

Progetto di Robotica

(2.5 Crediti)

Robotica Applicata Ai Disabili

Fabio Palma Matr. 639443
Riccardo Pasini Matr. 646034

1. Introduzione

La robotica per assistenza sta rivestendo in questi ultimi anni un ruolo essenziale nell'ambito robotico internazionale. Numerosi gruppi di ricerca stanno lavorando per realizzare sistemi in grado di essere di aiuto a persone affette da handicap e, per questo, incapaci di svolgere azioni e compiti tipici della vita di tutti i giorni. Dopo una breve descrizione su che cosa significa Robotica applicata ai disabili, si introdurrà una classificazione dei progetti svolti nell'ambito robotico internazionale; alla fine verranno presentate alcune conclusioni di carattere generale.

2. Obiettivi

Il miglioramento delle condizioni di vita per quelle persone che a causa dell'età o perché disabili, non possono avere un'esistenza normale, sta diventando un obiettivo essenziale per la società di oggi. Un aspetto importante per queste persone bisognose di supporto nelle attività quotidiane è quello di riuscire ad essere comunque integrate nella vita sociale superando quelle che risultano le loro disabilità. Lo scopo principale, quindi, dei progetti di ricerca è quello di ottenere nei prossimi anni la realizzazione di strumenti capaci di aiutare le persone affette da problemi fisici ad affrontare la realtà quotidiana.

Per quanto riguarda l'aspetto economico, è il singolo utente che deve farsi carico di tutti o di una parte dei costi di un eventuale struttura di assistenza basata su

sistemi avanzati o robotici. Risulta perciò importante cercare di ridurre i costi per far sì che sempre più persone possano usufruire di questi benefici.

Per una persona anziana o affetta da problemi fisici, affidarsi ad uno strumento che lo aiuti a svolgere numerosi compiti nella vita di tutti i giorni significa:

- migliorare il proprio senso di indipendenza;
- migliorare la qualità della propria vita;
- aumentare le possibilità di movimento;
- ottenere aiuto anche nei periodi in cui il personale addetto all'assistenza risulta assente;
- aumentare la sicurezza personale;
- migliorare l'integrazione sociale mediante le comunicazioni video
- ridurre i costi per gli interventi medici a domicilio
- operare più facilmente nell'ambiente domestico

3. Stato dell'Arte

L'applicazione della robotica nella riabilitazione e, in particolare, nell'assistenza alle persone disabili e agli anziani, è stata oggetto di studio approfondito da parte di svariati gruppi di ricerca, soprattutto negli ultimi anni. Questo tentativo di fornire una risposta ai bisogni crescenti della società moderna ha portato allo sviluppo di numerosi progetti che si differenziano tra loro per molti aspetti: primo

tra tutti l'aspetto della complessità tecnologica. Nel seguito si metteranno in luce i più significativi studi effettuati a livello mondiale e i risultati raggiunti cercando di suddividere i progetti di ricerca in una grossolana classificazione basata sulle diverse peculiarità.

4. Postazioni fisse

Le postazioni fisse sono state il primo tentativo di applicare la robotica al servizio delle persone e in particolare rappresentano il risultato della robotica industriale applicata all'assistenza. Solitamente queste soluzioni sono caratterizzate dall'utilizzo di un braccio manipolatore di tipo industriale fissato ad un tavolo utilizzato per compiti di trasporto di oggetti in un ben delimitato spazio di lavoro. Normalmente l'utente controlla il manipolatore tramite un'interfaccia grafica con la quale dialoga con un personal computer, che a sua volta comunica al robot la scelta tra alcuni task predefiniti da eseguire.

Esempi di questo tipo di configurazione sono il *Devar System* (Figura 1) sviluppato dal Centro di Ricerca e Sviluppo per la Riabilitazione del Veterans Affairs Department in California.

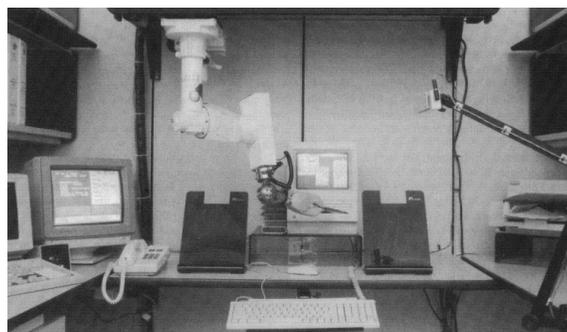


Figura 1 - Devar System

Il progetto Devar ha subito di recente un'evoluzione nel nuovo *Provar System* (Figura 2):

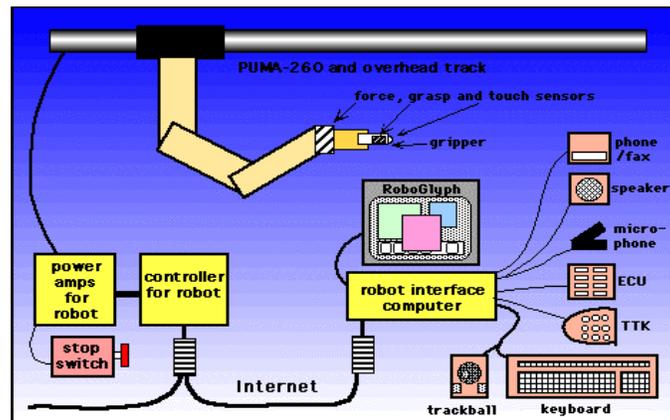


Figura 2 - Provar System

esso risulta basato sempre sull'utilizzo di un manipolatore, ma stavolta il sistema è stato sviluppato per alti gradi di disabilità come, per esempio, persone quadriplegiche ma con buone capacità cognitive. Il sistema si basa sull'utilizzo di un robot manipolatore PUMA 260 e sfrutta un'interfaccia utente semplificata ma in cui sono state aggiunte varie possibilità come l'utilizzo del telefono e di Internet oltre che la possibilità di realizzare l'automazione della casa.

Il progetto RAID (*Robot for Assisting the Integration of the Disabled*) (Figura 3) è anch'esso sempre basato sull'idea di una stazione di lavoro fissa per l'ambito domestico o per l'ufficio e permette a persone disabili ma con piene capacità cognitive di essere indipendenti nell'esecuzione di compiti come prendere e manipolare oggetti, o in task più complessi come bere o mangiare.



Figura 3 - Raid

Il sistema RAID inizialmente sviluppato all'interno del MASTER RAID PROJECT coordinato dal CEA-STR in Francia, fu clinicamente testato negli anni 1992 e 1996 all'interno del programma TIDE della Comunità Europea. Come ultimo esempio delle postazioni fisse robotiche può essere citato il progetto CAPDI coordinato da UPC (Università Politecnica di Catalogna) e supportato dal Ministero Spagnolo per gli Affari Sociali. Il sistema consiste anch'esso in un robot manipolatore, che in questo caso è montato all'interno di una cucina strutturata ad hoc per permettere all'utente di realizzare qualsiasi task potendo raggiungere qualsiasi oggetto dislocato in essa. Nella [Figura 4](#) viene mostrata la schermata dell'interfaccia grafica per l'utente.

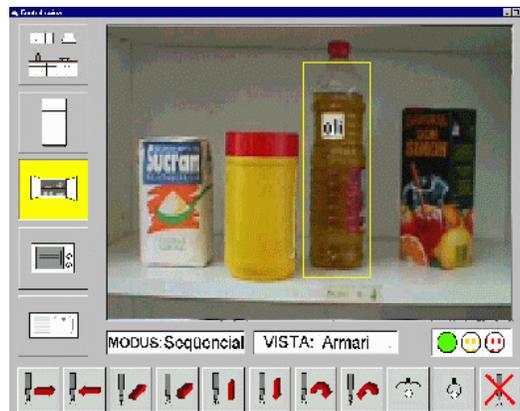


Figura 4 - Progetto CAPDI

Come si nota dagli esempi precedenti, con le postazioni fisse robotiche per poter operare con successo, nasce l'esigenza di strutturare opportunamente l'ambiente circostante in modo da renderlo noto al sistema. Tale strutturazione ad una prima analisi può sembrare una limitazione, ma in realtà questo porta ad una notevole velocizzazione nello svolgimento dei compiti. Risulta infatti possibile utilizzare delle procedure preprogrammate con l'effettivo miglioramento delle prestazioni sia in termini di velocità sia di efficienza. È però evidente che l'area di lavoro del robot risulta piuttosto limitata, e di conseguenza sarà necessario utilizzare robot manipolatori con una buona estensione.

5. Postazioni a carrozzella

Le postazioni di questo tipo permettono all'utente di utilizzare il robot in contesti differenti sia all'interno sia all'esterno grazie al fatto di poter sfruttare il robot manipolatore unitamente alla mobilità offerta dalla carrozzella elettrica. Questa soluzione presenta alcuni svantaggi tecnici dovuti soprattutto alla scarsa accuratezza del sistema a causa del fatto che esso non conosce a priori l'ambiente circostante e, in questo modo, risulta impossibile utilizzare il robot in modo autonomo. Solitamente il moto del manipolatore viene controllato passo dopo passo dall'utente con la conseguente diminuzione di prestazioni soprattutto dal punto di vista della precisione e della velocità.

In Italia è stata creato il TGR Explorer che utilizza una carrozzella elettrica cingolata come mostrato in [Figura 5](#) e [Figura 6](#).



Figura 5 - TGR Explorer



Figura 6 -TGR Explorer

In [Figura 7](#) viene mostrato il progetto Handy 1 prodotto da RehabRobotics in Gran Bretagna.



Figura 7 - Handy 1

Esso è costituito da un semplice braccio manipolatore a 5 gradi di libertà con il quale risulta possibile compiere anche complessi task come per esempio prendere del cibo o un bicchiere d'acqua da portare alla bocca dell'utente.

In parallelo allo sviluppo di carrozzelle elettriche su cui montare i robot manipolatori, ma comunque sempre pilotate da un utente, la ricerca robotica ha dedicato numerosi sforzi anche per studiare lo sviluppo di carrozzelle intelligenti. Tra le principali caratteristiche di questo tipo di carrozzelle sono le migliori performance di mobilità ottenute dotandole di sistemi di sensori e di controllo capaci di aiutare l'utente nel movimento oppure di muoversi autonomamente, anche in presenza di ostacoli. Il progetto TIDE-OMNI rappresenta un esempio di questo tipo di approccio. Il sistema mostrato in [Figura 8](#) è equipaggiato con dei sensori sia ad ultrasuoni sia infrarossi e con un elaboratore che aiuta l'utente nel movimento della carrozzella evitando gli ostacoli presenti cercando di ridefinire la traiettoria stabilita dall'utente in base ai dati provenienti dall'ambiente circostante rilevati con i sensori.



Figura 8 - Progetto TIDE - OMNI

Il progetto ESCLATEC ([Figura 9](#)) è anch'esso un progetto basato sull'utilizzo di una carrozzella ed è stato sviluppato dall'Università Politecnica della Catalogna e supportato dal Ministero per gli Affari Sociali del governo Spagnolo. Questo progetto è stato sviluppato per realizzare un mezzo che potesse aiutare le persone disabili ad affrontare terreni difficili come può essere, ad esempio, una spiaggia. Anche in questo caso sono stati aggiunti numerosi sensori in modo da facilitare la navigazione.



Figura 9 - Esclatec

Infine il progetto SPERIC ([Figura 10](#)) consiste in un robot mobile sviluppato dall'Università Politecnica della Catalogna per la Commissione per la Ricerca e la Tecnologia della Catalogna. La peculiarità di questo robot è che esso fonda il suo movimento su sei sfere configurate in modo da ottenere tre ruote con ampia mobilità. Per questo motivo esso può anche essere utilizzato nella configurazione tipica di una carrozzella.



Figura 10 - Speric

Come evidenziato dagli esempi precedenti, i manipolatori utilizzati su carrozzelle, pur essendo meno precisi godono di tre gradi di libertà in più rispetto ai precedenti, forniti dalla mobilità della carrozzella. In questo modo risulta possibile per il braccio raggiungere uno spazio di lavoro maggiore e, di conseguenza, ci si può affidare a robot manipolatori di dimensioni minori. Esistono comunque alcune limitazioni: in questo caso, infatti, si deve cercare di mantenere l'ingombro, creato dal manipolatore, il più limitato possibile per evitare che ci siano problemi in zone strette della casa come porte o corridoi. Inoltre per poter assicurare una buona flessibilità del sistema, deve essere possibile scollegare in maniera rapida il manipolatore per facilitarne il trasporto.

6. Sistemi robotici autonomi

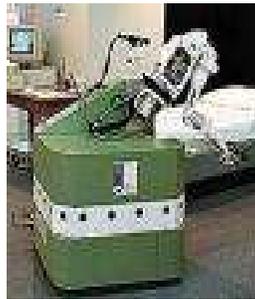
La soluzione che offre maggiore flessibilità nell'ambito della robotica per assistenza è sicuramente rappresentata dai robot mobili autonomi equipaggiati con un manipolatore e con sistemi di sensori per eseguire compiti di manipolazione e trasporto di oggetti. Questo sistema appare la soluzione più promettente per tutti quegli utenti che sono affetti da gravi disabilità fisiche o che devono passare la maggior parte del loro tempo sdraiati in un letto. Fornendo ad essi un'interfaccia adeguata, risulta possibile per l'utente interagire con il sistema anche a livello vocale. Questo tipo di sistema supera i problemi imposti dalla configurazione a carrozzella, ma rappresenta comunque la soluzione dotata di maggior complessità. Essa si deve tuttavia scontrare con problemi tecnici tuttora irrisolti soprattutto nell'ambito dell'autonomia nell'assistenza all'utente, dove la precisione del sistema, come si può ben immaginare, risulta fortemente critica.

L'idea di un sistema autonomo per assistenza fu introdotta per la prima volta dal gruppo di ricerca della Stanford University. Il sistema proposto denominato MOVAR ([figura 11](#)) si basa sull'idea di robot mobile dotato di ampia gamma di sensori per una buona autonomia.



Figura 11 - MOVAR

Allo stesso modo il progetto URMAD ([Figura 12](#)) che significa Unità Robotica Mobile per l'assistenza ai Disabili sviluppato dalla Scuola Superiore Sant'Anna a Pisa consiste in una base mobile omnidirezionale equipaggiata con un braccio manipolatore ad otto gradi di libertà, con una mano robotica a due gradi di libertà e con un pan tilt dotato di due telecamere.



*Figura 12 -
URMAD*

La base mobile, inoltre, risulta equipaggiata con un anello di sensori ad ultrasuoni e con un sistema di visione capace di rilevare gli ostacoli non visti dai sonar, mentre la mano robotica risulta dotata di sensori di forza per controllare la presa degli oggetti. È stata altresì creata un'interfaccia grafica installata su di un personal computer che permette all'utente di comunicare alla base mobile i task da svolgere. Questa interfaccia permette all'utente di scegliere tra due modalità di funzionamento: il modo autonomo con il quale è possibile chiedere al sistema di eseguire alcuni task preprogrammati o definirne di nuovi tramite l'inserimento di comandi per via vocale; oppure il modo di funzionamento teleoperato con il quale l'utente può controllare ogni singola parte del robot passo dopo passo fornendogli una sequenza di movimenti.

Nella [figura 13](#) viene invece presentato un progetto sviluppato dell'IPA di Francoforte denominato Care-O-bot.



Figura 13 - Care-O-Bot

In questo caso si tratta di un robot mobile nato per assistenza in ambito domestico per persone disabili o per anziani. Il sistema è stato sviluppato per eseguire compiti di manipolazione e trasporto di oggetti come cibo, bevande o fiori ed, inoltre, per eseguire semplici compiti tipici dell'ambiente domestico. Particolare attenzione va posta all'interfaccia del sistema: essa, infatti, risulta dotata di un sistema di video telefono che permette al robot di contattare servizi di assistenza in caso di emergenza, oltre che interagire con tutte le apparecchiature presenti nell'ambiente, non solo come TV o DVD, ma anche con porte e finestre tramite un'opportuna automazione della casa. Inoltre va detto che questo robot permette

anche il trasporto delle persone. Un prototipo di questo robot fu presentato alla fiera di Hannover nel 1998.

Altra categoria importante che va analizzata all'interno della sezione dei robot mobili è quella relativa ai robot studiati per essere utilizzati in ambiente ospedaliero. Il primo robot effettivamente costruito per eseguire compiti di assistenza all'interno di un ospedale è risultato essere Pyxis HelpMate (Figura 14) sviluppato nella prima metà degli anni '90 dalla Pyxis Corp.



Figura 14 - Pyxis HelpMate

Il robot in questione fu il primo ad utilizzare una navigazione interamente basata sull'utilizzo di sensori sonar. Un'analisi approfondita mostra che esso risultava molto più veloce e preciso nella distribuzione delle medicine ai pazienti rispetto ad un infermiere in carne ad ossa addetto al medesimo compito. Per questo motivo si stimò che in un anno di lavoro questo robot permettesse di risparmiare da 5000 \$ a 10000 \$. Si può affermare che in America alla fine degli anni novanta risultarono

in uso un centinaio di HelpMate utilizzati in vari ambiti come ospedali, aziende farmaceutiche e laboratori clinici.

Un altro progetto di particolare interesse è il progetto *MOVAID* (*Figura 15*). Si è infatti già analizzato in precedenza quelli che risultano i vantaggi sia delle postazioni fisse, per quanto riguarda la reattività, sia dei sistemi autonomi, appunto, per quanto riguarda l'autonomia rispetto agli altri tipi di configurazione. Il sistema *MOVAID* (Mobility and actiVity Assistance system for Disabled) è un progetto TIDE (Technology Initiative for Disabled and Elderly people) della Comunità Europea con l'intento di sviluppare un sistema robotico autonomo e modulare per assistenza in ambito domestico a persone disabili o ad anziani.



Figura 15 - Movaid

Durante le fasi iniziali del progetto, si eseguì uno studio approfondito su quelle che potessero essere le aspettative di persone disabili intervistando numerosi individui sia in Francia sia in Italia sia in Svizzera. La maggior parte delle persone intervistate sottolineavano il bisogno di un robot che potesse eseguire compiti

particolari come far cuocere un cibo surgelato nel forno a microonde e quindi servirlo all'utente, oppure pulire la cucina o la stanza da letto.

Da queste ricerche, quindi, si pensò di sviluppare un robot con cui cercare di unire le performance delle postazioni fisse con l'idea di autonomia dei robot mobili.

Il sistema risultante è fondamentalmente basato sull'utilizzo di una base fissa dotata di un braccio manipolatore che può essere posizionata su di una base

mobile. Quest'ultima possiede la tecnologia che le consente di navigare in

autonomia in un ambiente domestico. Il sistema fu dunque sviluppato come un

sistema distribuito che includeva, appunto, la base mobile e un paio di postazioni fisse: una posizionata in cucina e l'altra nella camera da letto. Le basi fisse sono

dotate di un elaboratore nel quale risiedono tutti i moduli necessari al loro

funzionamento e sono interconnesse ad una rete Ethernet. Per quanto riguarda,

invece, l'interfaccia utente, essa si basa su di un elaboratore con il quale l'utente, in modo grafico, può accedere a quattro livelli di funzionamento:

- Beginner level: in questo caso il robot ha ampia autonomia e l'utente può solamente scegliere tra alcuni task predefiniti.
- Standard level: in questo caso l'utente può destreggiarsi tra i task predefiniti ma anche comporne di nuovi usando alcune primitive come, per esempio "vai in cucina" o "prendi un bicchiere". Il robot, quindi, esegue questi compiti senza l'intervento dell'utente a meno che sia il robot a richiederlo nel caso in cui, per esempio, si trovi in una situazione di errore o non riesca a localizzare un oggetto. Nel caso in cui l'utente non dia risposta il robot esegue un comportamento standard.

- **Advanced level:** in questo caso l'utente può costruire i singoli task utilizzando primitive più generali rispetto alle precedenti (come "vai a", "cucina", "bicchiere", ...). Inoltre risulta possibile operare in teleoperazione controllando in modo indipendente ogni singolo componente del sistema. In questo livello, comunque, la teleoperazione viene supervisionata dal sistema ed integrata con l'informazione sensoriale per evitare, per esempio, che si verifichino collisioni.
- **Expert level:** questo risulta essere una sorta di livello per supervisionare il sistema.

L'utente, infatti, può controllare completamente ogni sua componente senza che esso faccia nessun tipo di controllo. Si potrebbe affermare che è il modo di funzionamento che agisce a più basso livello.

Dopo la fase di realizzazione, il sistema fu testato con successo nei paesi in cui era stata effettuata la ricerca preliminare. Il risultato fu, in generale, molto positivo soprattutto per le persone disabili a livello motorio ma comunque con buone capacità cognitive.

7. Conclusioni

Analizzando gli esempi di robotica per assistenza raccolti negli ultimi vent'anni, soprattutto a livello ospedaliero, possono essere fatte alcune considerazioni. Prima di tutto va detto che, in generale, i robot sono stati utilizzati in sostituzione di personale in tutti quei compiti come la pulizia dei locali, il trasporto dei campioni medici nei laboratori o dei farmaci ai pazienti e così via. In generale si può dire che i risultati sono sicuramente a favore delle macchine sia dal punto di vista dell'affidabilità sia dal punto di vista del risparmio economico. Il bilancio è altrettanto positivo se si considerano i robot che sono stati utilizzati in compiti altamente pericolosi per gli uomini come trasporto e manipolazione di materiali tossici o radioattivi.

Analizzando, invece, l'utilizzo dei robot in ambiente domestico per assistenza a disabili o a persone anziane, va sottolineato che i risultati non sono così rosei non solo a livello tecnico, ma anche a livello sociale. In questi casi, infatti, il più delle volte risulta difficile riuscire a fare accettare un robot, soprattutto ad una persona anziana. Per questo motivo, forse, ci si dovrà aspettare una lenta diffusione per la robotica finalizzata a questo tipo di compiti e ambiti di lavoro.