

Un sistema per l'acquisizione della conoscenza spaziale a fini riabilitativi in neuropsichiatria

N. BALOSSINO¹ - G. GEMINIANI² - L. LATINI CORAZZINI² - M. LUCENTEFORTE¹ - S. SIRACUSA¹

¹Dipartimento di Informatica, Università di Torino

²Dipartimento di Psicologia, Università di Torino

Premessa

In ambito neuropsicologico, lo studio del disorientamento topografico in soggetti con lesioni cerebrali, trae innegabili vantaggi dall'utilizzo di ambienti virtuali. La sperimentazione, che consiste nel sottoporre i soggetti con lesioni cerebrali differenzialmente localizzate ad una batteria di test, permette infatti di valutare le abilità visiospaziali dei soggetti stessi e di monitorarne il comportamento. Ciò significa che è poi possibile definire in modo accurato protocolli di valutazione clinica e predisporre eventuali interventi riabilitativi.

Un esperimento è caratterizzato da:

- a) ambiente di input: viene definito l'ambiente virtuale in cui il soggetto deve svolgere un compito assegnatogli;
- b) ambiente di output: vengono registrati i dati associati allo svolgimento del compito.

I compiti consistono fondamentalmente in:

- 1) apprendimento di un percorso o del layout dell'ambiente per mezzo di una procedura di navigazione attiva (l'utente si muove liberamente nell'ambiente) o di navigazione passiva (l'utente è condotto passivamente lungo un percorso)
- 2) verifica della conoscenza spaziale con prove che valutano la riproduzione di un percorso oppure la stima della posizione di oggetti dispersi nell'ambiente (specificazione della direzione angolare e distanza di un oggetto o navigazione diretta verso un oggetto non visibile dalla posizione attuale occupata).

Per facilitare gli esperimenti su soggetti affetti da lesioni cerebrali in regioni rilevanti dal punto di vista della cognizione spaziale (aree tempo-mesiali, parietali, frontali), è opportuno limitarne i movimenti creando ambienti di ridotte dimensioni (small environment) come quelli che caratterizzano un labirinto [1][2].

Gli ambienti di realtà virtuale che riproducono le caratteristiche spaziali di tipo labirintico possono essere di due tipi:

- Labirintico Egocentrico (LE): ambiente caratterizzato unicamente da punti di riferimento (landmark) visibili solamente da determinate posizioni durante il percorso. L'organizzazione delle conoscenze spaziali è quindi centrato sul soggetto, per cui diventano rilevanti fattori quali la sequenzialità (destra, sinistra, avanti, indietro), la variazione della posizione del corpo rispetto all'ambiente e l'informazione visiva direttamente accessibile al soggetto.

- Labirintico Allocentrico (LA): ambiente caratterizzato da punti di riferimento visibili da qualsiasi posizione all'interno dell'ambiente stesso. L'organizzazione delle conoscenze spaziali è in questo caso centrata sull'ambiente e sulle relazioni topologiche tra i luoghi. Ciò implica una visione dall'alto, dove tutta l'informazione topologica ambientale è potenzialmente disponibile.

I compiti di navigazione (wayfinding) possono essere di due tipi, e cioè:

- Compito Egocentrico (CE): il soggetto deve ripetere esattamente un percorso appreso partendo da un punto iniziale e arrivando a un punto finale all'interno del labirinto;

- Compito Allocentrico (CA): dopo un periodo di navigazione libera per familiarizzare con l'ambiente, il soggetto deve trovare una scorciatoia che congiunga il punto iniziale a quello finale.

I due compiti di cui sopra vengono fatti eseguire dal soggetto sia nell'ambiente egocentrico, sia in quello allocentrico; ciò significa che ogni soggetto deve eseguire quattro diverse prove cioè:

LE-CE: ambiente egocentrico-compito egocentrico
 LE-CA: ambiente egocentrico-compito allocentrico
 LA-CE: ambiente allocentrico-compito egocentrico
 LA-CA: ambiente allocentrico-compito allocentrico

Dal punto di vista informatico, la realizzazione dell'ambiente di realtà virtuale richiede l'utilizzo di tecniche di simulazione che creino ambienti sufficientemente aderenti alla realtà e permettano di

far convivere i diversi aspetti delle finestre sensitive con particolare riferimento a quelle visive e motorie. Va detto che la costruzione di un modello per la realtà virtuale e la sua proficua utilizzazione richiede un'accurata pianificazione basata sulle specifiche fornite dagli esperti del dominio applicativo nonché l'eventuale introduzione di alcune limitazioni al fine di ottenere una maggiore flessibilità implementativa [3][4][5][6][7][8][9].

Caratteristiche del sistema

Gli applicativi di realtà virtuale presenti sul mercato, anche se estremamente potenti e sofisticati, non soddisfano nella maggior parte dei casi le funzioni richieste da un esperimento di psicologia cognitiva. Ne segue che per la realizzazione di quanto indicato nella premessa è stato necessario sviluppare un sistema che permettesse di definire e modificare in modo amichevole le caratteristiche spaziali dell'ambiente di sintesi, nonché di registrare il comportamento dei soggetti durante la navigazione. La motivazione della scelta del labirinto come ambiente di navigazione ha delle ripercussioni sulla modellazione; i labirinti infatti sono fondamentalmente costituiti da una serie di corridoi, ognuno dei quali si congiunge ad altri mediante giunzione a T. Ciò significa che diventa facile collocare muri, pavimenti e soffitti ai quali possono poi essere applicate tessiture di tipo realistico. Ne segue che le immagini ottenute sono semplici dal punto di vista del trattamento grafico in tempo reale pur presentando caratteristiche sufficientemente realistiche. Questo fatto si ripercuote sulle potenzialità del sistema informatico che non devono essere sofisticate.

Il sistema è stato sviluppato in ambiente Crystal Space che è un framework completamente open source, di tipo modulare e adatto allo sviluppo di qualsiasi applicazione di realtà virtuale, anche se l'obiettivo primario è quello di fornire un motore grafico tridimensionale con l'aggiunta del supporto per il suono, la grafica bidimensionale e il networking. Crystal Space è disponibile per svariate piattaforme hardware.

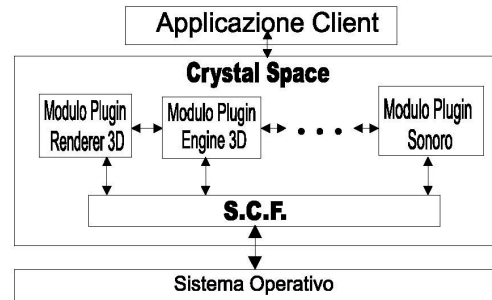
Un'importante caratteristica di Crystal Space consiste nel fatto che le componenti e le librerie sono indipendenti tra loro. Ciò significa che se un'applicazione client non intende funzionare in rete, è sufficiente non utilizzare (e non richiedere) le componenti relative al networking; le componenti sono in grado di funzionare in modalità "stand alone" e richiedono solamente alcune funzionalità minimali. Occorre infatti sottolineare che Crystal Space non è una libreria monolitica, ma un insieme di moduli attivati (cioè caricati in memoria) in seguito alla richiesta dell'applicazione client in fase di esecuzione. Tali moduli, scritti in linguaggio C++, sono librerie di classi condivise, che possono essere utilizzate su diversi sistemi operativi, assumen-

do la forma di moduli plugin.

Il sistema dei moduli plugin è basato su uno strato software chiamato Shared Class Facility che permette l'interazione tra i plugin stessi e il sistema operativo (figura 1).

Figura 1

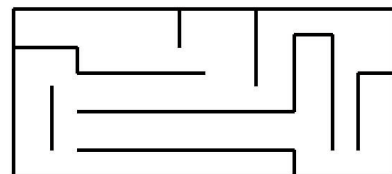
Il sistema realizzato si basa su tre moduli distinti interoperanti:



- modulo di editing
- modulo di esplorazione
- modulo di replay

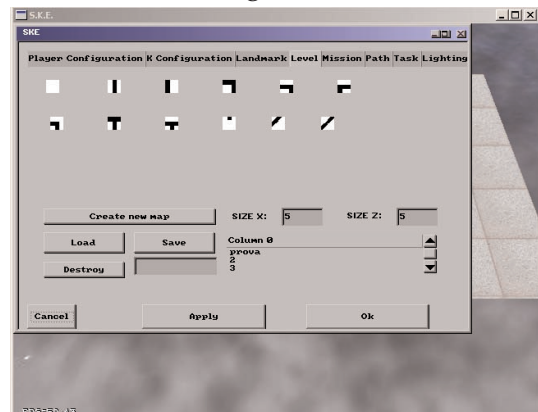
Il modulo di editing è costituito da un insieme di finestre di dialogo ciascuna delle quali svolge particolari attività atte a plasmare il mondo di base, definito da un piano (il pavimento) di dimensioni variabili, sul quale vengono collocati i muri e gli arredi negli spazi che prendono forma dalla giustapposizione dei muri stessi, creando una struttura a labirinto che, in una visione dall'alto, assume l'aspetto rappresentato in figura 2.

Figura 2



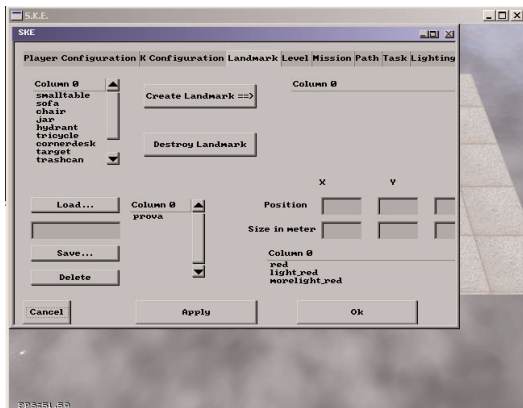
L'utente può scegliere tra forme primitive di muri e posizionarli a suo piacimento sul pavimento (Figura 3).

Figura 3



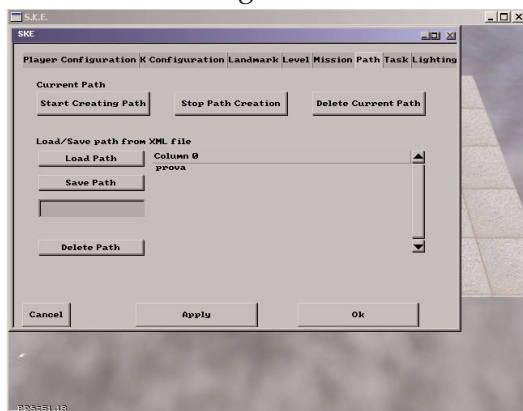
Gli oggetti da collocare nella scena sono selezionabili tra un insieme predefinito e costituiscono i landmark per la sperimentazione di navigazione (Figura 4)

Figura 4



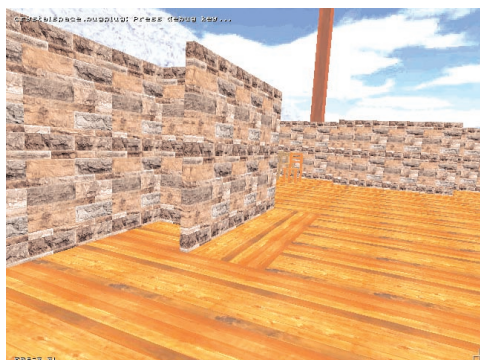
Gli oggetti sono caratterizzati da: dimensione, tessitura, colore e posizione modificabili dall'utente. Sono inoltre definibili alcuni parametri biometrici dell'utente e cioè altezza, velocità di spostamento e campo visivo. E' prevista la definizione di un percorso che l'utente deve seguire in modo attivo o passivo. Viene inoltre definito il tipo di compito da svolgere. E' importante sottolineare come il sistema permetta di salvare quanto creato nella fase di editing per un successivo riutilizzo (figura 5).

Figura 5



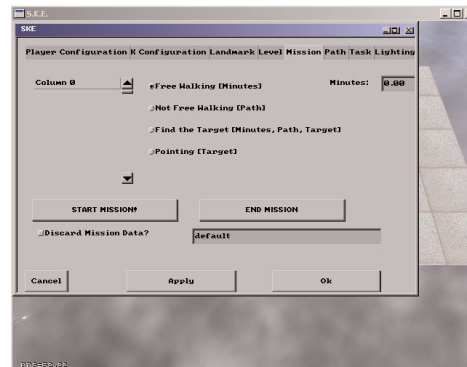
La figura 6 riporta un esempio di come si presenta l'ambiente di sintesi con muri, pavimento, oggetti e landmark.

Figura 6



Il modulo di esplorazione permette all'utente di camminare all'interno dell'ambiente virtuale e svolgere il compito assegnatogli. I dati rilevati durante l'esplorazione vengono salvati su file per una successiva analisi (figura 7).

Figura 7



Il modulo di esplorazione lavora avendo in input un insieme di dati che definiscono:

- la conformazione del mondo
- le proprietà di tutti i landmark
- il percorso, (se previsto) e la posizione di partenza
- la specifica del compito da svolgere.

I dati di output del modulo sono i seguenti:

- la posizione e l'orientamento della testa e del corpo durante l'esplorazione
- lo spazio percorso
- il tempo impiegato
- il successo o l'insuccesso del compito.

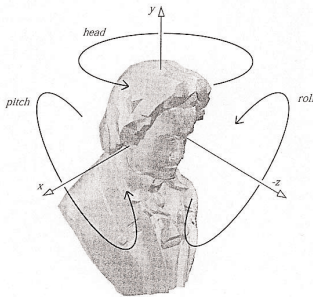
Il modulo di replay utilizza i dati salvati durante la missione di un utente e permette la visione completa di tutti i movimenti effettuati durante l'esplorazione.

Interazione uomo-macchina

La navigazione nell'ambiente di sintesi si basa su tre dispositivi fondamentali e cioè caschetto, joystick e un sensore di tracking. Il caschetto HMD (Head Mounted Display), è di tipo binoculare prodotto dalla Virtual Research, modello V6 ed è dotato di due piccoli display LCD, di diametro di soli 3 centimetri. I due display sono regolabili dal soggetto che indossa lo HMD per adattarlo alla sua distanza pupillare, permettendo la perfetta messa a fuoco dell'immagine vista nei due display. I display funzionano in formato standard VGA, un segnale video di input non-interlacciato a dimensione 640x480 pixel e 60Hz di refresh verticale. Il rilevamento della posizione spaziale assunta dal caschetto è demandato ad un tracker prodotto

dalla InterSense, modello InterTrax2; esso tiene traccia dei tre angoli Yaw, Pitch e Roll, cioè i tre gradi di libertà che descrivono la rotazione dello HMD nello spazio destrogiro, e non tiene quindi traccia in alcun modo delle 3 coordinate (X,Y,Z) nello spazio tridimensionale (figura 8).

Figura 8



Il joystick utilizzato è a 2 assi (corrispondenti a X e Z nella figura 8) e 8 bottoni, modello SideWinder della Microsoft; qualsiasi altro modello di altra marca è comunque utilizzabile.

Il soggetto che esplora l'ambiente dev'essere seduto; questa condizione non è limitativa in quanto generalmente i pazienti su cui vengono effettuati i test sono costretti ad usare una sedia a rotelle. Ne segue che non sono previsti movimenti e rotazioni del corpo.

Il joystick e lo HMD sono utilizzati congiuntamente per la navigazione nell'ambiente virtuale, in quanto:

- del joystick viene utilizzato l'asse Z per il movimento avanti/indietro nello spazio, che è effettuato sulla direzione frontale del tronco dell'utente. L'asse X serve invece per la rotazione del corpo attorno a se stesso (cioè attorno l'asse verticale Y centrato nel soggetto stesso).

- dal tracker vengono letti i tre angoli di yaw, pitch e roll, valori che determinano l'orientamento della testa e quindi indirettamente dello sguardo; il movimento della testa e del corpo sono quindi indipendenti tra loro, ed è possibile muoversi in una direzione mentre si guarda in un'altra, rendendo i movimenti da compiere per l'esplorazione molto vicini a quelli usuali della realtà.

Conclusioni e sviluppi futuri

Il sistema descritto è in fase di debugging software e di sperimentazione. Alcune possibili evoluzioni del sistema consistono nello studio di soluzioni alternative agli usuali dispositivi di interazione e di immersione al fine di svincolare l'utente da sistemi costrittivi e/o poco ecologici (casco, joystick) [10], ferma restando la necessità di agire su oggetti presenti nella scena. Va detto inoltre che potrebbe essere opportuna l'introduzione e la gestione di segnali sonori.

Ringraziamenti

Questo lavoro costituisce la fase preliminare di una ricerca sviluppata nell'ambito di un progetto intrauniversitario fra il Dipartimento di Psicologia e il Dipartimento di Informatica dell'Università di Torino, finanziato dal MIUR. Al progetto hanno collaborato anche alcuni tesisti, fra i quali va ricordato in modo particolare Luca Cappa, ai quali vanno i ringraziamenti degli autori.

Bibliografia

- [1]. Lear A.C., "Virtual Reality provides real therapy", IEEE Computer Graphics and Application, vol. 17, no. 4, pp. 16-20, July-August 1997.
- [2]. Kirschen, M. P., Kahana, M. J., Sekuler, R., & Burack, B., "Optic flow helps humans learn to navigate through synthetic environments", Perception, 29, 801-818, 2000.
- [3]. Monterson M.E., "Geometric modelling", John Wiley & Sons, 1985.
- [4]. Chipman, S. F., "Complexity and structure in visual patterns", Journal of Experimental Psychology: General, 106, 269-301, 1977.
- [5]. Hillis K., "Digital Sensations: Space, Identity, and Embodiment in Virtual Reality", University of Minnesota Press, 1999.
- [6]. Burdea G., Coiffet P., "Virtual Reality Technology", John Wiley & Sons, Inc. USA, 1994.
- [7]. Henderson E., "How real is virtual real?", IEE Colloquium on Virtual Reality Personal Mobile and Practical Applications, pp. 4/1-4/8, Oct 1998.
- [8]. Burdea G.C., Coiffet P., "Virtual Reality Technology", Second Edition, IEEE Computer Society Press, June 2003.
- [9]. Sherman W., Craig A., "Understanding Virtual Reality: Interface, Application, and Design", MORGAN KAUFFMAN Elsevier, 2003.
- [10]. Stanney K.M., Mourant R.R., Kennedy R.S. "Human factors in virtual environments: a review of the literature", Presence, 7(4), 327-351, 1998.