

MIRAGE – sistema Mobile Interattivo in Realtà Aumentata per dati Gis ambiEntali

Martin Witzel, Giuseppe Conti, Raffaele de Amicis

Graphitech, Via Alla Cascata, 56/C, 38100 Povo – Trento, Italy

Tel.: +39 0461 883394, Fax. : +39 0461 883398

martin.witzel@graphitech.it ; giuseppe.conti@graphitech.it ; raffaele.de.amicis@graphitech.it

English Abstract

In this work we will present a distributed hybrid augmented and virtual reality system which allows to access geo data stemming from a Web Feature Service (WFS). Operators are enabled to review territorial data on-site in Augmented Reality (AR) by using a TabletPC as interaction and display device using multimodal interaction techniques.

Problematica

Gli ultimi anni hanno visto la nascita di numerose applicazioni 3D GIS in grado di garantire l'accesso interattivo a basi dati geografiche all'interno di ambienti virtuali. Tale tendenza ha raggiunto il climax in applicazioni di grande successo destinate al grande pubblico, quali Google Earth, NASA WorldWind ecc. Tuttavia tali strumenti sono pensati come soluzioni desktop, implementano un approccio client-server basato sulla comunicazione prevalentemente unidirezionale verso i geobrowser, e non consentono la condivisione dei dati tra più operatori.

Stato dell'Arte

Il letteratura (MacEachren et al., 2004) vi sono diversi esempi di sistemi di visualizzazione collaborativi per la condivisione di dati a supporto del processo decisionale. Come sottolineato da (Hetzler, Turner, 2004), molti sistemi analitici visuali sono dato-centrici, si focalizzano su tipi specifici di dati e forniscono ambienti separati per l'analisi dei diversi tipi di dati. Tuttavia, come illustrato da (Cai et al., 2005), la capacità delle applicazioni di fornire all'operatore risposte in tempo reale è un elemento critico in contesti che richiedono l'accesso ad informazioni geospaziali in scenari di pronto intervento ovvero durante situazioni di crisi. Il lavoro illustrato in (Card et al., 1999) dimostra che la visualizzazione di per se non rappresenta un vero strumento di presentazione, sebbene essa svolga un ruolo primario nell'interfacciamento tra l'uomo ed il calcolatore (in inglese HCI – *Human Computer Interface*) amplificando le capacità cognitive dell'operatore. A tale proposito (Beehree et al., 2003) sottolineano come sia fondamentale, per l'utente immerso in un ambiente virtuale distribuito, che egli possa sperimentare un ambiente realistico. Ciò nonostante nelle applicazioni usate sino ad oggi per la cooperazione tra gli operatori *in situ* ed il personale di coordinazione, a causa dei limiti tecnologici delle comuni schede grafiche 3D per dispositivi portatili, veniva utilizzato un approccio basato sull'utilizzo di mappe 2D. Il lavoro di (Shumilov et al., 2002) ha introdotto un'infrastruttura aperta, in contrasto alle applicazioni GIS monolitiche tradizionali, per l'elaborazione dei modelli spazio-temporali complessi di grandi dimensioni in cui sono stati integrati, in una unica struttura distribuita, basi dati eterogenee e strumenti per la loro modifica e accesso. Tuttavia le *query* complesse vengono composte attraverso un metodo basato sul interfacce a dialogo, non permettendo che l'utente sia completamente immerso nel contesto GIS, ed

il sistema consente soltanto interazioni in 2D. Analogamente, il lavoro di (Boelli et al., 2004) ha fornito un'integrazione di diverse applicazioni GIS eterogenee in una struttura distribuita *device-aware* collaborativa a supporto del processo decisionale in condizioni di crisi. Anche in questo caso le tecniche di interazione e di rappresentazione visiva sono limitate soltanto al 2D.

Nel campo delle interfacce multimodali, ovvero in grado di consentire l'utilizzo contemporaneo di più modalità (gesti, voce ecc.) vi sono esempi di applicazioni (McGee, Cohen, 2001) utilizzati per la gestione di informazioni geospaziali. Tuttavia tali applicazioni hanno svolto soltanto un ruolo secondario nel campo delle applicazioni cooperative ed il loro uso, a supporto di elaborazioni analitiche, è stato limitato. (Kersting, Doellner, 2002) hanno sviluppato una tecnica per mappare dati vettoriali 2D direttamente su geometrie geo-riferite preservando la semantica dei dati di origine tuttavia, il sistema presentato, manca di tecniche di interazione specificamente progettate per modificare con i dati gestiti dal sistema. Infine (Rauschert et al., 2002) hanno sviluppato un prototipo, DAVE-G, in cui sono state definite nuove tecniche di interazione specificamente indirizzate al contesto GIS, in grado di sostituire la tastiera ed il mouse tradizionali con i gesti a mano libera (in inglese *free-hand gestures*) uniti al riconoscimento del linguaggio naturale.

Metodologia

Il lavoro presentato affronta tali problematiche attraverso l'implementazione di una piattaforma software in grado di garantire l'interazione con dati geografici direttamente *in situ* per mezzo di tecnologie di Realtà Aumentata. MIRAGE è in grado di visualizzare, sullo schermo di un TabletPC collegato ad un sistema di localizzazione, la sovrapposizione in tempo reale delle immagini catturate da una telecamera provenienti dalla scena "reale" con le informazioni "virtuali" residenti su geo-database o provenienti da sensori e che sono rese accessibili all'operatore *in situ* attraverso una connessione *wireless*. La natura dell'applicazione ha reso necessario lo sviluppo di una interfaccia multimodale appositamente studiata per consentire l'interazione tra l'utente *in situ* ed il software nel modo più naturale possibile. La metodologia sviluppata infatti si caratterizza per l'elevata usabilità basata sullo sviluppo di un'interfaccia multimodale in grado di consentire un efficace dialogo tra il sistema GIS 3D e l'operatore, tramite il supporto contemporaneo di comandi vocali e gestuali, in grado di garantire l'elevata usabilità ed accessibilità dei dati geografici. Inoltre la piattaforma è stata concepita in modo da consentire una reale collaborazione tra diversi operatori, *in situ* e non, che possono condividere la stessa sessione virtuale per comunicare, scambiarsi informazioni, commentare ed annotare in tempo reale i dati geografici con cui interagiscono.

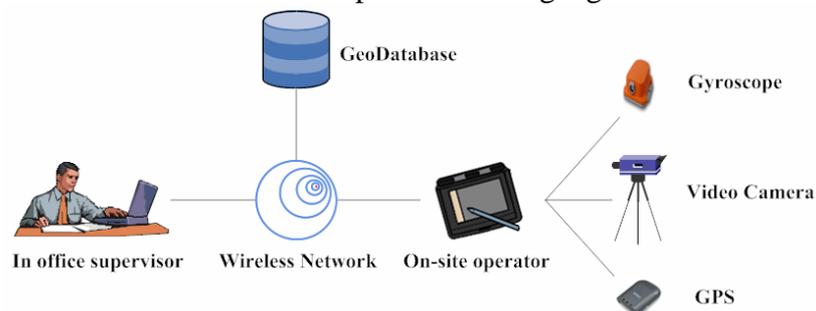


Figura 1: La configurazione hardware di MIRAGE

System Architecture and Hardware Setup

La Figura 1 mostra come l'architettura generale di MIRAGE sia distribuita su più *client* che possono essere sia *in situ* che collegati in remoto da una stazione fissa, e da server raggiungibili via Web Feature Service (WFS) tramite cui accedere alle basi dati PostGIS dove sono memorizzate le *feature* relative ad elementi ambientali (foreste, strade ecc). Per quanto riguarda la configurazione del client *in situ* ciascun componente *hardware* è collegato attraverso una connessione wireless mentre l'accesso al Geo-DB PostGIS è realizzato via WFS. La posizione dell'utente *in situ* (vedi Figura 3), registrata dal sistema GPS, viene trasmessa al TabletPC mentre una telecamera, la cui

inclinazione è misurata attraverso il sensore XSens Motion Tracker, cattura le immagini dell'ambiente circostante in tempo reale.



Figura 2: l'HMD utilizzato per la fase di test di MIRAGE



Figura 3: un'immagine della configurazione finale adottata

La scelta di adottare un TabletPC è stata preferita all'alternativa basata sull'adozione di un *Head Mounted Display* (HMD – vedi Figura 2) in quanto è stato verificato che l'utilizzo di un TabletPC consente all'utente di interagire con il sistema secondo la ben nota metafora, attraverso l'utilizzo della penna direttamente sullo schermo del TabletPC. Inoltre il sistema supporta l'interazione multimodale attraverso l'utilizzo dei simboli disegnati tramite la penna, della voce e dei tradizionali elementi dell'interfaccia grafica (in inglese GUI – *Graphical User Interface*).

L'errore necessariamente introdotto dall'utilizzo di un sistema di posizionamento GPS rende opportuno effettuare un processo di calibrazione in cui l'utente, all'inizio della sessione, allinea in maniera esatta l'immagine reale e l'immagine virtuale del terreno circostante. Ciò è realizzato attraverso un processo che permette di configurare con precisione la telecamera virtuale che controlla il punto di vista dell'utente nell'ambiente virtuale. Non appena terminata la fase di calibrazione, tipicamente da pochi secondi a qualche minuto, il sistema mantiene sincronizzato il contenuto virtuale dell'ambiente GIS 3D sovrapposto alla scena reale. Il processo è effettuato in tempo reale pertanto è possibile ruotare la telecamera a piacimento ed avere sempre i dati virtuali in sincronia con il mondo reale (vedi Figure 4 e 5).

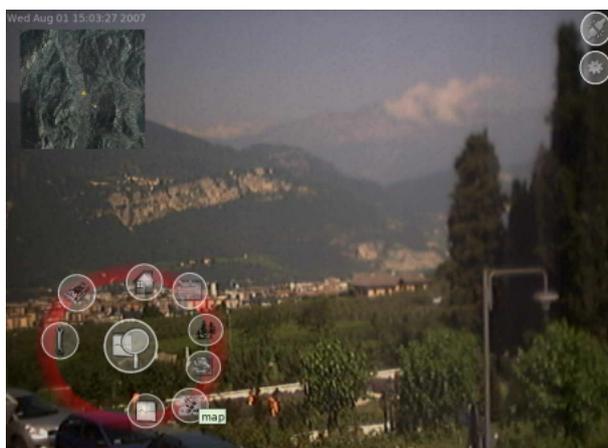


Figura 4: il video catturato all'interno del sistema - si noti la presenza della GUI

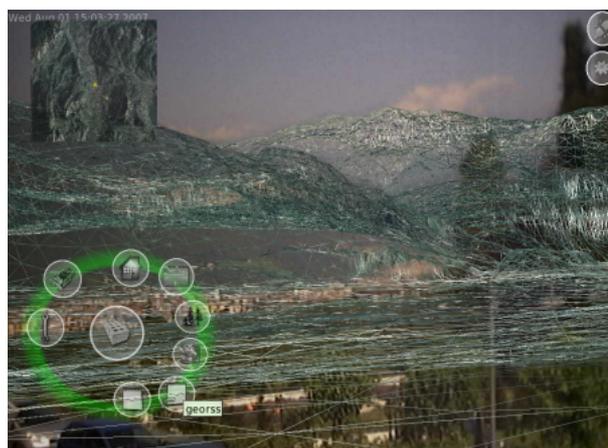


Figura 5: il processo di calibrazione con la sovrapposizione del contenuto in AR

Sovrapposizione della Scena Virtuale e Reale

A differenza della maggior parte delle applicazioni per *Augmented Reality* da esterni, MIRAGE non utilizza un sistema di tracciamento (in inglese *tracking*) basato sul riconoscimento di elementi caratteristici della scena circostante (Santos et al., 2007) per allineare il modello virtuale alla scena reale, in quanto ciò limiterebbe la precisione del sistema in maniera inaccettabile. Infatti, le risorse computazionali richieste dal processo di acquisizione dell'immagine, dal successivo processamento e dal processo di *tracking* sarebbero insostenibili in uno scenario "mobile". Inoltre l'approccio

basato sul riconoscimento visuale di elementi caratteristici della scena circostante risulta inadatto in scenari, come quello preso in considerazione, caratterizzati da complesse caratteristiche morfologiche. In secondo luogo, la tipica distanza di osservazione di MIRAGE, concepita per un uso esterno, è di gran lunga superiore -sovente nell'ordine dei chilometri- rispetto alle applicazioni di realtà aumentata tradizionali -usualmente nell'ordine dei metri. Infine, non è necessario avere all'interno del campo visivo della telecamera le parti dell'immagine che contengono i punti le cui caratteristiche morfologiche sono utilizzate dal sistema di tracciamento per il riconoscimento della posizione dell'utente.

Interazione Multimodale

Una delle caratteristiche principali del sistema è la completa personalizzazione della GUI e del dialogo multimodale di interazione attraverso una rappresentazione a grafo bidirezionale delle interazioni (Vedi Figura 6) editabile graficamente attraverso un apposito configuratore che consente di specificare sia le parole chiavi di dominio (rappresentati dai nodi) che le interazioni (rappresentati dagli archi). Gli attributi contenuti sugli archi del grafo, che fanno riferimento ad ogni modalità supportata, specificano come il processo di interazione procede attraverso i diversi nodi. Tali attributi definiscono ad esempio gesti come *gesture*="cerchio, rettangolo", input vocali come *speech*="carica foresta, navigazione" e l'utilizzo di menu ad anello gerarchici utilizzati per la GUI (Conti et al., 2006). E' possibile inoltre combinare modalità come nell'esempio che segue:

create(voice) - georss(dialog) - pick(tap, gesture)
 or
query(dialog) - map(voice) - forest roads(dialog) - pick(rectangle, gesture)

L'utilizzo di un approccio basato su un grafo permette di sostituire i complessi file di configurazione solitamente utilizzati per definire il processo di interazione dell'applicazione, ciò consente all'utente di personalizzare il dialogo uomo-macchina in funzione delle sue esigenze.

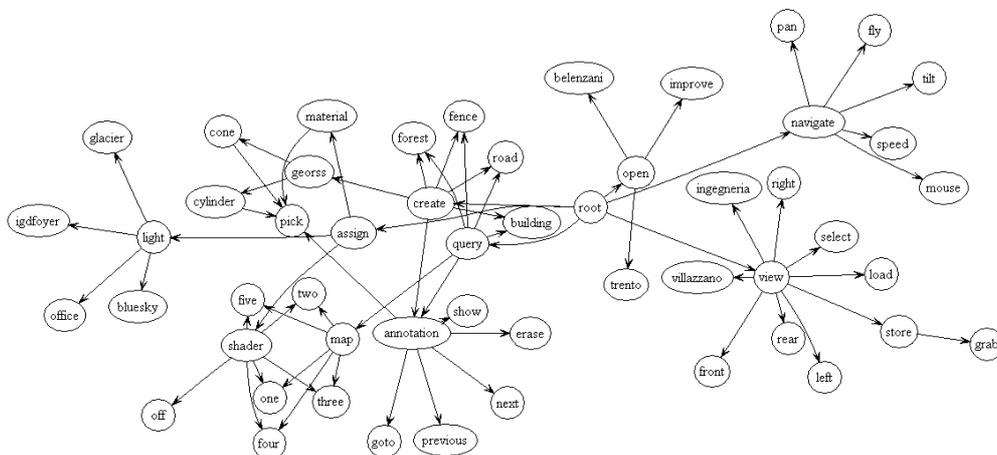


Figura 6: un esempio di grafo di interazione

Accesso ed Integrazione dei Dati

Come visto una delle peculiarità principali del sistema l'elevata configurabilità che, grazie all'approccio appena descritto, risulta adattabile ad ogni sessione collaborativa GIS in quanto i diversi tipi di *feature* sono definiti all'interno del sistema come nodi, consentendo all'utente di effettuare *query* tramite una delle modalità supportate. Ad esempio la Figura 7 illustra una scena in realtà aumentata dove l'utente ha effettuato una *query* WFS ed i dati ricevuti, vengono rappresentati in 3D come bosco. Va comunque notato che la visualizzazione 3D rimane facoltativa in quanto le *feature* possono anche essere drappeggiate sotto forma di poligoni sul terreno reale. L'integrazione dei dati non si limita puramente al supporto del protocollo WFS infatti, come mostrato in figura 7

tutto il modello 3D, nell'esempio un in figura un edificio, può essere disposto nella scena reale ed essere esaminato interattivamente all'interno del contesto reale in Realtà Aumentata.

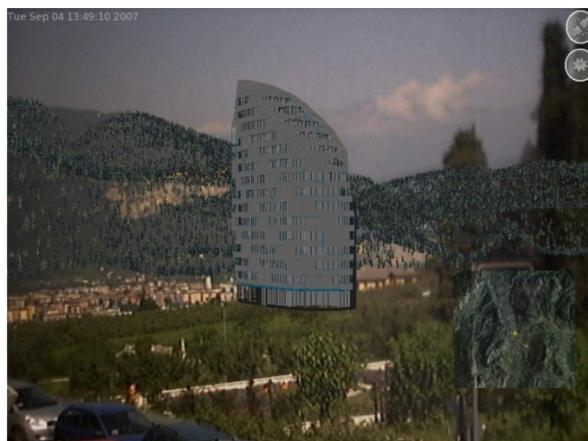


Figura 7: Una scena catturata dal sistema che illustra la città di Trento in AR con feature 3D.

Ambiente GIS Ibrido Virtuale ed Aumentato

Le esigenze relative ad un applicazione GIS da esterni rendono necessario gestire dati relativi a superfici molto vaste pertanto, collegare la posizione dell'operatore in sito alla sua posizione così come determinata dal sistema GPS, risulterebbe fortemente limitante poiché l'operatore potrebbe volere esaminare aree del terreno senza necessariamente muoversi fisicamente sino alla posizione di interesse. Per questo motivo MIRAGE consente che l'utente temporaneamente lasci la modalità AR passando ad una rappresentazione puramente virtuale (VR) nella quale egli può utilizzare le tradizionali metafore di interazione per la navigazione all'interno dell'ambiente 3D.



Figura 8: Vista su Trento in Realtà Aumentata.

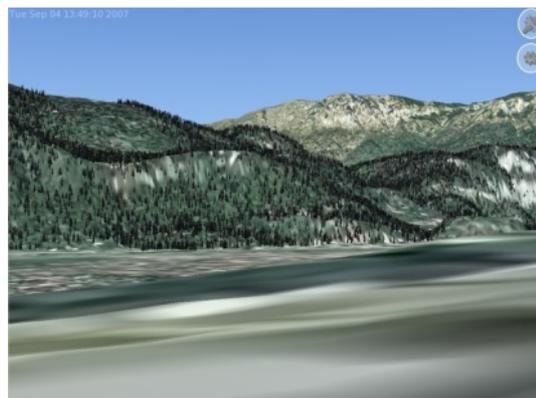


Figura 9: Vista su Trento in Realtà Virtuale.

Collaborazione

MIRAGE inoltre è un sistema intrinsecamente collaborativo e consente la condivisione della sessione virtuale da parte di più operatori contemporaneamente. I dati vengono condivisi tra vari utenti tramite la trasmissione in rete di messaggi XML per mezzo di un approccio basato sulla sottoscrizione di ciascun utente ad un tema specifico. In pratica ciascun operatore può decidere di ricevere i messaggi relativi a specifici dati come ad esempio la posizione degli operatori *in situ*, le *query* WFS effettuate dai diversi utenti etc. Nello scenario previsto mentre l'utente *in situ* esplora la scena in Realtà Aumentata, un soprintendente segue le operazioni tramite il collegamento di rete tramite una sessione di MIRAGE in realtà virtuale (vedi figura 7, figura 8). Il sistema consente di mantenere una sincronizzazione tra il punto di vista dell'applicativo *client* in AR di uno degli operatori *in situ* e l'operatore fisso. Inoltre MIRAGE offre la possibilità di creare annotazioni georiferite, a supporto della collaborazione, condivise tra operatori all'interno della sessione virtuale.

Risultati

Il risultato del progetto è lo sviluppo di un prototipo software per dati GIS in grado di garantire l'accesso ai dati geografici via rete in maniera collaborativa tramite tecnologie di Realtà Aumentata, per scenari che richiedono un accesso congiunto di più operatori *in situ* e non, ad esempio per operazioni di verifica e di manutenzione infrastrutturale. L'operatore è in grado di accedere ai dati territoriali attraverso un TabletPC dotato di telecamera, collegato ad un sistema di localizzazione, che permette la sovrapposizione in tempo reale dei dati GIS sull'immagine del mondo reale. I dati geografici possono sia essere sia mostrati come vettori, che rappresentati in 3D in funzione della semantica, generando così un ambiente virtuale composto di edifici, vegetazione ed infrastrutture sovrapposto all'ambiente reale.

Sviluppi Futuri

Al momento, il sistema non consente ancora di selezionare un area specifica per la creazione di *query* WFS e ciò sarà realizzato consentendo all'utente di definire, attraverso la penna, direttamente sul terreno le zone di interesse su cui effettuare la *query*. Inoltre la tipologia di *feature* soggetta a *query* richiede a priori la definizione dei tipi di nodo mentre, auspicabilmente, dovrebbe essere supportato un approccio più flessibile che generi i nodi del grafo corrispondenti alle *feature* presenti nel Geo-DB in funzione di una invocazione al servizio corrispondente. Inoltre è in corso di sviluppo il supporto per la sovrapposizione di dati provenienti da un Web Map Service sul terreno reale e per la combinazione, secondo strati diversi, dei risultati delle *query* effettuate dall'operatore.

Ringraziamenti

Parte del lavoro descritto è stato finanziato dal progetto EU - IMPROVE IST-2003-004785 e dall'accordo quadro con la Provincia Autonoma di Trento.

Bibliografia

- Beeharee et al. (2003), "Visual attention based information culling for distributed virtual environments", *In Proc. of ACM symposium on Virtual reality software and Technology*, 213–222
- Bolelli et al., (2004), "Multimodal interaction for distributed collaboration", *In ICMI '04: Proc. of the 6th international conference on Multimodal interfaces*, 327–328
- Cai et al. (2005), "Enabling geo-collaborative crisis management through advanced geo-information technologies", *Proc. of the 2005 national conf. on Digital government research*, 227–228
- Card et al., (1999), *Information visualization*, 1–34, 57–61
- Conti et al. (2006), "ICAM - Interface for Collaborative Asynchronous design review on Mobile device", *Proc. of Topics in Automatic 3D Modelling and Processing workshop*
- Hetzler E. G., Turner A. (2004), "Analysis experiences using information Visualization", *IEEE Computer Graphics and Applications*, 24(5), 22–26
- Kersting O., Doellner J. (2002), "Interactive 3d visualization of vector data in GIS", *In Proc. of the 10th ACM international symposium on Advances in geographic information systems*, 107–112
- MacEachren et al. (2004), "Geo-visualization for knowledge construction and decision support", *IEEE Computer Graphics and Applications* 24(1), 13–17
- McGee D. R., Cohen P. R. (2001), "Creating tangible interfaces by augmenting physical objects with multimodal language", *International Conference on Intelligent User Interfaces*, 113–119
- Rauschert et al. (2002), "Designing a human-centered, multimodal GIS interface to support emergency management", *In Proc. of the 10th ACM international symposium on Advances in geographic information systems*, 119–124
- Shumilov et al. (2002), "Management and visualization of large, complex and time-dependent 3D objects in distributed GIS", *In Proc. of the 10th ACM international symposium on Advances in geographic information systems*, 113–118
- Santos et al. (2007), "IMPROVE: Designing Effective Interaction for Virtual and Mixed Reality Environments", *In Proc. of HCI 2007 International*, 689-699