

Adaptive aid for environmental control: the ASPICE project

Fabio Aloise^{1,2}, Donatella Mattia¹, Fabio Babiloni^{1,3}, Simona Bufalari¹, Daniele Ruggeri^{1,4}, Serenella Salinari⁴, Maria Grazia Marciani^{1,5}, Febo Cincotti¹

¹NEILab, Fondazione Santa Lucia IRCCS, Roma, Italy; ²Alfameg s.r.l., Roma; ³Dip. di Fisiologia Umana, Univ. "La Sapienza", Roma, Italy; ⁴Dip. di Informatica e Sistemistica, Univ. "La Sapienza", Roma, Italy; ⁵Dip. di Neuroscienze, Univ. "Tor Vergata", Roma, Italy;
Email: f.aloise@hsantalucia.it

Abstract. The quality of life of people suffering from severe motor disabilities can benefit from the use of current assistive technology capable of ameliorating communication, house-environment management and mobility, according to the user's residual motor abilities. The ASPICE project aims to develop an Assistive System for Patient's Increase of Communication, ambient control and mobility in absence of muscular Effort. Different disability level means different system users: from people confined to a wheelchair to neuromotor disabled persons. Here we report on a pilot study in which ASPICE tries to improve or recover their mobility (directly or by emulation) and communication within the surrounding environment. The system pivots around a software controller running on a portable computer to offer a proper interface for the user through different interfaces, selected by the individual's residual abilities.

Keywords: EEG-based Brain-Computer Interfaces, Assistive Robotics, Severe Motor Impairment, Technologies for Independent Life

1 Introduzione

Molto spesso, a seguito di traumi o patologie fortemente invalidanti, molte persone si trovano nella condizione di dover dipendere interamente dai familiari o, nei casi meno fortunati, da sconosciuti e dall'impossibilità di svolgere quelle attività che da sempre hanno costituito la quotidianità dell'individuo; ne deriva una perdita di autonomia che rende più lungo e complesso il processo riabilitativo.

L'obiettivo del progetto Aspice (Assistive System for Patient's Increase of Communication, ambient control and mobility in absence of muscular Effort) è lo sviluppo di un dispositivo computerizzato di comunicazione e controllo per utenza ampliata, che si pone tra l'utente e l'ambiente con cui si vuole interagire.

Il progetto si prefigge lo scopo di incrementare il grado di autonomia di individui con patologie neuromuscolari responsabili della progressiva perdita delle attività

muscolari degli arti pur mantenendo integre le funzioni cognitive superiori (Distrofia di Duchenne DMD, Amiotrofia Spinale SMA II o malattie del motoneurone ALS).

Nei due anni di progetto ci si è posti l'obiettivo di fornire loro un mezzo capace di controllare i principali dispositivi elettronici all'interno della casa sfruttando tecnologie domotiche e robotiche.

2 Materiali e metodi

Il prototipo si avvale di tecnologie provenienti dai campi della Domotica, della Robotica e del Brain Computer Interface (BCI).

2.1 BCI

Il Brain-Computer interface (BCI) fornisce agli utenti canali di comunicazione che non dipendono dai normali canali di uscita del cervello rappresentati dai nervi periferici e muscoli" [1].

Un dispositivo BCI può rilevare i pattern di attivazione del cervello e, ogniqualvolta l'utente produce la volontaria modifica di questi pattern, esso è in grado di rilevarla, e di tradurla in un'azione associata ad una volontà dell'utente.

I BCI si classificano in base al tipo di attività elettroencefalografica (EEG): generata internamente dal soggetto (endogena) o legata a stimoli esterni a cui l'EEG del soggetto 'reagisce' (esogena o evocata). Un dispositivo BCI basato su attività endogena EEG consente all'utente, dopo un periodo di addestramento, la generazione spontanea di stati mentali usati per il colloquio con esso.[2-5]

Il sistema BCI utilizzato è il BCI2000, un framework general-purpose per la ricerca sul brain-computer interface. Il sistema consta fondamentalmente di tre moduli:

- la sorgente che permette di digitalizzare il segnale EEG registrato associato ad immaginazione di atti motori;
- un blocco di processamento capace di estrarre le features d'interesse; e di tramutarle in segnale di controllo che comanda un' applicazione;
- l' applicazione utente, rappresentata da un dispositivo virtuale per il movimento di un cursore su uno schermo.

Il BCI2000, è lo strumento che permette di elaborare i segnali prelevati sullo scalpo e di inviarli come Input al programma Aspice.

2.2 Aspice

Il prototipo Aspice è caratterizzato da un software estremamente modulare, la comunicazione tra i vari moduli avviene tramite socket, questo permette un uso del

sistema distribuito, permettendo così l'utilizzo di periferiche di input non particolarmente dotate dal punto di vista della capacità di elaborazione ma estremamente versatili dal punto di vista della mobilità (subnotebook, palmari, telefonini). Sono identificabili quattro sistemi principali: input, feedback, core e le periferiche.

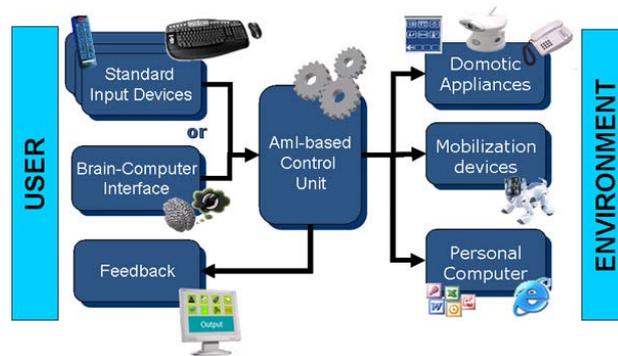


Figura 1. Schema funzionale del sistema Aspice. Il sistema si pone come interfaccia tra l'utente e l'ambiente che egli desidera controllare, prescindendo dal grado di abilità residue dell'utente stesso. E' prevista un' elevata modularità nei dispositivi di input, che vanno da normali telecomandi fino al Brain Computer Interface. La Control Unit ha la funzione di interpretare tutti i possibili ingressi e tradurli in comandi opportuni per controllare i dispositivi di output: dispositivi domotici, robots, personal computer. E' previsto un dispositivo di feedback per informare l'utente sullo stato del sistema.

Input

La schiera dei dispositivi di input utilizzabili per il controllo del sistema è piuttosto ampia: mouse, tastiera, bottoni, leve, voice command, head tracker e BCI. Questa vasta tipologia di periferiche unita alla funzionalità del software ICon [5] permette di personalizzare l'accesso al sistema in base alle capacità residue dei pazienti, massimizzandole.

Feedback

L'utente monitora e controlla l'ambiente attraverso il Feedback. Le informazioni tra il feedback e il Core vengono scambiate via socket. In particolare la lista dei possibili comandi con tutte le informazioni utili alla loro rappresentazione vengono scambiate con un file XML (Fig. 2). L'utilizzo di file XML per lo scambio di informazioni, permette di avere un'interfaccia di Feedback non vincolata alla piattaforma, questo si traduce in una notevole flessibilità sul lato utente.

Core

Il core è organizzato in una struttura gerarchica di possibili azioni, la relazione può essere sia statica che dinamica. Nella configurazione statica si ha una struttura simile ad un menù a cascata. Nella configurazione dinamica, è possibile inserire un agente intelligente che modifica la struttura in base alle abitudini dell'utente.



Figure 2. L'interfaccia di Feedback è suddivisa in tre pannelli. Nel pannello superiore sono disponibili sotto forma di icone i comandi utilizzabili. Nel pannello inferiore destro, viene visualizzato il feedback del BCI. Nella pannello inferiore sinistro invece viene visualizzato l'eventuale stream video.

Periferiche

Il sistema ASPICE permette all'utente il controllo remoto di utenze elettriche (TV, ventilatori, luci) il monitoring dell'ambiente attraverso l'utilizzo di videocamere, inoltre è stato sviluppato un sistema di navigazione per robot, basato su un piccolo set di comandi, e interfacciato con il sistema ASPICE [6].

3 Verifica clinica del prototipo

La prima fase di sperimentazione del prototipo si è focalizzata sullo sviluppo dei dispositivi da utilizzare e della loro installazione, mentre la verifica clinica si è principalmente concentrata sulle esigenze del paziente, realizzando una serie di modifiche al fine di rendere il sistema il più stabile e adattabile.

Durante questa seconda fase, un gruppo di 14 pazienti ha potuto sperimentare la reale efficacia del prototipo, sia a livello puramente tecnologico che come strumento di ausilio nelle attività quotidiane. Lo staff costituito da medici, terapisti ed ingegneri ha assistito il paziente durante tutte le fasi di training.

Il prototipo è stato installato nei locali di terapia occupazionale all'interno della Fondazione Santa Lucia.

4 Risultati

La costante interazione con i pazienti ha permesso di valutare obiettivamente i traguardi raggiunti nell'utilizzo prolungato del prototipo.

Ogni seduta ha evidenziato la crescente capacità dell'utente nel gestire in modo sempre più autonomo e naturale il sistema.

Si è sviluppata in loro la consapevolezza dei molteplici vantaggi ottenibili nelle attività quotidiane all'interno della casa, suggerendo possibili sviluppi futuri.

Ai pazienti che hanno dimostrato una particolare abilità nella gestione del sistema è stato infine proposto di sperimentare l'uso del Brain Computer Interface come interfaccia di input.

I risultati ottenuti sono incoraggianti verso un futuro impiego di ASPICE anche da parte di quelle persone colpite da patologie totalmente invalidanti ma che mantengono valide funzioni cognitive.

E' stato dimostrato che ASPICE è un sistema in grado di migliorare la qualità della vita di persone affette da disabilità. Esso non si pone come soluzione definitiva per queste persone, ma come messo in luce dalla sperimentazione, permette un miglioramento della vita di chi lo usa, aumentandone il grado di indipendenza.

5 Acknowledgments

Il progetto di ricerca è finanziato dalla Fondazione Telethon onlus (grant Telethon – UILDM GUP03562) e coinvolge il Laboratorio di Neurofisiopatologia presso la Fondazione Santa Lucia IRCCS, il Laboratorio di Robotica del Dipartimento di Informatica e Sistemistica dell' Università di Roma "La Sapienza" e la Telecom Italia Learning Services S.p.a.

References

1. Wolpaw JR, Birbaumer N, McFarland DJ, Pfurtscheller G, and Vaughan T M, "Brain-computer interfaces for communication and control" Clin. Neurophysiol. 113, 767-791, March 2002.
2. Pfurtscheller G and Neuper C. "Motor imagery and direct brain-computer communication". Proceedings of the IEEE, 89: 1123-1134, 2001.
3. Birbaumer N, Elbert T, Caravan AGM and Roch B. "Slow potentials of the cerebral cortex and behavior." Physiol Rev, 70:1-41, 1990.
4. Millán J. del R., Renkens F., Mouriño J., and Gerstner W.. Non-invasive brain-actuated control of a mobile robot by human EEG. IEEE Trans. on Biomedical Engineering, 51:1026-1033, 2004.
5. Dragicevic P, and Fekete JD "Input Device Selection and Interaction Configuration with ICON", proceedings of IHM-HCI 2001, A. Blandford, J. Vanderdonck, and P. Gray, (Eds.): People and Computers XV - Interaction without Frontiers, Lille, France, Springer Verlag, pp. 543-448.
6. Oriolo G, Ulivi G and Vendittelli M. "Real-time map building and navigation for autonomous robots in unknown environments". IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, vol. 28, no. 3, pp. 316-333,1998.