



**Dipartimento di Informatica
Università degli Studi di Bari**

DE_VISU

Programma di ricerca (cofinanziato dal MURST, esercizio 2000)

Specifica, Progetto e Sviluppo di Sistemi Interattivi Visuali

Usabilità di Sistemi a Realtà Virtuale

RAPPORTO TECNICO: N.02 ANNO 2001

BA-R02

30 novembre 2001

Sommario

Il lavoro dell'unità di Bari per il progetto di sistemi visuali interattivi, descritto in questo rapporto, è rivolto soprattutto agli aspetti di usabilità di tali sistemi. Il lavoro del secondo semestre si è concentrato sugli aspetti di usabilità degli ambienti virtuali. È stato quindi effettuata una rassegna di quanto è stato fatto su tale argomento. Dai lavori analizzati sono stati identificati punti di forza e di debolezza dei principali approcci alla valutazione dell'usabilità in uso oggi. Sono state quindi studiate le caratteristiche dei sistemi VE, per identificare gli attributi di usabilità specifici per questi sistemi e le limitazioni dei metodi di usabilità tradizionali per valutare questi attributi. Si sono individuate le dimensioni di usabilità lungo le quali poter valutare l'usabilità VE. Si è quindi organizzato, in collaborazione con i ricercatori dell'unità di Venezia, uno studio per valutare l'usabilità dell'*interaction locus* introdotto negli ambienti virtuali da loro sviluppati per aiutare gli utenti nella navigazione e nell'orientamento.

Titolo ricerca unità	L'usabilità nel progetto di sistemi interattivi
Codice	BA-R02
Data	30 novembre 2001
Tipo di prodotto	Rapporto tecnico
Unità responsabile	BA
Unità coinvolte	BA - VE
Autori	Maria Francesca Costabile, Fabio Pittarello, Carmelo Ardito
Autore da contattare	Maria Francesca Costabile Dipartimento di Informatica Università degli Studi di Bari Via Orabona 4, 70125 Bari, Italia costabile@di.uniba.it

1. Introduzione	3
2. Caratteristiche degli Ambienti Virtuali	3
2.1 Manipolazione Oggetti	4
2.2 Controllo dell'Utente.....	4
2.3 Navigazione.....	5
2.4 Sistema Output	6
2.5 Trattamento degli errori.....	6
2.6 Utilizzabilità delle tecniche di usabilità esistenti per valutare ambienti virtuali	6
3. Usabilità degli ambienti virtuali	7
3.1 Interazione Multimodale	9
3.2 Sistema Output Multimodale.....	14
4. Valutazione dell'Usabilità dei VE.....	17
5. Valutazione di usabilità dell'Interaction Locus.....	19
5.1 Studio pilota	20
5.2 Progettazione dello studio pilota	20
5.3 Esperimento controllato	22
6. Il suono nelle interfacce utente.....	24

1. Introduzione

Gli approcci tradizionali all'usabilità di sistemi interattivi a realtà virtuale (VE da Virtual Reality) non tengono conto degli attributi caratteristici che distinguono questi sistemi dalle interfacce utente grafiche tradizionali. Gli ambienti virtuali sono più interattivi dei sistemi precedenti. Sono multimodali, sollevando così questioni relative alla presentazione e all'integrazione di modalità multiple di informazione sensoriale. Inoltre, possiedono anche attributi specifici, inclusi i livelli di coinvolgimento e gli effetti collaterali che generano. Per ottenere l'usabilità, oltre a incorporare le considerazioni di usabilità tradizionali, i sistemi VE devono tenere conto del progetto di tecniche navigazionali, movimento utente, selezione e manipolazione oggetti, così come dei sistemi di output visuale e acustico.

Lo sforzo attuale è di classificare e integrare gli attributi VE in un approccio sistematico per il progetto e la valutazione dell'usabilità di un VE.

In questo rapporto si analizzano le caratteristiche dei VE per identificare gli attributi di usabilità specifici per questi sistemi e le limitazioni dei metodi di usabilità tradizionali per valutare questi attributi. Infatti, anche se le tecniche di valutazione tradizionali sono applicabili agli ambienti virtuali, non analizzano gli attributi di usabilità specifici degli ambienti virtuali. Ciò perché le interazioni tradizionali "punta e clicca" non sono rappresentative delle caratteristiche multidimensionali di selezione e manipolazione di oggetti dello spazio 3D. Inoltre, la qualità dell'output multimodale (visuale, acustico, tattile) non è ampiamente analizzata dalle tecniche di valutazione tradizionali e le misure tradizionali della prestazione utente (tempo, accuratezza) non caratterizzano ampiamente l'interazione con un VE.

Il contenuto del rapporto è il seguente. La Sezione 2 analizza le caratteristiche dei VE. La Sezione 3 riporta delle considerazioni sull'usabilità delle varie caratteristiche dei VE. La Sezione 4 illustra dei criteri per la valutazione di usabilità dei VE. La Sezione 5 discute lo studio che abbiamo progettato, e in parte già eseguito, per valutare l'usabilità del concetto di Interaction Locus implementato nelle applicazioni sviluppate dall'unità di Venezia, focalizzando l'attenzione sulla componente acustica. Infine la Sezione 6 riporta un breve cenno sull'uso del suono nei sistemi sviluppati negli ultimi anni.

2. Caratteristiche degli Ambienti Virtuali

A partire dalle deficienze dei metodi tradizionali di valutazione di usabilità quando vengono applicati ad ambienti virtuali, Gabbard e Hix, hanno sviluppato una tassonomia delle

caratteristiche di usabilità di un VE [1]. Stanney et al. hanno rivisto questa tassonomia e hanno identificato i fattori caratteristici dei VE, illustrati nelle seguenti sottosezioni [2, 3].

2.1 Manipolazione Oggetti

Gli utenti dovrebbero essere in grado di selezionare e manipolare prontamente gli oggetti in uno spazio 3D.

Gli ambienti virtuali comportano un'interazione multimodale in uno spazio 3D piuttosto che un'interazione drag-and-drop tipica delle tradizionali GUI. Il fatto che i VE comportino molte più dimensioni delle GUI, avendo fino a sei gradi di libertà per localizzare e manipolare oggetti, crea la necessità di misure più ampie per valutare efficacemente i metodi di interazione. L'introduzione di sei gradi di libertà comporta anche la necessità di considerare se la prospettiva dell'utente, mentre cerca di manipolare oggetti in un ambiente virtuale, debba essere egocentrica, esocentrica, o una combinazione di entrambe. Le incoerenze nella manipolazione, che i metodi di ingegneria dell'usabilità analizzano, si amplificano enormemente quando si considerano gli ambienti virtuali.

2.2 Controllo dell'Utente

Gli ambienti virtuali dovrebbero fornire all'utente un controllo intuitivo in modo ben organizzato.

Il tipo di controllo dipende dal display e dalle tecniche di interazione utilizzate (attraverso mouse, dataglove, joystick, anche in modalità acustica o tattile). Gli ambienti virtuali trasformano interfacce utente command-based e grafiche, con i loro limitati mezzi di controllo utente (comandi, icone, menu e dispositivi di puntamento), in sistemi di interazione multimodale. Il progetto dell'interfaccia per i VE è task-focused, piuttosto che application-focused; incorpora un progetto più integrato per supportare i task degli utenti, specialmente a causa della natura non esplicita degli stili innovativi di interazione VE. Queste differenze si aggiungono alla complessità dell'usabilità dei VE.

Gli ambienti virtuali comportano un flusso di controllo delle attività più continuo se confrontato con le selezioni discrete associate ai progetti command-based o GUI. Perciò, in un VE gli utenti dovrebbero essere in grado di interagire e controllare l'ambiente in un modo naturale e continuo. Tuttavia, fino a quando non verrà completamente caratterizzato ciò che costituisce una "maniera naturale" di controllo utente in un VE, sarà difficile valutare l'intuitività di quest'interazione.

È evidente che l'abilità degli utenti nell'eseguire funzioni di base in un VE può influenzare le loro prestazioni nel compiere i task, influenzando anche l'"efficienza" del progetto del sistema.

Specifiche categorie interattive possono includere: muoversi in avanti, indietro, sopra, sotto; manipolare e orientare oggetti; localizzare i suoni; eseguire task visuali (per esempio, percepire e distinguere oggetti).

Come per l'abilità navigazionale, gli utenti possono avere diversi livelli di abilità per eseguire in un VE task interattivi fondamentali. Queste differenze possono rendere difficile la valutazione dell'efficienza di un progetto VE; è necessario uno strumento per misurare queste differenze, così da poterle controllare. È necessaria un'ampia batteria di user benchmark per fornire un termine di paragone (baseline) dei dati della prestazione umana per l'interazione VE.

2.3 Navigazione

Gli utenti dovrebbero essere in grado di orientarsi prontamente e navigare in un ambiente virtuale.

La navigazione, che è guidata dalla capacità di pianificare e dirigere il comportamento (wayfinding) servendosi della posizione corrente, distanza, percorso e/o meccanismi di orientamento verso un particolare obiettivo, è stata individuata come una delle questioni più significative di usabilità che influenzano la prestazione nell'esecuzione di task nel mondo virtuale [2].

Alcune delle questioni di usabilità più importanti per la navigazione sono il mantenimento dell'orientamento, l'individuazione di oggetti in uno spazio 3D e il movimento diretto verso una destinazione. Il problema messo in evidenza è come progettare sistemi VE che permettano agli utenti di poter prontamente completare i task di wayfinding, così da permettergli di concentrarsi sull'accesso, la manipolazione e la comprensione di informazione critica e oggetti.

Una misura dell'usabilità della navigazione dipende chiaramente da suggerimenti sensoriali e da intermediari spaziali (per esempio mappe) forniti, così come dall'abilità spaziale dei navigatori. Analogamente alla navigazione web, l'usabilità della navigazione varierà tra i progetti VE e anche in un dato VE.

2.4 Sistema Output

Il feedback di un display multimodale dovrebbe essere naturale e intuitivo. Non importa con che modalità è presentato agli utenti, un VE dovrebbe essere non ambiguo e dovrebbe fornire informazione rilevante per il task.

I metodi tradizionali di usabilità possono non essere abbastanza ampi da considerare questioni come risoluzione spaziale, prospettiva, rappresentazione della dimensione, frequenza di refresh e aggiornamento, intensità, range e campo visivo. Perciò, sono necessari metodi di valutazione dell'usabilità che possano caratterizzare completamente l'output di un sistema multimodale.

2.5 Trattamento degli errori

Nei sistemi GUI tradizionali, il recupero dagli errori è spesso trattato fornendo la funzionalità *undo*. L'interazione con il sistema dovrebbe fornire la correzione di un errore e il recupero prima che avvengano cambiamenti permanenti. Permettere agli utenti di annullare un'azione li incoraggia ad adottare un approccio alla scoperta del sistema del tipo "prova e sbaglia". Con le interfacce tradizionali, dove generalmente c'è un percorso diretto per andare da qualche parte o per eseguire i task e un percorso diretto per tornare indietro o annullare le azioni, la funzionalità *undo* viene prontamente implementata. Non è così per gli ambienti virtuali. Nei VE, generalmente ci sono percorsi multipli per raggiungere un luogo o diversi modi di eseguire un task. Quindi, può essere particolarmente difficile aiutare gli utenti a recuperare da errori commessi nei VE o ad annullare azioni compiute. Questa complessità del trattamento degli errori deve essere risolta per migliorare l'usabilità di un VE.

2.6 Utilizzabilità delle tecniche di usabilità esistenti per valutare ambienti virtuali

Le caratteristiche di VE trattate nelle sezioni precedenti evidenziano le deficienze dei metodi di valutazione esistenti quando si applicano alla valutazione di VE. Queste deficienze sono dovute al fatto che la natura interattiva dei VE non è adeguatamente caratterizzata dai metodi di valutazione esistenti; le modalità multiple di presentazione dell'informazione rendono veramente difficoltoso sviluppare ampie checklist o linee guida; criteri di usabilità aggiuntivi aumentano la possibilità di dimenticare questioni di usabilità importanti.

Quanto abbiamo detto evidenzia che sono necessari metodi di valutazione che siano capaci di esaminare le caratteristiche dei VE per ottenere un approccio sistematico per la valutazione di tali sistemi.

Tabella 1. I metodi tradizionali di valutazione e usabilità dei VE

Criteri usabilità VE	I metodi tradizionali di usabilità sono sufficienti
Manipolazione oggetti	NO, bisogna tenere conto dei sei gradi di libertà e della prospettiva degli utenti (egocentrica, esocentrica)
Controllo utente	NO, bisogna tenere conto del flusso continuo, dell'interazione multimodale e dei nuovi dispositivi di I/O
Navigazione	NO, bisogna tenere conto del mantenimento dell'orientamento, della individuazione degli oggetti nello spazio 3D e dell'indirizzamento del movimento verso un nodo destinazione
Trattamento degli errori	NO, la funzione <i>undo</i> può essere particolarmente difficoltosa da implementare nei sistemi VE

3. Usabilità degli ambienti virtuali

In un VE, il sistema, i display e i controlli dell'interfaccia sono progettati per coinvolgere gli utenti in un ambiente contenente oggetti 3D con locazioni e orientamenti in uno spazio multidimensionale. Ogni oggetto virtuale ha una locazione e un orientamento indipendente dai punti di vista degli utenti. Gli utenti possono interagire con questi oggetti in tempo reale usando diversi modi per muoversi e diversi canali di input/output. Di conseguenza, il progetto dell'interazione necessita di essere sufficientemente corrispondente a come la gente usa un sistema per eseguire il proprio task. Tale corrispondenza è caratterizzata da tecniche di interazione che combinano una comprensione delle capacità della natura umana (comunicazione, mobilità, capacità cognitive, abilità percettive) con i dispositivi di I/O e con la percezione e il "ragionamento" della macchina. L'usabilità di ogni sistema VE è così influenzata da come le componenti del sistema VE impattano sull'abilità dell'utente di completare i task per cui il sistema è progettato.

Gabbard and Hix, in [1], hanno raggruppato le componenti di un sistema VE in quattro principali aree di usabilità:

1. Utenti e loro task
2. Il modello virtuale
3. Meccanismi di input dell'interfaccia utente del VE
4. Componenti di presentazione dell'interfaccia utente del VE.

Stanney et al, nel valutare l'usabilità dei VE, tengono conto di due tipi di caratteristiche: quelle relative all'usabilità del sistema e quelle che si riferiscono più strettamente al solo utente, caratterizzando il suo coinvolgimento e alcuni effetti collaterali. Per l'usabilità del sistema identificano le seguenti componenti:

- Interazione, caratterizzata a sua volta da:
 - i. Navigazione
 - ii. Movimento Utente
 - iii. Selezione e Manipolazione Oggetti
- Sistema Output Multimodale, distinto in:
 - iv. Visuale
 - v. Acustico
 - vi. Tattile

Le considerazioni utente sono distinte in:

- Coinvolgimento
 - vii. Senso di presenza
 - viii. Senso di immersione
- Effetti Collaterali
 - ix. Comfort
 - x. Postumi
 - xi. Nausea

Una vista complessiva di tutte le componenti che Stanney et al. considerano caratterizzanti per l'usabilità dei VE è nella figura 1. Le caratteristiche indicate con linee tratteggiate non sono prese in considerazione in questo rapporto in quanto ci limitiamo a studiare ambienti virtuali non immersivi.

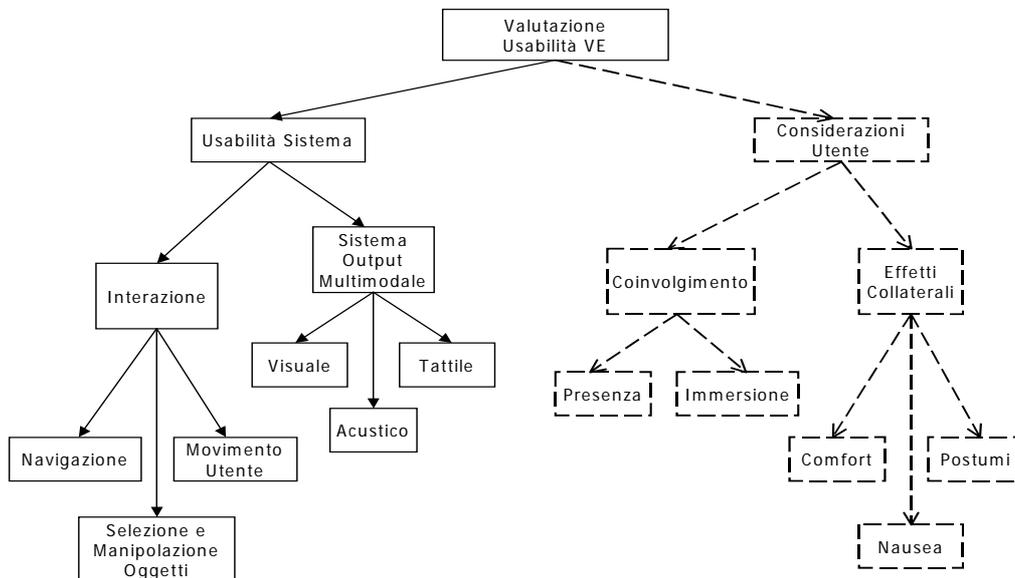


Figura 1. Caratteristiche dell'Usabilità dei VE.

3.1 Interazione Multimodale

L'interazione dovrebbe essere naturale, efficiente e appropriata per gli utenti obiettivo, i domini e gli scopi del task.

Ogni interazione in un VE può ricadere in tre categorie generali:

- Movimento (movimento del punto di vista dell'utente da posto a posto)
- Selezione (puntamento di oggetti virtuali in un ambiente)
- Manipolazione (regolamento di posizione e/o orientamento di oggetti virtuali)

Altri autori, d'altra parte, classificano le interazioni fondamentali di un utente in un VE in: navigazione, controllo del punto di vista, interazione con un oggetto [4]. Le componenti dell'interazione utente da considerare sono: icone, testo, grafici, audio, video e dispositivi attraverso cui gli utenti comunicano e si muovono in un ambiente virtuale [5].

In accordo con quanto sopra, le dimensioni dell'usabilità associate con l'interazione sono state classificate come segue:

- Navigazione (localizzare e orientare se stessi in un ambiente)
- Movimento utente (muoversi da un posto ad un altro in un ambiente)
- Selezione e manipolazione degli oggetti (puntare oggetti in un ambiente per riposizionarli, riorientarli o interrogarli)

Una visione più generale, che comprenda anche i sistemi VE immersivi, dovrebbe tenere conto anche degli aspetti di Usabilità che tali sistemi implicano.

Infatti, in un ambiente virtuale immersivo bisogna tenere conto anche degli effetti psicofisici che si generano nell'utente. Tali effetti sono stati identificati come *Considerazioni Utente* che implicano sensazione di coinvolgimento ed effetti collaterali [3].

Navigazione

La navigazione considera come gli utenti manipolano il loro punto di vista per muoversi da posto a posto in un ambiente [5, 6].

La navigazione in un VE può essere identificata come l'abilità di mantenere la conoscenza della propria posizione e l'orientamento mentre ci si muove attraverso uno spazio disegnato. Ciò può essere difficile, comunque, perché la navigazione nei VE comporta attività cognitive, piuttosto che semplici manovre manuali. Infatti, gli utenti trovano difficile mantenere la conoscenza della loro posizione e l'orientamento attraversando un ambiente virtuale [3]. Analogamente, gli utenti possono spendere molto del loro tempo di interazione provando ad immaginare l'aspetto spaziale di un VE, sottraendolo così dal concentrarsi sugli obiettivi del task.

Tabella 2. Considerazioni di usabilità della Navigazione

- Deve essere facile per gli utenti muoversi e riposizionarsi nell'ambiente virtuale.
- Gli utenti non devono sentirsi disorientati nell'ambiente virtuale.
- Il sistema deve fornire efficacemente il tipo appropriato di supporto alla navigazione utente.
- Nell'ambiente devono essere presenti etichette o indicazioni spaziali appropriate.
- Il sistema deve fornire efficacemente informazione per determinare "Dove mi trovo".
- La navigazione da punto a punto non deve essere pesante e lenta.
- L'informazione acustica deve essere usata efficacemente per fornire suggerimenti direzionali.
- Il sistema deve fornire un efficace feedback audio 3D quando sono richiesti separazione, isolamento, posizione, contenuto spaziale / direzionale.
- I suggerimenti ambientali e i loro effetti (per esempio, temperatura, vento, pioggia) devono essere integrati e presentati efficacemente.
- Deve essere inclusa una griglia navigazionale o una mappa per grandi ambienti. Le mappe implementate devono rispettare i principi di progetto per una mappa.
- Correttezza della sincronizzazione di più componenti.
- Gli oggetti devono essere disposti all'interno del mondo virtuale coerentemente ad un criterio di ordinamento o raggruppamento.
- Le componenti testuale, visuale, sonora relative ad oggetti che appartengono ad uno stesso contesto o criterio di raggruppamento devono essere associate agli oggetti stessi secondo regole precise.
- Correttezza dell'interferenza tra componenti di un ambiente virtuale e Navigazione.
- Disponibilità di qualche tool di orientamento che supporti la ricerca.
- Possibilità di passare da una modalità di navigazione ad un'altra.

Se l'informazione fornita sulla struttura spaziale di un VE o sull'identità e la posizione degli oggetti obiettivo è insufficiente o inappropriata, allora gli utenti hanno difficoltà nell'identificare la loro posizione attuale o la destinazione desiderata. Il progetto di un VE deve quindi includere suggerimenti visuali e aiuti navigazionali appropriati, come bussola o mappa, per facilitare l'acquisizione della conoscenza spaziale dell'ambiente da parte dell'utente. Senza un progetto appropriato dello spazio navigazionale e la disponibilità di tool per aiutare nell'esplorazione di questo spazio, tutta l'usabilità di un sistema VE ne soffrirà

risultando in un'inefficace ed inefficiente esecuzione dei task. La Tabella 2 riporta le considerazioni di usabilità della navigazione.

Movimento Utente

I progettisti dovrebbero fornire un controllo dell'utente intuitivo in modo ben organizzato. Il viaggio è un tipo fondamentale, e anche il più comune, di interazione all'interno di un ambiente virtuale: è ciò che è necessario per permettere agli utenti di collocarsi nella posizione per eseguire i task richiesti [6]. Le tecniche di viaggio dovrebbero essere facili da usare e non scomode o invadenti cognitivamente.

Tabella 3. Considerazioni di usabilità del Movimento Utente

- Il livello di controllo del movimento utente deve essere appropriato per il task.
 - La metafora del controllo utente si deve armonizzare efficacemente con i task dell'applicazione.
 - Il controllo del movimento utente deve supportare efficacemente l'esecuzione di task seriali e sequenziali.
 - I gradi di libertà del movimento utente devono essere completi e separabili.
 - I gradi di libertà del movimento utente, che non sono necessari ad eseguire i task, non devono rendere il movimento utente difficile.
 - Il sistema deve usare efficacemente gradi di libertà multipli e completi (un maggiore guadagno per un movimento grossolano, un minore guadagno per un movimento più fine e gradi di libertà separabili per movimenti utente di precisione).
 - Per un movimento di locomozione naturale, deve essere utilizzata una metafora "walking in place" (cammina attraverso).
 - Una metafora "walking in place" non deve essere usata quando bisogna attraversare grandi distanze.
 - Coerenza, nei vari ambienti virtuali, della disposizione e dell'aspetto dei mezzi di movimento.
 - Disponibilità di comandi di movimento evidenti che l'utente può impartire al sistema per potersi muovere all'interno del mondo virtuale.
-

È evidente che gli utenti dovrebbero essere in grado di interagire e controllare i loro movimenti attraverso un VE in modo naturale, ben organizzato, mentre il metodo o i metodi di movimento consentiti dovrebbero essere abbastanza flessibili da supportare tutti gli aspetti di un task [1].

La Tabella 3 riporta alcune considerazioni riguardanti l'usabilità del movimento utente.

Selezione e Manipolazione Oggetti

La selezione e la manipolazione di oggetti possono essere definiti come il processo di indicare oggetti virtuali all'interno di un ambiente per riposizionarli, riorientarli o interrogarli.

La selezione di oggetti comporta che gli utenti designino uno o più oggetti virtuali per qualche proposito (per esempio cancellazione di un oggetto, invocazione di un comando, cambio dello stato del sistema). Ciò spesso è seguito dalla conseguente manipolazione degli oggetti specificati.

Le interazioni con un oggetto possono anche essere progettate per differenti gradi di realismo, dalle più semplici, operazioni che riproducono l'interazione del mondo reale, alle operazioni "magiche" che non sarebbero mai possibili nel mondo reale. L'applicazione e i task per cui un sistema è progettato determinano quali tecniche e livello di realismo sono richiesti. Per esempio, è necessario che un'applicazione di chirurgia virtuale sia modellata più fedelmente alla realtà, mentre il task di esplorazione di una molecola virtuale può non esserlo.

Il progetto di interazione VE può anche fornire supporto per migliorare l'abilità degli utenti di selezionare e manipolare oggetti virtuali: aumentando il dettaglio delle immagini per migliorare la velocità di percezione; utilizzando griglie o linee di riferimento per una semplice selezione di oggetti e per task di disposizione; fornendo un piano o uno sfondo come punto di riferimento per giudicare le posizioni degli oggetti; fornendo la possibilità di ruotare oggetti 3D e di incrementare i livelli di dettaglio quando ciò è necessario per l'esecuzione del task.

La grande varietà di tecniche e caratteristiche disponibili per la selezione di un oggetto e la manipolazione fornisce agli sviluppatori VE molte scelte per il progetto dell'interazione con un oggetto. I metodi di selezione e manipolazione incorporati in un progetto VE hanno un profondo impatto sulla qualità dell'interazione (per esempio efficacia ed efficienza) per tutto il sistema.

Comprendere le tecniche di interazione con un oggetto e le relative questioni di progetto è un passo importante ed essenziale verso lo sviluppo di applicazioni VE efficienti.

In Tabella 4 sono riportate considerazioni di usabilità della selezione e manipolazione di oggetti.

Tabella 4. Considerazioni di usabilità della Selezione e Manipolazione di oggetti

- Deve essere facile selezionare, muovere e alterare gli attributi fondamentali degli oggetti (colore, forma, etichette).
 - I punti di selezione di un oggetto devono essere ovvi e chiari, e dovrebbe essere facile selezionare oggetti multipli.
 - Cornici, scritte o altri strumenti per selezionare prontamente oggetti multipli devono essere usati efficacemente.
 - Per evitare l'occlusione durante la selezione di un oggetto deve essere usata la trasparenza.
 - La creazione di una query (input con comando o con linguaggio parlato) può essere usata per aiutare i metodi di selezione degli oggetti.
 - Deve essere facile esaminare oggetti da prospettive multiple.
 - Un punto di vista spaziamene rilevante (egocentrico, esocentrico) dovrebbe essere fornito per una facile manipolazione oggetto.
 - Deve essere fornito un punto di vista (o punti di vista) esocentrico per il posizionamento relativo e il controllo del movimento relativo utente-oggetto.
 - Deve essere fornita un'accurata rappresentazione della posizione e dell'orientamento delle superfici degli oggetti così che gli utenti possono subito giudicare il movimento.
 - Deve essere evitato l'uso di dispositivi come mouse o joystick che ostacolano i movimenti di manipolazione di un oggetto.
 - Non bisogna incorporare i gradi di libertà che non sono necessari ad eseguire i task che rendono la manipolazione degli oggetti difficile.
 - Devono essere disponibili interrogazioni dell'interfaccia per determinare le azioni disponibili per gli oggetti.
 - Deve essere usato un basso ritardo (< 50 msec) dei dispositivi di input per i task di acquisizione di obiettivi 3D.
 - Chiarezza delle manipolazioni che si possono effettuare su un oggetto e del modo di eseguirle.
 - Disponibilità di tecniche multiple per la ricerca (per autore, anno, tema, ...) e la selezione di un oggetto (da ambiente virtuale, da lista, da mappa, ...).
 - Possibilità di scegliere il livello di dettaglio delle informazioni fornite riguardanti un oggetto.
-

3.2 Sistema Output Multimodale

La caratteristica principale della tecnologia VE è di essere in grado di presentare informazione agli utenti con input e output multipli, come linguaggio parlato, video, suono e anche interazione tattile. Gabbard & Hix sostengono che l'output di un sistema multimodale consiste di tutti i dispositivi, o componenti di presentazione, usati per presentare informazione agli utenti [1]. Le componenti di presentazione possono fornire un feedback essenziale che influenza i processi cognitivi degli utenti, la loro interazione con un VE e la conseguente usabilità di un sistema.

L'identificazione di linee guida di progetto riguardo a come presentare meglio agli utenti un'informazione multimodale può facilitare lo sviluppo di VE altamente usabili. Un principio da sottolineare per tali linee guida è che ogni tipo di informazione (visuale, acustica, tattile) presentata agli utenti dovrebbe essere subito comprensibile, non ambigua e necessaria per completare il task richiesto.

Poiché le applicazioni VE generalmente incorporano più di una modalità di feedback sensoriale, è opportuno analizzare l'usabilità delle singole modalità per vedere come queste influenzano i sensi umani. Quando più di una modalità viene presentata agli utenti, bisognerebbe considerare anche le questioni di integrazione.

Numerosi studi sui VE sono giunti alla seguente classificazione degli output:

- Display visuali
- Display acustici
- Output tattile

Nelle sottosezioni successive si discutono le dimensioni dell'usabilità VE associati con ognuna delle categorie di output di un sistema multimodale.

Output Visuale

Il canale visuale umano è considerato il sistema sensoriale più potente. I suggerimenti visivi possono essere estremamente utili per gli utenti dei computer. Perciò, l'interfaccia visuale può fornire agli utenti un'informazione saliente e dettagliata riguardante un ambiente virtuale. Ottimizzare l'uso delle capacità della vista umana per creare gli effetti desiderati, comunque, spesso costituisce una sfida insuperabile per i progettisti di sistema. Gli utenti sono particolarmente bravi a notare irregolarità anche minime in un display, come una distorsione o un ritardo nella presentazione delle immagini. Tali questioni di usabilità del sistema influenzano le prestazioni degli utenti e la loro percezione complessiva del sistema.

È possibile definire componente di una presentazione visuale di un VE ogni suggerimento visuale che abbia un effetto misurabile sull'esecuzione dei task utente, sui tassi di errore e

sull'apprendibilità [1]. Queste componenti includono considerazioni di supporto stereoscopico, risoluzione spaziale, campo visivo, frequenza di aggiornamento e refresh.

Le azioni degli utenti in un VE dovrebbero provocare risposte visuali appropriate che sono attese, familiari e riconosciute e interpretate naturalmente.

Queste questioni dovrebbero essere analizzate per assicurare che l'informazione visuale mostrata sul display sia comprensibile, intuitiva e necessaria per completare i task richiesti.

Tabella 5. Considerazioni di usabilità della modalità visuale

- Il display visuale deve essere ben integrato con le attività dei task utente.
 - L'output visuale deve avere un alto livello di refresh e un basso ritardo.
 - Il ritardo del display visuale deve essere non opprimente.
 - Le distorsioni non devono essere percepibili nelle immagini visuali.
 - Le tecniche di rappresentazione grafica devono supportare efficacemente la visualizzazione dettagliata senza ritardo.
 - La stereoscopia deve essere usata efficacemente nelle seguenti condizioni: quando si presenta informazione con viste egocentriche; quando suggerimenti monoculari sono ambigui; quando si presentano scene realistiche statiche; quando si presentano scene complesse, oggetti non familiari o ambigui; quando i task di manipolazione 3D richiedono movimenti balistici; quando i task utente sono fortemente spaziali (per esempio posizionamento preciso, ricerca visuale).
-

Output Acustico

Il canale acustico può essere usato efficacemente per rafforzare la modalità visuale. Il suono spesso gioca un grosso ruolo nella percezione nel mondo reale. I ricercatori hanno sviluppato sistemi acustici virtuali sofisticati che ricordano accuratamente le esperienze acustiche degli utenti nel mondo reale.

Le tecnologie del sistema output acustico forniscono feedback acustico agli utenti. Nei sistemi VE, il suono è usato come uno strumento output in due modi principali, localizzazione e sonificazione. La *localizzazione* si riferisce alla generazione di suono 3D, mentre la *sonificazione* si riferisce alla conversione di certi tipi di informazione in suoni. Il feedback acustico può includere sia suoni risultanti da azioni degli utenti sia suoni naturali e ambientali. Il suono può essere usato per migliorare la percezione e la prestazione di un utente in un VE incrementando la sua consapevolezza fisica e spaziale.

È necessaria una migliore comprensione di quali suoni dovrebbero essere presentati e di come dovrebbero essere generati per realizzare un'acustica più efficace. Sfortunatamente, devono essere ancora sviluppate delle linee guida che aiutino i progettisti nell'implementazione, in un VE, del tipo di comunicazione acustica più appropriato.

Recentemente, degli studi hanno cominciato ad identificare efficaci strategie per implementare feedback acustico nei VE. Una combinazione di informazione acustica e visuale può essere sia ridondante che complementare fornendo suono stereo come feedback acustico per differenti azioni dell'utente. Questo tipo di feedback può aumentare la prestazione umana perché eventi specifici possono essere localizzati acusticamente anche quando potrebbero essere nascosti visualmente.

Bisogna quindi individuare delle linee guida di usabilità generali che possano essere utilizzate per assicurare un display audio del sistema VE che fornisca agli utenti informazione appropriata per completare i task.

Tabella 6. Considerazioni di usabilità della modalità acustica

- Il display acustico deve essere ben integrato con le attività dei task utente.
 - Il ritardo del display acustico deve essere non opprimente.
 - I suoni real-time devono essere generati efficacemente per accentuare azioni utente o osservazioni.
 - L'informazione acustica deve essere usata efficacemente per migliorare la prestazione dei task utente.
-

Output Tattile

L' "output tattile" fornisce agli utenti di un ambiente virtuale il senso del tatto. Generalmente, sono forniti due tipi di feedback tattile:

- Cinestetico: informazione avvertita attraverso il movimento e/o la pressione su muscoli e articolazioni;
- Tattile: informazione avvertita attraverso i ricettori nervosi nella pelle.

Per fornire agli utenti un tatto appropriato, è necessario fornire un feedback tattile che consenta loro di sentire una resistenza quando toccano un oggetto.

Ci sono quattro modi principali in cui si può generare feedback tattile: ground-referenced (per esempio viene creato un collegamento fisico tra un utente e lo sfondo relativo ad un singolo punto di contatto); body-referenced (per esempio, ponendo un dispositivo su una

parte del corpo dell'utente); tactile (per esempio, un dispositivo oscillante o vibrante per stimolare il senso tattile dell'utente); dermal tactile (per esempio, stimolando le terminazioni nervose nei polpastrelli dell'utente).

Il dispositivo più comunemente usato è il guanto.

Tabella 7. Considerazioni di usabilità della modalità tattile

- Il display tattile deve essere ben integrato con le attività dei task utente.
 - Il ritardo del display tattile deve essere non opprimente.
 - Bisogna impiegare una risoluzione spaziale molto alta per non rendere difficoltoso l'utilizzo dei dispositivi tattili.
 - Gli utenti dovrebbero essere in grado di ispezionare un ambiente virtuale per mezzo del tatto e di identificare gli oggetti attraverso l'interazione fisica.
 - Per migliorare i task tattili, dovrebbero essere usati altri sensi e suggerimenti vibrazionali.
-

4. Valutazione dell'Usabilità dei VE

La rassegna delle caratteristiche di usabilità degli ambienti virtuali che abbiamo riportato nelle sezioni precedenti evidenzia il bisogno di verificare vari aspetti dell'usabilità. Di conseguenza le tecniche di valutazione tradizionali non sono sufficienti ed è necessario identificare, sulla base delle tecniche tradizionali, tecniche nuove, capaci di prendere in considerazione questi aspetti specifici.

Stanney et al hanno creato MAUVE (Multi-criteria Assessment of Usability for Virtual Environments) [3], un nuovo strumento di valutazione di usabilità che integra sia i criteri di usabilità dei sistemi tradizionali che le caratteristiche dei VE, in una misura composta che definisca l'usabilità dei VE. Il valutatore risponde a una serie di domande relative a ogni euristica di usabilità che gli viene proposta da MAUVE. Le risposte contribuiscono a determinare un punteggio per l'euristica, che dà una misura di come si comporta il sistema in ognuna di dieci categorie.

Oltre che il punteggio per ogni euristica, MAUVE presenta al valutatore le componenti del sistema che sono problematiche, se il punteggio è basso.

L'approccio utilizzato dai proponenti di MAUVE è simile al nostro approccio di ispezione dell'applicazione con uso di Abstract Tasks (ATs) [8, 9]. Gli ATs sono pattern di valutazione che indicano al valutatore gli aspetti dell'applicazione su cui deve focalizzare la sua analisi.

Tabella 8.

Dimensione	Principio Gen.	Criterio	Verifica del criterio
Navigazione (N)	Apprendibilità	Prevedibilità	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Correttezza della sincronizzazione di più componenti multimediali ▪ Deve essere facile per gli utenti muoversi e riposizionarsi nell'ambiente virtuale ▪ Gli utenti non devono sentirsi disorientati nell'ambiente virtuale ▪ Nell'ambiente devono essere presenti etichette o indicazioni spaziali appropriate
		Coerenza	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gli oggetti devono essere disposti all'interno del mondo virtuale coerentemente ad un criterio di ordinamento o raggruppamento ▪ Le componenti testuale, visuale, sonora relative ad oggetti che appartengono ad uno stesso contesto o criterio di raggruppamento devono essere associate agli oggetti stessi secondo regole precise ▪ Correttezza dell'interferenza tra componenti multimediali di un ambiente virtuale e Navigazione
	Efficienza	Completezza	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Disponibilità di qualche tool di orientamento che supporti la ricerca ▪ Il sistema deve fornire efficacemente il tipo appropriato di supporto alla navigazione utente ▪ Il sistema deve fornire efficacemente informazione per determinare "Dove mi trovo" ▪ I suggerimenti ambientali e i loro effetti (per esempio, temperatura, vento, pioggia) devono essere integrati e presentati efficacemente
		Flessibilità	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Possibilità di passare da una modalità di navigazione ad un'altra ▪ La navigazione da punto a punto non deve essere pesante e lenta ▪ L'informazione acustica deve essere usata efficacemente per fornire suggerimenti direzionali ▪ Deve essere inclusa una griglia navigazionale o una mappa per grandi ambienti. Le mappe implementate devono rispettare i principi di progetto per una mappa
Movimento Utente (MU)	Apprendibilità	Prevedibilità	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Il livello di controllo del movimento utente deve essere appropriato per il task ▪ La metafora del controllo utente si deve armonizzare efficacemente con i task dell'applicazione ▪ I gradi di libertà del movimento utente, che non sono necessari ad eseguire i task, non devono rendere il movimento utente difficile ▪ Per un movimento di locomozione naturale, deve essere utilizzata una metafora "walking in place"
		Coerenza	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Coerenza, nei vari ambienti virtuali, della disposizione e dell'aspetto dei mezzi di movimento
	Efficienza	Completezza	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Disponibilità di comandi di movimento evidenti che l'utente può impartire al sistema per potersi muovere all'interno del mondo virtuale ▪ Il controllo del movimento utente deve supportare efficacemente l'esecuzione di task seriali e sequenziali ▪ I gradi di libertà del movimento utente devono essere completi e separabili ▪ Il sistema deve usare efficacemente gradi di libertà multipli e completi (un maggiore guadagno per un movimento grossolano, un minore guadagno per un movimento più fine e gradi di libertà separabili per movimenti utente di precisione)
		Flessibilità	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Il sistema deve usare efficacemente gradi di libertà multipli e completi (un maggiore guadagno per un movimento grossolano, un minore guadagno per un movimento più fine e gradi di libertà separabili per movimenti utente di precisione) ▪ Una metafora "walking in place" non deve essere usata quando bisogna attraversare grandi distanze
Selezione e Manipolazione Oggetti (SMO)	Apprendibilità	Prevedibilità	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Chiarezza delle manipolazioni che si possono effettuare su un oggetto e del modo di eseguirle ▪ Deve essere facile selezionare, muovere e alterare gli attributi fondamentali degli oggetti (colore, forma, etichette) ▪ Non bisogna incorporare i gradi di libertà che non sono necessari ad eseguire i task che rendono la manipolazione degli oggetti difficile ▪ Devono essere disponibili interrogazioni dell'interfaccia per determinare le azioni disponibili per gli oggetti ▪ Disponibilità di meccanismi per individuare lo stato di un oggetto (selezionato, non selezionato, ...)
		Coerenza	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Deve essere fornita un'accurata rappresentazione della posizione e dell'orientamento delle superfici degli oggetti così che gli utenti possono subito giudicare il movimento
	Efficienza	Completezza	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Disponibilità di tecniche multiple per la ricerca (per autore, anno, tema, ...) e la selezione di un oggetto (da ambiente virtuale, da lista, da mappa, ...) ▪ Deve essere facile esaminare oggetti da prospettive multiple ▪ Un punto di vista spaziale rilevante (egocentrico, esocentrico) dovrebbe essere fornito per una facile manipolazione oggetto. ▪ Deve essere fornito un punto di vista (o punti di vista) esocentrico per il posizionamento relativo e il controllo del movimento relativo utente-oggetto
		Flessibilità	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Possibilità di scegliere il livello di dettaglio delle informazioni fornite riguardanti un oggetto ▪ La creazione di una query (input con comando o con linguaggio parlato) può essere usata per aiutare i metodi di selezione degli oggetti

Dimensione	Principio Gen.	Criterio	Verifica del criterio
Sistema Output Visuale (SOV)	Apprendibilità	Prevedibilità	<ul style="list-style-type: none"> Le distorsioni non devono essere percepibili nelle immagini visuali
		Coerenza	<ul style="list-style-type: none"> Il display visuale deve essere ben integrato con le attività dei task utente
	Efficienza	Completezza	<ul style="list-style-type: none"> L'output visuale deve avere un alto livello di refresh e un basso ritardo Il ritardo del display visuale deve essere non opprimente
		Flessibilità	<ul style="list-style-type: none"> Le tecniche di rappresentazione grafica devono supportare efficacemente la visualizzazione dettagliata senza ritardo La stereoscopia deve essere usata efficacemente nelle seguenti condizioni: quando si presenta informazione con viste egocentriche; quando suggerimenti monoculari sono ambigui; quando si presentano scene realistiche statiche; quando si presentano scene complesse, oggetti non familiari o ambigui; quando i task di manipolazione 3D richiedono movimenti balistici; quando i task utente sono fortemente spaziali
Sistema Output Acustico (SOA)	Apprendibilità	Prevedibilità	<ul style="list-style-type: none"> I suoni real-time devono essere generati efficacemente per accentuare azioni utente o osservazioni
		Coerenza	<ul style="list-style-type: none"> Il display acustico deve essere ben integrato con le attività dei task utente
	Efficienza	Completezza	<ul style="list-style-type: none"> Il ritardo del display acustico deve essere non opprimente
		Flessibilità	<ul style="list-style-type: none"> L'informazione acustica deve essere usata efficacemente per migliorare la prestazione dei task utente
Sistema Output Tattile (SOT)	Apprendibilità	Prevedibilità	<ul style="list-style-type: none"> Gli utenti dovrebbero essere in grado di ispezionare un ambiente virtuale per mezzo del tatto e di identificare gli oggetti attraverso l'interazione fisica Bisogna impiegare una risoluzione spaziale molto alta per non rendere difficoltoso l'utilizzo dei dispositivi tattili
		Coerenza	<ul style="list-style-type: none"> Il display tattile deve essere ben integrato con le attività dei task utente
	Efficienza	Completezza	<ul style="list-style-type: none"> Il ritardo del display tattile deve essere non opprimente
		Flessibilità	<ul style="list-style-type: none"> Per migliorare i task tattili, dovrebbero essere usati altri sensi e suggerimenti vibrazionali

Seguendo l'approccio utilizzato per la valutazione di ipermedia, stiamo sviluppando degli ATs specifici per i sistemi VE.

Per agevolare lo sviluppo di abstract task, siamo partiti dalle componenti specifiche dei VE evidenziate da Stanney, e cioè Navigazione, Movimento Utente, Selezione e Manipolazione di Oggetti, Sistema Output Visuale, Sistema Output Sonoro, Sistema Output Tattile. Per ognuna, abbiamo considerato due principi generali dell'usabilità, Apprendibilità ed Efficienza, ognuno specializzato nei criteri di Prevedibilità e Coerenza, Completezza e Flessibilità rispettivamente. Come riportato nella Tabella 8, per ogni criterio abbiamo identificato gli aspetti del sistema VE che devono essere valutati per verificare quel criterio. Stiamo quindi sviluppando gli ATs che guidino il valutatore in tali verifiche. Alcuni esempi di ATs sono riportati in appendice, dopo un glossario che illustra i principali termini usati nella specifica degli ATs.

5. Valutazione di usabilità dell'Interaction Locus

Gli ambienti virtuali usano varie modalità, ma deve essere valutato se l'integrazione di diversi media è veramente efficace per l'utente finale. Prendendo in esame gli ambienti virtuali

sviluppati dall'unità di Venezia, in particolare “Espressionismo Tedesco a Palazzo Grassi”, che fanno uso del “interaction locus” allo scopo di aiutare la navigazione e l'interazione dell'utente, è opportuno valutare in modo il più possibile formale e rigoroso il supporto che viene fornito dalla componente acustica.

A questo scopo abbiamo organizzato un studio che coinvolge un campione di utenti reali e che prevede un preliminare studio pilota, che è già stato effettuato, e un successivo esperimento controllato, attualmente in fase di progettazione.

5.1 Studio pilota

Lo scopo dell'esperimento pilota relativo al sistema a Realtà Virtuale sul web “Espressionismo Tedesco a Palazzo Grassi” è quello di osservare le azioni compiute dagli utenti in modo da poter ricavare una serie di task significativi da far effettuare poi agli utenti che costituiranno il campione degli esperimenti di valutazione successivi.

5.2 Progettazione dello studio pilota

Per effettuare l'esperimento pilota è stato adottato il metodo dell'osservazione degli utenti. In pratica, si osserva un utente alla volta mentre interagisce col sistema.

Sono stati realizzati due questionari da somministrare agli utenti selezionati. Il Questionario A, va somministrato prima che l'utente cominci a navigare nel sito; serve per ricavare un profilo dell'utente (conoscenza del computer, dei sistemi a realtà virtuale, interesse per l'arte, ecc.), in modo da potersi porre delle aspettative su quelle che saranno, probabilmente, le difficoltà incontrate. Il Questionario B va somministrato al termine della navigazione per raccogliere il grado di soddisfazione dell'utente.

Il lavoro è stato pianificato in base alle seguenti esigenze:

- Informazioni da reperire
- Come strutturare l'osservazione
- Partecipanti
- Dove svolgere la sperimentazione.

Informazioni da reperire

- Identificare i task svolti da utenti generici che visitano il museo virtuale in oggetto
- Valutare le caratteristiche che l'utente percepisce come importanti dopo aver interagito con il sistema

- Conoscere quale stile di navigazione tra i quattro disponibili (tour automatico, percorso predefinito, mappa cliccabile e visita libera) preferisce e perché. Tali informazioni sono necessarie per scegliere la modalità di navigazione migliore per svolgere i task assegnati
- Raccogliere giudizi dell'utente riguardo alla percezione del passaggio da un luogo di interazione (venue) ad un altro
- Conoscere l'opinione dell'utente riguardo al fatto se la musica lo possa aver aiutato a percepire la transizione di cui al punto precedente
- Raccogliere le impressioni che l'utente esprime riguardo al sistema in generale (realtà virtuale, ricostruzione tridimensionale dell'ambiente espositivo, interesse suscitato dai contenuti dell'esposizione). Ciò è utile per comprendere eventuali fattori esterni allo scopo dell'esperimento che potrebbero influenzare la valutazione.

Come strutturare l'osservazione

Il valutatore siede accanto all'utente e lo osserva interagire col sistema, senza intervenire se non su esplicita richiesta dell'utente e annotando su un taccuino le proprie impressioni.

Terminata la visita del museo, viene proposto un questionario: da domande di carattere generale si prosegue con domande più dettagliate.

Partecipanti

Essendo la sperimentazione rivolta a utenti generici, hanno partecipato persone con livelli di interesse verso la storia dell'arte diversi. Anche dal punto di vista della conoscenza del computer, gli utenti selezionati per l'esperimento pilota possono essere considerati generici.

Dove svolgere l'Esperimento Pilota

Grazie all'impiego di un computer notebook adatto all'uso di sistemi che utilizzano realtà virtuale (ampio display grafico e adeguata potenza di calcolo), nel quale era installata una versione "locale" del sistema, è stato possibile effettuare le varie sedute dell'esperimento pilota nei luoghi che erano più comodi (ma in ogni caso adatti allo svolgimento dell'esperimento stesso) per gli utenti.

Svolgimento dell'Esperimento Pilota

L'esperimento è consistito nell'osservazione dell'interazione di 5 utenti previa sessione introduttiva all'utilizzo di un sistema basato su realtà virtuale. Ai 5 utenti è stato chiesto di interagire con il sistema.

Risultati dello Studio Pilota

Relativamente alle informazioni che ci si era prefissi di reperire, sono stati osservati i risultati riportati di seguito.

Per quanto riguarda le diverse modalità di esplorazione, tutti gli utenti selezionati per l'esperimento pilota hanno trovato più gratificante quella svolta seguendo il percorso predefinito indicato usando le frecce. Invece, hanno trovato poco utile il tour guidato: lo avrebbero preferito un po' più lento e, soprattutto, con la possibilità di interromperlo per visualizzare le opere d'interesse e riprenderlo in seguito. Poco utile è sembrata anche la mappa cliccabile, probabilmente più adatta ad un utente che già conosce bene la topologia del museo e l'ubicazione quantomeno delle stanze se non addirittura delle singole opere. Infine, nessun utente ha trovato gratificante la visita libera, ritenendo troppo impegnativo muoversi attraverso gli ambienti a volte angusti (soprattutto per chi non ha dimestichezza con il mouse) della torre.

La maggior parte degli utenti ha anche espresso un giudizio positivo riguardo all'uso della musica per l'identificazione dei venue, suggerendo che l'impiego di brani musicali con differenze più marcate avrebbe avuto un effetto ancora maggiore (come d'altronde consigliato dalle linee guida per la creazione di earcon). Qualcun altro, invece, non ha saputo dire quanto è stato aiutato dalle earcon, perché faceva maggior affidamento sull'indicazione testuale fornita a lato della scena virtuale.

Riassumendo, i risultati dello studio più rilevanti sono stati i seguenti:

- Stile di navigazione preferito: percorso predefinito
- Obiezioni sollevate: tour guidato troppo veloce, scarsa possibilità di interazione, scarsa utilità della mappa cliccabile per utenti non esperti del particolare ambiente virtuale, impossibilità di passare da uno stile di navigazione ad un altro
- Gli utenti hanno apprezzato l'uso della musica.

5.3 Esperimento controllato

Sulla base dei risultati dello studio pilota e tenendo conto dell'obiettivo prefisso, viene ora presentato l'esperimento controllato che effettueremo per la validazione degli Interaction Loci.

Nel seguito vengono presentate:

- Versioni del sistema utilizzate
- Utenti coinvolti
- Training
- Esperimento.

Versioni del sistema utilizzate

Nell'esperimento si prevede di utilizzare due versioni del sistema a realtà virtuale "Espressionismo Tedesco a Palazzo Grassi": una è quella completa, disponibile sul web; l'altra, invece, è priva della componente sonora.

Utenti coinvolti

Saranno coinvolti due gruppi di 20 persone. Stiamo ancora valutando se è preferibile un disegno within-group o un between-group. Nel caso di within, i due gruppi saranno:

- Gruppo M-SM: prima lavora con il sistema con modalità sonora poi senza
- Gruppo SM-M: prima lavora con il sistema senza modalità sonora poi con.

Training

Questa fase è stata studiata per permettere agli utenti di prendere familiarità con gli ambienti espositivi e con la modalità di esplorazione "percorso predefinito".

Tutti gli utenti avranno la possibilità di effettuare 5' di navigazione libera, iniziando con il tour guidato, attraverso una versione del sistema che sarà per tutti con la musica o per tutti senza musica.

Esperimento

Gli utenti effettuano 4 task e rispondono alle domande poste, mentre lo sperimentatore, seduto accanto, li osserva. Inoltre, utilizzando un videoregistratore collegato ad un'uscita video e audio del computer, ad esperimento concluso sarà possibile osservare attentamente i movimenti degli utenti durante l'esecuzione dei task e cronometrare i tempi impiegati.

6. Il suono nelle interfacce utente

Allo scopo di definire meglio la natura dell'Interaction Locus, la cui principale novità è l'utilizzo della componente sonora, riportiamo in questa sezione un'analisi dell'uso del suono nei sistemi sviluppati negli ultimi anni.

Tra i primi studi sulle icone acustiche ci sono quelli di Gaver [10], che ha coniato il termine Auditory icon e la definisce una forma di suono non verbale, introdotta per creare collegamenti intuitivi con gli oggetti o le azioni che avvengono in un'interfaccia collegandoli a suoni naturali. Gaver identifica tre diversi tipi di icone acustiche: simboliche, metaforiche, nomic.

Le icone *simboliche* sono basate su convenzioni sociali. Esempio: applausi in segno di approvazione.

Le icone acustiche *metaforiche* usano la somiglianza per trasmettere significato. Esempio: il suono di una sirena per allarme.

Le icone acustiche *nomie* sono descrizioni dirette dell'informazione da trasmettere. Esempio: quando si elimina un file, il suono di un foglio di carta che viene accartocciato e gettato nel cestino.

Un'alternativa alle icone acustiche sono le *earcon*, suoni strutturati introdotti come alternative alle icone. Blattner et al. le definiscono: “*non-verbal audio messages that are used in the computer/user interface to provide information to the user about some computer object, operation or interaction*” [11]. In origine puramente astratte, non ricordavano suoni del mondo reale. Successivamente sono state utilizzate earcon che somigliavano a suoni reali. Si può allora dire che le earcon sono toni astratti, sintetizzati, costruiti da motivi usando ritmo, tonalità, timbro, intensità e registro.

Nel mondo musicale, una breve sequenza di toni è chiamata *motivo*. Nella costruzione di earcon, un motivo è usato come un blocco di costruzione per raggruppamenti più grandi. Il vantaggio di queste costruzioni è che i parametri musicali di ritmo, tonalità, timbro, intensità e registro possono essere manipolati facilmente. I motivi possono essere combinati, trasformati, per formare strutture più complesse.

Una earcon A può essere trasformata nella earcon B modificando la costruzione di A. Se A è una earcon formata da tre note in una sequenza di tonalità ascendente, si può creare una nuova earcon B modificando in A una o più note. Per esempio, tre note di tonalità ascendente potrebbero indicare “il computer è acceso”, mentre tre note di tonalità discendente potrebbero indicare “il computer viene spento”.

La componente acustica dell'interaction locus, così come sviluppata nei sistemi creati dall'unità di Venezia, utilizza earcon secondo la definizione di Blattner et al. Nell'applicazione “Espressionismo Tedesco a Palazzo Grassi” la componente acustica è

costituita da frammenti di brani musicali di compositori del periodo espressionista. Nell'applicazione "Maya", invece, si cerca di aiutare gli utenti a muoversi negli ambienti virtuali di "Chichen Itza" con una componente acustica implementata con loop sonori costituiti da suoni ambientali sintetizzati.

Appendice

Glossario VE

- **Ambiente virtuale:** insieme di tutte le scene virtuali che lo compongono (per esempio un museo virtuale è un ambiente virtuale; ogni sala del museo virtuale è una scena virtuale e l'insieme di tutte le sale è un ambiente virtuale)
- **Componenti multimediali di una scena virtuale:** sono rispettivamente le componenti di tipo visuale, sonora, testuale, eccetera.
- **Indicatore di posizione:** testo, immagine, suono, che permette all'utente di riconoscere senza ambiguità la particolare scena virtuale o la sua posizione nella scena o nell'ambiente virtuale)
- **Istruzione di utilizzo dei meccanismi di movimento:** testo, animazione, immagine, che permette all'utente di apprendere l'utilizzo di un particolare meccanismi di movimento
- **Meccanismi di movimento:** menu, link, tool, clic su pulsanti dell'interfaccia, trascinamento del mouse, comandi impartiti vocalmente o cinestheticamente (se supportati dal sistema a realtà virtuale utilizzato) che consentono all'utente di compiere movimenti nella scena virtuale e di spostarsi da una scena virtuale ad un'altra
- **Meccanismi di selezione:** clic sull'oggetto nella scena virtuale, scelta da una lista, individuazione e selezione su di una mappa
- **Meccanismi di supporto alla navigazione:** suggerimenti sensoriali e intermediari spaziali: indicazione testuale, visiva, sonora tattile, mappe, bussole, lista delle scene virtuali o dei punti di vista.
- **Oggetto:** oggetto di interesse che può essere selezionato e manipolato dall'utente per un'analisi più approfondita (ingrandito, ruotato, eccetera)
- **Punto di vista:** posizione all'interno di una scena virtuale da cui si può vedere una porzione della scena e da cui è possibile iniziare la navigazione all'interno della stessa. Solitamente, ha associato un nome che è possibile selezionare da una lista del menu del browser
- **Scena virtuale:** scena simulata, tridimensionale generata dal computer, che è creata in tempo reale secondo i bisogni dell'utente (per esempio una singola sala espositiva di un museo virtuale)
- **Strumenti di selezione e manipolazione di oggetti:** includono meccanismi per la selezione di oggetti e meccanismi per la manipolazione di oggetti
- **Tour guidato automatico:** modalità di navigazione che consente all'utente di attraversare le varie scene virtuali che costituiscono l'ambiente virtuale senza la necessità di impartire i comandi di movimento

Esempi di Abstract Tasks per VE

ATs per la Selezione e la Manipolazione di Oggetti (SMO)

SMO -1: “Disponibilità di meccanismi per la selezione di oggetti nell’ambiente virtuale”

Fuoco dell’azione: gli oggetti in un ambiente virtuale (per esempio un dipinto, un’opera d’arte, o qualsiasi altro oggetto di interesse nell’ambiente virtuale) e i meccanismi per la loro selezione.

Intento: valutare la *completezza* dei meccanismi per la selezione degli oggetti.

Descrizione dell’attività: per ogni oggetto collocato nell’ambiente virtuale:

- A. Selezionare l’oggetto utilizzando meccanismi multipli (per esempio cliccandoci sopra nella scena virtuale, scegliendolo da una lista, individuandolo e selezionandolo su di una mappa);

Output:

- A. Una lista e una breve descrizione dei meccanismi di selezione disponibili nell’ambiente virtuale;
- B. Specificare se:
 - I meccanismi disponibili funzionano correttamente;
 - I meccanismi disponibili sono appropriati;
- C. Oltre ai meccanismi disponibili, suggerirne eventualmente altri che possono rendere la selezione più efficace.

SMO -2: “Coerenza del comportamento dei meccanismi per la selezione di oggetti collocati nella stessa scena virtuale”

Fuoco dell’azione: gli oggetti collocati in una sola scena virtuale (per esempio dipinti, opere d’arte, o altri oggetti con cui è possibile interagire nella scena virtuale) e i meccanismi per la loro selezione.

Intento: valutare la *coerenza* dei meccanismi per la selezione degli oggetti collocati all’interno della stessa scena virtuale.

Descrizione dell'attività: per ogni singola scena virtuale, individuare un meccanismo di selezione di oggetti:

- A. Selezionare un oggetto presente nella scena virtuale servendosi del meccanismo di selezione scelto;
- B. Verificare che il meccanismo di selezione scelto funzioni correttamente;
- C. Individuare gli altri oggetti presenti nella stessa scena virtuale e selezionarli servendosi dello stesso meccanismo di selezione scelto per il primo oggetto.
- D. Ripetere dall'attività A usando, uno per volta, tutti gli altri meccanismi di selezione disponibili.

Output:

- A. Una dichiarazione che dice se:
 - Sono state individuate differenze nel modo di usare lo stesso meccanismo di selezione di oggetti su più oggetti distinti;
 - Sono state individuate differenze nella risposta del sistema anche se è stato usato lo stesso meccanismo di selezione su oggetti distinti.

SMO -3: “Coerenza del comportamento dei meccanismi per la selezione di oggetti collocati in scene virtuali distinte”

Fuoco dell'azione: più oggetti collocati in scene virtuali distinte (per esempio dipinti, opere d'arte, o altri oggetti con cui è possibile interagire nella scena virtuale) e i meccanismi per la loro selezione.

Intento: valutare la *coerenza* dei meccanismi per la selezione degli oggetti collocati in scene virtuali distinte.

Descrizione dell'attività: data una scena virtuale, individuare un meccanismo di selezione di oggetti:

- A. Selezionare un oggetto presente nella scena virtuale servendosi del meccanismo di selezione scelto;
- B. Verificare che il meccanismo di selezione scelto funzioni correttamente;
- C. Individuare gli altri oggetti collocato nelle altre scene virtuali e selezionarli servendosi dello stesso meccanismo di selezione scelto per l'oggetto precedente;
- D. Ripetere l'attività A usando, uno per volta, tutti gli altri meccanismi di selezione disponibili.

Output:

A. Una dichiarazione che dice se:

- Sono state individuate differenze nel modo di usare lo stesso meccanismo di selezione di oggetti su oggetti posti in scene virtuali distinte;
- Sono state individuate differenze nella risposta del sistema anche se è stato usato lo stesso meccanismo di selezione su oggetti posti in scene virtuali distinte.

Commento: AT simile al SMO -2, ma si focalizza su oggetti posti in scene virtuali diverse.

SMO -4: “Prevedibilità dei meccanismi per la manipolazione di oggetti nell’ambiente virtuale”

Fuoco dell’azione: gli oggetti in un ambiente virtuale (per esempio un dipinto, un’opera d’arte, o qualsiasi altro oggetto con cui è possibile interagire nell’ambiente virtuale) e i meccanismi per la loro manipolazione.

Intento: valutare la *prevedibilità* dei meccanismi per la manipolazione degli oggetti.

Descrizione dell’attività: dato un oggetto collocato nell’ambiente virtuale:

- A. Senza selezionare l’oggetto, prevedere quali sono le manipolazioni che è possibile effettuare sull’oggetto;
- B. Esplorare l’interfaccia alla ricerca dei meccanismi per la manipolazione;
- C. Eseguire le manipolazioni individuate;
- D. Verificare che non sia possibile eseguire ulteriori manipolazioni oltre a quelle individuate con i meccanismi.

Output:

- B. Una lista e una breve descrizione dei meccanismi per la manipolazione di oggetti nell’ambiente virtuale;
- A. Una lista e una breve descrizione delle manipolazioni che è possibile effettuare, ma che non sono prevedibili;
- B. Specificare se:
 - I meccanismi disponibili funzionano correttamente;
 - I meccanismi disponibili sono appropriati;
- C. Oltre ai meccanismi disponibili, suggerirne eventualmente altri che possono rendere la manipolazione più efficace.

ATs per il Movimento Utente (MU)

MU -1: “Disponibilità di meccanismi per il movimento dell’utente nell’ambiente virtuale”

Fuoco dell’azione: i meccanismi per il movimento dell’utente nell’ambiente virtuale.

Intento: valutare la *completezza* dei meccanismi per il movimento dell’utente.

Descrizione dell’attività: per ogni singola scena virtuale:

- A. Muoversi nella scena virtuale (per esempio: avanzare e indietreggiare di uno o più passi, volgersi a destra e a sinistra, guardare in basso e in alto, avvicinarsi e allontanarsi da un punto) utilizzando meccanismi per il movimento multipli (per esempio: trascinando il mouse tenendone premuto il tasto sinistro, cliccando su un link, scegliendo un nuovo punto di vista da una lista, cliccando su un pulsante dell’interfaccia, impartendo comandi vocali o cinestetici);
- B. Se la scena virtuale è comunicante con altre, spostarsi in ognuna delle scene comunicanti.

Output:

- A. Una lista e una breve descrizione dei meccanismi per il movimento disponibili;
- B. Specificare se:
 - I meccanismi disponibili funzionano correttamente;
 - I meccanismi disponibili sono appropriati;
- C. Oltre ai meccanismi per il movimento disponibili, suggerirne eventualmente altri che possono rendere il movimento più efficace;
- D. Eventualmente specificare se è possibile muoversi direttamente tra due scene virtuali comunicanti, fornendo una lista e una breve descrizione dei meccanismi per il movimento che permettono di farlo.

MU -2: “Coerenza dei meccanismi per il movimento dell’utente nell’ambiente virtuale”

Fuoco dell’azione: i meccanismi per il movimento dell’utente collocati in più scene virtuali dello stesso ambiente virtuale.

Intento: valutare la *coerenza* dei meccanismi per il movimento dell’utente.

Descrizione dell'attività: per ogni singola scena virtuale, individuare un meccanismo per il movimento dell'utente:

- A. Compiere dei movimenti nella scienza virtuale (avanzare e indietreggiare di uno o più passi, volgersi a destra e a sinistra, guardare in basso e in alto, avvicinarsi e allontanarsi da un punto);
- B. Verificare che il meccanismo per il movimento dell'utente scelto funzioni correttamente;
- C. Ripetere l'attività A usando, uno per volta, tutti gli altri meccanismi per il movimento dell'utente disponibili.

Output:

- A. Una dichiarazione che dice se:
 - Sono state individuate differenze nel modo di usare, in scene virtuali distinte, lo stesso meccanismo per il movimento dell'utente;
 - Sono state individuate differenze nella risposta del sistema anche se è stato usato, in scene virtuali distinte, lo stesso meccanismo per il movimento dell'utente.
- B. Sono state individuate differenze nella disposizione, nelle scene, dei meccanismi per il movimento dell'utente.

ATs per la Navigazione (N)

N -1: “Disponibilità di meccanismi di supporto all'orientamento e alla navigazione nell'ambiente virtuale”

Fuoco dell'azione: i meccanismi per la ricerca di una scena virtuale o di un punto di vista nell'ambiente virtuale.

Intento: valutare la *completezza* e la *prevedibilità* dei meccanismi di supporto all'orientamento e alla navigazione.

Descrizione dell'attività: dato un ambiente virtuale:

- A. Posizionarsi all'inizio dell'ambiente virtuale (nella prima scena virtuale, nel primo punto di vista o all'inizio dell'applicazione virtuale) e verificare se da questa posizione è possibile cercare un'altra scena o un altro punto di vista;
- B. Posizionarsi in un'altra scena virtuale e verificare se da questa posizione è possibile cercare un'altra scena o un altro punto di vista.

Output:

- A. Una lista e una breve descrizione dei meccanismi per la ricerca di una scena o di un punto di vista nell'ambiente virtuale;
- B. Specificare se:
 - I meccanismi disponibili funzionano correttamente;
 - I meccanismi disponibili sono appropriati;
 - Se dall'inizio dell'ambiente virtuale è possibile cercare tutte le scene virtuali o punti di vista presenti al suo interno;
 - Se da una scena virtuale interna all'ambiente è possibile cercare l'inizio e la fine dell'ambiente virtuale e le altre scene interne;
- C. Oltre ai meccanismi per la ricerca disponibili, suggerirne eventualmente altri che possono rendere la ricerca più efficace.

Bibliografia

[1]	Gabbard, J. L., & Hix, D. (1997). A taxonomy of usability characteristics in virtual environments. http://csgrad.cs.vt.edu/~jgabbard/ve/taxonomy/ (July 31, 2000).
[2]	Chen, J. L., & Stanney, K. M. (1999). A theoretical model of wayfinding in virtual environments: Proposed strategies for navigational aiding. <i>Presence: Teleoperators and Virtual Environments</i> , 8(6), 671-685.
[3]	Stanney, Kay M., Mollaghasemi, M. (2001). Development of MAUVE, the Multi-criteria Assessment of Usability for Virtual Environments System. Final Report Deliverable to the Naval Air Warfare Center Training, Systems Division.
[4]	Bordegoni, M. (1993). Gesture interaction in a 3D user interface. European Research Consortium for Informatics and Mathematics. Technical report, number ERCIM-93-RO19.
[5]	Gabbard, J. L., Hix, D., & Swan, E. (1997). User-centered design and evaluation of virtual environments. <i>IEEE Computer Graphics and Applications</i> , 19(6), 51–59.
[6]	Bowman, D., Kruijff, E., La Viola, J., & Poupyrev, I. (2000). The Art and Science of 3D Interaction. Tutorial notes from the IEEE International Virtual Reality 2000 conference. New Brunswick, NJ, March 18–22.
[7]	Darken, R. P., & Sibert, J. L. (1993). A toolset for navigation in virtual environments. <i>Proceedings of ACM User Interface Software and Technology</i> , 157–165.
[8]	M.F. Costabile, M. Matera, "Guidelines for Hypermedia Usability Inspection", <i>IEEE Multimedia</i> , Vol 8, N. 1, 66-69.
[9]	Matera, M., Costabile, M.F., Garzotto, F., and Paolini, P, SUE Inspection: an Effective Method for Systematic Usability Evaluation of Hypermedia, <i>IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics- Part A</i> , in print.
[10]	Gaver, W. (1986). Auditory Icons – using sound in computer interfaces. <i>Human Computer Interaction</i> , 2(2), 197–177.
[11]	Blattner, Meera, Papp, A. (1993). Virtual Sound for Virtual Reality.