

**Zeitschrift:** Archi : rivista svizzera di architettura, ingegneria e urbanistica = Swiss review of architecture, engineering and urban planning

**Herausgeber:** Società Svizzera Ingegneri e Architetti

**Band:** - (1999)

**Heft:** 6

**Artikel:** Ambienti urbani virtuali

**Autor:** Castellucci, Pietro

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-131728>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 22.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Ambienti urbani virtuali

Pietro Castellucci,  
Istituto Fascetti, Pisa  
castellucci@cli.di.unipi.it

## Introduzione

Non è sempre possibile avere e dare un'immagine del nostro pensiero soprattutto quando questo non è fine a se stesso, ma si deve calare nella realtà e fondere con essa. Questa difficoltà è spesso sentita da coloro, come gli ingegneri o gli architetti, che si trovano a dovere creare delle strutture, che dovranno essere situate in mezzo ad altre strutture già esistenti, e formare con loro un'unica tipologia edilizia.

Le complicazioni dell'attività di progettazione edilizia non sono solo queste, ci si deve sempre confrontare con il cosiddetto impatto ambientale della futura struttura, e anche sull'impatto sociale, tutte facili da verificare dopo la costruzione, ma a volte difficili o addirittura impossibili da immaginare al momento della progettazione.

La presentazione al pubblico di un progetto edilizio, è spesso fatta usando disegni e a volte prototipi. Il prototipo di un edificio è un plastico in scala che ne presenta le caratteristiche architettoniche, purtroppo però dal plastico non emergono le caratteristiche legate alla realizzazione dell'edificio in una zona piuttosto che in un'altra. Per far emergere queste caratteristiche occorrerebbe riuscire ad immaginare il nuovo edificio nella zona in cui sarà costruito, o meglio costruire un modello dell'edificio e di tutta la zona in cui sarà situato.

La costruzione di un modello così complesso non è semplice usando i soliti disegni e plastici, i primi non renderanno mai la situazione reale, e i secondi saranno troppo onerosi da costruire in tempo e soldi.

A questo punto entra a dare un consistente aiuto all'ingegnere l'informatica, come già aveva fatto in passato; infatti grazie alla *Realtà Virtuale* si può costruire un modello non solo del futuro edificio, ma anche della zona in cui lo si vuole realizzare: è possibile studiare in questo modo il cambiamento (miglioramento o peggioramento) apportato dall'edificio.

Lo stesso ragionamento può essere fatto per qualsiasi costruzione, da un fabbricato a un parco naturale, e comunque per qualsiasi cambiamento di

un luogo, si potrebbe ad esempio costruire un modello di un quartiere per cambiarne l'illuminazione urbana, e sul modello sperimentare quindi diverse scelte, cosa che su un modello cartaceo risulta molto costosa.

La Realtà Virtuale si presta bene a questo tipo di impiego, infatti quello che si fa costruendo un modello non è altro che costruire un piccolo mondo virtuale, e poi al momento della presentazione, fare una simulazione in questo mondo virtuale. Il quartiere diventa quindi un mondo virtuale nel quale camminare o volare, di notte o di giorno, nel quale effettuare cambiamenti e guardarne i risultati immediatamente come se fossero stati eseguiti immediatamente.

In questa relazione descriverò questo sistema di Ambienti Virtuali, e ne presenterò uno esistente, chiamato Urban Simulator, creato dal Dipartimento di Architettura e Pianificazione Urbana della Scuola dell'Arte e Architettura di Los Angeles (UCLA), con alcuni progetti in cui è stato impiegato. Il sistema dovrebbe quindi avere innanzitutto un modo per costruire il modello virtuale della zona d'interesse e poi avere una interfaccia che permetta di visitare questo mondo, inoltre nel corso della visita ci dovrebbe essere anche un modo per interagire con il modello aggiungendo e togliendo pezzi. La visita deve essere molto realistica per valutare bene i cambiamenti apportati da una nuova struttura o dalla rimozione di una vecchia, pertanto il sistema deve avere una ottima interfaccia grafica, dovendo inoltre essere realizzata in tempo reale, la gestione della parte grafica del sistema è la parte più complessa del sistema.

Oltre al modello statico dell'ambiente dovrebbe essere possibile inserire dei modelli dinamici per aumentare la fedeltà della simulazione, quali pedoni, automobili,...

Per aumentare il senso di presenza nell'ambiente urbano virtuale, potrebbe essere utilizzata una interfaccia audio 3-D, ciò comporterebbe però dei cambiamenti a livello di modellazione, infatti oltre al modello tridimensionale degli edifici si deve tenere anche conto delle caratteristiche sonore,



inoltre si deve tenere conto di sorgenti sonore quali i pedoni, i veicoli, ...

La parte aptica del sistema è quella più sacrificabile, anche se prevedendo una visita dell'ambiente, potrebbe essere gradevole avere un minimo feedback delle forze, ad esempio camminando, dell'ambiente quando si urta un lampione, un muro, o qualsiasi altra cosa.

### Uso del sistema

Come già anticipato le funzionalità del sistema devono essere diverse, per rendere il sistema di simulazione urbano adattabile a tutti i possibili usi.

L'architetto o l'ingegnere che usa il nostro simulatore urbano deve innanzitutto creare il suo modello tridimensionale dell'area su cui andrà a lavorare. Per fare ciò potrebbe usare pacchetti software di modellazione 3-D esistenti e poi importarli nel nostro simulatore. Quindi il simulatore deve avere la possibilità di eseguire la simulazione su modelli creati da altri programmi come ad esempio AutoCAD o MultiGen. Rimarrebbe così il problema di modellare le caratteristiche sonore dell'ambiente, però ultimamente questi pacchetti software, visto che sono usatissimi per costruire mondi virtuali, si stanno adeguando sempre di più alle richieste della Realtà Virtuale, tra le quali compare anche la modellazione sonora, ad esempio l'ultima versione di MultiGen, chiamata MultiGen GO include la possibilità di progettare texture, dati del terreno, e altro, tra cui l'audio 3-D per il modello.

La simulazione deve includere diverse possibilità, innanzitutto deve essere possibile visitare tutto l'ambiente, e questo si può fare camminandoci dentro, girando in automobile o volandoci sopra. Per questo scopo potremmo usare diversi filtri efferenti, ad esempio si potrebbe usare un head tracker e un joystick.

Come filtro afferente si può usare lo schermo, comunque usare un head mounted display e delle cuffie 3-D aumenta notevolmente il senso di presenza, quindi la simulazione è senz'altro più fedele alla futura realtà, muovendoci con un elicottero nell'ambiente quindi usare una poltrona inerziale e un joystick con force feedback (Figura 1).

L'utente deve poter modificare il mondo virtuale, non solo navigarci dentro, aggiungendo palazzi, vie, lampioni, o togliendoli, per potere valutare gli effetti di eventuali variazioni al mondo e poter scegliere tra diverse opportunità, ma deve anche potere scegliere le condizioni in cui effettua la visita, ad esempio quelle atmosferiche o se la visita è notturna o diurna.

I vantaggi di un tale sistema sarebbero enormi, sia economici che temporali, inoltre non è sempre fa-

cile immaginare come un quartiere possa cambiare aggiungendo un nuovo edificio, togliendone uno vecchio, cambiando l'illuminazione stradale, o quale possa essere l'impatto ambientale di una villetta in una bellissima campagna.

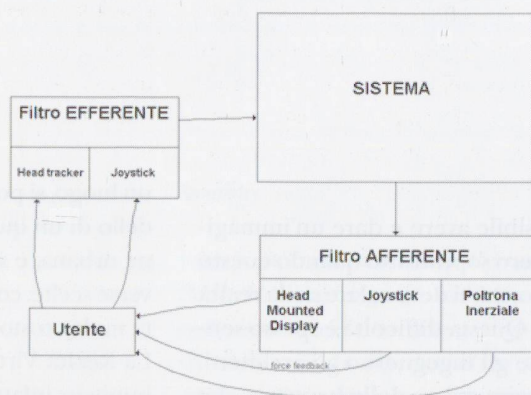


Fig.1 - Possibile filtro afferente ed efferente del sistema

Inoltre una costruzione può valere di più o di meno a seconda dell'ubicazione, ovvero a seconda delle strutture che la circondano, ma la stessa struttura può aggiungere o togliere valore all'ambiente circostante, ad esempio costruendo una casa in Piazza dei Miracoli a Pisa, tra il Duomo e il Battistero, il valore economico di questa struttura sarebbe altissimo, ma il valore intero della piazza crollerebbe. Mentre in questo caso l'effetto devastante della nuova costruzione è ben visibile, spesso non è così, un sistema come quello che sto descrivendo metterebbe subito in risalto tali difetti.

### UCLA Urban Simulator

Un Ambiente Virtuale simile a quello descritto precedentemente è stato realizzato dal Dipartimento UCLA di Architettura e Pianificazione Urbana della Scuola dell'Arte e Architettura di Los Angeles, questo sistema si chiama Urban Simulator, esso è un ambiente di calcolo per simulazioni urbane foto realistiche ad alta qualità in real time. Questo sistema usa fotografie aeree dell'area, unite a video al livello stradale dei fabbricati per creare efficientemente modelli realistici nel computer di aree urbane nelle quali camminare o volare interattivamente.

### Presentazione

La realizzazione di questo sistema è stata possibile sfruttando la tecnologia esistente della simulazione visuale. All'inizio questa tecnologia era costosissima e quindi usata solo per applicazioni militari e aerospaziali, ma con l'abbassarsi dei prezzi è stato possibile usarla anche per aiutare i progettisti e i disegnatori per visualizzare e valutare i cambia-



menti in un ambiente urbano. Il simulatore urbano dell'UCLA non ha nessun ritorno di forze, la sua visita viene vista su display o head mounted display, e non ha l'ausilio del sonoro, questo perché nonostante la tecnologia attuale sia sviluppata, ancora non è in grado di gestire tutte queste informazioni in tempo reale, infatti già solo la parte visuale ha bisogno di accorgimenti piuttosto astuti per funzionare in tempo reale con una risposta all'utente adeguata. Le performance del sistema sono quindi importantissime, questo perché durante la simulazione, è importante avere una certa fluidità nelle sequenze di immagini (ad esempio mentre si cammina), fluidità ottenuta mostrando circa 20 frames al secondo (che tuttavia non sono moltissimi, infatti l'occhio umano ne percepisce una trentina), questo non è semplice, perché il numero di poligoni e di texture da elaborare per un intero quartiere è abbastanza alto, e di questi per ogni frame mostrato sullo schermo ne deve essere fatto un rendering in tempo reale.

Comunque è possibile durante la simulazione rimuovere edifici esistenti, sostituirli con altri edifici o parchi, visitare questi stessi parchi, aggiungere o togliere strade, cambiare l'età del verde del nostro quartiere.

#### *Componenti del sistema*

Inizio col dire cosa non ha il Simulatore Urbano, esso non ha un modellatore di oggetti 3-D, ma si limita ad usare modelli prodotti da altri pacchetti software quali AutoCAD o MultiGen con i quali si generano modelli realistici dei nostri quartieri. Il Simulatore Urbano ha una interfaccia che permette di esplorare l'ambiente virtuale, essa è stata creata appositamente per venire incontro alle esigenze dei progettisti, permette di aggiungere oggetti dinamici (persone, veicoli,...) e statici (fabbricati, parchi, piazze, vie,...) o toglierli dalla simulazione, per valutarne gli effetti sull'intero modello. Un'altra componente del sistema molto importante è un sistema di informazione geografica (GIS), al quale il sistema è collegato dinamicamente, grazie a questo il sistema oltre che essere un simulatore visuale diviene un vero e proprio strumento di pianificazione interattivo, di valutazione. GIS è un attrezzo informatico usato per modellare e analizzare dati esistenti ed eventi tenendo conto della loro ubicazione geografica. Praticamente un GIS è un database distribuito contenente informazioni topologiche sulle reti stradali come connettività, adiacenza e prossimità, contiene anche informazioni demografiche regionali, modelli di flusso traffico a determinate locazioni.

Un GIS è quindi in grado di rispondere a domande

sulla viabilità da un luogo all'altro, sull'impatto ambientale e sui benefici della costruzione di una strada che collega due posti, a seconda che essa passi in un quartiere residenziale o in un quartiere commerciale. Il collegamento col sistema GIS è stato fatto usando ArcView2 dell'Environmental Systems Research Institute's (ESRI) il quale è in grado di interrogare database GIS con delle query dinamiche e restituire i risultati in tempo reale in formato tridimensionale. Ciò permette all'utente di interrogare il database GIS direttamente dalla finestra della simulazione selezionando un oggetto nell'ambiente tridimensionale – nella finestra del GIS si evidenzierà la zona selezionata su una mappa bidimensionale – oppure di interrogare in maniera tradizionale il GIS e mostrare direttamente i risultati nella finestra della simulazione. Oltre che al GIS, l'urban simulator è collegato ad un altro database contenente informazioni sugli oggetti tridimensionali della scena.

#### *Interfaccia*

L'interfaccia dell'Urban Simulator permette innanzitutto di visitare l'ambiente virtuale creato. Le possibilità di visita sono diverse, si può camminare o volare nel modello, oppure lo si può visitare guidando una macchina, o ancora attaccarsi ad uno degli oggetti dinamici del modello come un pedone o un veicolo.

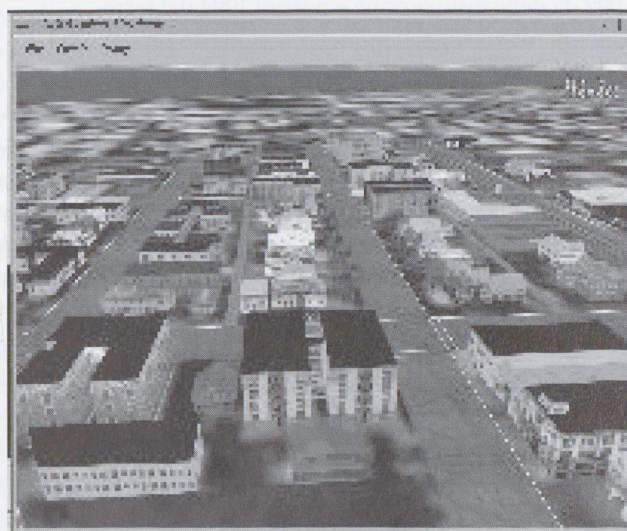


Fig.2 – Volare nell'ambiente urbano virtuale

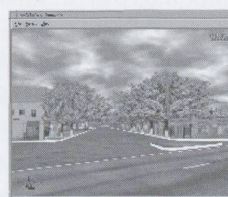


Fig.3 – Camminare nell'ambiente urbano virtuale



L'interfaccia permette anche la modifica dell'ambiente virtuale, è infatti possibile selezionare un oggetto nel modello, e quindi eliminarlo dal modello (simulando ad esempio la rimozione di un edificio) oppure evidenziarlo (come se una luce si accendesse su di lui). Si possono sostituire modelli alternativi per l'oggetto, valutando quindi il cambiamento apportato all'ambiente, ad esempio si può simulare la crescita di alberi che si vogliono piantare in una strada, come mostrato in figura 4, oppure valutare diversi stili nella facciata di un edificio.

È possibile visualizzare cambiamenti dell'ambiente che avvengono in diverse fasi, memorizzando questi cambiamenti e visualizzandoli successivamente muovendo uno slider nella finestra dell'animazione. Infine l'Urban Simulator mette a disposizione dell'utente un certo numero di oggetti contenuti in una libreria immediatamente applicabili alla propria simulazione, questi oggetti sono sia statici (alberi, lampioni, segnali stradali, ...) che dinamici (pedoni, automobili, tram, ...).

#### *Progetti realizzati*

L'Urban Simulator è stato utilizzato per costruire un modello del quartiere Pico-Union di Los Angeles, per un progetto che si poneva come obiettivo la produzione di un piano di sviluppo della comunità e un programma di realizzazione dei servizi, per questo quartiere che è considerato il più angosciato di Los Angeles, infatti danneggiato prima nel 1992 da delle insurrezione e poi nel 1994 dal terremoto di Northridge. Il modello per questo progetto era composto da 18 blocchi, grazie all'interfaccia del simulatore i progettisti hanno potuto eliminare un certo numero di edifici esistenti e blocchi stradali per inserire parchi e zone verdi nel quartiere. Quello che interessava ai progettisti però era il collegamento al sistema GIS, grazie al quale esporre caratteristiche di popolazione e individuare fabbricati disabitati da sostituire con zone verdi. Un altro progetto in cui è stato impiegato l'Urban Simulator, ancora a Los Angeles è stato il progetto di un sottopassaggio pedonale all'incrocio di Wilshire e Vermont. Un altro progetto importante in cui è stato usato il simulatore è stato la progettazione di un albergo da parte della Atlandia Design. Progettare e immaginare questo albergo immenso a Las Vegas in mezzo a ristoranti, negozi esclusivi e casinò è diverso che progettare per una piccola cittadina. Bene, per Urban Simulator non c'è nessun problema, infatti è possibile piazzare l'albergo ovunque si voglia, e valutarne le conseguenze.

#### *Hardware richiesto e performances*

MultiGen e Autocad girano su qualsiasi worksta-



Fig. 4 – Simulazione della crescita di eventuali alberi piantati sulla strada del quartiere virtuale.



Fig. 5 – Modello urbano dettagliato, con pedoni e veicoli

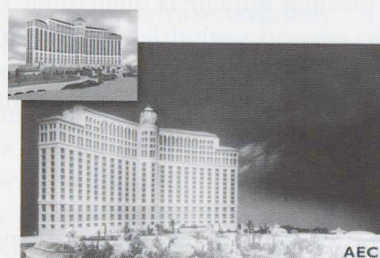


Fig. 6 – Albergo realizzato in due luoghi differenti

tion, essi non hanno bisogno di elevatissime performance perché il modello viene costruito prima della simulazione e non in tempo reale. L'Urban Simulator è un software che ha bisogno di una discreta potenza di calcolo, esso come già detto deve effettuare un rendering in tempo reale di un intero quartiere. Esso gira su una workstation a quattro processori della Silicon Graphics, l'Onyx con hardware grafico Reality Engine da sfruttare per il texture mapping in tempo reale. La workstation ha 128 Mb di RAM e 16 Mb di texture memory, il motore grafico Reality Engine è in grado di renderizzare circa 600.000 poligoni ombreggiati e con texture con un Frame Rate di 15 immagini al secondo. Per ottenere le performance di 20 frames al secondo occorre renderizzare non più di 30.000 poligoni per frame, però costruendo un modello per un intero quartiere la soglia è facilmente superata, per questo si organizza il modello in blocchi, come discuteremo nel prossimo paragrafo, per ora diciamo che un blocco contiene circa 10 proprietà su ogni suo lato, ogni proprietà ha una struttura pri-



maria e delle texture associate, un lato di un blocco è grande quindi quanto una strada (incrocio-incrocio), un quartiere viene così rappresentato con venti o trenta blocchi. Un modello può eccedere il limite dei 30 blocchi purché si riesca alla fine con qualche tecnica a renderizzare non più di 30.000 poligoni. La limitazione più grande è data dalla texture memory, infatti il limite dei 16 Mb viene facilmente superato dai modelli, e ciò provoca una notevole degradazione delle performances del sistema. L'uso delle texture d'altra parte è molto importante per fare delle simulazioni realistiche, quindi quello che si deve fare è cercare un trade-off tra realismo e quantità di memoria usata dalle texture. Non sempre questo è possibile, ad esempio i modelli costruiti per la Hollywood Boulevard e MacArthur Park usano 60 o 70 Mb di texture. Per sopperire le limitazioni del nostro hardware dobbiamo usare tre tecniche:

- a) Usare una strategia disciplinata per organizzare spazialmente il modello;
- b) Usare con parsimonia le texture;
- c) Usare diversi livelli di dettaglio per oggetti del modello.

Queste tre tecniche le approfondiremo parlando della modellazione.

La componente ArcView2 di interfacciamento al GIS può girare sulla stessa macchina oppure su un'altra, ad esempio una SUN Solaris o Silicon Graphics come in figura.

#### Modellazione

La creazione di un modello tridimensionale di un intero quartiere non è un processo semplice, ma lungo e complesso, per eliminare questa complessità di costruzione, si usa il pacchetto software MultiGen, il quale è capace di costruire velocemente modelli di una scena urbana usando oggetti geometrici molto semplificati per gli edifici, gli alberi e le strade, e rendendoli più realistici applicando delle texture a questi modelli.

La generazione del modello comincia facendo una aereofotogrammetria della zona da modellare, ovvero scattando delle foto aeree ad alta risoluzione, le quali danno la possibilità di ottenere varie informazioni sulle ampiezze delle strade, sulle piante degli edifici, sulla vegetazione, ... in modo veloce e accurato. Le fotografie vengono digitalizzate nel computer, ruotate e scalate per essere messe in corrispondenza con il sistema di coordinate dello Stato della California (UCLA Urban Simulator; è stato realizzato come già detto in California, ed è stato usato solo lì fino ad ora), sistema usato per tutti i progetti localizzati nella Penisola californiana. Dalle fotografie aeree si ricavano quindi tutte le infor-

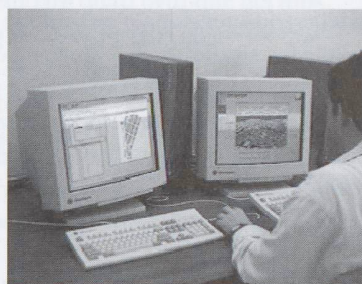


Fig. 7 - Due workstation che elaborano Arc-View (a sinistra) e Urban Simulator (a destra)

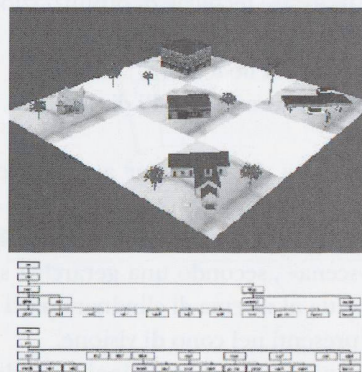


Fig. 8 - Organizzazione a cluster del database

mazioni necessarie per identificare strade e blocchi nel modello, che vengono inserite nel database del sistema. A volte è possibile usare delle piante memorizzate in formato DXF (AutoCAD) per estrarre informazioni particolareggiate su strade, proprietà ( parcelle ) e costruzioni, informazioni che ci accorcerebbero sensibilmente questa fase di modellazione (del 30 % circa). Questo si fa quando è disponibile un file DXF, in questo caso la foto aerea è calibrata in modo tale da combaciare con i dati del file.

Mentre si costruisce il modello geometrico dell'ambiente, si possono collezionare delle fotografie delle facciate degli edifici da usare come texture per gli oggetti del modello, purtroppo anche questa operazione può essere lunga, infatti si devono scattare diverse foto considerando che un modello può contenere diverse centinaia di texture. Un metodo semplice, veloce e meno costoso per raccogliere le immagini per le texture è girare un video, e poi immetterle nel computer usando un frame grabber. Le foto ricavate si devono aggiustare (colori, prospettiva), si devono rimuovere gli oggetti che coprono l'area della facciata (come segnali stradali, alberi, auto, persone, ...), per fare ciò si usano tool di fotoritocco, come Photoshop della Adobe. Gli oggetti rappresentanti le strutture sono posi-



zionati nel modello tridimensionale secondo le indicazioni date dalle fotografie aeree, le quali ne evidenziano per ognuno la pianta e la posizione nel quartiere. A questo punto bisogna dare le altezze a questi oggetti. Altezze che non sono ricavabili dalle foto aeree, e che quindi devono essere misurate il loco oppure ricavate dalle immagini dei prospetti dei palazzi prese come texture.

L'ultima fase della modellazione consiste nell'applicare le texture alle figure tridimensionali per creare il cosiddetto fotorealismo nella scena. Come già detto in precedenza, nella creazione del modello bisogna usare tre tecniche di ottimizzazione:

- Organizzazione spaziale del modello;
- Uso intelligente delle texture;
- Visualizzazione secondo livelli di dettaglio.

a) La prima tecnica da usare per aumentare la performance della simulazione è organizzare il database che descrive gli oggetti nel modello, chiamato anche «scena», secondo una gerarchia spaziale che permetta al sistema di eliminare parti del modello non presenti nel cono di visione.

Ci sono diverse possibili organizzazioni per il database della scena, lo si può organizzare ad albero, in cui ogni nodo è una unità del database; in questa struttura risaltano le relazioni esistenti tra elementi diversi del database. Una organizzazione più efficiente del database per la simulazione visuale, consiste nel dividere il database fisico in regioni, chiamate piastrelle (tiles). In ogni piastrella gli oggetti saranno organizzati ad albero, formando così una cosiddetta struttura a cluster (figura 8).

La divisione del database in piastrelle può essere fatta secondo gli incroci stradali, ho così un buon modo per riferire le locazioni degli oggetti nel database. Su una piastrella metterò quindi un incrocio e un quarto di blocco per ogni lato dell'incrocio come mostrato in figura 8. Per mantenere l'integrità dei dati, dividerò i blocchi lungo le linee identificate dalle parcelle. Questa organizzazione del modello aiuta molto la parte visuale della simulazione, ma aumenta la complessità del sistema quando lo si collega ad un database GIS, dove un blocco è memorizzato per intero. Per questo motivo il sistema quando caricherà il modello creerà delle liste di puntatori a elementi del modello. Le liste verranno associate al database GIS (Figura 9) usando dei descrittori (ad esempio identificatori di blocchi) per facilitare i link tra la geometria e i dati del modello con il database GIS (Figura 10).

b) Uso efficiente delle texture

Quando una texture è stata digitalizzata, elaborata e tagliata diviene una semplice bitmap 64x64 pixel

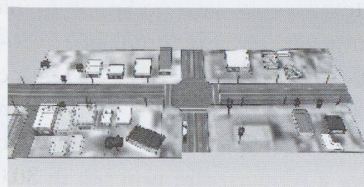


Fig. 9 – Database visuale organizzato per incroci

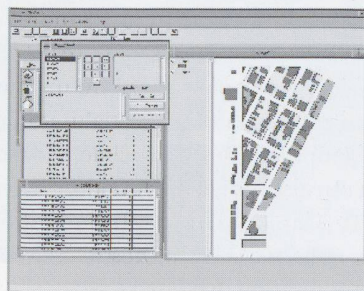


Fig. 10 – Interfaccia di un database GIS

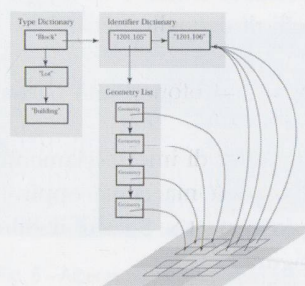


Fig. 11 – Diagramma della struttura di liste di puntatori

o 128x128 (tipicamente, comunque una potenza di due per essere trattate in maniera più efficiente dall'hardware). Per ogni oggetto della scena dobbiamo attaccare una texture per ogni lato e una per la copertura, quindi le texture contribuiscono ad aumentare notevolmente la complessità del modello. Usare efficientemente le texture vuol dire risparmiare immagini dove è possibile. Ad esempio se si scopre che un edificio ha 3 facciate uguali ed una diversa, ad esso saranno applicate solo due texture diverse, e quella uguale sarà replicata su altri due lati, anziché 4 per lato; così facendo si riescono ad avere per lo stesso modello dei significativi risparmi di memoria.

c) Un'ultima semplice tecnica per velocizzare la simulazione è quella di mostrare gli oggetti secondo diversi livelli di dettaglio. Renderizzare tutto il modello è una operazione troppo onerosa per essere fatta in real-time con le attuali tecnologie, fortuna-



tamente ci sono due grandi possibilità di semplificazione. Innanzitutto, non tutti gli oggetti del modello sono visibili, quindi posso non renderizzare quelli che non si vedranno, per accorgerci di questo sfruttiamo l'organizzazione spaziale del database.

Poi, un oggetto visibile, anche se lontano, consumerà lo stesso tempo per essere renderizzato, questo perché la geometria e le texture sono sempre le stesse. Nella visualizzazione però, i dettagli dell'oggetto lontano verranno persi fino a che esso non si ridurrà ad un punto: in previsione di questo posso quindi renderizzare degli oggetti più o meno dettagliati, a seconda della distanza. La creazione di questi diversi livelli di dettaglio può essere fatta in modo automatico o manuale, anche se il primo modo non garantisce risultati come il secondo. Al livello più alto di dettaglio si aggiungono agli oggetti tutte quelle rifiniture che ne aumentano la realistica, come crepe nei muri, pilastri, tendoni, ...

### Conclusioni

L'Urban Simulator dell'UCLA è quindi un sistema in grado di realizzare la visita di un ambiente urbano in modo realistico, il problema è che l'ambiente visitabile è di un ventina di blocchi massimo. William Jepson ha comunque garantito che stanno lavorando per organizzare il database visuale in modo tale da creare modelli di scala maggiore.

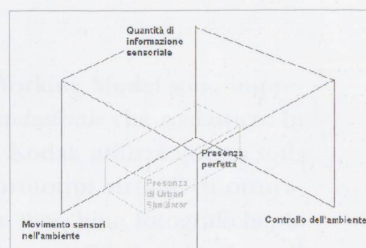
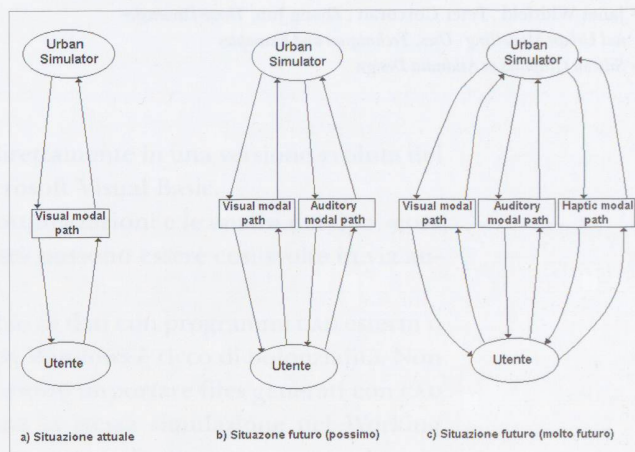
Con le ultime versioni di MultiGen si riesce a modellare anche la componente sonora del modello, quindi in un prossimo futuro mi aspetto una versione del programma che includa anche l'audio nella simulazione. Questo come ho già detto aumenterebbe non di poco il realismo del modello, e quindi il senso di immersione.

Quello che manca nel programma e per cui non è per ora in cantiere nessuna evoluzione è la componente aptica degli stimoli sensoriali, questo non perché sarebbe superflua nel sistema secondo me, ma perché si aggiungerebbero ulteriori algoritmi di complessità molto alta ad un sistema che già sfrutta al massimo le potenzialità della workstation su cui gira. Per una evoluzione in questo senso, a mio avviso, si dovrà aspettare una evoluzione tecnologica non indifferente.

Volendo dare una quantificazione della presenza, usando la definizione di Sheridan, sicuramente risulterà che la presenza non è totale.

La quantità di informazione sensoriale è 1/3 di quella massima (solo interfaccia visuale), quindi di circa il 30 %; il controllo dell'ambiente nemmeno è totale, anche qui una valutazione del 30 % è già esagerata (posso togliere, mettere oggetti e basta), mentre il movimento dei sensori nell'ambiente è

buono, infatti posso andare quasi ovunque nel modello, tranne che negli edifici (magari guardare una piazza dalla finestra di una camera potrebbe essere molto interessante), quindi la quantificherei al 60 %. Il grafico è mostrato in figura.





## Bibliografia

- Robin Liggett, Scott Friedman, and William Jepson, *Virtual Modelling of Urban Environments*, Presence Volume 5, Number 1
- Robin Liggett, Scott Friedman, and William Jepson, *Interactive Design/Decision Making in a Virtual Urban World: Visual Simulation and GIS*,  
<http://www.esri.com/base/common/userconf/proc95/to350/p308.html>
- Diana Phillips Mahoney, *Merging CAD and GIS*, Computer Graphics World (CGW), Marzo 1998
- Janet Whitfield, Peter Corcoran, Zhang Jun, *Three-Dimensional Urban Modelling - Uses, Techniques and Examples*
- *Silicon Graphics at Atlandia Design*

## Summary

*Virtual Reality can be employed in preparing a project for every kind of construction, from a building to a park, and in any case for any change whatsoever of a particular location. For example, one could construct a model of a neighbourhood with the purpose of changing its lighting system; then with this model experiment on different choices of various systems. This is something which would be very expensive to do if it was carried out by means of models made of paper. Virtual Reality is very well adopted to being used in this way; in fact, what one does in constructing such a model is simply to create a little virtual world and subsequently prepare a simulation in this virtual world at the moment of the presentation. The neighbourhood therefore becomes a virtual world in which walking or flying at night or during the day become criteria that can be changed at will, and the results of such changes can be examined immediately just as if all the changes had been carried out immediately. In this article the author describes this system of Virtual Environments and presents an existing one called Urban Simulator - created by the Department of Architecture and Urban Planning of the School of Art and Architecture of Los Angeles (UCLA) - along with some projects in which this particular system was employed.*

