



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI
NAPOLI FEDERICO II

Scuola Politecnica e delle Scienze di Base
Corso di Laurea in Ingegneria Informatica

Elaborato finale in **Sistemi Multimediali**

Realtà aumentata nell'ambito dello Human Computer Interaction

Anno Accademico 2018/2019

Candidato
Nicola De Siena
matr. N46002534

Ai miei amici,
alla mia famiglia
e ai miei compagni di viaggio.

Indice

Introduzione.....	5
Capitolo 1: Realtà aumentata.....	6
1.1 Definizione.....	6
1.2 Storia della realtà aumentata	7
1.3 Mercato e Costi	8
1.4 Scopi e Campi applicativi	9
1.4.1 Ambito didattico	9
1.4.2 Ambito Medico/Biologico	10
1.4.3 Ambito videoludico	11
1.4.4 Ambito edilizio	12
1.4.3 Ambito turistico	13
Capitolo 2: Related Works.....	14
2.1 ARToolKit e la realtà aumentata nel campo della chirurgia	14
2.2 Smart Helmet e altri progetti AR nell’edilizia	15
2.3 Augmented Books e altri software AR per la didattica	17
Capitolo 3: Tecnologie della realtà aumentata.....	19
3.1 Tool di Sviluppo	19
3.1.1 ARToolKit	19
3.1.2 Wikitude	20
3.1.2 Vuforia	20
3.2 Dispositivi	21
3.2.1 Google glass	21
3.2.2 Hololens	23
Capitolo 4: Applicazioni.....	25
4.1 Industria 4.0	25
4.2 Digital Cultural Heritage	26
4.2.1 Modellazione 3D	27
4.2.2 Applicazioni AR	29
Conclusioni.....	32
Bibliografia.....	33

Introduzione

Un obbiettivo costante dell'immaginario dell'uomo è sempre stato quello di osservare fisicamente il mondo circostante più dettagliatamente, con informazioni relative a ciò che si sta osservando in un preciso istante, che sia un oggetto ,una pianta o un animale, i quali possono essere presenti fisicamente o virtualmente: in poche parole la realtà aumentata. Memorizzare informazioni direttamente in 3D è l'argomento principale legato alla tecnologia protagonista di questo elaborato, la Realtà Aumentata, che ha cambiato drasticamente il modo di interagire delle persone con il dato. La realtà aumentata permette di proiettare l'informazione non più su uno schermo ma piuttosto "intorno a noi" attraverso l'utilizzo di speciali dispositivi denominati "tecnologie a realtà aumentata". Anche se ci sono tracce dell'utilizzo di realtà aumentata già nel 1966, è una nuova frontiera tecnologica che si è sviluppata rapidamente soltanto in questi ultimi anni, e con la quale possono essere realizzate applicazioni di ogni tipo per innumerevoli scopi. Questo elaborato tratterà in modo accurato come la realtà aumentata ha cambiato radicalmente la vita dell'uomo in questi ultimi anni. Nel primo capitolo si parlerà della definizione di Realtà Aumentata ,scopi, utilizzi e impatto sul mercato. Si passerà poi ai related works che spiegano nel dettaglio come ogni software viene utilizzato per fornire un sistema a realtà aumentata di qualità, menzionando le relative applicazioni dei vari campi menzionati nel capitolo precedente. Delle tecnologie utilizzate per favorire lo sviluppo della Realtà aumentata se ne discuterà nel terzo capitolo e infine nell'ultimo parleremo nello specifico delle applicazioni legate alla realtà aumentata, in particolare quelle legate alla Digital Cultural Heritage.

Capitolo 1: Realtà aumentata

1.1 Definizione

Una definizione di realtà aumentata è questa: percezione sensoriale diretta o indiretta di un ambiente fisico in cui gli elementi di quest'ultimo sono arricchiti in tempo reale da informazioni generate da un calcolatore, che normalmente non sarebbero percepibili con i cinque sensi e in generale sono manipolabili digitalmente.

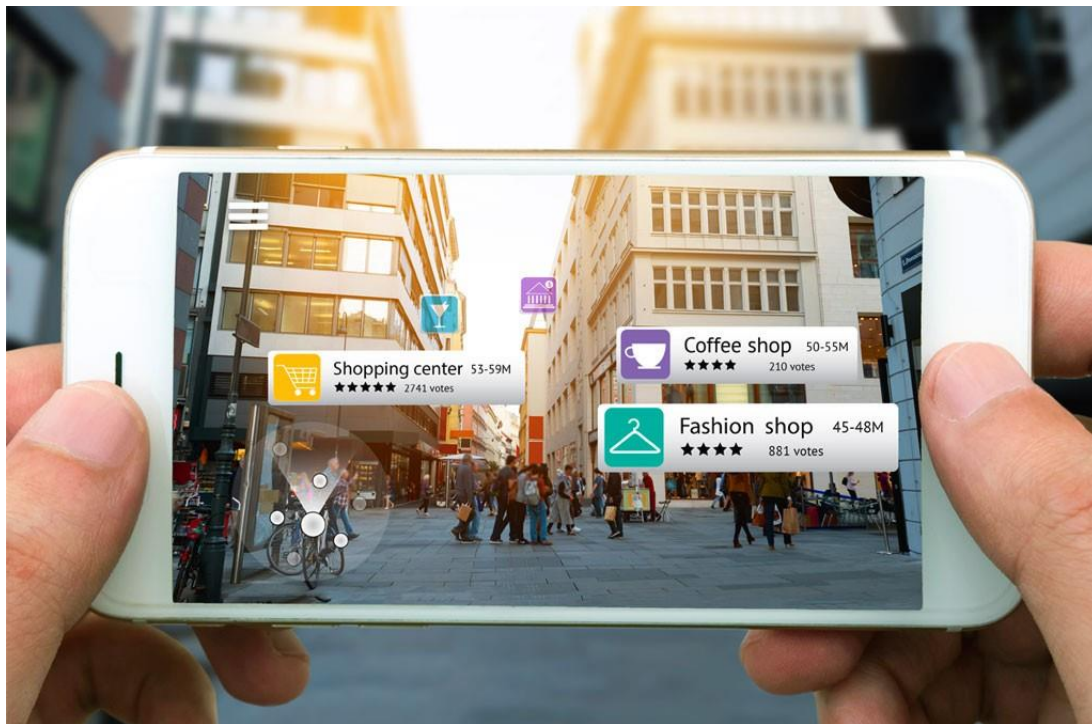


Fig. 1.1 Esempio di applicazione che utilizza la realtà aumentata

1.2 Storia della realtà aumentata

La realtà aumentata pone le sue origini nel 1966, quando il professore Ivan Sutherland dell'Università di Harvard (Billinghurst, Kato, & Poupyrev, 2008) costruisce un visore in grado di mostrare immagini 3D che si sovrappongono a scene reali: l'HMD, che sta per head-mounted display. Questo dispositivo consisteva in un casco da indossare che permetteva la visione tramite un display ottico monoculare o binoculare. Successivamente, nel 1975 il Dott. Myron Krueger realizzò un laboratorio di realtà artificiale chiamato Videoplace. La sua idea era di realizzare una realtà virtuale che consentisse agli utenti di interagire con oggetti virtuali senza la necessità di indossare alcun tipo di occhiali o visori. L'utente si posizionava di fronte ad uno schermo mentre una telecamera ne registrava i movimenti. Tuttavia, l'evento che ha permesso a questa tecnologia di uscire dai laboratori di ricerca e dagli impieghi nel campo scientifico e militare è stato il rilascio, nel 1999, da parte del professor Hirokazu Kato del Nara Institute of Science and Technology, della libreria di software ARToolKit (CAMPOS GARCÍA, 2011), il primo software SDK. Un Software Development Kit, o SDK, è un pacchetto di strumenti e informazioni che rende possibile e facilita la programmazione di software in uno specifico linguaggio di programmazione per una determinata piattaforma o applicazione. Ritornando ad ARToolKit, questa libreria ha consentito a numerosi programmatori open source di sperimentare applicazioni di realtà aumentata grazie all'ausilio di un sistema coordinato di Video Tracking, interazione con oggetti virtuali e grafica 3D. Nel 2008 Wikitude rilasciò AR Travel Guide, un'app che consente di visualizzare informazioni sui luoghi pubblici, accompagnata da tool per gli sviluppatori. Nel 2011 nacque anche Wikitude Drive, il primo navigatore satellitare a sfruttare la realtà aumentata.

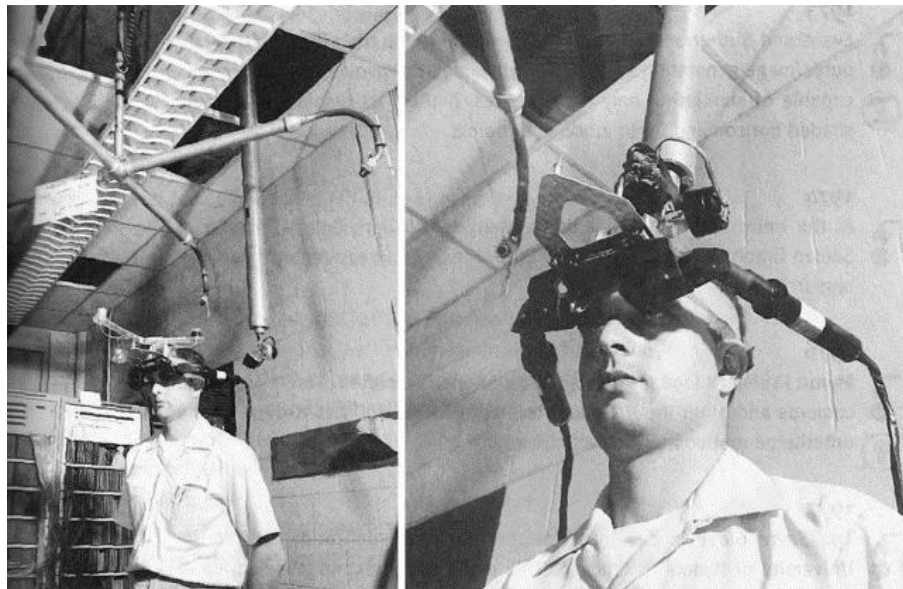


Fig. 1.2 - HMD del prof.Sutherland

1.3 Mercato e costi

Sono numerosi e soprattutto variegati i prezzi dei dispositivi hardware che supportano l'AR, dato che si dividono 1per tipologia, specifiche ed indirizzamento. Le aziende comprano al dettaglio, rivolgendosi direttamente ai brand interessati, mentre i privati possono acquistare i dispositivi presso i negozi adibiti. La maggior parte dei dispositivi venduti ai privati, vengono usati principalmente per scopi ludici, dato che hanno una grande influenza sul mercato. Le previsioni elaborate dalla società di analisi di mercato IDC (Tracker, 2017) ,sostengono che l'AR stia crescendo dai 11.4 Miliardi di dollari statunitensi nell'anno 2017 ai 215 Miliardi di dollari statunitensi nell'anno 2021. Dunque IDC presenta un tasso di crescita del 113.2 per cento annui. Gli USA registrano la più alta spesa ed investimento in questo campo, seguito dall'Asia(Giappone escluso).Ultima è l'Europa ,ma si prevede che diventerà seconda tra qualche anno investendo maggiormente su questa tecnologia Nel 2019,si conta che il 90 per cento dei device tecnologici venduti corrisponde a visori AR/VR, i quali hanno sorpassato anche il mercato delle console, PC e Smartphone.

1.4 Scopi e Campi applicativi

1.4.1 Ambito didattico

Nelle scuole e nelle università sono state introdotti da poco molti strumenti legati alla realtà aumentata per permettere ai ragazzi di apprendere più facilmente le materie che vengono insegnate. Memorizzare un'informazione direttamente in tre dimensioni ha rivoluzionato l'apprendimento di giovani studenti in questi anni, proprio perché si sta oltrepassando la teoria e si sta facendo pratica in tempo reale grazie alla realtà aumentata. Nella didattica, numerosi sono i campi applicativi che studenti e docenti possono applicare per usufruire di questa tecnologia. Come esempio rappresentativo, nella figura sottostante sono mostrati alcuni studenti di una scuola media che interagiscono con un modello tridimensionale del corpo umano, osservandolo in ogni angolo e direzione. In questo campo, la realtà aumentata è stata rivoluzionaria.



Fig. 1.3 - Utilizzo della AR in una classe di giovani studenti

1.4.2 Ambito Medico/Biologico

La tecnologia AR è usata in diversi settori del campo medico, in particolare nella chirurgia e nelle terapie per la riabilitazione. Nella chirurgia, le interfacce AR permettono di sovrapporre le immagini virtuali al corpo del paziente fornendo ai medici una visione quasi “a raggi X”. In questo modo il chirurgo può eseguire con maggiore precisione procedure quali, ad esempio, la perforazione della scatola cranica per la chirurgia al cervello o una biopsia o di una operazione in laparoscopia. Attualmente sono stati sviluppati diversi sistemi di AR dedicati a diverse applicazioni mediche [shuhaiber2004augmented](#). Philips ha da poco lanciato una nuova tecnologia AR da utilizzare durante le operazioni alla colonna vertebrale e al cranio, permettendo di ridurre le perdite di sangue e i danni ai tessuti molli. Invece Microsoft sta portando avanti in Norvegia il progetto Hololens, che permette di visualizzare le parti del corpo interessate tramite ologramma, mostrando le reali dimensioni di spazi, organi, ecc. In questo campo, affinché un’applicazione di Realtà Aumentata sia fluida, è importante che il modello virtuale da visualizzare sia leggero e facilmente manipolabile. Ciò fa sì che la visualizzazione dell’oggetto virtuale risulti facilmente sincronizzabile con la ripresa della realtà e in grado di seguire i cambiamenti del punto di vista. Medici e chirurghi possono vedere ricostruzioni virtuali interne dei pazienti proprio su quest’ultimi. Ciò semplifica e rende molto meno invasivi una parte di esami clinici e operazioni chirurgiche. Nei related works si parlerà nel dettaglio di queste applicazioni.



Fig. 1.4 – Interazione AR in ambito medico

1.4.3 Ambito videoludico

Nel campo videoludico, la AR ha cominciato a dominare incontrastata da un paio d'anni, offrendo un'esperienza completamente nuova ed originale ai videogiocatori. Sono numerosi e soprattutto diversi i prezzi dei vari dispositivi hardware che forniscono il supporto alla realtà aumentata. Essi si distinguono primariamente per tipologia ed indirizzamento. Le aziende possono procurarsi il prodotto contattando direttamente i brand interessati mentre i privati possono acquistare i dispositivi negli store adibiti. Il settore mobile gode di un ampio successo perché meno costoso rispetto a quello dei dispositivi dedicati, con prezzi ancora troppo elevati. Basti pensare al videogioco PokémonGO della Niantic che ha avuto un miliardo di utenti registrati in un solo mese. La maggior parte dei dispositivi venduti oggi a privati è venduto a scopo ludico, che ha la più grande influenza sul mercato. Nel 2000, Bruce Thomas programmò ARQuake, il primo videogioco AR: il celebre videogame Quake giocato nel mondo reale, nel quale il giocatore si muove mentre visualizza i nemici e gli altri elementi di Quake sul proprio visore.



Fig. 1.5 – Foto di Pokémon GO in funzione

1.4.4 Ambito edilizio/riparativo/costruttivo

La realtà aumentata si propone anche di far risparmiare tempo e denaro nelle attività di costruzione, riparazione e manutenzione: tramite di essa, infatti, si potranno vedere le operazioni da compiere sovrimpresse a quel che si sta facendo. Ad esempio, in un caso di montaggio, all'utente basterà prendere in mano il pezzo reale e inserirlo dove si trova quello virtuale, evitando di ragionare su istruzioni criptiche. Ciò sarà particolarmente utile per lavori di elevata complessità. Nel campo edile sono nate molte applicazioni AR nell'ultimo decennio, soprattutto per necessità dato che i difetti in fase di costruzione sono spesso difficili da diagnosticare: molti sistemi di costruzione, come i sistemi di riscaldamento e di condizionamento dell'aria, funzionano ad intervalli di "comportamenti indesiderati" che portano disagi per la fabbricazione di condomini e palazzi. Qui la tecnologia AR fornisce un aiuto sostanziale: ha la possibilità di poter migliorare metodi di ispezione, costruzione e rinnovamento di edifici e soprattutto poter mostrare in tempo reale ad un cliente interessato all'acquisto di una casa l'edificio tridimensionale in questione senza il bisogno di trovarsi fisicamente lì. L'utilizzo nell'industria edile fornisce strumenti per la misura ad ingegneri ed architetti volti al miglioramento dei metodi per ispezionare, costruire e rinnovare edifici. L'esempio più indicativo e comprensibile a chiunque è quello di poter visualizzare alle spalle di un muro già costruito la posizione e le informazioni sulle colonne sorreggenti il muro. Ulteriori dettagli in questo campo sono ben indicati dall'articolo della Columbia University (Webster, Feiner, MacIntyre, Massie, & Krueger, 1996).



Fig. 1.6 – Foto di un casco smart utilizzato in un cantiere

1.4.5 Ambito turistico

La vera rivoluzione in ambito turistico è stata quella di sfruttare la Realtà Aumentata nel turismo, per spingere le persone a visitare luoghi e rendendo tale visita più dinamica e stimolante. Sfruttando le tecnologie AR si può davvero migliorare l'esperienza del viaggiatore permettendo una maggiore facilità nell'organizzazione del viaggio e del soggiorno, rendendo le visite divertenti ed originali. Inoltre moltissime aziende del settore possono avere la possibilità di valorizzare la propria offerta. Con Wikitude, è possibile camminare per strada e vedere attraverso uno schermo, quello dello smartphone, informazioni sull'ambiente circostante: piazze, monumenti, edifici, negozi ecc. La localizzazione della posizione dell'utente avviene tramite il sistema GPS, mentre le informazioni vengono scaricate da Internet.



Fig. 1.7 – Wikitude in funzionamento su uno smartphone

Capitolo 2: Related Works

Nel precedente capitolo la discussione era incentrata su una visione generale dell'AR e dei suoi campi applicativi. In questo capitolo si parlerà nello specifico delle varie applicazioni legate a questi campi applicativi.

2.1 ARToolKit e la realtà aumentata nel campo della chirurgia

Il gruppo di ricerca CAMP (Computer Aided Medical Procedures), diretto dal professore Nassir Navab a Monaco (Germania), conta numerosi progetti che hanno a che fare con sistemi di Realtà Aumentata per usi e contesti medici (Navab, Traub, Sielhorst, Feuerstein, & Bichlmeier, 2007). Tra questi progetti c'è, ad esempio, quello relativo alle "3D User Interface for Medical Interventions", ovvero delle interfacce utente che, utilizzando dati 3D, vengono utilizzate per sperimentare tecniche di interazione avanzata e soluzioni alternative in chirurgia. Nel progetto NARVIS (Navigated Augmented Reality Visualization System) sono state utilizzate immagini TAC per un sistema di AR utile ad un intervento chirurgico alla spina dorsale. All'università di Washington (Kato, 2007), tramite la libreria ARToolKit, è stata creata un'applicazione AR che tramite dati acquisiti con la TAC, ricostruisce i modelli geometrici degli organi. Per la visualizzazione del modello virtuale di questi ultimi, sono stati utilizzati 6 differenti marker. Con la scelta effettuata, le immagini a realtà aumentata si possono vedere quando nel cono di visuale è presente almeno uno dei sei marker. Si sono però riscontrati alcuni problemi nell'utilizzo di multimarker in quanto, all'aumentare della distanza tra i marker di destra e quelli di sinistra, aumentavano lo shifting dei modelli, una mutazione, e tanto più grande era la distanza tra i marker, tanto più era visibile la differenza di dimensione tra i questi ultimi. La scelta dei marker è stata inoltre accurata, poiché scegliendo dei marker in qualche modo troppo simili, si creava confusione nell'applicazione generando un posizionamento errato del modello virtuale. Pensando ad un caso applicativo, il chirurgo potrebbe avere la necessità di visualizzare uno solo degli organi appartenenti alla struttura anatomica visualizzata in AR. A questo scopo sono stati disposti dei marker di scelta, una sorta di opzione per visualizzare i diversi organi. Se nel cono di visuale non ci sono i marker di scelta, il modello 3D visualizzato è quello completo che comprende costole, reni e vasi. Alla visione di determinati marker, invece, il modello cambia e vengono visualizzati solo alcuni organi.



Fig. 2.1 – Una delle tante applicazioni AR mediche sviluppate al CAMP

2.2 Smart Helmet e altri progetti AR nell’edilizia

In America è stata sviluppata l’applicazione ARBOT (Brackney, 2014) :i sistemi di gestione degli edifici basati su questa applicazione forniscono un’interfaccia utente multifunzione comoda e intuitiva sul client con un framework di supporto per interazioni umane e di costruzione efficaci. La tecnologia AR viene utilizzata insieme ai sistemi di automazione degli edifici esistenti e un database relazionale per sovrapporre un nuovo e utile set di dati sulle prestazioni, le operazioni e la guida alla manutenzione, un meccanismo per interagire con l’edificio e altri dati di gestione dell’edificio stesso in cui si trova fisicamente il tecnico. Il server di ARBOT lavora a stretto contatto con il database EMS per richiedere dati per l’apparecchiatura e, con queste informazioni, crea una sovrapposizione di dati di gestione dell’edificio che trasmette al client per la visualizzazione ,in concomitanza con l’immagine in tempo reale dell’apparecchiatura stessa. Inoltre, ARBOT può essere configurato per fornire un’interazione senza interruzioni con i sistemi logistici per l’ordinazione di parti, la pianificazione della manutenzione e così via. Ad esempio, un tecnico può fare clic o selezionare un’icona su un touch screen o interagire con una GUI per fare in modo che il server ARBOT (o il client) memorizzi ulteriori elementi di azione per l’apparecchiatura, in modo da eseguire un controllo operativo successivo su

un'apparecchiatura poco efficiente, per ordinare una parte di ricambio e installarla appena ricevuta, per eseguire la diagnostica o la manutenzione. Per quanto riguarda il livello hardware, i caschi smart sono stati una vera e propria rivoluzione nel campo edile. Un casco intelligente include una calotta, una visiera e un proiettore montato sulla calotta. La calotta del casco definisce una cavità interna e un passaggio che comunica con la cavità interna. La cavità interna è configurata per ricevere la testa di un utente. La visiera è accoppiata in modo girevole alla calotta del casco ed è configurata per esporre o coprire il passaggio. Il proiettore è configurato per introdurre contenuti per la visualizzazione sulla visiera. Il dispositivo è collegato tramite Wi-Fi alla rete internet, alimentata da una coppia di batterie agli ioni di litio, integrate, e i cui processi sono gestiti da microprocessori Dual Core prodotti dalla statunitense Intel Corporation. Le comunicazioni sono rese possibili da 2 microfoni incassati in entrambe gli emisferi dello stesso, così come da altrettanti altoparlanti, questi ultimi utili al fine di ottenere una migliore diffusione del suono. Infine, grazie ad una fotocamera presente nel casco, che registra le varie informazioni legate all'ambiente circostante, proietta sul display dell'utente in tempo reale, singoli elementi o sistemi impiantistici preventivamente modellati e associati ad un archivio BIM all'interno di un ambiente fisico. La foto sottostante mostra un esempio del suo funzionamento con un sistema idraulico (Hartwell & Brug, 2004).



Fig. 2.2 – Funzionamento del visore di un Casco Smart

2.3 Augmented Books e altri software AR per la didattica

All'università Tecnológico di Monterrey (Salinas et al., 2013), è stata sviluppata un'applicazione, dal nome Calculus, che aiuta nell'apprendere la matematica. Inizialmente l'applicazione studia una curva di una funzione 2D, che può essere parabolica, sinusoidale o circolare, per poi arrivare a rappresentare una funzione 3D su un piano parallelo. Le curve saranno modellate dall'effetto grafico che corrisponde alla presenza del parametro k nell'equazione algebrica. Lo scenario diventa 3D quando il parametro agisce e allo stesso tempo una copia di ciascuna delle curve successive è collocata in un piano parallelo situato così vicino all'originale in modo tale che una superficie inizi a prendere la sua forma. Con l'effetto del parametro k e simultaneamente il "movimento del tempo" attraverso le copie successive in piani paralleli, avviene la visualizzazione 3D. Alla facoltà di Ingegneria di Porto in Portogallo (Restivo et al., 2014), è stata sviluppata un'applicazione AR, legata al progetto ONLINE EXP FEUP, che aiuta gli studenti degli istituti tecnici industriali a studiare meglio i circuiti elettrici. Questa app aiuta a comprendere meglio il funzionamento della corrente nei circuiti, il compito degli interruttori, i cortocircuiti, ecc. Il sistema AR dell'app è del tipo basato su marker, che a sua volta è basato su un set di "segnalibri" associati a diversi elementi del circuito: questi marker vengono usati come fossero pezzi della LEGO da unire, così da comprendere al meglio le prove del funzionamento del circuito e cogliere situazioni diverse o persino praticare l'implementazione di possibili soluzioni alternative, nel caso si avesse a che fare con un cortocircuito che deve essere riparato. L'utente può interagire con il circuito azionando l'interruttore, modificando la posizione della batteria o semplicemente ruotandolo tramite i marker. Le varie immagini vengono elaborate dall'app tramite le librerie JavaScript e JSARtoolKit, che portano alla creazione della rispettiva immagine 3D, utilizzando il programma di modellazione Blender3D. Google ha sviluppato nel 2016 gli storytelling device, conosciuti anche come augmented books (Javidan, Savino, Weiss, Tydingco, & Zarich, 2016): il libro cartaceo viene sostituito da un interfaccia AR, che associa al testo stampato degli elementi multimediali interattivi accessibili tramite applicazioni AR. Inoltre è possibile modificare figure geometriche tridimensionali e osservare in tempo reale figure dello stesso tipo, riguardanti ad esempio il corpo umano o un antico edificio. Anche questi ultimi sono stati sviluppati tramite ARToolKit, tramite il quale sono stati creati dei marker che una volta selezionati dall'utente e successivamente individuati dal videoprocessore all'interno del libro, li sostituiscono con

immagini 3D generate dal software dell'augmented book (Hornecker & Dunser, 2007).

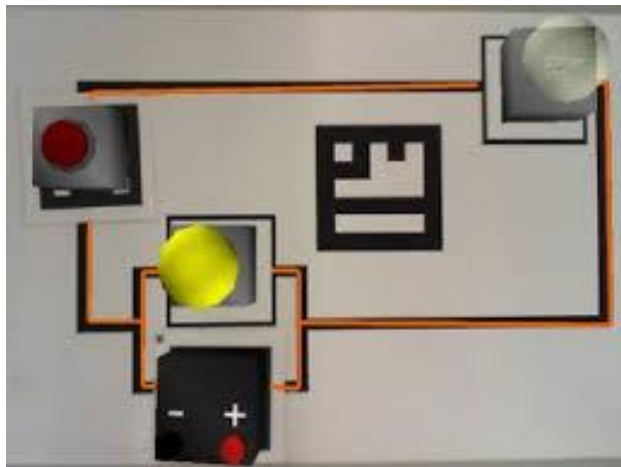


Fig. 2.3 – Applicazione AR del progetto ONLINE EXP FEUP

Capitolo 3: Tecnologie della realtà aumentata

3.1 Tool di Sviluppo

Sono disponibili molti tool per sviluppare applicazioni di realtà aumentata, sia gratuiti che a pagamento, e per molte piattaforme. Qui di seguito verranno presentati i più famosi, tutti disponibili per il sistema operativo Android.

3.1.1 ARToolKit

ARToolKit è uno dei più vecchi SDK (software development kit) disponibili sul mercato. È opensource ed è disponibile sia gratuitamente che a pagamento (versione premium) per tutte le piattaforme.

ARToolKit forniva inizialmente una libreria gratuita di funzioni sia in C, poi grazie all'estensione AndAR fornisce anche funzioni in linguaggio Java per i dispositivi android (Chen, Peng, Li, & Yang, 2016). Supporta sia i dispositivi con schermo trasparente, sia quelli senza, e consente di creare applicazioni di realtà aumentata basate solo sull'utilizzo di marker. Per farlo, utilizza tecniche per calcolare la posizione e l'orientamento della fotocamera rispetto ai marker, permettendo quindi di sovrapporgli elementi virtuali. Per fare ciò, ARToolKit riceve ogni frame registrato. Il frame arrivato viene quindi convertito in un'immagine binaria, in modo che sia possibile cercarvi un pattern quadrato, cioè un marker. Se questo viene trovato, viene calcolata la posizione della fotocamera rispetto ad esso, e viene poi confrontato con tutti i marker in memoria. Se viene trovato, l'oggetto 3D associato viene allineato col marker e poi renderizzato. Lo svantaggio di questo software è che riesce solo a tracciare marker semplici bordati ed immagini in bianco e nero. Tuttavia gode di un'ottima calibrazione dei parametri per la camera e le lenti. È indicato principalmente a studenti che hanno voglia di addentrarsi con questo tipo di tecnologia ma non adatto ad aziende che hanno bisogno di soluzioni più business-oriented.

3.1.2 Wikitude

Wikitude è disponibile su tutti i dispositivi mobile e smart glasses, sia in versione free che a pagamento. Propone un software di semplice impiego per tutti i programmatori, anche per chi è alle prime armi. Supporta il markerless tracking, riconoscimento e tracking di più oggetti e immagini contemporaneamente. L'API (interfacce di programmazione delle applicazioni) è nativa ma è possibile integrare il sistema con JavaScript API, Unity3D, Xamarin, Titanium, Cordova. I tool sono fondati su tecnologie web (HTML, CSS e JavaScript) e sfruttano sostanzialmente il tracking basato sulla posizione dell'utilizzatore.

3.1.3 Vuforia

Vuforia è un software tool in realtà aumentata che consente alle aziende e agli sviluppatori di app di avviare rapidamente esperienze in AR, incentrate su dispositivi mobile. Vuforia sfrutta la tecnologia di visione artificiale per identificare e tracciare obiettivi di immagine e oggetti 3D in tempo reale. Questa funzionalità consente alle aziende e alle agenzie di sviluppo di AR di orientare e posizionare oggetti virtuali, inclusi modelli 3D e altri contenuti, in relazione all'ambiente reale. Modelli 3D e informazioni digitali possono quindi essere sovrapposti alla scena del mondo reale e visualizzati in relazione all'ambiente tramite uno smartphone o un tablet abilitato per la realtà aumentata. La realtà aumentata di Vuforia SDK è in grado di supportare un'ampia varietà di target 3D e 2D, tra cui configurazioni multi-target 3D, target di immagini senza marker e marcatori fiduciali denominati "VuMark". Vuforia fornisce API in Java, C++ e Objective C++ e .NET tramite un'estensione del motore di gioco Unity. Con questo in mente, Vuforia SDK è in grado di supportare sia lo sviluppo nativo per iOS e Android e lo sviluppo di app e prototipi AR in Unity che può essere facilmente portato su entrambe le piattaforme.

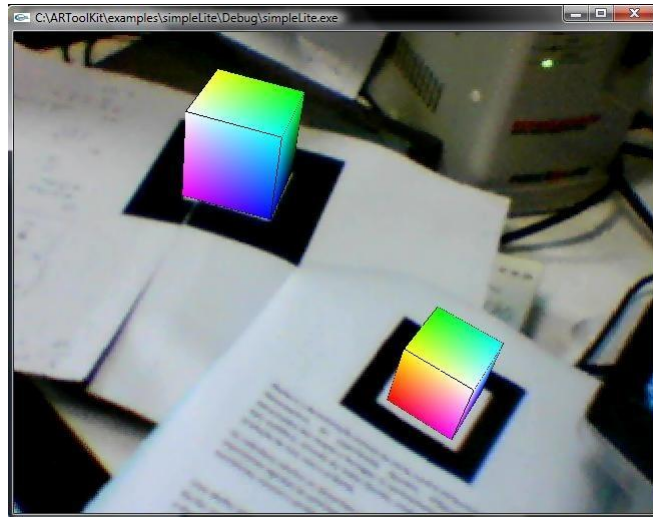


Fig. 3.1 – ARToolKit

3.2 Dispositivi

I dispositivi utili per la realtà aumentata sono posseduti da quasi tutti oggi, e sono i già più volte citati smartphone e tablet. Ciò che rende possibile utilizzarli per questa scienza è la loro fotocamera: tramite di essa viene acquisita una visione del mondo che ci circonda più dettagliata, viene poi elaborata aggiungendoci elementi virtuali e, infine, viene mostrata su schermo. Tuttavia, muoversi per strada tenendo uno smartphone davanti agli occhi non è pratico, quindi servono dispositivi hardware più adatti e con schermi di diversa natura, e nello specifico ricerca e mercato si sono mossi nella direzione degli smartglass: essi rientrano nella categoria degli Head-Mounted Display, e sovrappongono uno o due schermi (uno per occhio) alla vista degli utenti. Questi sono schermi trasparenti: l'indossatore ha la sua visione dell'ambiente e gli elementi virtuali vi sono quindi messi dinanzi. Ne esistono due tipi: quelli che semplicemente mostrano informazioni sullo schermo e non si preoccupano di integrarli alla realtà, montati ad esempio dai Google Glass, e quelli che invece fanno in modo che gli elementi virtuali sembrino immersi nella realtà, come Hololens.

3.2.1 Google glass

I Google Glass sono gli smartglass più famosi, sia per la notorietà di Google, sia perché

sono considerati i capostipiti della categoria. Sono stati sviluppati da X nel 2013 e sono un paio di occhiali dotati di realtà aumentata, tramite i quali è possibile visualizzare informazioni che si osservano quotidianamente sugli smartphone (messaggi, meteo, notizie, ecc.), ma anche informazioni legate a ciò che si sta in quel preciso istante. Montano un monitor semi-trasparente davanti all'occhio destro, nel quale un piccolo proiettore proietta un'immagine di risoluzione 640x360 pixel. È l'equivalente di un televisore da 25 pollici guardato da una distanza di due metri. Sono dotati di microfono, accelerometro, giroscopio, magnetometro, GPS e fotocamera da 5Mpx. Hanno una memoria flash da 16GB, mentre montano un processore dual core da 1.2GHz e una RAM di 2GB. Presentano, inoltre, un'antenna Wi-Fi ed una Bluetooth, tramite la quale sono in grado di interfacciarsi con altri dispositivi, in particolar modo gli smartphone. L'audio che generano viene percepito dall'utilizzatore grazie alla conduzione delle ossa del cranio. Per quanto riguarda l'interfacciamento con l'utente, i Google Glass hanno sull'asta destra della montatura un touchpad per poter navigare tra i contenuti, ed in più i comandi possono essere impartiti anche vocalmente, tramite microfono. Nel mese di Gennaio 2016 Google chiude definitivamente il progetto per fini civili e successivamente, nel 2017, viene lanciato il progetto professionale "glass at work", che prevede la vendita dei google glass alle sole aziende. Negli ospedali universitari rispettivamente di New York e Hannover (Muensterer, Lacher, Zoeller, Bronstein, & Kübler, 2014), sono stati utilizzati i google glass nel reparto di chirurgia per 4 giorni consecutivi: per l'uso in sala operatoria, sono stati applicati gli schermi trasparenti e hanno fornito una buona protezione per gli occhi. La pulizia degli schermi con il 70 per cento di isopropanolo e un panno in microfibra non era un problema. Anche il prisma e il telaio sono stati puliti senza difficoltà o danni al dispositivo utilizzando il panno in microfibra. Tramite l'utilizzo di comandi vocali, il software trovava con gran velocità qualsiasi informazione il chirurgo ne avesse bisogno. L'unico problema era la qualità video: condizioni di illuminazione scarse compromettevano la qualità dell'immagine e la mancanza dello zoom ha creato vari problemi. Gli smart glass presentano ancora dei difetti, ma è quasi sicuro che con "l'avanzata" dell'industria 4.0, sarà la prassi possederne uno per poter lavorare.



Fig. 3.2 - Google Glass

3.2.2 Hololens

Microsoft HoloLens, noto in fase di sviluppo come Project Baraboo, è un tipo di smartglass a realtà mista sviluppato e prodotto da Microsoft. HoloLens è stato il primo display montato sulla testa che utilizzava la piattaforma Windows Mixed Reality con il sistema operativo per computer Windows 10. Prima di parlare nello specifico di questo prodotto, bisogna fare una piccola digressione sulla mixed reality: la mixed reality è una qualunque tecnologia che unisce elementi reali con elementi virtuali. Permette all'utente di visualizzare la realtà così come la conosce, ma con l'aggiunta di elementi virtuali extra, un vero e proprio miscuglio di realtà aumentata e virtuale. Microsoft HoloLens è il primo dispositivo Mixed Reality senza fili; rivisita il concetto di Personal Computer in modo unico attraverso esperienze olografiche 3D collocate nell'ambiente circostante. E' possibile interagire con i propri file multimediali, proiettare uno schermo nella posizione desiderata per visualizzare un film oppure visualizzare le condizioni meteorologiche soltanto osservando la finestra comodamente seduti dal divano. L'ottica è costituita da lenti olografiche trasparenti, 2 light engine HD 16:9 e calibrazione della distanza pupille automatico. La risoluzione della lente è di 2.3M punti luce, con densità maggiore di 2.5k radiant. I sensori sono un IMU (inertial measurement unit), dispositivo elettronico che misura la forza agente su un corpo, il

momento angolare e il campo magnetico utilizzando giroscopi, accelererometri e magnetometri. Sono situate 4 camere sui bordi per sondare l'ambiente più una camera extra per misurarne la profondità. Infine una video camera da 2 MP per scattare foto e registrare video e quattro microfoni per i comandi vocali .La connettività è dotata del WiFi 802.11ac e Bluetooth 4.1 LE. La dissipazione del dispositivo è passiva, ovvero non sono presenti delle ventole al suo interno. Infine, abbiamo 64 GB di storage interno disponibile e 2 GB di RAM.

Capitolo 4: Applicazioni

4.1 Industria 4.0

Nel settore industriale e manifatturiero, la realtà aumentata ha iniziato ad essere considerata come una delle tecnologie più interessanti, in particolare nell'Industria 4.0, conosciuta anche come "Smart factory" (Fabbrica Intelligente): principalmente le applicazioni AR sono destinate alla manutenzione di questo tipo di industria. Inizialmente le aziende non investivano su queste tecnologie a causa del rapporto costo/prestazioni molto basso sia di tipo hardware che software, ma al giorno d'oggi alcune aziende hanno deciso di dargli fiducia e hanno investito molto sui gruppi di ricerca specializzati nel campo AR. Nonostante ciò, le applicazioni legate all'industria 4.0 presentano ancora dei difetti, ad esempio una tecnologia di tracciamento poco precisa, occhiali AR con una durata di funzionamento bassa e problemi legati alla percezione visiva della realtà. Adesso la domanda che sicuramente i lettori si staranno ponendo è questa: come può la realtà aumentata aiutare nella manutenzione? La risposta sarà data suddividendo il lavoro di manutenzione per tipi. Il primo tipo di manutenzione è quella preventiva: tramite la realtà aumentata è possibile sapere quando una macchina sta per guastarsi, così da poter effettuare manutenzioni con una certa frequenza. Ma ci sono anche casi dove non è possibile prevenire ed è necessario agire al momento tramite un'analisi approfondita da parte di un esperto, che può collaborare con altri colleghi tramite supporto multimediale, ad esempio gli occhiali AR. Il secondo tipo è l'assemblaggio: applicazioni AR possono mostrare le specifiche dell'oggetto o della macchina che si sta analizzando in tempo reale e quindi permettere di capire a chi le sta utilizzando quale componente bisogna impiegare per assemblare un prodotto. In questa situazione però si può presentare un problema: in generale, ogni applicazione è specificamente sviluppata per un determinato campo e utilizza modelli geometrici CAD tridimensionali (Masoni et al., 2017). Mentre questo approccio può avere successo da una prospettiva di marketing, questi modelli geometrici durante le operazioni di manutenzione possono creare occlusioni. Inoltre, a seconda della qualità dell'algoritmo di tracciamento, le figure geometriche potrebbero non essere sovrapposte perfettamente alle geometrie reali, creando così un'esperienza negativa per l'operaio. Infine queste applicazioni possono fornire in tempo reale all'utente un corso di formazione, collegandosi

in remoto con un esperto del campo che lo segue passo passo; unico problema che si presenta è quello della fase dell'authoring, che potrebbe risultare molto lunga in alcuni casi. L'industria 4.0 sta crescendo molto negli ultimi anni e nonostante la realtà aumentata è ancora considerata un "pianeta lontano" nell'industria, è quasi certo che in un prossimo futuro verrà utilizzato stabilmente in tutte le grandi aziende.

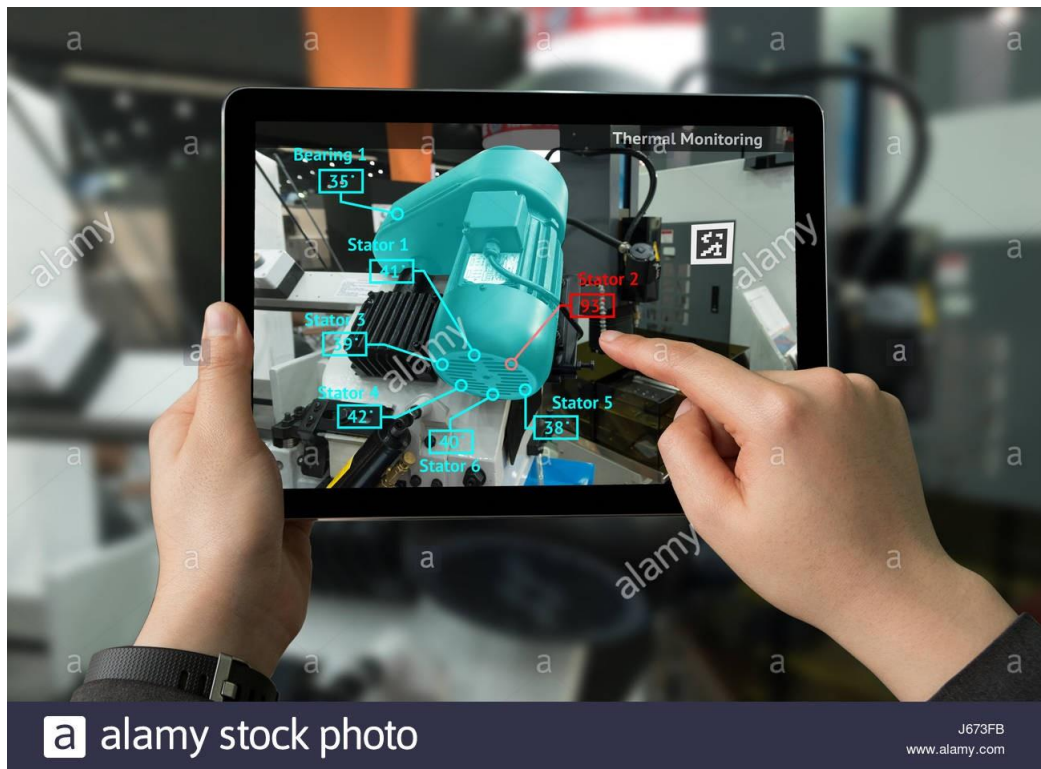


Fig. 4.1 - Esempio di applicazione AR nell'industria 4.0

4.2 Digital Cultural Heritage

I luoghi e gli oggetti antichi legati alla cultura umana stanno attraversando un periodo di rapido declino in tutto il mondo a causa di un'espansione urbana aggressiva, investimenti sbagliati da parte dei governi, guerre e indifferenza generale nei loro confronti. In particolare vecchi palazzi, artefatti, manoscritti, antiche pitture vengono abbandonati a loro stessi e che senza una manutenzione, rischiano di essere perduti per sempre. Grazie all'avvento di questa nuova era digitale e soprattutto grazie alla realtà aumentata, la Cultural Heritage ha ottenuto nuova linfa vitale; governi, musei, università e istituti di ricerca hanno deciso di investire su computer e database per ricostruire e per evitare la perdita di questa

eredità culturale. La realtà aumentata nel mondo della Digital Cultural Heritage ha tre ruoli: ricostruire, informare in tempo reale e creare ipotetici scenari. Del primo e secondo ruolo se ne parlerà nello specifico tra poco, ma per quanto riguarda il terzo bisogna fare un piccolo esempio per comprenderlo meglio: immaginiamo che un archeologo abbia trovato un antico manoscritto con pagine mancanti e che si voglia conoscere il contenuto di queste. Tramite la realtà aumentata e i database che contengono informazioni sparse relative al manoscritto e all'autore di quest'ultimo, è possibile ricreare queste pagine e ipotizzare cosa contenevano.

4.2.1 Modellazione 3D

Per la realizzazione di strutture 3D entrano in aiuto alla realtà aumentata il sensore GPS, il giroscopio, la bussola e alcuni algoritmi di tracking; bisogna fare una distinzione tra la realtà aumentata applicata in spazi chiusi e quella applicata in spazi aperti. Negli spazi aperti non c'è un limite spaziale che troviamo invece in spazi chiusi e quindi i modelli 3D risultano più facili da realizzare, infatti necessitano solo di sapere informazioni riguardanti l'area che circonda l'oggetto. Le applicazioni AR utilizzano fotocamere per studiare l'angolazione, la dimensione e il panorama e sono delle operazioni molto delicate, perché basta una piccola imprecisione per compromettere il regolare funzionamento del software. Per abbinare l'immagine di input dallo smartphone con l'immagine panoramica dell'oggetto, è necessario eseguire una corrispondenza esatta dei punti caratteristici utilizzando un algoritmo di tracking/puntamento. I più utilizzati sono L'algoritmo tipico del feature point include SIFT (Scale Invariant Feature Transform) e SURF (Speeded up Robust Features), i quali sono configurati in modo da velocizzare il combaciamento tra l'immagine reale e quella virtuale.



Fig. 4.2 - Applicazione AR in un museo

I modelli 3D che abbiamo analizzato fino adesso riguardano luoghi e spazi aperti, mentre adesso parleremo di come si progettano edifici e spazi chiusi. Utilizzano una modellazione procedurale e tradizionale, il programmatore lavora sui livelli geometrici e visivi dei vari modelli: vertici, linee, superfici, materiali e colori sono modificati parte per parte per abbinare in modo ottimale i disegni, i progetti e possibilmente scansioni fornite da archeologi e topografi. L'obiettivo è entrare nella mente dell'architetto che ha progettato l'edificio, capire come voleva che la sua opera fosse ultimata e quindi bisogna anche studiare il contesto in cui viveva: la logica strutturale del modello non corrisponde necessariamente al progetto architettonico del sito, in quanto solo gli effetti visivi dovrebbero essere simili e ne consegue che ci sono più situazioni durante il processo di modellazione in cui le incertezze sono esplicitamente (o peggio, implicitamente) ignorate. In fin dei conti, l'obiettivo principale di queste applicazioni è quello di accattivarsi l'utente, perché maggiore è l'impatto visivo, maggiore sarà la curiosità e l'attenzione rivolte verso questi reperti culturali. CityEngine (Haegler, Müller, & Van Gool, 2009) è un software che consente una modellazione 3D su larga scala e in dettaglio arbitrario, pur mantenendo la flessibilità necessaria per adattare il modello alle modifiche future in quanto la conoscenza di un sito viene perfezionata (ad esempio, come la campagna di scavo progredisce). Utilizza un linguaggio di programmazione dedicato alla creazione di modelli 3D, che non riguardano solo singoli edifici, ma anche interi siti e soprattutto permette la

creazione di reti stradali e vegetazione.

Tramite il linguaggio di programmazione si instaurano delle regole probabilistiche e condizionali: l'utente, nella ricostruzione dell'elemento scelto, deve essere coerente, altrimenti potrebbe incorrere in incertezze molto grandi (e sia chiaro, l'incertezza ci sarà sempre, ma deve essere la più piccola possibile). Il software deve tenere conto anche di altri parametri come ad esempio il periodo di costruzione, l'affluenza e la densità della popolazione di quel periodo. Il numero di modellatori 3D cresce sempre di più e si pensa che in futuro verranno implementati strumenti di modifica interattiva che creeranno le regole legate a questo tipo di programmazione in automatico e soprattutto aggiusteranno le incertezze senza ulteriori sforzi da parte dei programmatori.

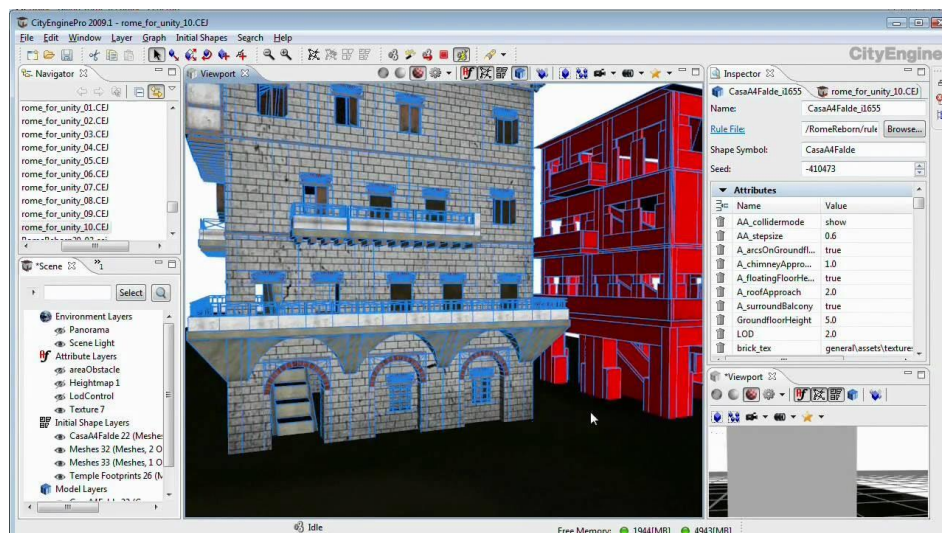


Fig. 4.3 - Antica Roma ricostruita tramite CityEngine

4.2.2 Applicazioni AR

Nel mondo della Digital Cultural Heritage ci sono moltissime applicazioni AR/VR che aiutano gli utenti ad interagire con musei, siti archeologici, ecc. Due applicazioni in particolare sono molto utilizzate in questi ambienti: Inside Virtual e Outside Real, entrambe create da CalTek. Inside Virtual è un'applicazione VR (Android e iOS) per smartphone, tablet e pc, che permette all'utente di visitare un museo senza essere fisicamente all'interno di esso: utilizza una logica basata su un processo di apprendimento (modalità Serious Game), cioè

tramite una guida virtuale (Modalità Visita GUIDATA Adattiva) o da solo (Modalità visiva libera). L'utente riceve suggerimenti sui modelli 3D che sta visualizzando, in base alle preferenze messe all'atto della sua registrazione nell'applicazione e dopo aver appreso tutte le informazioni necessarie in un'area, accede a quelle successive.



Fig. 4.4 - Inside Virtual

Per quanto riguarda Outside Real, è anch'essa un'applicazione di tipo AR (Android e iOS) per smartphone e tablet, che viene utilizzata all'interno di un vero museo. Gli utenti interagiscono con i modelli 3D dei reperti visualizzati tramite un meccanismo di domanda/risposta e possono usufruire dell'aiuto di una guida virtuale. Tramite le preferenze inserite nella registrazione all'applicazione, come per Inside Virtual, l'Intelligenza Artificiale del sistema crea una visita guidata apposta con domande e suggerimenti legate alle preferenze. Tutto questo avviene in maniera intelligente, tramite l'aiuto di contenuti aggiuntivi come foto, testi e video. Questa applicazione permette ai curatori dei musei di organizzare in modo ottimale gli spazi espositivi, eventi culturali e mostre di reperti. L'obiettivo di queste app è quella di fornire un tipo di interazione differente con questo mondo culturale e può essere fatto sia a casa che sul luogo stesso. Le persone in questo modo sono anche invogliate ad andare nei musei, la loro curiosità e sete di conoscenza aumenta.

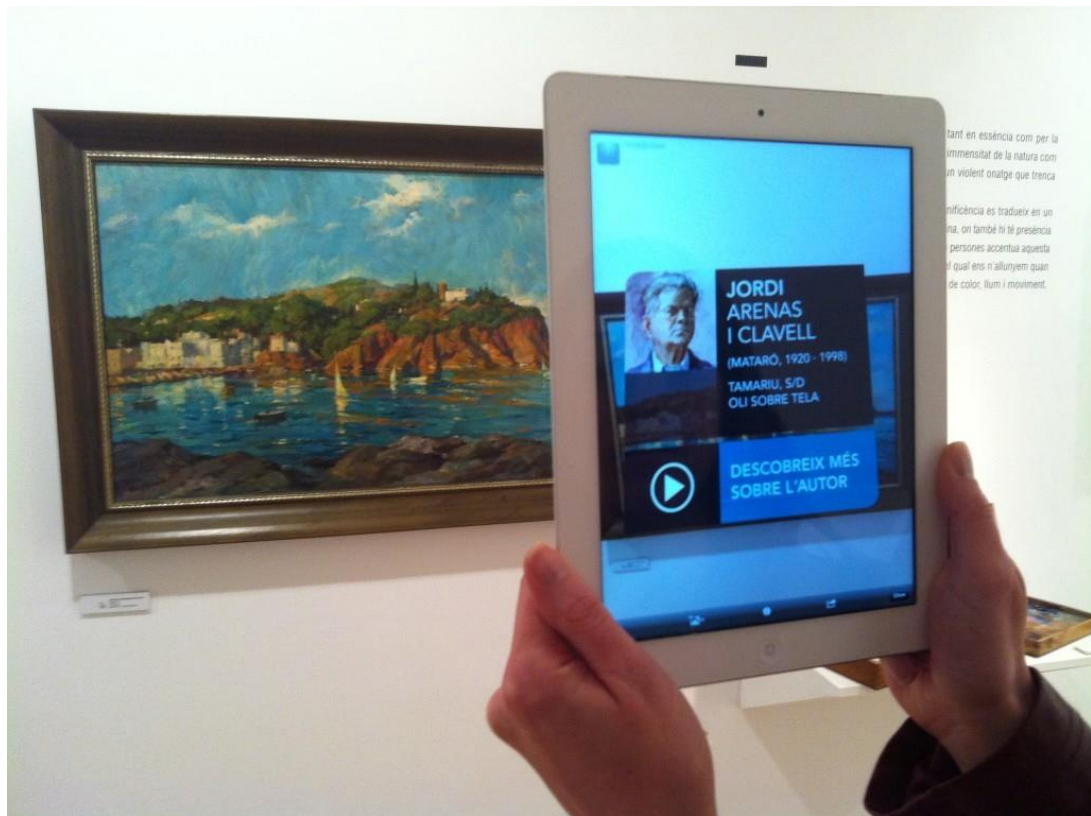


Fig. 4.5 - Outside Real

Conclusioni

In questo elaborato si è discusso e compreso che allo stato attuale la realtà aumentata presenta un vastissimo numero di applicazioni in ogni campo e sta avendo un grande impatto anche sul mercato. Il settore dell'AR è molto in fermento e ogni giorno nascono nuovi software che offrono nuove possibilità agli sviluppatori. Anche se la realtà aumentata è rivolta a tutte le piattaforme esistenti, risulta evidente l'orientamento verso il settore mobile che rappresenta senza dubbio la frontiera di questa tecnologia. Si sono discussi i vari campi in cui viene utilizzata e soprattutto come viene impiegata, partendo dal campo medico fino a quello culturale. In particolare ci si è soffermati sulla Digital Cultural Heritage, la quale sta portando "alla ribalta" tutti i siti di interesse culturale come musei, antichi edifici, monumenti, ecc. Sono state analizzate anche le tecnologie legate alla realtà aumentata, come Google Glass, HoloLens e ARToolKit. In particolare quest'ultimo è legato al mondo degli SDK, grazie ai quali gli sviluppatori possono programmare applicazioni AR con un linguaggio di alto livello e molto più velocemente. Molte aziende hanno cominciato ad investire sulla realtà aumentata in concomitanza con quella virtuale, in particolare sulle applicazioni e sulle tecnologie legate ad essa. Alla luce di queste premesse, si può concludere che la realtà aumentata sicuramente in futuro sarà presente nella vita di ogni essere umano, ma al giorno d'oggi non permette ancora di realizzare quanto voluto nella maniera che si desidera, a causa degli elevati costi non accessibili al pubblico, ma solo ad aziende private e soprattutto non bisogna dimenticare che è una tecnologia alle prime armi, ci sono ancora molte incertezze e perplessità a riguardo.

Bibliografia

- Billinghurst, M., Kato, H., & Poupyrev, I. (2008). Tangible augmented reality. *ACM SIGGRAPH ASIA*, 7 .
- Brackney, L. J. (2014, September 9). *Augmented reality building operations tool*. Google Patents. (US Patent 8,830,267)
- CAMPOS GARCÍA, R. (2011). *Development and implementation of a mobile ar-based assistance system on the android-platform for the smartfactory kl* (Unpublished doctoral dissertation).
- Chen, P., Peng, Z., Li, D., & Yang, L. (2016). An improved augmented reality system based on andar. *Journal of Visual Communication and Image Representation*, 37 , 63–69.
- Haegler, S., Müller, P., & Van Gool, L. (2009). Procedural modeling for digital cultural heritage. *EURASIP Journal on Image and Video Processing*, 2009 (1), 852392.
- Hartwell, P. G., & Brug, J. A. (2004, September 28). *Smart helmet*. Google Patents. (US Patent 6,798,392)
- Hornecker, E., & Dünser, A. (2007). Supporting early literacy with augmented books—experiences with an exploratory study. *Informatik 2007—Informatik trifft Logistik—Band 1* .
- Javidan, A. J., Savino, F. V., Weiss, A. A., Tydingco, N. B., & Zarich, M. A. (2016, March 3). *Storytelling device*. Google Patents. (US Patent App. 14/592,080)
- Kato, H. (2007). Inside artoolkit. In *1st ieee international workshop on augmented reality toolkit*.
- Masoni, R., Ferrise, F., Bordegoni, M., Gattullo, M., Uva, A. E., Fiorentino, M., . . . Di Donato, M. (2017). Supporting remote maintenance in industry 4.0 through augmented reality. *Procedia Manufacturing*, 11 , 1296–1302.
- Muensterer, O. J., Lacher, M., Zoeller, C., Bronstein, M., & Kübler, J. (2014). Google glass in pediatric surgery: an exploratory study. *International journal of surgery*, 12

- (4), 281–289.
- Navab, N., Traub, J., Sielhorst, T., Feuerstein, M., & Bichlmeier, C. (2007). Action-and workflow-driven augmented reality for computer-aided medical procedures. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 27 (5), 10–14.
- Restivo, M. T., Chouzal, F., Rodrigues, J., Menezes, P., Patrão, B., & Lopes, J. B. (2014). Augmented reality in electrical fundamentals. *International Journal of Online Engineering*, 10 (6).
- Salinas, P., González-Mendívil, E., Quintero, E., Ríos, H., Ramírez, H., & Morales, S. (2013). The development of a didactic prototype for the learning of mathematics through augmented reality. *Procedia Computer Science*, 25 , 62–70.
- Tracker, T. (2017). Worldwide spending on augmented and virtual reality expected to double or more every year through 2021, according to idc. *TelecomTV Tracker*, 3 .
- Webster, A., Feiner, S., MacIntyre, B., Massie, W., & Krueger, T. (1996). Augmented reality in architectural construction, inspection and renovation. In *Proc. asce third congress on computing in civil engineering* (Vol. 1, p. 996).