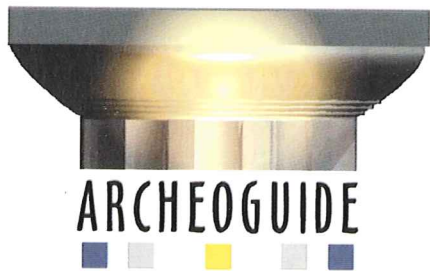


## Archeoguide: Un sistema di fruizione per siti storici basato sulla "Augmented Reality"



*Il progetto ARCHEOGUIDE nasce dal contributo di diverse tecnologie, tra cui la geomatica. Infatti simulare un contesto di "virtualità aumentata", ovvero di una virtualità aumentata appunto dalla realtà dimensionale dello spazio reale, pone innanzitutto un problema relazione tra la sintesi numerica del mondo dimensionale e la sua rappresentazione numerico-digitale in linea di massima virtuale.*

*Certo le tecnologie e le metodologie di un progetto così complesso, scomodano fino in fondo gli elementi della visione artificiale, così come i problemi più avanzati delle comunicazioni wireless e della computer grafica, piuttosto che le tecnologie del posizionamento dinamico 3D; mentre la geomatica interviene come metodologia di acquisizione dei dati reali del sito, ovvero del modello digitale 3D, all'interno del quale il cyber-visitatore si muoverà avendo una visione prospettica simulata.*

*Un progetto che vede un alto complesso di interazioni, tra componenti tecnologiche e soluzioni operative, dove nelle diverse fasi del processo ritroviamo una ad una le necessità di sempre, ovvero l'esatta conoscenza e rappresentazione della realtà (geometrica e dimensionale), scopo ultimo delle scienze geomatiche.*

ARCHEOGUIDE (Augmented Reality based Cultural Heritage On-site GUIDE) è un sistema basato sulla *Augmented Reality* che darà la possibilità di osservare i monumenti nei siti archeologici con una sovrapposizione della ricostruzione degli stessi.

Il sistema potrà essere usato come una guida personalizzata in grado di fornire informazioni multimediali ai visitatori adattandosi alle loro caratteristiche e adeguando la visione alla loro posizione rispetto ai monumenti.

Tale sistema si avvale della fusione di tecniche sperimentate in diversi campi, utilizzando un sistema ibrido di orientamento e di posizionamento per generare rappresentazioni virtuali sovrapposte alla realtà, con sistemi avanzati di rendering su modelli 3D tramite VRML, mentre il collegamento della periferica verrà realizzato tramite tecniche avanzate di wireless Lan.

Il progetto, in corso di realizzazione, è frutto della sinergia di un consorzio di organizzazioni e aziende Europee, tra cui la Intracom S.A. (Grecia), il Fraunhofer Institute of Computer Graphics (IGD) (Germania), il Computer Graphics Center (ZGDV) (Germania), il Centro de Computação Gráfica (CCG) (Portogallo), l'A&C 2000 (Italia), la Post Reality (Grecia) e il Ministero della Cultura (Grecia) ed usufruisce di un finanziamento nel programma quadro EU IST (IST-1999-11306).

L'antica Olimpia, in Grecia, sarà il primo sito archeologico dove si sperimenterà il sistema che si prevede sia funzionante in occasioni delle prossime Olimpiadi di Atene, nel 2004.

### Il sistema di fruizione multi-utente

I visitatori, all'arrivo sul luogo, saranno dotati di un'unità mobile (MU, *Mobile Unit*) cioè un *wearable computer* (computer indossabile) che include un *see-through Head Mounted Display* (un sistema di vi-

sione e posizionamento da indossare come un paio di occhiali), una videocamera, un auricolare e un calcolatore molto leggero, ma con notevoli capacità di memoria, dotato di connettività *wireless* al server del sistema.

Il visitatore potrà fornire un profilo utente relativo ai suoi interessi e alle sue conoscenze, e facoltativamente sceglierà un percorso da seguire tra quelli predefiniti.

Il sistema lo guiderà attraverso il luogo, fungendo da sussidio personale intelligente, fornendo in tempo reale le informazioni audiovisive relative alla posizione del momento, filtrate in funzione del profilo personale impostato. Ogni volta che sarà possibile e appropriato, il sistema visualizzerà tramite rendering le immagini dei modelli 3D dei monumenti ricostruiti e li visualizzerà nell'HMD dell'utente.

La corretta registrazione degli oggetti e la gestione delle possibili occlusioni richiede dei particolari sistemi di inseguimento, orientamento e posizionamento del punto di vista dell'osservatore e un modello digitale dettagliato del luogo (il Digital Elevation Model è ottenuto mediante aerofotogrammetria restituita in automazione digitale).

Utilizzando una sorta di comportamento adeguabile e intelligente del sistema, il percorso del visitatore potrà essere adattato per soddisfare il più possibile i suoi interessi. Lo stesso sistema potrà essere utilizzato dagli studiosi del settore per visualizzare e analizzare sul posto i monumenti, osservandone la struttura, le anastilosi e le ricostruzioni ipotizzabili in base alle varie interpretazioni, accedendo contemporaneamente a data base specializzati secondo standard internazionali e multilingua.

### L'architettura del sistema

L'architettura di ARCHEOGUIDE è stata sin dall'inizio progettata in modo da supportare simultaneamente diversi utenti senza alcuna riduzione della velocità di risposta del sistema. L'architettura è del tipo client/server, dove i client sono i calcolatori *wearable* delle unità mobili (MUs), dotati di scheda di rete senza fili, che costituiscono il cuore del sistema e dell'apparecchio fornito al visitatore. La wireless Lan dispone di un numero sufficiente di punti di accesso (AP) e fornisce

## ARCHEOGUIDE IST-1999-11306 Augmented Reality-based Cultural Heritage On-site Guide



*Abstract: The ARCHEOGUIDE project will provide access to information in cultural heritage sites in a compelling, user-friendly way through the development of a system based on advanced IT techniques including augmented reality, 3D-visualization, mobile computing, and multi-modal interaction. Visitors will be provided with a see-through Head-Mounted Display (HMD), earphone, and mobile computing equipment. A tracking system will determine the location of visitors within the site and audio-visual information will be presented to her/him in context with her exploration, allowing him/her to gain more insight into relevant aspects of the site. The system will be tried out in ancient Olympia in Greece. In the former site particular emphasis will be given to virtual reconstruction of the remains. In the latter, it will provide insight into the changes that the site has undergone over the years.*

Estratto da: <http://www.cordis.lu/ist/projects/99-11306.htm>

la connettività al server che è responsabile dell'aggiornamento del contenuto della base dati dei MU's, ogni volta che l'utente si muoverà verso una zona nella quale non sono ancora disponibili i dati.

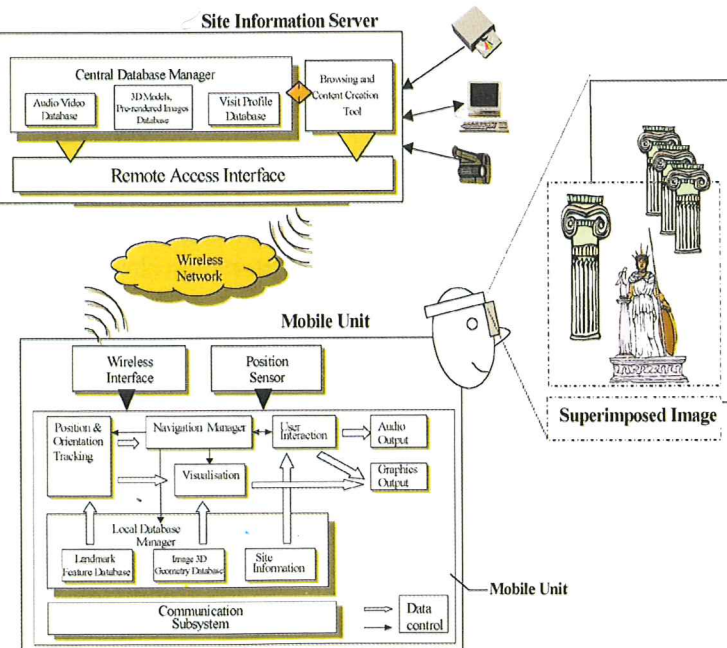
I componenti del sistema sono divisi in tre categorie principali:

- Site Information Server
- Mobile Unit
- Wireless Network

per sostenere richieste di utenze simultanee in input e output.

L'unità mobile (MU) è essenzialmente un *wearable* computer dotato di un certo numero di componenti. Il MU include un computer leggero laptop con una CPU di tipo INTEL MMX adatta alla veloce elaborazione di informazioni multimediali.

Il computer avrà tanto spazio sul disco rigido quanto l'odierna tecnologia consente (attualmente più di 9GB su hard disk), scheda di rete senza fili,



Architettura della componente server e mobile unit.

Il *Site Information Server* è il server centrale del sistema che fornisce i dati a tutte le postazioni mobili e sarà pertanto costituito da un sistema abbastanza potente che si avvarrà del *multithreading*

per sostenere richieste di utenze simultanee in input e output. L'unità mobile (MU) è essenzialmente un *wearable* computer dotato di un certo numero di componenti. Il MU include un computer leggero laptop con una CPU di tipo INTEL MMX adatta alla veloce elaborazione di informazioni multimediali. Il computer avrà tanto spazio sul disco rigido quanto l'odierna tecnologia consente (attualmente più di 9GB su hard disk), scheda di rete senza fili, schermo ad alta risoluzione, tastiera, trackball e una scheda *frame grabber* ad alta velocità. Il MU, inoltre, include un visore indossabile sulla testa con visione in trasparenza (*see-through Head Mounted Display*) fornito di cuffie acustiche e di una video camera che trasmette il relativo input - quasi lo stesso del campo ottico dell'utente - alla scheda *frame*

*grabber* del computer portatile.

Il primo prototipo realizzato è corredato di un sistema HMD (Head Mounted Display) che controllerà completamente l'input ottico dell'utente inviando una im-

agine video sovrapposta (proveniente da una video camera incorporata nel HMD) agli oggetti virtuali che il sistema desidera visualizzare.

Un problema ottico di tali strumenti HMD è che gli oggetti virtuali non oscurano completamente gli oggetti reali, perché le combinazioni ottiche permettono l'ingresso della luce sia da fonti virtuali che reali. D'altra parte, un sistema del tutto chiuso potrebbe estraniare completamente l'utente dal suo ambiente, forzandolo ad osservare quanto lo circonda attraverso una video camera, e ciò potrebbe causare sfalsamenti all'occhio, con conseguenti problemi di sicurezza.

Durante gli spostamenti dell'utente, se gli stati latenti e le sincronizzazioni generassero problemi, sarà possibile attivare dei meccanismi di sicurezza che consentiranno di intraprendere azioni correttive, quali ad esempio la richiesta di non visualizzare alcun oggetto virtuale nella fase di movimento.

Come esempio di *see-through HMD*, il prototipo attuale utilizza il modello LDI-100BE/LDI-D100BE della SONY che ha un campo di 28 gradi di visibilità, più di 1,5 milioni di pixel ed è dotato di cuffie acustiche.



Il sistema HMD della Sony selezionato per le fasi di testing.

### Il posizionamento dell'utente

Il MU contiene inoltre un sistema di posizionamento GPS, che sarà impiegato per la determinazione della posizione approssimativa necessaria al sistema di inseguimento ad alta precisione, basato sul principio di determinazione della posizione tramite il riconoscimento di immagini in cui siano presenti particolari *landmarks*. La conoscenza della posizione approssimativa dell'utente consentirà di ridurre il numero dei *landmarks* da introdurre nel calcolo.



Immagine aerea del sito di Olimpia, al centro il primo stadio della storia.

Il GPS ha due scopi: limitare il numero di *landmark* riconoscibili, che il sistema deve cercare nell'immagine della video camera e fornire continuamente (anche quando il sistema di riconoscimento non riesca a convergere) una posizione approssimativa. Posizione approssimativa che, considerato il miglioramento della precisione del GPS, dovuta alla disattivazione del SA, potrà essere inferiore ai 15 metri, o inferiore impiegando tecniche DGPS.

Il sistema di inseguimento e posizionamento utente trasmetterà i dati al server ogni volta che il client si dirige verso

una zona di cui non ci sono informazioni nella base di dati locale del calcolatore dell'unità mobile, in modo da poterle reperire prima dell'arrivo sul posto.

### La wireless Lan

L'infrastruttura senza fili della rete presuppone una scheda di rete senza fili in ogni MU. Inoltre richiede una rete terrestre (con sufficiente larghezza di banda) che comprende un certo numero di punti di accesso (AP) che ricevono, attenuano e trasmettono le informazioni ai ricetrasmittitori senza fili.

Attualmente, ogni AP può sostenere fino a 50 collegamenti. Un certo numero di aziende come Lucent, Netwave ed altri offrono tali prodotti, basati sullo standard IEEE 802.11, ad un costo di ogni punto di accesso sull'ordine dei 1.000 US \$, mentre il prezzo di ogni scheda dell'adattatore è di circa 300 US \$.

Attualmente, ogni AP può sostenere fino a 50 collegamenti. Un certo numero di aziende come Lucent, Netwave ed altri offrono tali prodotti, basati sullo standard IEEE 802.11, ad un costo di ogni punto di accesso sull'ordine dei 1.000 US \$, mentre il prezzo di ogni scheda dell'adattatore è di circa 300 US \$.

### Le componenti software

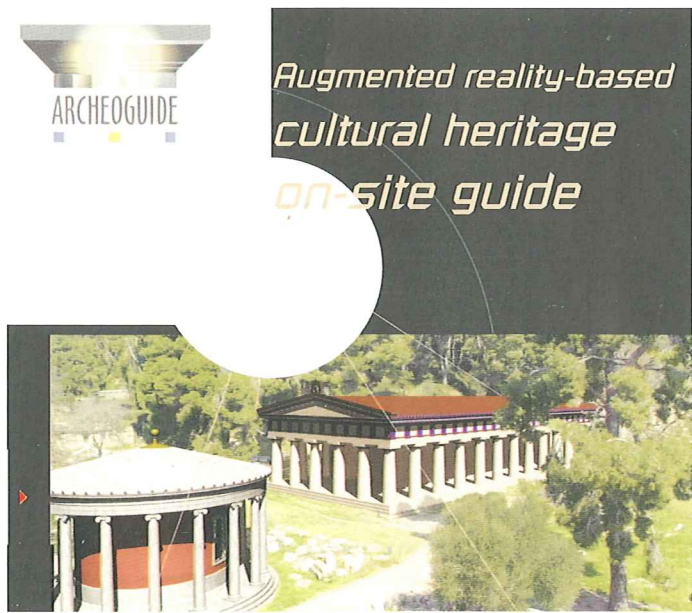
Le componenti software riguardano l'archiviazione, l'interazione, la distribuzione, il calcolo del posizionamento e la visualizzazione del sistema generale. Per l'archiviazione di tutte le informazioni sul sito verrà usato un sistema di amministrazione della base dati provvisto delle estensioni informative spaziali-geografiche dello stesso sistema.

In particolare il sistema è costituito da due basi di dati residenti da entrambi i lati del sistema, cioè sia sul client che sul server. La base dati del server è rappresentata da un superset delle basi dati dei client, e contiene inoltre i dati informativi e la documentazione scientifica globale del luogo, che, in generale, sarà messa a disposizione dei client in modo parziale, in funzione della posizione e del profilo utente del visitatore.

Per generare le informazioni da archiviare dal lato server e successivamente ricevute dai client si utilizza un apposito tool per la creazione dei contenuti che permette di aggiungere o pubblicare le informazioni nella base dati da parte del curatore del sito.

Le informazioni multimediali saranno categorizzate per generare i tour in funzione delle necessità degli utenti, mentre il tool provvederà a una ulteriore archiviazione dei meta-dati necessari alla gestione della documentazione scientifica.

Il software di comunicazione si avvarrà di strumenti CORBA, uno standard *de-facto* in questo campo che provvede a tutte le funzionalità necessarie alla sincronizzazione dei dati. Le informazioni che viaggeranno sull'infrastruttura di rete sono di natura multimediale, cioè informazioni audio/visuali (così come i modelli 3D VRML e le informazioni testuali). Questo modulo sarà responsabile della rappresentazione e della sincronizzazione ogni volta che si necessiterà di tutti i livelli d'informazione. Utilizzando le descrizioni trovate nella base dati e trasmesse sulla rete, per esempio modelli *wire-frame* dei templi, commenti vocali sui risultati specifici ecc., questo componente genererà e posizionerà le informazioni necessarie nell'area del visore, o eseguirà un file audio sul dispositivo sonoro.



## La base dati multimediale

La base dati del sistema dovrà assolvere alle seguenti funzioni:

- fornire la documentazione completa per il sito archeologico, orientata anche a specialisti quali archeologi, storici, ecc.;
- fornire i mezzi per la georeferenziazione dei dati per organizzare il contenuto della base dati;
- fornire i mezzi per aumentare la documentazione del luogo con le informazioni facilitate proposte ai visitatori del sito.

Per il ruolo della documentazione della base dati, dopo un approfondito esame degli attuali standards esistenti nel settore è stato adottato il sistema del CIDOC [2], i cui vantaggi possono essere così riassunti:

- molti studiosi possono già avere una conoscenza dello standard CIDOC;
- è garantita la interoperabilità della base dati con altri sistemi internazionali.

Tuttavia lo standard CIDOC è indirizzato più all'inventario del sito che a un sistema di documentazione completo per cui alcune integrazioni ed adattamenti sono in corso di realizzazione.

Per soddisfare tutte le esigenze relazionate all'organizzazione spaziale dei dati è stato deciso di sviluppare un sistema coerente con le specifiche OpenGIS [12]. Oracle 8 fornisce un tool speciale, denominato Spatial Cartridge che effettua i servizi spaziali richiesti da OpenGIS (procedure speciali di indicizzazione quali quad-tree, R-tree ecc.).

Il sistema di inseguimento e di posizionamento è basato sull'uso dei punti fiduciali di orientamento (naturali o artificiali) registrati nella base dati spaziale. L'indicizzazione Spatial consente un veloce richiamo dei punti compresi in una zona definita dalla posizione approssimata rilevata dal GPS.

## La virtualità aumentata

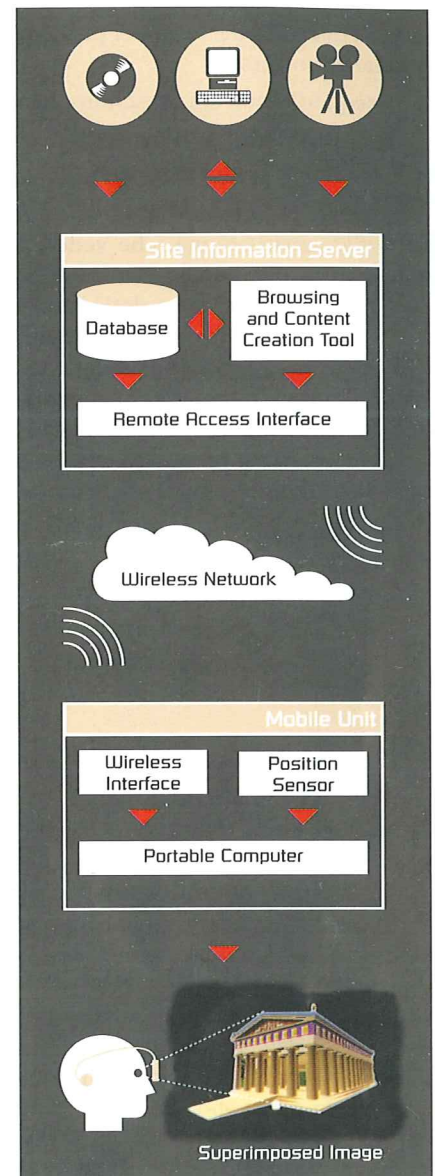
Il sistema ARCHEOGUIDE presenterà all'utente una miscela interattiva di fonti multimediali quali testo, audio, video, immagini, immagini 2D e modelli 3D. Gli operatori 3D, con l'aiuto degli archeologi, eseguiranno la ricostruzione virtuale tridimensionale di ciò che resta dei monumenti architettonici o di quelli non più esistenti.

Il formato prescelto per rappresentare gli oggetti 3D in ARCHEOGUIDE è il VRML - uno standard comune 3D che può essere distribuito anche in Internet [11]. Per arricchire la visita e per rendere le scene virtuali più realistiche saranno generate rappresentazioni umane dinamiche virtuali che potranno fornire un'idea di come erano i giochi olimpici. Il problema della generazione degli esseri umani virtuali in un ambiente 3D richiama due problematiche fondamentali: la modellazione della geometria dell'essere umano e la simulazione dei suoi comportamenti.

La definizione del comportamento umano in funzione del carattere include la relativa animazione per eseguire movimenti *human like*. [10]. La simulazione si basa sul calcolo di un modello matematico per generare il movimento.



Rappresentazione finale dei modelli VRML nella realtà attuale.



Architettura del sistema di fruizione.

La creazione del contenuto multimediale sarà realizzata tramite strumenti software di tipo standard e di uso comune come:

- 3D artists / architects per i modelli 3D (3D Studio, Alias Wavefront, ecc)
- 3D artists / animators per i caratteri umani (Avatar Studio, Poser)
- 2D artists per le immagini (Photoshop, ecc.)

Ci si avvarrà inoltre del contributo di:

- archeologi / storici o guide turistiche per i testi
- attori per i commenti vocali (Sound Forge, Cooledit, ecc.)

La semplice integrazione di nuovi elementi lascia due questioni aperte:

- la definizione del target di pubblico al quale rivolgersi,
- la sequenza con cui presentare le nuove informazioni per garantire una esperienza completa.

A queste domande risponde il processo di categorizzazione, che vede introdurre i meta-dati per ogni nuovo oggetto.

L'informazione "meta-dati" è in generale un multi-insieme degli insiemi di attributi che caratterizzano un oggetto.

Ad esempio, un audio clip contenente una descrizione relativa allo scultore della statua di Hermes può essere caratterizzato come adatto per i seguenti utenti:

```
[[age = young adult,
  education = high-school,
  interest level in history >= 5],
 [age = adult,
  education >= high-school,
  interest level in sculpture >= 3]]
```

## Il posizionamento dinamico della scena visiva dell'utente

Per integrare realisticamente gli oggetti virtuali nell'ambiente reale è necessario determinare la posizione e la direzione esatta dell'asse visuale dell'osservatore. Questa operazione viene realizzata dal *Tracking System* avvalendosi di una serie di tecnologie che permettono di determinare sia la posizione che l'orientamento con un'alta precisione [14], [15], [16], [25]. Tuttavia, nessuno dei sistemi disponibili è adatto all'aperto con precisione sufficiente alle esigenze di ARCHEOGUIDE.

L'integrazione di diverse tecnologie di *Tracking* in un sistema ibrido sembra essere la soluzione adottabile [17]. Come accennato precedentemente il primo approssimativo posizionamento dell'utente avverrà usando un sistema GPS.

Per tracciare la posizione esatta e la traiettoria si adatterà invece un sistema misto, con la combinazione di un sistema *vision-based* ed uno inerziale. I sistemi ad inseguimento ottico, rispetto ad altri presentano alcuni importanti vantaggi per quanto riguarda la precisione, considerevole è tuttavia il problema della *line-of-sight*, così come il bisogno di riferimenti visivi (*landmarks*) all'interno della scena.

Il sistema usa una video camera fissata sul sistema HMD che deve inquadrare alcuni riferimenti conosciuti (*target*) per poter determinare la posizione.

L'inseguimento video ed inerziale devono essere analizzati congiuntamente per ottenere una valutazione migliore delle posizioni iniziali e degli errori di equilibrio (cioè linea visuale e direzione), si prevede pertanto una combinazione dei dati piuttosto che una pura compensazione. Nel caso vengano a mancare nel video sufficienti *landmarks* bisognerà affidarsi al sistema inerziale e non appena abbastanza indicatori riappaiono nella vista della video camera il sistema userà entrambe le fonti per ottimizzare i risultati del *tracking*. Le informazioni del GPS contribuiranno alla calibratura e alla previsione del percorso dell'utente.

Sulla base dei rilievi fotogrammetrici e GPS del sito, verranno registrati e archiviati un numero sufficiente di *3D locations*, che forniscono le circostanze necessarie per i primi due metodi.

Sulla base della valutazione iniziale della posizione verranno adattate le immagini, fino a trovare la corrispondenza ottimale fra l'immagine sintetica e l'immagine della video camera.

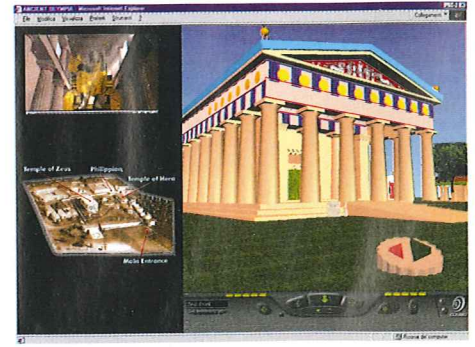
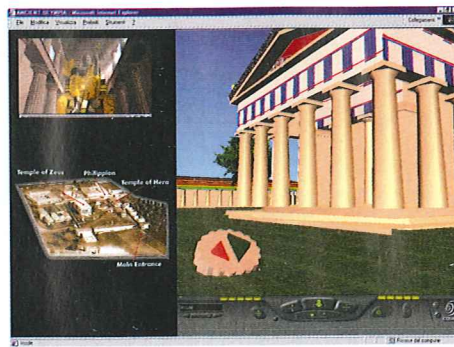
Un diverso sistema permette di lavorare senza la necessità di basi digitali 3D e impiega l'immagine basata su tecniche di *rendering*. Tale metodo si fonda sul concetto di *wallpapers* (strutture continue di immagine) disponibili lungo i *paths* visi-

vi. Il calcolo dei parametri di osservazione si ottiene abbinando le caratteristiche dell'immagine della video camera con il segmento corrispondente *wallpapers*. Se i dati adatti sono disponibili, e la camera virtuale usata per la generazione di immagine è abbinata con la video camera reale, la rappresentazione delle informazioni sovrapposte 3D può essere facilmente realizzata. Poiché si utilizza un metodo calibrato per l'inseguimento basato sulla visione, in unione con l'inseguimento inerziale, dove guarda l'utente, si possono presentare in modo arbitrario le informazioni registrate. Usando questa tecnica si ha a disposizione un potente strumento che conduce il visitatore attraverso il luogo da esplorare.

## La rappresentazione digitale

Per la rappresentazione di tutti i dati visivi verrà usato il toolkit AVALON di VR, sviluppato da ZGDV [19], che utilizza il VRML [11], con alcune estensioni come linguaggio di descrizione della scena. L'uso del VRML presenta molti vantaggi, tra cui:

- l'interfaccia definita a norma ISO e quindi indipendente dal produttore o da una piattaforma prestabilita;
- il VRML come standard è ormai molto diffuso.
- una vasta gamma di sistemi VRML per la modellazione degli oggetti a disposizione degli sviluppatori di applicazioni.
- la facilità di apprendimento di VRML e Java rispetto alle interfacce C/C++ fornite dai toolkit tradizionali di VR.
- la vasta diffusione del sistema VRML per la fruizione di mondi 3D su Internet.



Immagini di alcuni punti di vista durante la navigazione dei modelli VRML via Internet.

Ciò è particolarmente importante per il ruolo della documentazione del sistema di ARCHEOGUIDE.

La piattaforma AVALON, inoltre, riassume in sé altre estensioni e utility verso il VRML, come:

- interazione con i dispositivi input/output 3D (i browser disponibili per il VRML sono progettati per applicazioni Internet che funzionino su PC desktop);
- interfaccia con sistemi e dispositivi 3D, come HMDs;
- Gestione dei flussi video e audio, particolarmente necessari in applicazioni AR;
- gestione di un insieme di nodi *morphing* [20]. Questi nodi permettono operazioni di *morphing* in maniera facile ed efficiente fra geometrie di base differenti, problema molto importante nel campo dell'animazione realistica degli esseri umani virtuali, come previsto in ARCHEOGUIDE.

Per collegare l'ambiente di sviluppo AVALON con altre parti del sistema ARCHEOGUIDE, saranno sviluppate apposite interfacce per interagire con la scena di VR visualizzata dall'utente. Attraverso questa interfaccia, il sistema ARCHEOGUIDE può:

- gestire e visualizzare i nuovi mondi di VR quando, all'interno del sito storico, l'utente si muove tra i diversi punti di interesse.
- interagire con la scena di VR, cioè inserire o rimuovere oggetti, per fornire ulteriori informazioni all'utente. Per esempio, se si richiedono maggiori dettagli su una certa statua che si sta osservando, il sistema potrebbe proiettare sulla scena un video relativo all'oggetto.

Uno dei problemi principali nella rappresentazione dei modelli VR è rappresentato dalle "occlusioni", ovvero dalla presenza di oggetti nel mondo reale. Per un'integrazione accettabile degli oggetti virtuali nel mondo fisico, dobbiamo considerare gli alberi, le pietre e le costruzioni come se si trovassero davanti agli oggetti virtuali. Per risolvere tale problema si può operare con due metodi:

- calcolare le profondità di campo o la distanza. Con due camere digitali, è possibile valutare la profondità di campo per tutti gli oggetti presenti sul-

la scena. Lo svantaggio di questa soluzione è la potenza di calcolo necessaria, non sempre disponibile sui calcolatori indossabili.

- creare un DB con tutti gli oggetti del sito. Queste informazioni possono essere usate per mascherare le parti dell'immagine virtuale occlusa dagli oggetti. Naturalmente questa soluzione non è precisa come la precedente e non consente di considerare altri visitatori e nuovi oggetti che non siano contenuti nel DB.

Un'altra difficoltà è la mancanza di sistemi di *rendering* 3D potenti, in grado di essere installati su sistemi portatili. Tuttavia nel campo dei sistemi di *rendering* l'evoluzione è abbastanza veloce.

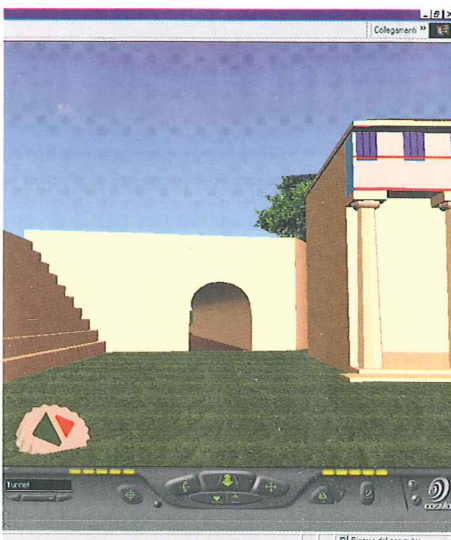
## Conclusioni

ARCHEOGUIDE è un progetto di ricerca a cui lavora un consorzio di organizzazioni ed aziende europee, che si avvale di finanziamenti della Comunità Europea (IST-1999-11306).

L'antica Olimpia, in Grecia, sarà il primo sito archeologico dove si attuerà il progetto: il luogo che vide nascere i giochi olimpici e da cui la fiamma olimpica, ogni quattro anni, parte alla volta della città ospitante le Olimpiadi. Nel 2004 palcoscenico dei giochi sarà Atene e il sistema non potrà che giovare di un avvenimento che contribuirà a diffonderne l'importanza e la conoscenza.

RENZO CARLUCCI

GIS Area Manager-A&C2000, gruppo INSIRIO



## BIBLIOGRAFIA

- [1] K.C. Golas, B.C. Montag, "The New Media - Interactive 3D", IITSEC, 1995.
- [2] International Council of Museums, International Documentation Committee (CIDOC): *Draft international core data standard for archeological sites and monuments*. CIDOC, 1995.
- [3] E.R. Tufte, "Visual Explanations: Images and Quantities, Evidence and Narrative", Graphics Press, Cheshire CT, 1997.
- [4] E.R. Tufte, "The Visual Display of Quantitative Information", Graphics Press, Cheshire CT, 1983. Jennifer Fleming, Richard Koman (Ed.), "Web Navigation: Designing the User Experience", O'Reilly & Associates, Sebastopol CA, 1998.
- [5] P. Cohen, M. Johnston, D. McGee, S. Orviatt, J. Pittman, I. Smith, L. Chen, J. Clow, "QuickSet: Multimodal Interaction for Distributed Applications", Proc. 5<sup>th</sup> ACM International Multimedia Conference, Seattle Wash. USA, 1997, pp. 31-40.
- [6] P. Ratner, "3-D human modelling and animation", John Wiley and sons, 1998.
- [7] N. I. Badler, C. B. Phillips, B. L. Webber, "Simulating Humans", Oxford University Press, 1993.
- [8] N. M. Thalmann, D. Thalmann, editors, "Interactive Computer Animation", Prentice Hall, 1996.
- [9] Mike Wray and Vincent Belrose; *Avatar in Living Space*, Proceedings VRML 99 of the fourth Symposium on The Virtual Reality Modelling Language, 1999.
- [10] H-ANIM Specification for a standard VRML humanoid, version 1.0, 1998, on-line paper, <http://ece.uwaterloo.ca/~h-anim/spec.html>
- [11] VRML Specification on-line, <http://www.vrml.org/>
- [12] Open GIS Consortium, "OpenGIS Specification", 1999, on-line paper, <http://www.open-gis.org/>
- [13] R. Azuma, "A Survey of Augmented Reality", Proceedings of SIGGRAPH 1995, Course Notes #9 (Developing [14] Advanced Virtual Reality Applications), ACM Press, 1995.
- [14] R. Holloway, "Registration Errors in Augmented Reality Systems", Ph.D. dissertation, University of North Carolina at Chapel Hill, 1995.
- [15] A. State, G. Hirota, D. T. Chen, W. F. Garrett, M. A. Livingston, "Superior Augmented Reality Registration by Integrating Landmark Tracking and Magnetic Tracking", Proceedings of SIGGRAPH 1996, ACM Press, 1996.
- [16] S. You, U. Neumann, and R. Azuma, "Hybrid Inertial and Vision Tracking for Augmented Reality Registration"
- [17] Proceedings of IEEE VR '99, Houston, TX, 1999, pp. 260-267.
- [18] SIGGRAPH 98 Course 15: "Image-Based Modeling and Rendering", 1998.
- [19] Avalon VR toolkit, <http://www.zgdv.de/~avalon/>
- [20] M. Alexa, J. Behr, W. Müller, "The Morph Node", Web3D - VRML 2000.
- [21] CORBA, <http://www.corba.org/>
- [22] S. Feiner, B. MacIntyre, T. Höllerer, A. Webster, "A Touring Machine: Prototyping 3D Mobile Augmented Reality Systems for Exploring the Urban Environment", Proceedings of ISWC 97, Cambridge, MA, 1997.
- [23] J. Rekimoto, "NaviCam: A Magnifying Glass Approach to Augmented Reality Systems", Presence: Teleoperators and Virtual Environments, vol. 6, n. 4, MIT Press, 1997.
- [24] K. Dorfmueller, "Robust tracking for augmented reality using retroreflective markers", Computers & Graphics 23 (1999), Special Issue on Augmented Reality, pp. 795-800.
- [25] F. Seibert, "Augmented Reality by using uncalibrated optical tracking", Computers & Graphics 23 (1999), Special Issue on Augmented Reality, pp. 801-4.