

Archeologia Virtuale Online

Bruno Fanini¹, Luigi Calori², Guido Lucci Baldassari¹,
Sofia Pescarin¹

¹ CNR, ITABC Istituto per le tecnologie applicate ai beni culturali,

² CINECA



Abstract. L'articolo presenta alcune problematiche e potenzialità dell'utilizzo del web per pubblicare paesaggi tridimensionali ricostruiti, navigabili in tempo reale e connessi a database, con particolare riferimento al settore dell'Archeologia Virtuale. Dopo una breve disamina delle necessità del settore archeologico rispetto all'utilizzo della rete, vengono descritte le difficoltà incontrate durante lo sviluppo di applicazioni real-time e viene indicato l'approccio seguito per superare tali difficoltà e il *workflow* di lavoro scelto. La quantità di dati, anche se processati tramite strumenti di ottimizzazione e di decimazione dei poligoni, risultano di ingenti dimensioni tanto da richiedere l'implementazione di tecniche avanzate di paginazione, streaming e livelli di dettaglio, per permettere sia l'esplorazione che la fruizione remota in tempo reale sul web. L'approccio seguito è stato quello di scegliere e utilizzare una libreria open source per la gestione di grafi di scena con sufficienti performance e flessibilità per l'adattamento al web, sviluppando e fornendo un plugin per il browser: OSG4WEB.

1. Introduzione

Negli ultimi anni sta emergendo un crescente interesse verso l'archeologia virtuale, tanto da dare l'avvio ad un vivo dibattito sulla sua eventuale integrazione nei curricula accademici, elevandola a disciplina [6]. Nell'ambito di tale dibattito, l'archeologia virtuale si configura come una disciplina attraverso cui ricostruire e visualizzare dati archeologici. Attraverso la costruzione di modelli e simulazioni è possibile ricreare il nostro processo cognitivo sul passato e permetterne la fruizione anche ad altri utilizzando un sistema di presentazione interattivo. Le ricostruzioni 3D e i mondi virtuali creati da tale processo ci permettono anche di testare in maniera visiva più completa informazioni complesse, ridefinendo gli obiettivi della ricerca stessa. Rimangono aperte alcune questioni: come realizzare un modello virtuale archeologico accurato partendo da dati reali? Come comunicare in maniera appropriata la ricostruzione ad un pubblico, utilizzando la rete, soprattutto nei casi in cui la ricostruzione si basi su dati frammentari? Quale rapporto esiste tra realismo e realtà e come evidenziarlo nel processo digitale? All'interno dell'archeologia virtuale emergono due componenti e due

approcci: uno connesso alla ricerca e l'altro alla comunicazione. Il processo digitale che sta alla base di tale disciplina infatti si basa sui risultati della ricerca (archeologica, storica, ambientale ecc.) e fa uso di un canale di comunicazione, basato su strumenti di visualizzazione e spesso di interazione, rivolti in prima battuta ad un gruppo ristretto di utenti esperti che hanno determinate necessità che si possono riassumere nell'interesse per la creazione di simulazioni e di ambienti condivisi di lavoro. Gli strumenti interessanti per tale comunità sono quelli che consentono di connettere modelli 3D e altri *asset* digitali multimediali a database alfanumerici, creare ambientazioni 3D basate su dati reali (*reality-based modelling*), confrontare diversi modelli tra di loro, esplorare in maniera completamente libera, interattivamente, ambienti 3D complessi, editandoli e consentire lo scambio di dati e informazioni durante la fase di interpretazione. In tale primo caso vengono preferiti percorsi interattivi, aperti, condivisi, caratterizzati dall'accesso a tutte le informazioni. Parimenti emerge la necessità di raggiungere un tipo di utenza più ampia non esperta. Questo gruppo di utenti richiede l'utilizzo di diversi media comu-

nicativi incentrati sulla narrazione, di strumenti lineari (video) o interattivi ma caratterizzati da un numero limitato di scelte o da percorsi guidati. I due approcci, rivolti alle due tipologie di utenti, hanno un punto di riferimento in comune, ovvero gli asset digitali. A partire dagli stessi dati acquisiti, modellati, ricostruiti, ottimizzati, vengono sviluppate applicazioni che possono rispondere ai diversi requisiti e necessità posti dalle due comunità.

2. Mondi virtuali online con OSG4WEB

Nell'ambito della visualizzazione e fruizione di contenuti 3D ed ambienti virtuali sul web all'interno di un browser, non è attualmente disponibile una soluzione che sia stata largamente adottata tale da diventare uno standard *de facto* fornendo una controparte 3D ben definita all'HTML. Durante lo sviluppo di un plugin 3D orientato al web, che permetta di aprire una "finestra" nel browser su un mondo virtuale, abbiamo quindi preso in considerazione diversi parametri sia qualitativi che quantitativi, in particolare:

- *performance di rendering*: qualità visiva e fluidità durante la visualizzazione di paesaggi di grandi dimensioni;
- *performance di rete*: tempo di attesa per una visualizzazione ottimale dei dettagli e carico di lavoro sulla banda;
- *distribuzione*: quanto semplice sia distribuire la piattaforma sui browser web attuali e quale hardware sia necessario.

Per realizzare questo tipo di esplorazione real-time completa dell'ambiente virtuale 3D, è stato quindi sviluppato e notevolmente esteso il precedente progetto open source OSG4WEB: un plugin basato sull'efficiente framework OpenSceneGraph, utilizzato in precedenza per il progetto Virtual Rome [9] che permetteva di inserire un componente di visualizzazione 3D all'interno di una pagina web. A partire da questa prima versione [3] sono stati implementati e introdotti nel corso del progetto *Aquae Patavinæ VR* una maggiore portabilità (Windows e MacOSX), una maggiore robustezza e una maggiore usabilità dell'interfaccia utente oltre a maggiori sviluppi su navigazione ed effetti grafici. Per conservare una fluidità accettabile sono state riscritte, ottimizzate e migliorate diverse funzionalità internamente al cuore del plugin. In questa ottica, i tre obiettivi principali sui quali abbiamo focalizzato lo sviluppo del plugin sono stati:

- *multi-risoluzione*: rappresentazioni dei modelli e della realtà virtuale con diversi livelli di dettaglio e multi-scala, cruciale per contesti di archeologia virtuale per la fruizione del micro e macro dettaglio;
- *esplorazione e interazione*: navigazione avanzata, realistica e soddisfacente per l'utente con possibilità di integrazione con interfacce naturali e interazioni avanzate con il virtual world;
- *fruizione online*: ottimizzazione, paginazione e gerarchie utilizzate su enormi database per la fruizione remota dei contenuti.

Comportamenti specifici nel plugin OSG4WEB come la modalità *walk* e altre complesse funzionalità di navigazione, sono stati ampiamente rivisitati: l'esplorazione è stata arricchita con effetti di Fisica come attriti e adattamento a superfici, oltre a un nuovo sistema di collisioni. Alcune recenti novità nel framework di OpenSceneGraph hanno permesso inoltre l'implementazione di

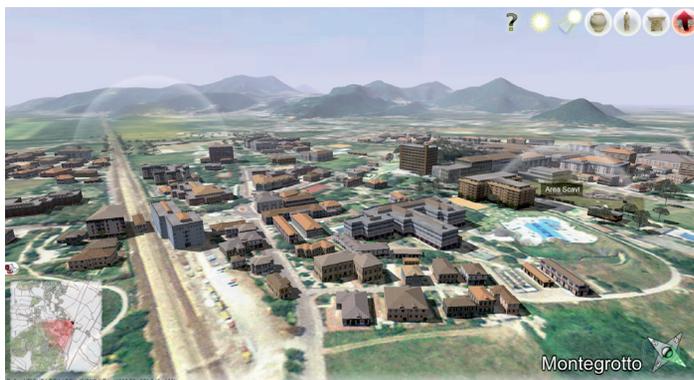


Fig. 1 FrontEnd di OSG4WEB

algoritmi efficienti per illuminazioni avanzate e ombre real-time, in particolare con supporto ad ambienti virtuali molto vasti utilizzando di base l'approccio multi-risoluzione e un buon livello di personalizzazione. La piattaforma fornisce due strumenti che nelle intenzioni dovrebbero servire a rispondere alle necessità degli utenti sopra descritti: un *BackEnd* (gestione della scena, ad accesso ristretto) e un *FrontEnd* (il *canvas* di visualizzazione 3D ad accesso pubblico, *fig. 1*).

3. Aquae Patavinae VR

Per meglio illustrare i due tipi di approcci viene di seguito riportato il caso di studio Aquae Patavinae VR [8], dedicato al paesaggio termale di un territorio nei pressi dei Colli Euganei (Montegrotto, PD) recentemente presentato alla mostra ArcheoVirtual 2011 [10]. Il progetto è stato finanziato dalla Regione Veneto e dal MIUR e coordinato dal Dipartimento di Archeologia dell'Università di Padova, in collaborazione con la Soprintendenza Archeologica del Veneto. In Aquae Patavinae VR gli asset, prodotti seguendo flussi di lavoro differenti (*reality-based modelling* e *non-reality-based modelling*), sono stati composti all'interno di una sezione BackEnd accessibile esclusivamente agli specialisti. Una versione del mondo 3D viene poi pubblicata per essere accessibile all'interno di un ambiente VR, a-

perto a tutti ed esplorabile su un browser tramite il plugin OSG4WEB.

A partire da un *concept* di base frutto di vari *brainstorming*, il lavoro, che ha coinvolto diverse figure professionali, è iniziato con l'acquisizione 3D del paesaggio e dei siti archeologici di primaria importanza che sono stati poi ricostruiti in 3D (modelli dei siti, modelli procedurali degli edifici della città, terreno 3D, vegetazione), attraversando successive fasi di ottimizzazione e preparazione dei dati per il web, fino alla pubblicazione del virtual world online (*fig. 2*). Le problematiche principali che sono state affrontate durante le fasi di modellazione e creazione degli asset in vista della pubblicazione sul web sono state:

- streaming del modello di un terreno di grandi dimensioni;
- visualizzazione della città (modelli 3D di diversi edifici) attuale di Montegrotto;
- gestione di modelli 3D di dimensioni troppo grandi nonostante decimazione poligoni;
- gestione della scena da remoto;
- gestione del realismo e interazione utente con il *virtual world* di Aquae Patavinae.

4. Ottimizzazione dei modelli 3D

Nell'ambito del progetto Aquae Patavinae, i modelli 3D da gestire online sono stati principalmente:

- modelli 3D del terreno (a partire da dati GIS);

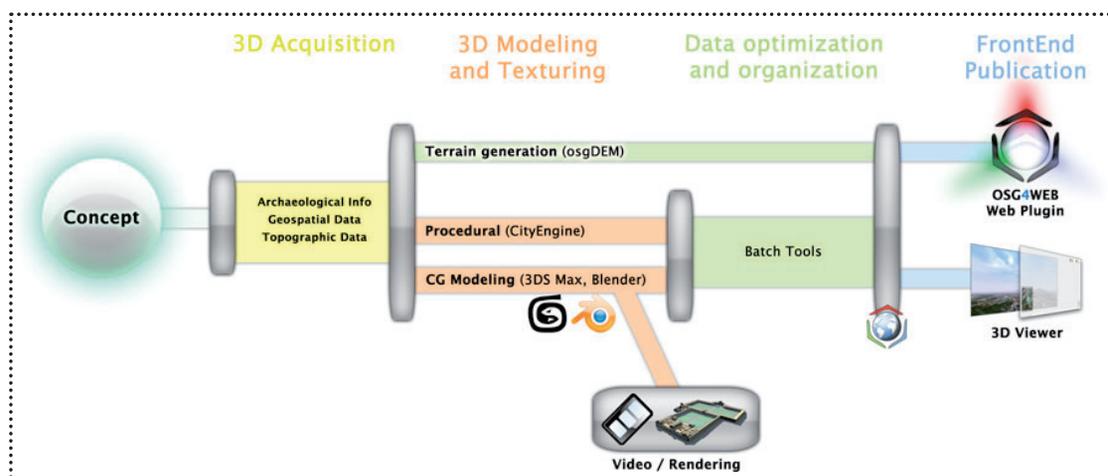


Fig. 2 Schema del workflow adottato

- modelli 3D procedurali della città attuale (circa 6000 edifici comprensivi di case, appartamenti, condomini, hotel, ecc.): si tratta di modelli piuttosto schematici e semplici;
- modelli 3D in computer grafica relativi alle ricostruzioni delle fasi antiche dei siti archeologici a partire dai dati di scavo: si tratta di modelli più complessi ma realizzati a diversi livelli di dettaglio;
- modelli 3D *reality-based* ottenuti tramite acquisizione sul campo (sia *Image Based* che *Range Based*): si tratta di modelli estremamente complessi caratterizzati da mesh di diversi milioni di poligoni;
- oggetti e componenti 3D legati all'interfaccia grafica.

Per quanto riguarda le soluzioni adottate per la gestione del terreno, sono stati utilizzati alcuni strumenti come *osgDem*, forniti dalla piattaforma *OpenSceneGraph*, per la generazione di terreni paginati in porzioni (*tiles*) organizzate in una gerarchia *quad-tree*. Nel caso di Montegrotto si tratta di circa 70.000 *tiles* da 200 Kb in media, ottimizzate su geometria e texture, fornendo quindi un buon compromesso tra qualità e dimensione per lo streaming spaziale su richiesta delle porzioni. La città di Montegrotto consiste di circa 6.000 edifici prodotti dal software *CityEngine*, che sono stati poi importati e ri-organizzati in *cluster* da alcuni strumenti di BackEnd sviluppati appositamente per la generazione di gerarchie paginate ottimizzate (fig. 3).

Gli altri dati hanno richiesto una prima fase di ottimizzazione per il real time che ha seguito alcuni accorgimenti: ogni modello proveniente sia dalla scansione laser che diretta-

mente dal software di modellazione è stato decimato e suddiviso in piccole porzioni per uniformare il carico di rete e riorganizzato secondo gerarchie bilanciate. Le *texture* sono state ulteriormente trattate e organizzate in *atlas*, completi di informazioni colorimetriche e *ambient occlusion*.

5. BackEnd e gestione dei dati remoti

Rispetto al componente FrontEnd, responsabile dell'inizializzazione del plugin OSG4WEB e della visualizzazione pubblica del mondo virtuale, il BackEnd di OSG4WEB rappresenta un insieme di servizi web installati su una macchina server, utilizzabili da un team ristretto, dotato di opportune credenziali (username e password) e accessibili da un qualunque browser. Il BackEnd funziona come gestore della scena: tra i servizi vi è infatti un semplice CMS basato su MySQL, che il team di progetto può utilizzare per accedere ad un database che gestisce i dati della scena. Qui infatti è possibile configurare e organizzare il grafo del mondo virtuale compresi la lista dei modelli 3D geo-localizzati, terreni disponibili, *tooltip* visibili agli utenti nel componente FrontEnd e inserendo informazioni aggiuntive (metadata) associate ai modelli 3D. I servizi web associati si occupano poi della generazione del nodo radice di scena e dello streaming dei dati 3D, fruibili da un FrontEnd remoto. Nel caso del progetto qui descritto di *Aquae Patavinae*, dopo opportuni test è risultata molto efficiente e portabile la soluzione del server virtuale, dimostrando ottimi vantaggi sulla portabilità e mantenimento del sistema.

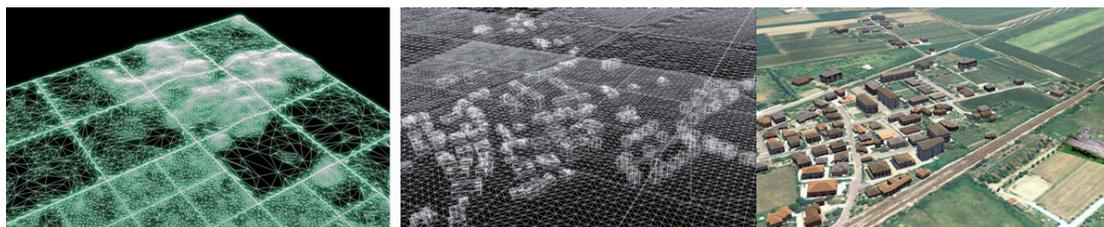


Fig. 3 Struttura quad-tree del terreno e generazione della gerarchia OSG per la città attuale di Montegrotto

6. Realismo, Esplorazione e Interazione

Il progetto ha richiesto uno sviluppo specifico per quanto riguarda il realismo, la qualità e l'usabilità dell'esplorazione e interazioni avanzate dell'utente. Diverse tecniche sono state implementate all'interno del plugin in modo da massimizzare la qualità percettiva preservando una fluidità accettabile anche su sistemi non recenti. Alcuni di questi sviluppi hanno permesso l'implementazione di tecniche di illuminazione avanzate (fig. 4), con supporto al *self-shadowing* su mondi virtuali molto ampi come quello di *Aquae Patavinae*, illuminazione volumetrica (ad esempio vapori negli interni delle ricostruzioni delle vasche termali) e supporto ad ambienti dinamici e animati. L'utente ha inoltre la possibilità di interagire con la sorgente di luce in tempo reale, impostando diverse condizioni di illuminazione.

Il sistema di navigazione è stato ampiamente rivisitato e ulteriormente sviluppato, fornendo all'utente diversi moduli separatamente attivabili che permettono l'adattamento al mondo virtuale simulato, gestione di collisioni, gravità, attriti e vincoli di esplorazione. Per quanto riguarda le interazioni, durante lo sviluppo di *Aquae Patavinae*, è stata aggiunta la possibilità di gestire nodi speciali chia-



Fig. 4 Ombre in tempo reale nella Villa di via Neroniana ricostruita e illuminazione volumetrica dei vapori nella vasca tonda (Via Scavi)

mati *ActionNodes* in grado di generare eventi all'interno del virtual world. Ogni nodo nella scena (un qualsiasi modello, icona, hotspot, pin, etc..) è infatti in grado di incapsulare uno o più comandi che vengono eseguiti quando l'utente vi interagisce. Questo approccio inoltre supporta la possibilità di invocare altri *ActionNodes*, consentendo una modularizzazione precisa e razionale del grafo di interazione (fig. 5) permettendo anche chiamate in cascata. Nel progetto *Aquae Patavinae*, questa struttura ha dimostrato diversi vantaggi, consentendo un altissimo livello di flessibilità e adattabilità ai cambiamenti via via richiesti dal

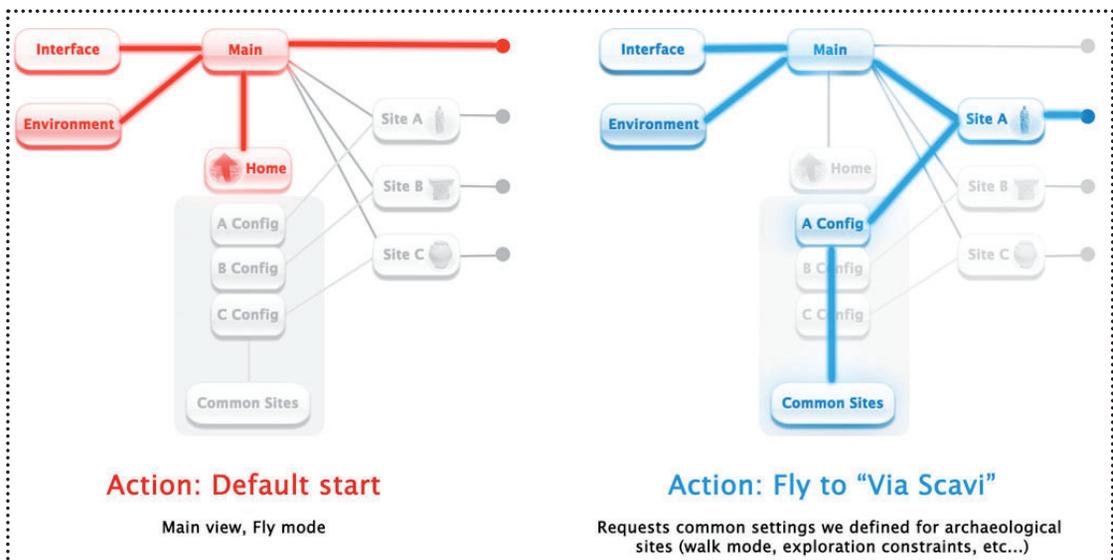


Fig. 5 Caricamento standard con vista globale (a sinistra) e caricamento o attivazione del sito archeologico A (Via Scavi)



Fig. 6 Stato attuale, interpretazione e ricostruzione del Teatro romano in via Scavi

progetto (es. altezza avatar, illuminazione, aggiunta in scena di modelli, etc.).

L'interfaccia 3D ed effetti specifici sono stati studiati ed introdotti con lo scopo di rendere più coinvolgente l'esperienza di visita dell'utente sia nello spazio sia nel tempo: in ognuno dei siti archeologici l'utente ha la possibilità di attivare diverse fasi storiche dei monumenti, passando dallo stato attuale al livello di interpretazione (confronto tra modelli ricostruiti in semi-trasparenza e resti attuali) e infine ricostruzione (*fig. 6*).

7. Conclusioni

Il plugin OSG4WEB, applicato al progetto *Aquae Patavinae*, ha mostrato le proprie potenzialità ed estensibilità con applicazioni avanzate sia su web sia come componente locale. Oltre agli sviluppi futuri previsti, in particolare l'implementazione di uno scene editor con maggiori potenzialità, tra le possibilità attuali sono disponibili opzioni di stereo anaglifo o stereo passivo/attivo, fornendo all'utente un sistema molto flessibile ed orientato ad incrementare il livello di immersività e di interazione. In occasione della mostra *ArcheoVirtual* è stato infatti possibile integrare il sistema di navigazione con touch-screen come primo strumento di interazione naturale, accostato ad un secondo sistema di interazione

naturale con *camera-tracking* utilizzando una semplice webcam, privo di *marker* o infrarossi, in grado di tracciare i movimenti dell'utente per tradurli in movimenti virtuali. Tutte queste possibilità, come si può ben immaginare, aprono nuove strade per sviluppi futuri e applicazioni nel campo dell'esplorazione di paesaggi virtuali ricostruiti in contesti di fruizione differenti, dal web agli spazi museali.

Riferimenti bibliografici

- [1] Akenine-Möller T., Haines E., 2002, *Real-Time Rendering Second Edition*, pp.477-479, A K Peters Natick, Massachusetts US, 2002
- [2] Barcelò J.A., Forte M., Sanders D.H., 2000 (ed. by). *Virtual Reality in Archaeology*, BAR International Series 843, Oxford
- [3] Calori L., Camporesi C., Pescarin S., 2009. *Virtual Rome: A FOSS approach to WEB3D*. In *3D technologies for the World Wide Web. Proceedings of the 14th International Conference on 3D Web Technology*, Darmstadt, Germany, ISBN: 978-1-60558-432-4, pp. 177-180
- [4] Kuehne B., Martz P., 2007, *OpenSceneGraph Reference Manual ver. 2.2*, Skew Matrix Software and Blue Newt, 2007
- [5] Parish Y., Muller P., 2001. *Procedural Modelling of the Cities*, ACM Siggraph, New



Fig. 7 Stereo, interazione touch e multi-touch con remote gestures da iPod. Video interazione touch (*ArcheoVirtual* 2011): http://www.youtube.com/watch?v=LULy9_w6OGs

York 2001, pp. 301-308

[6] Gillings M., 1999, Engaging Place: a Framework for the Integration and Realisation of Virtual-Reality Approaches in Archaeology. In *Archaeology in the age of the Internet*. CAA 1997. Edited by L. Dingwall, S. Exon, V. Gaffney, S. Laffin, M. Van Leusen. Oxford: British Archaeological Reports (Int. Series, S750)

[7] OpenSceneGraph framework
<http://www.openscenegraph.org/projects/osg>

[8] Aquae Patavinae
<http://www.aquaepatavinae.it>

[9] Virtual Rome, <http://www.virtualrome.it>

[10] ArcheoVirtual 2011
<http://www.archeovirtual.it>



Bruno Fanini

bruno.fanini@gmail.com

Programmatore di grafica 3D e artista digitale, si occupa di Virtual Heritage, grafica 3D real time e di realtà virtuale. Ha partecipato a diversi progetti nel campo del virtual world online (OSG4WEB), dei sistemi di aiuto alla navigazione all'interno di ambienti virtuali e interfacce utente. Ha lavorato con framework open source, nell'ambito di visualizzazione di modelli di grandi aree e applicazioni 3D web based. Ha lavorato con il framework OpenSceneGraph e si interessa di ottimizzazione web 3D, realismo e immersività nelle realtà virtuali, periferiche Wii, interfacce avanzate e di Agent-Based crowd simulations.