

ALMA MATER STUDIORUM · UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

FACOLTÀ DI SCIENZE MATEMATICHE, FISICHE E NATURALI
Corso di Laurea Specialistica in Informatica

**Aumentare la Realtà Aumentata:
il caso del First-Person Shooter Game
sul Conte Luigi Ferdinando Marsili**

Tesi di Laurea in Sistemi e Applicazioni Multimediali

Relatore:
Chiar.mo Prof.
MARCO ROCCETTI

Presentata da:
SAMUELE CATTABRIGA

Correlatori:
Prof. ALESSANDRO AMOROSO
Prof.ssa SIMONA CARACENI
Dott. GUSTAVO MARFIA

**Sessione III
Anno Accademico 2010-2011**

*A chi sa inventare gli artifici che rendono la realtà accessibile a
tutti...*

Indice

Introduzione	5
1 Il contesto di partenza	7
1.1 Lo scenario delle tecnologie multimediali applicate nei musei	7
1.2 Lo scenario dell'Augmented Reality	9
1.3 Lo scenario alla base del progetto di SAMM e il contributo offerto progettualmente	11
2 Stato dell'arte sulle tematiche introdotte	15
2.1 Alcuni lavori rappresentativi sull'uso del multimedia interat- tivo nei musei	15
2.1.1 Il paradigma <i>Global Digital Museum</i> nella formazione di alunni dai 6 ai 12 anni	16
2.1.2 Usare interfacce multimediali per rendere accessibile il museo	18
2.1.3 Sfruttare il cellulare per consultare un museo	20
2.1.4 Un esempio di museo e realtà virtuale	22
2.1.5 Interagire con il museo in un mondo virtuale	23
2.2 Proposte interattive sviluppate con Augmented Reality	25
2.2.1 Applicazioni in ambito militare	25
2.2.2 L'utilizzo medicale delle tecnologie	28
2.2.3 L'uso nel campo del commercio e dell'industria	30
2.2.4 Il contesto d'applicazione architettonico/urbanistico	32
2.2.5 Applicazioni in contesto ludico	34

3	La proposta del progetto Marsili nel museo	39
3.1	La storia di Luigi Ferdinando Marsili: l'uomo ed il personaggio storico	39
3.2	Le idee sul gioco da costruire e le possibili proposte	48
4	L'implementazione del gioco	55
4.1	L'architettura hardware di servizio	55
4.2	Le componenti software	57
4.3	Un'esecuzione del gioco	67
4.4	Problematiche incontrate e risoluzioni	68
5	Conclusioni	71
5.1	Considerazioni finali sul gioco e le sue implicazioni	71
5.2	Possibili sviluppi futuri	72
	Bibliografia	73

Elenco delle figure

1.1	Lo schema generale del sistema	12
2.1	Lo schema GDM	18
2.2	Il logo del progetto “What Clicks?”	19
2.3	L’applicazione del <i>Tate Modern</i>	21
2.4	Il <i>Museum Theater</i>	23
2.5	Una riproduzione museale in Second Life	24
2.6	Marcatori ed effetti del loro posizionamento sulla plancia	26
2.7	Una descrizione grafica delle componenti di BARS	27
2.8	Una visuale dell’impostazione dell’architettura di simulazione	28
2.9	La visione stereometrica, riprodotta su uno schermo di proiezione	30
2.10	Design industriale collaborativo	31
2.11	Mappatura di un oggetto virtuale con il corrispettivo reale	32
2.12	Utilizzo nella progettazione urbanistica	33
2.13	Esempi di design per l’illuminazione interna	35
2.14	Schema degli algoritmi della Tortellino X-perience	36
2.15	Illustrazione della tavola da sfoglia virtuale	37
3.1	Luigi Ferdinando Marsili	40
3.2	Interni del museo di Palazzo Poggi	44
3.3	Un modellino della fortificazione di Breisach	47
3.4	Gli interni delle sale Aleph	50
4.1	La mappa semplificata delle Aleph	56

4.2	L'architettura di gioco	57
4.3	Un prototipo dell'interfaccia su smartphone	61
4.4	I markers per il posizionamento iniziale	63
4.5	Tre esempi di immagine sui monitor delle sale	66
4.6	Il modello a stati finiti del ciclo d'esecuzione	67
4.7	Fasi dello sparo in dettaglio	68

Introduzione

Questa trattazione verterà sull'analisi di un sistema di gioco tra due individui, tra loro interagenti mediante handheld device, in un contesto immersivo posto in un luogo chiuso di natura museale.

L'intera struttura, sviluppata nell'ambito del Corso di Sistemi ed Applicazioni Multimediali nell'anno 2010-2011, vuole porre un'innovazione rispetto agli scenari esistenti: laddove un'interazione museale richieda spesso la staticità dell'utilizzatore del servizio, il mezzo del gioco richiede invece la manipolazione e il movimento all'interno del luogo, garantendo un coinvolgimento maggiormente accentuato rispetto alla normale fruizione dei contenuti. Inoltre, la scelta alla base della realizzazione si affida allo strumento multimediale e sempre più diffuso costituito dalle tecniche di Realtà Aumentata, che appongono aggiunte digitali all'ambiente circostante e permettono di modellare strutture d'informazione e manipolazione percepibili solo tramite apposite interfacce, ma pienamente inserite in un tessuto reale. La componente innovativa in questo schema è però portata da un'ulteriore aspetto, quello della cooperazione di due dispositivi in contemporanea attori dell'interazione che, attraverso l'azione sulle informazioni esistenti, consentono di produrre modifiche rilevabili da ciascuno dei coinvolti.

Nel primo capitolo, si introdurranno i presupposti alla base della tecnologia della Realtà Aumentata, cosa si intenda per fruizione

multimediale dei contenuti museali e quali siano state le motivazioni e le decisioni che hanno portato alla realizzazione dell'applicativo esaminato. Successivamente, il secondo capitolo costituirà un excursus sulle tecniche e le realizzazioni significative attualmente disponibili per la Realtà Aumentata, nonché sulle scelte che al giorno d'oggi sono alla base della gestione dell'interattività negli eventi culturali museografici. Il terzo capitolo approfondirà poi il contesto storico entro cui si è voluta riprodurre l'esibizione ed il procedimento che ha permesso di stigmatizzare l'idea dell'evento, prima di fornire un quadro completo all'implementazione, dettagliata nella sua interezza al capitolo quarto, che mostrerà anche le problematiche incontrate durante lo sviluppo di tutta la struttura. Considerazioni e proposte ispirate da questo lavoro saranno il cuore del quinto ed ultimo capitolo.

Capitolo 1

Il contesto di partenza

In questo primo capitolo andremo a presentare i tre elementi che fanno da cardine a quest'elaborato: per i primi esporremo una breve introduzione - una visione approfondita, che coinvolga la storia di alcuni lavori di background, verrà fatta al secondo capitolo -, che porterà a inquadrare i presupposti di partenza per la progettazione di ciò che accenneremo nella terza sezione di questo testo introduttivo e le cui progettazione ed implementazione verranno dettagliate negli ultimi capitoli.

1.1 Lo scenario delle tecnologie multimediali applicate nei musei

L'ambiente museale è tradizionalmente uno dei luoghi privilegiati dove viene custodita ed esposta buona parte della produzione culturale disponibile pubblicamente, sia essa umanistica o scientifica. Per questo motivo, il museo è spesso stato associato ad un concetto di archivio statico, consultabile tutt'al più muovendosi all'interno di sale con esposizioni che custodiscano le risorse disponibili, o mediante percorsi prestabiliti in luoghi attrezzati per mostrare i beni in essi custoditi. Questo metodo di fruizione è intuibilmente lontano da un approccio attivo e comporta che l'attenzione del visitatore sia stimolata soprattutto passivamente, senza richiesta o proposta di interazione.

Negli ultimi 30 anni si è andata costruendo invece una nuova visione dell'approccio ai contenuti museali: da una parte, la ricerca di una sempre maggiore facilità nella consultazione dei contenuti è stata raggiunta dall'integrazione degli archivi museali nel complesso intreccio delle reti informatiche, in particolare Internet, rendendo avvicinabili in tal senso i testi e le immagini dei campioni conservati in concreto anche in locazioni sottoposte a controlli che normalmente ne impedirebbero l'accesso dal vivo; al contempo, grazie all'introduzione di nuove tecnologie multimediali ispirate a quelle presenti in altri contesti (si pensi a quello ludico o a quello cinematografico) si è assistito al tentativo sempre più riuscito di creare un'esperienza immersiva, che catturi maggiormente l'attenzione del visitatore in modo che non rimanga semplice spettatore, ma che si scopra protagonista dell'evento stesso ricreato all'interno dell'ambito museale. Tali innovazioni hanno consentito perciò di dare nuova vita al museo, configurandolo diversamente ora come luogo di cultura attiva, cui il fruitore attinga per crearsi percorsi di contenuti dettati dai propri interessi e dalle proprie necessità, oppure dove possa sperimentare dal vivo la ricostruzione digitale di eventi o fenomeni ivi riprodotti, grazie all'uso di supporti multimediali, siano essi visivi, sonori o comportanti altre esperienze sensoriali. Questo ha implicato un'ulteriore spinta all'utilizzo della forma museale sia per una frequentazione individuale, che nel vero e proprio percorso dell'istruzione scolastica ed universitaria: non sono rare, infatti, le installazioni culturali che hanno un risvolto applicabile nel cammino formativo di studenti e docenti, i quali trovano nella forma multimediale e nella sua duttilità la possibilità di costruire cammini educativi secondo le proprie esigenze. Inoltre, proprio per la loro duttilità, tali funzionalità a supporto dell'attività museale garantiscono la fruizione anche a persone in condizione di handicap, consentendo così di colmare evidenti ostacoli che sinora potevano impedirne ad esse un approccio organico.

A seguito di queste scelte innovative, si è così giunti ad una visione del museo che astragga dal luogo dell'edificio in sè per sè, per configurare quello che viene chiamato il museo virtuale, ovvero un contesto dove l'intera esperienza

museale possa essere definita interamente a mezzo di una rappresentazione digitale, accessibile tramite un dispositivo predisposto, quale ad esempio una semplice interfaccia collegata alla risorsa e gestibile mediante un terminale esistente in loco od un computer collegato ad una rete come l'Internet stessa.

1.2 Lo scenario dell'Augmented Reality

La realtà aumentata, o Augmented Reality, in forte ascesa negli ultimi dieci anni, viene a delinarsi in uno scenario in cui è necessario ripensare l'interazione tra l'individuo e la realtà circostante, seguendo un approccio differente da quello che è invece utilizzato nelle tecnologie per la realtà virtuale. Entrambe le soluzioni multimediali, infatti, vertono sullo sviluppo di componenti per modellare un rapporto con un mondo ed una realtà, ma mentre le tecnologie legate al virtuale si occupano di ricostruire e simulare l'intero ambiente con elementi artificiali, difatti creando un contesto fittizio in cui l'operatore possa agire (dal semplice muoversi, sino a sperimentare azioni e percepire sensazioni ricostruite in parte grazie a supporti ausiliari di feedback), l'innovazione introdotta dalla realtà aumentata si palesa aggiungendo, durante l'interazione stessa con l'ambiente circostante, uno strato di informazioni suppletive alle strutture esistenti. Si ha quindi la presentazione di informazioni dettagliate sul mondo attorno all'osservatore, che può essere garantita con un differente grado di approfondimento in base all'interfaccia apposta alla ripresa di una visuale o alla trasmissione di messaggi sonori. Il presupposto di questa tecnologia, infatti, risiede come per la realtà virtuale nella necessità di utilizzare dispositivi hardware atti a consentire lo sfruttamento di questi strati di informazione aggiuntiva: dove vi è uso di caschi, occhiali e schermi che permettano la sensazione immersiva dell'utente in un contesto ricostruito in tre dimensioni, con una fisica ed un sistema percettivo simulati, qui è altrimenti necessario fornire adeguati supporti di riproduzione sonora (quando richiesto) e l'equivalente materiale di un filtro per la visione dell'ambiente circostante, come ad esempio un oggetto elettronico dotato di

videocamera, su cui vengano automaticamente mostrate le informazioni relative al contesto grazie ai programmi di cui tale strumento è fornito (si pensi ad un piccolo computer, un tablet o addirittura un semplice smartphone). Conseguentemente, a maggiore complessità dell'interattività e dell'esperienza che si voglia fornire, risponderà una maggiore richiesta di requisiti, sia hardware che software, con un notevole lievitare dei costi dello sviluppo delle applicazioni che adoperino questa scelta multimediale.

Tecnologie di questo genere si sono ormai diffuse negli ultimi anni in differenti contesti, trovando ampio studio in merito nel settore militare, dove informazioni fornite in tempo reale sulla condizione dell'ambiente circostante possano risultare vitali nello svolgimento di una battaglia, oppure altrettanto necessarie nelle ricostruzioni per l'addestramento delle forze armate. Altri contesti in cui le tecniche di realtà aumentata sono divenute oggetto di analisi sono anche quello medicale, dove la formazione sanitaria e la pianificazione delle operazioni chirurgiche hanno giovato di ricostruzioni apposte non più soltanto su modelli anatomici o replicati fittiziamente, il settore urbanistico, in cui di fondamentale apporto è divenuta la possibilità di visualizzare in anteprima l'impatto architettonico di nuovi edifici, e il settore dell'industria e del commercio, in cui, seppur in forma minore, sono in esame funzionalità per la standardizzazione e la verifica del ciclo produzione-distribuzione e dei macchinari connessi. Sicuramente non è da dimenticare neppure l'evoluzione che la realtà aumentata ha suscitato nei videogiochi, in cui l'uso di sistemi di tracking e di sensori, ormai alla portata della maggior parte dei fruitori, ha trasformato l'utilizzo dei dispositivi ludici, incrementando l'immersività in giochi sportivi o con un'accentuato sfruttamento dello spazio di movimento. Vi sono comunque sempre più numerosi studi in merito, specialmente in ambito accademico e educativo, sull'influenza e sullo sviluppo di nuovi modi di concepire tale tecnologia: per questo motivo, non mancano analisi e tentativi su come migliorare e, al contempo, ridurre i costi di questi processi atti a creare sistemi di realtà aumentata e renderli più facilmente riutilizzabili in differenti situazioni. In particolare, uno dei due grossi problemi attualmente

esaminati è l'effettivo obbligo di adoperare dispositivi complessi per l'uso della realtà aumentata, questione che ne lievita i costi, perciò ci si interroga se sia possibile ridurre le spese demandando la complessità al lato del codice di programmazione e della sua configurazione, piuttosto che nella progettazione dedicata a tale unico scopo dell'oggetto fisico con cui se ne farà uso. Il secondo problema, d'altra parte, riguarda la necessità di gestire differenti tipologie di interazione riprodotte in un contesto aumentato: è infatti possibile che uno o più utenti possano agire tramite un dispositivo, generico o dedicato, ma non è invece assicurata l'interazione collaborativa tra individui che operino tramite dispositivi differenti immersi nello stesso ambiente di realtà aumentata.

1.3 Lo scenario alla base del progetto di SAMM e il contributo offerto progettualmente

Sinora abbiamo accennato a come sia importante e efficace garantire un accesso multimediale ai contenuti museali e come, al contempo, in ambito prettamente tecnologico, si siano realizzate proposte per garantire immersività apponendo interfacce di contenuti informativi direttamente sull'ambiente di fruizione. Viene così spontaneo pensare come questa strada della realtà aumentata possa essere applicata proprio per la presentazione di contenuti museali e alcuni esempi verranno mostrati nel prossimo capitolo. È stato però già sottolineato quanto spesso tali soluzioni richiedano lo sfruttamento di risorse elevate dal punto di vista economico, per realizzare hardware e software ad hoc, e quanto quindi sia fortemente impegnativo lo sviluppo di soluzioni in tal senso. Sorge la domanda, perciò, se sia possibile ridurre queste spese, mantenendo alti standard qualitativi rispondenti alle esigenze di un evento museale o di un'installazione perdurabile nel tempo, eventualmente replicabile o riadattabile, e al contempo che si aggiungano anche nuove prospettive di studio per le tecnologie esaminate, con nuove forme di interoperatività, auspicabilmente anche collaborativa.

Il tema di questo elaborato mette al centro proprio tale aspetto e la possibilità di utilizzare un basso quantitativo di risorse per ottenere un risultato che competa nella sua semplicità con modelli dai costi certamente più elevati, facendo uso delle tecnologie attualmente disponibili, integrate tramite un lavoro suppletivo di programmazione e configurazione per la gestione di informazioni da sensori. In particolare, ci si è soffermati sulla possibilità di realizzare non soltanto una struttura consultabile passivamente o con basso grado di interazione, ma ci si è posto l'obiettivo di ottenere un sistema dove due semplici dispositivi elettronici, capaci di interagire tra loro mediante una infrastruttura di rete e l'inquadratura delle rispettive videocamere, cooperino a costituire una realtà di gioco immersiva tra due utilizzatori posti in competizione. Questi dispositivi, due smartphone assistiti nelle operazioni di calcolo

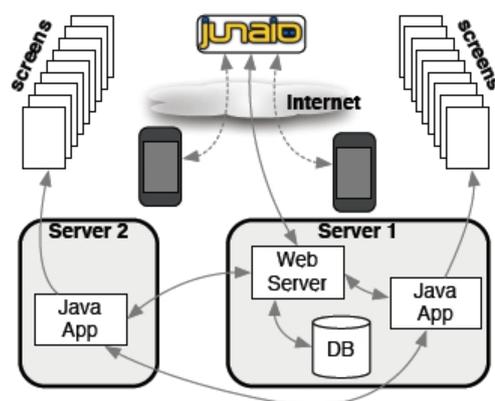


Figura 1.1: Lo schema generale del sistema di realtà aumentata che andremo a illustrare nel corso della trattazione (tratta da [2])

da macchine server appositamente configurate, devono riuscire a mantenere coerenza spaziale, permettendo di sviluppare dinamiche di gioco che coinvolgano spostamenti e direzionamenti, padroneggiando perciò interamente lo spazio circostante i giocatori coinvolti; il tutto, ad ogni modo, eseguito in tempistiche accettabili ed efficienti, atte a non far perdere l'immediatezza e la responsività del sistema rispetto agli input forniti, per garantire continu-

amente l'alto grado di interazione richiesto.

Vedremo nei capitoli successivi quale sia stata la scelta del modello di gioco e quali i processi per la realizzazione di questa proposta, esaminando prima di tutto il presupposto storico che si pone a contorno delle decisioni prese, nonché il luogo ideale per il quale esso sia stato progettato.

Capitolo 2

Stato dell'arte sulle tematiche introdotte

La documentazione riguardo i temi introdotti nel precedente capitolo è ampia e consta di numerose pubblicazioni, sia in ambito accademico che nel circuito librario, coprendo così le varie ramificazioni toccate dalle tecnologie indicate. La scelta che viene effettuata ora ci permetterà di approfondire in questo capitolo alcuni studi compiuti negli argomenti in esame, soffermandoci prima sulle realtà multimediali innovative proposta per l'ambito museale, per osservare poi significative esperienze di applicazione della realtà aumentata in differenti settori, tra le quali anche situazioni di tipo multimediale in un contesto espositivo culturale, una nello specifico capace di affermare queste tipologie di sistemi quali valido strumento multimediale museale per una valorizzazione del patrimonio culturale lontana dai canoni tradizionali.

2.1 Alcuni lavori rappresentativi sull'uso del multimedia interattivo nei musei

Come accennato nell'introduzione, il ruolo dei sistemi multimediali in ambito museale ha avuto significative ripercussioni soprattutto nella realizzazione di contenuti cui accedere tramite dispositivi di supporto, solita-

mente grazie alla costruzione di interfacce di siti per la presentazione delle collezioni dei corrispondenti enti museali (o di eventi o siti di interesse culturale), oppure nella realizzazione di veri e propri musei virtuali, in cui alcune componenti, se non tutte, sono ricostruite e simulate tramite riproduzioni all'interno di un ambiente totalmente fittizio. Nell'esaminare le innovazioni e le problematiche, ci riferiremo in particolare a quei lavori che interessano le definizioni di interfaccia per l'accesso e la presentazione dei contenuti e dei servizi museali, tra cui il museo virtuale, senza sminuire altri usi del multimediale quali l'analisi delle risonanze magnetiche dei beni custoditi assistita al computer, l'ottimizzazione della conservazione dei dati informativi museali o le tecnologie specifiche per la grafica al calcolatore dedicata e la ricostruzione dei reperti. La maggioranza di questi articoli, in particolare, pone in stretta correlazione il rapporto tra esibizione online e componenti presenti in loco, che non divengono soltanto l'una riproduzione dell'altra, ma mutue estensioni vicendevoli per l'esperienza museale.

2.1.1 Il paradigma *Global Digital Museum* nella formazione di alunni dai 6 ai 12 anni

Il primo articolo[11] illustra uno studio di un team internazionale di ricercatori, occupatisi di definire il prototipo di un paradigma per l'accesso alle informazioni museali che fosse univoco per musei dislocati in tutto il mondo, e di come esso sia applicabile nell'istruzione a partire dalla scuola primaria. Il sistema progettato si occupa di fornire un unico museo virtuale, che consenta la ricerca globale e modifica contenuti museali tramite Internet, a partire da dati di musei realmente esistenti: basandosi sul presupposto che gli alunni abbiano una naturale dote alla curiosità e all'esplorazione, quello che si è richiesto è stata la riprogettazione dell'accesso alle risorse, in maniera tale che fornisse un approccio differente rispetto all'uso tradizionale delle tecnologie nei percorsi educativi.

Dalle esigenze individuate (complementarietà delle informazioni tra musei, strutturazione narrativa dei contenuti, presenza di strumenti adeguati per la

modellazione del contenuto da insegnare, necessità di una forma multimediale), sono emerse alcune soluzioni assimilabili a quelle proposti nel modello esistente del *Global Digital Museum*:

- interfaccia unica per i contenuti di differenti musei
- strutturazione quantitativa e qualitativa dei contenuti di ricerca
- strumenti per l'editing on-line
- interfaccia interattiva

Il presupposto del GDM è quello di considerare l'insieme dei contenuti museali disponibili in Internet integrandoli virtualmente in un'unica risorsa, accessibile nel dettaglio secondo le necessità di ricerca, tramite un'interfaccia destinata a tutti gli utenti o la creazione di collezioni private di elementi a partire da quelli disponibili (un museo "pubblico" ed uno "privato"). Ciascuna di esse, poi, è categorizzata in *Textbook* (materiale per l'istruzione) e *Notebook* (spazio di lavoro dello studente), ove può operarsi l'attività educativa. In sintesi, GDM si modella come un museo di musei virtuali, in cui ritrovare differenti esibizioni, composte da scenari di pagine di risorse (le minime entità di contenuto multimediale): ogni utilizzatore può comporre il proprio libro come un estratto di scenari o di loro porzioni, a partire da una o più ricerche di materiale effettuate esplorando le liste di esibizioni disponibili o cercando contenuti con il motore di ricerca interno al servizio, cui apporre annotazioni tramite il semplice uso di un browser World Wide Web. Al momento di comporre ed esporre una propria esibizione virtuale, l'unica operazione necessaria diventa perciò l'assemblaggio di più componenti scenario dalla propria collezione personale, sfruttando sempre l'interfaccia del browser web.

Il *Global Digital Museum* offre perciò un approccio per lo sviluppo di un'educazione museale che supera il concetto usuale di classe scolastica, per

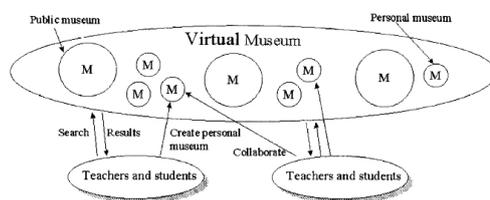


Figura 2.1: Lo schema del museo virtuale secondo il paradigma GDM (tratta da [11])

trasformarlo in uno più ampio basato su Internet, in cui l'utilizzatore (educatore o alunno) possa ricercare liberamente contenuti cui accedere tramite un'unica fonte globale, senza dover specificare a priori la locazione o il genere specifico del museo cui andrà a riferirsi per ottenere i materiali, superando le barriere geografiche e linguistiche sino a porsi nella condizione eventuale di una collaborativa creazione di materiali.

2.1.2 Usare interfacce multimediali per rendere accessibile il museo

Nel maggio del 2002, lo *Scottish Museums Council* (SMC), assieme allo *Scottish Executive*, diedero il via ad un'iniziativa per premiare i progetti che avrebbero potuto significativamente cambiare l'approccio all'ambiente museale e alla sua fruizione. Nel 2004 il progetto "What Clicks?" [12] si aggiudicò il premio per la seconda fase della competizione, grazie ad un'accurata analisi delle condizioni esistenti e potenziali per lo sviluppo di soluzioni tecnologiche all'interno del circuito museale scozzese, delineando al contempo indicazioni su come sviluppare al meglio l'uso di tali strumenti rivolgendoli all'e-learning. A capo del progetto, vi era il gruppo del settore Digital Media ed Education dell'*Hunterian Museum and Art Gallery*, che già si era reso partecipe della realizzazione dei primi siti internet museali in Scozia, nonché della creazione di un robusto sistema di apprendimento a distanza, grazie al quale aveva guadagnato la collaborazione di diversi enti, come lo *Smithsonian Institu-*

tion di Washington DC, sino alla realizzazione dello SHADE (*Smithsonian-Hunterian AdvancedDigital Experiments*).



Figura 2.2: Il logo del progetto “What Clicks?”
(tratta da [12])

Dalle statistiche rilevate durante il progetto, è emerso che molti musei in Scozia, persino quelli apparentemente meno legati ad un aspetto tecnologico, giovino dello sviluppo di risorse multimediali per l'accesso di un pubblico dallo spettro non settoriale, specialmente mediante la messa a disposizione di prodotti in CD-ROM o di un portale web Internet che possa presentare i contenuti da esporre. A fronte di tale situazione, è anche stato osservato che le organizzazioni museali non abbiano ben chiari i motivi specifici che spingano i visitatori verso i media di presentazione multimediale dei musei e dei rispettivi contenuti, pertanto lo studio si è focalizzato su come rendere pertinente la navigazione rispetto ad un uso da parte di persone specificatamente interessati. In particolare, una visione approfondita dell'intero processo è stata compiuta mantenendo come riferimento il circuito scolastico della *Castlebay School* dell'Isola di Barra, situata ad ovest delle coste scozzesi, e la *Stranraer Academy's Special Needs Unit*, di Dumfries e Galloway, nel territorio interno della Scozia.

La prima di esse, distando chilometri dai principali centri museali, deve la maggior parte delle fonti culturali disponibili all'accesso via rete ai relativi portali, creando una preponderante base di riferimento per migliorare la fruizione degli scenari disponibili. Ciò che si configura nell'indagine svol-

ta è che la maggior parte degli alunni e dei docenti interessati, pur avendo un elevato grado di presenza di strumenti interattivi e multimediali, finisce per sfruttare poco e male le risorse multimediali fornite a distanza dai musei dell'entroterra scozzese, in quanto mal strutturate e incomplete, oppure semplicemente poco conosciute, preferendo loro motori di ricerca generici e servizi di enti culturali di ampia notorietà. Migliorare quindi la struttura dei siti museali potrebbe perciò garantire un aumento della profondità d'interazione da parte di questa tipologia di utenti.

La seconda scuola in esame, invece, è un istituto dove è favorita l'integrazione degli studenti disabili, in accordo al *Disability Discrimination Act* del 2004. Studiando la particolare situazione e le necessità multimodali di un nutrito insieme di alunni, ci si è accorti come rimanga impresso favorevolmente lo strumento multimediale quale ponte di accessibilità autonoma ai contenuti da parte di studenti disabili, i quali finirebbero altrimenti esclusi dalle avanzate opportunità di istruzione. Parimenti, gli educatori posti ad assistere gli studenti con handicap, trovano giovamento nell'ampia serie di conoscenze che, grazie a tale condizione, diviene loro ora disponibile. Tali considerazioni, estendibili oltre l'aspetto scolastico, stabiliscono così un punto di riferimento per gli enti museali, che possono ragionevolmente spingersi alla creazione di soluzioni per la fruizione digitale organizzata quale parte integrante del proprio processo di definizione.

2.1.3 Sfruttare il cellulare per consultare un museo

Tra le tante tecnologie introdotte nei musei negli ultimi anni, un'importante innovazione è stata la creazione di apposite interfacce di supporto ai visitatori che possano essere adoperate tramite un semplice smartphone od un qualunque altro dispositivo mobile. Un recente articolo[13], pubblicato nel 2011, si occupa appunto di confrontare e mostrare nel dettaglio le caratteristiche di questo tipo di interfacce, mostrando le somiglianze e le differenze che le caratterizzano in base all'analisi di esempi realmente in funzione in alcuni musei di storia ed arte situati in differenti aree geografiche e realizzati

dagli stessi musei o da enti ad essi correlati.

Il campione preso in esame consta di 64 interfacce liberamente utilizzabili od ottenibili tramite una minima spesa: la maggioranza di esse, sviluppate per iOS, indica come l'emergere dei dispositivi Apple sia stato determinante nell'approccio a contenuti mediante dispositivi mobili (principalmente handheld, cioè portabili a mano), ma anche come le finanze limitate per tali realizzazioni non abbiano consentito porting per le altre maggiori piattaforme smartphone e tablet (Google Android tra tutte).

Un altro rilevante problema riguarda il libero accesso a tali applicativi: disponibili nei negozi virtuali online relativi ai sistemi per tali strumenti, non sono però indicati nella maggioranza dei siti museali correlati, pertanto godono di scarsa visibilità e vengono utilizzati in maniera molto limitata.

La maggioranza di questi programmi inoltre è sviluppata per un compito definito, inerente all'assistenza nella visita dell'intero museo secondo itinerari prestabiliti oppure riguardo un'esibizione o un elemento d'esposizione, ma non svolge altri servizi d'utilità al visitatore e perde d'efficacia al di là di tali compiti, sebbene siano lasciate la possibilità di prepararsi preventivamente per la visita in loco. Soltanto due musei prevedono invece una realizzazione ludica, tramite un gioco a quiz sull'esibizione (*The British Museum's Book of the Dead*) o un semplice gioco di carte collezionabili (*The Tate Trumps*). Nessuna di queste applicazioni, poi, prevede esplicite funzionalità per l'uti-



Figura 2.3: L'applicazione per dispositivi mobili presso il *Tate Modern* di Londra (tratta da [13])

lizzo successivamente alla visita al museo, ma tutte garantiscono il riesame di materiali riguardo la visita compiuta ed alcune anche funzionalità di tipo sociale, come la condivisione su social network esistenti, su bacheche proprietarie e tramite e-mail. Per quanto riguarda il grado d'interazione, escludendo le interfacce strutturate come giochi ed alcuni applicativi (tre in tutto) che garantiscono la creazione o manipolazione di contenuti artistici, le rimanenti si pongono come soli ausili prevalentemente audiofonici per la visita assistita, con scarso utilizzo dei riferimenti spaziali all'interno delle strutture, prediligendo un approccio meramente visivo alle risorse presenti, con l'illustrazione di dettagli in maniera simile ad una lente di ingrandimento sui contenuti museali ed i loro dettagli.

I ricercatori concludono perciò che sia possibile garantire un'immersiva profondità d'accesso alla realtà museale, ma che sinora pochi siano i musei che abbiano sfruttato fino in fondo quest'aspetto, principalmente per la novità dello strumento applicato a tale contesto, ma altrettanto sottolineano come significativamente, al pari della padronanza dello sviluppo di applicazioni per dispositivi mobili, questa pratica stia sensibilmente prendendo piede.

2.1.4 Un esempio di museo e realtà virtuale

Nel 2007, la *Toppan Printing*, una società giapponese di comunicazione e gestione di informazione per il pubblico, ha realizzato il *TNM & TOPPAN Museum Theater*, un esempio pratico di utilizzo della realtà virtuale in ambiente museale, in collaborazione con il *Tokyo National Museum*.^[14]

A partire dal loro sistema *Toppan VR* (realizzato con proiettori incrociati e 5 server dedicati), essi hanno realizzato per conto del museo giapponese una serie di ricostruzioni e visualizzazioni di contenuti storici esposti nella forma del teatro virtuale, con cui far vivere immersivamente l'esperienza dello studio di avvenimenti, luoghi o reperti significativi, senza la necessità di muoversi dal posto in cui si è seduti pur venendo direttamente coinvolti in un percorso esplorativo. Lo scopo ultimo, infatti, è quello di stimolare la curiosità per una futura visita dell'esibizione reale corrispondente all'evento

simulato.

Le tipologie di rappresentazioni considerate riferimenti essenziali e per le



Figura 2.4: Il *Museum Theater*, situato nel *Tokyo National Museum* (tratta da [14]), durante una simulazione

quali utilizzare la realtà virtuale sono rappresentate in particolare da tre scenari, per i quali i visitatori possono fare preventivamente richiesta prima dell'accesso alla sala: la biografia illustrata di un importante personaggio storico giapponese, il principe Shotoku; la creazione e l'analisi degli usi e dei costumi inerenti ad un determinato oggetto rituale della cultura buddista, il Kanjo-ban; i dipinti in merito alla situazione urbanistica di Kyoto appartenuti alla famiglia Funaki nel XVII secolo.

Essendo evidenti le differenze di argomento e di contenuto, il successo di questo esperimento dimostra la duttilità del sistema del teatro virtuale, che può così rendersi supporto utile non solo al visitatore che si prepara per l'accesso alle sale museali, ma anche ai curatori, che possono saggiare con cura il grado di soddisfacimento dei fruitori/spettatori.

2.1.5 Interagire con il museo in un mondo virtuale

L'ultimo lavoro esaminato[15], per quanto riguarda l'ambito più generico delle tecnologie multimediali applicate ai musei, vede la proposta di riproduzione di un museo all'interno di un mondo completamente virtuale.

Un gruppo di creatori di prodotti multimediali e di educatori, afferenti al museo *Exploratorium* di San Francisco, ha realizzato nel 2007 *'Splo*, un museo

virtuale all'interno della realtà fittizia del mondo di Second Life, popolandone le sale con oltre un centinaio di esibizioni visitabili mediante computer. L'obiettivo principale, soddisfatte le premesse di realizzare comunque un ambiente museale accessibile, è quello di permettere un grado d'interazione con i contenuti che altrimenti sarebbe impossibile in un contesto che si trovasse non in una realtà simulata al computer.

Il visitatore può infatti trovarsi a consultare uno scenario in cui gradatamente o in maniera repentina possano cambiare i punti di vista, creando talvolta un effetto di spaesamento. Parimenti, ci si può trovare a manipolare con il proprio avatar (il corrispettivo dell'utente in Second Life) oggetti riprodotti in grandezze difformi dalla realtà, permettendo di sperimentare fenomeni e principi che in natura avverrebbero in dimensioni molto più ampie o estremamente ridotte (come il moto browniano delle particelle), oppure a vivere condizioni che normalmente sarebbero difficilmente verificabili di persona e potenzialmente pericolose dal vivo (reazioni nucleari all'interno di reattori, simulazioni di vita nelle stazioni orbitanti).

Nella forma di un intero museo situato in un mondo virtuale, poi, il visita-

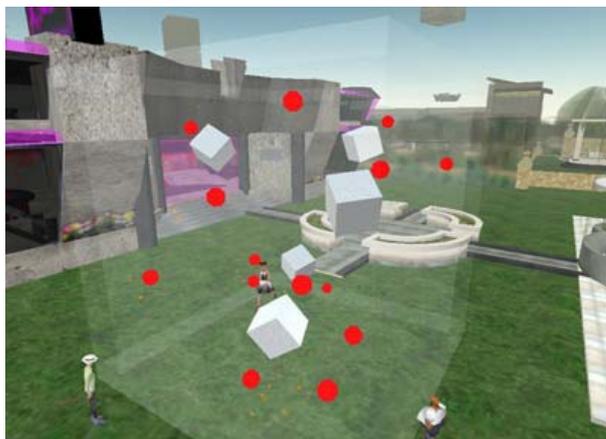


Figura 2.5: Un esempio di simulazione museale direttamente realizzata all'interno di un ambiente virtuale (tratta da [15])

tore è portato a crearsi il proprio percorso esplorativo, a realizzare contenuti

persistenti che lascino traccia del proprio agire, con una libertà di movimento non attuabile mediante una semplice interfaccia web, ed è stimolato più che mai a tentare la collaborazione con gli altri individui presenti, trasformando l'approccio individuale in un'esperienza sociale che si avvicina maggiormente all'espressione completa dell'individuo stesso, sia nella formazione (pensando ad una direzione educativa comunitaria) che nell'azione, grazie alle potenzialità della piattaforma sfruttata.

D'altro canto, questo diviene uno strumento unico anche per il museo stesso, che creando una controparte completamente virtuale può realizzare molteplici tipologie di esibizioni con minore dispendio di materiali, raggiungendo un pubblico più ampio. Tale operazione ha però un costo, nella progettazione e nel mantenimento di una struttura con esigenze di moderazione e di implementazione dei contenuti in un formato adeguatamente fruibile, per superare il rischio di tagliare fuori coloro che s'avvicinano a questo servizio piuttosto che adeguatamente supportarli.

2.2 Proposte interattive sviluppate con Augmented Reality

Il processo tecnologico che ha visto affermarsi la realtà aumentata ed i suoi aspetti, ha avuto risvolti in diversi settori, ove essa è utilizzata per le più differenti necessità. Passeremo ora in esame alcune ricerche significative tra quelle esistenti, cercando di rendere nel contempo un quadro che mostri nei diversi aspetti alcuni usi tipici degli strumenti di Augmented Reality.

2.2.1 Applicazioni in ambito militare

In prima istanza, andremo ad esaminare alcuni dei principali usi di queste tecnologie in ambito militare. Questo settore, infatti, giova sotto diversi aspetti degli studi sulla sovrapposizione di strati informativi inerenti il contesto spaziale dell'osservatore. Come riportano gli studi cui viene fatto riferimen-

to, è possibile efficacemente utilizzare la realtà aumentata per migliorare l'istruzione dei soldati, applicandola a pratiche già esistenti come quella della ricostruzione tramite diorami dello svolgimento di un conflitto, oppure per simulare scenari di battaglia in contesti problematici.

In questo studio[16], effettuato per conto del Ministero dell'Economia sud-coreano, invece che la tradizionale riproduzione tramite modellini metallici o plastificati in scala, viene proposta la riproduzione mediante l'uso di oggetti tridimensionali realizzati al computer con il programma 3DStudio Max e mossi su una mappa a sbalzo del territorio, generata anch'essa al computer con l'utilizzo di software CAD 3D che sfrutti i rilievi topografici e le isocline disponibili da precedenti misurazioni e da cartine dettagliate. Grazie a differenti marker per il posizionamento delle truppe e dei mezzi da esse sfruttabili e alla tecnologia del framework ARToolkit, si garantisce in questo modo la riproduzione interattiva e manipolabile della simulazione, a cui vengono inoltre associate etichette descrittive in relazione agli elementi che compongono le successive fasi dello svolgimento della battaglia, come le specifiche tecniche e le statistiche atte a dare una maggiore profondità all'istruzione dei soldati. Tutto questo sistema, grazie al toolkit utilizzato dai ricercatori, viene

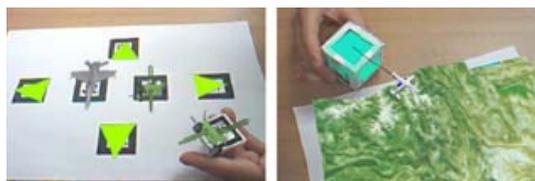


Figura 2.6: Scelta dei modelli da piazzare sulla plancia di simulazione e loro posizionamento (tratta da [16])

realizzato con un ridotto uso di risorse, essendo riproducibile con un solo computer e una videocamera web, che gestiscono l'architettura dei sensori disposti sulla plancia di svolgimento.

Un lavoro[17] prodotto e sostenuto invece dal *Laboratorio di Ricerca Navale* dell'esercito statunitense, con la collaborazione del *Politecnico Universitario*

di Stato della Virginia e dell'ITT *Advanced Engineering and Sciences*, si focalizza sulla realizzazione di un sistema di AR per la gestione delle problematiche dei conflitti in territorio urbano, che comportano significative differenze con quelle in terreno aperto: tra le tante, la necessità di conoscere il dipanarsi di complessi intrichi di strade ed edifici su più livelli, che offrono riparo ai cecchini o alle altre insidie dannose per le truppe ed i propri mezzi, e l'obbligo di assicurare il minor numero di vittime nella popolazione, un dettaglio sicuramente non trascurabile. Affrontare ognuna di tali problematiche ha richiesto perciò la progettazione di un nuovo strumento, che è stato chiamato BARS (*Battlefield Augmented Reality System*), il quale si compone di un computer, un sistema di tracciamento ed un dispositivo indossabile sul capo, tramite il quale l'utilizzatore possa visualizzare l'interfaccia apposta all'ambiente circostante. In questo modo le informazioni, contenute in un database condiviso, possono essere fornite efficacemente in tempo reale, permettendo di evitare situazioni potenzialmente pericolose e consentendo in pochi minuti l'analisi delle possibili azioni militari, effettuabili sia dal singolo che in una visione collaborativa, essendo inoltre consentita l'interazione con simili dispositivi. L'architettura così definita può allora ipoteticamente integrarsi con



Figura 2.7: L'insieme delle componenti indossate per l'architettura del sistema BARS (tratta da [17])

simulazioni, divenendo anch'essa strumento di formazione militare.

2.2.2 L'utilizzo medicale delle tecnologie

Nel settore medicale sta crescendo l'applicazione di tecnologie di realtà aumentata, sia per attendere all'istruzione di nuovo personale sanitario, che nel più difficile compito di intervenire in assistenza ai medici durante la pianificazione e lo svolgimento di un intervento chirurgico. Uno studio[18] compiuto dall'*Institut für Informatik* e dalla *Clinica di Ortopedia Generale e Sportiva* di Monaco, in Germania, in collaborazione con i ricercatori svizzeri del *Laboratorio di Controlli Automatici* e dello *Spinal Cord Injury Center* di Zurigo, ha esaminato il contributo importante delle tecnologie multimediali avanzate in relazione alle tecniche riguardo le fasi di assistenza al parto, naturale o cesareo. Aggiungendo alla già disponibile simulazione virtuale un sistema di realtà aumentata, viene a delinearsi uno scenario in cui il personale medicale coinvolto si trovi a farne un'esperienza verosimigliante nei propri momenti significativi, sperimentando grazie ai dispositivi introdotti le fasi del movimento del nascituro, dalla presenza all'interno dell'utero della madre sino alle ultime fasi del parto. Ridotta la struttura a schematici modelli fisici della



Figura 2.8: Una visuale dell'impostazione dell'architettura di simulazione del parto, durante l'esecuzione (tratta da [18])

testa del nascituro (dotata di sensori aptici) e del corpo della partoriente, mediante gli strati di informazioni aggiunte è possibile tenere sotto controllo i parametri vitali della madre e del bambino: la prima protagonista di uno sforzo costante e di stress e sofferenze continue, che ne alterano le condizioni fisiologiche, il secondo sottoposto alle forze di contrazione ed espulsione uter-

ine ed ai traumi conseguenti ad esse ed alla possibile mancanza di ossigeno in alcuni istanti. Per permettere l'utilizzo di quest'interfaccia, i ricercatori hanno progettato un'architettura che si basa su un piccolo display ad alta risoluzione da mantenere in un casco sulla testa del medico o dell'ostetrica, la cui videocamera dotata di illuminazione ad infrarossi interagisce con i marker retroriflettenti posti sulla struttura che funziona da riferimento per il modello anatomico. In aggiunta a questo, viene tracciata da sensori anche la presenza del forcipe, che si aggiunge agli strumenti a disposizione, come in un reale parto, ed il tutto è coordinato da diversi computer che distribuiscono tra loro i processi di rilevazione delle posizioni, di memorizzazione dei dati e di calcolo in tempo reale, comunicando tra loro e con i device esterni attraverso TCP/IP. In aggiunta, su tradizionali monitor è possibile visionare tridimensionalmente le fasi dell'intero svolgimento, ma perdendo l'immersività data dalla realtà aumentata.

Con obiettivi non totalmente dissimili, presso la *Budapest University of Technology and Economics*, è stata progettato un sistema di realtà aumentata per l'assistenza durante le operazioni chirurgiche[19]. In questo caso, non ci si rivolge più soltanto alla formazione della figura medica, ma si pone l'accento sulla effettiva utilità durante lo svolgimento di un intervento operatorio, utilizzando un'architettura composta da tre parti: un computer con due schede video, per il calcolo in tempo costante degli effetti delle interazioni, alcuni marcatori passivi rilevati da due videocamere poste in stereovisione, ed un complesso di due proiettori con filtri polarizzati ed una superficie di proiezione per la visualizzazione della struttura. Dal punto di vista software, l'uso di tecnologie come Ogre3D ed OpenGL per la visualizzazione e di OpenCV per i rilevamenti ha consentito la creazione di una generica libreria di sviluppo proprietaria, *cvbARlib*, contenente gli strumenti per la gestione del calcolo delle triangolazioni, nonché per il filtraggio delle immagini rilevate e della loro manipolazione e presentazione, con una precisione ed un'accuratezza che ne permettono lo sfruttamento in un ampio raggio di tipologie di interventi. Motivo di interesse, la possibilità di rilevare non soltanto l'in-



Figura 2.9: La proiezione stereometrica come è vista dal dispositivo posto sulla testa del medico, riprodotta su uno schermo di proiezione (tratta da [19])

terazione tramite strumenti appositamente calibrati, ma di poter intervenire direttamente con il movimento delle proprie mani, riprodotte fedelmente da corrispondenti modelli 3D, in questo caso senza necessità di altri ausili come un head-mounted device.

2.2.3 L'uso nel campo del commercio e dell'industria

Nei settori del commercio e dell'industria la realtà aumentata ha avuto altrettanto applicazione con efficacia, sia nei processi industriali che conducono alla progettazione e alla messa in produzione di beni di varia natura (dai mezzi di trasporto sino agli oggetti casalinghi) e al mantenimento delle loro funzioni, che nella realizzazione di meccanismi avanzati di marketing. Al primo caso, infatti, è riconducibile la ricerca[20] dell'*Università di Otago*, in Nuova Zelanda, che assieme alle aziende *Siemens VDO Automotive* e *DaimlerChrysler* ha condotto un'exkursus sull'uso della realtà aumentata nell'industria aerospaziale ed automobilistica. Analizzando alcuni scenari di applicazione, si evidenzia come le tecnologie di questo genere siano fondamentali se integrate all'interno delle procedure manutentorie di luoghi come stazioni spaziali (l'esempio fornito è quello del modulo europeo Columbus presso la *Stazione Spaziale Internazionale*), di componenti come un motore otto cilindri della Mercedes-Benz o di interi veicoli di uso comune sulle strade

cittadine, per i quali si può fornire, proprio grazie al supporto aumentato in tempo reale, l'indicazione sulle riparazioni da effettuare in caso di guasti o sostituzioni di parti. Occorrenza altrettanto importante viene sottolineata nel ruolo che l'AR assume nella progettazione e nella costruzione di veicoli, che in tal modo può avvenire anche tramite collaborazione continuativa di più progettisti su rappresentazioni tridimensionali disposte nello spazio reale, fino al dettaglio della configurazione degli stessi dispositivi che compongono aviopezzi ed automezzi, al loro assemblaggio e alla pianificazione dell'utilizzo. Un ulteriore aspetto individuato è quello dell'utente finale che guiderà l'autovettura o il velivolo costruito: in questo la realtà aumentata, inserita direttamente nell'insieme degli strumenti del veicolo, può giungere in aiuto permettendo di configurare e approntare in maniera dedicata la formazione dei piloti.

Un'altra applicazione[21] inaspettata, ma efficace, è quella presa in esame

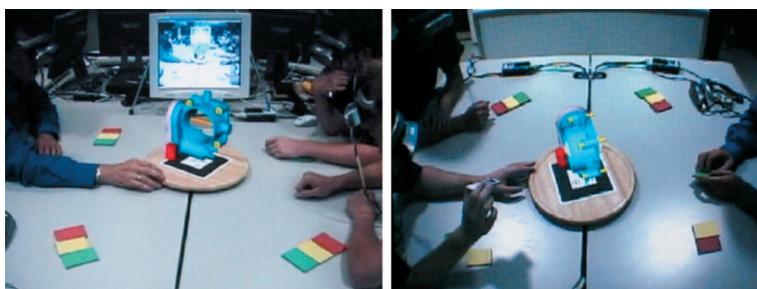


Figura 2.10: Un esempio di collaborazione tramite realtà aumentata nel design di una componente meccanica (tratta da [20])

dallo studio effettuato dai ricercatori dell'*Università di Scienze Elettroniche e Tecnologia di Chengdu*, in Cina. La realtà aumentata può difatti divenire una risorsa indispensabile per monitorare la richiesta di beni e servizi da parte dei consumatori, dei quali può essere rilevato l'interesse per un prodotto commerciabile a partire da nuovi riferimenti che vadano ben oltre le statistiche dell'e-commerce. L'osservazione dei possibili punti d'attrazione dello sguardo dell'acquirente e dell'interazione con essi è uno degli scenari delin-

eatisi nel tempo e la ricerca in questione offre lo spunto per un modello di rete neurale per l'individuazione di tali dettagli all'interno di un contesto in cui non possano essere utilizzati marcatori. Con tali presupposti, migliorando l'algoritmo di scansione delle immagini e aggiungendo uno strato di visualizzazione supplementare, si possono realizzare spazi pubblicitari dedicati, anticipando la domanda del possibile compratore, influenzando così sulle meccaniche commerciali.

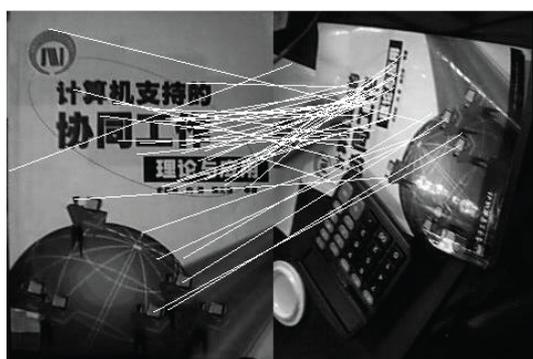


Figura 2.11: La fase finale della mappatura tra l'oggetto commercializzabile ed il modello destinato alla sua pubblicizzazione in contesto aumentato (tratta da [21])

2.2.4 Il contesto d'applicazione architettonico/urbanistico

Forte impatto ha avuto la realtà aumentata nel campo della progettazione di edifici, in particolare per la possibilità di rilevare in anticipo l'impatto sul contesto urbano, nonché di vagliare differenti soluzioni per il design degli interni di abitazioni ed uffici.

Esistono all'attivo applicativi come *Google SketchUP*, capace di mostrare i modelli 3D realizzati all'interno di esso direttamente nell'ambiente urbano o nel contesto spaziale di propria scelta (grazie all'aggiunta di plugin appositi), ma sono all'attivo anche numerose ricerche in ambito universitario e da parte di enti di standardizzazione.

La *Facoltà di Architettura, Design e Pianificazione* dell'Università di Sidney, in Australia, ha compiuto un'interessante analisi[22] sulle potenzialità espressive della realtà aumentata nella progettazione urbanistica collaborativa, a partire dal presupposto di eliminare device individuali d'interazione, preferendo la proiezione su uno schermo tradizionale e una plancia con una planimetria della città, sopra la quale disporre appositi marcatori. Sfruttando soltanto un PC e una videocamera quali hardware aggiuntivi, sono stati modellati scenari gestiti tramite un applicativo software realizzato con ARToolkit, con cui visualizzare in tempo reale modelli tridimensionali degli edifici di cui si voleva realizzare lo studio di fattibilità, confrontando tale processo con la medesima situazione riprodotta invece tramite blocchi di legno da riposizionare sulla mappa urbana. Dati in esame gli scenari a quattro gruppi



Figura 2.12: Urbanistica e Augmented Reality nella soluzione prospettata dall'Università di Sidney (tratta da [22])

differenti di designer, è emerso dai dati raccolti come le tecniche di realtà aumentata portino a focalizzare l'attenzione sulla discussione collaborativa riguardo alla costruzione degli edifici, potendosi avvalere di una visualizzazione contestuale allo spostamento dei marker; altrettanto positiva è stata indicata la possibile applicazione di questa tecnologia quando non si abbiano modelli tangibili e si operi in un contesto di cooperazione a distanza sulla risorsa. Ciò che invece è stato visto come fortemente limitante è la carenza

di un feedback tattile sull'oggetto da spostare nello spazio, oltre che la non facile reperibilità di tutta la strumentazione necessaria, a fronte di semplici pezzi di legno facilmente ottenibili, rispetto all'obbligatorio lavoro preventivo di modellazione tridimensionale che richiede l'AR. L'integrazione delle due modalità di presentazione e interazione fa supporre essere la soluzione su cui puntare.

Presso i laboratori di ricerca del consorzio *IEEE* è stato invece proposto un modello di riferimento basato su realtà aumentata che si occupa di risolvere la questione della massimizzazione dell'utilizzo della luce diurna negli interni degli edifici, per garantire un risparmio nell'illuminazione artificiale suppletiva.[23]

Tramite un heliodon virtuale, costituito da quattro telecamere che effettuano rilevamenti ed un semplice modello architettonico a pannelli in scala dell'edificio da esaminare, si eseguono manualmente i posizionamenti di porte e finestre, in modo da valutare le variazioni di illuminazione nella struttura. Evitando librerie note per la gestione del tracking, come ARToolkit, per l'obbligo di avere un numero troppo elevato di marker diffusi sull'oggetto, è stata preferita una categorizzazione di identificazione per colore, con cui sono stati ricoperti i profili superiori dei pannelli assemblabili per garantire una soluzione efficace. Utilizzando poi ricostruzioni tridimensionali al calcolatore basate sulle riprese dall'alto delle pareti, i ricercatori coinvolti hanno verificata così la buona capacità del sistema di gestire la ricerca di soluzioni di illuminazione ottimali, grazie all'algoritmo implementato appositamente, che elabora in tempo reale i prospetti sulla radianza verosimigliamente percepibile al variare della provenienza di luce dalle sorgenti luminose.

2.2.5 Applicazioni in contesto ludico

Non bisogna dimenticare, in questa trattazione dei lavori esistenti, quanto concerne l'utilizzo ludico della realtà aumentata sia nella sua espressione legata all'intrattenimento, che in quella a scopo educativo.

Sia per il primo che per il secondo caso, una disamina dei prodotti esistenti

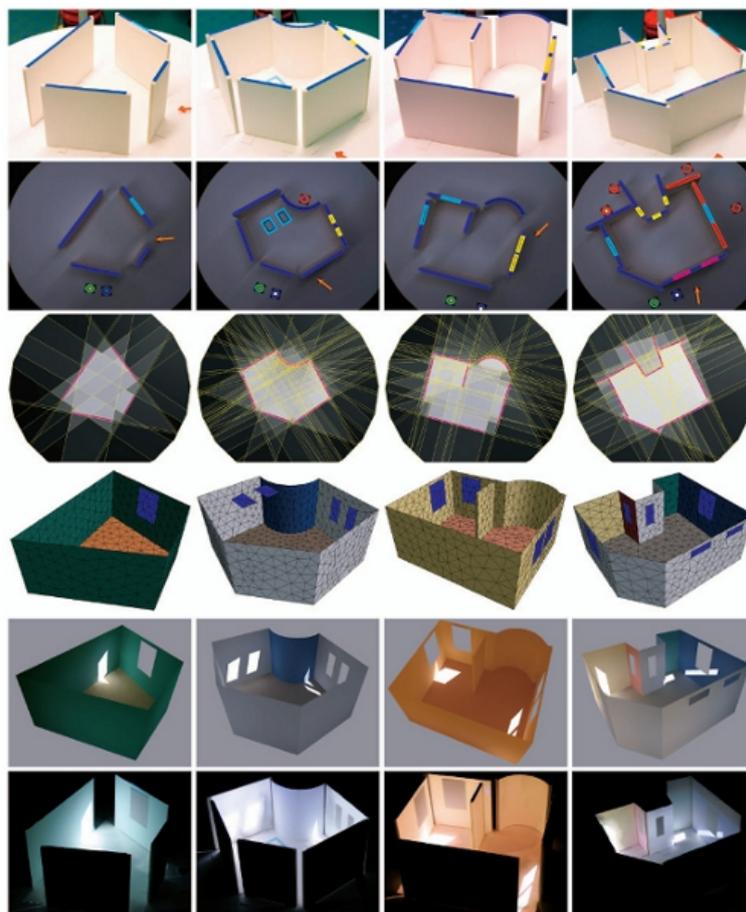


Figura 2.13: Alcuni esempi di design per ottimizzare la luminosità in interni, secondo la proposta dei laboratori IEEE (tratta da [23])

viene offerta dal breve documento di ricerca[24] elaborato dall'*UTS Game Studios* dell'Università Tecnologica di Sidney, che analizza i giochi legati allo svago e quelli considerati più seri, perché ispirati da un contesto di formazione professionale, riabilitazione sanitaria, insegnamento o marketing pubblicitario. Come denota la trattazione, esistono in entrambe le situazioni sia applicativi commerciali, che produzioni che si limitano alla sperimentazione, ma in tutti gli esempi si denota come le principali scelte implementative prepondano per l'uso di device portatili handheld(uno su tutti, iPhone di

Apple) o applicabili a caschi, che garantiscano l'orientamento via marcatori dedicati o con l'uso di sensori, come il GPS. Particolarità non trascurabile è la limitazione sui generi d'ascrizione dei giochi realizzati, che sono quasi tutti strategici, soprattutto in prima persona o sportivi, o comunque assicuranti solo l'interazione del singolo individuo nell'ambiente circostante o in diretta competizione con altri giocatori unicamente attraverso elementi reali dello scenario stesso (salvo alcuni specifici esempi, come *CurBall*): ogni meccanica più complessa, quale quella dei Giochi di Ruolo, rimane pertanto esclusa dalle scelte dei team di sviluppo, così come l'azione diretta di un giocatore contro un altro giocatore.

Tra i progetti ludici esistenti a scopo educativo-culturale, un'innovativa es-

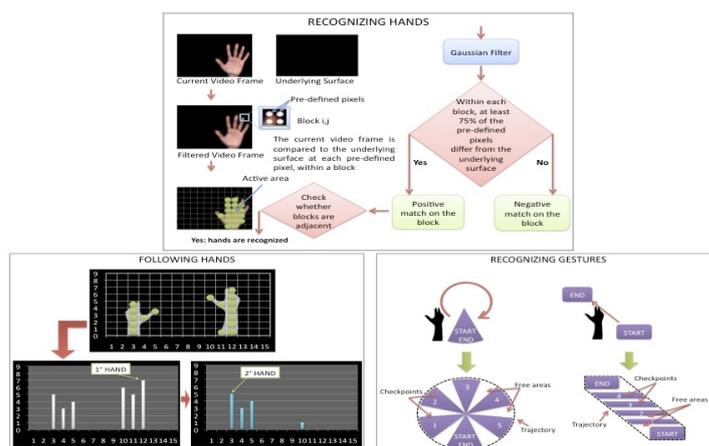


Figura 2.14: Lo schema riassuntivo degli algoritmi di riconoscimento nell'architettura della Tortellino X-perience (tratta da [26] e da [27])

ibizione a livello museale[25, 26, 27] venne realizzata nel 2010 da un team del *Dipartimento di Scienze dell'Informazione* dell'Università degli Studi di Bologna, coordinato dal professor Marco Rocchetti, e portata in esposizione lo stesso anno presso l'Expo di Shanghai, in Cina, per venire successivamente riportata su quotidiani e servizi televisivi. Essa, anticipando la larga diffusione di dispositivi come il Kinect di Microsoft, ha desiderato portare al

pubblico un sistema combinato che riconosca, segua nei movimenti e mostri al pubblico l'azione delle mani nello spazio di un utilizzatore intento a impastare, produrre la sfoglia e creare il genere di pasta tipicamente bolognese e conosciuto col nome di tortellino (da qui il nome del progetto, *Tortellino X-perience*). Davanti ad una platea di visitatori, la manipolazione, ripresa da semplici videocamere, viene elaborata tramite un insieme di algoritmi proprietari implementati per garantire lo strato di realtà aumentata e visualizzata in un contesto in animazione stop-motion, come se l'operatore stesse realmente lavorando nell'intento di ottenere tortellini pronti da cuocere. L'efficacia e l'efficienza di queste meccaniche si dimostra superiore a strumenti esistenti, come gli algoritmi di riconoscimento tramite colore di cui dispongono librerie come OpenCV, ed anche di maggior gradimento per i giocatori, che accettano positivamente l'originale scelta dello schema d'interazione.

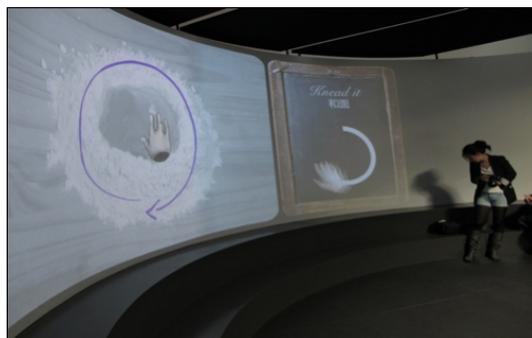


Figura 2.15: Uno dei momenti illustrativi del movimento riproducibile sulla tavola da sfoglia virtuale tramite il sistema di realtà aumentata (tratta da [26] e da [27])

Capitolo 3

La proposta del progetto

Marsili nel museo

Andremo ora ad esaminare nel dettaglio i presupposti culturali che hanno fornito il nucleo dei contenuti dell'evento museale la cui progettazione è al centro di questa tesi, a cominciare dal personaggio storico che fu coinvolto nell'avvenimento di cui faremo riferimento. Successivamente, descriveremo in modo approfondito l'idea progettuale nella sua interezza, fino a delineare la proposta finale scelta per l'implementazione.

3.1 La storia di Luigi Ferdinando Marsili: l'uomo ed il personaggio storico

La figura che svolge il ruolo di protagonista nel contesto della presentazione museale è il noto scienziato e naturalista bolognese Luigi Ferdinando Marsili, che nel 1711 istituì l'Accademia delle Scienze di Bologna, di cui nel 2011 ricorreva il trecentesimo anniversario dalla fondazione. Luigi Ferdinando Marsili (o Marsigli) nacque a Bologna il 10 luglio 1658 e sino alla sua morte, avvenuta a Bologna il 1 novembre 1730, fu dedito a differenti discipline scientifiche, dalla balistica alla geologia, sino alla botanica, dopo una prima parte della vita trascorsa come militare sui campi di battaglia.

Appartenente a una famiglia aristocratica di Bologna, essendo figlio cadetto

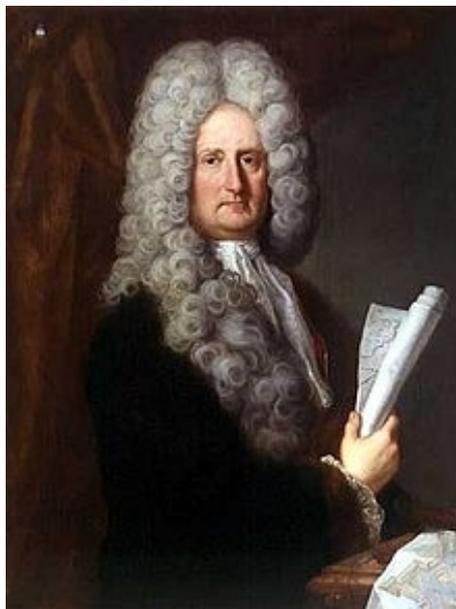


Figura 3.1: Un ritratto dello scienziato Luigi Ferdinando Marsili (tratta da [28])

del Conte Carlo Francesco Marsili e della moglie Margherita Ercolani, ereditò il titolo di Conte dopo che il fratello maggiore Antonio Felice rinunciò alla primogenitura, per divenire vescovo di Perugia (successivamente, fu anche promotore di riforme nell'Ateneo bolognese). Non fece studi regolari, ma si procurò ugualmente una vasta cultura frequentando le Università di Bologna e di Padova, studiando matematica, anatomia e scienze naturali con maestri insigni, come Geminiano Montanari o Marcello Malpighi.

Cominciò prestissimo a viaggiare in tutta Europa, associando osservazioni scientifiche alla raccolta di dati sull'organizzazione militare. Nel 1671, si recò a Napoli dove visitò i Campi Flegrei, Pozzuoli e salì sul Vesuvio. Nel luglio del 1679 si recò a Costantinopoli, allora capitale dell'Impero Ottomano, dove rimase circa un anno, nominato “camerata” del bailo (ambasciatore) della Serenissima Repubblica di Venezia Pietro Civran. Durante il viaggio di ritorno, attraverso la Penisola balcanica, ebbe modo di annotare le proprie os-

servazioni, pubblicate successivamente nel trattato *Le Osservazioni intorno al Bosforo tracio o vero canale di Costantinopoli* (1680), lavoro in cui descrive, oltre alle informazioni sulla morfologia delle coste e sulla biologia marina tipica del Bosforo, del mar di Marmara e del Mar Nero, i risultati delle sue analisi intorno ai venti che lì spiravano, alle velocità delle correnti, della particolare composizione della salsedine e delle temperature delle acque superficiali e profonde, per compiere le quali costruì rudimentali ma ingegnosi strumenti, tra i quali un apparecchio, minuziosamente descritto nel libro, atto a prelevare campioni d'acqua a notevole profondità.

Rientrato a Venezia, dovette sottoporsi a un periodo di quarantena, avendo attraversato terre toccate dalla peste (secondo alcune fonti, al momento dello sbarco avrebbe addirittura manifestato sintomi di una forma lieve della malattia). Durante la permanenza nel lazzaretto fu visitato dal padre che, contratta la malattia, vi morì. La scomparsa del genitore segnò un punto di svolta nella vita di Marsili, che da quel momento prese la decisione di dedicarsi al mestiere delle armi.

In Marsili la scienza non fu affatto estranea alla formazione del suo militare ideale, tant'è che intorno alla metà degli anni '80 del XVII secolo cominciò a pensare alla costituzione di un'accademia per avviare alla carriera militare i giovani bolognesi (proprio dall'evoluzione di questo progetto, un quarto di secolo dopo, nacque l'Istituto delle scienze). Marsili sosteneva, infatti, che nella guerra fosse necessario utilizzare nozioni e tecniche di altre discipline quali, ad esempio, architettura, medicina e diplomazia. Questo suo moderno "modus cogitandi" lo portò ad un estremo rigore quando doveva agire e per conseguenza, a criticare anche aspramente i sottoposti cui non faceva mancare le punizioni. Le sue critiche non risparmiavano i suoi pari grado e perfino i suoi superiori, facendosi non pochi nemici nell'ambiente militare.

Nel 1682 si arruolò nell'esercito dell'imperatore Leopoldo I, fu ferito e fatto prigioniero dai Turchi in un'azione sul fiume Rába, e venduto come schiavo a un Pascià che accompagnò sino alla battaglia di Vienna. Durante

la prigionia nel campo turco, fu aiutante in una bottega di caffè e si interessò alla bevanda ricavata dai chicchi che si trovava a macinare e a vendere, tanto che, una volta riconquistata la libertà, pubblicò un trattatello sulla materia (*Bevanda asiatica, brindata all'em. Bonvisi, nunzio apostolico appresso la maestà dell'imperatore... che narra l'istoria medica del cavè o sia caffè*, Vienna d'Austria 1685), che si inserisce nel vasto filone della pubblicistica del tempo sulle presunte virtù, anche medicamentose, del caffè.

Dopo peregrinazioni e traversie, fu riscattato nel 1684, ritornando alla vita militare in qualità di ingegnere. L'attività di Marsili consistette prevalentemente nello studio nella progettazione di fortificazioni e altre opere di ingegneria militare quali strade e ponti, nella rilevazione di piante topografiche, e in apprestamenti logistici. Responsabile della fonderia militare di Vienna, nel 1685, condusse una serie di esperimenti e studi sulla fisica e sulla chimica dei metalli e della polvere da sparo e sulla balistica, per migliorare la qualità e la precisione dei cannoni utilizzati dall'esercito imperiale (le relazioni sono conservate tra i suoi manoscritti a Bologna).

In qualità di militare, Marsili fu in Ungheria, dove nel 1696 partecipò all'assedio e alla conquista di Buda. In seguito, assisté alla presa di Smederevo e alla battaglia di Vidin. Ebbe una parte rilevante nelle trattative di pace dopo la guerra con l'Impero Ottomano, nel 1691, e più tardi in quelle che condussero alla pace di Carlovitz; fu lui fra l'altro, una volta nominato plenipotenziario imperiale, a guidare la commissione di demarcazione per conto dell'Impero austriaco per stabilire i confini con l'Impero ottomano. In questa attività, che lo impegnò per circa due anni, si intrecciavano e trovavano applicazione, competenze diplomatiche, scientifiche e politiche, che spaziavano dalla conoscenza della geografia fisica a quella dei costumi e delle lingue, dalla storia dei vari territori alla progettazione dei futuri possibili commerci. Marsigli mappò gli 850 km di tale limitare, segnando quello che in precedenza era stato il Regno d'Ungheria (oggi Croazia, Serbia e Romania).

L'attività militare gli permise di continuare gli studi: molto importanti quelli derivanti dalla sua conoscenza del Danubio, documentata dalla mon-

umentale *Danubius Pannonico-Mysicus*, contenente informazioni sulla geografia, l'etnologia, la geologia, e l'idrologia delle regioni danubiane, che fu pubblicata solo 20 anni più tardi. In questo fu assistito da Johann Christoph M $\frac{1}{4}$ ller di Norimberga, che dispose il materiale per la pubblicazione, contattando gli incisori che avrebbero decorato i testi.

In seguito, la carriera del Marsili, che nel frattempo aveva raggiunto il grado di colonnello ed era stato ferito durante l'assedio di Belgrado (1703), fu interrotta bruscamente durante la Guerra di successione spagnola allorché, nel 1704, comandato alla difesa di Breisach agli ordini del Conte d'Arco, dopo la caduta della fortezza fu processato insieme col suo comandante. Quest'ultimo, giudicato colpevole di aver capitolato prima del necessario, fu decapitato; Marsili, accusato di tradimento, fu degradato e spogliato dei beni, il 18 febbraio del medesimo anno. Molti anni dopo fu riabilitato, ma non tornò più alla vita militare, tranne che per un breve intervallo. A solo 46 anni, la sua carriera militare in Austria era perciò ormai finita. Tentò a più riprese di ottenere da Vienna la revisione del processo, sperando nell'aiuto di connazionali e concittadini che vi abitavano, ma senza successo.

Dopo aver dovuto abbandonare l'armata asburgica e allontanatosi dall'ambiente che gli aveva dato onorificenze, ma anche quell'ultima e grave esperienza, dedicò i suoi giorni maggiormente alle scienze naturali. A fine anno soggiornò presso amici veneziani sul Brenta, quindi nel 1705 si portò a Milano e poi in Svizzera, prendendo dimora a poca distanza da Zurigo, dove stese e pubblicò la sua discolpa circa la resa di Breisach (Bologna, Biblioteca universitaria, Mss. Marsili, 166: *Informazione... sopra quanto gli è accaduto nell'affare della resa di Brisacco...* (1705)).

Rientrato in Italia, trascorse i restanti anni legato a Bologna per la maggior parte del tempo, sebbene non vi soggiornasse lunghi periodi, e alla città natale donò tutto il materiale raccolto nel corso delle sue ricerche, dando origine in tal modo, intorno al 1711, all'Accademia o Istituto delle Scienze, che incorporava l'Accademia degli Inquieti (nata nel 1690). Vennero incaricati sei professori per gestire le differenti branche dell'Istituto, comprendenti materie

sia tecniche che morali, il quale successivamente fu dotato di una tipografia in grado di stampare documenti, oltre che con l'alfabeto latino, con l'alfabeto greco, l'ebraico e l'arabo. La cura di questi luoghi fu affidata in particolar modo all'opera dell'Ordine Domenicano, indicando come patrono lo statista e religioso San Tommaso d'Acquino. La donazione del ricchissimo materiale accumulato nel corso dei suoi viaggi e delle sue ricerche dette vita al primo nucleo del museo dell'Istituto, al quale si aggiunsero i musei di Aldrovandi e Cospi. Riuscì inoltre a coinvolgere nel progetto la Santa Sede e le autorità bolognesi si impegnarono a fornire i mezzi economici per il sostentamento dell'Istituto.



Figura 3.2: Gli interni del museo di Palazzo Poggi, dove sono custoditi i reperti delle collezioni del Conte Marsili (su concessione dell'Università degli Studi di Bologna, tratta da [30])

Il progetto però all'inizio non ebbe vita facile. Incontrò, infatti, l'ostilità degli accademici dell'Ateneo Felsineo, che il Marsili accusava di svolgere ricerche di scarsa utilità e di utilizzare una didattica antiquata, e quella di molti cittadini che non apprezzavano le spese che la comunità doveva sostenere. Marsili dovette anche vedersela con i suoi famigliari che gli intentarono un processo accusandolo di dilapidare le fortune del casato. Malgrado tutto questo l'Istituto da lui inaugurato cominciò a farsi conoscere soprattutto grazie alla produzione scientifica di Marsili ed ai rapporti che questi

era riuscito a tessere con il mondo scientifico europeo. Il presupposto di una natura che opera con regolarità, secondo processi necessari e graduali, si rifletteva nelle diverse sezioni di una collezione che ammetteva solo oggetti e corpi naturali, disposti e classificati secondo criteri capaci di fornire un'immagine attendibile dell'organizzazione e del funzionamento della natura. Poiché il naturalista doveva concentrarsi sulle "generazioni regolari", erano le "serie" di esemplari il nerbo della collezione, mentre perdevano valore i reperti unici e rari. L'ipotesi classificatoria marsiliana prendeva le mosse dalle pietre, dai fossili, dai minerali; proseguiva con le piante marine e terrestri e si concludeva con gli esemplari del regno animale. A Bologna, il Conte si occupò di creare anche una Camera di geografia e nautica.

Sempre nel 1715 fu nuovamente chiamato a compiti militari, con l'incarico di provvedere alle fortificazioni lungo la costa adriatica, fra il Tronto e il Po, in occasione dell'ultima guerra veneto-turca, e fu investito della carica di socio esterno dell'Académie Française des Science di Parigi.

L'anno seguente medesimo ebbe modo di visitare Maderno, sul Lago di Garda, dove fece una serie di osservazioni sistematiche, componendole nell'opera *Osservazioni fisiche sul lago di Garda*, che è il primo lavoro prettamente scientifico sul lago ed è ritenuto il primo lavoro scientifico di limnologia e idrobiologia. Successivamente si recò in Francia, fermandosi due anni a Cassis, nei pressi di Marsiglia, per studiare l'ambiente naturale marino. Lì ebbe modo di produrre cartine dei luoghi, compiere osservazioni astronomiche, misurazioni dei bacini dei fiumi e velocità dei corsi d'acqua, nonché di analizzare i prodotti marini, la struttura delle rocce, gli uccelli, i pesci ed i fossili ivi rinvenuti; raccolse anche testimonianze tangibili delle specie locali, oltre a strumenti di lavoro, modelli e oggetti antichi a testimonianza di quei luoghi. Per tale motivo egli viene considerato tra i padri fondatori dell'oceanografia.

Nel 1722 Marsili curò la pubblicazione dei propri scritti in Olanda, ma prima visitò l'Inghilterra, dove conobbe Isaac Newton e, su presentazione del famoso scienziato inglese, fu accolto quale membro della Royal Society.

Nel 1727 completò le sue collezioni con materiale proveniente dall'India

Orientale, reperito nei suoi viaggi in Inghilterra e Olanda.

Amareggiato dal proseguimento delle mai sopite critiche e dalle insinuazioni, Marsili decise di compiere formale rinuncia all'arme di famiglia, in seguito alla quale assunse il titolo di Conte d'Aquino, e di lasciare ancora una volta la città natale e tornare a Cassis, nell'amata Provenza. Dopo aver subito un attacco di apoplezia, che lo colpì verso la fine del 1729, rientrò in patria per mettere a punto ulteriori aspetti organizzativi dell'Istituto, che nel frattempo aveva dotato, oltre che di strumenti scientifici, di oggetti raccolti nei suoi viaggi, di libri ed anche di una importante serie di modellini di navi per le esercitazioni degli allievi. A distanza di circa sei mesi dal primo attacco, dopo aver donato tutti i suoi manoscritti all'Accademia delle Scienze, morì il 1^o novembre 1730. Aveva 72 anni. Fu seppellito nella chiesa dei Cappuccini con solenni funerali e pubbliche onoranze, tributategli dal Senato cittadino e dalla dirigenza dell'Istituto delle scienze.

L'Istituto delle Scienze da lui fondato ha svolto per oltre due secoli un'attività importante in campo scientifico ed è tutt'ora attivo. La qualità dell'attività di ricerca scientifica di Luigi Ferdinando Marsili è infatti molto elevata, e solo a torto è stata dimenticata. Fu rivalutata in occasione del secondo centenario della morte, celebrato con solennità a Bologna nel 1930. In quell'occasione furono pubblicati, a cura dell'Accademia delle Scienze di Bologna, alcuni scritti inediti tra i quali un'autobiografia e memorie varie. Il catalogo dei manoscritti del Marsili era già stato pubblicato nel 1928 da Lodovico Frati.

La battaglia di Breisach

Era in pieno svolgimento la guerra di successione spagnola, il conflitto europeo che dal 1700 vedeva su fronti contrapposti da un lato la Francia di Luigi XIV e la Baviera di Massimiliano II, dall'altro l'imperatore d'Austria Leopoldo, fra le cui truppe militavano il Conte Filippo d'Arco e numerosi altri sovrani europei uniti nella cosiddetta Grande Alleanza. Il Conte d'Arco era tornato nel 1699 al servizio dell'imperatore asburgico Leopoldo I e subito era

divenuto generale feldmaresciallo e comandante della fortezza di Alt Breisach, situata sulla riva destra del Reno in un punto di vitale importanza sotto il profilo strategico perché controllava uno dei ponti che collegavano il Sacro Romano Impero con l'Alsazia, la quale era appartenuta fino ad allora Francia ed era stata ceduta all'Impero in base al Trattato di Ryswick (1697). Marsili ed il suo reggimento vennero inviati a prestar manforte alla guarnigione, che disponeva di poche risorse per presidiare la piazzaforte; era nota l'intenzione di Luigi XIV di Francia di riconquistarla, avevandola ceduta malvolentieri, e nell'estate del 1703 il sovrano francese ordinò così al Delfino e al Duca di Tallard di cingerla d'assedio.

Riguardo all'assedio di Alt Breisach sappiamo solo ciò che riferisce in una



Figura 3.3: Un modellino della fortificazione di Breisach, XVIII secolo, policromo, in legno (su concessione dell'Università degli Studi di Bologna, tratta da [2])

sua memoria il grande scienziato bolognese che per necessità ne era divenuto il comandante militare subordinato al Conte d'Arco. Dal punto di vista ingegneristico, la fortezza, che i francesi avevano fatto fortificare dal Vauban, era giudicata imprendibile. Tuttavia sia gli uomini che gli armamenti degli imperiali erano scarsi (1744 militari e 40 cannoni) e di gran lunga inferiori

a quelle degli assediati francesi; il Margravio di Baden aveva rifiutato di mandare rinforzi, ma aveva ordinato di difendere Breisach fino all'ultima goccia di sangue; le operazioni di assedio da parte francese erano dirette dallo stesso Vauban. Il Conte d'Arco convocò il consiglio di guerra, e gli ufficiali imperiali si pronunziarono all'unanimità per la capitolazione, che avvenne con l'onore delle armi il 6 settembre 1703, dopo 13 giorni di assedio. Poiché Breisach era una posizione strategica, alla resa seguì un processo militare che si svolse a Bregenz, sul lago di Costanza, e si concluse il 15 febbraio 1704 con la condanna a morte del Conte d'Arco e con la degradazione con ignominia del Marsili.

3.2 Le idee sul gioco da costruire e le possibili proposte

Come già accennato, è ricorso nel 2011 il trecentesimo anno dalla fondazione dell'Accademia delle Scienze voluta da Luigi Ferdinando Marsili. Egli, nella prima parte della sua vita, era stato prettamente un militare sul campo, sebbene non trascurasse le osservazioni e gli studi, poi era divenuto successivamente scienziato in altre discipline biologiche e geologiche: per tale avvenimento si era pensato di progettare un'esibizione multimediale interattiva temporanea, in cui ricostruire la realtà del periodo dello scienziato, scegliendo la forma di un informale contesto ludico. Per fare questo, si è voluto tenere conto della narrazione di un evento legato all'esperienza militare del conte, facendo in modo di ricordare come successivamente ad essa avesse preso maggiormente piede il suo spirito di scienziato e collezionista di reperti. In particolare, si è supposto di prendere spunto dall'episodio della Battaglia di Breisach, considerabile per le sue caratteristiche come il punto di demarcazione tra i due periodi dello scienziato, per riprodurre qualcosa di simile ad una battaglia militare tra due armate opposte, che si risolvesse però mostrando il lato del Marsili naturalista. Dietro a tutto ciò si pone un importante messaggio morale: la guerra, concetto indubbiamente negativo,

se rigettata, può liberare nuove energie da spendere nella pacifica espressione di un pieno fiorire delle migliori qualità dell'essere umano, come la dedizione alle scienze e alla cultura.

L'obbiettivo è stato così quello di ricreare un contesto in cui coinvolgere non solo i due giocatori tra loro avversi, ma anche ogni spettatore presente, avvalendosi della particolare condizione di alcune sale presenti nell'attuale edificio dove sono ora dislocati i reperti degli studi di Marsili. Questa esibizione è stata realizzata affinché si potesse svolgere all'interno del Museo del 9^o Centenario dell'Università di Bologna, un'esposizione permanente dell'elevato patrimonio di nove secoli di storia dell'Ateneo felsineo. Il Museo è diviso in tre sezioni: le Sale del Tempo, che ospitano la narrazione dei principali eventi dei primi otto secoli dell'Università di Bologna; la Sala del Rito, dove viene custodita una copia dell'antico documento chiamato la Magna Charta Universitatum, e le due Stanze dello Spazio (denominate anche Aleph), scelte per la dimostrazione del gioco. Queste sale, situate al primo piano di Palazzo Poggi (sede attuale della Segreteria Centrale dell'Università di Bologna) sono due piccole arene circolari, tra loro collegate mediante uno stretto corridoio. All'interno di ciascuna stanza, sono presenti 9 monitor, che servivano a trasmettere contenuti video in precedenti esposizioni avvenute in quei luoghi. Desiderando avvalersi della struttura dedicata, volendo soltanto immergerla in una riproduzione parziale del contesto di tali avvenimenti, è parsa subito una decisione opportuna la volontà di realizzare le interfacce adoperando tecnologie museali per la realtà aumentata mediante dispositivi di facile disponibilità, quali una coppia di smartphone. Ma non si è voluto limitarsi al normale approccio utente-interfaccia-ambiente di applicazione che spesso caratterizza le architetture AR: in questo caso si è voluta garantire la mutua interazione tra i giocatori coinvolti, aumentando la realtà aumentata per realizzare questo gioco che finisce per assumere i contorni del First-Person Shooter o Sparatutto in Prima Persona (da qui l'ispirazione per il titolo di questa dissertazione).

Una serie di sopralluoghi, atti a constatare le condizioni del luogo, di



Figura 3.4: Una vista interna delle sale Aleph, per cui è pensata l'esibizione (su concessione dell'Università degli Studi di Bologna, tratta da [2])

recente poco utilizzato per altre esposizioni, ha determinato l'effettiva praticabilità della stanza, nelle sue due sezioni e nel breve tratto di corridoio che le collega, compresi i quadri di controllo, nonché la strumentazione disponibile, che hanno posto le condizioni ulteriori per l'idea da sviluppare.

A questo punto infatti, conosciuto il luogo, si sono potute ipotizzare differenti visioni sia per il meccanismo del gioco, che per la strutturazione del materiale visivo che avrebbe realizzato l'immersività dell'esperienza. Per

coinvolgere due visitatori che contemporaneamente vogliano interagire con il sistema, il gioco si dipana secondo uno schema che ripercorre le fasi di un parzialmente realistico duello di cannoni tra due piazzeforti. In prima istanza il gruppo di sviluppo ha concordato però su un meccanismo a turni, piuttosto che in contemporanea, per permettere di processare lo svolgimento in maniera ordinata tra attuale sparante e possibile bersaglio, evitando complicate gestioni delle azioni in contemporanea. Tra i presenti in fase di definizione delle specifiche, la maggior parte delle persone è stata in accordo per strutturare la scena ponendo al centro dell'Aleph colui che partecipasse al gioco, fosse esso sparante o bersaglio, così da sfruttare gli schermi sulle pareti per visualizzare l'esito dello sparo. Sin dall'inizio si è stabilito che lo sparante potesse inquadrare il giocatore bersaglio e il piano lungo cui esso può effettuare movimenti (destra/sinistra, alto/basso), prima di sparare senza necessariamente conoscere altro che l'informazione visiva. Un'idea parallela ipotizzava di porre i giocatori centralmente nelle rispettive arene, ma utilizzando gli schermi laterali per immedesimare i partecipanti nella bocca da fuoco/nella destinazione dello sparo, lasciando allo smartphone un grado di libertà nel decidere non più il diretto punto da colpire, ma l'inclinazione della traiettoria. Ad una valutazione ultima, si è preferita mantenere la prima ipotesi, supportata anche dal prospettato maggiore coinvolgimento non soltanto dei giocatori, ma anche degli altri spettatori presenti.

A partire dai presupposti esposti, è stata stesa infine una bozza di riferimento, da cui è cominciato l'iter di sviluppo.

(cit.) Il concept per il gioco destinato ad una mostra temporanea (installazione) per le celebrazioni del III Centenario della fondazione dell'Istituto delle Scienze a Bologna avrà come fulcro la figura di Luigi Ferdinando Marsili. In particolare, l'episodio che verrà messo in scena dalla performance sarà l'abbandono della carriera militare, e l'inizio della sua carriera esclusivamente scientifica.

Alla luce di questo episodio, in accordo con il gioco che si sta

sviluppando, il concept di base per l'installazione potrebbe essere il seguente.

- I-PHONE PUNTAMENTO

Sull'i-phone che sparerà, bisognerà visualizzare un modellino di cannone o di trabucco presente nella collezione militare del Museo, insieme con la realtà del potenziale bersaglio (quindi anche dell'antagonista nell'altro Aleph)

- ATTESA DI INTERAZIONE

Il sistema si presenta in stop. In questo momento, sui 9 schermi DI ENTRAMBE LE SALE appaiono immagini che scorrono con la logica di un "salvaschermo" che ruota fra i vari schermi, dando la percezione di un lento ma costante movimento, con suoni ambient di fondo. I criteri di scelta delle immagini sono:

- Scritta "Musei di Palazzo Poggi", "III Centenario Istituto delle Scienze", "Luigi Ferdinando Marsili", ed una scritta che invita al gioco da decidere

- Immagini delle collezioni naturalistiche della sala Marsili come alla fine dell'interazione (ultimo punto)

-...

Si utilizzano anche le retro proiezioni sulle stoffe degli Aleph. In questo caso il sistema, comandato da lettori DVD, proiettano

- Colori di sfondo variabili

- Alcuni reperti delle collezioni

- Cannoni e trabucchi

- In alternativa alle retro proiezioni, si possono utilizzare degli strip di led che facciano un effetto di colore sulle stoffe delle retro proiezioni

- INTERAZIONE 1 - PUNTAMENTO

All'inizio dell'interazione, quando il giocatore inizia a puntare l'antagonista nell'altro aleph, cambia il "salvaschermo" inizia a mostrare immagini prese dalla stanza dell'architettura militare, con particolare attenzione al modello sulla battaglia di Breisach. In questo caso verranno mostrate sui 9 schermi DI ENTRAMBE LE SALE esclusivamente in dimensioni più grandi

- *Immagini dei sistemi di fortificazioni*
- *Modello della battaglia*
- *Cannoni e trabucchi*
- *Le retroproiezioni sui muri saranno solo colore variabile, o soliti strip led*

Il suono si muterà in un suono ambient di attesa, un rombo sommesso (con eventualmente urla e spari in sottofondo???)

- INTERAZIONE 2 - SPARO

Al momento dello sparo il proiettile inizierà X giri sui 9 schermi dell'Aleph 1. A questo punto:

- *Le retroproiezioni sui muri saranno solo colore variabile, o i soliti strip led*
- *Al passaggio del proiettile DURANTE L'ULTIMO GIRO, i dettagli dell'architettura militare lasceranno il posto principalmente ai coralli e reperti fossili del "museum diluvianum" ed altre immagini naturalistiche di patrimonio delle Collezioni di Luigi Ferdinando Marsili. Il concept è che la guerra lascia il posto alla Scienza, con un messaggio fortemente positivo*
- *Il suono rappresenterà uditiivamente la traiettoria del proiettile, in tono sommesso, e sincronizzato fra le 2 sale (passando dall'Aleph 1 all'Aleph 2)*
- *INTERAZIONE 3 - BERSAGLIO*

- *Quando il proiettile inizia i suoi giri nell'Aleph del bersaglio, anche qui all'ultimo giro vengono visualizzate immagini con la stessa logica applicata nel primo Aleph*
- *Quando colpito o mancato, il sistema restituirà due suoni corrispondenti (colpito, o mancato)*
- *In entrambe le sale nelle retroproiezioni arriveranno immagini migliori dei reperti naturalistici, o i soliti strip led*
- *I 9 schermi della sala del bersaglio restituiranno ognuno la scritta che indica se il bersaglio è stato colpito o mancato*
- *Dopo qualche secondo, i 9 schermi di ambedue gli Aleph manderanno un testo che illustra il concept storico sopra citato in corsivo, e la celebrazione della nascita dell'Istituto delle Scienze, con un adeguato commento sonoro*
- *In questo caso potrebbero ricomparire i coralli e gli altri reperti delle Collezioni selezionate, con stavolta la classificazione del reperto, che in assenza di visitatori (quindi dopo un numero Y di minuti) scompariranno per lasciare il posto a*
- *una scritta invitante al gioco in entrambe le due sale, sugli schermi, in accordo con il "salvaschermo", come nel primo punto*

Insieme ai rilievi sulla locazione e alla struttura di riferimento così concepita, l'aggiunta di fotografie e materiali disponibili nel museo, opportunamente editati per l'uso digitale, ha poi completato le basi su cui si è deciso lo sviluppo pratico del gioco, come vedremo nel prossimo capitolo.

Capitolo 4

L'implementazione del gioco

Nel precedente capitolo, abbiamo analizzato i presupposti concettuali per l'ipotesi di gioco e l'idea che si è decisa di realizzare. Ciò che andremo ora a descrivere è l'implementazione, nelle tecnologie adoperate e nelle scelte pratiche che sono state fatte, sia per la struttura delle meccaniche temporali che per i dettagli tecnici indispensabili alla concretizzazione del concept. Alcuni problemi affrontati sono discussi in dettaglio a fine capitolo.

4.1 L'architettura hardware di servizio

Il luogo della sala di gioco, descritto in parte già in precedenza, consta di due sale circolari, indicate come Aleph, di circa 3 m di raggio, le cui pareti sono rivestite da lembi di tessuto bianco, adoperabili per diffondere la luce di eventuali faretto o led disposti sulla circonferenza esterna del pavimento. Appesi a pochi centimetri dal soffitto, tramite un dispositivo circolare che può essere messo in rotazione ed è fissato alla circonferenza superiore della sala, sono disposti 9 monitor 32 pollici dotati di uscite video VGA, collegabili ad altrettanti computer o ad uno o più switch video. Le sale sono messe in comunicazione da un corridoio non ampio, ai cui lati sono presenti box di servizio che nascondono gli apparati di rete (alcuni router collegati al servizio infrastrutturale dell'Ateneo). La struttura è avviabile da una sala di

controllo, posta nel box situato alla destra dell'ingresso della sala che nella mappa è indicata con la lettera B. All'interno di queste sale è stato deciso

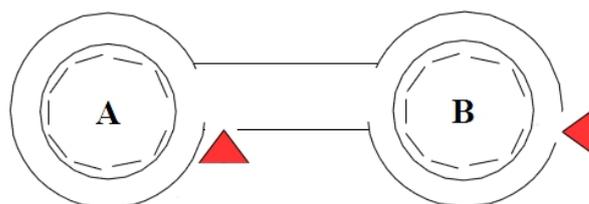


Figura 4.1: La mappa semplificata delle Aleph, le sale dove si svolge l'esibizione. Sono evidenziate con indicatori rossi le zone di ingresso/uscita verso le altre stanze del museo

di porre una coppia di server gemelli, dotati di 9 uscite VGA, in modo tale da coordinare ciascuno i monitor della rispettiva stanza in cui siano collocati. I server montano un sistema operativo Apple Macintosh OS X nella versione più recente disponibile e tutti i programmi necessari a garantire la loro connessione con l'infrastruttura di rete locale, tramite cui comunicano con gli altri dispositivi. Uno di questi, in particolare (è stato scelto quello della stanza A), contiene al suo interno il web server per la gestione dei profili di configurazione delle meccaniche di realtà aumentata ed il database, che sarà ad ogni azione aggiornato, per mantenere uno stato consistente dei posizionamenti e dello scenario di gioco. I server si occuperanno anche di gestire l'emissione dell'audio ambientale di supporto all'esibizione. Per l'interazione, i visitatori disporranno della possibilità di usare una coppia di Apple iPhone collegati via wireless, che contengono il programma per l'accesso all'interfaccia di gioco, il quale interagirà con le riprese delle fotocamere interne agli smartphone, e gli strumenti che si interesseranno della comunicazione degli spostamenti dei giocatori ai server. Gli iPhone sono dotati al loro interno di due sensori di cui poter gestire gli input ricevuti, un accelerometro ed un giroscopio: il programma di ricalcolo degli spostamenti del giocatore si avvale del primo di tali sensori, mentre viene fatto invece uso di entrambi per

la gestione delle direzioni di mira. Gli iPhone sono poggiati su un sostegno dotato di un marcatore, per registrare la posizione iniziale prima dell'esibizione. Elemento innovativo, non vengono usate altre telecamere oltre a quelle degli smartphone per rilevare dati utili alla realizzazione del sistema di Augmented Reality, nè viene usato alcun altro marcatore per le fasi di gioco.

4.2 Le componenti software

Il sistema di realtà aumentata sviluppato, dal punto di vista del software, si basa sulla presenza di tre macrocomponenti:

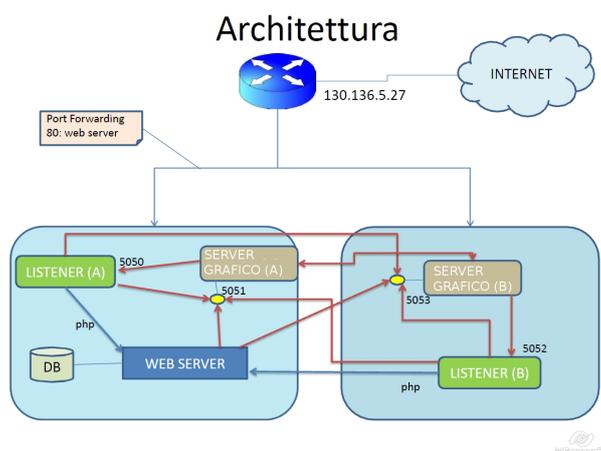


Figura 4.2: Il modello dell'architettura di gioco: *Listener* e *Server Grafico* sono le componenti responsabili degli schermi della sala, *Web Server* si occupa delle transazioni tra Junaio ed il database. Le comunicazioni sono effettuate mediante messaggi TCP/IP

- (a) un front-end ottenuto configurando una piattaforma di Augmented Reality per dispositivi mobile già esistente, estesa per supportare l'interazione tra i due avversari attraverso la comunicazione con un web server locale;

- (b) un ulteriore programma posto sugli smartphone, per gestire l'utilizzo dei sensori e segnalare il posizionamento dei giocatori;
- (c) un applicazione Java eseguita sui server, per mostrare il progresso delle fasi di gioco sugli schermi ed effettuare le comunicazioni e l'aggiornamento del database.

a. Il front-end sugli smartphone

La maggior parte dei sistemi di AR basa i calcoli dei propri algoritmi d'esecuzione a partire da rilevazioni successive di marcatori, relativi allo scenario di interesse.

Un approccio alternativo coinvolge l'uso del GPS (Global Positioning System) presente sugli smartphone e dei sensori che spesso sono inclusi nell'architettura dei dispositivi mobili: grazie a questo, essi spesso riescono a calcolare dove si trovino nello spazio in un dato momento, con accurati risultati di misurazione.

Molti sviluppatori software hanno prodotto veri e propri navigatori di realtà aumentata, che si basano su tali presupposti e permettono di operare nello spazio di visuale mediante "Points of Interest" (POIs) che appaiono sugli schermi di smartphone e tablet nella forma di icone fluttuanti. L'esistenza di tali soluzioni fondate su veri e propri AR-browser, che filtrano l'input della videocamera, ha indirizzato la scelta proprio su un prodotto, Junaio[®][38], che fa uso di questa tipologia d'interfaccia ed è divenuto il punto di riferimento per lo sviluppo sui nostri dispositivi mobili.

Junaio[®] è infatti una piattaforma per la realtà aumentata, esistente sia in versione per iOS, che per Android, che permette la creazione di contenuti sovrapponibili all'ambiente circostante sia a semplici utenti che a sviluppatori. Semplicemente puntando la fotocamera/videocamera dello smartphone sul contesto interessato, l'utilizzatore del servizio può visionare ed interagire con le informazioni digitali che possono venire presentate. Junaio[®] funziona in modalità ibrida, permettendo perciò di riconoscere marcatori

materiali impostati appositamente, oppure sfruttando i sistemi di sensori inseriti nell'oggetto, individuando marker virtuali indicati da metriche Latitudine/Longitudine/Altitudine (LLA). In aggiunta a questo, Junaio[®] possiede una flessibilità tale da consentire di adattare la piattaforma alle necessità degli sviluppatori, che tramite una dettagliata configurazione hanno la possibilità di aggiungere funzionalità complementari: tale meccanismo è realizzato avendo un servizio centrale, raggiungibile tramite internet e gestito commercialmente dai suoi ideatori, il quale carica di volta in volta alcuni livelli di visualizzazione aggiuntiva su cui sono dislocati gli oggetti virtuali da apporre al mondo esterno. Di base, perciò, il servizio provvisto da questo toolkit è partificabile a quello di un proxy sul mondo esterno, posto in entrambe le direzioni di comunicazione come ponte tra il corrispondente AR browser e un web server incaricato di mantenere le indicazioni di riferimento per l'ambiente simulato. Nella nostra proposta, tutti gli oggetti apposti all'interfaccia durante l'esecuzione debbono la loro presenza ad una componente locale residente in uno dei server, e quindi esterna al servizio di Junaio[®], che il servizio centrale del framework si occupa di caricare secondo le richieste fatte dal giocatore mediante lo smartphone, utilizzando il paradigma di connessione client/server; recuperati tali riferimenti virtuali, assieme ai punti di interesse interattivi definiti (i POI di cui abbiamo già discusso), Junaio[®] ritrasmette verso il dispositivo mobile le informazioni, secondo gli eventi catturati che richiedano modifiche all'ambiente visualizzato. Proprio grazie a questo procedimento, che vede associabili eventi agli oggetti ed ai punti di interesse, si è potuta realizzare la meccanica di gioco che ha aggiunto la funzionalità dello sparo di un cannone a partire dal tocco sul display dell'iPhone, altrimenti non presente nella piattaforma di realtà aumentata.

Come ipotizzato a priori, difatti, stabilire l'associazione tra l'azione del giocatore sparante e il contesto del difensore bersaglio mediante touchscreen richiede la discriminazione di determinate informazioni sull'interfaccia dell'utente: in particolare, si è deciso di interrogarsi su cosa possa significare che un giocatore sia colpito o mancato, secondo gli strumenti messi a dispo-

sizione da Junaio[®]. Sapendo che si abbia la caratteristica di poter mantenere uno strato di possibili azioni da compiere in relazione agli oggetti virtuali dislocati nello scenario, si è deciso di creare dei riferimenti virtuali disposti in altrettanto precisi punti d'interesse per lo sparante, premendo i quali verranno inviate informazioni al servizio centrale di Junaio[®].

Originariamente, l'idea vedeva l'utilizzo di un'intricata griglia di POI che mappasse lo spazio di mira della visuale, ma la soluzione è stata abbandonata, per i tempi di ricarica elevati non efficienti all'interazione desiderata e per l'overhead di informazioni che avrebbe compromesso l'accuratezza del sistema, invece che favorirla. La nuova soluzione scelta vede invece il supporto delle informazioni ricavate dal giroscopio dello smartphone, che utilizzata permette di ridurre sensibilmente il numero di POI sullo schermo. Si creano infatti soltanto due punti di interesse limitrofi, che corrispondano alla metà destra e alla metà sinistra dell'Aleph del difensore e che sono identificati dall'area destra e quella sinistra dell'inquadratura, e ad ogni aggiornamento delle informazioni di livello (circa ogni secondo) o nell'atto di registrare la pressione del dito su una delle metà dello schermo, s'invisano al servizio centrale di Junaio[®] messaggi contenenti le indicazioni sul punto di interesse attivato dall'azione effettuata ed anche le informazioni provenienti dal giroscopio e dall'accelerometro. A questo punto il tutto si riporta alla cattura dell'orientamento dell'iPhone al momento dello sparo e alla posizione del difensore secondo i dati contenuti nel database del nostro web server, per decidere se il POI venga colpito o meno. Chiaramente, tutto questo può avvenire in un contesto in cui le comunicazioni siano effettuate in real-time in maniera ottimale, ma grazie all'architettura hardware predisposta, vi è tale garanzia di servizio.

Sugli smartphone è stato inoltre necessaria aggiungere una visualizzazione delle informazioni che fosse confacente all'aspetto auspicato per l'esibizione: anche in questo, ci si è avvalsi delle caratteristiche di Junaio[®], che consente di personalizzare l'interfaccia di presentazione e navigazione della realtà aumentata, e si è deciso di approntare due differenti schemi visuali, che guidassero

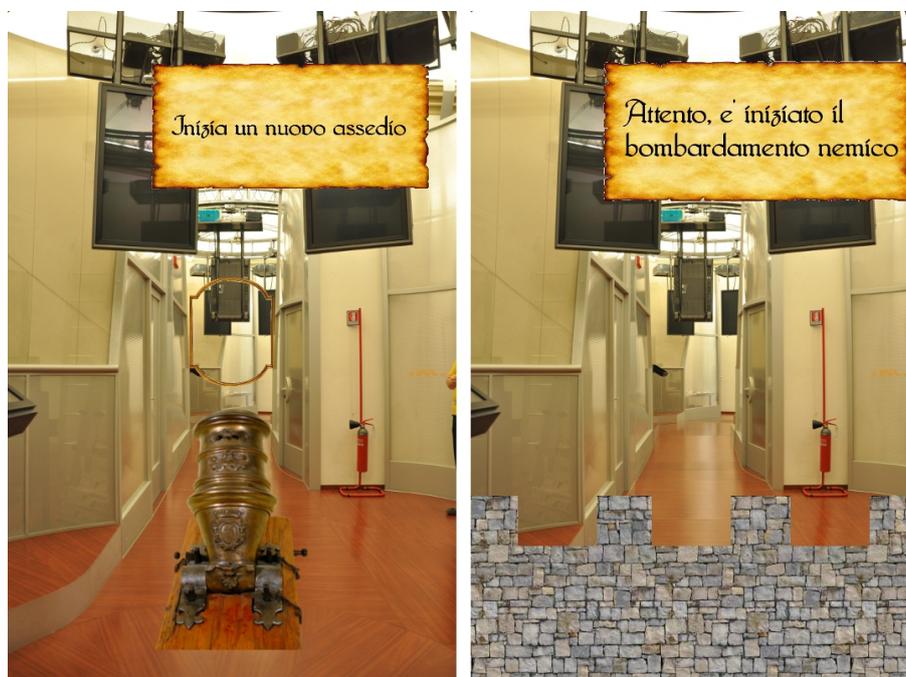


Figura 4.3: Un prototipo della versione dell'interfaccia storica sul display dello smartphone (realizzata a partire dalla foto tratta da [2])

l'utente con apposite indicazioni durante lo svolgimento delle fasi del duello. La prima interfaccia più leggera e generica, senza caratterizzazioni storiche evidenti, segue una concezione grafica minimale, in cui non viene mostrato alcun elemento visivo per indicare l'arma dello sparante, ma vi è invece un indicatore circolare animato, per rappresentare un contatore del numero di vite residue del giocatore, il quale può così mantenere traccia dei colpi ricevuti. A completare il tutto, una serie di bottoni e messaggi a comparsa che indicano le azioni da poter compiere o gli effetti della fase di gioco. La seconda interfaccia, invece, presenta un aspetto anticato, in cui lo sparante viene associato ad una bombarda (immagine ricavata dal contenuto delle sale museali) e il bersaglio si trova identificato da una sezione della fortificazione di Breisach; in entrambi, il contatore della vita del giocatore è rappresentato da una clessidra, mentre i messaggi visualizzati hanno una pergamena come

fondale.

b. Il programma di riconoscimento della posizione del giocatore

Il lavoro compiuto dal sistema deve tener conto non soltanto dei dati di riferimento per lo sparo effettuato, ma si deve anche considerare, parimenti, il riconoscimento della posizione del bersaglio, al quale è consentito effettuare spostamenti all'interno dell'Aleph, per evitare di essere colpito. In questo caso viene solo parzialmente coinvolto Junaio[®], che deve restituire il feedback sul colpo andato o meno a segno, mentre diviene necessaria l'implementazione di un'apposita componente, affinché sia dinamicamente aggiornato il database di riferimento.

Il posizionamento iniziale del giocatore nell'una o nell'altra Aleph, per evitare qualunque problematica legata all'utilizzo di un riferimento legato a coordinate GPS, viene infatti indicato a Junaio[®] con il rilevamento di un marcatore apposito, l'unico presente in tutto il sistema, che avvia l'inizializzazione delle strutture dati contenenti le coordinate locali e dà l'avvio alle rilevazioni ed ai calcoli per individuare, ad intervalli costanti, dove sia dislocato l'utente nell'Aleph. Le successive operazioni sono invece compiute mediante un algoritmo di controllo dei sensori disponibili sull'iPhone, ed in particolare dell'accelerometro, che è realizzato in linguaggio Objective-C, affinché fosse il più possibile aderente alle specifiche di programmazione per il dispositivo mobile.

Come già accennato, l'accelerometro riveste il ruolo centrale per l'identificazione del posizionamento del difensore, il quale ha la possibilità di muoversi durante lo svolgimento del gioco, e deve pertanto essere tracciato nel modo più preciso possibile nell'esatto istante in cui può essere soggetto al colpo da parte dello sparante. Purtroppo, l'uso di tale sensore porta con sé numerose problematiche di misurazione, essendo questo soggetto ad elevati errori già sulle piccole distanze di spostamento, cosa che ha comportato difficoltà in fase di sviluppo nella scelta dell'approccio. Infatti, se in un primo momento

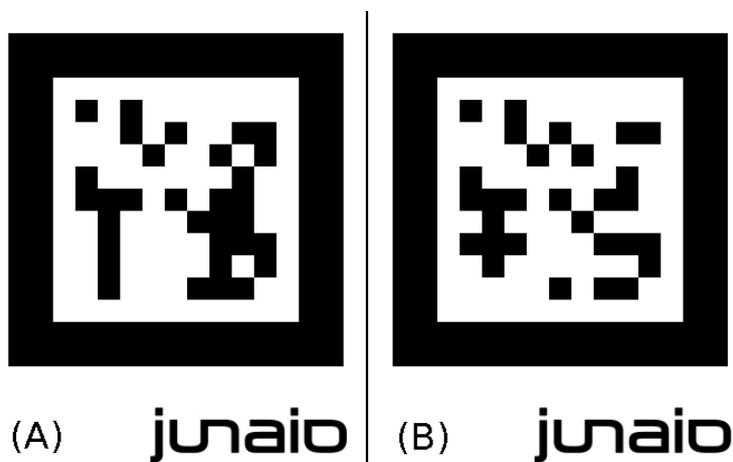


Figura 4.4: I markers utilizzati per fornire il posizionamento iniziale e dare inizio al gioco, sia nell'Aleph A che nell'Aleph B

si era deciso di gestire le informazioni sullo spostamento tramite equazioni matematiche precise (il calcolo dell'integrale della velocità ricavata come integrale dell'accelerazione rilevata), la presenza di un'incertezza crescente ha determinato successivamente la preferenza verso l'uso di un'euristica alternativa, che ha garantito maggiore efficienza nel nostro contesto.

In partenza, considerando la dimensione ristretta delle Aleph, si era già osservato che ciascun giocatore potesse al massimo percorrere l'asse perpendicolare al corridoio di collegamento delle sale in soli uno o due passi verso destra o verso sinistra, a partire dal centro della propria arena, fornendo così uno spazio ristretto di azione. Per tale motivo, allora, l'obiettivo del nostro algoritmo non è stato più quello di indicare una stima precisa dell'intervallo di spostamento, ma si è trasformato nella richiesta di determinare con accuratezza la sola direzione in cui il giocatore si potesse rapidamente spostare. Per compiere questa discriminazione, il software campiona i dati dell'accelerometro ed agisce secondo tre strade: quando l'ampiezza dell'onda si riveli consistente per il verso positivo dell'asse delle ordinate, lo spostamento avviene verso destra, mentre in caso opposto, si ottiene la rilevazione

del movimento verso la propria sinistra; sotto una certa soglia d'ampiezza della sinusoidale, invece, vengono scartati i risultati, ritenendo lo spostamento non effettivamente dovuto al movimento del giocatore, ma solo all'errore di misurazione. Compiuta tale analisi, viene comunicato il risultato al server contenente il database, secondo intervalli regolati da un timer, pertanto al giocatore bersaglio viene consentito di evitare il colpo muovendosi verso l'estrema destra o l'estrema sinistra dell'Aleph.

Purtroppo, per quanto riguarda la ricezione degli spostamenti da parte del web server sussiste un problema: ci sono due dispositivi mobili coinvolti nel gioco, ciascuno dei quali spedisce messaggi, ma solo uno dei due di essi è quello che, in un dato momento, è destinato a ricevere lo sparo. Il web server deve dunque poter discriminare quale dei due iPhone sia il bersaglio, per questo si assume che l'indirizzo IP locale di entrambi sia statico e noto a priori al sistema. A questo punto, si può lasciar inviare gli spostamenti di tutti e due i giocatori, demandando al server l'aggiornamento dell'informazione sul punto d'interesse in cui si trova lo sparato: esso scarta i messaggi provenienti dall'iPhone sparante, in base all'IP mittente del messaggio e richiama una pagina PHP al proprio interno, che va a modificare i dati nel database inerenti al POI da colpire.

c. Il contesto multimediale sugli schermi della sala

Residente sui server, oltre alla componenti di servizio per la ricezione delle informazioni di posizionamento provenienti dall'iPhone e la gestione del database, è anche un applicativo Java, responsabile di creare l'immersività nello scenario d'esibizione sia dei giocatori direttamente coinvolti che degli spettatori.

Tale programma è stato sviluppato tenendo conto dell'integrazione con l'interfaccia disponibile sui device mobili in uso e fornisce un contesto multimediale all'evento, modificando le immagini presenti su video nel dipanarsi delle fasi di gioco (ovvero fondali moderatamente dinamici ed elementi che testimoniano l'interazione tra sparante e bersaglio) e riproducendo un contesto

sonoro ambientale adeguato (per il quale ringraziamo l'autore, il musicista Bartolomeo Sailer¹, nell'ottica risolutiva illustrata nel concept di gioco.

Nella fase iniziale, tutti gli schermi mostrano immagini provenienti dalla collezione naturalistica di Luigi Ferdinando Marsili, ottenute a partire da reperti effettivamente custoditi all'interno delle sale museali. Integrati ad esse, vengono presentati dei pannelli testuali, invitanti a prendere parte al gioco, ed un sottofondo sonoro ispirato alla natura.

Non appena entrambi i partecipanti hanno confermato di voler iniziare il combattimento, i fondali precedenti vengono sostituiti da foto di plastici e di riproduzioni realistiche in scala di architetture ed elementi militari, legati alla storia dello scienziato bolognese. A questo punto, inoltre, cambia il tipo di sonoro riprodotto, che passa ad un'austera marcia militare suonata da tamburi e trombe, e il gioco si pone in attesa dell'azione del giocatore che darà inizio al duello. Una volta effettuato lo sparo, viene eseguito il sonoro inerente al colpo di cannone e la palla, seguita da una scia, viene visualizzata sugli schermi dell'Aleph dello sparante, in un moto circolare che la contorna per un numero di giri variabile. Durante l'ultimo giro, i fondali gradatamente cambiano aspetto, passando di nuovo alla collezione naturalistica di Marsili, mentre la palla prosegue il suo cammino sino al termine delle rotazioni, dopo le quali scompare dalla sala, riapparendo presso l'Aleph del difensore, dove compie altri tre giri in maniera identica all'altra sala, prima di scomparire nuovamente.

Passati nella visualizzazione degli sfondi naturalistici, si riceve infine il feedback visivo e sonoro dello sparo, che indicherà il buon esito per lo sparante e il danno subito dal bersaglio, oppure il contrario, qualora il colpo non fosse andato a segno. Scomparse le segnalazioni, si aggiungono infine altre schermate a quelle già presenti, descrittive in breve la storia della battaglia di Breisach e le sue funeste vicende, prima di ricominciare il round a parti alterne, in un meccanismo ciclico che termina con l'ultimo round previsto per il duello, dopo il quale non viene più mostrata la schermata di battaglia, ma

¹<http://www.wanginc.it> - bart@wanginc.it



Figura 4.5: Tre esempi di immagine sui monitor delle sale: la schermata di invito nelle due tipologie ed un istante della fase di gioco

l'esecuzione è riportata in automatico allo stato di partenza. Per la necessità di dover gestire gli elementi di ciascuna sala, il programma è replicato su entrambi i server e strettamente connesso alle fasi di alternanza del ruolo dei giocatori nel corso dell'intera partita, cosicché possa svolgere un ulteriore compito, cioè quello di tenere traccia dei round successivi in cui si svolge il duello, mostrando l'esito dei colpi andati a segno per ogni duellante rispetto al numero di colpi totali disponibili.

Anche in questo caso l'interfaccia presentata può assumere due profili differenti. Vi è una configurazione minimale, in cui i testi sono presentati a video con caratteri semplici e su sfondo bianco o con una leggera sfumatura di grigio, in trasparenza qualora si sovrapponevano all'immagine di sfondo, per non nascondere del tutto. Viceversa, caratteri con grazie e pergamene accompagnano l'alternativa interfaccia storica, ispirata alla scrittura dei libri antichi e ad un effetto che cerchi di avvicinarsi all'aspetto dei materiali del periodo tra il XVII e il XVIII secolo.

4.3 Un'esecuzione del gioco

Riassumendo ogni passo, lo scenario di gioco d'esempio, caratterizzato da un contesto naturalistico multimediale, invita due spettatori alla volta tra i presenti ad approssimarsi al centro delle Aleph. Questi, una volta impugnato un iPhone ciascuno, si devono registrare rapidamente al sistema, inquadrando un marcatore con le rispettive fotocamere sugli smartphone, tramite l'AR browser di Junaio[®]: la velocità di ingresso determinerà chi inizi il duello come sparante. A questo punto, il framework di realtà au-

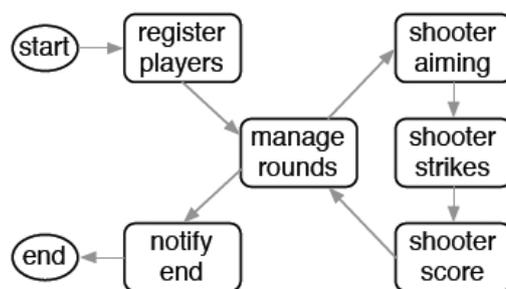


Figura 4.6: Il modello a stati finiti del ciclo d'esecuzione dell'applicativo (tratta da [2])

mentata si occupa di caricare le rispettive interfacce di gioco, attraverso le quali monitorare l'ambiente circostante nei differenti round consecutivi, in cui ciascuno assume a turno il compito di attaccante o di difensore. Frattanto, sugli schermi disposti nelle stanze, appaiono via via le immagini relative al momento del dipanarsi del round, rendendo consapevoli dell'azione anche i visitatori non direttamente giocatori: mentre lo sparante prende la mira e il giocatore bersaglio può muoversi per evitare lo sparo, tutti i presenti possono vedere le riproduzioni militari apparire sui monitor. Sugli smartphone, un processo in esecuzione continua si occupa ad intervalli regolari di inviare ai server gli aggiornamenti sulle posizioni e gli spostamenti dei giocatori, in modo che si mantengano aggiornate le informazioni sul database. Effettuato lo sparo del cannone grazie alla pressione di un dito sul touchscreen, la palla viene visualizzata sui diciotto monitor, prima per tre giri nei 9 schermi in

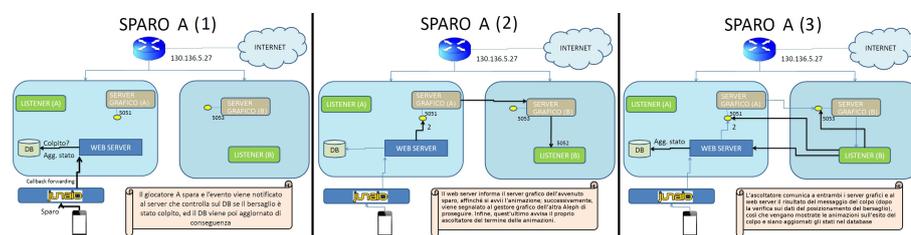


Figura 4.7: Le fasi dello sparo in dettaglio

una sala, successivamente negli altri 9 della sala gemella per un altrettanto numero di rotazioni, per poi sparire definitivamente, accompagnata dal suono del colpo che ha raggiunto una destinazione: se questa è il bersaglio, verrà segnato il punto per l'attaccante, e tutti vedranno apparire l'esito dello sparo sui display che circondano le Aleph, concorrentemente alla presenza delle immagini della collezione naturalistica. I ruoli poi saranno invertiti e questo procedimento si ripeterà sino al termine del duello, dopo un numero di round in cui sia garantita ad entrambi la possibilità di essere equamente attaccanti o difensori (3, nella scelta effettuata). La vittoria verrà assegnata al giocatore che avrà colpito la maggior parte delle volte sul totale, patta se non vi è differenza tra i partecipanti.

4.4 Problematiche incontrate e risoluzioni

Oltre alle questioni discusse in precedenza, altri problemi sono emersi dalla progettazione, risolvendo i quali si è potuta verificare la bontà dell'intera proposta. Il primo inconveniente osservato, si è verificato in seguito alla scelta effettuata per il riconoscimento del meccanismo “pressione del dito/sparo”. Usando solo due POI per coprire lo spazio dello schermo, necessariamente si è visto che saranno l'uno direttamente a fianco dell'altro. A causa dell'inaccuratezza del giroscopio, se lo sparante spara “al centro può colpire sia il punto d'interesse di destra che quello di sinistra, situazione influenzabile dall'errore dato dallo sfasamento attuale del sensore nel momento del colpo. Per questo viene obbligato l'utente a sparare molto a destra se vuole colpire il POI di

destra o molto a sinistra per colpire quello di sinistra. Infatti, avendo fatto dei punti d'interesse molto grandi, si ha un'alta probabilità che sparando molto a destra si colpisca proprio il POI destro, scavalcando così il problema dell'incertezza di misurazione.

Un secondo inconveniente, legato al sistema operativo presente sugli iPhone, nasce invece dalla necessità di dover eseguire in contemporanea più processi, senza dover disattivarne alcuno. Durante le fasi gestite da Junaio[®], non si vuole perciò interrompere la rilevazione della posizione del giocatore, che è essenziale allo svolgimento del procedimento, nè si vuole impedire all'interfaccia wireless di funzionare al di fuori dell'applicazione attualmente in uso. Normalmente, iOS mantiene in background per 10 minuti i processi non direttamente legati al sistema operativo, dopodiché li interrompe; per fare in maniera che l'applicazione venga mantenuta per un tempo maggiore bisogna "risvegliarla prima dello scadere del tempo consentito dal device, ovvero farla ritornare in foreground in maniera da azzerare il contatore predisposto al monitoraggio dei 10 minuti (in pratica con il background il programma continua come se nulla fosse successo per 10 minuti, senza gestioni straordinarie). Per creare una applicazione che supporti l'esecuzione in background si deve disporre di un identificativo specifico a questo scopo e di un timer per richiamare l'azione da eseguire in questo stato dell'applicazione. Questi due elementi devono essere richiamati nell'interfaccia del nostro programma ed inizializzati durante la fase di caricamento dell'applicazione; abilitando poi a piacimento il background del processo e regolandone con codice specifico la durata di permanenza, si alternano gli stati di foreground e background del servizio corrispondente, che in tal modo non verrà interrotto, perché gli handler sono mantenuti nella gestione dello scheduler del sistema operativo e possono continuare a gestire eventi senza risentire del cambio di stato dell'applicazione.

L'ultimo punto la cui soluzione, per quanto cosmetica, è stata necessaria per mantenere l'efficienza dell'architettura, ha riguardato la produzione dei modelli grafici da mostrare sugli smartphone e sugli schermi disposti nelle

Aleph. In realtà, sia Java che la piattaforma di Junaio[®] consentono l'utilizzo di modelli tridimensionali (quest'ultimo, supporta solo elementi in formato OBJ e MD2), ma è stato verificato durante i test che veri e propri oggetti di questo tipo appesantiscano il caricamento delle interfacce, prolungando i tempi di attesa e pregiudicando l'interazione dei giocatori. Si è deciso così di abbandonare l'uso di modelli 3D ipotizzato in prima istanza, sostituendoli con estrapolazioni da foto delle collezioni del Museo dove effettivamente fossero necessarie immagini realistiche.

Capitolo 5

Conclusioni

5.1 Considerazioni finali sul gioco e le sue implicazioni

Il background esistente nel campo della realtà aumentata ha mostrato una fiorente attività di ricerca approfondita, che ha investito numerosi settori ed è stata portatrice di interessanti soluzioni per una migliore interazione con gli ambienti coinvolti.

Giunti al termine di questa trattazione, possiamo affermare di avere aggiunto però un ulteriore tassello sinora non pienamente considerato: con il lavoro di sviluppo dietro al gioco ispirato alla figura storica del conte Marsili, si è potuta sperimentare un'innovativa proposta per l'interazione mutuale tra due utenti immersi nel medesimo scenario e consapevoli vicendevolmente del rispettivo stato, mantenendo un'infrastruttura di non elevata complessità il cui riscontro consenta anche il coinvolgimento di visitatori non direttamente agenti sulla scena di gioco. In un certo senso, poi, la metafora della palla di cannone che scorra su sfondi militari e naturalistici, attraverso la traiettoria mantenuta nelle Aleph, può essere paragonata all'avventuroso percorso del Conte Marsili durante la propria vita.

Ovviamente, oltre a celebrare il terzo centenario dalla nascita dell'Accademia delle Scienze con un'esperienza ludica innovativa ed eccitante, si spera che

l'uso del gioco in questione (che unisce l'aspetto intrattenitivo a quello più serio della storia militare e delle scienze naturali), grazie al contesto di realtà aumentata, possa risvegliare l'interesse nel pubblico giovane e adulto, spinto a visitare l'intera collezione del Museo dopo aver provato questa divertente esperienza.

5.2 Possibili sviluppi futuri

Un punto di partenza per futuri utilizzi del lavoro qui descritto si basa sul presupposto che le soluzioni euristiche qui implementate siano astruibili dal contesto dell'esibizione pensata per la commemorazione: non è difficile notare come, adattata l'interfaccia, si possa riciclare il sistema di tracciamento in situazioni simili, per la realizzazione di future esposizioni, sinanco ad ipotizzarne lo sfruttamento in spazi aperti.

Attuali progetti vedono inoltre l'idea di trasportare questa architettura anche su sistemi mobili differenti, come Android, per rendere ancora più estese le possibilità di sviluppare proposte d'interazione tra utenti: i dispositivi con tale sistema operativo, infatti, possiedono un modello di localizzazioni basata su sensori spaziali e Junaio è una delle piattaforme che, come abbiamo visto, è presente anche in versione dedicata per il sistema progettato da Google.

Si auspica anche la possibilità, come già alcuni enti e musei hanno fatto con le proprie applicazioni, di rilasciare, in futuro, versioni disponibili per uso privato ed ottenibili tramite il download presso i negozi virtuali che le case produttrici di smartphone e tablet gestiscono, a fronte di rivedere con meccanismi differenti la gestione dei dati, perché non richieda la presenza di ulteriore hardware al di fuori di quello mobile.

Bibliografia

- [1] M. Rossi, P. Salonia - *La comunicazione multimediale per i beni culturali*, Milano, Pearson Education Italia, 2003
- [2] M. Rocchetti, G. Marfia, A. Amoroso, S. Caraceni, A. Varni - *Augmenting Augmented Reality with Pairwise Interactions: The Case of Count Luigi Ferdinando Marsili Shooting Game*, 2011
- [3] S. Caraceni - *A Polymorphic Museum in New Realities: Being Syncretic*, Ascott/Bast/Fiel/Jahrmann/Schnell (Eds.), Springer, 2008, p. 63
- [4] *Augmented Planet - A different view on reality* - <http://www.augmentedplanet.com/>
- [5] *Wikipedia: Realtà Aumentata*
http://it.wikipedia.org/wiki/Realtà_aumentata
Wikipedia: Augmented Reality
http://en.wikipedia.org/wiki/Augmented_reality
- [6] *Augmented World* - Il blog Italiano della Realtà Aumentata
<http://augmentedworld.it/>
- [7] *IAR 2001*
<http://www.italianaugmentedreality.com/>
- [8] *History of Mobile Augmented Reality*
<https://www.icg.tugraz.at/~daniel/HistoryOfMobileAR/>

-
- [9] *openAR - Open Augmented Reality Blog*
<http://openar.net/>
- [10] *Augmented Reality research at Graz University of Technology*
<http://www.icg.tugraz.at/project/studierstube>
- [11] J. Tukahashi, T. Kushidu, J.-K. Hong, S. Sugita, Y. Kurita, R. Rieger, W. Martin, G. Gay, J. Reeve, R. Loverance - *Global Digital Museum: Multimedia Information Access and Creation on the Internet*, 1998
- [12] Jim Devine et al. - *What Clicks? Electronic access to museum resources in Scotland and e-learning opportunities using museum resources*, 2004
- [13] M. Economou, E. Meintani - *Promising beginnings? Evaluating museum mobile phone apps*, 2011
- [14] R. Ueno - *An Experience of Digital Cultural Assets at Museum - A Trial at the Tokyo National Museum*, 2010
- [15] R. J. Rothfarb, P. Doherty - *Creating interactive content and community in Second Life*, 2007
- [16] K. Jung, S. Lee, S. Jeong, B.-U. Choi - *Virtual Tactical Map with Tangible Augmented Reality Interface*, 2008
- [17] M. A. Livingston, L. J. Rosenblum, S. J. Julier, D. Brown, Y. Baillot, J. E. Swan II, J. L. Gabbard, D. Hix - *An augmented reality system for military operations in urban terrain*, 2002
- [18] T. Sielhorst, T. Obst, R. Burgkart, R. Riener, N. Navab - *An Augmented Reality Delivery Simulator for Medical Training*, 2004
- [19] D. Balazs, E. Attila - *Volumetric Medical Intervention Aiding Augmented Reality Device*, 2004
- [20] H. Regenbrecht, G. Baratoff, W. Wilke - *Augmented Reality Projects in the Automotive and Aerospace Industries*, 2005

- [21] X. Li, D. Chen - *Augmented Reality in E-commerce with Markerless Tracking*, 2010
- [22] X. Wang, R. Chen, Y. Gong, and Y.-T. Hsieh - *Experimental Study on Augmented Reality Potentials in Urban Design*, 2008
- [23] Y. Sheng, T. C. Yapo, C. Young, B. Cutler - *A Spatially Augmented Reality Sketching Interface for Architectural Daylighting Design*, 2011
- [24] C. T. Tan, D. Soh - *Augmented reality games: a review*, 2010
- [25] M. Rocchetti, G. Marfia, M. Zanichelli - *The Art and Craft of Making the Tortellino: Playing with a Digital Gesture Recognizer for Preparing Pasta Culinary Recipes*, 2010
- [26] M. Rocchetti, A. Semeraro, G. Marfia - *On the Design and Player Satisfaction Evaluation of an Immersive Gestural Game: The Case of Tortellino X-Perience at the Shanghai World Expo*, 2011
- [27] M. Rocchetti, G. Marfia, A. Semeraro - *Playing into the Wild: A Gesture-based Interface for Gaming in Public Spaces* in *Journal of Visual Communication and Image Representation*, Elsevier, Vol. 23, n. 3, 2012, pp. 426-440
- [28] *Wikipedia: Luigi Ferdinando Marsili*
http://it.wikipedia.org/wiki/Luigi_Ferdinando_Marsili
Wikipedia: Luigi Ferdinando Marsigli
http://en.wikipedia.org/wiki/Luigi_Ferdinando_Marsigli
- [29] *la Repubblica.it: Le straordinarie avventure di Luigi Ferdinando Marsili*
<http://ricerca.repubblica.it/repubblica/archivio/repubblica/2011/12/18/le-straordinarie-avventure-di-luigi-ferdinando-marsili.html>
- [30] *Le collezioni di Luigi Ferdinando Marsili*
<http://www.museopalazzopoggi.unibo.it/dettaglioCollezione.do?id=21>

- [31] *Luigi Ferdinando Marsili, esempio d'ingegno poliedrico*
<http://www.scienzainrete.it/contenuto/articolo/luigi-ferdinando-marsili-esempio-dingegno-poliedrico>
- [32] *Treccani.it: MARSILI (Marsigli), Luigi Ferdinando - Dizionario Biografico degli Italiani - Volume 70 (2007)*
[http://www.treccani.it/enciclopedia/luigi-ferdinando-marsili_\(Dizionario-Biografico\)/](http://www.treccani.it/enciclopedia/luigi-ferdinando-marsili_(Dizionario-Biografico)/)
- [33] *Wikipedia: Giovanni Filippo d'Arco*
http://it.wikipedia.org/wiki/Giovanni_Filippo_d'Arco
- [34] *l'Opinione delle Libertà: E' tutta un'altra storia*
<http://www.opinione.it/articolo.php?arg=14&art=82192>
- [35] S. Rose, D. Potter, M.Newcombe - *Augmented Reality: A Review of available Augmented Reality packages and evaluation of their potential use in an educational context*, 2010
- [36] *Layar*
<http://www.layar.com/>
- [37] *ARToolKit*
<http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>
- [38] *Metaio*
<http://www.metaio.com/>
Junaio
<http://www.junaio.com/>
- [39] *Wikitude*
<http://www.wikitude.com/en/>

Ringraziamenti

Giunto al termine del mio percorso di studi universitario con questa tesi, desidero anzitutto ringraziare i miei familiari, compresi quelli che ora non sono più tra noi. Non dimentico di certo la mia ragazza, che mi è stata vicina anche nei momenti in cui mi sono reso meno sopportabile e mi ha spronato a mettercela tutta, assieme alla sua famiglia.

Ovviamente, dato il contesto, non posso di certo di certo escludere i professori ed i colleghi studenti che mi hanno affiancato in tutto il cammino accademico, in special modo il mio relatore, il professor Marco Rocchetti, ed i correlatori, la professoressa Simona Caraceni, il professor Alessandro Amoroso ed il dottor Gustavo Marfia, nonché i partecipanti al corso di Sistemi ed Applicazioni Multimediali dell'anno 2010-2011, miei compagni in fase di progettazione e realizzazione, cioè Marcello Allegretti, Giovanni Sgambato, Andrea Ferracin, Marco Ciaramella, Viscardo La Porta, Saverio Campisi, Michele Consiglio, Iacopo Pazzaglia, Filippo Gamberoni, Carlo Donzelli. A tutti loro e a chiunque abbia contribuito alla mia formazione umana e professionale, un sentito grazie.