

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
FACOLTÀ DI INGEGNERIA
Corso di Laurea in Ingegneria dell'Informazione

**Telepresenza e terza età:
il robot Giraff**

Laureando: Massimiliano Piatto

Relatore: Dott.ssa Maria Silvia Pini

Anno accademico 2012 - 2013

Indice

Introduzione	1
1 Nozioni di base	4
1.1 Robotica e telepresenza	4
1.2 Algoritmi e intelligenza artificiale	6
2 Giraff	9
2.1 Robot	9
2.2 Progetti di miglioramento	12
3 RoboCare	18
3.1 Componenti	19
3.2 Mixed-initiative e pianificazione attività	21
3.3 Algoritmo di gestione del planning	24
3.4 Esempio di utilizzo	27
4 GiraffPlus	29
4.1 Componenti	29
4.2 Sensori	32
4.3 High Level Reasoning	36
5 Conclusioni	39
6 Sviluppi futuri	42
Riferimenti Bibliografici	48

Sommario

Il progressivo aumento dell'età media della popolazione richiede nuove strategie per fornire un aiuto concreto ed efficace nella vita di tutti i giorni a persone che vivono da sole o hanno determinati handicap: una via per ottenere questo è ricorrere a degli ausili tecnologici. In questa tesi vengono descritti Giraff, un progetto per robot di telepresenza in grado di muoversi e mettere in comunicazione gli anziani con altre persone da casa propria, e due progetti denominati RoboCare e GiraffPlus, riguardanti una rete di sensori per la rilevazione dei segnali biometrici e delle azioni che si svolgono in casa che sfruttano algoritmi di pianificazione delle attività basati su intelligenza artificiale: questi permettono di monitorare a distanza la salute delle persone e migliorare alcune abitudini, intervenendo tempestivamente in caso di allarme. I tre progetti sono analizzati nelle loro parti più importanti e confrontati mettendone in evidenza i pro e i contro. Infine, vengono proposte alcune idee per procedere al miglioramento degli stessi sia nella parte hardware che in quella software.

Introduzione

L'ingegneria è una disciplina che tocca indistintamente la maggior parte dei campi del sapere scientifico, e si occupa della realizzazione di tecnologia massimamente utile al miglioramento della qualità di vita dell'uomo e al progresso della società in generale: la sua capacità forse più affascinante è quella di trasformare un profondo e compiuto studio teorico in qualcosa di tangibile e realizzabile. L'obiettivo di questa tesi è confermare la vastità di applicazione della scienza ingegneristica presentando come uno sviluppo apparentemente 'moderno', cioè l'applicazione degli studi sugli algoritmi di intelligenza artificiale alla robotica e alla domotica, possa avere come bacino di utenza le persone forse a prima vista più distanti da questo ambito: gli anziani.

Molte patologie, soprattutto croniche (per esempio, il diabete), permettono di ricevere le cure nella propria abitazione oppure in strutture a residenza non permanente, ma con il progressivo invecchiamento e isolamento casalingo si potrebbe verificare l'insorgere di fenomeni quali solitudine, isolamento sociale e conseguente depressione, che possono costituire per le persone anziane e non autosufficienti un grave handicap e, soprattutto, provocare una guarigione più lenta e una drastica diminuzione della qualità della vita percepita. Queste si verificano principalmente per l'incombente di tre fattori: intrapersonali (salute, stato economico), interpersonali (distanza dai parenti, perdita del partner o di un caro amico) e strutturali (fattori esterni o ambientali che influenzano le attività sociali, come vivere in ambienti poco raggiungibili o in una città molto caotica).

Poiché l'età media della popolazione è in progressivo aumento, lo studio di nuove soluzioni per migliorare la qualità di vita nella terza età e proporre quello che si definisce *active and healthy ageing* è uno dei campi più prolifici per lo sviluppo di nuove tecnologie *user friendly*: in grado cioè di poter essere usate in modo semplice ed efficace con un utente particolare come un anziano, senza spaventarlo con l'abuso di tecnologia ma facendola entrare in modo graduale e controllato a far parte della propria vita per stimolare la sua attività celebrale e sociale. Inoltre, lo scopo più avanzato di tali progetti è quello di riuscire a monitorare (in piena privacy) le attività svolte dall'anziano nell'ambiente domestico e segnalare autonomamente le anomalie rilevate a chi segue il paziente, senza che sia esso stesso a doverle segnalare: questo permette di effettuare prevenzione, screening e diagnosi precoce di malattie spesso non facilmente identificabili quando l'anziano vive da solo. In questa tesi verrà

analizzato Giraff, un robot costituito da un sistema audiovisivo dotato di motorino elettrico attraverso cui l'anziano può mettersi in contatto (usando un sistema simile a Skype) con medici o infermieri, ma anche e soprattutto con parenti ed amici, che possono telecomandarlo in casa attraverso un software scaricabile sul proprio computer il quale visualizza con la telecamera l'interno dell'appartamento. Così facendo, e ponendo particolare attenzione alla facilità d'uso per entrambe le parti coinvolte, si può ottenere un coinvolgimento dell'anziano nella conversazione e nell'interazione sociale maggiore di quello che si otterrebbe con un comune software di videoconferenza, dato che l'altezza del robot è simile a quella umana e lo schermo tende ad orientarsi in direzione del volto dell'utente che lo utilizza; inoltre, può essere utilizzato per controllare a distanza che in casa dell'anziano vada tutto bene, collegandosi senza attendere risposta in caso di emergenza. Chiaramente, però, tutto ciò non potrà mai sostituire completamente la presenza di una persona fisica. Il sistema, inoltre, deve essere robusto (sia dal punto di vista fisico che dal punto di vista del software) e pienamente sicuro, per prevenire eventuali problemi o difficoltà nel suo utilizzo che richiederebbero continui interventi esterni.

Questo è stato il punto di partenza per lo sviluppo di GiraffPlus, un altro importante progetto che prevede una rete di sensori installati in casa che interagiscono con il robot Giraff e identificano le attività del paziente, facendolo interagire con esso nel caso di anomalie o contattando il soccorso in caso di assenza di risposta prolungata conservando però le funzionalità di telepresenza e interazione sociale proprie di Giraff. Infine, un terzo progetto denominato RoboCare completa il quadro degli argomenti che verranno trattati in questa tesi: l'idea di partenza è molto simile a GiraffPlus (un robot centrale e una rete di sensori distribuiti in casa), solo che in questo caso l'attenzione è concentrata in modo particolare sullo sviluppo di algoritmi per la gestione del planning delle attività svolte dall'anziano nel corso della giornata e verifica da parte del sistema che esse vengano rispettate, per migliorare il suo stile di vita e correggere eventuali abitudini deleterie per la sua salute. Inoltre l'implementazione *Multi-Agent*, secondo cui ogni componente fornisce dati in modo autonomo e concorre con gli altri allo scopo finale di riuscire a determinare le azioni che il paziente sta compiendo, permette grande riusabilità e adattabilità di questo sistema a varie componenti hardware che possono essere installate o rimosse. Mentre Giraff è un sistema portatile che si può adattare ad ogni appartamento, i due rimanenti progetti ricalcano maggiormente l'idea di 'casa intelligente' e sono del tutto stazionari, cioè strettamente collegati all'ambiente in cui sono collocati.

Tali tecnologie sono ancora in pieno sviluppo: l'obiettivo è quello di

testare il sistema in case reali distribuite in differenti paesi dell'Unione Europea entro il 2014 e migliorarlo in base al feedback ricevuto dagli utenti primari (cioè gli anziani assistiti), la cui impressione è determinante per decidere come indirizzare i miglioramenti futuri.

Per quanto riguarda la trattazione degli argomenti, questa tesi è così articolata: nella Sezione 1 si parla delle nozioni di base per meglio comprendere tali progetti, vale a dire robotica e telepresenza e algoritmi utilizzati per realizzare una intelligenza artificiale funzionale a tali scopi; nella Sezione 2 viene presentato il progetto Giraff; nella sezione 3 il progetto RoboCare; nella sezione 4 il progetto GiraffPlus; nella Sezione 5 vi sono i risultati e le conclusioni; nella Sezione 6, infine, vengono presentati alcuni possibili sviluppi futuri.

Desidero ringraziare il Dott. Amedeo Cesta dell'Istituto di Scienze e Tecnologie della Cognizione del CNR di Roma per il suo aiuto nell'individuazione di vari articoli scientifici rilevanti per la svolgimento di questa tesi.

1 Nozioni di base

In questa sezione vengono descritti brevemente i concetti di base da cui si può meglio comprendere il funzionamento del robot e la sua interazione con l'ambiente e con le persone, nonché la logica che sta alla base degli algoritmi che utilizzano i dati provenienti dai sensori domestici.

1.1 Robotica e telepresenza

Fare un excursus nella storia della robotica non è negli scopi di questa tesi, data la sua vastità e il numero vario di campi che abbraccia: dai robot di laboratorio a quelli utilizzati nelle industrie, oppure per sostituire gli umani in compiti gravosi, si può dire che l'uso di macchine robotizzate che svolgono vari servizi è in continuo aumento. L'utilizzo in cui invece non vi è ancora una diffusione così capillare è quello domestico. Anche se le 'case intelligenti' (che utilizzano sensori per monitorare vari aspetti della vita casalinga e segnalarli all'utente che si trova fuori casa) sono già una realtà importante del mercato (la domotica), manca un oggetto che si muova nell'abitazione e che abbia le dimensioni tipiche di un essere umano, e sia in grado di permettere la comunicazione fra la casa in cui si trova e un utente esterno: un robot di telepresenza.

L'utilizzo forse più importante che si può fare di un simile apparato è fornire un aiuto domestico permanente a persone con ridotta mobilità o anziani soli che non hanno la possibilità, per varie ragioni, di poter avere un assistente umano sempre al loro fianco ma vogliono comunque rimanere nella propria dimora per conservare l'autonomia. Questo aiuto può essere di varia natura:

- Fisico, come un ausilio per alzarsi dal letto o un sostegno per camminare che risponda alla chiamata dell'assistito;
- Psicologico e informativo, come un robot che sia in grado di comprendere, attraverso complessi algoritmi, un discorso generico e fornire risposte adeguate sintetizzando la voce umana, per favorire l'interazione sociale e mantenere la mente allenata;
- Di monitoraggio, per verificare in modo costante lo stato di salute del paziente e aiutare così chi si occupa delle sue cure (i cosiddetti *caregivers*, cioè un medico, un infermiere, un operatore socio sanitario od un parente) a comprendere la situazione senza che l'assistito si debba continuamente muovere da casa per effettuare degli esami.



Figura 1: Robot di telepresenza. Giraff è il secondo da sinistra.

I cosiddetti *Social Assistive Robots* [22] costituiscono ormai una parte importante dell'area di sviluppo della robotica e sono in continua evoluzione. Per esempio, il progetto Nursebot (letteralmente, 'robot infermiere') della Carnegie Mellon University ha prodotto una serie di robot fra cui Flo [3] e la sua evoluzione Pearl [35]: il primo è un prototipo di robot domestico che reperisce sul Web informazioni relative alla vita di tutti i giorni e le offre all'utente in modo vocale, introducendo anche l'idea della telepresenza come collegamento audiovisivo con i caregivers del padrone di casa; il secondo è maggiormente orientato ad assistere gli anziani in compiti come mangiare, bere, prendere le medicine, visitare il dottore, ecc. In quest'ultimo progetto, l'abilità di aiutare la persona nei propri compiti quotidiani viene unita alla capacità di sostenere semplici dialoghi per stimolare l'interazione e il confronto. L'evoluzione di queste idee è la creazione di un ambiente provvisto di sensori in cui il robot può muoversi e reagire ai segnali biometrici della persona (come pressione sanguigna, temperatura, ecc.), ampliando dunque ancora maggiormente il proprio spettro d'azione: è questo il caso di progetti come RoboCare [16], di cui si parlerà più avanti, e di PEIS Ecologies [8], sempre coordinato dall'Università di Örebro.

È comunque bene ricordare che tali robot non sono intesi per rimpiazzare la presenza umana nella vita delle persone anziane, ma anzi per integrarla e fornire un maggiore aiuto in situazioni nelle quali essa è limitata oppure non costante, avendo sempre come obiettivo finale la qualità della vita delle persone.

1.2 Algoritmi e intelligenza artificiale

Gli algoritmi che regolano il comportamento dei robot di telepresenza sono connessi più che altro alla sua gestione meccanica: ne verranno esaminati in seguito alcuni per migliorare la guida all'interno dell'appartamento e per il direzionamento automatico alla docking station di ricarica. Con l'introduzione dei sensori ambientali, invece, entrano in gioco una serie di fattori che richiedono un approccio basato su intelligenza artificiale. Il sistema deve essere in grado cioè di 'pensare' con dei meccanismi simili alla mente umana (*High Level Reasoning*), avendo come base una certa mole di dati e progettando possibili soluzioni ai problemi che deve controllare con successo. Questo si richiede in quanto nei progetti che saranno descritti in seguito vi è la necessità di riuscire a comprendere le situazioni che avvengono all'interno dell'abitazione e reagire autonomamente adattando la configurazione dei sensori allo stato corrente delle cose, richiedendo un intervento umano solo nel caso si riconoscano nel comportamento del paziente delle gravi anomalie o assenze di risposta. Per riuscire in questo intento si utilizzano varie tecniche,

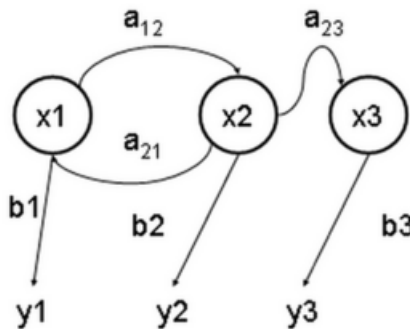


Figura 2: Un HMM. 'x' indica uno stato nascosto, 'y' un'uscita osservabile e 'a' e 'b' le probabilità di transizione.

come ad esempio gli *Hidden Markov Models* (HMMs) [23], descritti per la prima volta da Leonard E. Baum e altri nella seconda metà degli anni Sessanta. Questi si basano su una catena di Markov in cui gli stati non sono osservabili direttamente, ma si possono osservare gli eventi che ogni stato genera con una certa distribuzione di probabilità che dipende solo dallo stato stesso. Per fare un esempio, si potrebbe pensare di avere un amico che abita lontano, di cui si conoscono le abitudini in relazione al tempo meteorologico con una certa precisione: per esempio, quando c'è sole esce quasi sempre a fare una passeggiata di prima mattina, mentre quando piove pulisce quasi sempre il suo appartamento, e via dicendo.

Ora, presumendo di non conoscere il meteo della città del nostro amico, telefonandogli e chiedendo cosa stia facendo possiamo di conseguenza afferire con una certa probabilità quale sia il meteo attuale nella sua città. L'utilità di questo costrutto teorico si applica alla situazione qui descritta in questo modo: uno stato della catena (non noto) rappresenta l'azione che sta svolgendo l'anziano (che non è nota direttamente in quanto non c'è alcuna telecamera che ne registri il comportamento), e gli eventi che lo stato genera (che sono noti) rappresentano invece i dati rilevati dai sensori. Processando tali sequenze di eventi con algoritmi diversi a seconda delle varie situazioni si può riuscire a ricostruire quale sia lo stato, cioè l'azione rilevata.

Per risolvere il problema di scheduling delle varie attività che si svolgono solitamente nell'abitazione si utilizza invece un approccio di programmazione *constraint-based* [4], cioè basato su vincoli, la cui efficienza è risultata sempre più chiara dall'inizio degli anni Novanta. A differenza della normale programmazione imperativa, costituita da una serie di istruzioni definite, la programmazione basata su vincoli è di tipo dichiarativo: si definiscono cioè le proprietà che deve avere la soluzione desiderata (il *come*), lasciando indefinito l'algoritmo utilizzato per trovare tale soluzione (il *come*). I suoi principi fondamentali sono tre:

- Il problema da risolvere viene rappresentato solamente sotto forma di variabili e vincoli su tali variabili, e la definizione esplicita del problema è fortemente separata dagli algoritmi utilizzati per risolverlo;
- Data la definizione del problema e il set di vincoli, ogni volta che viene effettuata una nuova decisione si attiva un processo puramente deduttivo denominato 'constraint propagation', che viene utilizzato per prevedere la conseguenza di tale decisione sui vincoli (ad esempio, quando un'attività viene programmata ed è svolta in ritardo, di conseguenza tutte le altre verranno slittate);
- Ogni vincolo o classe di vincoli è associato ad un gran numero di processi locali o incrementali che determinano per intero il processo di constraint propagation.

Il maggiore vantaggio di questo tipo di programmazione è la garanzia che, poiché la soluzione da ottenere viene definita in modo preciso e separatamente dall'algoritmo risolutivo, i parametri della soluzione restituita dal programma devono essere rispettati in modo indipendente da come esso arrivi a tale conclusione. Questo permette inoltre (ed è forse l'aspetto

più importante per quanto andremo a descrivere in seguito) una maggiore flessibilità e una grande capacità di adattamento a variazioni nei parametri di ingresso durante l'esecuzione del programma stesso.

2 Giraff

Il punto di partenza per lo sviluppo di Giraff [11] [28] è un programma dell'Unione Europea denominato *European Innovation Partnership on Active and Healthy Ageing*, promosso dalla Commissione Europea e dagli Stati membri, che si occupa di raccogliere e finanziare idee innovative nel campo dell'invecchiamento attivo. In particolare, durante il terzo Forum europeo dell'AAL JP (*Ambient Assisted Living Joint Programme*), svoltosi nel Settembre 2011 a Lecce, sono stati presentati vari progetti riguardanti tali tematiche. Quello risultato vincente è stato ExCITE [20] (*Enabling SoCial Interaction Through Embodiment*), un progetto finanziato da AAL [1] e coordinato dall'Università di Örebro, in Svezia, i cui partner comprendono anche Spagna (Università di Malaga) e Italia (Istituto di Scienze e Tecnologie della Cognizione del CNR) che ha prodotto e presentato Giraff: un robot di telepresenza prodotto dalla Giraff Technologies AB, una piccola azienda svedese.

2.1 Robot



Figura 3: L'ultimo modello di robot Giraff.

L'apparato (Fig.3) è costituito da una base centrale con due servomotori elettrici che permettono di girare in ogni direzione, in cui è inserito un sostegno regolabile per un sistema di videoconferenza che comprende una videocamera, un display, degli altoparlanti e un microfono. Il robot pesa 14kg ed è progettato con un centro di gravità più basso possibile in modo da essere estremamente stabile anche in presenza di ausili per mobilità ridotta, come rampe ecc. Il display è costituito da un pannello LCD di 33.8cm di diagonale con una risoluzione di 1024x768 pixel, che permette una visualizzazione dell'immagine chiara e un angolo di visione di quasi 180°, in modo da riuscire a vedere la persona che sta parlando anche mentre il robot effettua degli spostamenti. La finestra video riempie interamente il display, così da mostrare il viso dell'interlocutore circa a grandezza naturale, mentre dei servomotori permettono lo spostamento dello schermo per simulare il contatto oculare. Un sistema di sospensioni permette alle ruote di 15cm di scavalcare agilmente dei piccoli ostacoli come scalini bassi o imperfezioni del pavimento pur mantenendo il sostegno in posizione eretta: inoltre, entrambi i motori utilizzano degli encoders che, convertendo la posizione angolare del proprio asse rotante in un segnale elettrico, sono in grado di fornire un preciso feedback posizionale che il sistema elabora per capire se il robot si stia inclinando troppo, riportandolo eventualmente in asse. Esiste una docking station di ricarica che carica le batterie in meno di due ore e queste hanno una durata di oltre due ore (supponendo un movimento incessante del robot): esistono anche batterie che estendono la sua durata massima a quattro ore. Durante la ricarica il robot può essere utilizzato, ma deve naturalmente rimanere fermo. La semplicità d'uso è una parte fondamentale di questo progetto: il robot ha due tasti (riportati su un telecomando), uno per rispondere o effettuare una chiamata e l'altro per rifiutarla, e un controllo del volume.

Questo per quanto riguarda il sistema in casa dell'assistito (*end-user*): all'altro capo del 'filo' si trova il *client*, che come ripetuto più volte può essere un medico, un infermiere, un assistente sanitario, un parente o un amico. Questo scarica dal sito di Giraff [28] un'applicazione chiamata 'Pilot' (Fig.4) che, attraverso la rete, permette di connettersi al robot e muoverlo a distanza in casa dell'anziano (in cui deve essere installata una rete WiFi), conversando nel frattempo con esso utilizzando una banale webcam come nel più famoso programma Skype. Per comandare il robot non è richiesta una grande abilità e neppure conoscenze informatiche o tecniche approfondite: basta disegnare on screen la direzione verso la quale si vuole andare (linea rossa in Figura 4), avendo cura di non urtare nulla, e il robot penserà ai dettagli con cui controllare i motori. È in via



Figura 4: Interfaccia del programma Pilot.

di sviluppo, inoltre, un sistema di sensori ad infrarossi da montare sulla base che permettano al robot di evitare gli ostacoli in modo autonomo, pur ricordando la traiettoria disegnata dall'utente. Esistono nell'interfaccia del programma due tasti, uno per un'inversione di 180° e un altro per un piccolo movimento in retromarcia per agevolare alcune manovre. Il client si può inoltre guardare attorno muovendo la telecamera montata sul display di Giraff: essa è in grado di muoversi autonomamente e zoomare su determinate zone di interesse. Quest'ultimo aspetto e la mobilità risultano un requisito fondamentale per i caregivers che si occupano della cura del paziente: essere in grado di controllare dove sia l'anziano, determinare lo stato del suo ambiente casalingo e connettersi in modo autonomo in caso di emergenza possono apparire come violazioni della privacy dell'utente, ma è bene ricordare che il sistema è sicuro e non accetta connessioni da client che non siano stati preventivamente approvati dall'end-user, magari con l'aiuto di un parente. Chi si connette all'apparato deve essere discreto e non approfittare della disponibilità mezzo.

Le funzioni di Giraff descritte assolvono a quattro compiti fondamentali:

- Stimolazione della capacità comunicativa e relazionale per persone sole o con ridotta mobilità;
- Simulazione di una presenza fisica in grado di muoversi e mantenere il contatto visivo durante la conversazione, che trascende il semplice concetto di videoconferenza che alla lunga per questi soggetti può risultare piatto e banale;

- Stimolazione ad imparare qualcosa di nuovo e a confrontarsi con una tecnologia che, per quanto semplificata possa essere, richiede comunque uno sforzo mentale per essere utilizzata correttamente, ed avvicina in modo lento e graduale alla modernità anche persone che non hanno mai usato un computer o strumenti simili;
- Sorveglianza del paziente e controllo del suo stato di salute attraverso monitoraggio visivo a distanza, con la comunicazione di parametri vitali (come livello di glicemia per pazienti diabetici) o supervisione di prassi legate alla propria cura e medicazione (esercizi di respirazione per BroncoPneumopatia Cronica Ostruttiva, BPCO, o contenuti nel programma di rieducazione motoria personalizzata, ecc.).

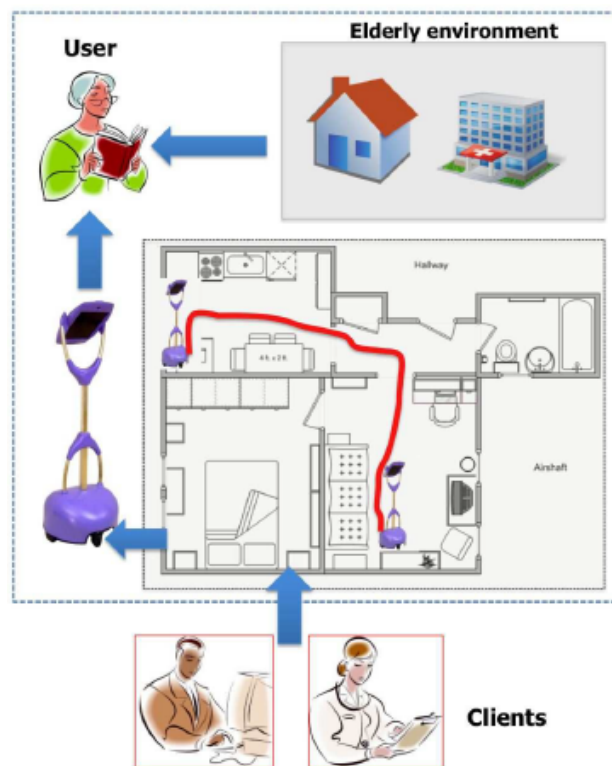


Figura 5: Riassunto del funzionamento di Giraff.

2.2 Progetti di miglioramento

L'idea principale che costituisce la forza di Giraff e del relativo progetto ExCITE è quella del cosiddetto *User Centered Product Refinement*, cioè

il costante riferimento al feedback ricevuto dall'utente finale per ottenere un miglioramento del prototipo ed aderire sempre di più alle caratteristiche richieste. In particolare, in questo ambito è difficile ricostruire una situazione reale simile a quella in cui si trova normalmente ad operare il robot, perché sebbene esso possa essere testato in case-laboratorio costruite per verificarne la sicurezza e la risposta ai requisiti basilari, difficilmente si potrà riprodurre fedelmente la complessità di una casa reale, considerandone il disordine e soprattutto il cambio continuo di disposizione degli oggetti. Inoltre, la comodità d'uso da parte di un end-user può essere rilevata con veridicità solo quando esso si trova nella propria abitazione o nell'ambiente in cui vive, e su un periodo di tempo abbastanza lungo da permettere una certa familiarità con l'oggetto *long term evaluation*. I test e i sondaggi hanno riscontrato una buona disponibilità e interesse nei soggetti intervistati.

I client che azionavano il robot, invece, sono stati utili per capire quali fossero gli aspetti da migliorare per agevolarne l'utilizzo e la manovrabilità, anche in una valutazione *short term*. Una serie di esperimenti effettuati con soggetti di varia età ed esperienza informatica o videoludica ha evidenziato che i problemi principali riscontrati sono due: difficoltà di avere una percezione tridimensionale dell'ambiente circostante durante la guida e nel far tornare il robot alla base di ricarica.

Il primo problema riguarda la sensazione della distanza: l'utente che guida il robot non ha una reale percezione del contesto in cui si muove, e questo sarebbe essenziale per evitare gli ostacoli ed avere un maggiore senso della posizione soprattutto in ambienti ristretti. Ciò accade per svariate ragioni: la telecamera ha un angolo di visione limitato e soffre di *fisheye distortion* (cioè di una curvatura sferica negli angoli), la sua risoluzione non è così alta da permettere di visualizzare bene i dettagli, mancano dei sensori per ottenere ulteriori informazioni durante la guida e il sistema non fornisce autonomamente la sua posizione rispetto all'ambiente circostante. Per migliorare l'esperienza di guida, un ricercatore dell'Università di Örebro [36] ha modificato il software Pilot (Fig.6) in modo che due linee guida appaiano a lato della traiettoria disegnata dall'utente per indicare l'ingombro del robot e permettere di evitare ostacoli in modo efficace. Inoltre, è stata inserita anche una seconda telecamera che punta verso la base del robot e fa capire esattamente dove si passi, dato che l'angolo di rotazione della telecamera principale non era sufficiente per questo scopo. Inoltre, è stato inserito un sensore che riporta nell'interfaccia la velocità del robot, e un pulsante per l'undocking dalla piattaforma di ricarica che compie due operazioni: fa arretrare il robot

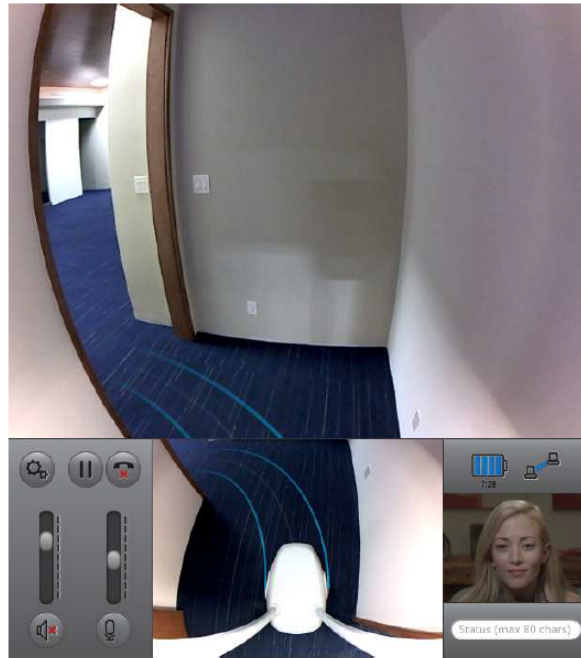


Figura 6: Inserimento di corsie guidate nella traiettoria del robot.

per 0.5 secondi ed effettua una rotazione di 180° .

Due altri importanti miglioramenti al problema della guida sono stati effettuati dai ricercatori del dipartimento System Engineering and Automation dell'Università di Malaga [25]. Il primo riguarda un sensore per la rilevazione degli ostacoli: ne esistono già in commercio di robusti e adattabili a varie situazioni, che tipicamente si basano su scanner laser radiali e permettono anche una modellizzazione tridimensionale degli oggetti a scale e risoluzioni differenti. In questo caso è stato utilizzato un prodotto della Hokuyo, azienda di sensori ottici di Osaka, attaccato alla base di Giraff. Tale sensore utilizza una tecnologia matura che viene sfruttata in sistemi robotici automatizzati non solo per la rilevazione di ostacoli, ma anche per mapping e localizzazione. Le sue caratteristiche sono un angolo di visione di 240° con risoluzione di 0.36° , una distanza operativa fino a 4 metri e una frequenza di lavoro di 10Hz. Dai dati che provengono da questo sensore, il sistema rileva degli eventuali impedimenti nel raggio di una certa soglia (che in questo caso è stata posta sotto i 30cm) e in tal caso allerta l'utente con segnali audiovisivi, oppure ferma il robot per evitare imminenti collisioni. La frequenza del segnale audio (un bip) è tanto maggiore quanto più vicino si trova l'ostacolo.

Il secondo miglioramento è legato all'auto-localizzazione del robot

nello spazio domestico. Questo è particolarmente utile per degli utenti che non siano molto familiari con l'ambiente in cui si devono muovere, come dei caregivers che visitano un certo numero di case di pazienti al giorno. La soluzione proposta si basa su due fasi: costruzione di una mappa dell'appartamento offline al primo utilizzo del sistema e localizzazione online in tempo reale della posizione del robot nella mappa appena costruita. Per realizzare il primo scopo, si utilizza il laser scanner già citato: il robot viene teleguidato per tutto l'appartamento, e i dati raccolti dal sensore e dagli encoders delle ruote vengono processate con un metodo ICP (Iterative Closest Point) [6] che genera una mappa 2D dell'appartamento (Fig.7(a)). Un operatore controlla poi la correttezza dei dati e migliora manualmente la mappa per renderla più fedele possibile, garantendo robustezza a variazioni come apertura e chiusura delle porte, ecc. Per la localizzazione, invece, si utilizza un metodo già sviluppato precedentemente dallo stesso dipartimento [7]: viene usata una funzione probabilistica che ricalca il metodo MonteCarlo sull'immagine registrata dalla telecamera, scandendola in modo casuale per ritrovare oggetti già precedentemente registrati durante la scansione per generare la mappatura con laser scanner. In tal modo si riesce con una certa precisione a stabilire la posizione e l'orientamento del robot nella mappa già sviluppata, ad una frequenza di aggiornamento di 2Hz. Nel risultato finale (Fig.7(b)) la posizione del robot è indicata con un punto verde e gli ostacoli attorno con dei punti rossi.



(a) La mappa 2D (a sinistra) viene migliorata (a destra).

(b) L'interfaccia finale del sistema.

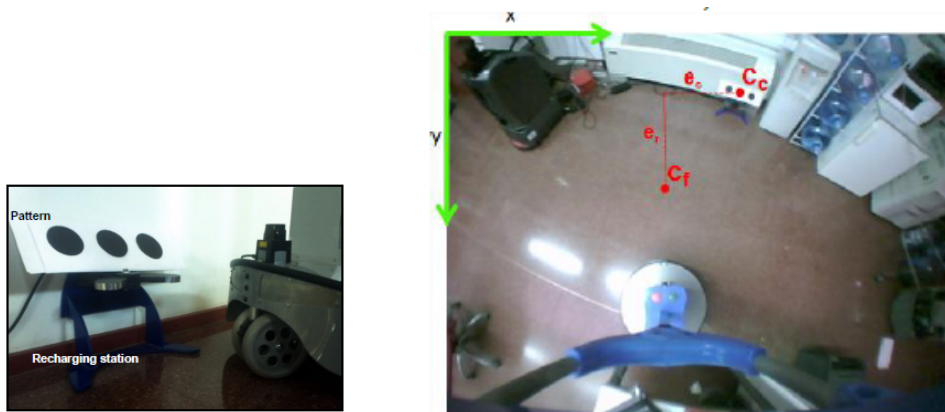
Figura 7: Miglioramenti del sistema di guida.

Il problema dell'agganciamento automatico alla stazione di ricarica è stato affrontato ancora dallo stesso dipartimento dell'Università di Malaga [25]. Questa era risultata una delle operazioni più macchinose da completare per gli utenti, in quanto la docking station è piccola e collocata ad un livello basso del terreno, solitamente in posizioni anguste per ingombrare di meno durante lo stazionamento del robot. Dopo che questo viene portato in una posizione da cui possa inquadrare la postazione di ricarica, l'algoritmo che implementa la funzione si compone di tre fasi:

1. Localizzazione della stazione di ricarica (RS, Recharging Station) all'interno dell'immagine;
2. Confronto fra la posizione attuale della RS ('Current RS position') e posizione attesa della RS quando il robot è in ricarica ('Docked RS position');
3. Generazione del movimento dei motori in modo da ridurre l'errore fra le posizioni 'Current' e 'Docked' della RS.

Per agevolare la localizzazione è stato posizionato sopra la stazione di ricarica un cartello con tre cerchi neri su sfondo bianco (Fig.8(a)). Questo pattern è stato scelto in quanto viene riconosciuto facilmente da una serie di conosciute tecniche informatiche e perché è difficilmente confondibile con altri elementi della casa. L'algoritmo divide l'immagine della telecamera in settori, effettua un passaggio con filtro gaussiano per rendere l'immagine più omogenea e applica su di essa l'algoritmo di Canny per produrre un'immagine dei bordi degli oggetti, selezionando quelli che rispondono ad una serie di requisiti geometrici (grandezza, allineamento, separazione fra le regioni, ecc.). Quando viene riconosciuto il pattern in una certa regione, essa viene indicata con ROI (Region Of Interest) e il processo viene reiterato solo su tale regione ristretta, per confermare con esattezza che la zona individuata sia quella corretta. Nel caso in cui così non fosse, la ROI viene espansa nuovamente a tutta l'area della telecamera. A causa della risoluzione limitata dello strumento, l'algoritmo funziona correttamente da una distanza di 2.5 metri dalla stazione di ricarica, ma anche in condizioni di scarsa luminosità. Una volta che il robot inizia a muoversi, la posizione della RS cambia continuamente e dunque i vincoli geometrici devono essere modificati in modo dinamico. Per produrre il corretto movimento del robot, viene introdotto un sistema di coordinate cartesiane in asse con la telecamera (Fig.8(b)). Indicando con $c_f=(x_f,y_f)$ la posizione finale del centro del pattern quando il robot è fermo in ricarica e con $c_c=(x_c,y_c)$ la posizione corrente del centro del pattern, si definiscono $e_c=x_f - x_c$ (errore nella colonna) ed $e_r=y_f$

- y_c (errore nella riga) le distanze dalla posizione finale: due elementi, dunque, che devono tendere a zero. Per ridurre l'errore nella direzione della coordinata x basta produrre un cambio di direzione orizzontale, per ridurre quello nella direzione individuata da y basta invece muovere in avanti il robot con velocità del motore (angolare o lineare) proporzionale alla grandezza dell'errore. Con questo metodo apparentemente semplice si riescono ad ottenere i risultati desiderati in una grande varietà di situazioni, differenti sia per posizione iniziale che per luminosità.



(a) Il pattern da riconoscere.

(b) Il sistema di coordinate.

Figura 8: Sistema di docking automatico.

3 RoboCare

RoboCare [16] è un progetto promosso dal CNR, e in particolare dall'Istituto di Scienze e Tecnologie della Cognizione (ISTC) di Roma, sotto la coordinazione del Dott. Amedeo Cesta. Mentre Giraff si propone come un sistema facilmente trasportabile e adattabile a qualsiasi tipo di appartamento, dato che non richiede l'installazione di alcunché (eccetto la docking station e l'eventuale rete WiFi), RoboCare ha prodotto un prototipo di 'casa intelligente' denominata RoboCare Domestic Environment (RDE) in cui sensori, robot di movimento e sistemi di monitoraggio intelligenti vengono coordinati per supportare l'anziano che vive in casa nelle attività quotidiane e fornire assistenza in caso di emergenza, invece di concentrare tutte le funzionalità in un singolo robot. In particolare, si utilizza un solo robot di movimento per comunicare con l'assistito e delle telecamere stereoscopiche, in grado di restituire una rappresentazione tridimensionale dell'ambiente che filmano. I dati raccolti vengono inviati ad un modulo di monitoraggio attivo che riconosce l'attività in corso di svolgimento e lo stato dell'ambiente, mettendoli a confronto con le istruzioni precedentemente ricevute dai caregivers del paziente e generate sulla base delle sue abitudini o necessità mediche. In caso di incongruenze rilevate dall'elaborazione dei dati ricevuti, il sistema avvisa il paziente (con vari gradi di allerta) per assicurarsi che il suo comportamento sia il più aderente possibile ai pattern del vivere in salute. Naturalmente, trattandosi di monitoraggio umano, il sistema è flessibile nella giusta misura a possibili variazioni sugli orari delle attività svolte: questo punto è cruciale affinché esso non sia invadente nei confronti delle persone, e il metodo per raggiungere tale scopo verrà analizzato in seguito.

Alcuni progetti antecedenti hanno indirizzato ed influenzato questo lavoro. Peat [33] è un dispositivo basato su AI che serve ad aumentare l'indipendenza di persone affette da malattie che causano danni mentali. È costituito da un palmare con calendario e rubrica che utilizza il planning automatico delle attività per assistere il paziente nella vita di tutti i giorni. Un altro uso interessante di questa tecnologia è COACH [5] (Cognitive Orthosis for Assisting with aCtivities in the Home), una guida per soggetti con demenza moderata o grave che li aiuta a lavare le mani: un compito apparentemente banale che può diventare ostico in presenza di tale malattia. Il sistema è costituito da una telecamera che traccia i movimenti delle mani e li trasmette ad un software, il quale determina i passi da compiere e li ricorda al paziente in caso di dimenticanza. Infine I.L.S.A. [30] (Independent LifeStyle Assistant) è un sistema di supporto costituito da un modulo di sensori e un software capace di riconoscere le

situazioni e pianificare le attività: esso fornisce un'interfaccia Web che mostra all'utente le attività del giorno, le medicine da prendere (e quali sono già state prese), lo stato della mobilità del paziente e gli allarmi attivi.

3.1 Componenti

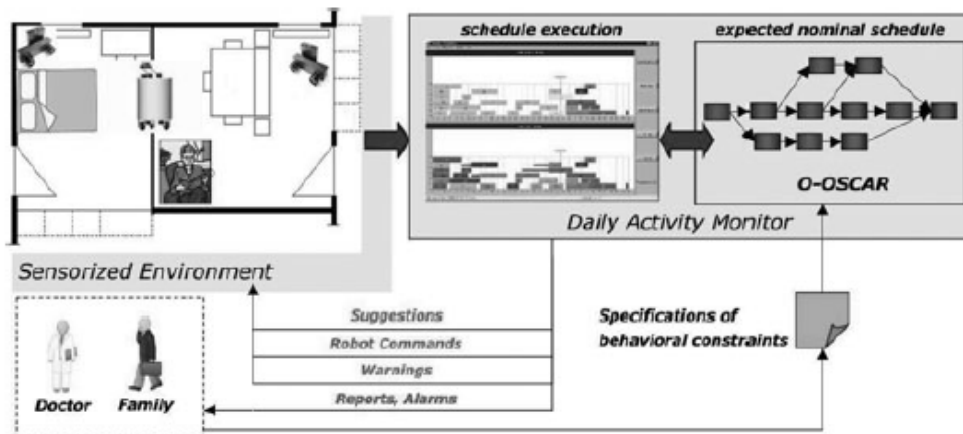


Figura 9: Schema di funzionamento del sistema RDE.

Sono principalmente tre i componenti su cui si basa questo sistema: robot, sensori e software. Il progetto è stato testato in un apparato sperimentale ricostruito al CNR di Roma, in cui è stato riprodotto un appartamento di tre stanze.

- La piattaforma robotica mobile utilizzata è Pioneer2, equipaggiata con il Robot Development Kit (RDK) middleware [21]: una serie di programmi che riescono a coordinare l'interazione tra diversi componenti software in modo efficace. Questo robot (provvisto di telecamera) integra la funzione di semplice elaborazione del percorso da effettuare in casa con un algoritmo di mappamento e localizzazione (Simultaneous Localization And Mapping, SLAM [9]) che utilizza il laser scanner montato sul robot. Inoltre, a questo è stato aggiunto un altro componente di interazione robotica chiamato Lucia [34] (sviluppato interamente dalla sezione di Padova dell'ISTC): un monitor su cui appare una 'testa parlante' che interagisce con l'utente, sintetizzando una serie di frasi basate sull'elaborazione di file che descrivono i vari contesti immagazzinati in formato testuale. L'interazione è completata da un modulo per il riconoscimento vocale

del discorso detto Sonic [29], sviluppato dall'University of Colorado, e da un software denominato Interaction Manager, che elabora una serie di regole di risposta in corrispondenza a determinate situazioni per la gestione dei consigli e reminders per l'anziano.

- Il sistema per il monitoraggio delle attività quotidiane è forse la parte più importante del progetto. L'idea è quella di coinvolgere i caregivers che seguono il paziente per delineare una serie di regole temporali che ne descrivano le attività normalmente svolte durante il giorno, unite ad una serie di comportamenti utili a perseguire il fine del vivere sano. Un esempio di regole potrebbe essere 'prendere certe medicine solo dopo aver mangiato' o 'iniziare a pranzare dalle 12AM alle 2PM'. Questi vincoli comportamentali (*behavioral constraints*) vengono inseriti attraverso un sistema user friendly che facilita anche gli utenti poco esperti, e mappati in un linguaggio di variabili temporali vincolate da un'architettura di pianificazione denominata O-OSCAR [12], che le raccoglie e le ordina parzialmente. Il collegamento finale fra le regole e la loro attuazione è infine effettuato dal modulo *schedule execution* (il cui comportamento è descritto nel dettaglio in seguito), che confronta l'attività in corso di svolgimento con quelle in programma effettuando una mediazione fra le due, e regola di conseguenza l'interazione con il paziente. Questa può essere di vario tipo: un suggerimento o un consiglio in caso di lievi incongruenze (prendere la medicina tardi, mangiare ad orari poco regolari) oppure un contatto d'emergenza con il mondo esterno in caso di comportamenti più gravi (mancata assunzione di cibo prolungata, assenza di risposta).

Uno degli aspetti più interessanti di RoboCare è la cosiddetta implementazione *Multi-Agent*. In un campo come la produzione di smart environment, una priorità importante deve essere la riusabilità del sistema prodotto, e l'adattabilità a livello di software in presenza di configurazioni hardware diverse da quelle su cui è prodotto e testato. Si risponde a questo problema con l'utilizzo della programmazione a vincoli distribuita: ogni singolo componente, o *agent* (sia esso il robot, il sistema di scheduling o altro) è separato dagli altri e produce una serie di variabili che vengono messe in comune con quelle prodotte dagli altri agents. Su tali variabili si definisce un *Distributed Constraint Optimization Problem* (DCOP, o problema di ottimizzazione su vincoli distribuiti) [19], in cui ogni variabile (e vincolo definito su di essa) viene tenuta in considerazione per trovare la coordinazione necessaria a fornire una risposta finale che soddisfi, con la maggiore probabilità possibile, a tutti i vincoli imposti:

in questo modo, singole variazioni dovute alla diversità dei componenti hardware utilizzati di volta in volta perdono ogni significato.

Infine, il sistema deve ricevere in input un modello interno dell'ambiente in cui opera per allineare correttamente i dati ricevuti dai sensori con quella che è la realtà, in modo da garantire la massima accuratezza di ciò che viene monitorato. Tale modello deve essere inoltre tenuto costantemente aggiornato sui cambiamenti effettuati in casa (disposizione dei mobili, cambiamenti strutturali, ecc) per evitare che essi influiscano, in modo più o meno grave, sulla correttezza delle considerazioni effettuate dal sistema sulla base dei dati ricevuti dai sensori.

3.2 Mixed-initiative e pianificazione attività

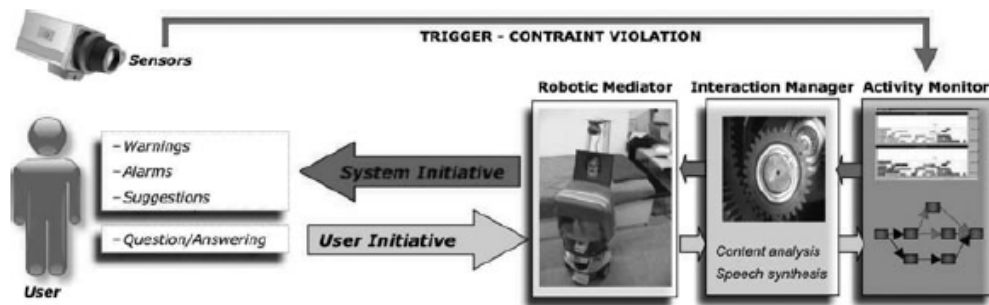


Figura 10: Schema generico di interazione mixed-initiative in un RDE.

L'utilizzatore di RoboCare, vale a dire l'anziano assistito, non avverte la presenza dei sensori che registrano i dati e non partecipa alle elaborazioni successive che il sistema compie su di essi: la sua attenzione viene concentrata sul robot dato che esso è l'unico oggetto con cui può interagire e da cui ricava le informazioni. Questo compito viene svolto da un modulo detto Interaction Manager che, sulla base dei vincoli espressi e dei dati rilevati, decide la tempistica e il contenuto dell'interazione con l'utente. Inoltre è dotato di un analizzatore vocale in grado di comprendere le richieste del paziente e, grazie alla connessione con un sintetizzatore vocale, produrre le risposte sulla base di un database e della situazione ambientale. Questa doppia funzionalità si fonde nel concetto di mixed-initiative: il primo a parlare per iniziare l'interazione può essere sia il paziente che il robot stesso, a seconda delle situazioni che si verificano.

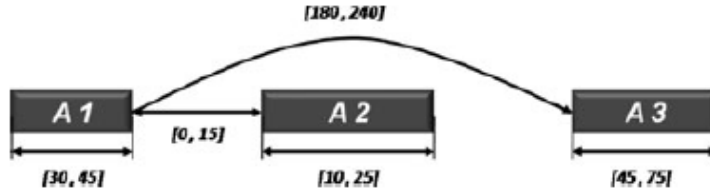
- Iniziativa dell'utente: quando è l'utilizzatore a parlare per primo al robot solitamente il dialogo si definisce a 'Domanda/Risposta'.

L'utente infatti può chiedere informazioni sul suo stato di salute o sulla casa, o sulle sue attività recenti o da programmare, come per esempio: 'Ho già preso le medicine?', oppure 'Posso prendere appuntamento con il dottore domani alle 10?'. Il sistema riceve in input le domande, le elabora e fornisce una risposta sulla base dello stato corrente dell'ambiente oppure della storia recente del paziente.

- **Iniziativa del sistema:** il robot può essere inviato dal sistema nei pressi della zona in cui si trova l'utente ed iniziare autonomamente un discorso con esso, sulla base delle elaborazioni effettuate. Ogni rilevazione di un comportamento che violi i vincoli espressi nella pianificazione delle attività può essere un motivo per intervenire, con tre diversi livelli di priorità: suggerimento, avvertimento, allarme. Il contenuto dell'interazione viene deciso in base ad un ragionamento effettuato sull'avvenimento rilevato dai sensori. Il sistema ha un database da cui attingere per decidere in modo corretto e comprendere il livello di gravità delle situazioni: per esempio, vedere una persona distesa in cucina in un orario qualsiasi viene considerato più grave che vederla distesa a letto in un orario in cui di solito questo non accade, in quanto la prima situazione è più inusuale della seconda (anche se questa viene comunque registrata e presa in considerazione). Il fatto invece che, ad esempio, l'utente vada a letto nell'orario in cui solitamente lo fa non genera ovviamente alcun tipo di allerta. In caso di semplice incongruenza con le attività pianificate viene prodotto un suggerimento su come comportarsi per un vivere più sano: se il comportamento è più grave, si instaura un dialogo con l'utente per definire meglio il problema e tentare di risolverlo, facendo riferimento eventualmente ai parametri vitali del paziente. In caso di mancata risposta prolungata si attiva l'allarme che richiama l'attenzione di un utente esterno all'ambiente casalingo, in modo da intervenire tempestivamente con un aiuto che il robot non può fornire.

Come detto, la pianificazione della attività giornaliera dell'anziano viene descritta inizialmente dai caregivers del paziente, e viene fornita attraverso una serie di vincoli temporali che ne delineano il quadro generale da seguire in linea di massima. Per permettere maggiore flessibilità, le descrizioni temporali non sono strette e definite da orari puntuali, ma vengono individuate da un valore minimo (d_{\min}) e da uno massimo (d_{\max}): per ogni attività inserita nel planner viene richiesto di indicare una sua

durata minima ed una massima, e tutte sono collegate dalla distanza minima o massima che può intercorrere fra esse.



(a) Inserimento delle attività.



(b) Planning temporale sviluppato dal sistema.

Figura 11: Esempi di pianificazione delle attività.

È essenziale fornire una finestra temporale invece di rigidi istanti, dato che l'utente finale deve poter decidere di iniziare quando vuole a fare determinate cose con una certa libertà. In caso di incongruenze nella definizione del planning, il sistema genera un errore e la richiesta di reinserire le attività che la creano: nessuna tabella oraria con degli errori viene presa in considerazione per fasi più avanzate di programmazione.

Per esempio, nella Figura 11(a) vengono inserite nel sistema tre nuove attività: A1, A2 e A3. A1 può durare da un minimo di 30 ad un massimo di 45 minuti, e dopo di essa A2 può cominciare subito (0 minuti) oppure 15 minuti dopo, e durare a sua volta da 10 a 25 minuti: e così via. A seconda di quando inizia la giornata, il sistema traduce i dati inseriti in una tabella temporale oraria, calcolando in media quanto tempo dedicare ad ogni attività per non generare sovrapposizioni oppure eccessiva vicinanza: naturalmente le finestre temporali espresse precedentemente vengono tenute ancora in considerazione. Nella Figura 11(b) vi è un esempio di traduzione temporale dei dati prima descritti, considerando tre attività abbastanza comuni: fare colazione, prendere l'aspirina e pranzare. È bene sottolineare come non tutte le azioni che il paziente svolge durante la giornata sono oggetto di attenzione per l'activity planner: ad esempio, nella figura suindicata, fra la fine di 'prendere l'aspirina' e l'inizio di 'pranzo' ci sono tre ore in cui non è inserita alcuna azione. Solamente le attività legate allo stato fisico del paziente (dormire un certo nume-

ro di ore, mangiare con regolarità) o all'aderenza a terapie per malattie specifiche (prendere le pillole a determinate ore, fare degli esercizi di riabilitazione) sono inserite nel sistema, in quanto sono le uniche a dover essere monitorate per garantire uno stile di vita sano: in pazienti che potrebbero avere delle dimenticanze oppure abitudini poco regolari questo è fondamentale. L'aspetto principale è non costringere il paziente a rispettare a tutti i costi la lista di attività preventivate, fatto che porrebbe restrizioni inaccettabili nella vita di tutti i giorni. Il sistema risponde a questa esigenza grazie ad un utilizzo intelligente dei vincoli temporali precedentemente descritti, come durata e tempi di inizio e fine variabili, in modo da far rispettare in linea di massima la scaletta delle attività senza risultare pressante. Questo requisito è fondamentale quando si ha a che fare con modellizzazioni matematiche del comportamento umano, che richiede grande capacità di adattamento alle situazioni che di volta in volta vengono a crearsi e possono presentare molte diversità, come esposto in [18] e [12].

3.3 Algoritmo di gestione del planning

Una volta specificati i limiti temporali e tradotti in una scaletta giornaliera, il sistema inizia il monitoraggio delle varie azioni svolte dal paziente nell'ambiente in cui si muove. Ai sensori vengono periodicamente richiesti i dati, e ad ogni ciclo la programmazione nominale delle attività viene modificata in base ai dati ricevuti: viene verificato che l'assistito stia svolgendo o meno determinate azioni combinando i dati rilevati dai sensori ambientali, e se esse siano svolte in ritardo o in anticipo. Ogni violazione dei vincoli costituisce un evento che viene registrato e immagazzinato (ma non necessariamente segnalato all'utente) dal sistema. Nella Figura 12, tratta da [16], si riporta l'implementazione dell'algoritmo che gestisce il ciclo di rilevazione delle attività e loro adattamento istante per istante (l'algoritmo richiama vari metodi la cui specifica descrizione non viene qui approfondita).

L'idea di base è quella di un ciclo eseguito periodicamente ad ogni rilevazione sensoriale (*while true* della riga 1). S_t rappresenta la serie di dati rilevati dai sensori all'istante 't' corrente attraverso la deduzione Multi-Agent descritta precedentemente, e viene inserita nel set di eventi $Events_t$ (riga 2). Se vi sono eventi rilevati (riga 3), l'activity monitor rimuove i vincoli attivi attraverso il metodo *removeActiveConstraints* e li inserisce nel set $C_{r,t}$ (riga 4). I vincoli attivi sono tutti i vincoli relativi ad almeno una attività non ancora completata, che non verranno compresi nella successiva analisi della propagazione degli eventi in quanto non sono re-

```

1.   while true do
2.      $Events_t \leftarrow S_t$ 
3.     if  $Events_t \neq \emptyset$  then
4.        $C_{r,t} \leftarrow \text{removeActiveConstraints}()$ 
5.        $\text{insertContingencies}(Events_t)$ 
6.        $K_t \leftarrow \emptyset$ 
7.       while  $C_{r,t} \neq \emptyset$  do
8.          $c_j \leftarrow \text{chooseConstraint}(C_{r,t})$ 
9.         if  $\neg \text{reinsertConstraint}(c_j)$  then
10.           $K_t \leftarrow K_t \cup c_j$ 
11.        end if
12.      end while
13.    end if
14.  end while

```

Figura 12: Algoritmo per la gestione dell'esecuzione delle attività monitorate.

lativi alla futura evoluzione del planning temporale. Nel prossimo passo, l'algoritmo utilizza il metodo *insertContingencies* per inserire nel piano delle attività gli ulteriori vincoli dovuti alla rilevazione del set di eventi $Events_t$, cioè quelli relativi allo stato attuale delle cose. In questo passo, il sistema aggiorna la pianificazione degli eventi per aderire maggiormente alla realtà degli avvenimenti correnti: allo stato attuale, esso contiene solo i vincoli relativi agli eventi appena rilevati, in quanto i vincoli attivi sono stati rimossi e inseriti nel set $C_{r,t}$. Da qui, finché ve ne sono (riga 7), ne viene scelto uno (c_j) attraverso il metodo *chooseConstraint* (riga 8) e viene tentato il suo reinserimento nel piano delle attività con il metodo *reinsertConstraint* (riga 9). Quest'ultimo lancia un algoritmo che genera le conseguenze temporali del reinserimento del vincolo scelto nel piano, e restituisce una variabile booleana che contiene una risposta positiva o negativa a seconda che questo si possa fare o meno. Se così non è, il set K_t raccoglie tutti i vincoli che sono stati scartati (riga 10).

È possibile dunque che una serie di vincoli che erano stati originariamente inclusi nella pianificazione oraria non possano più essere rispettati a causa della rilevazione di determinati eventi nell'istante corrente, in quanto causerebbero una *propagation failure* nella catena di eventi. Il contenuto del set K_t è quello che determina la risposta del sistema: quantitativamente, in quanto maggiore è questo insieme, più forte sarà la richiesta di attenzione da parte dell'utente, dato che l'evento rilevato causa un maggior numero di violazioni nel rispetto del planning; qualitativamente, in quanto i vincoli contenuti in K_t si riferiscono a determinate azioni programmate e il sistema può così ragguagliare l'utente su quali

attività esso non riuscirà a compiere, e quanto importante sarà questa mancanza per la sua salute. Si riesce così ad ottenere una *system initiative* più contestualizzata e mirata. L'algoritmo è costruito in modo tale che in K_t ci siano solo vincoli che causano propagation failure (per evitare falsi positivi) e che la sua cardinalità sia massima (per non ignorare alcuna circostanza problematica).

Ma come fa l'algoritmo a scegliere quale vincolo reinserire e quale scartare? Se, per esempio, dopo un avvenimento E_t il sistema tentasse l'inserimento contemporaneo di due vincoli c_1 e c_2 e questo generasse una contraddizione, al contrario dell'inserimento di uno solo dei due (ininfluentemente), si sceglierà di eliminare quello che è temporalmente più vicino all'istante in cui accade l'evento rilevato, reinserendo invece quello più lontano. Questo permette al sistema di monitoraggio RoboCare di essere il più aderente possibile allo stato attuale degli avvenimenti: rimuovere un vincolo più vicino permette di considerare con maggiore flessibilità il comportamento del paziente che si deve affrontare, invece di prevedere automaticamente (e, probabilmente, dover ricalcolare in seguito) la conseguenza che questo avrà sulle attività future contenute nella pianificazione temporale.

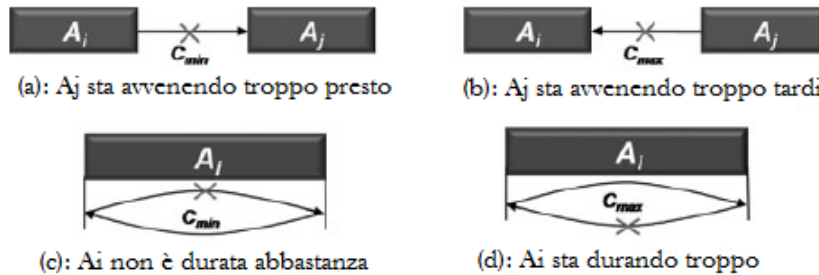


Figura 13: Alcune frasi generate dalla violazione dei limiti.

Il set K_t contiene anche l'indicazione del fatto che la violazione avvenga sul limite massimo o su quello minimo. Il sistema reagisce con frasi diverse a seconda di quale dei due venga violato (Fig.13), e anche a seconda che la violazione avvenga sulla durata di una attività o sul tempo di inizio o fine dell'esecuzione della stessa; oppure, può anche reagire con frasi diverse se un'attività viene svolta prima di un'altra che dovrebbe avvenire più tardi, e tiene conto dell'effetto che avranno i ritardi sulle attività future prendendo in considerazione i collegamenti fra le azioni pianificate successivamente. Per fare un esempio, se l'inizio di una certa attività viene ritardato ma essa è collegata ad un'altra seguente,

il sistema avvisa del possibile ritardo che può avvenire nell'esecuzione della seconda se non si termina la prima entro certi limiti; o, ancora, se un'attività è in corso di svolgimento ma le due successive sono collegate e rischiano di slittare troppo, il sistema suggerisce di terminare quella in corso per non ritardare le altre due e violare due limiti, rischiando una propagazione a catena dei ritardi.

In RoboCare, l'utilizzo delle funzioni descritte permette di rimanere il più possibile fedeli al piano originale espresso dai caregivers mantenendo però la flessibilità dovuta all'imprevedibilità del comportamento umano. La capacità di aggiungere e rimuovere vincoli permette, mantenendo il riferimento della pianificazione iniziale, di seguire istante per istante il paziente e mantenere aggiornato il planning delle sue attività in relazione ai comportamenti di volta in volta rilevati, fornendo una spiegazione adeguata in caso di allerta senza però risultare pressante per il paziente con continui messaggi.

3.4 Esempio di utilizzo

È interessante ora vedere un esempio reale di come possano essere utilizzati gli strumenti fin qui descritti. Per fare ciò, immaginiamo quale possa essere la giornata tipo di un anziano che utilizza il sistema, e come esso reagisce ai suoi comportamenti. Il planning temporale fornito a priori potrebbe essere quello in Figura 14, in cui i tempi di inizio dall'attività precedente sono da intendere come decorrenti dalla fine di tale attività.

Attività	Orario di inizio	Durata massima	Durata minima	Inizio massimo da precedente	Inizio minimo da precedente
Sveglia e alzarsi dal letto	7.30	10 minuti	5 minuti	-	-
Colazione	7.45	30 minuti	10 minuti	15 minuti	5 minuti
Collegamento col dottore	11.00	30 minuti	5 minuti	3 ore e mezza	3 ore
Preparazione pranzo	11.45	1 ora	25 minuti	45 minuti	30 minuti
Pranzo	12.30	1 ora	30 minuti	15 minuti	5 minuti
Prendere la pastiglia	13.30	5 minuti	2 minuti	20 minuti	5 minuti
Riposo pomeridiano	14.00	2 ore e mezza	1 ora	40 minuti	20 minuti
Esercizi fisici con cyclette	17.00	45 minuti	20 minuti	2 ore	30 minuti
Preparazione della cena	18.45	1 ora	25 minuti	1 ora e mezza	45 minuti
Cena	19.30	1 ora	30 minuti	15 minuti	5 minuti
Riposo notturno	22.00	9 ore	6 ore	2 ore e mezza	1 ora

Figura 14: Esempio di tabella oraria fornita al sistema.

Questo input, relativo ad una particolare giornata, verrà quindi analizzato dal sistema e tradotto in una serie di vincoli e variabili temporali. Supponiamo ora che l'anziano si svegli alle 8: il sistema rileverà che l'evento 'colazione' potrebbe slittare, ma l'attività ancora successiva, cioè

il collegamento con il dottore, è molto avanti nel tempo e dunque non causerà alcun tipo di allarme o suggerimento, almeno finché la fine della colazione avviene entro certi limiti. Poi c'è un periodo privo di attività preimpostate, ma alle 11 con puntualità il sistema ricorda all'utente che ha inizio una sessione di collegamento con il dottore (supponendo di avere disponibilità di un sistema di videoconferenza), in cui verranno controllati i dati rilevati dal sistema nel periodo precedente e verranno chieste al paziente informazioni riguardo al suo stato di salute. Nel caso in cui l'assistito non presti attenzione all'orario, il sistema ricorderà l'appuntamento e, in assenza di risposta prolungata, permetterà il collegamento automatico del medico per verificare che la situazione non presenti eventi preoccupanti. Dopo ciò avviene la preparazione e consumazione del pranzo: supponendo che questo duri sensibilmente meno di 30 minuti, il sistema ricorderà con un suggerimento l'importanza di mangiare lentamente il cibo. Dopodiché l'anziano va a dormire per il riposo pomeridiano, e il sistema monitora che questo non duri troppo in modo da non far slittare eccessivamente l'attività successiva, cioè l'esercizio fisico. Se questo al contrario avviene troppo vicino all'orario di pranzo (per esempio se l'utente decide di saltare il riposo pomeridiano), il sistema scongiurerà questa azione in quanto è in contrasto con i principi di una tranquilla digestione. Infine, la preparazione della cena e la cena stessa completano il quadro delle attività. Il riposo notturno è l'evento che disattiva i sensori (tranne naturalmente quelli della camera da letto) ma viene comunque monitorato, per registrare eventuali risvegli continui oppure eccessiva necessità di usare il bagno che verranno prontamente registrati e riportati al personale qualificato in caso di anomalie.

4 GiraffPlus

L'ulteriore sviluppo della piattaforma Giraff presentata nella Sezione 2 è GiraffPlus [10] [26], cioè l'integrazione del robot con una rete di sensori simile a quella descritta nel progetto RoboCare, in modo da sfruttare anche le funzionalità di telepresenza e interazione sociale a distanza già implementate. GiraffPlus è un progetto GiraffPlus FP7 [24] (European community's Framework programme Seven) coordinato dalle Università di Örebro e Lund, Svezia, dall'Università di Malaga, dal CNR-ISTC di Roma e dal CNR-ISTI (Istituto di Scienza e Tecnologia dell'Informazione) di Pisa con la collaborazione di Tunstall [37], azienda di telesoccorso e teleassistenza che produce la rete di sensori ambientali, e IntelliCare [31], compagnia che produce la rete di sensori per parametri vitali. Lo scopo di questo progetto è aiutare pazienti anziani o con disabilità che vivono nella propria casa in tre modi:

- Rilevare precocemente possibili problemi di salute in modo da affrontarli tempestivamente, e assicurare il coinvolgimento della famiglia e del personale medico nella somministrazione della cura;
- Fornire supporto esteso e versatile ai problemi più comuni della terza età nella vita di tutti i giorni;
- Supportare la medicina preventiva in modo da coadiuvare il paziente nel mantenimento di uno stile di vita sano, e ritardare così l'insorgere di malattie legate all'invecchiamento progressivo. Anche semplicemente stimolare il paziente ad utilizzare e ad interagire con un sistema tecnologico (massimamente semplificato) costituisce uno sforzo per tenere la mente allenata.

Il sistema verrà installato e valutato in almeno 15 case abitate da anziani fra Italia, Svezia e Spagna: allo stato attuale delle cose (Giugno 2013), il progetto (triennale) è giunto alla metà del suo corso. Lo scopo finale è mostrare all'utente la reale utilità e semplicità d'uso del sistema, modificandolo in futuro in base al feedback ricevuto.

4.1 Componenti

Il sistema consiste in una serie di sensori per la rilevazione di segnali biometrici (pressione del sangue, temperatura, ecc.) e ambientali, come ad esempio in che stanza si trovi il paziente o se sia in piedi, seduto, in movimento. I dati ricevuti dai sensori sono analizzati da un sistema intelligente che riesce a interpretare quale azione stia compiendo il paziente, e

metterla in relazione con i comportamenti salutari che dovrebbero essere eseguiti. Di conseguenza, a seconda della gravità del comportamento identificato, si può attivare un allarme diretto per l'utente primario (l'anziano) o quelli secondari (i caregivers), oppure la registrazione dei dati per la successiva analisi offline da parte di un professionista (medico o infermiere che segue il paziente). Inoltre, il sistema adatta di volta in volta la configurazione della rete sensoriale per rispondere in modo più adeguato alle varie situazioni ambientali che si presentano (ad esempio, sorveglianza notturna del paziente), decidendo quali sensori debbano attivarsi e per quanto registrare i dati. Infine, il robot Giraff già descritto viene utilizzato sia per fornire al paziente informazioni sul proprio stato di salute e sullo stato dell'ambiente, sia per comunicare visivamente con un utente esterno, al quale si può dare accesso o meno ai dati registrati e alle considerazioni effettuate dal sistema nei giorni precedenti per discutere insieme il proprio stato di salute. Sia l'utente secondario che quello primario possono modificare l'assetto del sistema e avere accesso alle informazioni, ma le modifiche dovranno prima essere approvate dal paziente. Nella Figura 14 si può vedere lo schema completo di funzionamento del sistema.

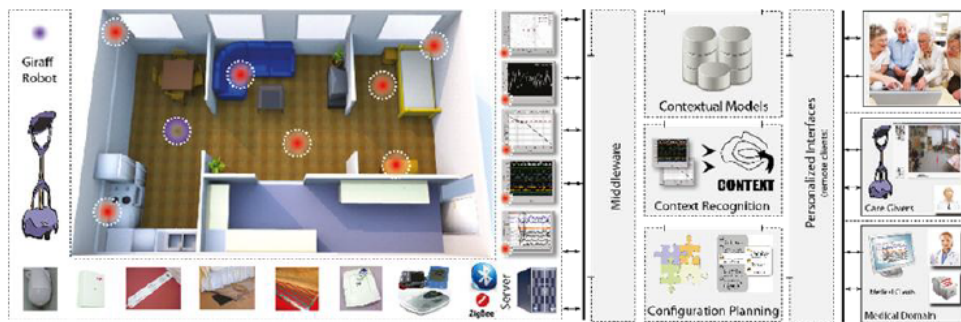


Figura 15: Schema generale del sistema GiraffPlus.

A sinistra dello schema si trovano le componenti hardware, il robot Giraff e alcuni sensori, mentre a destra alcuni utilizzatori standard. Al centro è schematizzata la parte software: un sistema avanzato di riconoscimento del contesto basato sul ragionamento a vincoli, che utilizza un database di modelli contestuali per riconoscere l'azione che la persona assistita sta compiendo, e un modulo per la configurazione della rete di sensori in base alle attività giornaliere, che analizza anche su una scala temporale ampia i comportamenti rilevati non basandosi solamente sull'istante in cui avvengono. Questo permette di riconoscere le anomalie che si possono rilevare solo attraverso il monitoraggio a lungo termine dei pazienti, ed è

uno dei punti di forza del sistema: l'uso di *high level reasoning* permette di individuare dei trend fisiologici e mettere a confronto vari periodi di monitoraggio, reagendo in modo mirato e, soprattutto, modellando sulle abitudini dell'utente (dopo un periodo di funzionamento) gli eventuali allarmi da produrre. Lo schema, infine, collega il software che compie analisi intelligente dei dati con un'interfaccia personalizzata a seconda dell'utente che effettua l'accesso: ad esempio, sarà molto semplificata per l'utente primario e invece più complessa e con ulteriori opzioni per un caregiver. Ciò che collega invece il software alla rete di sensori è il middleware: una serie di programmi che si occupa di effettuare interconnessioni affinché entità diverse (come i vari sensori) possano interagire in modo efficace. Inoltre, questo permette grande flessibilità del sistema, sia per quanto riguarda l'installazione di nuovi sensori ambientali che per una configurazione efficace della rete a seconda delle attività svolte.

Più nello specifico, il sistema si può suddividere in quattro componenti principali:

- **Ambiente fisico e infrastruttura software.** L'ambiente fisico è costituito dal robot Giraff e dalla rete di sensori installati in casa. Tutti i dati rilevati si basano su questa parte del sistema. Vi è inoltre un'infrastruttura Middleware che, a livello di software, fornisce un gateway condiviso dall'intera rete fisica per la coordinazione fra i vari componenti.
- **Archiviazione dei dati.** Poiché il sistema analizza i comportamenti a lungo termine, è necessario che tutti i dati rilevati siano archiviati e resi a disposizione del software quando vengono richiesti. Questa componente si occupa di gestire un database contenente tutti i dati forniti dai sensori attraverso il Middleware e di permettere l'accesso quando il sistema effettua i ragionamenti sul trend comportamentale del paziente.
- **Monitoraggio intelligente e servizio di adattamento.** In questa parte del sistema si trovano il *Context Inference System*, un programma che è in grado di riconoscere l'attività che il paziente sta svolgendo sulla base di una rappresentazione temporale dei dati dei sensori (ad esempio, per determinare che il paziente dorme rileva la luce spenta e la scarsità di movimento nella stanza da un certo istante in poi), e il *Configuration Planning System*, che si occupa di configurare i vari sensori in modo efficace in base all'attività da monitorare richiesta dal Context Inference System.

- **Visualizzazione dei dati, personalizzazione e interazione.** Questo è il livello più vicino all'utente, e anche l'unica parte del sistema con cui esso interagisce. A seconda delle necessità dell'utente che accede al sistema, un programma fornisce varie opzioni di personalizzazione e presenta i dati in maniera più o meno tecnica e approfondita, anche attraverso l'utilizzo di interfacce diverse. Infine, il servizio di personalizzazione si occupa di mantenere aggiornati i dati necessari a generare interazioni e ragionamenti personalizzati a seconda dei vari utenti, attraverso la creazione di profili diversi per tutti gli utilizzatori del sistema. L'interazione è regolata sulla base di questi profili.

4.2 Sensori

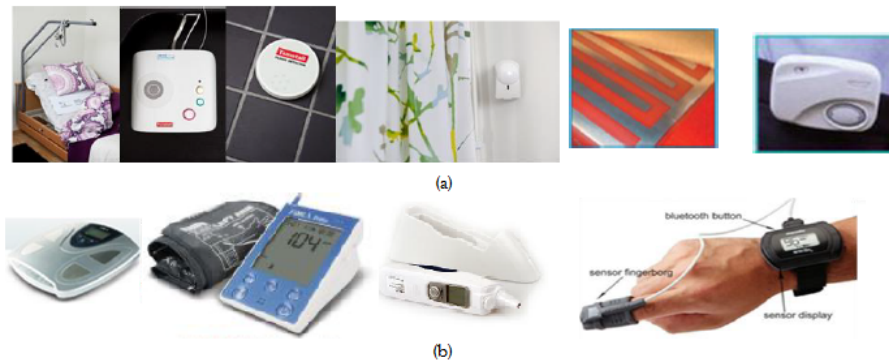


Figura 16: Alcuni sensori Tunstall (a) e IntelliCare (b).

Il sistema ricava i dati da una serie di sensori installati in modo pervasivo in tutto l'ambiente in cui si muove l'anziano [27]. I sensori di parametri vitali sono prodotti da IntelliCare, che ha sviluppato un sistema (Look4MyHealth) in grado di registrare segnali fisiologici come peso, pressione sanguigna, livello di glucosio ecc. in modo comodo a casa propria. Questi vengono completati dai sensori ambientali Tunstall, che includono sensori di fumo, di temperatura, di utilizzo delle porte, di occupazione del letto\sedie o dell'uso di apparecchiature elettroniche. Nella Figura 15 si hanno nella prima riga, da sinistra a destra: il sensore di occupazione del letto, il gateway che si occupa della raccolta dei dati, il sensore di allagamento, il sensore di movimento, il sensore di umidità (Enuresis Sensor) da utilizzare per il letto e il sensore di caduta; nella seconda riga, da sinistra a destra: la bilancia, il sensore di pressione san-

guigna e della glicemia, il termometro e il sensore portatile per pulsazioni e saturazione dell'ossigeno (saturimetro).

I sensori ambientali prodotti da Tunstall solitamente sono sensori binari: indicano solamente, cioè, quando una determinata soglia viene oltrepassata. Non richiedono un intervento dell'utente per essere attivati, e trasmettono i dati al sistema in radiofrequenza. Includono:

- Fast Passive InfraRed (PIR) motion detector. Solitamente i sensori ad infrarosso passivi vengono utilizzati negli allarmi delle case per rilevare il movimento, e si resettano in media dopo 3 minuti per preservare la durata della batteria. Il sistema GiraffPlus utilizza invece un modello di sensore veloce, che si resetta ad una frequenza molto più elevata ed è in grado di fornire una rilevazione del movimento aggiornata al secondo: ne vengono installati tre in casa, uno in camera da letto, uno in bagno e un altro in una locazione che può variare dal corridoio alla cucina. Questi sono i punti fondamentali per analizzare i comportamenti legati alla salute del paziente, come tempo trascorso a letto, tempo trascorso ai servizi, numero di volte che questo accade, tempo trascorso dentro o fuori casa e così via. La batteria in questo caso ha una durata annuale.
- Sensore per l'utilizzo di apparecchiature elettroniche. Per il sistema che analizza il comportamento dell'utente può essere utile capire quale tipo di oggetto elettronico questo stia utilizzando, per esempio per riportare quando il paziente sta guardando la televisione o cucinando. Si tratta in sostanza di un amperometro posto fra la presa e il dispositivo in oggetto che rileva la differenza di corrente esistente fra lo standby e l'utilizzo effettivo, segnalando quest'ultimo al sistema che ne rileva, in base ad altri dati, la funzione (ad esempio, se si accende il tostapane mentre la persona si trova in cucina il sistema intuisce che sta cucinando il pranzo o la cena).
- Universal Sensor (sensore per l'utilizzo delle porte). Il nome di questo sensore deriva dal fatto che viene utilizzato in combinazione con gli altri sensori per trasmettere i dati al sistema centrale: di per sé si tratta di un sensore che rileva se la porta di una determinata stanza sia aperta oppure chiusa, allertando il sistema nel caso in cui porte normalmente chiuse restano aperte per molto tempo (ad esempio, quella del frigorifero o di casa) o viceversa (porta della camera da letto chiusa se la persona vive da sola). In combinazione con altri sensori più semplici fornisce supporto wireless per la trasmissione dei dati, e viene utilizzato per completare le informazioni

rilevate dagli altri apparecchi (ad esempio, se si apre una porta e il sensore di una determinata stanza rileva movimento, il sistema può tracciare gli spostamenti del paziente da una stanza all'altra).

- Sensore di occupazione per letti\sedie. È sostanzialmente un sensore da posizionare sulle sedie o sotto il materasso, che si attiva per cambiamenti di pressione rilevanti e li comunica al sistema utilizzando l'Universal Sensor. In combinazione con un PIR, il sensore di movimento, può produrre dei report più complessi e completi, ad esempio se il paziente si reca ai servizi di notte, la sequenza di variabili sensoriali rilevata sarà: sensore letto off, PIR della stanza on, PIR del bagno on, e, al ritorno, sensore letto on e dopo poco PIR della stanza off.
- Sensore di caduta. Questo sensore deve essere indossato dall'utente, e rileva le cadute in due fasi: nella prima avverte l'impulso di forza dovuto ad un impatto con il terreno, nella seconda rileva con un accelerometro la posizione del paziente che lo indossa, e se questa è orizzontale per più di 15 secondi invia al sistema un segnale di allarme. Naturalmente, questo apparecchio deve essere assicurato al paziente in modo da non staccarsi durante la caduta e generare così falsi allarmi.
- Sensore di umidità per letti o di allagamento. Il sensore di umidità per letti è un tappetino sottile e lavabile da posizionare sotto il lenzuolo, che si attiva durante la notte per evitare continui controlli da parte dei caregivers e garantire quindi la privacy dei pazienti affetti da incontinenza: il sistema sveglia il paziente quando rileva il problema. Il sensore di allagamento invece è posizionato nelle stanze in cui vi sia un rubinetto, e quando rileva la presenza di acqua in zone in cui non dovrebbe esserci attiva un allarme sonoro e una segnalazione per il sistema centrale.

I sensori IntelliCare, invece, registrano i segnali fisiologici e richiedono un intervento del paziente per essere utilizzati, anche se i dati che rilevano vengono trasmessi in modo automatico per essere registrati. Di base in GiraffPlus sono forniti: misuratore di pressione e di livello di glucosio nel sangue, termometro, bilancia, misuratore di pulsazioni e saturimetro.

In aggiunta ai sensori descritti ve ne sono alcuni, disponibili come prodotti di mercato oppure in fase di progettazione, su cui vale la pena soffermarsi:

- Monitoraggio continuativo del cuore. In pazienti che potrebbero presentare fibrillazione atriale, aritmia o altre malattie cardiache

può essere necessaria una produzione continua di elettrocardiogramma. Zenicor ha prodotto un sensore che registra i dati dell'ECG in maniera poco invasiva attraverso l'utilizzo di elettrodi a secco che necessitano solamente un contatto con i pollici.

- Applicazione per descrizione autonoma dei sintomi cardiaci. Nelle malattie cardiache è essenziale che il paziente tenga un diario per l'auto-monitoraggio dei propri sintomi, sia per aumentarne l'attenzione nei confronti della malattia sia per mettere a confronto dei sintomi soggettivi con quello che viene rilevato oggettivamente dai macchinari. Vengono quindi prodotti dei questionari sulla percezione del proprio stato di salute a cui il paziente può rispondere: in caso di mancata esperienza con la videoscrittura, il sistema propone una penna digitale in grado di riconoscere la scrittura manuale.
- Monitoraggio continuo del livello di glucosio. Per pazienti con difficoltà nel mantenere stabile il proprio livello di glucosio può non essere sufficiente controllarlo ogni tanto, e dunque è necessario un sensore portatile e discreto che registri in modo continuativo ed evidenzi come il dato cambi a seconda delle varie attività che vengono svolte.
- Monitoraggio dell'attività fisica. Esistono in commercio vari sensori in grado di analizzare come il corpo si muove durante l'attività, quante calorie consuma e le posizioni che assume durante la notte, per evidenziare eventuali problemi nella postura. Questi sensori si presentano sottoforma di braccialetti oppure imbracature per le gambe da indossare mentre si effettua l'attività o si dorme.
- Correzione di problemi di bilanciamento e movimento. Alcuni sensori di inerzia possono essere utilizzati per curare pazienti che avvertono gli effetti lesivi dovuti al colpo di frusta, indicati anche con *Whiplash Associated Disorders* (WAD). In commercio esistono anche sensori utilizzati per i videogiochi, come la Wii Balance Board (una bilancia con dei sensori di pressione per determinare il baricentro del corpo e altro) oppure Microsoft Kinect (sensore di movimento che ricostruisce un modello tridimensionale di quanto osserva) che, utilizzati con il software corretto, assolvono in modo efficace ai compiti suindicati.

Questi sensori possono essere aggiunti come 'optional' in caso l'utente considerasse insufficiente la rete già fornita di base con il sistema Giraff-Plus, oppure in caso di necessità specifiche: per esempio, è stato eviden-

ziato che i pazienti che soffrono di insufficienza cardiaca cronica trovano scomodo e a volte addirittura doloroso utilizzare un misuratore di pressione a braccio, preferendo ampiamente l'utilizzo di quello a polso. Tutti i sensori devono essere comunque comodi e funzionali, e soprattutto produrre i dati in maniera autonoma e integrabile con il sistema GiraffPlus, in modo da evitare interferenze dovuti ad eventuali errori umani.

Un punto essenziale per il buon accoglimento del sistema da parte dell'utente riguarda la privacy. La persona che abita in casa rischia di sentirsi continuamente 'spiato' dai sensori che tracciano le sue attività, vivendo in modo meno sereno e dimenticando l'impatto positivo che l'utilizzo di GiraffPlus può avere sulla salute. Oltre al fatto che le connessioni fra i sensori e il sistema e fra questo e i server di elaborazione sono protette e criptate, l'approccio al monitoraggio si definisce 'ghost': con questo termine si intende che la persona non viene mai vista nella sua interezza come se avesse una serie di telecamere puntate addosso, ma quello che fa viene dedotto da una serie di dati rilevati dai sensori e quindi la privacy viene, in linea di massima, rispettata. Ad esempio, per capire che il paziente sta facendo la doccia, deve ricevere una combinazione di dati che indicano l'apertura della porta del bagno, la presenza fisica della persona e l'umidità generata dalla doccia, ma non esiste alcuna telecamera che registri l'avvenimento. Naturalmente bisogna sacrificare un po' della propria privacy personale, dato che il sistema traccia sempre le azioni che si stanno compiendo, ma il fine è quello di fornire un aiuto concreto in tutti i momenti della giornata e prevenire eventuali problemi per la salute in pazienti che vivono da soli e non riuscirebbero a segnalarlo in tempo.

4.3 High Level Reasoning

I dati rilevati dai vari sensori devono essere processati per assumere un significato relativo ad un'attività che l'assistito sta compiendo. Questa è una forma di ragionamento di alto livello (High Level Reasoning) che funge da intelligenza artificiale, grazie a cui il sistema riesce ad estrapolare la rilevazione di un comportamento mettendo a confronto le variabili registrate dai sensori rappresentate su scala temporale. Di questo si occupa il sistema di *Context inference*, già citato nella Sezione 4.1. L'approccio al problema di riconoscere le attività umane si basa sulla commistione di due metodi, uno basato sui dati e uno basato sui modelli. Il primo riesce a produrre dei modelli comportamentali sulla base di grandi quantità di dati registrati per un certo tempo, e utilizza i modelli markoviani nascosti (HMM, vedi Sezione 1.2) unitamente a tecniche per dedurre le probabi-

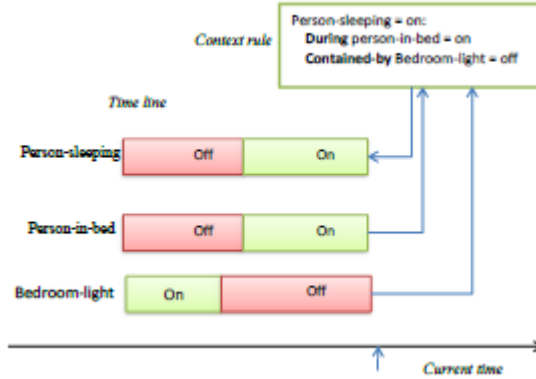


Figura 17: Semplice esempio di rilevazione dell'attività. I dati relativi al sensore di presenza a letto e della luce nella camera vengono utilizzati per determinare quando una persona stia dormendo.

lità di transizione da uno stato all'altro; il secondo segue una strategia complementare, nella quale si accede ad un database di modelli pre-costituiti per effettuare una decisione che sia abbastanza aderente ai dati rilevati. La forza del duplice approccio è notevole: mentre quello basato sui dati permette di riconoscere le attività elementari svolte dal paziente e di restare maggiormente fedeli alla situazione attuale, registrando le variazioni comportamentali, quello basato sui modelli è essenziale per riconoscere dei comportamenti che hanno regole di definizione precise e sono chiaramente identificabili senza la necessità di processare grandi moli di dati. Ogni attività ha una durata estesa nel tempo, e provoca cambiamenti nelle variabili di stato su cui viene utilizzato il ragionamento vincolato (vedi Sezione 3.3). I dati relativi ai parametri biometrici non intervengono in questa analisi diretta, ma sono immagazzinati per essere in seguito processati con strumenti più adeguati. Oltre a tutto ciò, il sistema di Context inference comanda la seconda parte degli organi di high level reasoning, il *Configuration Planner*. A seconda del contesto rilevato, questo componente si occupa di configurare la rete di sensori diffusi nell'appartamento e il robot in modo efficace per svolgere il compito assegnato senza dover attivare tutti i componenti contemporaneamente. La configurazione della rete cambia in continuazione, specialmente quando il sistema reagisce alle azioni rilevate: una capacità di questo modulo è soddisfare alle varie richieste che giungono contemporaneamente, regolando i parametri di una rete diffusa e formata da componenti di diversa provenienza che condividono un unico punto di interconnessione. Per fare un esempio, se la presenza della persona viene rilevata in una stanza,

i sensori relativi all'uso delle porte e al movimento vengono disabilitati nelle stanze che non siano collegate direttamente a quella in cui si trova il paziente, dato che esso dovrà prima passare nelle stanze intermedie per compiere qualche azione nelle stanze più lontane. Alcuni sensori invece, come quello di allagamento, sono mantenuti sempre attivi. Questo tipo di adattabilità, oltre a fornire i dati più utili richiesti dal sistema di Context inference che così non deve analizzarne una mole molto più consistente, permette di risparmiare la carica delle batterie dei vari componenti, dato che la maggior parte dei sensori utilizza tecnologia wireless (radio, bluetooth ecc.) e rischierebbe di necessitare un cambio di batteria con cadenza molto maggiore.

5 Conclusioni

Questa tesi ha presentato tre tecnologie in grado di rispondere alle necessità di una parte della popolazione che sta invecchiando ma, al contempo, necessita di sentirsi indipendente e proseguire le cure per determinate malattie a casa propria: richiesta attuabile per disturbi spesso non gravi ma cronici (o in fase precoce) che renderebbero lungo il ricovero in ospedale, con ripercussioni evidenti sulla salute. Nella presentazione di Giraff è stato evidenziato maggiormente l'aspetto di realizzazione pratica del robot e i miglioramenti per facilitarne la guidabilità; RoboCare, invece, è stato trattato dal punto di vista software, attraverso l'analisi di uno degli algoritmi che vengono solitamente utilizzati per gestire la pianificazione delle attività giornaliere; nella trattazione di GiraffPlus, invece, si è cercato di mettere in evidenza entrambi gli aspetti. Volendo eseguire un confronto fra i tre sistemi appare subito evidente che Giraff è probabilmente quello più semplice da installare e utilizzare in casa: il robot infatti è compatto e facilmente trasportabile, è da subito operativo in quanto basta una connessione WiFi e una ricarica completa per iniziarne l'utilizzo e richiede l'installazione di un solo programma nel computer del caregiver. Inoltre, costituisce una spesa che potrebbe essere sostenuta anche da un utente singolo. Ma ha dei limiti: la semplice visualizzazione (seppure in tempo reale) dell'interno dell'appartamento non è sufficiente a garantire la piena sicurezza dell'anziano, in quanto il sistema non rivela comportamenti anomali in modo automatico. Solamente quando il caregiver decide di collegarsi allo strumento si ha la rilevazione della situazione. Per questo motivo ne è consigliabile l'utilizzo per utenti che non soffrano di gravi malattie che richiederebbero supporto continuo ma abbiano solo necessità di essere maggiormente collegati con il resto del mondo, anche non sapendo utilizzare un computer. Viceversa, un supporto completo viene fornito dai progetti GiraffPlus e RoboCare, che effettivamente sono molto simili. La loro installazione richiede tempo, in quanto si deve effettuare uno studio preventivo dell'ambiente domestico per riuscire a collocare correttamente i sensori e successivamente procedere al loro posizionamento e verificarne la coordinazione. I sistemi sono inoltre suscettibili di controlli periodici, per verificare la validità dei dati registrati, la carica delle batterie (quasi tutti i sensori trasmettono i dati con un canale wireless) e soprattutto il corretto funzionamento dei vari moduli di riconoscimento delle azioni e pianificazione giornaliera, che devono garantire la sicurezza totale dell'assistito prendendo decisioni in modo automatico. Anche il costo, naturalmente, è più elevato del singolo robot, e potrebbe non essere sostenuto da una singola persona

senza sovvenzioni esterne: naturalmente, però, la sicurezza e il beneficio ricavati dall'installazione di un tale prodotto sono molto maggiori rispetto al possesso del singolo robot di telepresenza. Le differenze principali fra RoboCare e GiraffPlus sono due: il robot centrale e la gestione del software. GiraffPlus, essendo un'estensione di Giraff, utilizza quest'ultimo come robot centrale e ne guadagna tutti i benefici: possibilità di chiamate esterne e telepresenza di un caregiver, nonché l'altezza quasi umana e la presenza di un display ampio grazie al quale il sistema comunica all'utente tutte le necessità. RoboCare, invece, utilizza Pioneer 2, una piattaforma robotica bassa e rotonda che non partecipa molto all'interazione con l'assistito: la comunicazione fra questo e il sistema deve avvenire tramite l'installazione di nuovi monitor, montati su un supporto che contiene Pioneer 2. Per quanto riguarda il software, GiraffPlus non contiene un gestore del planning avanzato, ma riconosce solo di volta in volta i vari comportamenti e ne rileva i trend nel corso del tempo, senza intervenire se l'utente non rispetta la pianificazione delle attività: cosa che, come trattato nella sezione 3.2, è al centro del progetto RoboCare. GiraffPlus è in fase di progettazione più avanzata e ha più sensori per il controllo di parametri vitali e comportamentali, ed è utile per pazienti che hanno bisogno di monitoraggio continuo; RoboCare però contiene un software molto più raffinato in grado di far seguire una pianificazione prestabilita in modo flessibile e non pressante, migliorando alcuni comportamenti fondamentali per la salute del paziente.

È una forte connessione fra hardware e software che permette ai sistemi di funzionare correttamente. I programmi elaborati si trovano a dover gestire in modo autonomo, senza input dell'utente (se non nella fase iniziale), un sistema distribuito e mobile (come la componente robotica), che ha il difficile compito di mediare fra due importanti aspetti: il monitoraggio della salute dell'utente, che richiede grande robustezza e percentuale minima di errore, e il comfort casalingo, in modo da impedire che l'abitante si senta una sorta di 'cavia' all'interno della propria casa ma, anzi, sfrutti ampiamente il sistema per migliorare la propria condizione di vita. I sistemi sono stati a lungo testati in case costruite artificialmente, per verificare che funzionassero correttamente senza generare falsi allarmi o problemi per l'utilizzatore, ma gli obiettivi descritti si possono raggiungere solamente attraverso una attenta analisi del feedback ricevuto in modo continuativo dagli utilizzatori del sistema, siano essi primary o secondary users. I risultati di questi progetti sono stati installati in molte case distribuite in modo uniforme fra Italia, Svezia e Spagna, con utilizzatori di diverse fasce d'età e malattie o disabilità

di vario genere, e sono state condotte molte indagini riguardo alla percezione da parte degli utenti dell'esperienza vissuta. Quello che, in media, è risultato è che i sistemi vengono ben accolti da chi li utilizza, grazie alla semplicità d'uso e discrezione, e ritenuti molto utili. In particolare, gli utilizzatori ne apprezzano le funzioni per la sicurezza personale e ambientale, per ricordarsi le medicine e ritrovare gli oggetti, mentre i suggerimenti sul vivere sano non sono stati considerati particolarmente utili. Oltre ai monitoraggi a lungo termine con i primary users sono stati effettuati anche dei test con i caregivers, in particolare infermieri e OSS (Operatori Socio Sanitari), le figure principali nell'erogazione di servizi di assistenza domiciliare continuativa o meno. Il risultato anche qui è stato incoraggiante, in quanto i soggetti hanno risposto in modo favorevole all'utilizzo del sistema per il monitoraggio del paziente senza doversi recare continuamente sul posto e, soprattutto, hanno dichiarato di non sentire minacciato il proprio posto di lavoro: è stato recepito correttamente il messaggio che i progetti qui descritti non sono mirati a sostituire la presenza umana a supporto del paziente, ma anzi ad agevolare in modo molto efficace coloro che seguono delle persone con malattie che non richiedano una presenza continuativa in casa (ancora del tutto o parzialmente autosufficienti dunque), ma sentano comunque il bisogno di essere controllati e di ricevere un aiuto più concreto durante la vita quotidiana e, soprattutto grazie all'utilizzo di Giraff, avere un maggiore contatto con il mondo esterno.

La reale utilità del sistema è stata quindi comprovata dai risultati sperimentali, anche se rimane l'incognita dei costi: questi progetti sono ancora in via di sviluppo e non sono ancora pienamente commercializzati. Come detto, il solo robot Giraff potrebbe costituire una spesa appassante ridotta per un singolo utente, ma la rete di sensori e il sistema centrale di elaborazione potrebbero avere dei costi eccessivi da sostenere. Per ridurli e permettere, in futuro, una diffusione capillare di questi sistemi sarebbero necessari incentivi economici statali da rilasciare quando viene riscontrata un'effettiva necessità del paziente a utilizzare tali ausili, oppure parte del sistema potrebbe essere usato come supporto in case di cura nelle quali ogni paziente ha la propria camera.

6 Sviluppi futuri

Sono già in via di implementazione sviluppi successivi di queste tecnologie, come i miglioramenti nel sistema di guida del robot Giraff già presentati nella Sezione 2.2 oppure l'integrazione di nuove funzioni per la navigazione autonoma all'interno dell'abitazione (dotando eventualmente il robot di un sensore Microsoft Kinect per la navigazione 3D), utile specialmente per appartamenti con ridotto spazio di movimento, e per la capacità sempre maggiore di identificare velocemente la posizione della persona e raggiungerla oppure seguirla utilizzando il robot.

Seguono alcune idee personali relative a possibili miglioramenti per i progetti presentati dopo un'attenta analisi di quanto riportato in questa tesi. Innanzitutto, i sensori dovrebbero essere maggiormente discreti e miniaturizzati per favorire il comfort del paziente che non deve avere la sensazione di trovarsi in ospedale pur stando a casa. Inoltre si potrebbero aggiungere nuovi sensori, per verificare in quale zona particolare della stanza la persona si trovi e dunque aumentare il numero di azioni rilevabili: sapendo anticipatamente, ad esempio, in quale zona del salotto si trova il divano può essere possibile aggiungere l'azione 'seduto o disteso in divano', oppure un sensore della temperatura interna alla casa potrebbe controllare che essa rimanga a livelli stabili. Tutto ciò può essere utile per migliorare e rendere più completo il riconoscimento delle attività e il controllo della loro pianificazione, in quanto rilevare un numero maggiore di azioni rende più accurate le considerazioni effettuate dal sistema.

Per migliorare la piattaforma robotica si potrebbe irrobustirla notevolmente e dotarla di supporti per la deambulazione, in modo che il paziente riceva un aiuto per camminare ma nel frattempo possa comunque ricevere informazioni da parte del robot oppure comunicare con il mondo esterno. Inoltre, per i pazienti che desidererebbero sfruttare maggiormente la tecnologia ma non ne hanno le competenze, o per i quali utilizzare un computer sarebbe troppo difficile, si potrebbe introdurre un sistema di navigazione web vocale, che con determinati comandi consenta di fare quello che si fa con tastiera e mouse (sebbene con determinati vincoli). Questo permetterebbe di occupare maggiormente il tempo e tenere il cervello allenato, con una guida costante da parte del sistema per aprire uno sguardo sul mondo. Per fare un esempio, la pagina principale del browser potrebbe essere un motore di ricerca ad input vocale, che mostri i siti risultanti in modo numerato ed attenda come input il numero per aprire quello corrispondente. Per navigare attraverso i vari link l'idea è quella di analizzare i nomi dei link presenti nella pagina (che siano articoli di giornale, ricette oppure altro) e attendere che l'input vo-

cale corrisponda con uno di essi per aprire un'altra pagina. L'aggiunta di comandi come 'indietro', 'nuova pagina', 'esci' o altro rende più completa la navigazione. Lo stesso sistema vocale si potrebbe utilizzare per permettere al robot di sostenere dei brevi discorsi con l'utente e invogliare quest'ultimo a comunicare.

Un'altra possibile innovazione riguarda la rilevazione dell'assunzione di medicinali, uno degli aspetti più utili e importanti per persone anziane o malate. Allo stato attuale delle cose, i sistemi RoboCare e GiraffPlus sono solamente in grado di ricordare al paziente quando prendere le medicine e quali ha già preso, come reminder nel caso se ne dimentichi: sarà poi lui stesso a comunicare l'avvenuta assunzione. Nel caso di pazienti che rifiutino di prendere determinati farmaci, oppure che si trovino occupati in altre faccende al momento in cui il robot ne ricorda la necessità di assunzione e dunque confermino questa solo per porre fine agli avvisi (correndo il rischio di dimenticarsene in seguito), queste funzioni non sono sufficienti a garantire la salute del paziente, specialmente nel caso di medicinali fondamentali che richiedano assunzione continuativa (insulina, anticoagulanti, farmaci per la pressione, ecc.). L'idea potrebbe essere quella di inserire dei nuovi sensori in una zona apposita nella casa o perfino attaccati al robot: per esempio, una scatola posta sopra una precisa bilancia che avverte quando una pastiglia viene rimossa, dopo essere stata riempita una volta alla settimana con le varie pastiglie del giorno previa registrazione software di una lista con i dosaggi consigliati; oppure, per i farmaci liquidi come una flebo, un controllore di flusso posto all'imboccatura della sacca; o, ancora, una siringa apposita per farmaci da iniettare (come per esempio l'insulina) provvista di sensori che controllano il suo riempimento e conseguente svuotamento all'interno del corpo, con un sensore di pressione posto sull'ago che rileva la resistenza iniziale della pelle umana per accertarsi che il medicinale venga realmente assunto. Tutto ciò, sebbene possa risultare un po' eccessivo, è in realtà una necessità per alcune situazioni che si possono creare con dei pazienti particolari, rendendo vano l'utilizzo del sistema di monitoraggio medico. Anche il semplice controllo audiovisivo del paziente mentre assume i farmaci potrebbe risultare efficace, ma richiederebbe il collegamento di una persona ogniqualvolta questo accade. Si potrebbero invece implementare dei programmi che, dato il video del paziente in presa diretta (quando viene richiamato vicino al robot), riescano a determinare se stia compiendo determinate azioni, come ad esempio prelevare la pastiglia dal contenitore e portarla alla bocca, utilizzando strategie simili a quelle dei videogiochi con telecamera 3D (come Microsoft Kinect). Questo non risulta una violazione della privacy, in quanto il video dovrebbe essere

attivato solo al momento dell'assunzione del farmaco e con il consenso dell'assistito, senza registrare il filmato nel database: solo l'avvenuta assunzione verrebbe registrata in formato testuale. Naturalmente, se questo non avviene l'evento viene segnalato e riportato ai caregivers.

Anche l'utilizzo dei sensori per funzioni di videosorveglianza contro le intrusioni potrebbe rivelarsi molto utile. Dato che l'apparato è ben più avanzato di un qualsiasi sistema antifurto, si potrebbero aggiungere le funzioni di segnalazione acustica oppure chiamata diretta ad un numero conosciuto nel caso in cui venga rilevata una intrusione indesiderata. Questo deve avvenire in modo automatico: il sistema, per esempio, attiva la modalità antifurto quando il proprietario si trova fuori casa e la disattiva quando rientra (fatto intuibile dall'uso delle chiavi per aprire la porta); oppure, attiva la suddetta modalità quando il padrone di casa sta dormendo durante la notte e tutte le porte e le finestre sono chiuse: la coincidenza di un evento rilevato in una stanza diversa dalla camera da letto e l'assenza di movimento nella stessa (indicante il fatto che l'anziano sta ancora dormendo) indicano una presunta intrusione e attivano dunque l'allarme. Tutto ciò permetterebbe l'incremento del senso di sicurezza dovuto all'utilizzo del sistema, ampliando notevolmente il suo campo di applicazione.

Dal punto di vista del software, invece, il sistema di pianificazione eventi e monitoraggio delle attività potrebbe essere migliorato inserendo un sistema di priorità. RoboCare contiene già nel database delle attività ordinate a seconda della priorità, ma questo è dato a priori dal programmatore ed è relativo al livello di gravità delle situazioni allarmanti che possono essere rilevate all'interno dell'appartamento (come già descritto nella sezione 3.2). L'idea innovativa è quella di fornire in input al sistema, oltre alla lista degli eventi, la priorità con cui questi debbano essere rispettati. Ad esempio, se si presuppone che il pranzo abbia priorità maggiore rispetto alla colazione, eventuali ritardi che facciano slittare quest'ultima non verranno segnalati, mentre per il pranzo sì. Questo permetterebbe di diminuire in modo sensibile gli avvisi e suggerimenti prodotti dal sistema all'utente, che come descritto nella sezione successiva non sono risultati molto graditi agli assistiti. È un altro modo per indirizzare il sistema verso le esigenze particolari dei caregivers e del paziente, plasmando anche gli avvisi a seconda delle varie necessità e focalizzando l'attenzione sulle azioni più importanti che determinati malati devono compiere rispetto ad altre, senza ricavarle a priori ma con l'intervento del personale che segue la persona assistita.

Molti sondaggi sono stati effettuati dopo un utilizzo prolungato del sistema per verificare come esso viene recepito dagli utenti, ma sarebbe

necessaria anche una valutazione preventiva per proporre una eventuale diffusione su larga scala. Il campione ideale per questa indagine può essere rilevato ad esempio con un'indagine epistolare a persone di una certa età che vivano da sole, oppure nei centri diurni in cui gli anziani si recano per avere un po' di compagnia e assistenza anche se vivono in modo autosufficiente o semi autosufficiente nella propria casa. Il sondaggio dovrebbe essere organizzato in due parti. Nella prima parte, una breve introduzione in un linguaggio molto semplice e comprensibile che cerchi di avvicinare ai sistemi descritti in modo non tecnico, concentrandosi su Giraff ed uno fra GiraffPlus e RoboCare: l'attenzione va focalizzata su aspetti fondamentali come la semplicità di utilizzo, la reale utilità, la possibilità di essere collegati con altre persone e di ricevere aiuto, il fatto che il sistema segua costantemente i parametri di salute e ricordi le varie attività più importanti, la possibilità di essere seguiti anche quando non si va dal medico e, soprattutto, la privacy. Nella seconda parte, una serie di domande con varie possibilità di risposta:

- Quanto stima la sua familiarità con la tecnologia in generale? (molta/media/bassa)
- Sarebbe interessato/a ad usare i sistemi descritti? (sì/no)
- Se no, reputa che più avanti negli anni avvertirebbe un maggiore interesse? (sì/no)
- In quale grado avverte la necessità di poter fruire delle funzioni offerte dai sistemi? (molto/mediamente/poco o per nulla)
- Preferirebbe l'utilizzo dei sistemi installati in casa invece di una badante che viva con lei? (sì/no)
- Quanto importante pensa sia l'uso di un robot per comunicare da casa? (molto/mediamente/poco o per nulla)
- Quanto importante crede sia l'utilizzo della rete di sensori installati in casa? (molto/mediamente/poco o per nulla)
- Quanto importante pensa sia l'uso di un sistema per ricordare le attività quotidiane? (molto/mediamente/poco o per nulla)
- Quanto al massimo sarebbe disposto/a a spendere per l'utilizzo di Giraff? (campo vuoto)
- Quanto al massimo sarebbe disposto/a a spendere per l'installazione e l'utilizzo di GiraffPlus/RoboCare? (campo vuoto)

- Crede che con degli incentivi statali sarebbe maggiormente invogliato/a ad acquistare il sistema? (sì/no)
- Si sentirebbe più sicuro/a con uno dei sistemi descritti installati in casa? (sì/no)
- In che misura pensa che la propria privacy verrebbe violata con l'utilizzo di questi sistemi? (molto/mediamente/poco o per nulla)
- Quanto pensa che l'utilizzo di tali sistemi possa migliorare la qualità di vita delle persone in generale? (molto/mediamente/poco o per nulla)
- Sarebbe interessato a ricevere maggiori informazioni? (sì/no)
- Quanto stima sarebbe utile per la sua eventuale decisione di utilizzare il sistema una dimostrazione pratica? (molto/mediamente/poco o per nulla)

L'introduzione è la parte fondamentale: se essa è abbastanza chiara ed esauriente, gli intervistati potranno rispondere in modo consapevole alle domande poste mettendo da parte la 'paura' per la tecnologia e per il nuovo, ponendo attenzione invece all'obiettivo finale da ottenere: la loro salute e maggiore coinvolgimento nella socialità.

Infine, gli algoritmi di gestione del planning già presentati con RoboCare troverebbero ampio utilizzo anche in contesti che esulano da quello fin qui presentato, come ad esempio la pianificazione aziendale. Questa è una parte fondamentale nel management di qualsiasi progetto: permette infatti di definire degli obiettivi da realizzare (mission), le attività e le risorse umane necessarie a conseguirli e soprattutto la previsione dei tempi con i quali questo avverrà, che devono essere analizzati in modo preventivo svolgendo uno studio sull'evoluzione dei futuri fenomeni che coinvolgeranno l'azienda (tasso di produzione, marketing, ecc.). La redazione del planning avviene attraverso la formalizzazione dei piani relativi alle singole aree di produzione, che verranno poi integrati in un unico piano. Naturalmente, i piani devono essere seguiti nel corso del tempo e continuamente adattati e revisionati in conseguenza dell'insorgere di eventi rilevati, come mutamento delle condizioni al contorno, variazioni di strategie, redistribuzione dei budget, ecc. Tutto ciò, come è intuibile, si presta molto ad essere monitorato con gli algoritmi descritti, che permetterebbero un'ottima analisi del trend e, soprattutto, la possibilità di un riarrangiamento del piano in modo dinamico quando nuove variabili entrano in gioco. Naturalmente, a differenza che nell'uso con RoboCare,

questo non può avvenire in modo del tutto automatico: l'inserimento del piano iniziale necessita comunque di esperti del settore che analizzino la situazione attuale, e i nuovi dati che si rilevano mano a mano che il progetto procede devono essere inseriti manualmente. Di sicuro, però, la successiva analisi automatica svolta attraverso la programmazione a vincoli potrebbe risultare davvero efficace, come anche l'adattamento del piano: ad esempio, si possono inserire le scadenze previste per determinate fasi del progetto e capire come alcuni ritardi nella loro attuazione influiscano su quelle successive, avendo cura di inserire anche i legami (più o meno forti) fra le varie attività e anche la priorità con cui ogni fase deve essere completata, per decidere eventualmente quali compiere per prima nei casi di coincidenze dovute a ritardi. Nella fase iniziale è necessario inserire le classi di variabili in gioco, che naturalmente non sono più azioni o dati biometrici rilevati dai sensori, ma fattori economici come stanziamento del budget, tassi di produzione, sondaggi di mercato e altro: questo non è un problema, in quanto il sistema è già in grado di gestire variabili provenienti da vari ambiti e coordinare in modo produttivo i dati ricevuti affinché il planning venga massimamente rispettato. Esistono però già in commercio molti software che permettono di monitorare i processi produttivi e fornire soluzioni adatte migliorare la produttività attraverso controllo del planning aziendale: un esempio si può trovare in [2]. La sfida può essere quella di verificare se, adattando gli algoritmi qui descritti al contesto economico, essi possono risultare più o meno efficaci di quelli già presenti, sia per quanto riguarda la lungimiranza nello svolgimento dei vari planning che per la duttilità relativa all'insorgere di nuovi problemi che ne modificano l'attuazione. Per fare questo, oltre alle simulazioni su cui testare gli algoritmi, si potrebbero dare in dotazione i software a due aziende simili per tipo di produzione e capitale e registrare le differenze nell'uso dell'una o dell'altra soluzione.

Quello che rimane essenziale nello sviluppo delle immense potenzialità dei progetti coinvolti è l'aderenza alle richieste degli utenti: tutti gli adattamenti futuri vengono effettuati dopo attente e mirate ricerche che evidenziano quali aspetti l'utilizzatore finale trovi utili e quali meno, e sulle richieste che vengono di volta in volta effettuate, in modo da poter commercializzare in seguito un prodotto perfezionato e in grado di rispondere profusamente alle esigenze della maggior parte degli utenti a cui verrà destinato.

Riferimenti bibliografici

- [1] AAL. www.aal-europe.eu
- [2] M. AIELLO, A. LAZOVIK E M. PAPAOGLOU *Associating assertions with business processes and monitoring their execution*, in: *IC-SOC '04 Proceedings of the 2nd international conference on Service oriented computing*, pp. 94-104, 2004.
- [3] G. BALTUS, D. FOX, F. GEMPERLE, J. GOETZ, T. HIRSCH, D. MARGARITIS, M. MONTEMERLO, J. PINEAU, N. ROY, J. SCHULTE E S. THRUN, *Towards Personal Service Robots for the Elderly*, in: *WIRE-00. Workshop on Interactive Robots and Entertainment*, 2000.
- [4] P. BAPTISTE, C. LE PAPE, W. NUIJTEN, *Constraint-Based Scheduling: Applying Constraint Programming to Scheduling Problems*, International Series in Operations Research & Management Science, Book 39, 2001.
- [5] J. BARBENEL, G. FERNIE E A. MIHAILIDIS, *The Efficacy of an Intelligent Cognitive Orthosis to Facilitate Handwashing by Persons With Moderate to Severe Dementia*, in: *Neuropsychological Rehabilitation*, vol. 14, pp. 135-171, 2004.
- [6] P.J. BESL E N.D. MCKAY, *A Method for Registration of 3D Shapes*, IEEE Trans. Pattern Analysis Matching Intelligence, 1992.
- [7] J.L. BLANCO, J.A. FERNANDEZ-MADRIGAL E J. GONZÁLEZ-JIMÉNEZ, *Optimal Filtering for Non-Parametric Observation Models: Applications to Localization and SLAM*, IJRR, vol. 29, n. 14, 2010.
- [8] M. BROXVALL E A. SAFFIOTTI, *PEIS Ecologies: Ambient Intelligence meets Autonomous Robotics*, in: *sOc-EUSAI. Proc. of the Int. Conf. on Smart Objects and Ambient Intelligence*, 2005.
- [9] W. BURGARD, G. GRISSETTI E C. STACHNISS, *Improving Grid-Based SLAM with Rao-Blackwellized Particle Filters by Adaptive Proposals and Selective Resampling*, in: *ICRA-05. Proceedings of IEEE International Conference on Robotics and Automation*, pp. 2443-2448, Barcellona, 2005.

- [10] A. CESTA, L. CORACI, S. CORADESCHI, G. CORTELLESA, F. FURFARI, J. GONZALEZ, L. KARLSSON, A. LOUTFI, A. ORLANDINI, B. ÖSTLUND, F. PALUMBO, F. PECORA, A. ŠTIMEC, J. ULLBERG E S. VON RUMP, *GiraffPlus: Combining social interaction and long term monitoring for promoting independent living*, 6th International Conference of Human System Interaction, Sopot, Polonia, 2013.
- [11] A. CESTA, S. CORADESCHI, G. CORTELLESA, J. GONZALEZ, L. TIBERIO E S. VON RUMP, *Enabling Social Interaction Through Embodiment in ExCITE*, in: ForItAAL - Second Italian Forum on Ambient Assisted Living, Trento, 2010.
- [12] A. CESTA, G. CORTELLESA, A. ODDI, N. POLICELLA E A. SUSI, *A Constraint-Based Architecture for Flexible Support to Activity Scheduling*, Lecture Notes on Artificial Intelligence, LNAI vol. 2175, pp. 369-381, 2001.
- [13] A. CESTA, G. CORTELLESA, A. ORLANDINI E L. TIBERIO, *Evaluating Telepresence Robots in the Field*, in: ICAART 2012, CCIS 358, pp. 433-448, 2013.
- [14] A. CESTA, G. CORTELLESA, A. ORLANDINI E L. TIBERIO, *Robot di Telepresenza e Operatori Socio-Sanitari: una Indagine Esplorativa*, in: *AAL in Italia - primo libro bianco*, Tg Book, 2012.
- [15] A. CESTA, G. CORTELLESA, L. PADUA, A.R. PELLEGRINO E L. TIBERIO, *Assessing affective response of older users to a telepresence robot using a combination of psychophysiological measures*, IEEE RO-MAN, pp. 833-838, Parigi, 2012.
- [16] A. CESTA, G. CORTELLESA, F. PECORA, R. RASCONI, M. SCOPELLITI E L. TIBERIO, *Monitoring Elderly People with the RoboCare Domestic Environment: Interaction Synthesis and User Evaluation*, in: *Computational Intelligence*, Volume 27, Numero 1, 2011.
- [17] A. CESTA, G. CORTELLESA E L. TIBERIO, *Long-term Evaluation of a Mobile Remote Presence Robot for the Elderly*, Ercim News 84, 2011.
- [18] A. CESTA E A. ODDI, *Gaining Efficiency and Flexibility in the Simple Temporal Problem*, in: *TIME-96. Proceedings of the Third*

International Workshop on Temporal Representation and Reasoning,
IEEE Computer Society Press, Key West, FL, 1996.

- [19] A. CESTA E F. PECORA, *DCOP for Smart Homes: A Case Study*, in: *Computational Intelligence*, vol.23, pp. 395-419, 2007.
- [20] ExCITE. www.oru.se/excite
- [21] A. FARINELLI, G. GRISSETTI E L. IOCCHI, *Desing and Implementation of Modular Software for Programming Mobile Robots*, in: *International Journal of Advanced Robotic Systems*, vol. 3, pp. 37-42, 2006.
- [22] D. FEIL-SEIFER E M. MATARIC, *Defining Socially Assistive Robotics*, in: *ICORR-05. Proceedings of IEEE International Conference on Rehabilitation Robotics, Chicago, IL*, 2005.
- [23] D. FOX, H. KAUTZ, D. PATTERSON E M. PHILIPOSE, *Fine-grained activity recognition by aggregating abstract object usage*, in: *9th IEEE International Symposium on Wearable Computers*, 2005.
- [24] FP7. http://ec.europa.eu/research/fp7/index_en.cfm
- [25] C. GALINDO, J. GONZÁLEZ-JIMÉNEZ E J.R. RUIZ-SARMIENTO, *Technical Improvements of the Giraff Telepresence Robot based on User's Evaluation*, IEEE RO-MAN, pp. 827-832, Parigi, 2012.
- [26] Giraff Plus Project. www.giraffplus.eu
- [27] Giraff Plus Work Packages. www.giraffplus.eu/index.php?option=com_content&view=article&id=71&Itemid=89&lang=it
- [28] Giraff Project. www.giraff.org
- [29] K. HACIOĞLU E B. PELLOM, *SONIC: The University of Colorado Continuous Speech Recognizer*, in: University of Colorado Technical Report TR-CSLR-2001-01, Boluder (Colorado), 2001.
- [30] H.Z. HAIGH, G. HO E L.M. KIFF, *The Indipendent Lifestyle Assistant (I.L.S.A.): Lessons Learned*, in: *Assistive Technology*, vol. 18, pp. 87-106, 2006.
- [31] IntelliCare. <http://www.intellicare.com.ph/>

- [32] A. KRISTOFFERSSON, *Spatial Configuration in Communication via a MRP System*, AAL Forum YR-RISE revolutions workshop, Eindhoven, Paesi Bassi, 2012.
- [33] R. LEVINSON, *PEAT-The Planning and Execution Assistant and Trainer*, in: *Journal of Head Trauma Rehabilitation*, 1997.
- [34] Lucia. <http://www2.pd.istc.cnr.it/LUCIA/>
- [35] M. MONTEMERLO, J. PINEAU, M. POLLACK, N. ROY E S. THRUN, *Towards robotic assistants in nursing homes: Challenges and results*, in: *Robotics and Autonomous Systems*, vol. 42, no. 3-4, pp. 271-281, 2003.
- [36] G. MOSIELLO, *Telepresence Robot: an Effective Drive Interface Using the Augmented Reality*, International Master's Thesis, Örebro University, Svezia, 2013.
- [37] Tunstall. <http://www.tunstall.it/>