



Ricerca di Sistema elettrico

Studio delle interfacce innovative in grado
di aumentare la usabilità dei sistemi smart
home ed agevolarne l'uso agli utenti fragili

Vincenzo Bonaiuto

TITOLO: STUDIO DI INTERFACCE INNOVATIVE IN GRADO DI AUMENTARE LA USABILITÀ DEI SISTEMI SMART HOME ED AGEVOLARNE L'USO AGLI UTENTI FRAGILI

Autore: Prof. Vincenzo Bonaiuto (Dipartimento Ingegneria Industriale – Università di Roma Tor Vergata)

Novembre 2018

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Piano Annuale di Realizzazione 2017

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

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

Obiettivo: b. Sistemi e servizi smart per edifici

Responsabile del Progetto: Claudia Meloni, ENEA

Il presente documento descrive le attività di ricerca svolte all'interno dell'Accordo di collaborazione "Interfacce innovative in grado di aumentare la usabilità dei sistemi smart home ed agevolarne l'uso agli utenti fragili"

Responsabile scientifico ENEA: Dott. Andrea Zanela

Responsabile scientifico: Prof. Vincenzo Bonaiuto

Indice

SOMMARIO	4
1. INTRODUZIONE	6
2. DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ SVOLTE E DEI RISULTATI	8
2.1. INDAGINE SULLE TIPOLOGIE DI INTERFACCIA UTENTE PER SMART HOME	9
2.1.1. INTERFACCIA VISUALE (GRAFICA / TESTUALE)	9
2.1.2. INTERFACCIA AUDIO (VOCALE).....	10
2.1.2.1. ESEMPI COMMERCIALI DI INTERFACCIA VOCALE: GLI “ASSISTENTI VOCALI”	11
2.1.4. INTERFACCIA GESTUALE	15
2.1.4.1. ESEMPI DI INTERFACCIA GESTUALE: SISTEMI COMMERCIALI E PROTOTIPI DI RICERCA TECNOLOGIA	18
2.1.4.1.1. MICROCHIP TECHNOLOGY'S GESTIC.....	18
2.1.4.1.2. CYBERGLOVE SYSTEM	19
2.1.4.1.1. NON-CONTACT TONGUE GESTURE RECOGNITION	20
2.1.3. INTERFACCIA TATTILE	21
2.1.3.1. ESEMPIO DI REALIZZAZIONE DI UN'INTERFACCIA TATTILE.....	23
2.1.3.2. INTERFACCIE MUSICALI TATTILI SKOOG 2.0 E SKOOGMUSIC SKWITCH	24
2.2. CARATTERISTICHE DI UN SISTEMA DI SMART HOME PER UTENTI FRAGILI	25
2.3. DEFINIZIONE DELLE CARATTERISTICHE DI UNA INTERFACCIA PER UTENTI FRAGILI	25
2.4. MATRICE DI FRUIZIONE.....	26
2.5. APPROFONDIMENTO DELLE INTERFACCE DI TIPO TATTILE	27
2.5.1. INDIVIDUAZIONE DEL DISPOSITIVO TATTILE.....	28
2.5.2. PROGETTO DEL SISTEMA DOMOTICO	30
2.5.3. PROGETTO DI UN'UNITÀ WIRELESS CON INTERFACCIA TATTILE	31
2.6. INTEGRAZIONE DELL'UNITÀ WIRELESS CON INTERFACCIA TATTILE NEL IL SISTEMA DOMOTICO	33
CONCLUSIONI	35
RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	36
CURRICULUM SCIENTIFICO DEL GRUPPO DI LAVORO.....	38

Sommario

Il Dipartimento di Ingegneria Industriale (DII) dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata" ha realizzato una ricerca sulle interfacce innovative in grado di agire sulla usabilità dei sistemi presenti in una *smart home* agevolandone l'uso anche agli utenti con fragilità. L'attività si è articolata nelle seguenti fasi:

1. Analisi sullo stato dell'arte delle diverse tipologie di interfaccia utente presenti nelle tecnologie della *smart home*;
2. Studio degli aspetti che riguardano l'usabilità posta in relazione alle diverse abilità della persona.
3. Approfondimento delle interfacce di tipo tattile

La seguente relazione illustra, in seguito ad una approfondita indagine sulle diverse caratteristiche sia hardware che software di tali sistemi per i dispositivi che sono soliti essere utilizzati all'interno di una *smart home*, lo stato dell'arte sulle varie su sistemi di interfaccia già presenti sul mercato che per quelli in fase di studio nell'ambito della più avanzata ricerca tecnologica. Le diverse interfacce sono state descritte e sono state individuate le caratteristiche che presentano (vantaggi e svantaggi) rispetto alla loro usabilità nei confronti delle diverse disabilità dell'utenza fragile. Per ciascuna delle interfacce sono state poi indicate quelle che sono risultate essere le linee guida per una loro migliore implementazione. Questo aspetto può incidere fortemente su un uso della tecnologia corretto, consapevole ed in condizioni di sicurezza per tutti gli utenti, indipendentemente dal loro stato di salute;

Al termine della relazione è riportato un progetto che prevede la realizzazione di un sistema di interfaccia multimodale con l'uso di sensori di tipo tattile utili a veicolare in modo efficace l'informazione, anche quella di contesto, raccolta dai dispositivi installati nella casa verso utenti con una qualche disabilità legata alla vista. A tal scopo, sono stati analizzati e testati in laboratorio alcuni dispositivi vibratili di facile installazione in grado di veicolare in modo efficace una informazione di contesto ad una persona che potrebbe essere impegnata in attività tali da limitarne l'attenzione o, più in generale, la consapevolezza di trovarsi in una situazione che deve essere valutata perché potenzialmente a rischio. Ad esempio, in uno dei sistemi che sono stati oggetto dei test, è stato possibile applicare una modulazione alla normale vibrazione (che si ha quando è presente una notifica da parte del sistema) in modo da distinguere l'importanza della notifica e poter comunicare eventi importanti quali ad esempio situazione di rischio: vibrazione pulsante a bassa cadenza (rischio potenziale, situazione da esaminare) o ad alta cadenza (rischio concreto, situazione grave).

A valle di questo studio è stata realizzata dal gruppo di ricerca del Dipartimento di Ingegneria Industriale dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata" e dell'ENEA, una matrice di fruizione nella quale ad una data tecnologia è stata associata, in funzione dei diversi profili di esigenze speciali, una specifica interfaccia utente in grado di massimizzarne l'usabilità ed il confort per la persona.

Ciascun utente è, infatti, portatore di esigenze specifiche, di proprie modalità d'uso e di percezione delle tecnologie che sono spesso strettamente legate al proprio stato di salute. Le tecnologie della *smart home* sono realmente utili solo se efficaci perché di facile uso. Questo passaggio avviene grazie all'uso di specifiche interfacce utente capaci di rendere queste tecnologie maggiormente rispondenti alle effettive esigenze e ai bisogni concreti degli individui, anche di quelli con fragilità. I profili di esigenze speciali che sono stati considerati all'interno della matrice sono relativi a difficoltà di tipo fisico (motorio, tremore delle mani), di tipo sensoriale (canale visivo e/o uditivo) e di tipo cognitivo (lieve).

1. Introduzione

Dotare la propria abitazione di un sistema domotico permette di usufruire di nuove *utilities* nella gestione degli impianti domestici e può inoltre aiutare, mediante un uso più razionale, a ridurre i costi dell'energia elettrica. Nell'ambito dell'assistenza nei riguardi di un'utenza "fragile" dove è essenziale uno sviluppo di soluzioni sanitarie accessibili, discrete e di semplice utilizzo, un'abitazione dotata di un sistema domotico potrebbe essere una soluzione efficace. Potrebbe infatti consentire all'anziano (o al disabile) di vivere in sicurezza nella propria abitazione evitando l'uso di strutture sanitarie spesso costose e non in grado di garantire quel livello di tranquillità e benessere dato da ambienti a lui più familiari. Ottenendo quindi notevoli benefici in termini di mantenimento della propria autonomia e consente di migliorare autostima, salute, benessere e dignità.

Il particolare sistema domotico dovrebbe incorporare opportuni sensori medici ed essere dotato di idonei attuatori ambientali che, integrati con sistemi di comunicazione ed elaborazione, siano in grado di consentire un monitoraggio continuo (e da remoto) dello stato di salute dell'utente da parte del personale sanitario. Inoltre, lo stesso sistema può aiutare l'utente nello svolgimento delle proprie attività quotidiane mediante l'utilizzo di funzionalità automatizzate come ad esempio la gestione del sistema di allarme e della gestione degli accessi, il monitoraggio remoto degli elettrodomestici e del sistema di riscaldamento, la gestione dell'illuminazione nonché meccanismi di prevenzione delle cadute e delle emergenze (ad es. sanitarie) [1-9].



Figura 1. Esempio di utility disponibili all'interno di una *smart home*

Un problema, in questo ambito, è però rappresentato dal fatto che molte delle interfacce utente esistenti sul mercato non sono facilmente fruibili, a causa del limitato profitto commerciale rappresentato da tale gruppo di utenti, da parte di anziani o di soggetti disabili. La gestione di un sistema domotico (non specializzato quindi per l'utilizzo da parte di tale tipologia di utenti) è infatti generalmente effettuata utilizzando pannelli o dispositivi portatili (*tablet* o *smartphone*) che fanno uso di interfacce testuali e che, tipicamente, sono basate su tecnologia di tipo *touch*. Il successo nella diffusione di una nuova tecnologia o di un nuovo sistema è strettamente legato alle caratteristiche dell'interfaccia utente utilizzata e che questo è ancora più vero nel caso di utenti che presentano, per patologia, disabilità o solamente per la naturale diminuzione delle proprie capacità dovute all'aumentare dell'età, ridotte capacità di interazione con l'ambiente che li circonda. La scelta di un'opportuna interfaccia risulta, allora, assolutamente determinante garantendo, da parte di intere fasce della popolazione, la possibilità di fruizione o di esclusione dai vantaggi offerti dalla specifica tecnologia.

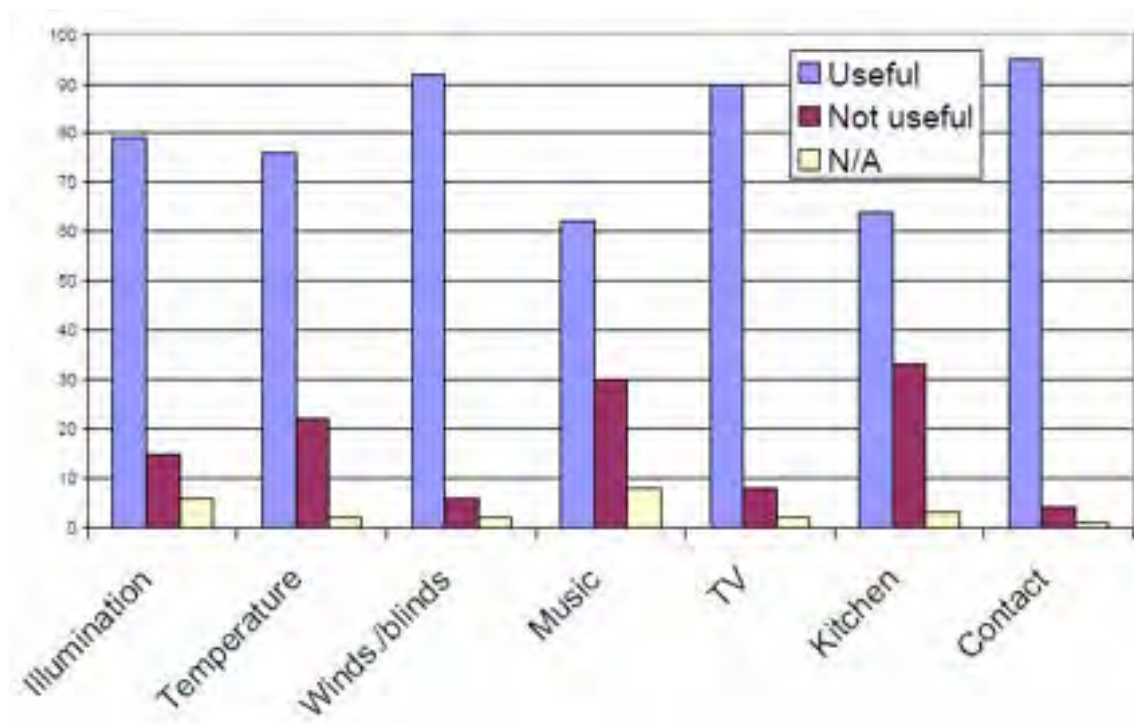


Figura 2. Utilità percepita delle differenti funzionalità di una Smart Home [13].

Un aspetto chiave per lo sviluppo di un'interfaccia utente è rappresentato dalla sua usabilità [10] che, come definito dalla norma ISO, è espresso dal *“grado in cui un prodotto può essere usato da particolari utenti per raggiungere certi obiettivi con efficacia, efficienza e soddisfazione in uno specifico contesto d'uso”* (norma ISO 9241-210:2010 [11]). Di conseguenza, l'obiettivo del ciclo di sviluppo interattivo non deve essere solo

quello di ottenere sistemi pienamente funzionali, ma deve anche riguardare lo sviluppo di sistemi che si adattano alle esigenze, alle aspettative e agli obiettivi degli utenti [12].

In particolare, come riportato da un'interessante indagine [13] effettuata su un campione di utenti anziani, si può vedere come, in generale, ciò che viene maggiormente richiesto da un sistema domotico è che esso sia personalizzabile, amichevole e facile da usare ma soprattutto viene apprezzata la sua proattività. Inoltre, (Fig.2) è possibile osservare come la gran parte delle caratteristiche sopra descritte verrebbero ampiamente accettate dall'utenza: accesso dall'esterno della casa (52%), promemoria per gli utenti (91%), posizione dell'utente all'interno della casa (59%), personalizzazione (58%), gestione delle chiamate di emergenza (84%).

Sullo stesso gruppo di potenziali utenti è stata effettuata, nello stesso studio, un'indagine sul comportamento in caso di fraintendimento da parte del sistema dei comandi impartiti. Le indicazioni fornite dal campione sono state:

- ripetizione del comando fino a quando il sistema non lo avesse ricevuto correttamente (nella maggior parte dei casi)
- abbandono della sessione e chiusura del sistema

Questo mostra, in modo evidente, quelle che sono le difficoltà che si possono incontrare nello sviluppo di un sistema di dialogo dedicato ad utenti anziani in quanto, probabilmente anche a causa di un'intrinseca sfiducia in una tecnologia che non sono in grado di comprendere fino in fondo, non si fiderebbero di esso in caso di fallimento (il 5% del campione intervistato ha dichiarato che non vorrebbe mai più utilizzare il sistema in caso di errore).

Il problema principale risulta quindi essere riuscire a definire un'interfaccia che risulti fruibile da parte dell'utenza a cui è indirizzata e quindi non solo per quello che riguarda la sua usabilità (es. lettere sufficientemente grandi, buon contrasto, ecc.) ma che sia anche facile da utilizzare e sufficientemente intuitiva. Questo è l'ambito delle ricerche su *Human-Machine Interface (HMI)*.

2. Descrizione delle attività svolte e dei risultati

L'attività svolta dal DII nel secondo anno ha riguardato l'approfondimento, sulla base delle indicazioni emerse nel corso del primo anno, delle caratteristiche delle diverse tipologie di interfacce utente che meglio siano in grado di agire sull'usabilità dei sistemi di una *smart home* da parte di utenti fragili. In particolare, sono state individuate quelle che sono le linee guida che rendono tali interfacce non solo fruibili ma anche accettate da parte di tale gruppo di utenti. È stato inoltre analizzato lo stato dell'arte nel settore, sia su dispositivi

disponibili sul mercato che su altri ancora in fase di studio nell'ambito della ricerca tecnologica, differenziandoli sia per tipologia che per approccio con l'utilizzatore.

2.1. Indagine sulle tipologie di interfaccia utente per *smart home*

L'indagine ha voluto analizzare lo stato dell'arte su interfacce uomo-macchina con particolare riguardo a quelle utilizzabili nel controllo dei servizi all'interno di una *smart home*. Nei successivi paragrafi verranno riportate le principali caratteristiche di ciascuna tipologia di interfaccia individuata insieme ai relativi pregi e difetti nel loro utilizzo da parte di utenti che presentano specifiche ridotte capacità sensoriali insieme a qualche indicazione che deve essere tenuta in considerazione nel progetto (linee guida).

2.1.1. Interfaccia visuale (grafica / testuale)

La vista rappresenta il canale principale per acquisire informazioni dall'ambiente circostante. Quella visuale è quindi una tipologia di interfaccia che è ben accettata dalla maggior parte dell'utenza ma il suo progetto può risultare particolarmente delicato nel caso si voglia prevedere il suo utilizzo da parte di persone con problemi visivi (parziale riduzione delle capacità visive).

Nel progetto dell'interfaccia, ed in particolare nella cura del suo aspetto grafico, si raccomanda, inoltre, di osservare i *principi di organizzazione percettiva di Gestalt* ("similarità", "continuità", "chiusura", "prossimità", "soggetto e sfondo"), che possono fornire utili spunti progettuali basati sulle abilità percettive umane [18].

In particolare si dovrà fare in modo che:

- Lo schermo sia sufficientemente ampio (es. superiore a 10")
- Gli oggetti principali devono essere evidenziati e presentare una dimensione tale da essere facilmente individuati
- I colori utilizzati presentino contrasto elevato
- Quando il colore risulta necessario per veicolare l'informazione è necessario utilizzare, ad esempio, opportune figure per agevolare quegli utenti che presentano difficoltà nel distinguere e differenziare i colori
- Le schermate non siano eccessivamente strutturate (pochi e semplici comandi)
- I colori del testo e dello sfondo siano opportunamente scelti (es. evitare il colore blu per elementi chiave e preferire nero con uno sfondo bianco)

- La dimensione del testo ed il font utilizzato sia tale da permettere una facile lettura (es. Arial con dimensione maggiore di 12 pixel)
- Preferire, rispetto a mouse o *track ball*, sistemi con schermi dotati di tecnologia di tipo “touch” (sempre con schermi di dimensioni superiori ai 10”)
- Non posizionare sullo schermo un numero eccessivo di oggetti
- Non implementare operazioni per le quali sia necessario realizzare il “doppio click”
- Evitare la necessità del trascinamento di oggetti sullo schermo e, eventualmente, fare in modo che l’operazione possa essere realizzata mediante l’uso di pulsanti virtuali.



Figura 3. Esempi di interfacce utente utilizzabili da utenti fragili [35].

2.1.2. Interfaccia audio (vocale)

Le interfacce vocali rappresentano la possibilità di interagire con la macchina mediante l’utilizzo di comandi vocali (operazione una volta considerata assolutamente fantascientifica). La tecnologia di riconoscimento vocale ha oggi raggiunto un elevato livello di maturità (è una caratteristica presente in molti computer e dispositivi mobili), dipende dal numero e dal tipo dei sensori (microfoni omnidirezionali) che vengono utilizzati e presenta l’indubbio vantaggio di non costringere l’utente ad essere fisicamente in un luogo specifico (es. con una tastiera di fronte ad un monitor) per poter operare con il sistema. Inoltre, l’utente è in grado di interagire con la macchina utilizzando il linguaggio naturale e non è quindi in genere richiesto l’apprendimento di alcuna procedura particolare. Si tratta di un settore che è sicuramente molto promettente sia per quanto riguarda gli sviluppi negli algoritmi per il riconoscimento vocale che per il continuo perfezionamento del tasso di riconoscimento dei comandi.

Da alcuni studi disponibili in letteratura, sulla tecnologia audio applicata all'interno di una *smart home* e che hanno riguardato il riconoscimento vocale e del suono oltre che la sintesi vocale, l'interesse mostrato da parte di utenti anziani è risultato notevole ad esempio nell'utilizzo per l'attivazione della chiusura o apertura di finestre e tapparelle, nonché per gestire la televisione e la radio. Da tali studi è anche risultato che il 95% degli utenti continuerebbe ad utilizzare il sistema anche in caso di fraintendimento del comando [19].

Per quanto riguarda le interazioni "macchina-uomo" l'uso di tale interfaccia permette all'utenti di ricevere istruzioni o indicazioni da parte dell'applicazione e, per questo motivo, è importante che esso sia in grado di regolare il volume al livello desiderato.

La modalità vocale è raccomandata per i pazienti con problemi di visione e di movimento mentre presenta notevoli problemi in caso di soggetti con problemi uditivi e non è consigliata in caso di problemi cognitivi acuti.

Dagli studi presenti in letteratura sono emerse una serie di linee guida che è opportuno vengano seguite affinché questa modalità sia utilizzabile con qualche successo. Queste includono [20]:

- La voce sia emessa ad un livello adeguato (considerare che una persona anziana potrebbe richiedere un livello di almeno 85 dB o superiore).
- Utilizzare una voce femminile per veicolare le istruzioni all'utente.
- Consentire agli utenti di configurare la frequenza e il volume di tutti i segnali acustici compresi quelli di allarme.
- Implementare istruzioni brevi e concise.
- Per i casi in cui le istruzioni sono opzionali, si consiglia di prevedere al massimo quattro opzioni.
- Prevedere, ove possibile, l'utilizzo di sottotitoli nel caso sia necessario veicolare un messaggio importante.
- Il feedback sulle azioni eseguite dall'utente potrebbe essere realizzato mediante l'emissione di suoni che dovranno essere preferibilmente brevi e intervallati da opportune pause.

2.1.2.1. Esempi commerciali di interfaccia vocale: gli "assistenti vocali"

Sono noti in commercio come "assistenti vocali" e i sistemi più diffusi in commercio sono *Siri* della Apple, *Cortana* di Microsoft, *Alexa* sviluppato da Amazon e *Google Assistant* utilizzato dalla piattaforma Google. Si tratta di software che funzionano su computer o dispositivi mobili (tablet o smartphone) provvisti di altoparlanti e microfono oppure utilizzando degli "*smart speaker*" (es. in Fig.4) [43]. Il principio di

funzionamento è simile per tutti e quattro i sistemi: il software rimane in ascolto di una parola chiave per attivarsi (es. “ok Google” per *Google Assistant*). Una volta riconosciuta la parola chiave (il riconoscimento viene effettuato in locale), il sistema procede a registrare la voce dell'utente e la invia, tramite la rete internet ad un server specializzato (occorre però preventivamente selezionare la lingua in cui viene inviato il comando). Questo provvede all’elaborazione del segnale vocale e all’interpretazione del comando ricevuto. A questo punto, in funzione del comando, il server invierà, sempre attraverso la rete internet, al software residente sulla piattaforma locale:

- le informazioni che verranno “lette” all'utente (es. condizioni meteorologiche)
- riproduzione multimediale di un brano musicale o di un filmato
- eseguire, mediante opportuno attuatore, le attività richieste (es. accensione di una luce)



Figura 4. Smart Speaker: a) Amazon Echo e b) Google Home

Rispetto ai precedenti sistemi a comando vocale, gli assistenti vocali si differenziano in quanto essendo sempre connessi alla rete Internet, sono in grado di riconoscere un maggior numero di comandi. I precedenti sistemi erano spesso “*user dependent*” nel senso che si basavano su un elenco inferiore di comandi e risposte “integrati” all’interno dell’elaboratore e dovevano, inoltre, essere addestrati sulla voce del utilizzatore. Il sistema di elaborazione centralizzato (sicuramente più potente e complesso e soprattutto in continuo aggiornamento) che hanno a disposizione questi ultimi sistemi è in grado di rispondere a un numero molto maggiore di comandi e domande. Inoltre, assistenti vocali possono sfruttare i recenti progressi

nell'elaborazione del linguaggio naturale (linguistica computazionale) che permettono loro di produrre in modo veloce le risposte corrette.



Figura 5. Schema a blocchi di un tipico funzionamento di assistente vocale in commercio.

Ognuno di questi sistemi pur possedendo proprie caratteristiche personali, presenta le medesime funzioni principali degli altri (il principio di funzionamento è illustrato in Fig 5).

Esempi che illustrano meglio più le funzioni di base comuni a tutti i sistemi sono:

- inviare e leggere messaggi di testo
- effettuare chiamate telefoniche
- inviare e leggere messaggi di posta elettronica
- rispondere ad alcune domande di base (es. "Che ore sono? , Quale è la distanza Roma-Milano?")
- impostare timer e inserire appuntamenti nella propria agenda
- impostare promemoria
- eseguire calcoli matematici di base
- controllare la riproduzione multimediale da servizi connessi (es. Amazon, Google Play, iTunes, Pandora, Netflix, Spotify, ecc.)
- raccontare barzellette e storie

- gestire i dispositivi abilitati all' IoT (dotati ad esempio di interfaccia Wi-Fi) come, ad esempio, termostati, luci, allarmi anti-intrusione, serrature, ecc.;

Puoi regolare l'intensità delle luci e accenderle o spegnerle e altro ancora. Scopri i partner dell'Assistente Google che puoi utilizzare per controllare ciò che ti circonda semplicemente grazie alla tua voce.

Per:	Di "Ok Google", quindi...
Accendere/spegnere una luce	"Accendi <nome luce>"
Diminuire l'intensità di una luce	"Diminuisci l'intensità di <nome luce>"
Aumentare l'intensità di una luce	"Aumenta l'intensità di <nome luce>"
Impostare l'intensità della luce su una specifica percentuale	"Imposta <nome luce> al 50%"
Diminuire/aumentare l'intensità delle luci di una specifica percentuale	"Diminuisci/aumenta l'intensità di <nome luce> del 50%"
Modificare il colore di una luce	"Colora <nome luce> di verde"
Accendere/spegnere tutte le luci di una stanza	"Accendi/spegni le luci in <nome stanza>"
Accendere/spegnere tutte le luci	"Accendi/spegni tutte le luci"

Figura 6. Esempio di sequenza di comandi per il Google Assistant [36].

Oltre a questi compiti definiti di base, gli assistenti vocali possono aggiungere altre funzionalità che sono in grado di espandere le proprie capacità interagendo con altri programmi presenti sulla piattaforma utilizzando comandi vocali. Ad esempio è possibile prenotare un taxi, ordinare un drink utilizzando i dati personali per il pagamento memorizzati sul sistema.

È possibile, in genere, programmare delle sequenze di comandi per automatizzare alcune "procedure" all'interno della propria abitazione. Ad esempio, inviando un particolare comando all'assistente vocale, (es. "buongiorno") potrebbe essere possibile l'avvio di un numero di azioni utili ad accelerare la routine mattutina dell'utente: accendere la caffettiera, leggere le notizie e gli eventi del calendario, aprire la porta del garage e avviare la macchina, quindi bloccare le porte, armare l'allarme e regolare il termostato dopo che gli occupanti hanno lasciato la casa per la giornata.

Il numero di utenti di questi sistemi è in continuo aumento anche considerando che il numero di oggetti che supportano comandi vocali è in continua crescita e i produttori di dispositivi IoT (Internet of Things) tendono a rilasciare continuamente nuovi prodotti che sono interfacciabili con tali sistemi a comando vocale. L'assistente vocale fornisce semplicemente il bridge che consente agli utenti di impartire comandi verbalmente piuttosto che tramite un'app.

Volendo ripercorrere la storia di questi sistemi, possiamo ricordare come il sistema sviluppato da Apple (Siri) sia quello più antico: è stato infatti rilasciato come nel 2010 e integrato all'interno del sistema operativo iOS nel 2011. La Microsoft è entrata nel mercato due anni dopo (nel 2013) rilasciando il proprio sistema (Cortana) e, nel 2014, anche Amazon ha rilasciato il sistema Alexa insieme al suo *Echo Home Speaker* (Fig. 4a) [45]. Nel 2016 è stato invece rilasciato da parte di Google il suo sistema *Google Assistant* insieme al suo altoparlante *Google Home* (Fig. 4b); quest'ultimo è anche incorporato nell'app distribuita da Google per gli *smartphone* basati su sistema operativo Android.

2.1.4. Interfaccia gestuale

Le interfacce di tipo gestuale, che hanno recentemente avuto un grande sviluppo commerciale (come ad esempio Microsoft's Kinect sensor [30]), sono nate nel settore dei videogiochi dove il corpo dell'utente agisce da controller per il gioco. Oggi, l'uso di tali interfacce si è notevolmente diffuso e, anche nei comuni *smartphone*, sono disponibili app che, sfruttando la fotocamera presente sul dispositivo, sono in grado di effettuare il riconoscimento gestuale.

È possibile suddividere il riconoscimento dei gesti in tre principali categorie:

- a) Riconoscimento dei gesti delle mani
- b) Riconoscimento delle espressioni del volto
- c) Riconoscimento della lingua dei segni

Esistono poi diverse metodologie per il riconoscimento dei gesti e che prevedono la sua acquisizione attraverso le seguenti modalità [37]:

- a) Guanto strumentato (wired glove o anche "dataglove" o "cyberglove")
- b) Telecamere stereo
- c) Telecamere speciali per la misura della distanza
- d) Radar

Guanto strumentato: è un dispositivo di input per l'interazione uomo-computer che viene indossato come un guanto ed è in grado di rilevare il movimento delle dita e della mano (Fig. 7a).

Telecamera stereo: è un sistema che dispone di due telecamere posizionate ad una distanza prefissata (Fig. 7b) ed è in grado di acquisire le due immagini simultaneamente e consentendole di emulare la visione binoculare umana. Il sistema ha la possibilità quindi di catturare immagini tridimensionali.



a)



b)

Figura 7. a) Cyberglove II™ (CyberGlove Systems LLC) [38], b) ZED camera (Stereolabs Inc.) [39]

Telecamere speciali per la misura della distanza: utilizzano il metodo, ad esempio, della misura del tempo di volo (ad esempio proiettando un pattern di luce infrarossa 3D in una scena), per la costruzione di una mappa di profondità dell'immagine acquisita, e utilizzano questi dati per realizzare una rappresentazione 3D di essa.

Radar: con la tecnologia radar è possibile rilevare con precisione i minimi movimenti delle mani e delle dita. Questo rende possibile il controllo di un dispositivo senza toccarlo.

Le interfacce gestuali sono generalmente considerate di facile e naturale utilizzo e risultano di facile e veloce apprendimento: le persone sono abituate, nella vita sociale quotidiana, ad esprimersi e interagire con gli altri attraverso gesti [31-32]. Esse rappresentano quindi una modalità di interazione vantaggiosa per le persone anziane o diversamente abili. Inoltre, possono rivelarsi molto utili per “fare breccia” nei confronti di tutti quegli utenti che, fino ad ora, hanno mostrato una qualche resistenza nell'adottare altre interfacce di tipo classico in quanto da essi percepite come eccessivamente tecniche e difficili da usare.

Tra gli svantaggi che può presentare l'utilizzo di tale interfaccia da parte di persone anziane è relativa alla loro ridotta attitudine fisica dovuta, fra l'altro, ad una riduzione delle capacità cognitive, percettive e motorie. Queste ultime comportano ridotte capacità di movimento con movimenti più lenti, meno forza ed un controllo motorio meno preciso. Le interazioni gestuali di un'interfaccia studiata per gli utenti più anziani

dovrebbero, pertanto, essere attentamente progettate onde evitare affaticamento e non dovrebbero richiedere controllo motorio troppo preciso [33]. D'altra parte, dal momento che, per funzionare, le interazioni gestuali in aria richiedono un certo grado di attività fisica, è probabile che questo comporti un impatto positivo sulla salute di tali utenti anche considerando che l'intensità dell'attività fisica richiesta dall'interfaccia è piuttosto limitata (generalmente l'utente è seduto e posizionato di fronte alla macchina). Inoltre, utenti diversi generalmente eseguono gli stessi gesti in modo diverso, causando difficoltà nell'identificazione da parte dei software, di conseguenza è necessario che il sistema venga addestrato sull'utente. Inoltre, è possibile che il riconoscimento non possa avvenire modo accurato a causa di fattori quali illuminazione insufficiente, rumore di fondo elevato, ecc. e quindi è possibile che, in tali (anche se sporadici) casi, il sistema non sia in grado di riconoscere il gesto eseguito dall'utente. Questo, per quanto affermato nei precedenti paragrafi, può creare frustrazione nell'utente.

Da quanto riportato in letteratura [34], sia per quanto riguarda le attività di navigazione che per quelle di selezione, questa tipologia di interfaccia mostra una percentuale di successo in modo indipendente dal livello fisico dell'anziano, indicando che le malattie tipicamente riscontrate su soggetti anziani non compromettono l'interazione dei gesti in aria. Le interazioni gestuali della mano in aria sembrano quindi essere un metodo appropriato per realizzare il controllo di un'interfaccia tecnologica da parte di utenti anziani che la trovano, generalmente, divertente da utilizzare e facile da imparare.



Figura 8. Esempio di linguaggio dei segni

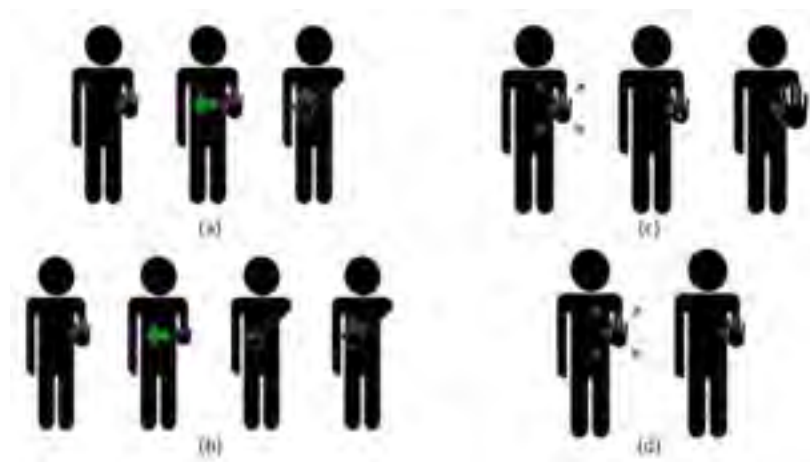


Figura 9. Esempi di gesti per la navigazione su una pagina: a) Swipe, b) Grab e Drag e per la selezione di un oggetto: c) Point e Push, d) Point e Hold [37]

Sono inoltre disponibili alcuni tipi di software per il riconoscimento dei gesti (Fig.8) che sono in grado di trascrivere in un testo i simboli rappresentati attraverso la lingua dei segni.

Tra le linee guida utili alla definizione del progetto è possibile ricordare di:

- Realizzare comandi con gesti semplici (soprattutto per le interfacce dedicate agli utenti più anziani e per coloro che, in generale, presentano problemi motori)
- Per le attività di navigazione:
 - il gesto Swipe risulta in genere semplice da realizzare (Fig.8a);
 - il gesto Grab e Drag risulta invece più complesso da effettuare (richiedendo maggiore precisione e controllo) (Fig.8b);
- Per le attività di selezione:
 - il gesto di Point and Hold consente selezioni accurate e veloci ed è facile da eseguire (Fig.8d);
 - il gesto di Point and Push è facile da eseguire ma è meno preciso del precedente (Fig.8c).

2.1.4.1. Esempi di Interfaccia gestuale: sistemi commerciali e prototipi di ricerca tecnologia

2.1.4.1.1. Microchip Technology's GestIC

Tra le interfacce utente per il riconoscimento dei gesti disponibili sul mercato è interessante questa recentemente sviluppata da *Microchip Technology Inc* [40]. e basata su una tecnologia di tipo innovativo. Il

sistema proposto è basato su un circuito integrato dedicato (MGC3130), che è in grado di rilevare una serie di movimenti di base e che può essere aggiornato in fasi successive per integrare o migliorare le prestazioni e, eventualmente, aggiungere nuovi algoritmi di rilevamento del movimento.

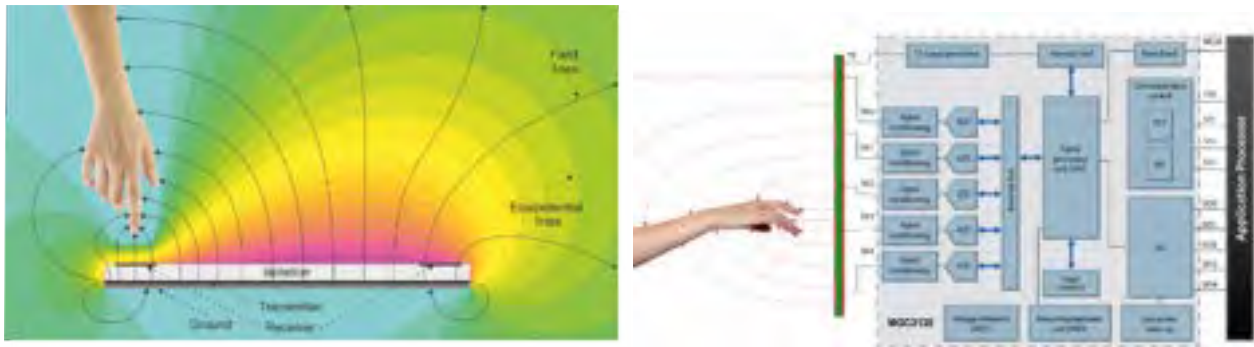


Figura10. GestIC Technology Colibri Gesture [40]

Il sistema sfrutta l'interazione tra le mani e un campo elettrico appositamente generato: in questo modo, quando le mani interferiscono con le linee di campo, si produce una variazione nella distribuzione di questo viene rilevato; tale variazione viene rilevata dal dispositivo che riesce, in questo modo, a riconoscere il movimento effettuato dall'utente (*GestIC Technology Colibri Gesture*).

2.1.4.1.2. CyberGlove system

È un guanto dotato di un sistema di acquisizione wireless per il riconoscimento di movimento della mano. Sfrutta una tecnologia proprietaria che, misurando la variazione di sensori di curvatura di tipo resistivo è in grado di rilevare in tempo reale, mediante un apposito software (VirtualHand SDK™) e in modo accurato i movimenti delle dita e della mano. Il guanto monta fino a 22 sensori di cui tre di flessione per ciascun dito, quattro di abduzione, uno per l'arco palmare e gli altri per la misura della flessione e dell'abduzione del polso. Il materiale con cui sono realizzati i guanti e la tipologia di sensori utilizzati garantiscono l'assoluta libertà di movimento della mano (digitare, scrivere e afferrare facilmente gli oggetti).



Figura 11. Cyberglove II™ (CyberGlove Systems LLC) [38].

Molte applicazioni richiedono la misurazione della posizione e dell'orientamento dell'avambraccio nello spazio. Per ottenere ciò, sono disponibili i dispositivi di montaggio per i sensori di rilevamento del movimento di sei gradi di libertà (DOF) di InterSense, Polhemus e Ascension. I sensori di localizzazione non sono inclusi nel sistema base di CyberGlove II, ma sono disponibili come opzione e supportati nel software VirtualHand.

2.1.4.1.1. Non-contact Tongue Gesture Recognition

I movimenti della lingua sono una modalità chiave per la comunicazione aumentativa e alternativa (CAA) nei pazienti che soffrono di disturbi del linguaggio e paralisi di tutto il corpo. I sistemi utilizzati per il riconoscimento dei gesti della lingua sono, tuttavia, altamente invasivi. Sono infatti generalmente basati su sensori di tipo magnetico che vengono integrati all'interno di protesi dentarie o mediante sensori elettromiografici (EMG). Entrambe le soluzioni risultano, a lungo termine, troppo fastidiose da parte del paziente. Questo sistema (*Tongue-n-Cheek*), sviluppato dall'Università del Maryland [41], è in grado di rilevare i movimenti della lingua usando una serie di micro-radar che agiscono come sensori di prossimità in grado di riconoscere movimenti dei muscoli della lingua. Questi sensori (tre micro-radar) sono fissati su un supporto attaccato ad un casco e posto di fronte alla bocca (Fig.10). Le prestazioni del sistema risultano essere molto interessanti in quanto questo riesce, usando un algoritmo appositamente sviluppato, ad ottenere un tasso di riconoscimento di circa il 95% con una latenza sufficientemente contenuta.



Figura12. Tongue-n-Cheek System (Università del Maryland) [41]

2.1.3. Interfaccia tattile

I sistemi tattili indossabili (haptic wearable) sono dispositivi in grado di interagire con la pelle direttamente o attraverso l'abbigliamento e che possono essere utilizzati normalmente anche al di fuori di un laboratorio.

È noto come la pelle umana possa essere considerata un recettore per veicolare informazioni [21]. Sensazioni cutanee come la pressione, le vibrazioni e l'elasticità sono in grado di rilevare messaggi tattili e inviarli al cervello attraverso i nervi afferenti. In particolare, è possibile definire come "tattile" (*haptic*) tutto quello che riguarda il senso del tatto e che include vibrazioni, rugosità, temperatura, dolore, forza e sensazioni propriocettive. L'utilizzo di *haptic wearable* sembra essere, da numerosi studi, una valida soluzione per veicolare informazioni verso (e da) soggetti con ridotte (parziali o totali) capacità sensoriali [22].

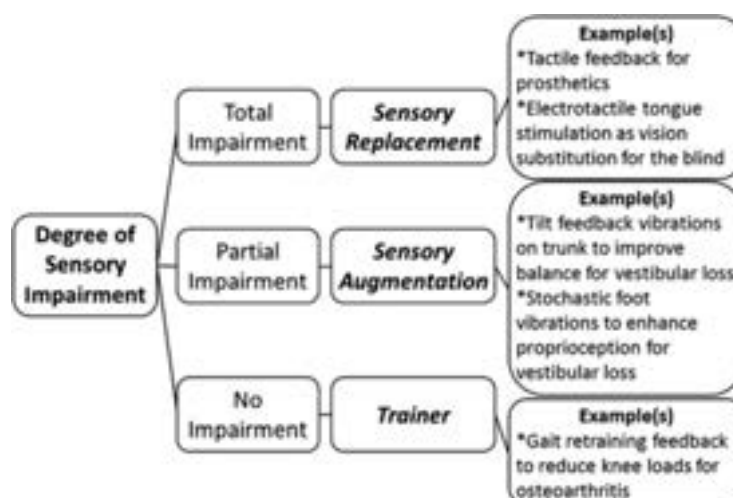


Figura 13. Applicazioni *haptic wearable* classificate per grado di compromissione sensoriale [22].

Questi sistemi sono utilizzati sia in presenza di (Fig.13) una menomazione sensoriale totale che in presenza di menomazione sensoriale parziale o, anche, a scopo riabilitativo. Si parla di una perdita sensoriale totale quando la funzione sensoriale è completamente persa, spesso a causa di recettori o sistemi sensoriali danneggiati, disfunzionali o del tutto mancanti come appunto avviene per soggetti non vedenti e per gli amputati. Siamo invece in presenza di soggetti con una perdita sensoriale parziale quando questi ricevono informazioni sensoriali incomplete derivanti da segnali sensoriali rumorosi e degradati conseguenza di vecchiaia, malattia o lesione. Nel caso di uso in riabilitazione non siamo in presenza di una effettiva riduzione delle capacità sensoriali e tali dispositivi vengono utilizzati come supporto al percorso riabilitativo [23-25].



Figura 14. Solette con dispositivi di vibrazione per supporto alla deambulazione per i non vedenti. [22].



Figura 15. Esempio di stimolazione tattile applicata alla lingua per fornire un feedback sull'inclinazione della testa in soggetti con perdita di equilibrio vestibolare. [22].

Sono in genere di facile installazione e, per quanto riguarda il loro posizionamento sul corpo umano al fine di ottenere una migliore ricezione degli stimoli esistono diversi studi nei quali sono state esaminate diverse

possibilità. Ad esempio, il posizionamento sulla punta delle dita, a causa dell'alta densità dei meccanorecettori, fornisce sicuramente una risposta molto efficace. Un posizionamento, invece, in altre posizioni del corpo umano dove la sensazione tattile è relativamente meno utilizzata nella vita comune (es. sul braccio o sulle gambe) dove è presente una densità inferiore di meccanorecettori, potrebbe sembrare, da questo punto di vista, meno interessante. Tuttavia, occorre considerare che l'occupare le mani con un sensore e/o attuatore potrebbe essere di ostacolo nei movimenti dell'utente e, confortati dalla letteratura [22], si vede come la ridotta sensazione tattile potrebbe essere superata efficacemente mediante opportuni processi di apprendimento. Un approfondimento su questo aspetto, volendo utilizzare tale tipologia di interfaccia all'interno di un sistema domotico, è stato effettuato nel corso della sperimentazione. Questo al fine di valutare il migliore posizionamento del dispositivo per ottenere la massima efficacia nella trasmissione dell'informazione e ridurre al minimo i disagi.

La sensazione tattile, secondo alcune indagini, è la modalità preferita da parte degli utenti quando implementata sui dispositivi mobili. È infatti sufficientemente diretta ed è in grado di fornire un buon feedback. La sua usabilità con utenti con problemi di visione, udito e cognitivi, risulta essere molto alta anche se, ovviamente, questo dipende molto anche dal design dell'interfaccia stessa. Le interfacce tattili non sono invece raccomandate per utenti con problemi motori. Tra le linee guida c'è la possibilità di inserire una modulazione del segnale per veicolare informazioni [44].

2.1.3.1. Esempio di realizzazione di un'interfaccia tattile

Un display tattile è stato sviluppato presso il HIR (Haptic Interface Research) Laboratory della Purdue University (Fig. 16a). Il sistema del display tattile è costituito da nove motori a vibrazione e dal relativo circuito di driver. I motori realizzano un array 3x3 e sono fissati al tessuto dello schienale di una sedia da ufficio di tipo standard mediante elastici e posti ad una distanza fra loro pari a 8 cm. Ognuno dei motori è stato inoltre modificato utilizzando un diffusore magnetico piatto da 40 mm di diametro (FDK Corp., Giappone) con una massa aggiuntiva per abbassare il valore della frequenza di risonanza e aumentare il guadagno a tale valore di frequenza. I motori sono controllati da un apposito sistema di controllo mediante (Fig. 16b). I motori vengono pilotati per ottenere una vibrazione nell'intervallo 250-300 Hz che è l'intervallo di frequenza in cui l'uomo ha una sensibilità alla stimolazione. L'intensità della vibrazione è regolata in modo tale che il segnale possa essere percepito senza problemi anche attraverso gli indumenti, mentre la durata e l'intervallo fra gli impulsi possono essere controllati dal sistema di controllo (realizzato con PIC16C84 – Microchip).

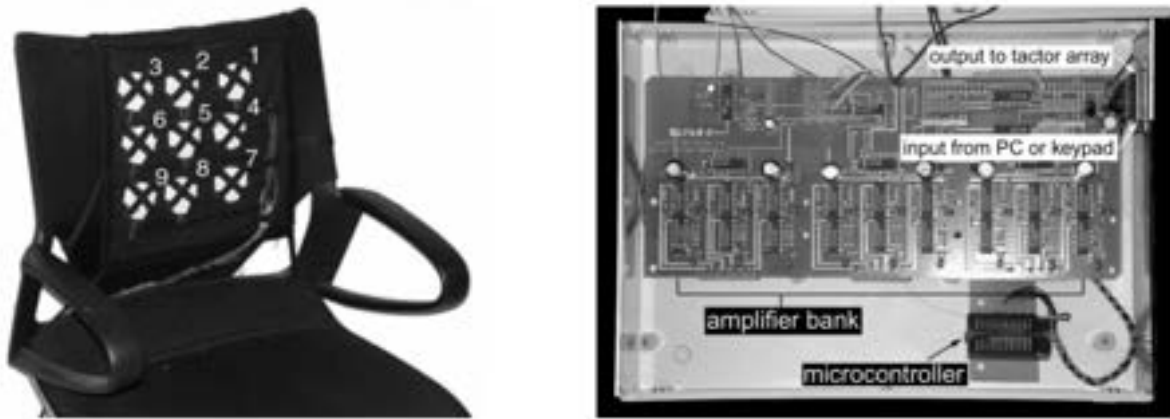


Figura 16. a) Display tattile sviluppato presso l'HIR Lab della Purdue University, (b) il sistema di controllo [42].

2.1.3.2. Interfacce musicali tattili Skoog 2.0 e Skoogmusic Skwitch

Sono interfacce che realizzano un'interazione uomo-macchina e sono, in questo caso, dedicate all'intrattenimento musicale. Skoog 2.0 e Skoogmusic Skwitch sono interfacce che permettono, senza alcun particolare addestramento, di comporre brani musicali semplicemente mediante l'uso di alcuni pulsanti (uno solo nel caso del Skoogmusic Skwitch). Il loro funzionamento è simile a quello di un dispositivo MPE o MIDI di tipo avanzato. La posizione e la differente intensità della pressione sui pulsanti permette di modellare il suono. Si può collegare in modalità wireless con un dispositivo Mac e interfacciarsi con le più comuni app di intrattenimento musicale come ad esempio GarageBand, Logic o qualsiasi altra app MPE o Audiobus compatibile.



Figura 17. Interfaccia musicale tattile Apple Skoog 2.0 e Apple Skoogmusic Skwitch

2.2. Caratteristiche di un sistema di smart home per utenti fragili

Da un'analisi preliminare sulle caratteristiche e la tipologia di servizi che dovrebbe possedere un sistema di *smart home* per utenza "fragile" è sicuramente necessario includere il controllo di illuminazione, apertura delle finestre e gestione di elettrodomestici e riscaldamento. Inoltre, oltre a quelli elencati che dovrebbero coprire i servizi che possono essere ritenuti essenziali, il sistema dovrebbe includere anche alcune funzionalità di intrattenimento (es. il controllo e la programmazione della TV) oltre alla gestione delle comunicazioni con l'esterno come ad esempio poter fornire un supporto per fare telefonate o permettere, sempre mediante il telefono, la gestione remota di alcuni impianti della casa (es. riscaldamento o impianto di antifurto).

2.3. Definizione delle caratteristiche di una interfaccia per utenti fragili

L'obiettivo che si vuole raggiungere non è relativo esclusivamente a massimizzare le capacità, di un dato sistema di *smart home*, di svolgere in modo ottimale determinati compiti, ma riguarda in particolar modo rendere efficiente l'interazione fra utente e sistema. A questo scopo, le interfacce multimodali [14-15], studiate nell'ambito della *Human Computer Interaction* (HCI), sembrano essere quelle che meglio si prestano allo scopo. In particolare, un'interfaccia multimodale ha come obiettivo quello di migliorare la comunicazione uomo-macchina mediante il coinvolgimento di più di un canale percettivo così come accade anche nelle comunicazioni umane dove vengono stimolati più sensi contemporaneamente. E questo sembra essere tanto più utile nel caso di utenti che presentano disabilità (o ridotte capacità) sensoriali [16].

È però opportuno, a questo punto, fare una distinzione fra operazioni di input (comunicazione uomo-macchina) e operazioni di output (comunicazione macchina-uomo), cioè nel modo in cui un utente veicola i comandi alla macchina e la modalità di fruizione dei messaggi che la macchina ha, in qualche modo, generato. In questo ambito, nel primo caso possiamo parlare di multimodalità: oltre all'utilizzo dei classici mouse e tastiera, è possibile veicolare comandi alla macchina anche utilizzando, ad esempio, voce e gesti (e anche in modo coordinato fra loro). Nel secondo caso si potrà parlare, invece, di multimedialità: presenza contemporanea di più output (audio, video etc.).

Tenendo in considerazione che le specifiche di un'interfaccia sono strettamente legate alle peculiarità del sistema in esame, da quanto è ampiamente riportato in diversi studi disponibili in letteratura, possiamo individuare le principali caratteristiche che un'interfaccia utente dovrà presentare per poter essere accettata da parte di un'utenza "fragile", indipendentemente dalla tecnologia utilizzata (es. vocale, testuale, gestuale, tattile, ecc.). In particolare tale interfaccia dovrà essere [17]:

- Intuitiva e ben strutturata (es. i menù devono essere sempre brevi e di semplice navigazione)
- Realizzata sfruttando un linguaggio naturale per la comunicazione con il sistema (facilita notevolmente l'interazione con la macchina da parte dell'utente)
- Di tipo multimodale (considerata dalla maggior parte degli utenti più facile da usare)

Inoltre, è opportuno prevedere, per ogni operazione appena eseguita dall'utente, un opportuno segnale di feedback che consenta di comprendere, senza ragionevole dubbio, che l'istruzione inviata al sistema sia stata correttamente ricevuta. Questo, indipendentemente dalla tipologia di interfaccia che si sta progettando.

Alcune tipologie di interfaccia dedicate a soggetti con ridotte abilità sensoriali o motorie potrebbe presentare ulteriori difficoltà. In particolare, ad esempio, il progetto di interfacce dedicate a pazienti che presentano problemi di tipo cognitivo può essere veramente molto complessa: infatti anche se essi sono in grado di vedere perfettamente tutti gli oggetti presenti sullo schermo, non sono spesso in grado di comprendere appieno il compito che deve essere realizzato. Questo, spesso, li porta oltretutto a colpevolizzarsi e comporta un processo di progressiva disaffezione nei confronti del sistema che si sta utilizzando. Inoltre, nel progetto di un'interfaccia dedicata a utenti anziani o con disabilità è essenziale tenere conto anche del progressivo deterioramento delle loro capacità omeostatiche. In particolare, occorre considerare nel progetto le conseguenze dovute al deterioramento cognitivo dell'anziano, cioè a tutti quei cambiamenti che avvengono nella modalità con cui vengono elaborate le informazioni e che può creare difficoltà nella loro comprensione e memorizzazione. Questo ha come naturale conseguenza una progressiva diminuzione delle abilità nel prendere decisioni e nella velocità percettiva, nonché nelle capacità di memoria di lavoro, nell'attenzione focalizzata su qualcosa di specifico. Oltre a questo, nello studio andranno tenute in considerazione la progressiva riduzione delle abilità per quanto riguarda la visione, l'udito e il movimento. Pertanto, la progettazione dell'interfaccia oltre ad essere in grado di offrire la possibilità di realizzare un'interazione appropriata con gli utenti in funzione delle loro abilità percettive, deve essere anche in grado di poter anticipare il possibile deterioramento che queste potrebbero avere.

2.4. Matrice di fruizione

Con quanto è stato trovato nelle sezioni precedenti e considerando tre tipi di difficoltà che una persona può manifestare nello svolgere attività all'interno della propria abitazione, è possibile compilare una matrice di fruizione che identifica l'interfaccia utente che massimizza l'usabilità della tecnologia a seconda delle difficoltà dell'utente. All'informazione che deve essere veicolata all'utente possono essere applicati diversi

livelli di semplificazione in base ad un livello di confort che la persona può definire in sede di profilazione. Questi livelli permettono di poter offrire all'utente una informazione con diverse gradazioni di dettaglio e di complessità.

		DIFFICOLTA' FISICHE		DIFFICOLTA' SENSORIALI		DIFFICOLTA' COGNITIVE LIEVI
		Motorio	Tremore mani	Canale Visivo	Canale Uditivo	
TECNOLOGIE SMART HOME	Sicurezza e controllo chiusura infissi	Visuale/Audio (confort normale) Aptica (bassa cadenza)	Visuale/Audio (confort normale)	Audio (confort normale) Aptica (bassa cadenza)	Visuale (confort normale) Aptica (bassa cadenza)	Visuale/Audio (confort ottimale) Aptica (bassa cadenza)
	Sistema videosorveglianza	Visuale/Audio (confort normale) Aptica (bassa cadenza)	Visuale/Audio (confort normale)	Audio (confort normale) Aptica (bassa cadenza)	Visuale (confort normale) Aptica (bassa cadenza)	Visuale/Audio (confort ottimale) Aptica (bassa cadenza)
	Sistema automatismo tapparelle	Visuale/Audio (confort normale) Aptica (bassa cadenza)	Visuale/Audio (confort normale)	Audio (confort normale) Aptica (bassa cadenza)	Visuale (confort normale) Aptica (bassa cadenza)	Visuale/Audio (confort ottimale) Aptica (bassa cadenza)
	Sensore gas	Visuale/Audio (confort normale) Aptica (alta cadenza)	Visuale/Audio (confort normale)	Audio (confort normale) Aptica (alta cadenza)	Visuale (confort normale) Aptica (alta cadenza)	Visuale/Audio (confort ottimale) Aptica (alta cadenza)
	Sensore fumo	Visuale/Audio (confort normale) Aptica (alta cadenza)	Visuale/Audio (confort normale)	Audio (confort normale) Aptica (alta cadenza)	Visuale (confort normale) Aptica (alta cadenza)	Visuale/Audio (confort ottimale) Aptica (alta cadenza)
	Sensore allagamento	Visuale/Audio (confort normale) Aptica (alta cadenza)	Visuale/Audio (confort normale)	Audio (confort normale) Aptica (alta cadenza)	Visuale (confort normale) Aptica (alta cadenza)	Visuale/Audio (confort ottimale) Aptica (alta cadenza)
	Sensore presenza ambientale	Visuale/Audio (confort normale) Aptica (bassa cadenza)	Visuale/Audio (confort normale)	Audio (confort normale) Aptica (bassa cadenza)	Visuale (confort normale) Aptica (bassa cadenza)	Visuale/Audio (confort ottimale) Aptica (bassa cadenza)
	Sistema di rilevamento parametri clinici	Visuale/Audio (confort normale) Aptica (bassa cadenza)	Visuale/Audio (confort normale)	Audio (confort normale) Aptica (bassa cadenza)	Visuale (confort normale) Aptica (bassa cadenza)	Visuale/Audio (confort ottimale) Aptica (bassa cadenza)
	Sistemi audio/video	Visuale/Audio (confort normale) Aptica (bassa cadenza)	Visuale/Audio (confort normale)	Audio (confort normale) Aptica (bassa cadenza)	Visuale (confort normale) Aptica (bassa cadenza)	Visuale/Audio (confort ottimale) Aptica (bassa cadenza)

2.5. Approfondimento delle interfacce di tipo tattile

Per quanto riguarda le interfacce di tipo tattile, è stato effettuato uno studio preliminare al fine di valutare la possibilità di veicolare in modo efficace particolari informazioni. Si è pensato di valutare il caso in cui un utente con una qualche disabilità legata alla vista debba ricevere specifiche informazioni raccolte dai dispositivi installati all'interno della casa da parte del sistema domotico che li controlla. Per questa

sperimentazione si è scelto, per la comunicazione sistema domotico – utente, di utilizzare un’interfaccia di tipo tattile. Uno schema a blocchi del sistema prototipo è mostrato in Fig. 18.



Figura 18. Schema a blocchi del sistema prototipo

Il sistema è composto da alcuni sensori integrati nel sistema domotico che, rilevando opportuni eventi (es. apertura porta, fuga gas, porta frigorifero aperta, ecc.) invia un opportuno segnale al sistema di controllo del sistema domotico il quale, a sua volta, provvede ad inviare un segnale, attraverso un link Wi-Fi all’unità wireless con il sensore aptico. Il progetto ha seguito i seguenti passi:

- scelta del dispositivo tattile
- individuazione del modulo a microcontrollore che realizzi la trasmissione wireless e il driver verso il dispositivo tattile
- integrazione dell’unità wireless progettata all’interno del sistema domotico e relativi test

2.5.1. Individuazione del dispositivo tattile

Sono disponibili sul mercato diverse tipologie di dispositivi (*vibe motor*): sono motorini eccentrici che, ruotando, provocano una vibrazione. Sono ampiamente utilizzati all’interno di console per videogiochi e all’interno degli *smartphone*.



Figura 19. vibe motor



Figura 20. Coin Cell vibe motor

Si possono individuare due tipologie di dispositivi fra quelli di facile installazione:

- Vibration Motors – presentano una forma a bottone con diametro fra i 4 e gli 8 mm, un'altezza che varia fra i 14 e i 25 mm. Sono caratterizzati dal numero di giri che va dai 7000 ai 14000 rpm per una corrispondente forza vibrazionale che può andare da 0.5 g fino a più di 7g (Fig. 19).
- Coin Cell (o Pankake) vibe motors – presenta una forma a “bottone” con diametro che può variare dai 7 ai 15mm. Sono caratterizzati dal numero di giri che va dai 10000 ai 12000 rpm per una corrispondente forza vibrazionale che può andare da 0.5 g fino a circa 3g (Fig. 20).

Alcuni dispositivi vibratili di entrambe le tipologie sono stati analizzati le funzionalità e sono state verificate le prestazioni sia in termini di caratteristiche meccaniche che intensità di vibrazione. A questo scopo è stato realizzato (Fig.21) un primo circuito prototipo e sono stati effettuati i primi test dai quali è emerso come la soluzione del dispositivo tipo “Coin Cell” fosse la soluzione in grado di offrire le migliori prestazioni. Infatti, a fronte di ridotte dimensioni meccaniche, che ne rendono più agevole il posizionamento, questo ha fornito, in tutte le posizioni (schiena, braccio, polso, dita) dove è stato valutato, un'adeguata intensità di vibrazione.

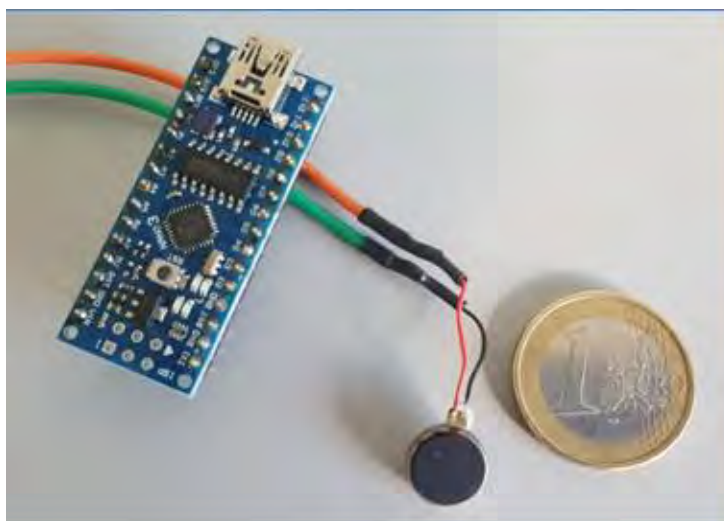


Figura 21. Coil-Cell vibration motor: circuito di test

Sono inoltre stati provati, per un primo livello della sperimentazione, alcuni posizionamenti dell'interfaccia su individui normodotati per valutare, insieme alla misura di un'adeguata intensità della vibrazione, le difficoltà introdotte dalla posizione. Da questa prima valutazione è emerso che, volendo realizzare un sistema di tipo indossabile, il posizionamento sul polso realizzato attraverso una fascia elastica (o un braccialetto) risulta il più efficace dal punto di vista dell'intensità percepita della vibrazione e una minore ingombro nei movimenti. Altra possibilità esaminata è stata quella di un posizionamento sulla schiena realizzando però questa volta una struttura fissa: ad esempio posizionando il sensore sulla parte alta dello schienale di una poltrona in corrispondenza con la posizione delle spalle. Anche in questo secondo caso la percezione dell'intensità della vibrazione è risultata di un livello adeguato agli scopi del progetto.

2.5.2. Progetto del sistema domotico

Lo scopo della sperimentazione è di verificare l'efficacia del sistema all'interno di una situazione di vita reale. In particolare, realizzare un sistema in grado di veicolare in modo efficace una informazione di contesto ad una persona che potrebbe essere impegnata in attività tali da limitarne l'attenzione o, più in generale, la consapevolezza di trovarsi in una situazione che deve essere valutata perché potenzialmente a rischio. Ad esempio, in uno dei sistemi che sono stati oggetto dei test, è stato possibile applicare una modulazione alla normale vibrazione (che si ha quando è presente una notifica da parte del sistema) in modo da distinguere l'importanza della notifica e poter comunicare eventi importanti quali ad esempio situazione di rischio: vibrazione pulsante a bassa cadenza (rischio potenziale, situazione da esaminare) o ad alta cadenza (rischio concreto, situazione grave).

2.5.3. Progetto di un'unità wireless con interfaccia tattile

Il progetto del sistema prototipo prevede la realizzazione di un'unità dotata di circuito a microcontrollore alimentato a batteria che, interfacciato ad una rete Wi-Fi, possa pilotare il dispositivo vibrazionale selezionato. Per quanto riguarda il microcontrollore, la scelta è caduta su un modulo della famiglia *Arduino* il MKR WIFI 1010 ESP32 (Fig. 22) [26].

Si tratta di un modulo sviluppato per applicazioni IoT basate su trasmissione Wi-Fi. La scheda è composta da tre blocchi principali:

- MCU Low Power ARM SAMD21 Cortex-M0 a 32 bit (Microchip Technology) [27];
- modulo Wi-Fi NINA-W10 Series (U-BLOX) low power 2,4 GHz IEEE® 802.11 b/g/n [28]
- Co-processore per crittografia ECC508 (Microchip Technology) [29].



Figura 22. Arduino MKR WiFi 1010

Il microprocessore è un SAM D21 (Microchip) a 32bit; un dispositivo con architettura di tipo ARM (Advanced RISC Machine) che è in grado di operare ad una frequenza massima di 48 MHz. Dispone di una memoria Flash di tipo programmabile pari a 256KB e una memoria volatile SRAM pari a 32KB, un ADC (Analog Digital Converter) a 12-bit di tipo SAR (Successive Approximation Register) condiviso fra 14 canali per una velocità massima di campionamento pari a 350ksps e un DAC (Digital Analog Converter) a 10-bit che può lavorare fino alla frequenza di 350ksps. È dotato, inoltre, di sei porte di comunicazione di tipo seriale che possono essere configurate come: I²S, I²C (fino a 3.4 MHz), UART, SPI. Dispone, inoltre di 22 I/O pin di tipo digitale (di cui 12 utilizzabili come PWM) e di sette ingressi di tipo analogico nonché di una porta USB 2.0 (Universal Serial Bus) utilizzabile fino a 12Mbps.

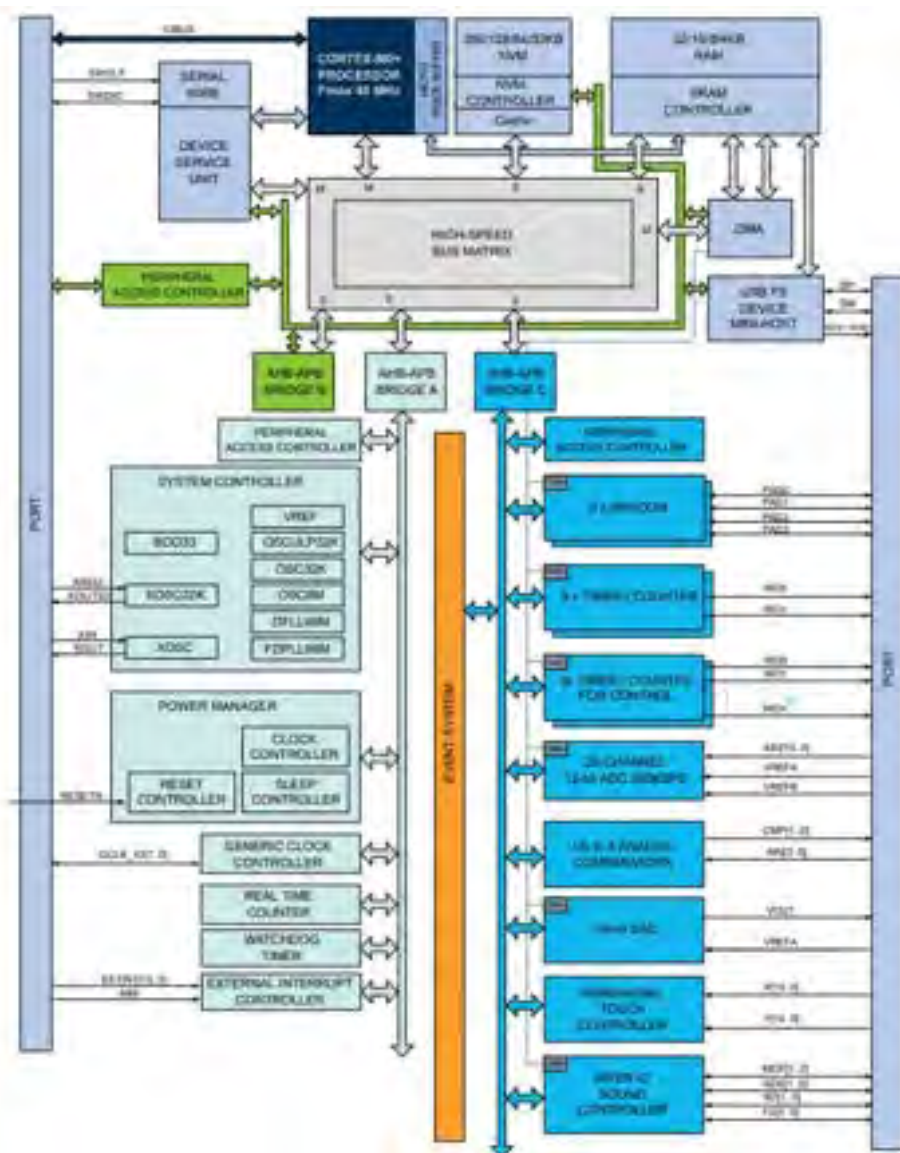


Figura 23. Schema a blocchi della MCU ARM SAMD21 Cortex-M0 [27]

Per quanto riguarda il consumo di energia, i dispositivi SAM D21 supportano una funzione chiamata *SleepWalking* che consente alla periferica, che si trovi in condizioni di sospensione, di riattivarsi da tale stato in base a condizioni predefinite, consentendo in questo modo alla CPU di riattivarsi solo quando è necessario, (ad es. quando viene superata una soglia o un risultato è pronto). Questa modalità, garantendo un'efficace gestione della carica della batteria, permette l'utilizzo del sistema portatile riducendo il numero delle operazioni di ricarica. La scheda è, inoltre, predisposta con un coprocessore che permette comunicazione sicura con crittografia SHA-256.

La tensione di funzionamento è pari a 3.3V e la scheda può funzionare con una batteria a polimeri di litio (Li-Po) per la quale è stato predisposto un circuito di ricarica. Risulta quindi adatto per l'applicazione che si vuole

realizzare sia per le caratteristiche elettriche che per il supporto fornito con la piattaforma che permette un facile e rapido sviluppo del sistema.

2.6. Integrazione dell'unità wireless con interfaccia tattile nel il sistema domotico

L'unità wireless progettata è stata quindi montata sullo schienale di una poltrona ed il sistema domotico è stato programmato per rilevare tre eventi di crescente "importanza":

- citofono
- apertura di una porta
- fuga di gas

La procedura all'interno della quale si è voluta sperimentare l'interfaccia tattile precede che

1. il sistema di controllo della *smart home*
 - a. rileva l'evento
 - b. riconosce quale, fra gli eventi previsti, si è verificato
2. invia opportuno comando codificato, attraverso il link Wi-Fi, verso l'unità con dispositivo aptico
3. l'unità decodifica il comando e pilota il dispositivo aptico con un segnale modulandone la cadenza secondo la codifica prevista
4. l'utente, avvertita la vibrazione, riconosce che tipo notifica (in base alla cadenza percepita) e, se lo ritiene necessario può,
 - a. attraverso un pulsante collegato all'unità wireless, inviare, mediante questa, un messaggio al sistema di controllo della *smart home* (apertura porta nell'esempio di Fig. 24)
 - b. attraverso un comando vocale chiedere al sistema quale evento abbia rilevato
5. Quando il sistema di controllo riceve il messaggio (vocale o mediante l'unità wireless), invia un segnale ad un'interfaccia audio per ribadire il tipo di evento rilevato e, contemporaneamente, invia un comando all'unità wireless che interrompe la vibrazione.

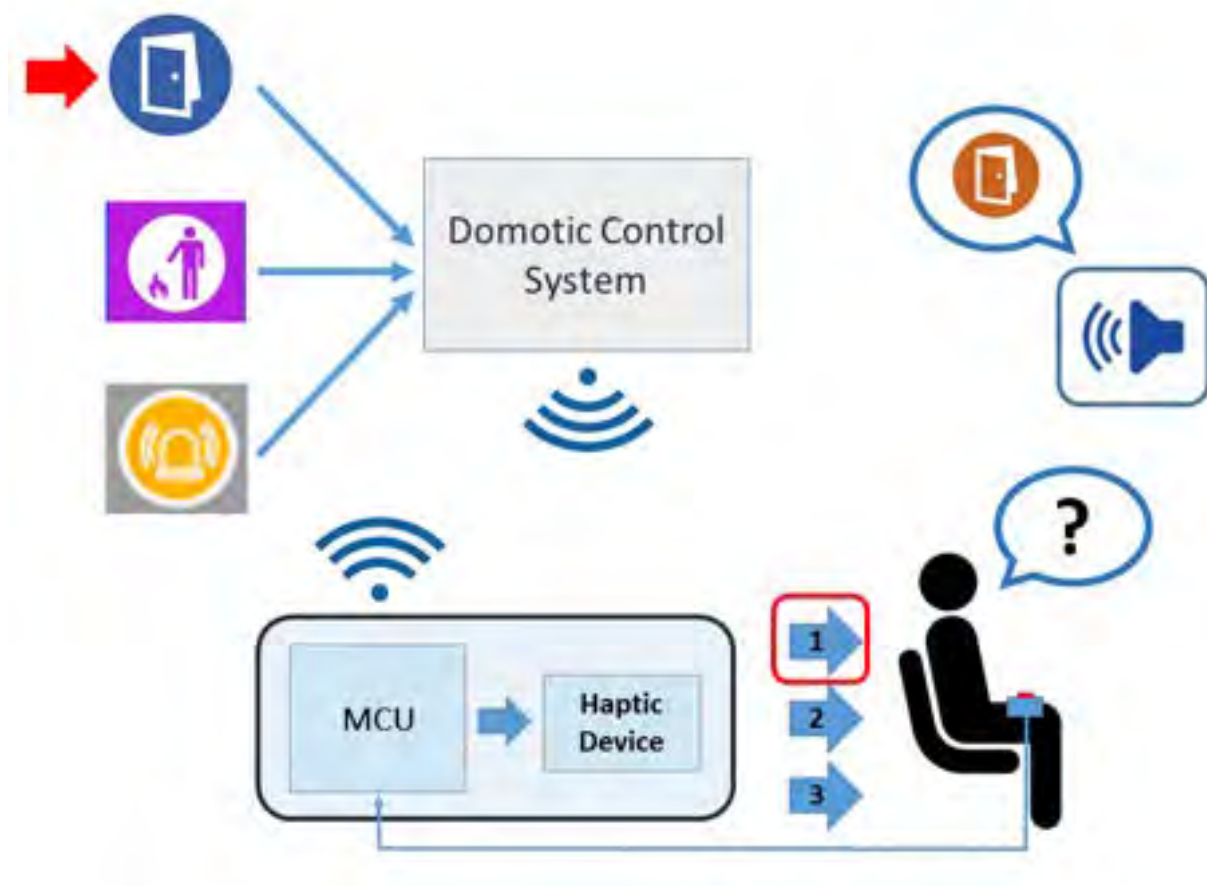


Figura 24. Schema a blocchi del sistema implementato per la sperimentazione

Conclusioni

L'attività di ricerca, svolta in questo secondo anno, ha riguardato lo studio di interfacce utente utilizzabili all'interno di sistemi di *smart home* con particolare attenzione per l'utilizzo da parte di utenza con ridotte capacità di tipo sensoriale o motorio ("utenti fragili"). Lo studio ha evidenziato le caratteristiche e le peculiarità delle singole interfacce e, in particolare, ha mostrato i vantaggi e gli svantaggi che, ciascuna di esse, presenta quando utilizzata da un utente con una specifica esigenza.

La ricerca ha permesso quindi di fornire alcune utili linee guida nel progetto dell'interfaccia che dovrà essere, inevitabilmente, specializzata in funzione della specifica esigenza al fine di aumentare il proprio tasso di usabilità.

Dallo studio è quindi emerso come, e in modo particolare per un'utenza fragile sia necessario che l'interfaccia:

- Sia di facile comprensione, intuitiva e, soprattutto, ben strutturata: menù brevi (massimo 4 scelte)
- Utilizzi un linguaggio naturale
- Sia multimodale

L'utilizzo di più canali sensoriali permette quindi la realizzazione di un'interfaccia che risulta più comprensibile e più facile da usare da parte dell'utenza e, di conseguenza, con un più elevato tasso di accettabilità (da numerosi studi in letteratura si evince come il problema dell'accettabilità del mezzo tecnologico sia uno dei maggiori limiti nella diffusione di tali sistemi fra la popolazione e soprattutto fra gli anziani).

La sperimentazione realizzata ha riguardato lo sviluppo di un sistema multimodale basato su interfaccia di tipo tattile. Il sistema, pensato per un soggetto con una qualche disabilità legata alla vista. Le prestazioni del sistema sono state valutate in termini di usabilità e efficacia nel veicolare le informazioni di crescente criticità verso l'utilizzatore.

Riferimenti bibliografici

1. Rashidi, P. and Cook, D.J. 2009. "Keeping the resident in the loop: adapting the smart home to the user". *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part A: Systems and Humans*, Vol. 39, No., 5, pp. 949-959.
2. Lindenberger, U. and Ghisletta, P., 2009. Cognitive and sensory declines in old age: gauging the evidence for a common cause. *Psychology and aging*, 24(1), p.1.
3. Celani, N.L., Ponce, S., Quintero, O.L. and Vargas-Bonilla, F., 2017. "Improving Quality of Life: Home Care for Chronically Ill and Elderly People". In *Caregiving and Home Care*. IntechOpen.
4. Nourizadeh, S., Deroussent, C., Song, Y.Q. and Thomesse, J.P., 2009, June. "Medical and home automation sensor networks for senior citizens telehomecare". In *First International Workshop on Medical Applications Networking, IEEE International Conference on Communications-IEEE ICC MAN'2009* (pp. 1-5). IEEE
5. Majumder, S., Aghayi, E., Noferesti, M., Memarzadeh-Tehran, H., Mondal, T., Pang, Z. and Deen, M., 2017. "Smart homes for elderly healthcare—Recent advances and research challenges". *Sensors*, 17(11), p.2496.
6. Wong, J.K.W., Leung, J., Skitmore, M. and Buys, L., 2017. "Technical requirements of age-friendly smart home technologies in high-rise residential buildings: A system intelligence analytical approach", *Automation in Construction*, 73, pp.12-19.
7. Uddin, M., Khaksar, W. and Torresen, J., 2018. "Ambient sensors for elderly care and independent living: a survey". *Sensors*, 18(7), p.2027.
8. Miori, V. and Russo, D., 2017, June. "Improving life quality for the elderly through the Social Internet of Things (SIoT)". In *Global Internet of Things Summit (GloTS), 2017* (pp. 1-6). IEEE.
9. Ceccacci, S. and Mengoni, M., 2017, June. "Designing Smart Home Interfaces: Traditional vs Virtual Prototyping". In *Proceedings of the 10th International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments* (pp. 67-74). ACM.
10. Nielsen, J., 1993. *Usability Engineering*. Academic Press, Boston, MA.
11. DIS, I., 2009. 9241-210: 2010. *Ergonomics of human system interaction-Part 210: Human-centred design for interactive systems*. International Standardization Organization (ISO), Switzerland.
12. Muñoz, C., Arellano, D., Perales, F.J. and Fontanet, G., 2006, August. "Perceptual and intelligent domotic system for disabled people". In *Proceedings of the 6th IASTED International Conference on Visualization, Imaging and Image Processing* (pp. 70-75).
13. Callejas, Z. and López-Cózar, R., 2009. "Designing smart home interfaces for the elderly". *ACM SIGACCESS Accessibility and Computing*, (95), pp.10-16.
14. Sternberg, Robert, "Cognitive Psychology" Third Edition, Thomson Wadsworth© 2003.
15. S. Oviatt, A. DeAngeli and K. Kuhn, Integration and synchronization of input modes during multimodal human-computer interaction, In *Proceedings of the Conference on Human Factors in Computing Systems CHI'97*, 1997
16. La Tona, G., Petitti, A., Lorusso, A., Colella, R., Milella, A. and Attolico, G., 2018. "Modular multimodal user interface for distributed ambient intelligence architectures". *Internet Technology Letters*, 1(2), p. e23.
17. Huerta, A.G.G., Rubio, E.H. and Viveros, A.M., 2017, July. "Interaction Modalities for Augmented Reality in Tablets for Older Adults". In *International Conference on Human-Computer Interaction* (pp. 427-434). Springer, Cham.
18. Chang, D., Dooley, L. and Tuovinen, J.E., 2002, July. Gestalt theory in visual screen design: a new look at an old subject. In *Proceedings of the Seventh world conference on computers in education conference on Computers in education: Australian topics-Volume 8* (pp. 5-12). Australian Computer Society, Inc.
19. Portet, F., Vacher, M., Golanski, C., Roux, C. and Meillon, B., 2013. "Design and evaluation of a smart home voice interface for the elderly: acceptability and objection aspects". *Personal and Ubiquitous Computing*, 17(1), pp.127-144

20. Huerta, A.G.G., Rubio, E.H. and Viveros, A.M., 2018, July. Augmented Reality in Tablets for the Yerkes Test for Older Adults. In *International Conference on Human Aspects of IT for the Aged Population* (pp. 36-48). Springer, Cham.
21. Geldard, F.A., 1957. Adventures in tactile literacy. *American Psychologist*, 12(3), p.115.
22. Shull, P.B. and Damian, D.D., 2015. Haptic wearables as sensory replacement, sensory augmentation and trainer—a review. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 12(1), p.59.
23. Kleinman, J.M. and Brodzinsky, D.M., 1978. Haptic exploration in young, middle-aged, and elderly adults. *Journal of Gerontology*, 33(4), pp.521-527.
24. Yoon, H.U., Anil Kumar, N. and Hur, P., 2017. "Synergistic Effects on the Elderly People's Motor Control by Wearable Skin-Stretch Device Combined with Haptic Joystick". *Frontiers in neurorobotics*, 11, p.31.
25. Stepp CE, Matsuoka Y., "Object manipulation improvements due to single session training outweigh the differences among stimulation sites during vibrotactile feedback", *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*. 2011;19:677–85
26. Arduino MKR WIFI 1010 store.arduino.cc/arduino-mkr-wifi-1010
27. ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/40001883A.pdf
28. www.u-blox.com/sites/default/files/NINA-W10_DataSheet_%28UBX-17065507%29.pdf
29. ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/20005927A.pdf
30. www.xbox.com/en-US/Kinect
31. Stößel, C., Wandke, H. and Blessing, L., 2009, February. "Gestural interfaces for elderly users: help or hindrance?" In *International Gesture Workshop* (pp. 269-280). Springer, Berlin, Heidelberg.
32. Kim, H.J., Jeong, K.H., Kim, S.K. and Han, T.D., 2011, December. Ambient wall: Smart wall display interface which can be controlled by simple gesture for smart home. In *SIGGRAPH Asia 2011 Sketches* (p. 1). ACM.
33. Carreira, M., Ting, K.L.H., Csobanka, P. and Gonçalves, D., 2017. "Evaluation of in-air hand gestures interaction for older people". *Universal Access in the Information Society*, 16(3), pp.561-580
34. Rahman, M.A. and Hossain, M.S., 2016, May. "A Gesture-Based Smart Home-Oriented Health Monitoring Service for People with Physical Impairments", In *International Conference on Smart Homes and Health Telematics* (pp. 464-476). Springer, Cham.
35. www.eldy.org/
36. store.google.com/product/google_home
37. Shah, N. and Patel, J., 2017. Gesture Recognition Technique: A Review. *GESTURE*, 3(04).
38. www.cyberglovesystems.com
39. www.stereolabs.com
40. <https://www.microchip.com/design-centers/capacitive-touch-sensing/gestic-technology/technology/colibri-gesture-suite>
41. Li, Z., Robucci, R., Banerjee, N. and Patel, C., 2015, April. Tongue-n-cheek: non-contact tongue gesture recognition. In *Proceedings of the 14th International Conference on Information Processing in Sensor Networks* (pp. 95-105). ACM.
42. <https://engineering.purdue.edu/hirl/>
43. Hoy, M.B., 2018. Alexa, Siri, Cortana, and More: An Introduction to Voice Assistants. *Medical reference services quarterly*, 37(1), pp.81-88.
44. Tan, H.Z., Gray, R., Spence, C., Jones, C.M. and Rosli, R.M., 2009, February. The haptic cuing of visual spatial attention: Evidence of a spotlight effect. In *Human Vision and Electronic Imaging XIV* (Vol. 7240, p. 72400I). International Society for Optics and Photonics.
45. www.apple.com/shop/product/HM8S2ZM/A/skoogmusic-skwitch

Curriculum scientifico del gruppo di lavoro

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

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

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

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