizzato

D = I , C = R : segnale campionato

D = I , C = I : segnale digitale (numerico) o discreto

Negli strumenti di misura, questo processo di trasformazione è gestito da appositi circuiti, detti convertitori analogico-digitale (A/D), in base ai quali è possibile convertire un segnale con andamento continuo in una serie di valori discreti.

Questa conversione è basata sul sistema binario delle macchine digitali, il quale può contare soltanto due valori: 1 e 0, che corrispondono alla condizione di passaggio o assenza di corrente.

Un segnale analogico invece può assumere una quantità infinita di valori che possono essere distinti da un processore digitale in un numero di livelli anche alto, ma comunque finito.

Per ottenere i livelli discreti che un ADC è in grado di codificare, occorre calcolare una potenza in cui la base è 2 e l'esponente è la risoluzione in bit dell'ADC stesso.

La risoluzione in mV corrisponde invece alla minima differenza di potenziale tra due segnali codificati con due livelli adiacenti e per calcolarla occorre dividere il range in Volt dello strumento per il numero di livelli codificabili.

Nel corso del capitolo verrà mostrata l'applicazione di questo procedimento per il calcolo della risoluzione del sensore utilizzato nel prototipo.

I vari tipi di sensori riportati di seguito si avvalgono dei seguenti principi fisici per la rilevazione delle vibrazioni: piezoelettricità; fluttuazioni del campo magnetico; fenomeni di interazione della luce con la materia; effetto Doppler; risonanza plasmonica di superficie.

*Geofoni**

È costituito da un sistema cilindrico formato da una serie di spire di rame, sospese mediante molle ad elasticità controllata, che circonda un magnete permanente. Il movimento, causando una variazione di flusso del campo magnetico, produce una corrente elettrica proporzionale al movimento della massa e quindi al movimento del suolo.

* Definizione tratta da: "Rileviamo e misuriamo l'intensità dei terremoti", Elettronica In (si veda bibliografia)

L'output è proporzionale alla velocità della massa in movimento, ovvero il sistema di spire e cilindro.

Sensori piezoelettrici

Questi sensori sfruttano la proprietà di alcuni cristalli di generare una differenza di potenziale se sottoposti a deformazione elastica e viceversa.

Essi risultano molto adatti per la rilevazione di vibrazioni, perché permettono di misurare le variazioni di accelerazione, forza e pressione che subisce una superficie quando sottoposta a sollecitazioni meccaniche. Alcuni devono essere appoggiati sulla superficie, altri invece vengono montati in modo da oscillare liberamente, con la possibilità di essere attaccati a una massa che aumenta la risonanza della vibrazione misurata.

Sensori con fibre ottiche

Si tratta di fibre costituite da un nucleo cilindrico centrale (core) e da un rivestimento (cladding) con minore indice di rifrazione in cui la luce rimane intrappolata per riflessione interna totale, in modo da essere convogliata in qualsiasi direzione.

I sensori di vibrazione che utilizzano questo tipo di tecnologia si distinguono in diverse categorie a seconda del principio di funzionamento.

Nei sensori Intensity based l'intensità della luce viene modulata da un parametro esterno.

La rilevazione del disturbo può avvenire tramite piccole deformazioni che provocano una modulazione dell'intensità della luce (microbend sensors) oppure tramite un sistema che non prevede il contatto con la superficie (Noncontact displacement IBS). Spesso questi sensori necessitano di sistemi esterni di riferimento per mantenere la calibrazione dello strumento.

I sensori fiber Bragg grating (FBG) sfruttano la modulazione dell'indice di rifrazione del nucleo della fibra. Gli interferometri di Fabry-Pérot sfruttano l'interferenza di un raggio che si propaga all'interno di una cavità tra due superfici semiriflettenti seguendo percorsi diversi.

Vibrometro laser Doppler

Questi strumenti emettono un raggio laser a distanza sul corpo, in modo tale che dal raggio riflesso sia possibile ricavare la vibrazione della superficie in base all'effetto Doppler.

Sullo stesso principio si basano simili strumenti che però si servono di raggi con lunghezze d'onda differenti, come ultrasuoni e varie frequenze radio, per ricavare i valori della vibrazione.

Grazie a questa tecnica è possibile effettuare delle misurazioni senza entrare in contatto con la superficie, nel caso in cui il corpo presenti delle caratteristiche tali per cui sia difficile o impossibile applicarvi un sensore.

MEMS

La necessità di miniaturizzazione estrema presentata dagli strumenti scientifici di analisi e misurazione ha portato allo sviluppo di questo tipo di componenti dotati di funzioni elettroniche e meccaniche integrati su un unico substrato di silicio di dimensioni micrometriche.

Successivamente questi dispositivi si sono diffusi in numerosi settori nei quali hanno trovato le più disparate applicazioni.

I sensori che impiegano questo tipo di tecnologia sono in grado di misurare grandezze di varia natura: meccanica (suoni, accelerazioni e pressioni, per fare alcuni esempi), termica (temperatura e flusso di calore), biologica (potenziale cellulare), chimica (pH), ottica (intensità della radiazione luminosa, spettroscopia), magnetica (intensità del flusso).

È quindi ipotizzabile che ciascuna delle grandezze utili ad analizzare le vibrazioni possa potenzialmente essere rilevata tanto con un sensore tradizionale, quanto con un MEMS.

Tra tutti, gli accelerometri restano i sensori più adatti per la rilevazione delle vibrazioni e per applicazioni

relative alla fall-detection.

La seguente tabella riassume le principali tecnologie utilizzabili per rilevare vibrazioni in base al principio di funzionamento e alla grandezza rilevata.

TECNOLOGIA IMPIEGATA	PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO	GRANDEZZE MISURATE
Fibre ottiche	Fenomeni ottici della luce	Luminanza, luminosità, ecc.
RF, laser, ultrasuoni	Effetto Doppler	Ampiezza e frequenza
Geofoni	Fluttuazioni magnetiche	Velocità
Piezotrasduttori	Piezoelettricità	Pressione, accelerazione
MEMS	Unico substrato di silicio	Accelerazione, magnetismo, luminosità, temperatura, ecc.

Tabella 4.3. Confronto tra le varie tecnologie che consentono la rilevazione delle vibrazioni

Scelta dell'accelerometro

La scelta del sensore da impiegare nel progetto è ricaduta sulla categoria degli accelerometri MEMS. Questi componenti vengono messi a disposizione da rivenditori specializzati a prezzi piuttosto contenuti, anche se variabili in un intervallo compreso tra 10 e 30 €, a seconda delle prestazioni tecniche. Alcune soluzioni particolarmente avanzate possono anche superare questa fascia di prezzo, ma offrirebbero delle prestazioni sproporzionate rispetto allo scopo del progetto.

Essendo totalmente passivi, possono raggiungere livelli di risoluzione anche molto alti pur mantenendo basso il consumo energetico. Le vibrazioni che questi sensori riescono a percepire senza bisogno di alcuna amplificazione e con un consumo di circa 1 A raggiungono l'ordine dei millesimi di g; un tale livello di risoluzione può competere con dispositivi che vengono applicati in sismografia e risulta quindi pienamente adeguato per le finalità del sistema.

Anche grazie a un opportuno processo di back-end, questi sensori presentano delle procedure di installazione molto più immediate e semplici rispetto ad altre soluzioni più complicate; ad esempio quelle che si avvalgono di sensori a infrarossi spesso richiedono l'intervento di un tecnico.

Invece affinché gli accelerometri funzionino è sufficiente posizionarli al suolo, nella posizione che si preferisce, senza preoccuparsi eccessivamente del loro orientamento, dato che i livelli di calibrazione possono variare lungo i tre assi con appositi accorgimenti software.

4.2.2. Trasmissione di segnali

Per svolgere questa funzione il sistema si avvale di uno dei seguenti protocolli di comunicazione Wireless.

Bluetooth

Questa tecnologia sfrutta una connessione radio a onde corte con una frequenza di 2.45 GHz.

Per aumentare la larghezza di banda del segnale viene utilizzata una tecnica di trasmissione definita Frequency-Hopping Spread Spectrum (FHSS), che consiste nel variare la frequenza di trasmissione a intervalli regolari in maniera pseudocasuale attraverso un codice prestabilito (wikipedia).

In questo modo è possibile ottenere una capacità di trasmissione dei dati che varia da 1 a 24 Mbps.

All'interno dello standard bluetooth sono distinguibili 3 classi a seconda della copertura di rete (1m, 10 m, 100 m).

L'infrastruttura di una rete bluetooth è costituita da due tipi di dispositivi: il master e lo slave. Un unico master è in grado di gestire fino a 7 slave che comunicano tra loro in modo da formare delle subnet o piconet, ovvero le unità di base della rete in cui i dispositivi hanno in comune lo stesso canale. Due o più piconet possono instaurare una connessione tra loro tramite la condivisione di uno dei loro dispositivi, in

modo da formare una scatternet.

L'integrazione di appositi trasmettitori bluetooth all'interno di un'abitazione domotizzata consentirebbe ai singoli dispositivi di comunicare con un server centrale, accessibile dall'utente in modo tale da permettergli di gestire in prima persona le operazioni di monitoraggio e controllo delle funzioni ambientali.

Il punto debole di questo sistema consiste nella vulnerabilità della sicurezza

ZigBee

Questa tecnologia risulta particolarmente adatta per la realizzazione delle cosiddette Personal Area Network (PAN); infatti il suo costo contenuto ne incentiva l'impiego per applicazioni di monitoraggio e controllo remoto, mentre il basso dispendio energetico consente un utilizzo prolungato dei dispositivi alimentati a batteria.

Per ottenere questo risultato è stato necessario ridurre la capacità di trasmissione di dati che varia tra i 250 kbit/s e i 20 kB/s a seconda della distanza tra il dispositivo e l'alimentatore. Le frequenze a cui questo protocollo è in grado di operare variano a seconda dell'area geografica: 868 Mhz (Europa), 915 Mhz (Nord America), 2400 Mhz (in tutto il mondo).

Le reti che utilizzano questa modalità di trasmissione di dati consentono di mettere in comunicazione un numero massimo di 264 dispositivi; questo numero è determinato dal fatto che ogni punto di connessione occupa uno spazio di 1 word (16 o 64 bit) nella memoria di rete.

La rete può essere configurata secondo tre topologie principali: a stella, ad albero e a maglia.

A seconda del livello di versatilità, un dispositivo viene definito Full Function device (FFD) o Reduced Function Device (RFD).

Oltre a questa distinzione è possibile individuare tre categorie fondamentali definite in base al ruolo svolto dal dispositivo all'interno della rete.

PAN coordinator: il dispositivo principale da cui si dipartono tutte le altre connessioni; la sua funzione consiste nell'avviare la trasmissione in modo da poter instradare i dati attraverso tutti gli altri dispositivi di rete. È un FFD e necessita l'allacciamento alla rete elettrica fissa.

Router: è in grado di connettersi con qualsiasi altro dispositivo della rete in modo tale da gestire lo smistamento delle informazioni tra i RFD. Anch'esso è un FFD e dev'essere alimentato tramite la rete elettrica fissa.

End device: è un dispositivo RFD che può essere alimentato a batteria e condivide la connessione con tutti gli altri dispositivi nella rete.

Radio Frequency Identification (RFID)

Questo protocollo è in grado di trasmettere via radio un insieme di dati identificativi di un determinato oggetto. L'invio dei dati viene effettuato da un dispositivo chiamato tag RFID, mentre il reader RFID si occupa di decifrarli.

Se il tag viene alimentato da una batteria è attivo, se invece sfrutta il campo magnetico generato dal reader è passivo; in questo caso il dispositivo è più economico ma ha una copertura di rete minore.

Le connessioni RFID si dividono in tre categorie a seconda della frequenza di trasmissione del segnale.

Low-Frequency (LF) usano frequenze comprese tra 124 e 135 Khz

High-Frequency (HF) usano una frequenza di 13,56 Mhz

Ultra-High-Frequency (UHF) usano frequenze comprese tra 860 e 960 Mhz

All'interno degli ambienti domestici domotizzati la RFID viene utilizzata per connettere oggetti di vario tipo alla Home Area Network (HAN); in questo modo si ottiene un database contenente le informazioni di localizzazione di ciascun oggetto a cui sono stati attribuiti un indirizzo wireless virtuale e un identificatore univoco.

Inoltre le capacità identificative della RFID possono essere estese anche al tracciamento degli utenti all'interno dell'ambiente domestico, in modo da poter adattare le funzioni dei singoli dispositivi ai loro spostamenti abituali.

Global System Mobile (GSM)

Questi protocolli sono nati nel settore della telefonia mobile e comprendono il General Packet Radio Service (GPRS), l'Universal Mobile Telecommunication System (UMTS), ecc.

Il funzionamento di questo tipo di connessione si basa sul principio del riuso di frequenza secondo il quale la stessa banda radio può essere usata da più celle o aree di copertura in cui il territorio è suddiviso, a patto che celle adiacenti sfruttino frequenze diverse per evitare interferenze.

In questo modo è possibile aumentare il numero di utenti servibili e diminuire la potenza necessaria a coprire il territorio servito dalle singole celle.

WiFi (IEEE 802.11)

È uno standard di comunicazione per le Wireless Local Area Network (WLAN) che opera a frequenze di 2.4, 3.6 e 5 Ghz.

La struttura delle reti WiFi comprende due tipi di dispositivi:

L'Access Point (AP) collega la rete fissa fisica e la rete wireless; ha una copertura che varia da 33-55 metri in spazi chiusi a 100 metri in spazi aperti e può supportare un numero massimo di 30 dispositivi wireless. I dispositivi wireless costituiscono i nodi del sistema le cui connessioni reciproche possono seguire due topologie di rete distinte.

Nella topologia a infrastruttura la rete è suddivisa in celle, ognuna delle quali è controllata da un Access Point.

Tramite un sistema di distribuzione (DS) è possibile connettere tra di loro gli Access Point delle singole celle fino a raggiungere un'unica Local Area Network (LAN) fissa, in modo tale da creare un sistema in cui i pacchetti di dati possano essere trasmessi via wireless tra una cella e l'altra.

La topologia di rete ad hoc non presenta la necessità di collegare le celle tra di loro o con una rete fissa. Infatti questo tipo di struttura è in grado di formare e modificare collegamenti dinamici tra i vari moduli, senza bisogno dell'autorizzazione da parte di un centro di controllo.

Il vantaggio di questa modalità di trasmissione dei dati consiste nel fatto che l'accesso alla connessione può avvenire da qualunque punto all'interno della rete. Questa caratteristica consente di ottenere notevoli agevolazioni soprattutto nei luoghi dove risulta difficile l'installazione della rete tramite cablaggi fisici.

Scelta del GSM

Grazie all'applicazione di questo protocollo, l'allarme viene trasmesso direttamente dal modulo a terra ai ripetitori della rete telefonica cellulare, raggiungendo i numeri prestabiliti. Questo permette di evitare l'utilizzo all'interno del sistema di un terminale che si occupa di ritrasmettere il segnale inviato dai singoli moduli della rete locale all'esterno dell'ambiente domestico.

Inoltre questa soluzione presenta il miglior rapporto tra economicità e affidabilità della comunicazione. Infatti, se il sistema si servisse della connessione internet (ad esempio con un protocollo VoIP o WiFi), il sistema rischierebbe di non poter inviare il segnale qualora venisse a mancare l'energia elettrica o la connessione si interrompesse per altri motivi.

Per quanto riguarda l'utilizzo da parte dell'utente, è sufficiente che nell'offerta del sistema sia inclusa una scheda SIM che possa essere inserita e rimossa a seconda delle esigenze, analogamente a come avviene per i cellulari.

4.3. Prototipo

4.3.1. Componenti hardware

Arduino

Arduino è una piattaforma open-source per la prototipazione elettronica, le cui componenti hardware e

software possono essere utilizzate, modificate e commercializzate liberamente secondo i termini delle licenze Creative Commons e GPLv2.

Ciò ha permesso la creazione nel corso del tempo di una vastissima comunità di tecnici, artisti, progettisti, hobbisti e molti altri che mette a disposizione gratuitamente i propri progetti in modo da dare la possibilità a chiunque di accedere alle conoscenze e agli strumenti necessari per realizzare un prototipo interattivo: schemi elettrici, librerie già codificate, schede con pedinatura compatibile con Arduino, tutorial su come realizzare i progetti, ecc.

Queste caratteristiche hanno permesso di ridurre il tempo necessario alla prototipazione della componente back-end, che si basa sostanzialmente sulla codificazione del firmware e sulla realizzazione del circuito.

IComSat v1.1

Si tratta di una shield compatibile con Arduino sviluppata da ITeadStudio su cui è montato il modulo GSM/GPRS SIM900 quad-band. Permette di accedere ai servizi voce, sms e fax tramite i comandi AT standard (GSM 07.07 ,07.05) e ai comandi avanzati SIMCOM AT.

Di seguito vengono riportate le caratteristiche rilevanti per l'impiego della shield nel prototipo:

- Operatività: quad-band 850/900/1800/1900MHz
- Compatibilità GSM: fase 2/2+ Classe 4 (2W a 850/900 Mhz) Classe 1 (1W a 850/900 MHz)
- Set di comandi: AT standard (GSM 07.07 ,07.05) e comandi avanzati SIMCOM AT
- Consumo in standby: 1,5 mA
- Lunghezza: 66 mm
- Larghezza: 76 mm
- Peso: 70 g
- Tensione operativa: 3,3 V e 5 V
- Alimentazione: da 9 V a 20 V DC
- Protocollo di conversione dati: UART

Accelerometro 3 assi MMA7361

Questo sensore prodotto dalla Freescale fornisce un segnale analogico in uscita rispettivamente su tre assi X,Y e Z, con una risoluzione variabile tra 800 mV/g e 206 mV/g a seconda che il fondo scala sia settato su 1,5g o 6g.

Il convertitore A/D di Arduino ha una risoluzione di 10 bit, che permette di quantizzare gli input analogici in un intervallo di 1024 valori ($2^{10}=1024$).

Ciò significa che tra 0V (LOW) e 5V (HIGH), il processore montato su Arduino è in grado di discriminare variazioni di tensione di circa 4,88mV ($5V/1024 = 0,00488V = 4,88mV$).

Dividendo la tensione operativa di Arduino (5V) per la risoluzione dell'accelerometro (800mV/g o 206mV/g), si ottiene dunque una variazione di accelerazione minima apprezzabile dallo strumento pari a $6,25g \times 10^{-3}$ o $2,4g \times 10^{-2}$.

Per quanto riguarda l'alimentazione, l'accelerometro è caratterizzato da una tensione operativa di 3,3V, con un intervallo variabile tra 2,2V e 3,6V, e dispone di una modalità sleep per il risparmio energetico.

Le applicazioni commerciali tipiche di questo sensore sono: realtà aumentata; lettori MP3, laptop e cellulari; contapassi; PDA; movimentazione di robot.

4.3.2. Componenti software

La lettura dei valori assunti dall'accelerazione lungo i tre assi avviene tramite la porta seriale sulla quale Arduino invia i dati acquisiti dall'accelerometro a una velocità massima di 115200 baud.

Quest'operazione è svolta da un firmware piuttosto semplice caricato sul processore ATmega di Arduino. All'interno del firmware viene definita la soglia che ciascuno dei valori di accelerazione sui 3 assi deve

superare affinché i comandi di chiamata e/o invio di SMS vengano eseguiti dal modulo GSM.

I comandi AT per l'effettuazione della chiamata e/o per l'invio di SMS sono gestiti da una libreria scaricabile online compatibile con il modulo GSM della scheda e con il modello Mega 2560 di Arduino.

All'interno del codice di Arduino dovrà essere inserito il numero di telefono che si intende contattare qualora i valori delle accelerazioni lungo i tre assi superino determinati limiti.

Per poter visualizzare graficamente i dati numerici leggibili dalla porta seriale di Arduino, è stato usato uno sketch codificato con Processing (download da futurashop.it), un IDE ottimizzato per la generazione di grafiche, in grado di interfacciarsi con Arduino.

4.3.3. Funzionamento

Il prototipo necessita di essere collegato alla rete elettrica fissa tramite un trasformatore da 9V e 1A (9W) per poter funzionare.

Inoltre è necessario che la SIM900 integrata nella scheda si connetta con la rete GSM; per fare ciò è necessario inizializzare la connessione tramite una serie di comandi nel ciclo di setup del codice di Arduino ed è necessario che la porta seriale UART della scheda GSM sia collegata con i pin della porta seriale di Arduino, in questo modo sarà possibile controllare la scheda GSM tramite Arduino.

Una volta soddisfatte queste due condizioni il prototipo è in grado di chiamare e/o mandare un SMS a seconda delle variazioni di accelerazione lungo i tre assi.

4.3.4. Sperimentazione

Al fine di verificare la fattibilità tecnologica del sistema, sono stati condotti alcuni test sperimentali.

I risultati dei test hanno permesso di ricavare empiricamente i fattori principali che determinano la qualità del funzionamento del sistema.

4.3.4.1. Simulazioni di caduta e test di calibrazione

Per poter effettuare un'adeguata calibrazione della soglia di rilevazione della caduta è stato necessario predisporre un set-up sperimentale che riproducesse quanto più fedelmente possibile le caratteristiche metrologiche di una caduta reale.

Quindi per simulare la caduta è stato utilizzato un manichino con forma, dimensioni e peso paragonabili a un potenziale utente del sistema. Per realizzarlo sono stati usati dei tubi di PVC tagliati e giuntati tra loro con dei tubi spiralati in PVC, molto più flessibili, in modo da ottenere uno scheletro di supporto.

Separatamente sono stati preparati dei sacchi rivestiti con dello scotch telato e riempiti con quantitativi variabili di sabbia, a seconda della parte del corpo a cui corrispondevano.

I sacchi sono stati fissati sullo scheletro utilizzando sempre dello scotch telato.

Il risultato finale è un manichino alto circa 180cm, con un peso di circa 70kg.

Per riuscire a sollevare un tale peso da terra, è stato necessario costruire un sistema a doppia carrucola che permette di portare il manichino all'altezza necessaria per farlo cadere in maniera realistica e senza troppo sforzo.

In questa fase della sperimentazione, il prototipo includeva soltanto l'accelerometro, che al posto della scheda GSM, si interfacciava con un buzzer in modo tale da farlo suonare quando le accelerazioni lungo i 3 assi raggiungevano determinati valori.

Questo metodo ha permesso di ottenere un feedback molto più immediato sulla correttezza della calibrazione dei valori, piuttosto che dover aspettare ogni volta l'inizializzazione della connessione GSM. Per garantire una sufficiente precisione dei parametri di calibrazione è stata seguita la stessa procedura per ciascuna delle simulazioni effettuate.

Il manichino viene sollevato tramite il sistema di carrucole e poi è lasciato cadere sbloccando un'apposita fibbia. Dopo ogni simulazione vengono modificate le variabili definite all'interno del firmware che

corrispondono alla soglia che ciascuno dei 3 valori di accelerazione deve superare per attivare l'allarme, idealmente rappresentato dal suono del buzzer.

Il procedimento viene ripetuto finché la soglia impostata è tale per cui il buzzer suona soltanto quando cade il manichino.

Nei test in cui il sensore è riuscito a rilevare la caduta con successo, sono state condotte anche delle prove di controllo attraverso la simulazione di eventi potenzialmente rilevabili come falsi positivi. Queste prove prevedono che una sedia venga sbattuta con forza a terra a tre distanze diverse dal punto di rilevazione (prova di controllo 1: 50cm; prova di controllo 2: 270cm; prova di controllo 3: 540cm). L'urto viene ripetuto in ciascuna posizione per un massimo di tre volte finché non viene rilevato. Se la rilevazione non avviene, la prova di controllo viene considerata negativa.

Esperimento 1

	X	Y	Z
Soglia impostata	335	335	390

Tabella 4.4. Setup del primo esperimento che non ha portato ad alcun risultato

In questo caso qualsiasi microtremore supera la soglia impostata, provocando un'attivazione quasi costante dell'allarme.

Spostando il sensore su una superficie leggermente isolata rispetto alle vibrazioni dell'ambiente circostante (in questo caso un tavolo), la rilevazione sembra diventare più accurata, discriminando meglio eventi legati alla deambulazione e al passaggio di veicoli particolarmente pesanti sulla strada.

Esperimento 2

	X	Y	Z
Soglia impostata	335	350	460

Tabella 4.5. Setup del secondo esperimento che non ha portato ad alcun risultato

Lo strumento risulta più sensibile alle vibrazioni lungo l'asse che misura i valori verticali dell'accelerazione. Questi valori risultano maggiori degli altri quando l'asse che li rileva è parallelo all'andamento delle onde di taglio o trasversali, dove le particelle oscillano con un movimento perpendicolare alla direzione di propagazione dell'onda.

Pur aumentando sensibilmente la soglia lungo questo asse, lo strumento risulta ancora troppo impreciso.

Esperimento 3

	X	Y	Z
Soglia impostata	335	350	465
Parametri di caduta	336	354	465
Prova di controllo 1	414, 357, 337, 342, 335	353, 354, 352, 353, 358	627, 498, 488, 497, 474
Prova di controllo 2	339, 335	351, 352	472, 478
Prova di controllo 3 III tentativo	347, 340, 345	375, 385, 371	472, 484, 496

Tabella 4.6. Setup e risultati del terzo esperimento

Facendo una prova di caduta, lo strumento dimostra di essere in grado di rilevare un tale evento. Tuttavia il numero di falsi positivi rilevati durante la prova di controllo è troppo alto.

Esperimento 4

	X	Y	Z
Soglia impostata	340	355	470

Tabella 4.7. Setup del quarto esperimento che non ha portato ad alcun risultato

Il firmware è codificato in modo tale che l'allarme venga attivato soltanto quando vengono superate contemporaneamente tutte e 3 le soglie impostate per ciascuno degli assi dell'accelerometro. Di conseguenza è sufficiente che la soglia non venga superata in uno solo dei 3 assi, come potrebbe essere accaduto in questo caso, affinché la caduta non venga rilevata.

Esperimento 5

	X	Y	Z
Soglia impostata	340	355	465
Parametri di caduta	349	361	483
Prova di controllo 1	351, 348	384, 360	483, 500
Prova di controllo 2 Il tentativo	345, 346	362, 355	465, 509
Prova di controllo 3	Negativa	Negativa	Negativa

Tabella 4.8. Setup e risultati del quinto esperimento

La soglia sull'asse z viene abbassata, tornando al valore impostato nel precedente esperimento. In questo modo lo strumento è in grado di rilevare la caduta, pur mantenendo una buona sensibilità, ovvero la capacità di distinguere la caduta dai falsi positivi. Infatti l'urto della sedia viene rilevato soltanto al secondo tentativo a 270 cm di distanza e a 540 cm non viene rilevato per nulla.

Conclusioni

Questa fase sperimentale è risultata utile per esplorare gli accorgimenti necessari per ottimizzare la rilevazione delle vibrazioni. Le modifiche da apportare al dispositivo dovrebbero coinvolgere sia l'aspetto hardware che l'aspetto software. Bisogna prevedere l'inserimento nel circuito di alcuni componenti finalizzati all'amplificazione del segnale. Il firmware invece dovrebbe contenere un algoritmo in grado di distinguere i pattern della caduta da eventuali falsi positivi in base alle caratteristiche della vibrazione (frequenza, ampiezza, durata, successione, ecc.).

4.3.4.2. Gait analysis

Con ulteriori migliorie il sistema potrebbe essere in grado di offrire delle funzioni di analisi dell'attività motoria, utili per diagnosticare eventuali anomalie di deambulazione. In questo modo per lo staff medico sarebbe possibile prevenire la caduta a distanza oltre che rilevarla.

Per collaudare questa funzione è stato predisposto un set up sperimentale secondo il quale sono state svolte tutte le prove con utenti. Ciò garantisce la ripetibilità e la confrontabilità dei risultati ottenuti con i vari utenti.

Il set up sperimentale consiste nella delimitazione di un area rettangolare in cui vengono segnati a terra i punti precisi dove l'utente deve appoggiare il piede ad ogni passo.

Ogni utente cammina lungo il percorso segnalato in questo modo per 4 volte, con un metronomo che stabilisce il ritmo dei passi e il sensore posizionato ogni volta in un angolo diverso dell'area.

I test sono stati eseguiti con 5 utenti: 4 uomini di 23, 52, 59, 80 anni e una donna di 52 anni.

È opportuno precisare che la cadenza del metronomo è stata rallentata nel caso dell'uomo di 52 anni in quanto quest'ultimo zoppica e dunque necessita di intervalli di tempo più lunghi per portare a termine la falcata.

Per ciascun utente vengono riportati i grafici generati da Processing nelle 4 fasi del test.

Uomo di 23 anni

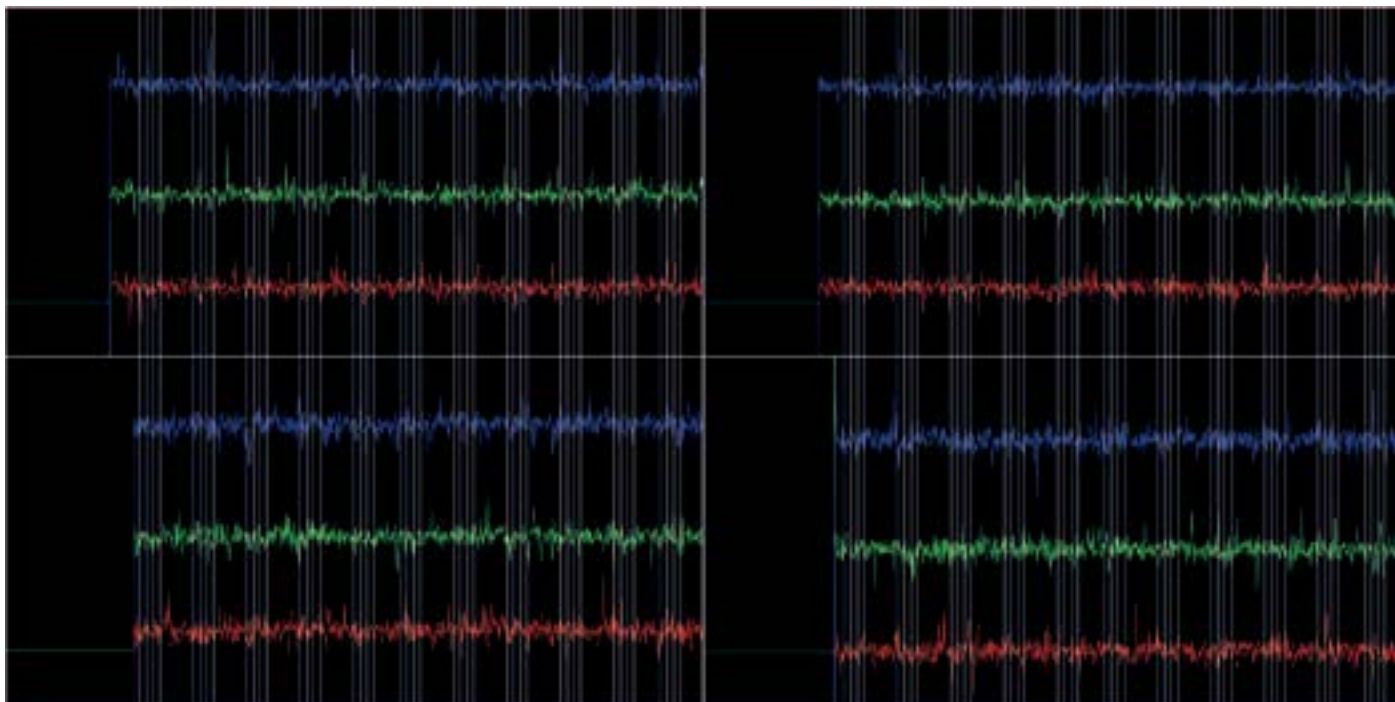


Grafico 4.3. Risultati del primo esperimento di gait analysis

Uomo di 52 anni

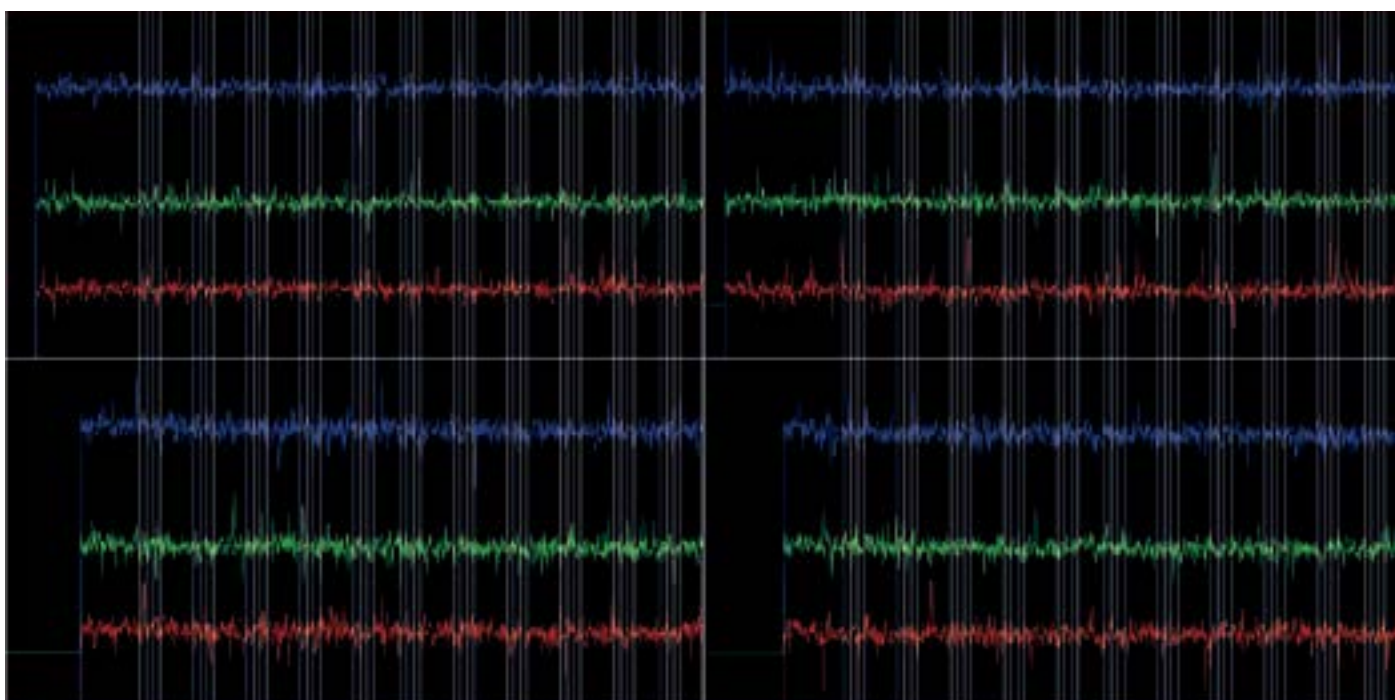


Grafico 4.4. Risultati del secondo esperimento di gait analysis

Donna di 52 anni

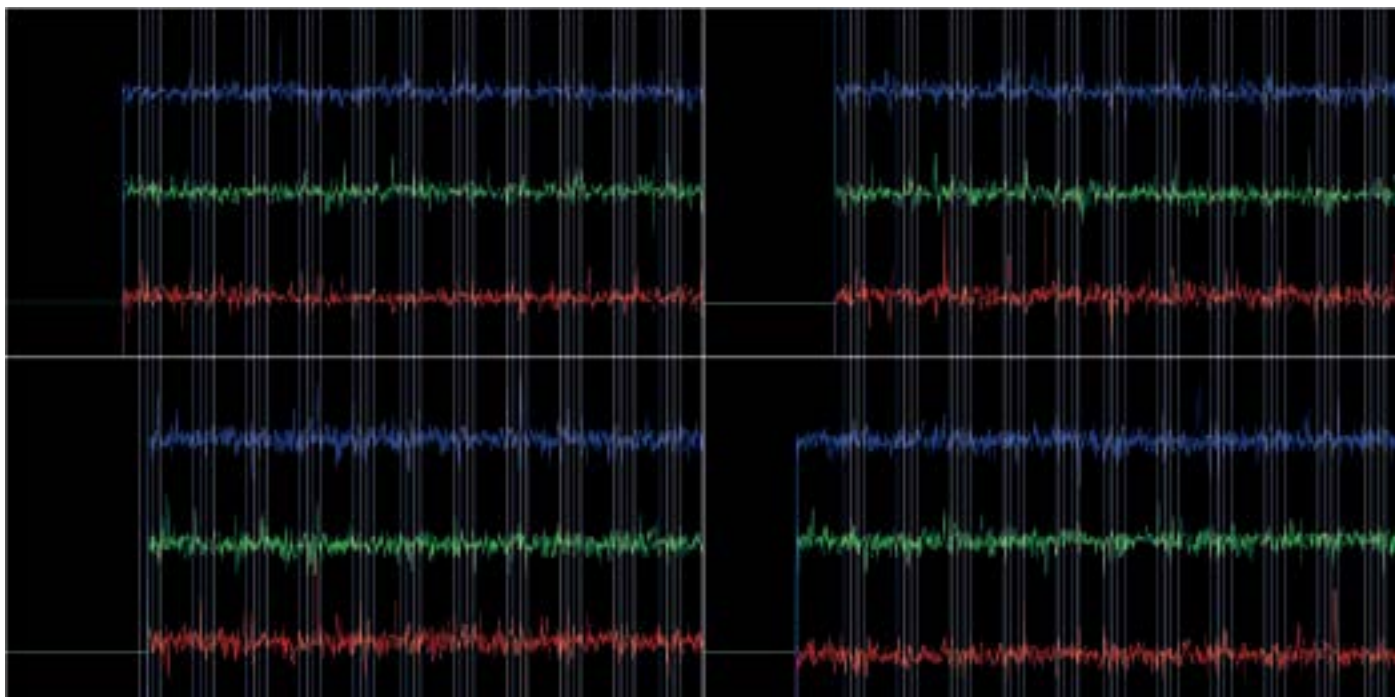


Grafico 4.5. Risultati del terzo esperimento di gait analysis

Uomo di 59 anni

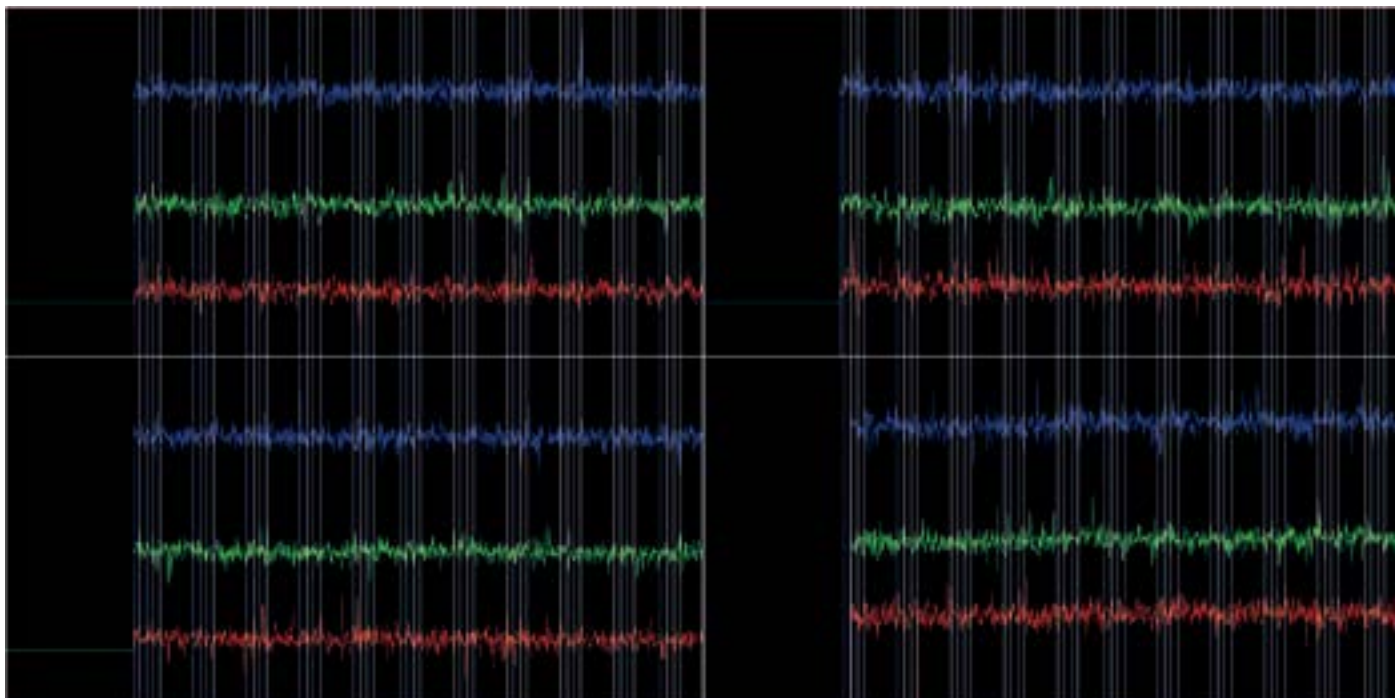


Grafico 4.6. Risultati del quarto esperimento di gait analysis

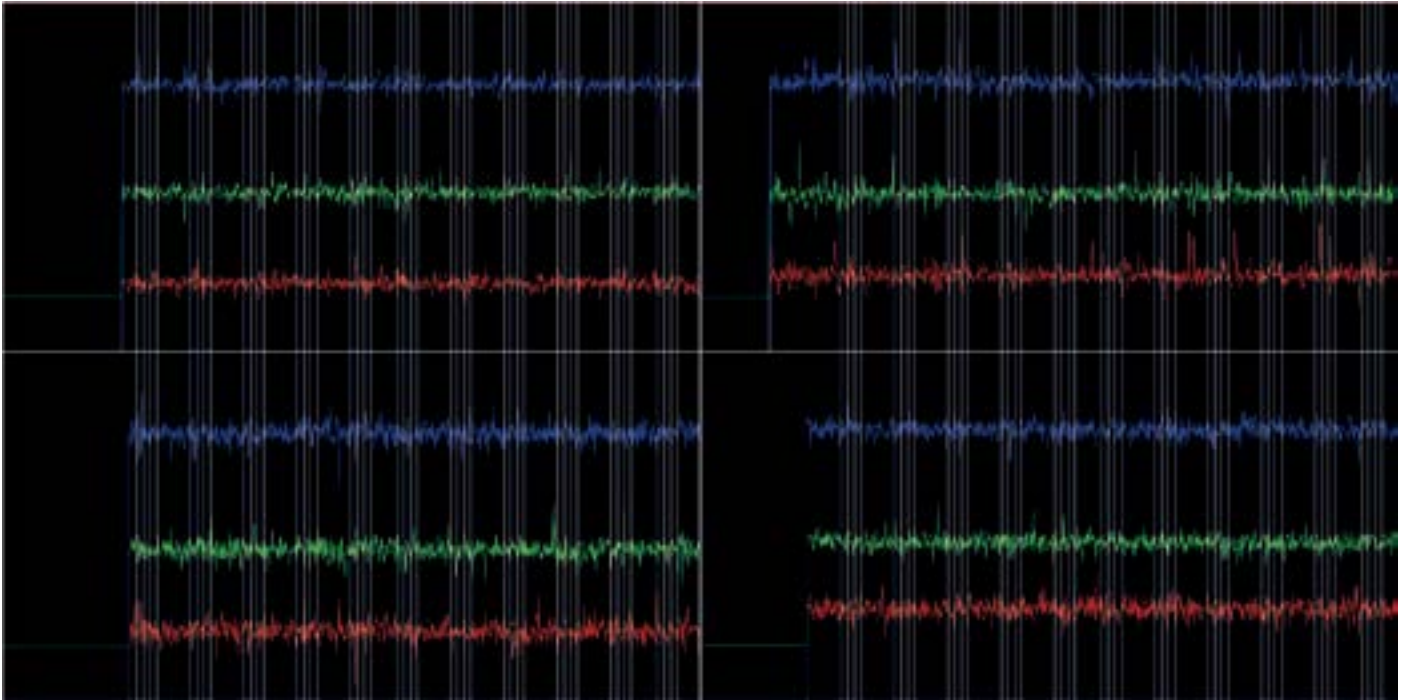
Uomo di 80 anni

Grafico 4.7. Risultati del quinto esperimento di gait analysis

Conclusioni

Per poter essere implementata, questa funzione necessiterebbe di adeguate modifiche che permettano di ottimizzare alcune caratteristiche hardware e software del sensore e del modo con cui si interfaccia col processore che elabora il segnale.

In particolare bisognerebbe prevedere l'introduzione nel circuito di amplificatori opportunamente dimensionati in modo da rimodulare il segnale in uscita e renderlo più leggibile rispetto al rumore di fondo generato dai microtremori.

In secondo luogo occorrerebbe codificare un algoritmo che consenta di migliorare la regolarità della visualizzazione.

5. IL PROGETTO

5.1. I principi della forma

Affinché il livello back-end fosse coerente con il livello front-end del progetto, i criteri su cui si è basata la scelta della tecnologia sono stati applicati anche alla definizione della forma.

Per questo alle verifiche sperimentali di fattibilità è seguita l'elaborazione di una soluzione formale che presentasse le seguenti caratteristiche.

Invisibilità

L'interfaccia di interazione con l'utente deve essere minimizzata in modo che il prodotto non interferisca con la vita quotidiana dell'utente.

In questo modo l'utente potrà usufruire delle funzioni del sistema, senza dover entrare in contatto diretto con la componente tecnologica.

Affidabilità

L'oggetto dovrà comunque mantenere un livello minimo di visibilità e manovrabilità in modo da poter essere riconosciuto all'interno dell'ambiente domestico e mantenuto in caso di necessità.

Scalabilità

La forma dell'oggetto deve essere modulare in modo da poter spostare e aggiungere singoli elementi ovunque nella casa.

Adattabilità

Le modalità di utilizzo dell'oggetto si devono adeguare in maniera flessibile alle esigenze specifiche di ciascun utente.

Integrazione

La presenza dell'oggetto all'interno dell'ambiente domestico deve poter essere tollerata dall'utente.

5.2. Forma iniziale del prototipo

Il primo prototipo è composto da una base realizzata in cava in cui vengono incassate le componenti elettroniche e un carter emisferico realizzato per termoformatura che nasconde interamente la base. Le dimensioni della scheda Arduino Mega 2560 montata insieme alla scheda GSM hanno determinato un diametro di 15cm della base. La sezione del carter di conseguenza doveva avere il medesimo ingombro, ed essendo emisferico l'altezza complessiva risultante è stata di circa 10cm.

Un oggetto di tali dimensioni non rispetta i requisiti necessari a soddisfare i criteri del brief.

All'interno dell'ambiente domestico risulterebbe infatti troppo ingombrante e poco maneggevole.

Inoltre la sezione circolare risulta poco adatta ad essere collocata razionalmente nella planimetria di un appartamento.

5.3. Ridefinizione della forma

Per raggiungere un risultato più adeguato e coerente con i criteri individuati, la forma e le dimensioni dell'oggetto sono state ridefinite in base ai seguenti fattori:

- feedback degli utenti
- conformazione delle componenti elettroniche
- equilibrio tra riconoscibilità e accettazione all'interno dell'ambiente domestico
- fattibilità produttiva

5.3.1. Ipotesi formali

A partire da queste considerazioni generali sono state sviluppate 3 possibili soluzioni alternative.

Il cerchio

Riducendo l'ingombro in altezza e mantenendo lo stesso diametro del prototipo iniziale, la sezione circolare potrebbe essere mantenuta in modo da ottenere una forma che si discosta dalla struttura quadrata dell'interno architettonico di una stanza, così da risultare ben visibile e riconoscibile.

Il rettangolo

Questa forma conferisce all'oggetto flessibilità nelle modalità di utilizzo.

Infatti a seconda delle proprie esigenze l'utente ha la possibilità di posizionarlo in verticale a contatto con una parete o in orizzontale appoggiandolo sul pavimento lungo il lato maggiore.

In questo modo l'oggetto presenta un ingombro minimo, pur mantenendo un buon livello di visibilità.

Tuttavia nella posizione verticale un parallelepipedo semplice rischia di ribaltarsi troppo facilmente; di conseguenza una delle facce è stata inclinata in modo da spostare il baricentro dell'oggetto il più vicino possibile alla parete, aumentando così la stabilità.

Questo accorgimento inoltre permette all'utente di intuire più facilmente qual'è il lato da appoggiare per terra.

Il triangolo

Una soluzione molto più vincolante ai fini del posizionamento è quella di forma triangolare, che induce psicologicamente l'utente a collocare l'oggetto negli angoli della stanza.

5.3.2. Interviste con utenti

Le 3 alternative formali sono state sottoposte al giudizio di un gruppo di utenti: una coppia sposata di circa 80 anni; una donna di circa 80 anni; una donna di mezza età; un uomo di circa 80 anni.

Per condurre le interviste sono stati realizzati dei mockup con cui gli utenti interagivano in modo da poter apprezzare al meglio le caratteristiche fisiche dell'oggetto.

Intervista 1

I primi utenti intervistati hanno mostrato una netta preferenza per 2 delle 3 proposte, la forma triangolare e quella rettangolare.

Il cerchio è stato scartato in quanto la sua collocazione all'interno dell'ambiente domestico è stata ritenuta poco "razionale".

Il triangolo al contrario è stato subito giudicato adatto ad essere posizionato negli angoli di una stanza.

Anche se in minor misura, anche la forma rettangolare è stata apprezzata.

Intervista 2

Anche la seconda intervistata giudica il triangolo la migliore soluzione.

La forma rettangolare viene associata a una "zeppa", collocabile prevalentemente sotto ai mobili della casa; la possibilità di posizionare l'oggetto in due modi non viene considerata dall'utente.

Come nella prima intervista, il cerchio viene ritenuto poco adatto alle forme usuali di un appartamento.

Intervista 3

L'ordine delle preferenze è il medesimo dimostrato nelle precedenti interviste. Il cerchio viene scartato perché troppo ingombrante, il rettangolo è ragionevolmente accettato, il triangolo viene preferito perché ritenuto formalmente più adatto alla conformazione architettonica delle stanze di un appartamento.

Intervista 4

Mentre il giudizio sulla forma circolare resta comune a quello degli altri utenti, la forma rettangolare viene preferita in questo caso a quella triangolare.

Il fatto che l'utente intervistato abbia un background professionale molto tecnico potrebbe aver influito sulla sua valutazione, in quanto afferma che l'angolo è il punto più rigido di una abitazione e di conseguenza favorisce poco la rilevazione delle vibrazioni.

La forma circolare sarebbe adatta ad essere posta al centro di una stanza, dove il pavimento è più elastico, tuttavia dovendo connettere il dispositivo alla corrente, la soluzione migliore è il rettangolo, che può essere posizionato ovunque lungo le pareti, vicino a una presa di corrente.

Conclusioni

Anche se la forma meglio accettata dagli utenti intervistati è quella triangolare, un utilizzo prolungato di un oggetto con questa caratteristica geometrica potrebbe compromettere l'usabilità del sistema.

Infatti a livello psicologico l'utente è indotto a posizionare quasi automaticamente una forma triangolare in un angolo della casa. Di conseguenza durante le pulizie un oggetto del genere impedirebbe di pulire adeguatamente gli angoli, dove però lo sporco si accumula più facilmente.

Per evitare di dover spegnere il dispositivo ogni volta che si fanno le pulizie, l'oggetto avrà la forma rettangolare in modo da poter essere collocato più liberamente nelle stanze dell'abitazione, a seconda delle specifiche esigenze dell'utente.

5.3.3. Riadattamento back-end

Per mantenere degli ingombri ridotti del carter di copertura, le seguenti componenti elettroniche indispensabili al funzionamento del dispositivo verranno integrate in un unico PCB (Printed Circuit Board).

Modulo GSM

SIM900 è un modulo GM/GPRS quad-band realizzato dalla SimCom le cui frequenze di funzionamento comprendono 850MHz, 900MHz, 1800MHz, 1900MHz.

Integra un protocollo TCP/IP utile per il trasferimento di dati tramite internet.

Le dimensioni ridotte (24mmX24mmX3mm) lo rendono adatto per applicazioni in dispositivi compatti.

Prevede un sistema di risparmio energetico tramite una modalità sleep, durante la quale il consumo scende a 1,5mA.

Tutte le funzioni possono essere controllate tramite gli standard AT Command.

All'interno del dispositivo questo componente si interfaccia con il processore, programmato in modo tale da inizializzare la connessione GSM e attivare la chiamata e/o l'invio di un SMS a seconda dei dati acquisiti dall'accelerometro.

Il trasferimento dei dati avviene secondo la connessione tradizionale DCE-DTE (Data Communication Equipment - Data Terminal Equipment), a velocità variabili da 1200 a 15200 baud tramite le porte seriali TXD ed RXD.

Antenna GSM

In commercio esistono antenne di dimensioni più contenute di quella integrata nella shield GSM, ma che presentano le stesse frequenze operative compatibili con il modulo SimCom.

In particolare quella scelta per essere saldata sul PCB è di circa 5cm, in modo da poter essere facilmente contenuta all'interno dell'oggetto.

Accelerometro MMA 7361L

È lo stesso utilizzato nel prototipo. Le dimensioni millimetriche permettono di posizionarlo senza difficoltà sul PCB.

Processore

Un circuito integrato pre-programmato svolge le funzioni di gestione dei comandi e invio dei dati.

Connettore femmina USB mini-B type

È adibito sia all'alimentazione che all'eventuale invio di dati a una periferica di elaborazione.

La sua posizione sul PCB dovrà essere tale da poterlo collegare alla presa maschio qualunque sia la posizione dell'oggetto, verticale o orizzontale.

Alloggiamento per scheda SIM

Il modulo GSM supporta sia le schede SIM da 1,8V che da 3V. L'alloggiamento per queste ultime è ottimizzato in base alle specifiche del produttore del modulo, che raccomanda di utilizzare il componente 91228 prodotto dalla Molex.

Batteria di sicurezza

Qualora un blackout interrompesse l'alimentazione tramite la rete elettrica fissa, il dispositivo continua a essere alimentato tramite una apposita batteria di sicurezza da 9V, con un tempo di scarica di 4 ore per un consumo intorno ai 500mAh.

Led di stato

È previsto l'utilizzo di un LED per segnalare all'utente lo stato di funzionamento del sistema.

5.3.4. I materiali

Il materiale con cui è realizzato il carter è stato scelto in base ai seguenti criteri:

- resistenza alla luce
- resistenza alla fiamma
- buona qualità estetica
- possibili trattamenti superficiali
- permeabilità alla trasmissione di segnali
- isolamento elettrico

Un materiale che presenta le suddette caratteristiche è una miscela di policarbonato e ABS prodotta dalla Bayer e commercializzata col nome Bayblend.

Le caratteristiche tecniche di questo materiale variano a seconda della sintesi con cui viene realizzato il polimero specifico.

Le applicazioni più comuni comprendono elettrodomestici e rivestimenti per materiale elettrico in generale.

5.3.5. I processi

Il materiale scelto può essere sottoposto ai principali processi di trasformazione dei polimeri.

Nello specifico il carter verrà realizzato per stampaggio a iniezione.

Il disegno del carter ha dunque rispettato i criteri di progettazione previsti per lo stampaggio a iniezione dei materiali termoplastici.

Per le pareti è stato inizialmente scelto uno spessore di 1,3mm, in base ai valori tipici riportati sul manuale di progettazione "Design for manufacturability" (di James G. Bralla, McGraw-Hill).

In base allo spessore sono state dimensionate le nervature della scocca su cui è montato il PCB.

In particolare le nervature presentano un'altezza massima inferiore a 3 volte lo spessore, uno spessore compreso tra il 40% e il 60 % di quello delle pareti e un raggio alla base compreso tra il 25% e il 40% dello spessore di parete.

Per l'estrazione dallo stampo sono previsti degli angoli di sformo di 1° sia per le pareti principali che per le nervature.

4 poppette di ancoraggio sono state predisposte per il fissaggio del PCB e altre 4 per l'assemblaggio tra le due scocche del carter.

Anche le poppette presentano degli angoli di sformo per l'estrazione e il loro spessore è stato determinato in modo che fosse minore dello spessore di parete, ma sufficiente per consentire alle viti autofilettanti di fare presa sul materiale.

Per evitare disallineamenti tra le due scocche, lungo la linea di contatto tra esse è presente uno scuretto.

In seguito a un consulto ottenuto presso una piccola azienda specializzata nello stampaggio a iniezione, sono state apportate alcune modifiche ritenute opportune in base alle esperienze concrete riportate da un professionista.

Lo spessore è stato aumentato a 2 millimetri.

La presenza di nervature non è stata ritenuta necessaria a causa delle dimensioni ridotte del pezzo. Tuttavia questa ipotesi potrebbe essere smentita dalla pratica della produzione.

Se le nervature si rivelassero necessarie, occorrerebbe proporzarle adeguatamente rispetto allo spessore di parete.

I fori dove vengono inserite le viti sono profondi tanto quanto la lunghezza della poppetta, per evitare che in corrispondenza di essi l'aumento di spessore provochi un eccessivo accumulo di materiale. Inoltre il loro diametro è stato definito in base alle specifiche verificate sperimentalmente dal produttore delle viti.

L'estrazione del pezzo dallo stampo viene effettuata tramite degli estrattori a cannocchiale in corrispondenza dei fori per le viti di assemblaggio tra le due scocche.

5.4. I colori

Durante le interviste sono state analizzate anche le preferenze degli utenti per quanto riguarda la gamma cromatica che il prodotto dovrebbe assumere.

Gli utenti riconoscono unanimemente la necessità di mimetizzare il dispositivo con l'ambiente domestico attraverso dei colori armonizzati e coerenti con l'arredamento.

Tuttavia in alcune sue parti l'oggetto potrebbe presentare dei colori diversi finalizzati ad aumentarne parzialmente il livello di visibilità, in modo da poter essere individuato e riconosciuto qualora fosse necessario.

La gamma cromatica più adatta a soddisfare questo requisito verrà applicata all'oggetto durante lo stampaggio a iniezione attraverso la combinazione del polimero usato con dei masterbatch compatibili, additivati con i coloranti desiderati.

5.5. Sviluppi futuri

In base alle potenzialità di rilevazione individuate tramite la fase di sperimentazione, il sistema dimostra di poter integrare numerose funzioni oltre alla rilevazione della caduta per cui è stato ottimizzato.

Infatti attraverso un opportuno processo di calibrazione, il dispositivo potrebbe essere riadattato per applicazioni legate all'analisi del movimento durante lo svolgimento delle attività quotidiane e alla segnalazione di intrusioni all'interno dell'ambiente domestico.

Questa combinazione di varie funzioni renderebbe il sistema ulteriormente competitivo rispetto alle altre soluzioni presenti sul mercato, sviluppate per risolvere singolarmente ciascuna delle suddette problematiche.

5.6. Rappresentazione del progetto

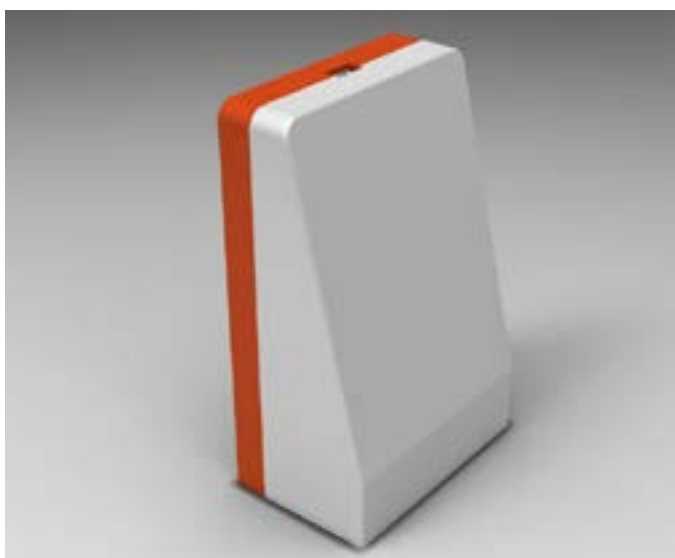


Immagine 5.1. Posizione verticale del dispositivo

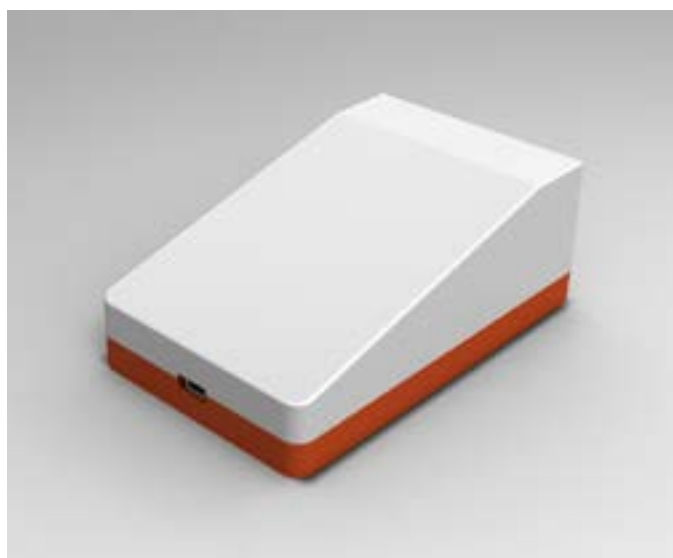


Immagine 5.2. Posizione orizzontale del dispositivo



Immagine 5.3. Vista posteriore da cui è possibile osservare le viti di ancoraggio

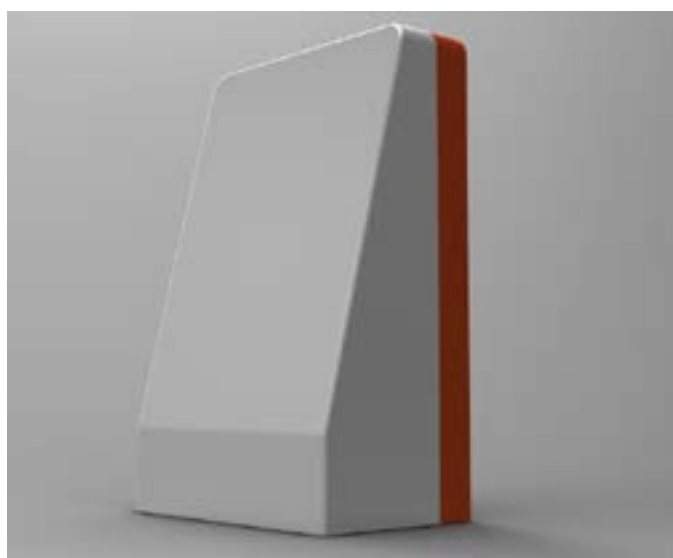


Immagine 5.4. Vista anteriore

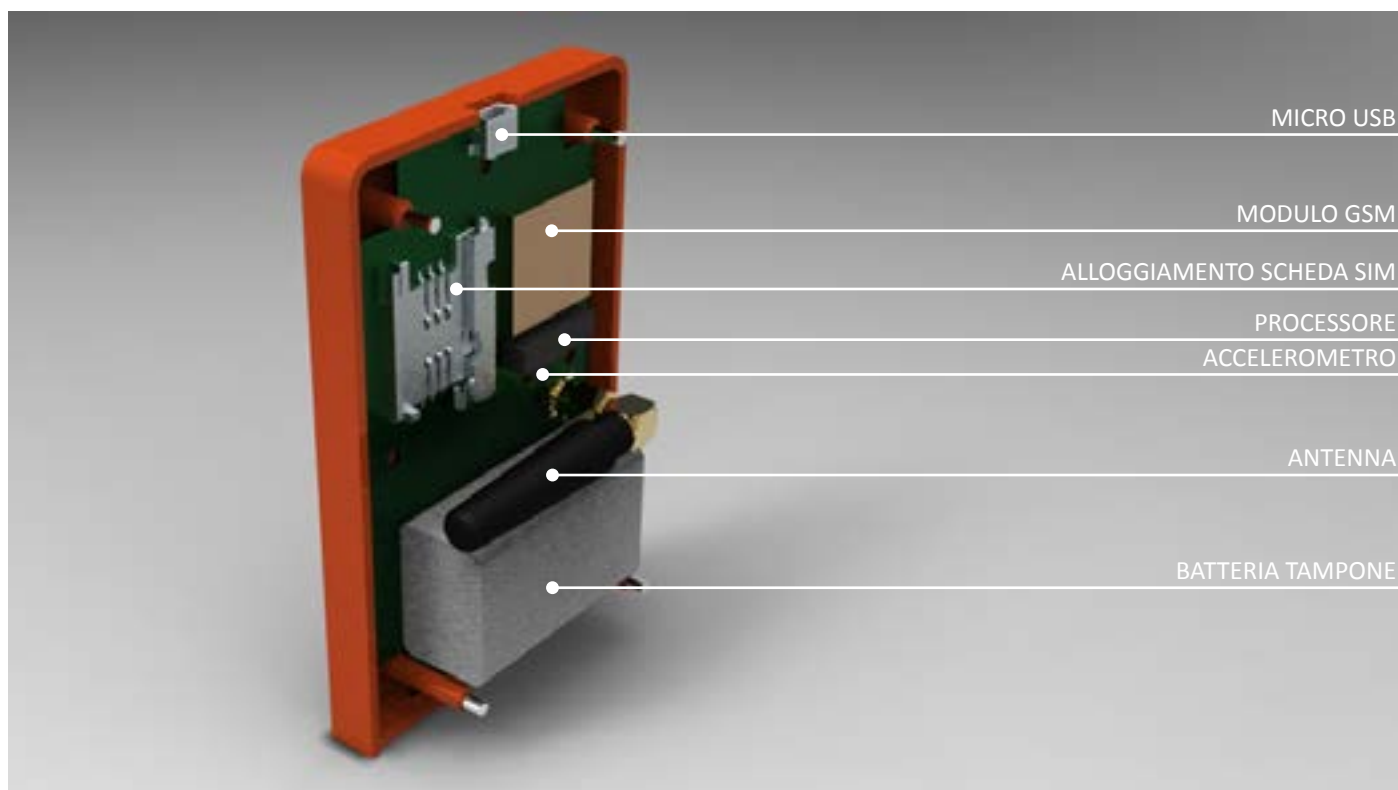


Immagine 5.5. Vista della componentistica elettronica interna

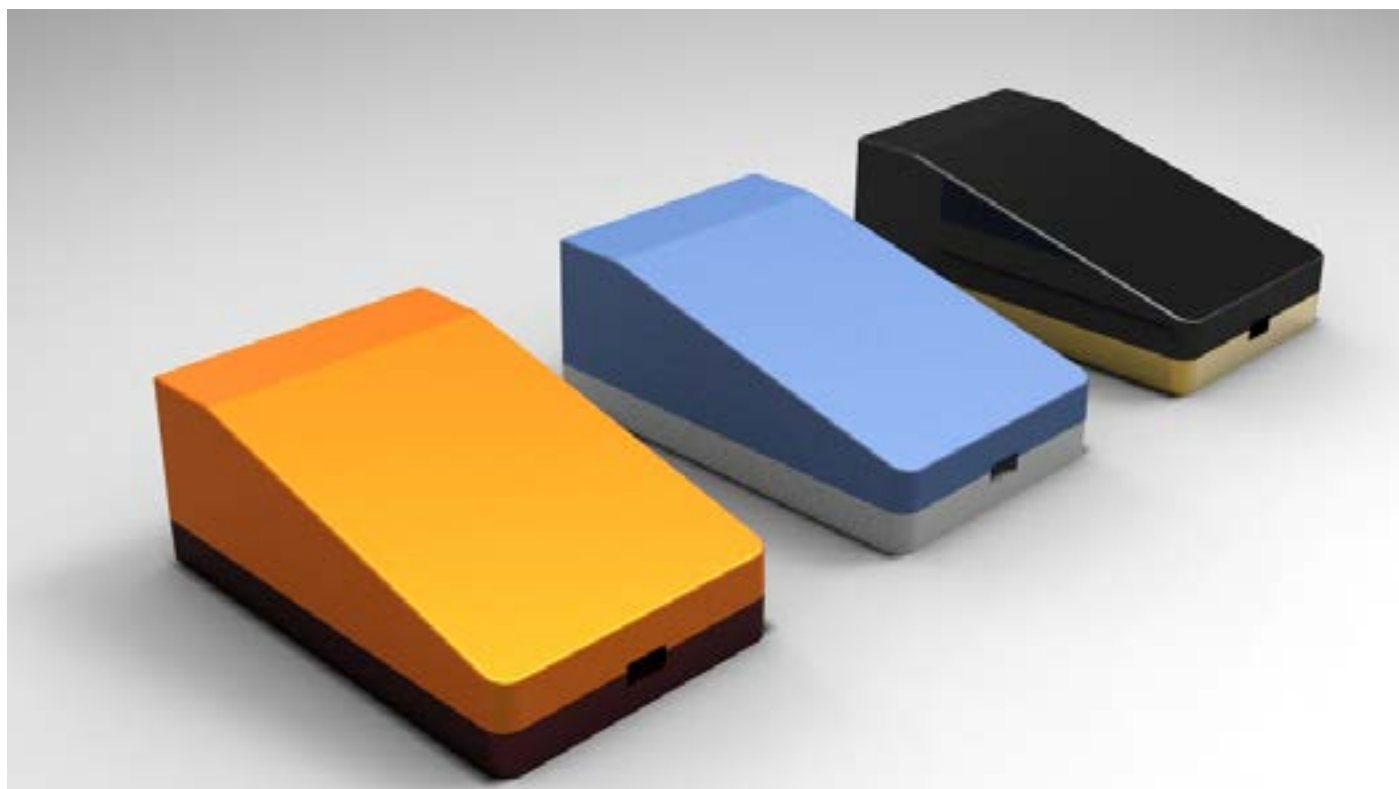


Immagine 5.6. Possibili alternative estetiche di colorazione

Bibliografia

Articoli scientifici

- “A Smart and Passive Floor-Vibration Based Fall Detector for Elderly”; Majd Alwan, Prabhu Jude Rajendran, Steve Kell, David Mack, Siddharth Dalal, Matt Wolfe, Robin Felder
- “Fall Detection of Elderly through Floor Vibrations and Sound”; D. Litvak, Y.Zigel, I. Gannot
- “Accurate, Fast Fall Detection Using Gyroscopes and Accelerometer-Derived Posture Information”; Qiang Li, John A. Stankovic, Mark A. Hanson, Adam T. Barth, John Lach, Gang Zhou
- “SPEEDY: A Fall Detector in a WristWatch”; Thomas Degen, Heinz Jaeckel, Michael Rufer, Stefan Wyss
- “Mapping Kinect-based In-Home Gait Speed to TUG Time: A Methodology to Facilitate Clinical Interpretation”; Erik E. Stone and Marjorie Skubic
- “SmartFall: An Automatic Fall Detection System Based on Subsequence Matching for the SmartCane”; Mars Lan, Ani Nahapetian, Alireza Vahdatpour, Lawrence Au, William Kaiser, Majid Sarrafzadeh
- “Intelligent Sensor Floor for Fall Prediction and Gait Analysis”; Valentine Jideofor, Christina Young, Dr. Manfred Huber, Dr. Gergely Zàruba and Dr. Kathryn M. Daniel
- “Advanced Vibration Sensing with Radar - ADVISER”; Andrzej Peczalski, Kyusung Kim, and Dinkar Mylaraswamy
- “Fall-related factors and risk of hip fracture: the EPIDOS prospective study”; P. Dargent-Molina, F. Favier, H. Grandjean, C. Baudoin, A. M. Schott, E. Hausherr, P. J. Meunier, G. Bréart, for EPIDOS Group
- “Development and evaluation of evidence based risk assessment tool (STRATIFY) to predict which elderly inpatients will fall: casecontrol and cohort studies”; D. Oliver, M. Britton, P. Seed, F. C. Martin, A. H. Hopper
- “Fall detection – Principles and Methods”; N. Noury, A. Fleury, P. Rumeau, A.K. Bourke, G. Ó Laighin, V. Rialle, J.E. Lundy
- “Technologies for an Aging Society: A Systematic Review of Smart Home Applications”; G. Demiris, B. K. Hensel
- “A review of smart homes—Present state and future challenges”; Marie Chan, Daniel Estève, Christophe Escriba, Eric Campoa
- “Active Ageing and Prevention in the Context of Long, Term Care Rethinking Concepts and Practices”; Georg Ruppe
- “User-Centered Design”; Chadia Abras, Diane Maloney-Krichmar, Jenny Preece
- “From User-Centered to Participatory Design Approaches”; Elizabeth B. N. Sanders
- “Measuring disability in older adults: The International Classification System of Functioning, Disability and Health (ICF) framework”; W. Jack Rejeski, Edward H. Ip, Anthony P. Marsh, Michael E. Miller and Deborah F. Farmer
- “The Standard of User-Centered Design and the Standard Definition of Usability: Analyzing ISO 13407 against ISO 9241-11”; Timo Jokela, Netta Iivari, Juha Matero, Minna Karukka
- “Design for Experiencing: New Tools”; Uday Dandavate, Elizabeth B. N. Sanders
- “The World Turns Gray”; Phillip J. Longman
- “Monitoring of human movements for fall detection and activities recognition in elderly care using wireless sensor network: a survey”; Stefano Abbate, Marco Avvenuti, Paolo Corsini and Alessio Vecchio, Janet Light
- “Wireless Sensor Network for Ambient Assisted Living”; Juan Zapata and Francisco J. Fernández-Luque and Ramón Ruiz
- “Design Requirements for a Patient Administered Personal Electronic Health Record”; Rune Fensli, Vladimir Oleshchuk, John O’Donoghue and Philip O’Reilly
- “New Strategies for Technology Products Development in HealthCare”; Maximiliano Romero, Paolo Perego, Giuseppe Andreoni and Fiammetta Costa
- “Evaluation of Microsoft Kinect for screening ACL injury”; Erik E. Stone, Michael Butler, Aaron McRuer, Aaron Gray, Jeffrey Marks, and Marjorie Skubic
- “Smart Home Systems”, raccolta di articoli pubblicata da In-Tech

Brevetti

WO 2009/050285 A1; Active floor mat to monitor sick person; Steenkeste
 WO 2004/047039 A1; Method and device for fall prevention and detection; Fredriksson, Rosqvist
 US 2011/0190667 A1; method and system for the derivation of human gait characteristics and detecting falls passively from floor vibrations; Majd Alwan, Robin A. Felder, Steven W. Kell, Siddharth Dalal
 4, 314, 202; Flexural vibrationsensor with magnetic field generating and sensing ; Okubo

Eventi

“La tecnoassistenza, il servizio sanitario nazionale, l’anziano, l’industria”; convegno organizzato da Italia Longeva, rete nazionale di ricerca sull’invecchiamento e la longevità; Roma 17 Ottobre 2013, Ministero della Salute, Auditorium Biagio D’Alba

Libri

“Il computer invisibile”; Donald A. Norman; Apogeo
 “Introduzione alla cibernetica, l’uso umano degli esseri umani”; N. Wiener; Bollati Boringhieri
 “Piccolo manuale di Arduino, il cuore della robotica fai da te”; Matteo Tettamanzi; Apogeo
 “Processing, a programming handbook for visual designers and artists”; Casey Reas, Ben Fry
 “Design for manufacturability handbook”; James G. Bralla; McGraw-Hill
 “Strumenti e metodi di misura”; Ernest O. Doebelin; McGraw-Hill
 “Interaction design”; Jenny Preece, Yvonne Rogers, Helen Sharp; Apogeo
 “Design e nuove tecnologie : domotica e prodotti intelligenti”; Maximiliano Romero; Harlequin
 “WHO global report on falls prevention in older age”; World Health Organization, 2007
 “Data Mining, metodi informatici, statistici e applicazioni”, Paolo Giudici, McGraw-Hill

Quotidiani e periodici

Mara Accettura, “Medicina 2.0, il medico? È online”, D Repubblica, 25 Maggio 2013
 Giovanni N. Ciullo, “In un mondo che invecchia gli anziani sono il nuovo motore dell’economia. Come consumatori e come risorsa”, D Repubblica, 31 Agosto 2013
 Roberto Schifano, “Rileviamo e misuriamo l’intensità dei terremoti”, Elettronica In, Aprile 2012

Sitografia

<http://interlinks.euro.centre.org/project/output>
<http://designmind.frogdesign.com/blog/aging-in-place-3-early-concept-development.html>
<http://walking.about.com/od/prpedometer/fr/fitbit-review.htm>
<http://www.ageinplacetechnology.com/>
<http://walking.about.com/b/2013/01/03/three-wristband-activity-monitors-to-keep-you-moving.htm>
<http://www.trendhunter.com/trends/healthmonitoring-wristband>
<http://www.cdc.gov/HomeandRecreationalSafety/Falls/index.html>
<http://www.disabilitaincifre.it/documenti/concettodisabilit%C3%A0.asp>
<http://www.operatoresociosanitario.net/infermieristica-per-oss/142-le-cadute-nel-paziente-anziano>
<http://www.operatoresociosanitario.net/elementi-di-medicina/146-il-paziente-anziano>

<http://www.globalaging.org/index.htm>

<http://www.btsbioengineering.com/>

<http://seniorhousingnews.com/>

<http://medical-alert-systems-review.toptenreviews.com/>

<http://www.eskaton.org/>

http://developer.android.com/guide/topics/sensors/sensors_overview.html

<http://www.ageinplacetech.com/blog/philips-lifeline-achieves-passivity-plus-startups-and-trade-associations-emerge>

<http://seniorhousingnews.com/2013/06/02/new-philips-tech-launch-brings-senior-living-providers-into-homes/>

http://it.boschsecurity.com/it/?p_l_id=2530283

<http://www.everon.net/en>

<http://www.careinnovations.com/>

<http://www.gruponeat.com/>

<http://www.thecarephone.com/login.php>