

ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

---

CAMPUS DI CESENA  
SCUOLA DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA  
Corso di Laurea in Ingegneria Elettronica, Informatica e  
Telecomunicazioni

SISTEMI DI REALTÀ AUMENTATA BASATI SU  
SMART-GLASSES

Elaborata nel corso di: Sistemi Operativi

*Tesi di Laurea di:*  
MISSERE MATTIA

*Relatore:*  
Prof. ALESSANDRO RICCI

---

ANNO ACCADEMICO 2014-2015  
SESSIONE II



# PAROLE CHIAVE

Wearables

SmartGlass

Realtà Aumentata

Tools di Sviluppo

ArToolKit



Alla mia famiglia e ai miei amici



# Indice

<b>Introduzione</b>	<b>xi</b>
<b>1 Wearables</b>	<b>1</b>
1.1 SmartWatch . . . . .	2
1.2 Fitness Tracker . . . . .	3
1.3 SmartGlass . . . . .	5
1.3.1 Vuzix M-100 . . . . .	6
1.3.2 Recon Jet . . . . .	7
1.3.3 Glass Up . . . . .	8
1.3.4 Sony Smarteyeglass Attach . . . . .	9
1.3.5 Sony Smarteyeglass . . . . .	9
1.3.6 Microsoft Hololens . . . . .	10
1.3.7 Google Glass . . . . .	11
1.3.8 Epson Moverio BT-200 . . . . .	12
1.3.9 L'impatto degli Smartglasses e il loro futuro nel mondo lavorativo . . . . .	14
<b>2 La Realtà Aumentata - AR</b>	<b>19</b>
2.1 Breve Storia . . . . .	19
2.2 Sistemi AR . . . . .	21
2.2.1 Tracking . . . . .	21
2.2.2 Registrazione . . . . .	23
2.2.3 Visualizzazione . . . . .	23
2.2.4 Rendering . . . . .	24
2.3 Interazione e Tecnologia . . . . .	24
2.4 Applicazioni AR . . . . .	25
2.4.1 Architettura . . . . .	25

2.4.2	Costruzione . . . . .	26
2.4.3	Industrial design . . . . .	26
2.4.4	Formazione . . . . .	26
2.4.5	Archeologia . . . . .	27
2.4.6	Arte . . . . .	27
2.4.7	Supporto attività . . . . .	27
2.4.8	Ufficio . . . . .	28
2.4.9	Militare . . . . .	28
2.4.10	Commercio . . . . .	29
2.4.11	Medico . . . . .	29
2.4.12	Gestione delle emergenze / ricerca e soccorso . . . . .	30
2.4.13	Turismo . . . . .	30
2.4.14	Navigazione stradale . . . . .	31
2.4.15	Videogiochi . . . . .	31
<b>3</b>	<b>Smartglasses per Realtà Aumentata</b>	<b>33</b>
3.1	Tecniche utilizzate dagli Smartglasses per l'AR . . . . .	33
3.2	Google Glass . . . . .	34
3.2.1	Project Glass come estensione di se stessi e riduzione del tempo di accesso . . . . .	35
3.2.2	Problemi: Privacy e netiquette . . . . .	37
3.2.3	Rischi . . . . .	38
3.2.4	Esempio di applicazioni nel campo sanitario . . . . .	38
3.3	Epson Moverio BT-200 . . . . .	40
3.3.1	Applicazioni Moverio BT-200 . . . . .	41
3.4	CastAR . . . . .	46
3.5	R-6 glasses NASA . . . . .	47
3.6	Microsoft Hololens . . . . .	49
<b>4</b>	<b>Tools di sviluppo</b>	<b>53</b>
4.1	Metaio . . . . .	53
4.1.1	Funzionalità . . . . .	54
4.1.2	Caratteristiche . . . . .	55
4.2	Wikitude . . . . .	56
4.2.1	Funzionalità . . . . .	56
4.2.2	Caratteristiche . . . . .	56
4.3	Vuforia . . . . .	57



4.3.1	Funzionalità . . . . .	57
4.3.2	Caratteristiche . . . . .	57
4.4	D'Fusion . . . . .	58
4.4.1	Funzionalità . . . . .	58
4.5	Arrakis . . . . .	59
4.5.1	Funzionalità . . . . .	59
4.5.2	Caratteristiche . . . . .	59
4.6	ARToolKit . . . . .	60
4.6.1	Funzionalità . . . . .	60
4.6.2	Caratteristiche . . . . .	60
<b>5</b>	<b>Librerie ARToolKit</b>	<b>61</b>
5.1	Introduzione . . . . .	61
5.2	Breve Storia . . . . .	61
5.3	Caratteristiche . . . . .	62
5.4	Processi . . . . .	63
5.4.1	Calibrazione della Camera . . . . .	63
5.4.2	Registrazione . . . . .	63
5.4.3	Tracking . . . . .	64
5.5	Struttura Applicazioni . . . . .	65
<b>6</b>	<b>The Mirror World</b>	<b>67</b>
6.1	Internet of things incontra AR . . . . .	67
6.2	Il concetto di Spime . . . . .	68
6.3	Il settore industriale e i sistemi complessi . . . . .	68
6.4	Gli spazi intelligenti come Mirror World . . . . .	70
6.4.1	Un gioco esempio . . . . .	71
<b>7</b>	<b>Conclusioni</b>	<b>75</b>



# Introduzione

Grazie al progresso nel potenziamento dell'hardware sono state sviluppate tecnologie che stanno rivoluzionando drasticamente il modo di interagire con l'ambiente circostante. Una di queste è sicuramente l'avvento degli **Smart-glasses** e della relativa **Realtà Aumentata (AR)**. Sulla scia del rapido diffondersi di questa tecnologia negli ultimi anni, questa tesi vuole mettere in evidenza le opportunità e i benefici legati al suo impiego esponendo come questa aprirà nuove forme di servizi e metterà in discussione il mondo così come lo si conosce.

In particolare la tesi è strutturata in questo modo: nel capitolo uno verranno esposte le tre principali tecnologie wearables rispettivamente Smart-Watches, FitnessTracker e SmartGlasses, quest'ultimi visti non solo come dei semplici wearables ma come dispositivi per la Realtà Aumentata, mostrando la maggior parte di quelli presenti sul mercato con una relativa descrizione delle caratteristiche hardware. Nel secondo capitolo verrà dunque esposto il concetto di Realtà Aumentata con l'illustrazione di come si progetta generalmente un'applicazione AR ed analizzando alcuni degli innumerevoli scenari applicativi. Nel terzo capitolo verrà presentato come la tecnologia smartglass utilizzi la realtà aumentata e verranno mostrate le proposte applicative che i più importanti prodotti offrono. Nel quarto capitolo invece si parlerà dei vari tools di sviluppo per progettare ed implementare applicazioni di realtà aumentata in particolare per dispositivi smartglasses. Nel quinto capitolo verrà approfondito proprio uno di questi tools: le librerie di ARToolkit raccontandone le caratteristiche principali e mostrando la struttura generale di un'applicazione che ne fa uso. Infine nel sesto capitolo verrà discusso come questa realtà aumentata grazie all'ausilio di tutti questi dispositivi sta cambiando il modo di interagire con tutto l'ambiente, creando scenari futuristici che coinvolgono ambienti intelligenti nei quali si creerà un livello digitale che aumenterà il mondo fisico.



# Capitolo 1

## Wearables

Con il termine **wearable technology** ci si riferisce a tutte quelle tecnologie portabili ed indossabili, modellate attorno al corpo delle persone, che vengono utilizzate come supporto naturale al loro funzionamento. Il monitoraggio e la rilevazione di segnali del corpo, anche di natura emozionale, permettono a queste tecnologie di diventare un valido assistente per i bisogni dell'utente, estendendo anche la sue capacità sensoriali.

In questa tecnologia si distinguono tre differenti categorie di wearable devices, capaci di elaborare dati, di dialogare con uno *smart connected device* (PC, smartphone o tablet), se non addirittura di connettersi autonomamente in rete senza appoggiarsi ad altri dispositivi.

- ***Complex Accessories***: Sono dispositivi che richiedono la connessione ad uno smartphone per poter essere pienamente operativi. In questa categoria rientra gran parte dei braccialetti per il fitness o per il controllo dell'attività sportiva (*Fitness Tracker*). Essi consentono di raccogliere dati e in alcuni casi comunicano anche tramite display, tuttavia necessitano sempre di una connessione ad uno smartphone o tablet, per poter elaborare e salvare le attività.
- ***Smart Accessories***: Sono dispositivi che hanno la possibilità di installare applicazioni o software di terze parti, potendo integrare ulteriori funzionalità. È comunque necessario il collegamento ad uno smartphone o tablet connesso a internet.

Esempi di device di questo tipo sono molti *Smartwatches*, quelli non dotati di SIM, tra i quali anche l'Apple Watch.

- **Smart Wearables:** Sono dispositivi che possono funzionare in piena autonomia, senza la necessità di appoggiarsi ad altri devices, come nei casi precedenti. Si collegano direttamente a Internet e permettono di espandere numerose funzionalità.

Un esempio di questi devices sono gli *Smartglasses* o gli Smartwatches dotati di SIM, come l'ultimo modello della Samsung (Gear S), che consente di telefonare anche senza cellulare.

## 1.1 SmartWatch

Uno **smartwatch** (o smart watch) è un orologio con funzionalità che vanno oltre il semplice cronometraggio. Mentre i primi modelli erano in grado di eseguire solo operazioni di base, come ad esempio calcoli, traduzioni, e giochi, gli smartwatches più moderni sono dei veri e propri computer indossabili. Molti smartwatches eseguono app, mentre un numero minore di modelli hanno un sistema operativo per dispositivi mobili e funzionano come lettori multimediali portatili, offrendo riproduzione di radio FM, audio, e file video attraverso un auricolare Bluetooth. Alcuni smartwatches, sono chiamati *watch phone*, perché, come un cellulare, hanno piena capacità di rete e possono effettuare o rispondere alle chiamate. Quasi tutti gli smartwatches di ultima generazione sono dotati di schermo sensibile al tocco, usato per dare comandi oltre che per visualizzare le informazioni fornite da esso. Proprio la qualità dello schermo, e in particolare la sua leggibilità al sole, è uno dei parametri fondamentali nel giudicare la qualità di uno smartwatch. Alcuni produttori, come ad esempio Pebble, hanno deciso di puntare sulla tecnologia e-ink per gli schermi: da una parte ciò garantisce una maggiore durata della batteria e una migliore visibilità al sole, d'altra parte però uno schermo e-ink è meno brillante e può visualizzare una gamma di colori minore rispetto ai classici schermi LCD o OLED.

Tali dispositivi possono includere caratteristiche come fotocamera, accelerometro, barometro, bussola, cronografo, termometro, cardiofrequenzimetro, altimetro, calcolatrice, cellulare, touchscreen, navigazione GPS, Map display, infografica, speaker, calendario, orologio, SDcard che sono riconosciute come memoria di massa da un computer, e batterie ricaricabili.

Può anche comunicare con cuffie wireless, head-up display, modem, ed altri devices.



Figura 1.1: SmartWatches

## 1.2 Fitness Tracker

I **Fitness Tracker** o chiamati anche **Activity Tracker**, dall'esterno appaiono come dei semplici braccialetti di plastica, ma nella realtà sono dei piccoli concentrati di tecnologia. Questi wearables sono costituiti da sensori (sensore di movimento, accelerometro, giroscopio, ecc.), si connettono senza fili con smartphone o computer e interagiscono con questi registrando i chilometri percorsi, i passi fatti, le calorie bruciate, i ritmi tenuti e molti altri dati ancora. Grazie ad apposite app per smartphone o programmi per computer, l'utente potrà poi verificare i propri progressi.

I Fitness tracker sono dunque fundamentalmente stati creati per gli appassionati di fitness e attività sportiva, permettendo a loro di registrare in tempo reale tutta l'attività che praticano. Essi devono però competere con dispositivi professionali, in grado di registrare i battiti cardiaci, la posizione GPS, le vasche in piscina, i chilometri percorsi a piedi e in macchina e altro ancora. Questi dispositivi professionali esistono da anni e questi braccialetti non sono assolutamente in grado di competere con essi. Ecco perchè questi

braccialetti si sono dati altri obiettivi, che sono più vicini alla loro portata. Gli Activity tracker ad oggi presenti sul mercato sono perfetti per chi vuole monitorare i passi compiuti durante il giorno, le calorie dei cibi mangiati e il proprio sonno, mentre sono inutili (o quasi) per chi vuole monitorare precisamente la propria attività fisica. Essi infatti sono nati per motivare chi vuole perdere qualche chilo in più, di certo non servono alle persone che sono già abituate a praticare regolarmente attività sportiva, che probabilmente hanno già gli strumenti professionali indispensabili per monitorare i propri sforzi e le proprie prestazioni. Sono strumenti simpatici per motivare le persone che praticano poca attività, ma non molto di più.

Alcuni di questi Fitness tracker possono essere comodi perché vibrano quando si riceve una chiamata sullo smartphone (ma anche mail o SMS), peccato solo che non abbiano un vero e proprio schermo per leggere direttamente queste notifiche. Da questo punto di vista, dunque, i Fitness tracker non possono essere visti come alternative allo smartwatch visto che hanno molte funzioni in meno.

In conclusione, dunque, questi Fitness tracker non sono così rivoluzionari come ci si potrebbe aspettare. Sono indubbiamente dei gadget comodi, utili (per certi punti di vista) e in grado di offrire un supporto per raggiungere determinati obiettivi, ma chi cerca un compagno di allenamento potente e funzionale dovrà guardare altrove.



Figura 1.2: Fitness Tracker



## 1.3 SmartGlass

Gli **Smartglasses** o **Digital Eye Glasses** o **Personal Imaging Systems** non sono solo dei semplici wearables ma posso aggiungere informazioni a quello che vede chi li indossa attraverso ad esempio la Realtà Aumentata. In genere questo si ottiene attraverso un *optical head-mounted display* (OHMD) o con occhiali computerizzati connessi ad internet con un trasparente *heads-up display* (HUD) che grazie alla realtà aumentata si ha la capacità di sovrapporre e riflettere immagini digitali proiettate oltre che permettere all'utente di vedere attraverso esso.

I primi modelli erano in grado di eseguire operazioni di base come ad esempio servire solo un display front-end per un sistema remoto, come nel caso degli smartglasses che utilizzano la tecnologia cellulare o wifi. I smartglasses moderni sono diventati a tutti gli effetti dei wearable computers che possono funzionare in modo indipendente. Alcuni sono in grado di comunicare con Internet tramite il linguaggio naturale attraverso comandi vocali (*handsfree*) mentre altri attraverso l'uso di pulsanti touch. Come qualsiasi computer gli smartglasses sono in grado di raccogliere informazioni provenienti da sensori interni o esterni. Possono controllare o recuperare dati da altri strumenti o computer. Essi sopportano tecnologie wireless come Bluetooth, Wifi e GPS. Un numero minore di modelli esegue un proprio sistema operativo e funziona come lettore multimediale portatile per inviare file audio e video. Alcuni modelli hanno la caratteristica dell' activity tracker. Così come gli activity tracker, l'unità di localizzazione GPS e la fotocamera digitale possono essere utilizzate per registrare i dati storici. Ad esempio dopo il completamento di un allenamento i dati possono essere caricati su un computer o in un account per creare un registro delle attività per l'analisi. Anche se alcuni modelli sono completamente funzionali come prodotti autonomi la maggior parte dei produttori raccomanda o richiede che i consumatori acquistino smartphones che eseguano lo stesso sistema operativo in modo che i due dispositivi possano essere sincronizzati per funzionalità aggiuntive. Infatti gli smartglasses possono funzionare come estensione dello smartphone attraverso il HUD avvisando l'utente in caso di ricezione di chiamate, messaggi SMS, email ed eventi in calendario. Nei seguenti paragrafi verranno mostrati i principali modelli presenti ad oggi.



Figura 1.3: SmartGlasses

### 1.3.1 Vuzix M-100

I Vuzix M-100 sono occhiali indossabili monoculari : si indossano indifferentemente a destra o sinistra, anche sugli occhiali, come un normale auricolare Bluetooth a cui è stata aggiunta un'estensione per collocare uno schermo a colori WQVGA e una fotocamera davanti all'occhio.

Questo tipo di tecnologia ha un grado di elevato contrasto e luminosità adatto all'uso esterno. La luce viene schiacciata verso il basso per poi espandersi nuovamente dentro l'occhio dell'utente creando un'immagine che è un misto di mondo reale e realtà aumentata. L'azienda afferma che l'immagine è l'equivalente di uno schermo da 4 pollici per smartphone tenuto a 35 cm di distanza, un campo visivo di 15 gradi, il tutto su Android ICS e un processore TI OMAP4460 da 1.2 GHz, con 1 GB di RAM, 4 GB di flash e uno slot microSD per archiviare fino a 32 GB. L'unità contiene sensori per gesture, luce ambientale, GPS e prossimità. Il suo head tracking include tre gradi di libertà, ha un giroscopio a tre assi, accelerometro e bussola. La fotocamera scatta a 5 megapixel e registra video a 1080p. L'audio entra in un solo orecchio e il doppio microfono permette di registrare l'audio e fornire input vocali con la cancellazione del rumore. È disponibile in grigio e bianco e costa intorno ai 1000 dollari.

I Vuzix saranno in grado di visualizzare sul display messaggi e email in arrivo, mappe, video e audio in streaming dal tuo smartphone e contenuti caricati sul cloud. Si tratta di un digitaly see-through display e quindi si ha la possibilità di mostrare dati computerizzati su un'immagine reale (AR).



Figura 1.4: Smartglass Vuzix M-100

### 1.3.2 Recon Jet

I Recon Jet si rivolgono ad un pubblico di sportivi, questi occhiali hi-tech infatti potrebbero essere molto utili ai ciclisti (ma non solo), in grado non soltanto di proteggere i loro occhi durante le pedalate sui terreni più impervi, ma anche di monitorare con lo sguardo (grazie ad un display sulla lente di destra) diversi parametri, tra cui la velocità, i chilometri percorsi e così via. Dotati di una struttura robusta e di un design alla moda, sono quindi perfetti anche per lo sci, lo snowboard, la corsa, il paracadutismo, il parapendio, il deltaplano o qualsiasi sport anche d'alta quota.

Questi occhiali integrano un chip dual-core ARM Cortex A9 in esecuzione a 1 GHz con 1GB di memoria DDR2 SDRAM e 8GB di memoria flash, una fotocamera HD, connettività Wi-Fi, Bluetooth, GPS e sensori come l'accelerometro, il giroscopio, l'altimetro, il magnetometro e un sensore di temperatura.

I Recon Jet eseguono un sistema operativo, denominato Recon OS, derivato da Android. Per gestire le varie funzioni è possibile usare le gesture sul touchpad o il pulsante fisico. Possiedono uno schermo 16:9 WQVGA che appare come un display da 30 pollici, 7 metri di distanza. Sarà quindi pos-

sibile registrare le proprie scarpinate o imprese funamboliche. Non manca inoltre Ant+, il protocollo per il trasferimento e la condivisione dati usato da dispositivi come podometri o i cardiofrequenzimetri.



Figura 1.5: Smartglass Recon Jet

### 1.3.3 Glass Up

I GlassUp sono i primi occhiali a realtà aumentata di produzione italiana. Tutto nasce nel 2011 dall'intuizione di Francesco Giartosio, AD dell'azienda, Gianluigi Tregnaghi, CTO ed esperto in ottica, e Andrea Tellarin, direttore operativo di GlassUp e al loro interesse rivolto verso il campo di studio dell'interazione uomo-macchina. Grazie alla tecnologia Bluetooth, gli occhiali diventano un secondo schermo dello smartphone, lasciando scorrere davanti ai propri occhi la moltitudine di informazioni che altrimenti andrebbe letta sul display del proprio dispositivo.

Il sistema trasmette l'immagine all'occhio tramite display, lente, prisma e LED, mentre l'elaborazione del testo è gestito da un circuito composto da batteria, memoria, bluetooth low-energy e touch pad per attivare i filtri desiderati. L'esperienza d'uso è piacevole e non invasiva: l'utente non è costretto a spostare lo sguardo ma legge i messaggi monocromatici su sfondo trasparente, continuando ad osservare la realtà circostante. Il peso comunque è di circa 65 grammi. Il sistema operativo di riferimento è Android. I sensori integrati comprendono: accelerometro, bussola, altimetro e rilevatore di luce. La risoluzione del mini-schermo è di 320 x 240 pixel. Non manca un touch-pad sulla stanghetta.

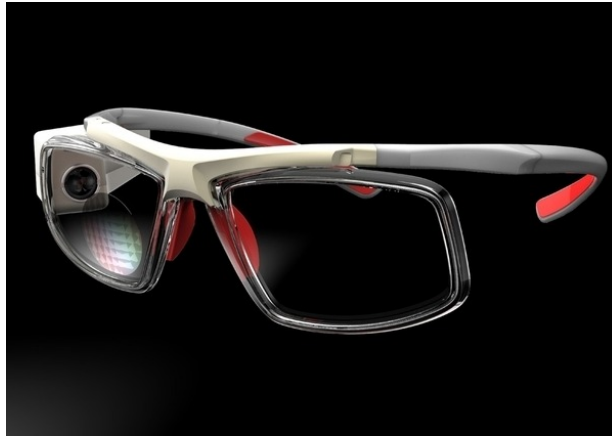


Figura 1.6: Smartglass Glass Up

### 1.3.4 Sony Smarteyeglass Attach

Sony SmartEyeglass Attach è un dispositivo che si applica a qualsiasi paio di occhiali e lo fa diventare smart. Leggero e compatto può essere applicato a maschere da sci, occhiali da sole e da vista. I circuiti per il funzionamento sono integrati in uno chassis che si applica alla stanghetta sinistra degli occhiali che attraverso un cavo collega l'attacco per la stanghetta di destra degli occhiali, destinato a sostenere il piccolo display. Si tratta di un micro schermo OLED posizionato proprio di fronte all'occhio destro dell'utente. Grazie a Sony SmartEyeglass Attach le principali funzioni diventano così disponibili per gli utenti che devono portare occhiali da vista o che spesso usano occhiali da sole. La struttura è leggerissima anche se non si può dire sia molto discreta: le due parti principali infatti non appesantiscono di molto la montatura degli occhiali ma fuoriescono visibilmente ai due lati della testa dell'utente. Le due prime applicazioni dimostrative sono in campo sportivo: grazie alla realtà aumentata Sony SmartEyeglass Attach visualizzano il tracciato per una corsa all'aperto, mentre un'altra visualizza la traiettoria di una pallina da golf sul green.

### 1.3.5 Sony Smarteyeglass

Gli SmartEyeglass Developer Edition (SED-E1) quando connessi via Bluetooth o WiFi ad uno smartphone basato su Android 4.4, possono visualiz-



Figura 1.7: Sony Smarteyeglass Attach

zare testo, simboli e immagini davanti agli occhi dell'utente.

La tecnologia holographic waveguide ha permesso di realizzare lenti spesse solo 3 millimetri con una trasparenza dell'85%. Il display monocromatico verde garantisce bassi consumi ed elevata luminosità. Il testo è quindi visibile in qualsiasi condizione di illuminazione.

Gli SmartEyeGlass integrano una fotocamera da 3 Megapixel, che consente di scattare foto e registrare video (senza audio) a 15 fps con risoluzione QVGA, accelerometro, giroscopio, bussola e sensore di luminosità. I dati catturati vengono inviati allo smartphone che genera l'output sugli occhiali. Nel controller separato sono presenti microfono, speaker, chip NFC, sensore touch e la batteria. L'autonomia è di circa 80 minuti, che sale a 150 minuti se non viene usata la fotocamera.

Tra gli usi pensati per questo dispositivo indossabile troviamo la possibilità di ricevere indicazioni stradali quando si attraversa una città, oppure ricevere statistiche sportive in tempo reale.

### 1.3.6 Microsoft HoloLens

Microsoft HoloLens, è un visore che contiene una CPU (processore), una GPU (chip grafico) ma anche un terzo chip chiamato Holographic Processing Unit (HPU). HoloLens è un dispositivo *standalone*, ossia funziona in modo autonomo: non necessita di cavi che lo connettano ad altri dispositivi o al

PC. Al momento Microsoft non ha confermato tutte le specifiche tecniche di HoloLens, ma sicuramente quello che si conosce è che è un dispositivo indossabile di realtà aumentata per il computing olografico. I primi kit di sviluppo di HoloLens saranno disponibili nel primo trimestre del 2016 e costeranno 3000 dollari l'uno.



Figura 1.8: Smartglass Microsoft HoloLens

### 1.3.7 Google Glass

I Google Glass sono costruiti con una montatura caratterizzata da un telaio resistente e da naselli regolabili, così da poter essere meglio adattati a ogni tipo di viso. Il display è stato montato su una lente, è ad alta definizione e andrà a proiettare le immagini direttamente sugli occhi dell'utente, dove i contenuti verranno visualizzati come se ci si trovasse di fronte a uno schermo da 25 pollici, visto da una distanza di due metri.

Basati sul sistema operativo Android, i Google Glass sono compatibili con ogni smartphone dotato della tecnologia Bluetooth. Presente sul lato destro della montatura vi è un touchpad utile a scorrere tra i menu e tra i contenuti. La dotazione comprende poi una fotocamera con sensore da 5 megapixel in grado di garantire una buona qualità delle fotografie e di catturare video a 720p, 16 GB di storage di tipo flash (di cui 12 GB utilizzabili dall'utente), un comparto audio a conduzione ossea, connettività Wi-Fi e Bluetooth e una batteria che assicurerà un'autonomia pari a circa un giorno di normale utilizzo. Questa sarà ricaricabile sia tramite il cavo USB incluso nel pacchetto, che attraverso un caricabatterie da parete.

Il dispositivo si comanda tramite i comandi vocali e/o il touchpad inserito sul lato destro.



Figura 1.9: Google Glass

### 1.3.8 Epson Moverio BT-200

Dopo un primo modello la Epson ha realizzato gli occhiali intelligenti Moverio BT-200 che sono la seconda generazione di occhiali attivi. Rispetto al suo predecessore Moverio BT-200 è più leggero del 60% e offre dimensioni ridotte del 50% con un design elegante e di maggior comfort. Il visore Moverio BT 200 è dotato di numerose funzionalità tecnologiche per sfruttare appieno le app di Realtà Aumentata (Augmented Reality, AR), oltre a migliorare l'approccio con alcune attività che rientrano sia nell'ambito professionale sia nel tempo libero. Questi smartglass sono costituiti da lenti trasparenti con un visore integrato su ogni lente, che agiscono in maniera indipendente dallo smartphone e si affidano ad un controller esterno collegato con un cavo. All'interno di questa unità di controllo tascabile con trackpad touch e una serie di pulsanti essenziali (Power, Volume, Home) vi è un hardware con processore dual core da 1,2 GHz, 1 GB di RAM e 8 GB di capacità espandibile con una scheda microSD sino a 32 GB. La batteria integrata promette sino a sei ore di autonomia. L'ampia scelta di opzioni di connettività, tra cui Wi-Fi, Bluetooth 3.0 e Miracast, consente di collegare e utilizzare dispositivi smart , navigare sul Web e addirittura visualizzare contenuti video in streaming. La visione binoculare con lenti trasparenti, con le informazioni proiettate su entrambe consentono la visione di film e



contenuti 3D. Le immagini vengono così visualizzate in alta definizione e di grande formato fino a 320 pollici con risoluzione qHD nell'intero campo visivo. La fotocamera, il giroscopio, il GPS e gli altri sensori integrati consentono al software di percepire tutti i movimenti e l'ambiente circostante per garantire esperienze uniche. Sono proprio i sensori integrati di input basati su informazioni digitali quali video, elementi grafici, suoni o dati GPS che permettono di immergersi nella vera realtà aumentata potenziando il mondo reale e fisico.

Epson mira a costruire un ecosistema solido e completo, fatta anche e soprattutto di una serie di applicazioni scaricabili dal marketplace dedicato (Moverio Apps Market) le quali sfrutteranno appieno il concetto di AR e troveranno soprattutto applicazione in ambito professionale. Moverio BT 200 è basato su il sistema operativo Android 4.0.4 e dunque gli sviluppatori possono utilizzare il kit SDK standard di Android per creare app innovative o adattare quelle esistenti.



Figura 1.10: Epson Moverio BT-200

### 1.3.9 L'impatto degli Smartglasses e il loro futuro nel mondo lavorativo

Tra il 2013 e il 2014 diverse Società iniziarono a produrre devices di tipo smartglass con l'obiettivo di spostare l'esperienza dell'AR (Realtà Aumentata) dal monitor dello smartphone al campo visivo dell'utente. La prima generazione di smartglass sono i monocli, quei particolari devices che aumentano il campo visivo dell'utente in modo parziale, solo su un occhio (solitamente impegnando dai 10° ai 14° del campo visivo) e presentano diverse criticità, come ad esempio, l'affaticamento della vista (il focus dell'occhio ingaggiato muta se legge informazioni su un display) o la scarsa durata della batteria (spesso utilizzano il sistema operativo dello smartphone ospite connesso via bluetooth). Nello stesso periodo, alcune società come Epson scelgono di investire direttamente su smartglass di seconda generazione: si tratta di devices che possono proiettare le informazioni su entrambi gli occhi sfruttando così la stereoscopia (che permette l'utilizzo della profondità dell'informazione), inoltre l'utilizzo di unità logiche indipendenti, invece di sfruttare gli smartphone, prolunga la durata della batteria e permette l'utilizzo di sensori di alta qualità. Questa seconda generazione sta dando il via a una vera e propria rivoluzione dei processi industriali, generando una nuova gamma di servizi e soluzioni. Si delinea, così, un mercato potenzialmente enorme. Gli smartglasses avranno dunque un impatto nel mondo militare (dove ridurranno le morti da fuoco amico), nel sostegno alla disabilità, nella sanità, nell'artigianato e avranno un ruolo nelle smart cities. Gli occhiali intelligenti sono destinati ad aumentare la produttività.

Secondo *Gartner* (società multinazionale leader mondiale nella consulenza strategica, ricerca e analisi nel campo dell'Information Technology), l'impiego degli smartglasses avrà la potenzialità di migliorare l'efficienza dei lavoratori in mercati verticali come la produzione, i servizi sul campo, la vendita al dettaglio ed il settore sanitario. Secondo Angela McIntyre, research director presso Gartner, precisa che gli smartglasses con realtà aumentata e provvisti di fotocamere possono migliorare l'efficienza dei tecnici, degli ingegneri e degli altri lavoratori che si dedicano agli interventi sul campo, alla manutenzione, nel settore sanitario e nella produzione. Nei prossimi 3-4 anni il settore che trarrà maggiore benefici dagli smartglasses è proprio quello degli interventi sul campo, con un potenziale di un incremento di profitti di 1 miliardo ogni anno. I principali risparmi negli interventi sul campo

deriveranno da una più rapida diagnosi e soluzione dei problemi, senza la necessità di portare specialisti ed esperti in località remote dove sia necessario l'intervento. Attualmente in ambito aziendale gli smartglasses restano una tecnologia emergente con meno dell'1% delle compagnie statunitensi che hanno già implementato una soluzione smartglass nelle proprie operazioni. Gartner prevede comunque che questa proporzione potrebbe crescere fino al 10% nel giro dei prossimi cinque anni, specie per le compagnie con lavoratori fuori sede. L'introduzione sul mercato di versioni consumer degli smartglasses favorirà ulteriormente l'adozione nei prossimi dieci anni, con la metà circa delle compagnie che potrebbero trarre benefici dal loro uso che li forniranno almeno ad una parte dei loro impiegati. Si tratterà di un processo d'adozione comunque lento, dal momento che i benefici che questi dispositivi sono in grado di offrire dipendono in maniera preponderante dalle applicazioni e dai servizi ad essi destinati. Nei prossimi cinque anni si verificherà però un'evoluzione dell'ecosistema che andrà ad includere sempre più applicazioni in grado di eseguire specifici compiti con gli smartglasses, portando le organizzazioni IT ad offrire questi dispositivi ad un vasto numero di lavoratori. L'impatto più consistente degli smartglass sarà sull'industria pesante, come la produzione o l'industria petrolifera, poiché le funzioni di realtà aumentata permettono la formazione sul campo dei lavoratori per compiti come la riparazione dei macchinari o l'esecuzione di processi produttivi. L'impatto sarà invece più contenuto per i settori come la vendita al dettaglio e nel campo sanitario, dove i benefici saranno principalmente la ricerca di informazioni in maniera visuale. Il terziario invece subirà un impatto marginale dagli smartglasses, ma anche in questo campo sarà possibile apprezzare qualche positiva ripercussione: gli agenti assicurativi, per esempio, potranno registrare video di proprietà danneggiate e controllare velocemente le entità dei rimborsi oppure le istituzioni finanziarie ed i media utilizzeranno gli smartglasses per inviare segnalazioni ai professionisti che necessitano di informazioni aggiornate all'ultimo minuto. Secondo Gartner alcune delle funzioni basilari degli smartglasses aiuteranno a portare una maggior efficienza operativa nelle aziende. Le istruzioni e le illustrazioni mostrate tramite i display degli smartglass permetteranno ai lavoratori ad eseguire compiti anche se non ricordano interamente tutte le procedure. L'assistente virtuale sugli smartglass potrebbe così fungere come manuale interattivo a mani libere, consentendo anche ai lavoratori di poca esperienza di condurre a termine dei compiti. Nel caso di interventi in aree

remote la collaborazione video potrà, ad esempio, ad attività di riparazione più rapide risparmiando inoltre i costi associati all'invio di uno specialista in loco. La condivisione di video dal punto di vista del lavoratore può facilitare la diagnosi e soluzione di un problema, grazie al parere degli impiegati più esperti. Le aziende avranno così la possibilità di variare il rapporto tra gli impiegati con poca esperienza e quelli specializzati, riducendo i costi del lavoro. I video possono inoltre essere conservati come prova della corretta esecuzione di un lavoro o degli esiti di un'ispezione. Le registrazioni possono così assumere un importante valore probatorio nel caso in cui si verifichino delle controversie sui lavori ed ispezioni condotte da un'azienda. Dinnanzi a questi passi avanti, gli obiettivi della formazione aziendale possono evolvere dalla memorizzazione di step procedurali alla conoscenza di come utilizzare gli smartglass e di come accedere alle informazioni chiave usando i comandi vocali. La formazione e i test sul contenuti dei manuali possono essere ridimensionati dal momento che gran parte della formazione pratica può essere fatta direttamente sul campo con l'assistenza degli smartglasses. Ciò non toglie che il training debba sempre mettere la sicurezza al primo posto e gli impiegati dovrebbero continuare a sapere come usare macchinari e dispositivi per i compiti di routine. Nel contesto del settore sanitario gli smartglass potrebbero facilitare la telemedicina ed i consulti medici, oltre a fungere da guida passo a passo per compiere determinate procedure mediche. Anche l'esperienza del paziente presso gli studi medici può essere migliorata tramite l'uso degli smartglass, con le loro cartelle cliniche automaticamente recuperate nel momento in cui il sistema di riconoscimento del volto identifica il paziente.

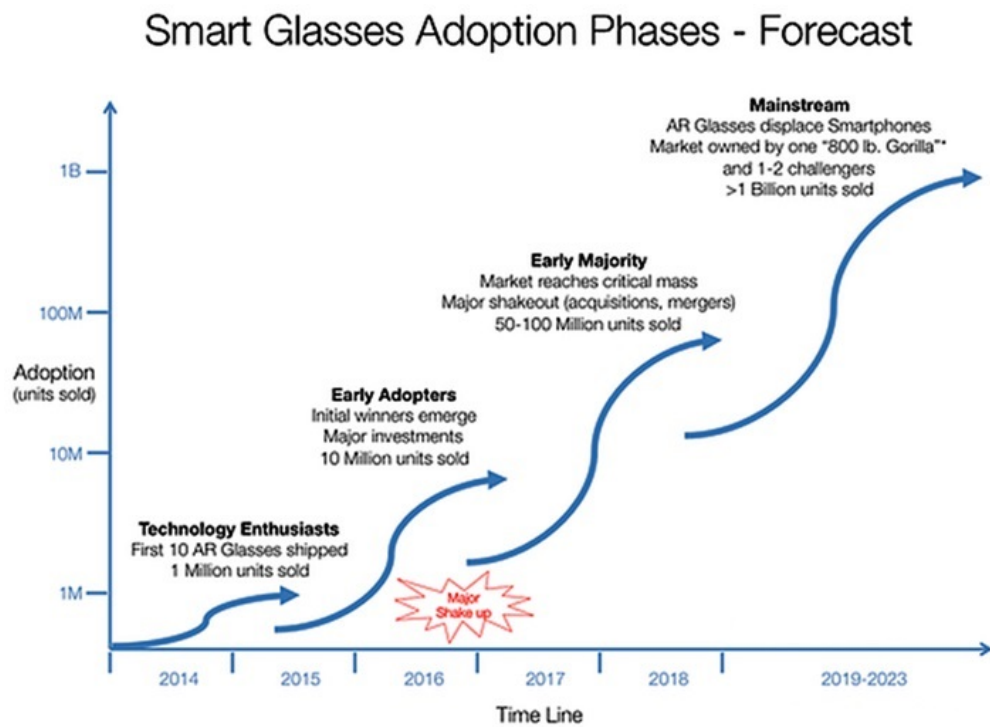


Figura 1.11: Previsione del numero di smartglasses venduti nei prossimi dieci anni



## Capitolo 2

# La Realtà Aumentata - AR

Per **Realtà Aumentata** (in inglese **Augmented Reality, AR**), sta a significare l'arricchimento della percezione sensoriale umana mediante informazioni che non sarebbero percepibili con i cinque sensi. Si tratta dunque di una tecnologia che permette di proiettare oggetti e informazioni virtuali combinate con immagini provenienti dal mondo reale e di ottenere quindi informazioni contestuali e rilevanti semplicemente osservando un luogo, una persona o un oggetto attraverso un dispositivo munito di camera, come ad esempio uno smartphone, un tablet o un paio di smartglass. Grazie a particolari algoritmi che osservano l'ambiente circostante, che sfruttano la camera e gli altri sensori presenti sul dispositivo, quando essi riconoscono una posizione gps, una forma o un'immagine precedentemente caricata nel sistema, l'arricchiscono con contenuti multimediali (generalmente con oggetti 3D, immagini, video, pdf, e link). Le informazioni aggiuntive possono in realtà consistere anche in una diminuzione della quantità di informazioni normalmente percepibili per via sensoriale, sempre al fine di presentare una situazione più chiara o più utile. Anche in questo caso si parla di AR.

### 2.1 Breve Storia

I primi esperimenti in laboratorio di Realtà Virtuale effettuati da Ivan Sutherland nel 1966, il quale fu il primo a creare un Optical Head-Mounted Display per dare la percezione continua di un ambiente virtuale tridimensionale interamente generato da un computer, furono i padri di quello che si sarà poi evoluto in Realtà Aumentata. Infatti due ricercatori, Tom Caudell

e David Mizell, modificarono questo OHMD per essere utilizzato come strumento utile ai laboratori della compagnia aerea Boeing. Il device venne poi trasformato in semitrasparente e monoculare in modo da permettere ai tecnici che lavorano nella compagnia di poter consultare schemi ed istruzioni in formato digitale senza dover distogliere l'attenzione dalle operazioni e poter così aver direttamente proiettate nel proprio campo visivo tutte le informazioni necessarie. Un grosso contributo allo sviluppo di questa tecnologia deriva anche della letteratura fantascientifica dove autori come Bruce Sterling e William Gibson descrissero negli anni '90 particolari occhiali capaci di arricchire la realtà dei protagonisti dei romanzi con informazioni contestuali.

Le prime vere sperimentazioni tra gli anni '70-'90 videro dunque come campo d'applicazione il settore militare, in quanto i costi elevati dell'hardware e la potenza di calcolo non rendevano ancora matura questa particolare tecnologia, ma con l'avvento degli smartphone nei primi anni 2000, si è assistita ad una importante diffusione nel settore consumer.

L'evento che ha permesso veramente a questa nuova tecnologia di uscire dai laboratori di ricerca e dall'impiego nel settore militare fu il rilascio nel 1999 della libreria di software ARTollKit da parte del professore Hirokazu Kato del Nara Institute of Science and Technology. Grazie all'insieme di sistemi di tracking video, interazione con oggetti virtuali e grafica 3D permise ai programmatori di sperimentare applicazioni di realtà aumentata con i computer e i dispositivi di ripresa video più diffusi. Inizialmente però queste applicazioni venivano utilizzate prevalentemente per operazioni di marketing e comunicazione, ma solo nel 2010 iniziarono a diffondersi i primi videogiochi grazie a società come Layar e Metaio.

Tra il 2011 e il 2013 nascono i primi progetti pilota nel settore industriale e nello stesso periodo eventi come l'Augmented Reality Expo di Santa Clara diventano da piccoli raduni di nicchia a importanti appuntamenti anche per investitori, aziende di svariati settori, dove startup e società consolidate si misurano a colpi di algoritmi e wearable devices. D'allora la Realtà Aumentata ha visto un'esponenziale crescita e utilizzo in vari settori.



## 2.2 Sistemi AR

Una misura chiave dei sistemi AR è come questi incrementino con le informazioni combinando le immagini provenienti dal mondo reale con oggetti virtuali.

Lo schema generale alla base di ogni sistema AR è così strutturato:

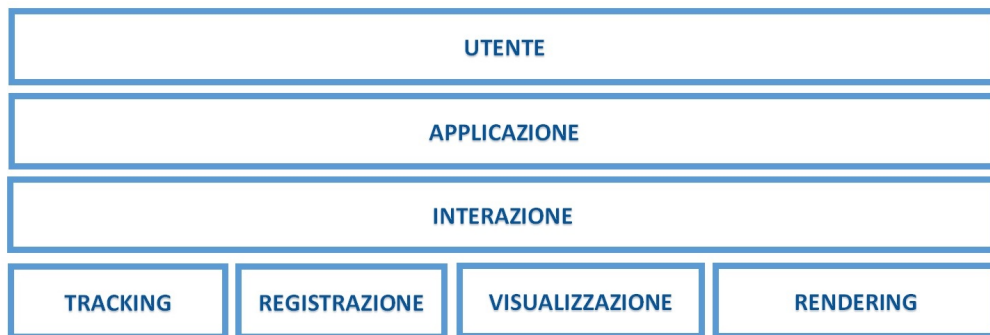


Figura 2.1: Schema generale di un sistema AR

I quattro principali processi alla base dello schema sono dunque: il Tracking, la Registrazione, la Visualizzazione attraverso un Display e il Rendering.

### 2.2.1 Tracking

Esso si occupa di tracciare la posizione dell'osservatore rispetto alla scena. Molti di questi metodi di visione artificiale di realtà aumentata sono ereditati dalla *visual odometry* (processo che nel campo della robotica e computer vision determina la posizione e l'orientamento di un robot analizzando le immagini della telecamera associata). Solitamente tali metodi si basano su due possibili tecniche principali: attraverso dei *Marker* o sulla combinazione tra *GPS* e *bussola*.

Nel primo caso vengono in primo luogo rilevati i punti di interesse, o *fiducial markers*, o *optical flow* nelle immagini della telecamera. In primo grado si possono utilizzare metodi di rilevamento come il *corner detection* (rilevamento dell'angolo), *blob detection* (rilevamento delle macchie), *edge detection or thresholding* (rilevamento dei bordi o di soglia) e / o altri metodi di elaborazione delle immagini. Solitamente la tecnica dei markers viene

utilizzata per piattaforme Desktop Computer, si tratta di marcatori stampati in bianco e nero che, una volta posizionati nel sito di interesse, vengono individuati facilmente da uno specifico software che a sua volta genererà la realtà virtuale partendo proprio dai marcatori stessi. Uno dei vantaggi di questa soluzione è che quando il marker viene spostato allora anche tutto l'oggetto virtuale si sposta di conseguenza, senza dover andar a modificare nient'altro, dando una soluzione molto precisa rispetto ad altre tecniche.

La seconda tecnica di Tracking, che prevede l'utilizzo del GPS e della bussola, integrata nel dispositivo, è una soluzione applicata maggiormente nel campo delle piattaforme Mobile. In questo caso, il software ha dei punti di interesse memorizzati in un database e, una volta che l'utente si trova nei pressi di questi punti, il software genera in sovraimpressione le informazioni specifiche.

In qualsiasi caso un tracker ideale deve essere preciso, ripetibile, ad alta frequenza di rivelazione, a bassa latenza, avere un scarso ingombro e leggerezza dei sensori e una forte robustezza. Tutto questo perché non solo è fondamentale disporre di una corretta registrazione quando l'utente è fermo, ma anche quando si trova in movimento rispetto la scena. Esistono quindi varie tecnologie di tracciamento: tracker meccanici, acustici, ottici, magnetici, inerziali e misti.

- **Tracker Meccanici** : Misurano i valori tramite link meccanici disposti in catena. Essi possono essere sia indossabili che non indossabili. Misurano gli angoli e le lunghezze tra i giunti del dispositivo ed utilizzano una configurazione base come posizione iniziale rispetto la quale misurare i movimenti degli oggetti puntati.
- **Tracker Ottici** : Possono essere sia attivi che passivi. I primi effettuano una scansione utilizzando led, laser o infrarossi, mentre i secondi ricavano le informazioni dalla luce dell'ambiente. Fanno parte in questa categoria i sistemi di riconoscimento dell'immagine che utilizzano algoritmi di grafica computazionale per elaborare immagini, contenenti gli oggetti da seguire, e calcolarne la loro posizione rispetto al punto di vista della camera sulla scena.
- **Tracker Acustici** : Sono costituiti da un emettitore che produce ultrasuoni che vengono ricevuti da rilevatori.

- **Tracker Magnetici** : Anche in questo caso utilizzano una configurazione emettitore - rilevatori. L'emettitore è fisso ed emette campi magnetici ortogonali, mentre il rilevatore contiene bobine che rilevano tali campi. Questi campi elettrici indotti nelle bobine permettono di ricavare informazioni su posizione e orientazione.
- **Tracker Inerziali** : Sono costituiti da accelerometri che misurano l'accelerazione di masse e da giroscopi che misurano le velocità angolari di masse in rotazione. È dunque necessaria una doppia integrazione per avere le informazioni riguardo la posizione e un'integrazione per l'orientazione.
- **Tracker Misti** : I sistemi di tracciamento visti portano con sé alcune qualità ma anche dei limiti. Una scelta conveniente può dunque essere quella di combinare diversi dispositivi in modo da ottenere le caratteristiche migliori per ciascun sistema. Questo però implica ad una maggiore complessità dei sistemi e di conseguenza rende più complicata anche la gestione e il controllo dell'applicazione. Fanno parte di questa tecnica i tracker misti.

### 2.2.2 Registrazione

Questo è il processo che permette di sovrapporre al modello reale quello artificiale, occupandosi quindi di allineare gli oggetti virtuali al punto di vista dell'osservatore sulla scena.

La fase di Registrazione è una delle più complesse ed elaborate in quanto si occupa di rendere gli oggetti digitali perfettamente integrati nell'ambiente circostante, tenendo di conto di quelle che sono le effettive distanze della scena reale e calcolandone le giuste proporzioni. Questo tipo di problema, prende forma soprattutto quando si tratta di applicazioni che devono essere molto precise, vedi ad esempio software dedicati ad operazioni chirurgiche. In questi casi, è essenziale avere un'ottima sovrapposizione delle immagini sia quando ciò che si guarda è fermo e sia quando è in movimento

### 2.2.3 Visualizzazione

Si occupa di individuare il device con il quale l'utente vuole vedere la AR. La tecnica più semplice consiste nella visualizzazione su di un monitor, detta

*Monitor based*, nella quale la scena viene vista dalla webcam sovrapposta alla scena virtuale generata da un dispositivo elettronico che può essere uno smartphone, tablet o PC. Una differente tecnica che caratterizza per l'appunto gli smartglasses è quella del *Head Mounted Display*.

### 2.2.4 Rendering

Il processo di Rendering sovrappone concretamente le due realtà, cercando di prediligere due fattori che sono la qualità dell'immagine e la velocità di aggiornamento. Questi due fattori però sono tra loro contrapposti, infatti riuscire a creare un sistema efficiente per la velocità di aggiornamento dell'immagine prodotta può significare a rinunciare a tecniche di rendering più sofisticate per la qualità dell'immagine.

## 2.3 Interazione e Tecnologia

Un processo si considera interattivo quando il sistema dà la possibilità di interagire con gli elementi virtuali. Tale processo necessita di una strumentazione sviluppata ad hoc. I sensori, accelerometri e sistemi di tracciamento della posizione consentono di estendere l'interazione con la scena e di creare e manipolare oggetti virtuali puntando agli oggetti reali presenti nella scena. Principalmente sono quattro i tipi di tecnologie su cui si basano:

- ***Marcatori Bianco e Nero*** : L'individuazione dei punti di interesse è fatta attraverso marker bianconeri. Solitamente le applicazioni che utilizzano questo tipo di marcatori sono basate sulla tecnologia open source come ARToolKit. Generalmente vengono usate per i piccoli progetti commerciali.
- ***Marker less tracking*** : Questa è una delle migliori tecnologie per il tracciamento. Utilizza un monitoraggio attivo e il riconoscimento dell'ambiente reale su qualsiasi tipo di supporto (immagini, oggetti, volti, movimento) senza l'utilizzo di particolari marker posizionati. È più potente e permette lo svolgimento di applicazioni più complesse.
- ***Tecnologia basata sui sensori*** : I sensori vengono utilizzati in luoghi in cui MLT sono meno operativi (per esempio a causa della

mancanza di luce). Inviando un segnale a un ricevitore essi attivano così il contributo multimediale che si vuole erogare.

- **Tecnologia basata sul GPS e Bussola** : Questo tipo di tecnologia è implementata su smartphone e tablet. Essa viene utilizzata soprattutto per fornire informazioni via web.

## 2.4 Applicazioni AR

La realtà aumentata ha molte applicazioni. In primo luogo viene utilizzata per applicazioni militari, industriali, applicazioni mediche ed anche nelle aree commerciali e di intrattenimento.

### 2.4.1 Architettura

L'AR può aiutare a visualizzare progetti di costruzione. Le immagini generate al computer di una struttura possono essere sovrapposte in una visualizzazione locale di vita reale di un immobile prima che l'edificio fisico sia costruito là.

La realtà aumentata può anche essere impiegata all'interno dello spazio di lavoro di un architetto, trasformando i suoi disegni 2D in vedute animate in 3D.



Figura 2.2: Esempio di utilizzo dell'AR nell'architettura

### 2.4.2 Costruzione

Con le continue migliorie di precisione GPS, le aziende sono in grado di utilizzare la realtà aumentata per visualizzare i modelli georeferenziati dei cantieri, strutture sotterranee, cavi e tubi.

### 2.4.3 Industrial design

L'AR può aiutare i progettisti industriali durante l'esperienza di progettazione e a capire il funzionamento di un prodotto prima del completamento. La realtà aumentata può anche essere utilizzata per visualizzare e modificare la struttura del corpo di una macchina e la disposizione del motore. L'augmented reality può essere sfruttata anche per confrontare i modelli digitali con i modelli fisici per la ricerca di discrepanze tra di loro.

### 2.4.4 Formazione

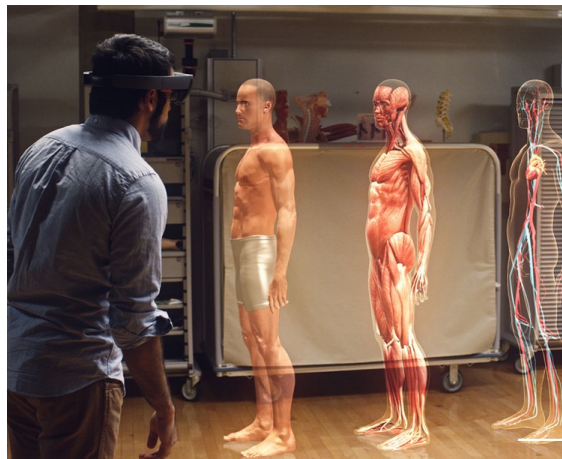


Figura 2.3: Utilizzo degli Hololens per lo studio del corpo umano

Libri di testo, flashcard e altro materiale didattico di lettura possono contenere incorporati marcatori che, una volta analizzati da un dispositivo AR come gli smartglass, producono informazioni supplementari allo studente in un formato multimediale. Gli studenti possono partecipare in modo interattivo attraverso simulazioni di eventi storici, esplorando e apprendendo dettagli del sito dell'evento. Per esempio si può permettere agli studenti

di fisiologia di visualizzare diversi sistemi del corpo umano in tre dimensioni senza dover imparare tutto da immagini stampate sui libri. Questa risorsa potrebbe anche prendere vantaggio nella scuola primaria. Difatti gli studenti imparano meglio attraverso le esperienze, soprattutto quando i bambini sono così giovani, hanno bisogno di imparare vedendo quello che stanno studiando. Ad esempio, si possono imparare nuove conoscenze di astronomia, che di solito sono difficili da acquisire.

### 2.4.5 Archeologia

L'AR può essere usata per aiutare la ricerca archeologica, aumentando le caratteristiche archeologiche sul paesaggio moderno, consentendo agli archeologi di formulare conclusioni circa il posizionamento e la configurazione del sito. Un'altra applicazione data dall'AR in questo campo è la possibilità per gli utenti di ricostruire le rovine, edifici, paesaggi o anche personaggi antichi precedentemente esistenti.

### 2.4.6 Arte

La tecnologia AR ha aiutato le persone disabili a creare arte utilizzando l'*eye tracking* traducendo i movimenti degli occhi di un utente in disegni su uno schermo.

### 2.4.7 Supporto attività

Compiti complessi come l'assemblaggio, la manutenzione, e la chirurgia possono essere semplificati con l'inserimento di ulteriori informazioni nel campo visivo. Ad esempio, le etichette possono essere visualizzate su parti di un sistema per chiarire le istruzioni operative per un meccanico che sta eseguendo la manutenzione del sistema. Linee di montaggio ottengono molti benefici da l'uso di AR. Boeing, BMW e Volkswagen sono noti per incorporare questa tecnologia nella loro catena di montaggio per migliorare i loro processi di produzione e di assemblaggio. Le grandi macchine sono difficili da mantenere a causa dei più livelli o strutture che hanno, con l'uso dell'AR i lavoratori possono completare il loro lavoro in modo molto più facile perché l'AR permette loro di guardare attraverso la macchina come se fosse con gli x-ray, indicando subito a loro il problema.

### 2.4.8 Ufficio

La realtà aumentata può contribuire a facilitare la collaborazione tra i membri del team distribuiti in una forza lavoro tramite conferenze con partecipanti reali e virtuali. Alcuni compiti possono includere brainstorming ed incontri che utilizzano la visualizzazione comune con tavoli touch screen, lavagne digitali interattive, spazi di progettazione comuni attraverso l'utilizzo dell'AR.

### 2.4.9 Militare



Figura 2.4: AR in campo militare

In combattimento, l'AR può servire come un sistema di comunicazione in rete, che rende le informazioni di battaglia utili sugli occhiali di protezione di un soldato in tempo reale. Dal punto di vista del soldato, le persone e vari oggetti possono essere contrassegnati con indicatori speciali per avvertire di potenziali pericoli. Mappe virtuali e vista a 360° della fotocamera possono anche essere utilizzate per facilitare la navigazione e la battaglia di un soldato, e questo può anche essere trasmesso ai leader militari in un centro di comando a distanza. A partire dal 2003 l'esercito americano ha integrato il sistema di realtà aumentata SmartCam3D nel Shadow Unmanned Aerial System per aiutare gli operatori con telecamere telescopiche per



individuare le persone o punti di interesse. Il sistema è combinato di informazioni geografiche fisse compresi i nomi delle strade, punti di interesse, aeroporti e ferrovie con il video in diretta dal sistema di telecamere. Il sistema offre la modalità *picture in picture* che permette al sistema di mostrare una visione sintetica della zona circostante. Il sistema visualizza in tempo reale i marcatori amico / nemico / posizione neutrale miscelati con il video live, fornendo all'operatore una migliore conoscenza della situazione.

#### 2.4.10 Commercio

L'AR può migliorare le anteprime di prodotti come ad esempio consentendo ad un cliente di visualizzare cosa c'è dentro l'imballaggio di un prodotto senza aprirlo. La realtà aumentata può anche essere usata come ausilio nella selezione dei prodotti da un catalogo. Infatti le immagini digitalizzate di prodotti possono attivare viste con contenuti aggiuntivi, quali opzioni di personalizzazione e altre immagini del prodotto nel suo utilizzo. Il materiale marketing stampato può essere progettato con alcune immagini *trigger* che, una volta sottoposto a scansione da un dispositivo, AR abilitato, utilizzando il riconoscimento delle immagini, attivano una versione video del materiale promozionale. Una delle principali differenze tra la realtà aumentata e il solo riconoscimento delle immagini è che è possibile sovrapporre più supporti contemporaneamente nella schermata di visualizzazione, come ad esempio i pulsanti di condivisione dei social media, anche oggetti audio e 3D in pagine video.

#### 2.4.11 Medico

La realtà aumentata può fornire al chirurgo informazioni come il battito cardiaco, la pressione sanguigna, lo stato dell'organo del paziente, ecc. L'AR può essere utilizzata per consentire ad un medico di guardare all'interno di un paziente combinando una fonte di immagini come una radiografia con un altro come il video. Inoltre, ai pazienti che indossano gli smartglass (come Google Glass) può essere ricordato di prendere i farmaci.



Figura 2.5: Vista AR durante un'operazione chirurgica

### 2.4.12 Gestione delle emergenze / ricerca e soccorso

Sistemi di realtà aumentata sono utilizzati in situazioni di pubblica sicurezza : da super tempeste agli indagati in generale. Ad esempio, un velivolo che è alla ricerca di un escursionista perso nel accidentato terreno di montagna. Sistemi di realtà aumentata forniscono agli operatori aerei una consapevolezza geografica dei nomi delle strade forestali e i luoghi si fondono con il video della telecamera. Come risultato, l'operatore è meglio in grado di ricercare l'escursionista conoscendo così il contesto geografico attraverso l'immagine della telecamera. Una volta trovato, l'operatore può chiamare i soccorritori in modo più efficiente conoscendo la posizione esatta dell'escursionista.

### 2.4.13 Turismo

Attraverso applicazioni di realtà aumentata è possibile migliorare l'esperienza di un utente quando viaggia, fornendo schermi informativi in tempo reale in merito a una posizione e le sue caratteristiche, compresi i commenti fatti da precedenti visitatori del sito. Applicazioni AR permettono ai turisti di sperimentare simulazioni di eventi storici, i luoghi e gli oggetti nella loro visualizzazione corrente di un paesaggio.

### 2.4.14 Navigazione stradale

Ad un'automobilista può essere utile visualizzare informazioni come le direzioni di destinazione, meteo, condizioni della strada, informazioni sul traffico e gli avvisi di potenziali pericoli nel suo percorso.

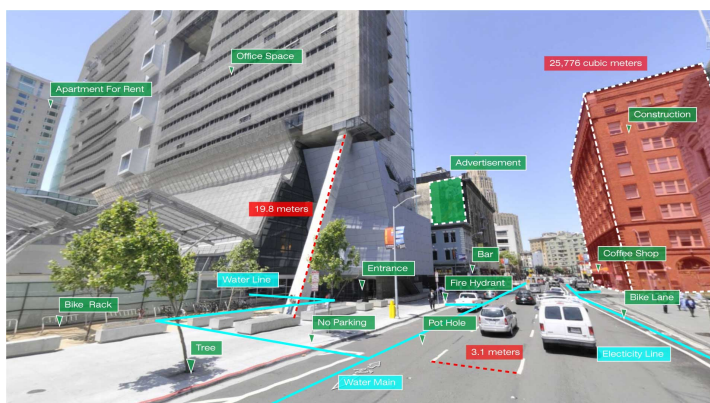


Figura 2.6: Smart Cities AR

### 2.4.15 Videogiochi

La realtà aumentata permette ai giocatori di sperimentare il gioco digitale in un ambiente reale. Negli ultimi 10 anni c'è stato un grosso miglioramento della tecnologia, con la conseguente precisione della rilevazione di movimento.



## Capitolo 3

# Smartglasses per Realtà Aumentata

### 3.1 Tecniche utilizzate dagli Smartglasses per l'AR

Un requisito importante è la visualizzazione dell'AR in questi dispositivi. La tecnica che caratterizza per l'appunto gli smartglasses che utilizzano AR è quella del *Head Mounted Display*. In questo caso i display utilizzano piccoli visori ottici che possono essere di tre tipi:

- *Optical see through* : Essi utilizzano un visore di fascio ottico, consistente in uno specchio traslucido che trasmette la luce in una direzione e contemporaneamente la riflette nell'altra riuscendo a permettere di guardare un'immagine virtuale sovrapposta alla vista reale.
- *Video see through* : Questi utilizzano due telecamere, una per ciascun occhio, che acquisiscono le immagini reali che vengono inviate e riproiettate sui display, anch'essi uno per ciascun occhio, arricchite di informazioni sintetiche. Questo tipo di tecnologia impone però una continua messa a fuoco su tutta la scena.
- *Retinal display* : Questa tecnologia è la nuova frontiera. Proiettano un fascio di luce direttamente sulla retina permettendo un'alta risoluzione e luminosità, illudendo all'osservatore di vedere l'immagine come se fosse a 50 cm da un display a 14".

I requisiti ottici come il *campo di vista* (FOV, *field of view*) del display possono legarsi alla destinazione e ai vincoli delle applicazioni. Per quanto riguarda gli smartglasses non è necessario un FOV particolarmente grande in quanto si deve continuare a poter vedere bene anche la vista reale a differenza delle tecnologie VR. È sufficiente un FOV che va dai 15° ai 20° con una risoluzione nHD (640x360 pixels circa un nono del fullHD) fino ad un massimo di 720p.

Ora verrà presentato come queste tecnologie vengono utilizzate in base alle necessità di alcuni smartglasses di creare determinate applicazioni.

## 3.2 Google Glass



Figura 3.1: Google Glass

I Google Glass sono gli occhiali del colosso delle ricerche online, che permettono a chi li indossa di avere informazioni aggiuntive sulla realtà che lo circonda grazie alla realtà aumentata.

Chi li indossa potrà effettuare ricerche su Google e visitare i siti Web desiderati, leggere le notizie online, controllare i social network, utilizzare gli Hangout per avviare videoconferenze con i propri amici e mostrare loro ciò che si sta guardando in quel momento, telefonare, visualizzare i messaggi

(SMS) e inviargli uno nuovo, tradurre un testo da una lingua di origine a una di destinazione, scattare fotografie, registrare video, condividere ogni contenuto sui canali sociali e utilizzare Google Maps per ottenere indicazioni stradali. Queste sono le features offerte direttamente da Google, ma gli sviluppatori di terze parti possono sviluppare numerose applicazioni volte ad estendere le possibilità dei Glass. Tra queste, ve n'è ad esempio una che permette di identificare un amico nella folla sfruttando il riconoscimento facciale, e un'altra che consente di dettare un'email: ben si comprende perché un oggetto simile, in grado di far scomparire l'hardware all'interno di un semplice paio di occhiali, si candidi a diventare la next big thing nel contesto di quella che sarà la nuova ondata di tecnologia indossabile.

### 3.2.1 Project Glass come estensione di se stessi e riduzione del tempo di accesso

"Il nostro obiettivo è quello di ridurre il tempo tra intenzione e azione" con queste parole Larry Page, cofondatore di Google, parlava del Project Glass quando ancora era segreto. Tuttavia, questa idea valeva anche per altri prodotti di Google. A titolo di esempio, andando su google.com e digitando "wears", per avviare una ricerca per "wearable computer", dopo solo le prime cinque lettere, Google suggerisce possibili completamenti (tra cui "wearable shoe trees"). Con il tempo le lettere "wearable com" si sono influenzate e Google ha abbinato "wearable computer" come il primo risultato di completamento e caricando i risultati nella pagina sotto la casella di ricerca. In questo modo le informazioni che gli utenti esigono saranno visualizzate sullo schermo ancora prima che la query sia finita. Queste tecniche di risparmiare secondi nell'interazione rendono l'esperienza di ricerca di Google più piacevole. Su un dispositivo mobile, tuttavia, l'interazione veloce può essere la differenza tra un'interfaccia di successo e un dispositivo che rimane nella tasca. Thad Starner, direttore del Contextual Computing Group ed anche tecnico e manager del Project Glass di Google ha indossato negli ultimi 20 anni il suo wearable computer come assistente intelligente nella sua vita quotidiana. Wearable computer e display head-up (HUD) esistono dal 1960 in qualche forma ma nessuno li ha utilizzati ogni giorno per tutto il tempo come ha fatto lui. Il dispositivo gli ha permesso un nuovo avvincente stile di vita in cui si sentiva più forte, indipendente e in pieno controllo del suo tempo. Starner ha fondato il *Wearable Computing Project*

al MIT Media Lab con gli studenti che hanno condiviso la visione dei computer indossabili, e si sono resi conto che le funzionalità della maggior parte dei dispositivi elettronici mobili di consumo (la riproduzione di musica, videogiochi, chiamate vocali, scattare foto, registrare video, navigazione web e scrittura di messaggi di testo) potrebbero eventualmente convergere su un dispositivo portatile. Quindici anni più tardi, gli smartphones potrebbero assumere questo ruolo, ma non hanno un'immediatezza. Infatti il processo di recupero di un dispositivo dalla tasca, lo sblocco, e navigare l'interfaccia richiede circa 20 secondi e questo ritardo tra "intenzione e azione" è correlato con la quantità di un sistema che viene utilizzato nella pratica. Un esempio che Starner espone è stato quando alla fine del suo primo incontro di facoltà presso la Georgia Tech nel 1999, il gruppo stava cercando di pianificare la prossima riunione. Starner è rimasto scioccato nel rendersi conto che era l'unica persona che è stata capace di accedere al suo calendario in tempo reale, anche se sapeva che altri professori avevano palmari e agende cartacee nelle loro tasche. Per Starner, l'HUD aveva rimosso la barriera di accesso al suo computer.

Un problema che Starner ebbe in quel periodo fu con le interfacce di ricerca Web. Durante un faccia a faccia con un collega o studente, egli riuscì a fare riferimento al suo calendario e note personali abbastanza in fretta per evitare di interrompere il flusso della conversazione. Tuttavia, se aveva bisogno di alcune informazioni nel corso di una sessione di brainstorming, alla ricerca di esso su AltaVista era necessario mettere in pausa e interrompere completamente la conversazione. Infatti egli doveva mettere a fuoco sullo schermo, scorrere la pagina attraverso 14 diversi colpi fino a quando ha trovato un probabile link, fare clic sul collegamento, e quindi eseguire la scansione attraverso la pagina di ricerca per quello che voleva. Il tempo tra intenzione e azione era così lungo che ha rinunciato di fare ricerche sul Web nel corso di una conversazione a meno che l'informazione non fosse assolutamente cruciale. Per sua fortuna, ha incontrato due ragazzi che stavano lavorando sul problema. Quando Larry Page e Sergey Brin si sono presentati a lui in una conferenza nel 1998, hanno chiesto una dimostrazione del suo wearable computer e quindi hanno descritto a lui le loro ricerche. Mostrandogli che gli studenti universitari a Stanford, avevano creato un nuovo algoritmo, il PageRank, che ha promesso di fornire una miglior ricerca sul Web. Secondo Starner se il loro algoritmo era in grado di fornire le informazioni di cui si ha bisogno, nei primi quattro risultati, poteva cambiare



l'utilizzo del suo wearable computer. Se abbastanza veloce, con la ricerca di Google sul proprio occhio eliminerebbe la barriera per accedere alle informazioni del mondo, rendendole disponibili anche durante una conversazione e una collaborazione o semplicemente quando si voglia soddisfare la propria curiosità. La ricerca di Google mostra stralci di contenuto correlati per ciascun risultato, il che spesso significa avere le informazioni di cui si hanno bisogno senza cliccare sul link. Starner prese un periodo di aspettativa dal Georgia Tech nel 2010 per unirsi con Babak Parviz, Steve Lee, e i "ragazzi di Google" nella creazione dell'occhiale, eseguendo molti studi concentrandosi su come e perché un utente potrebbe volere un computer indossabile con un HUD. Il vantaggio principale è stato il tempo di accesso ridotto. Quando il tempo tra intenzione e azione diventa abbastanza piccolo, l'interfaccia diventa un'estensione del sé.

### 3.2.2 Problemi: Privacy e netiquette

Sono numerosi i rischi per la privacy delle persone che potrebbero derivare da un uso scorretto dei Google Glass: si tratta di una questione di fondamentale importanza, tanto che ha anche sollevato delle serie preoccupazioni tra i membri del Congresso USA, i quali hanno chiesto al produttore delucidazioni in merito. A preoccupare sono in particolar modo le app che faranno utilizzo delle tecnologie di riconoscimento facciale, sulla registrazione dei video e sulla possibilità di scattare le fotografie. Secondo Google, per eseguire azioni come queste è però necessario interagire con la mano oppure mediante comandi vocali, così che le persone nei dintorni possano rendersi conto di quanto sta accadendo. Google si è però spinto anche oltre, mettendo nero su bianco una vera e propria netiquette per gli utilizzatori di Glass. Quel che Google non vuole, infatti, è vedere i propri occhiali nelle mani dei cosiddetti Glasshole, utenti che utilizzano in modo rude lo strumento senza la necessaria consapevolezza di ciò che tale uso comporta nei rapporti con le altre persone. Google chiede ai propri explorer di non essere schiavi della tecnologia e, anzi, di liberarsene proprio grazie a strumenti indossabili quali i Glass. Non solo: spegnerli quando inopportuno, chiedere prima di fotografare e agire con discrezione sono regole di buon comportamento che occorre interiorizzare prima di sfoggiare i propri occhiali in mezzo ad altre persone.

### **3.2.3 Rischi**

I Google Glass mostreranno in maniera innovativa le indicazioni stradali chieste da chi li indossa, mediante Google Maps, direttamente sull'occhio dell'utente, andando così potenzialmente a rappresentare un'autentica e comoda novità per chi guida una vettura. Visualizzare le mappe mentre si è al volante potrebbe però essere molto rischioso e causare facilmente incidenti stradali, tanto che ad esempio il Ministero dei Trasporti britannico ha già vietato l'uso del device ancor prima del debutto sul mercato. L'obiettivo è quello di impedire ai conducenti di usare i Glass su strada, poiché potrebbero distrarre troppo. Non è ancora noto se anche in Italia verrà adottata dal Governo una misura del genere, ma in ogni caso sarà estremamente necessario usare il buonsenso e per non metter a rischio la propria vita e quella altrui.

### **3.2.4 Esempio di applicazioni nel campo sanitario**

Questi dispositivi possono essere dunque molto utili in vari campi, uno di questo è il settore sanitario. Nel luglio 2013, Lucien Engelen ha iniziato la ricerca sull'usabilità e l'impatto dei Google Glass nel campo sanitario. A partire da Agosto 2013 Engelen è il primo operatore sanitario in Europa a partecipare al programma Glass Explorer. La sua ricerca su Google Glass a partire dal 9 agosto 2013 è stata condotta in sale operatorie, ambulanze, medicina generale, assistenza domiciliare. La sua ricerca consisteva nello scattare foto e registrare video in streaming da altri luoghi, dettando il registro operatorio e una tele-consultazione attraverso Hangout. Engelen ha documentato le sue scoperte inserendo foto video e blogs su Twitter e Google+ ed è ancora in corso.

I principali risultati della sua ricerca sono stati:

- La qualità delle immagini e video sono utilizzabili per l'educazione sanitaria e come consultazione da remoto. La fotocamera però ha bisogno di un'inclinazione angolare diversa per la maggior parte delle procedure operative.
- La teleconsultazione è possibile, in base alla larghezza di banda disponibile, durante le procedure operatorie.
- Uno stabilizzatore deve esser aggiunto alla funzione video in modo da prevenire la trasmissione discontinua quando un chirurgo guarda gli schermi o i suoi colleghi.
- La durata della batteria può essere facilmente estesa con l'uso di una bat-

teria esterna.

- È necessario il controllo del dispositivo da un altro dispositivo per alcune operazioni a causa di un ambiente sterile.
- Text-to-speech ha un tasso di rettifica del 60% senza l'aggiunta di un dizionario medico.
- Una lista di controllo visualizzata sullo schermo dei google glass può essere utile durante le procedure operative.

Altri due dottori come il Dr. Phil Haslam e il Dr. Sebastian Mafeld hanno utilizzato i Google Glass nel campo medico in particolare hanno dimostrato il primo utilizzo di questi occhiali nel campo della radiologia interventistica. Hanno dimostrato il modo in cui il concetto di Google Glass potrebbe aiutare una biopsia epatica e una fistola plastica, e la coppia ha dichiarato che Google Glass ha il potenziale per migliorare la sicurezza del paziente, il comfort dell'operatore, e l'efficienza delle procedure nel campo della radiologia interventistica.

Nel giugno 2013, il chirurgo Dr. Rafael Grossmann è stato il primo ad utilizzare i Google Glass in sala operatoria, quando ha indossato il dispositivo durante una PEG (gastrostomia endoscopica percutanea). Nel mese di agosto 2013 Google Glass è stato anche usato al Wexner Medical Center della Ohio State University. Il chirurgo Dr. Christopher Kaeding ha utilizzato i Google Glass per consultarsi con un collega in una parte lontana della Colombia, Ohio. Un gruppo di studenti presso la Ohio State University College ha potuto così anche osservare l'operazione sui loro computer portatili. Seguendo la procedura, Kaeding ha dichiarato: *"Per essere onesti, una volta arrivati in ambulatorio, ho dimenticato che il dispositivo era lì. Mi sembrava molto intuitivo e si adatta perfettamente."*

Il 16 novembre 2013, a Santiago del Cile, il team di maxillofacciale guidato da Dr. gn Antonio Marino ha condotto la prima chirurgia ortognatica assistito con Google Glass in America Latina, interagendo con loro e lavorando con contestuale navigazione tridimensionale.

Nel gennaio 2014, l'indiano chirurgo ortopedico Selene G. Parekh ha condotto un'operazione chirurgica al piede e alla caviglia utilizzando i Google Glass in Jaipur, che è stata trasmessa in diretta sul sito web di Google via

internet. L'intervento si è svolto nel corso di una conferenza annuale di tre giorni Indo-US curata da un team di esperti provenienti dagli Stati Uniti, e co-organizzata dal dottor Ashish Sharma. Sharma ha detto che Google Glass permette di guardare un X-Ray o MRI senza prendere l'occhio al largo del paziente, e consente a un medico di comunicare con la famiglia di un paziente o con gli amici nel corso di una procedura.

Nel gennaio 2014, in Australia (Melbourne), l'azienda Small World Social in collaborazione con l'Australian Breastfeeding Association hanno creato la prima applicazione handsfree di Google Glass per le neo mamme in fase di allattamento. L'applicazione, denominata *Google Glass Breastfeeding app trial*, consente alle mamme di allattare il loro bambino mentre visualizzano le istruzioni sui problemi di allattamento al seno comuni (attaccarsi, posturarsi etc.) o chiamare un consulente per l'allattamento con Google Hangout, il quale può visualizzare il problema attraverso la macchina fotografica di Google Glass della madre.

Il 6 marzo 2015 per la prima volta in Italia, la tecnologia dei Google Glass è stata utilizzata per un intervento di cardiocirurgia su un paziente di 70 anni. Realizzata presso l'ospedale Molinette di Torino dal professor Mauro Rinaldi, l'operazione ha comportato la sostituzione di una valvola aortica con una protesi di nuova generazione ed è tecnicamente riuscita. I medici non hanno utilizzato la classica tecnica di sutura, ma un approccio mini-invasivo che ha evitato di aprire lo sterno. È stato infatti grazie all'utilizzo dei Google Glass estremamente semplice consultare la coronarografia (la possibilità di consultare i dati clinici-strumentali del paziente) nello stesso momento in cui si sta eseguendo un intervento di rivascolarizzazione miocardica.

### **3.3 Epson Moverio BT-200**

Le possibilità della Realtà Aumentata sono pressoché infinite: dalla visualizzazione di indicazioni stradali o di suggerimenti utili davanti agli occhi dell'utente mentre visita una città che non conosce, alla traduzione dei cartelli scritti in lingua straniera, fino alle esperienze di gioco a 360° dove l'ambiente circostante diventa il campo d'azione.

### 3.3.1 Applicazioni Moverio BT-200

La rapida crescita delle innovazioni relative alla Realtà Aumentata è dovuta principalmente all'interesse dei consumatori che la considerano come uno strumento d'intrattenimento. Tuttavia è certo che questa tecnologia verrà utilizzata anche a livello aziendale. La tecnologia AR può garantire notevoli vantaggi alle aziende in molti settori diversi, grazie alla sua capacità di migliorare l'efficienza e aumentare la produttività. La sovrapposizione e la combinazione di dati, testi e immagini pertinenti con situazioni reali, viste attraverso i visori come Moverio significa, per le aziende, poter migliorare la conoscenza (e la capacità di utilizzo) di tendenze in materia di economia collaborativa, gruppi di lavoro da remoto e potenziamento personale, tutte sostenute dall'adozione a livello mainstream del cloud computing (che offre la piattaforma in tempo reale perfetta per ospitare le grandi librerie di contenuti visivi e di dati richiesti da questa tecnologia). Con lo sviluppo del concetto come Internet delle cose i dispositivi AR consentono un incremento di applicazioni aziendali sofisticate, grazie al sempre maggior numero di connessioni e ottimizzazioni tramite le tecnologie di rilevazione e grazie all'implementazione delle funzionalità che permettono ai dispositivi AR di offrire input, accesso e output per grandi quantità di dati in forma significativi, coniugando così il mondo analogico e quello digitale. La tecnologia AR può consentire all'azienda di differenziarsi notevolmente dalla concorrenza con il miglioramento dell'esperienza del cliente.

#### Campo sanitario

La tecnologia oggi ricopre un ruolo fondamentale nel settore sanitario globale, dalla diagnosi alla cura dei pazienti, fino alla sicurezza degli ospedali e alla gestione dei dati. Evena Medical, un'azienda leader nello sviluppo di sistemi per la visione di immagini di alta qualità e definizione per l'accesso venoso facile, sicuro e immediato, ha adottato i visori Moverio per le sue ricerche. L'ultima novità lanciata dall'azienda è *Eyes-On Glasses Syste*, un'applicazione rivoluzionaria che permette di vedere oltre la pelle dei pazienti, visualizzando il sistema vascolare attraverso i visori a realtà aumentata. Gli operatori sanitari possono così individuare rapidamente le vene più adatte di ciascun paziente e accedervi con facilità, anche nei bambini e neonati, per iniezioni precise che migliorano la cura, il comfort e il trattamento del paziente. Inoltre, grazie alla connettività wireless dei

Moverio è possibile salvare le immagini diagnostiche nella cartella clinica e recuperarle o consultarle lungo la degenza, contribuendo ad arricchire la documentazione relativa al paziente.

L'Universitäts Spital Zurich, ospedale della maggiore città svizzera, si avvale della piattaforma Moverio di Epson per migliorare la precisione delle scansioni delle TAC, utilizzare per determinare posizione e dimensione dei tumori. Poiché le TAC vengono utilizzate come dati di riferimento per la radioterapia, è estremamente importante avere un'idea il più accurata possibile della posizione ed estensione di un tumore, perché solo in questo modo è possibile eseguire trattamenti mirati e salvare la maggiore superficie di tessuto sano possibile. Una delle difficoltà di una TAC consiste nell'eliminazione del movimento del paziente durante l'esame. Per questo motivo, la collaborazione del paziente è fondamentale per controllare la respirazione; utilizzando Moverio per visualizzare l'immagine del movimento al paziente, quest'ultimo saprà meglio controllare la cadenza e la profondità della respirazione, contribuendo a una TAC più accurata.

Un'interessante applicazione di Realtà Aumentata in campo medico riguarda le situazioni di emergenza. Epson, in collaborazione con inSight Augmented Medicine, ha realizzato *Telepresence*, un'applicazione specifica per l'assistenza medica urgente in remoto. Indossando i visori a realtà aumentata i soccorritori potranno comunicare direttamente con i medici mostrando in tempo reale la situazione che avranno davanti ai loro occhi. Dall'altra parte, i medici riceveranno il video stream ripreso dall'operatore attraverso i Moverio direttamente sul loro tablet, aggiornandosi così in diretta sulle condizioni e le necessità specifiche del paziente. Attraverso l'app installata sul tablet, i medici potranno indicare agli operatori come e dove intervenire sul paziente, digitando e tracciando direttamente sullo schermo le indicazioni pratiche che i soccorritori visualizzeranno davanti ai loro occhi attraverso le lenti trasparenti dei Moverio. Un'applicazione rivoluzionaria di realtà aumentata che permetterà di intervenire con maggiore sicurezza nelle situazioni di emergenza, riducendo il rischio di complicazioni e fornendo ai soccorritori tutta l'assistenza necessaria nell'intervento immediato.

### Musei e Storia

Il progetto *Le Louvre Lens*, nel quale viene al momento collaudato il visore Moverio BT-200 ha l'obiettivo di offrire agli appassionati d'arte un'esperienza avanzata e interattiva. Tramite i visori infatti gli operatori turistici offriranno ai propri visitatori esperienze più coinvolgenti con informazioni più dettagliate. Dal 9 Maggio al 17 gennaio 2016 il Museo di Santa Giulia di Brescia ospiterà la mostra "*Roma e le genti del Po. Un incontro di culture. III-I secolo a.C.*" Con il suo parco archeologico di 1500 metri quadri verranno esposti al pubblico quasi 500 reperti, molti dei quali mai visti prima perché provenienti da scavi recenti. Sarà proprio grazie alla tecnologia Epson che si potrà fare un salto indietro nel tempo di 2300 anni e camminare per il foro romano di Brixia (oggi, Brescia) così come era in epoca romana. Gli smartglass Moverio, programmati con il software *Art Glass*, permetteranno ai visitatori di immergersi nella storia. Grazie alla realtà aumentata, sarà possibile vedere le ricostruzioni degli edifici georeferenziati in sovrapposizione al mondo reale. Grazie alle ricostruzioni 3D e agli scenari immersivi di realtà aumentata a 360° riporterà in vita il Capitolium che domina piazza del foro, le lunghe rampe di scale in marmo bianco, il colle Cidneo, con un altro importante tempio che svetta sua sommità e infine il teatro romano con i suoi 20.000 posti a sedere, le taberne, le domus, e in lontananza, le mura col la porta urbana verso Verona. Una vera e propria macchina del tempo indossabile.

### In Autofficina

Durante la fase di ispezione dell'automobile, i meccanici devono cercare di identificare facilmente il problema e per farlo spesso si trovano davanti alla difficoltà di dover operare spostando in continuazione lo sguardo dalle mani allo strumento utilizzato per la diagnosi. Quest'operazione risulta particolarmente ardua e pericolosa, soprattutto se si lavora in spazi angusti come il cofano motore. Per chiunque lavori in un'autofficina l'ideale sarebbe poter utilizzare uno strumento che permetta di lavorare avendo sott'occhio manuali o dati, ma senza distogliere gli occhi dal motore qui entrano in gioco i smart glass Moverio BT-200. Grazie alla collaborazione con Texa, è stato possibile sviluppare un'applicazione specifica per il lavoro in autofficina. Con i visori a realtà aumentata i meccanici possono lavorare sui componenti dell'autovettura senza dover distogliere lo sguardo, perché tutti i dati



Figura 3.2: Vista attraverso i Moverio BT-200 durante un lavoro in autofficina

necessari per le operazioni vengono proiettati e visualizzati negli occhiali stessi, che saranno anche in grado di rispondere ai comandi vocali. Altro aspetto da non sottovalutare è la sicurezza: l'uso degli occhiali e le informazioni fornite all'operatore attraverso la realtà aumentata diminuiranno infatti il rischio di operazioni pericolose, perché ogni punto critico, come le parti sotto tensioni pericolose, sarà evidenziato da segnali che appaiono in sovrapposizione al meccanico. I visori a realtà aumentata consentono anche di effettuare la prova di un sensore, il collegamento e la misura con una facilità e comodità mai provate prima: il tecnico potrà lavorare sull'auto-vettura e contemporaneamente vedere sovrapposta alla scena l'informazione fornita dal software di diagnostica Texa.

### **Altre Applicazioni**

Sovrapporre le informazioni alle immagini reali che vede chi indossa gli occhiali si dimostra particolarmente utile in aree come la diagnostica e la progettazione remote, in cui i tecnici possono sovrapporre schemi virtuali o lavorazioni interne di un componente all'oggetto reale, visualizzando al contempo istruzioni su come identificare, lavorare o risolvere problemi specifici.





Figura 3.3: Vista attraverso i Moverio BT-200 durante un lavoro in azienda

Ad esempio Mekorot, un'azienda israeliana leader nella distribuzione idrica, utilizza i prodotti Moverio per la diagnostica sul campo da remoto e la manutenzione delle proprie attrezzature. Grazie alla stretta collaborazione con Fieldbit, l'ISV che ha sviluppato l'applicazione per i progetti, i nostri visori aiutano Mekorot a migliorare la propria efficienza e produttività aziendale, perché i dipendenti non necessitano più di un'ampia formazione e possono operare sull'attrezzatura senza bisogno di consultare documenti cartacei o memorizzare tutta una serie di dettagli. Tramite il visore è possibile accedere a una grande raccolta di informazioni, disponibili da remoto e in qualsiasi momento. Altre applicazioni di questa tecnologia sono incentrate sulla massima riduzione dei tempi di inattività dei sistemi. Nell'ambito di uno sforzo più ampio di adottare tecnologie innovative per potenziare la propria flotta, EasyJet sta valutando l'uso di dispositivi dotati di tecnologia per la Realtà Aumentata con l'obiettivo di supportare piloti e ingegneri nella semplificazione dei processi tecnici e di erogazione dei servizi. Attualmente l'azienda sta provando sul campo i visori Moverio di Epson per permettere ai team tecnici di avere da remoto la stessa visione che hanno i piloti attraverso la tecnologia AR, con lo scopo ultimo di ridurre al minimo i ritardi per i passeggeri e migliorare quei record di sicurezza che pongono la compagnia all'avanguardia nel settore. Per tentare di risolvere i problemi manualmente, ingegneri e piloti devono attualmente inviare le immagini

via e-mail e chiamare il Centro di controllo operativo (OOC, Operations Control Centre) di EasyJet. Con Moverio, l'OCC di EasyJet può fornire informazioni in tempo reale ai tecnici e ai piloti, nonché assistenza tecnica attraverso l'auricolare vivavoce integrato.

### 3.4 CastAR

CastAR di Technical Illusions è una tecnologia di realtà aumentata che è nata all'interno di Valve Software (software house di videogiochi fondata nel 1996 da Gabe Newell e Mike Harrington con sede a Bellevue, Washington, una delle case videoludiche più apprezzate al mondo).

Piuttosto che avere un display montato davanti agli occhi come le soluzioni VR e AR, castAR proietta l'immagine nell'ambiente che lo circonda. L'immagine rimbalza su una superficie riflettente verso i gli occhi di chi l'indossa, dandogli un senso di profondità stereoscopico, ma senza estraniarlo totalmente dalla realtà. CastAR nasce per unire il mondo fisico al mondo virtuale attraverso un sistema olografico 3D come proiezioni in AR (ambientazione completamente in VR). CastAR fornisce una soluzione di monitoraggio dell'ambiente molto veloce e molto precisa; consente di modificare l'esperienza in un mondo 3D mentre si è liberi di muoversi dentro di esso. La prima preoccupazione nello sviluppo del sistema CastAR è stato quello di colmare il divario tra il mondo fisico e il mondo virtuale attraverso l'uso di due periferiche uniche : la bacchetta magica e il tracciamento griglia RFID (Radio Frequency IDentification). La bacchetta magica è nuovo tipo di controller che consente di posizionare le cose nello spazio che successivamente si controllano con un joystick , il tutto con una sola mano. L'RFID consente di identificare in modo univoco gli oggetti, monitorarli e aumentare la loro dimensione su tutta la superficie. Castar non richiede alcuna calibrazione o regolazione basta mettere gli occhiali e giocare.

Il sistema di realtà aumentata di CastAR è dunque costituito da due componenti principali: un paio di occhiali e una superficie. Le cornici dei vetri contengono due micro-proiettori, uno per ogni occhio. Ogni proiettore (120 Hert) riflette una vista prospettica di una immagine stereoscopica 3D sulla superficie. I propri occhi si concentrano su questa immagine proiettata a una distanza di visione molto naturale e confortevole. Una piccola telecamera tra i proiettori analizza i marcatori di identificazione a infrarossi posiziona-

ti sulla superficie. La fotocamera utilizza questi indicatori per monitorare con precisione la posizione della testa e l'orientamento nel mondo fisico, consentendo al software di regolare con precisione come la scena olografica dovrebbe apparirvi. Gli occhiali acquisiscono il segnale video attraverso una connessione HDMI. La fotocamera è collegata tramite una porta USB del PC. La superficie è fatta di materiale a lastra retroriflettente, simile al tipo utilizzato nei segnali stradali e indumenti di sicurezza ad alta visibilità. Il vantaggio principale di questo materiale è che rimbalza la bassa dispersione nel rimbalzo della luce. Dal momento che la visione è focalizzata ad una distanza naturale, non sussistono problemi di affaticamento degli occhi. La realtà aumentata proiettata permette così di vedere simultaneamente ambienti sia virtuali che reali. Un aspetto importante del corpo è che lavora nel mondo reale creando il proprio equilibrio attraverso la sincronizzazione dell'occhio e dell'orecchio. Quando si è in grado di vedere il mondo fisico, la vista e l'orecchio resteranno in sincronia con i movimenti non dando così i problemi che può causare la realtà virtuale.

### Sviluppo Software

Sul lato software, agli sviluppatori vengono offerte diverse opzioni.

- *Castar Software Development Kit*: Per la personalizzazione dei giochi o di qualsiasi altra applicazione, è possibile utilizzare l'SDK per ottenere l'accesso ai dati di tracciamento.
- *Integrazione Unity*: Basta creare un GameObject vuoto e aggiungere il proprio script di interfaccia.
- *Potenziabile* : É in discussione con gli sviluppatori la possibilità di aggiungere un supporto per le applicazioni VR già esistenti.

L'integrazione Unity e l'SDK saranno disponibili gratuitamente.

## 3.5 R-6 glasses NASA

La Nasa sembra sempre più convinta che gli smartglass rappresentino il futuro della tecnologia wearable per gli astronauti. L'agenzia spaziale americana ha infatti annunciato una partnership con la compagnia *Osterhout Design*



Figura 3.4: Smartglass CastAR

*Group*, per testare le potenzialità del loro ultimo modello di occhiali smart, ed eventualmente adottarlo come equipaggiamento per gli astronauti. L'utilità dei glass in una missione spaziale è infatti principalmente una: sostituire gli ingombranti manuali di istruzione oggi in dotazione sulle astronavi, enormi faldoni cartacei estremamente scomodi da consultare, specialmente quando servono di più, e cioè in situazioni di emergenza. In questi casi oggi gli astronauti ricorrono di frequente ad una rapida chiamata a Terra, per farsi guidare dai tecnici del comando missione. Nelle missioni previste per i prossimi decenni, che dovrebbero portare l'uomo sempre più lontano dal nostro pianeta, le comunicazioni si faranno però sempre più difficili. Una chiamata da Marte impiegherebbe per esempio 20 minuti per ricevere risposta dalla Terra, troppo per farci affidamento in caso di problemi. Per quanto sembri assurdo dunque, evitare il ricorso a manuali di istruzione, checklist e memorandum vari è da un decennio tra le priorità degli scienziati della Nasa, che negli anni hanno sperimentato di tutto, arrivando letteralmente a legare un laptop sulla testa degli astronauti per fargli avere le informazioni necessarie a portata di mano. La svolta è arrivata con l' miniaturizzazione delle tecnologie digitali spinta dall'avvento degli smartphone, e ora alla Nasa sono certi che gli occhiali digitali sono esattamente quello che stavano cercando. Il dispositivo sviluppato dalla Osterhout Design è equipaggiato con display e telecamera HD, Wi-Fi, Gps, cuffie e sensori di posizione, ed è in grado di proiettare le informazioni richieste su tutta la lente, particolare estremamente importante per l'utilizzo in ambiente spaziale. Nei prossimi mesi, i tecnici della Nasa dovrebbero adattare i software utilizzati dall'a-

genza per essere utilizzati con il nuovo hardware, e gli occhiali saranno quindi sperimentati nel Neemo. Se tutto andrà per il verso giusto, saranno quindi affidati ad un equipaggio, per effettuare il primo test in un ambiente spaziale vero e proprio.

### R-6 GLASSES

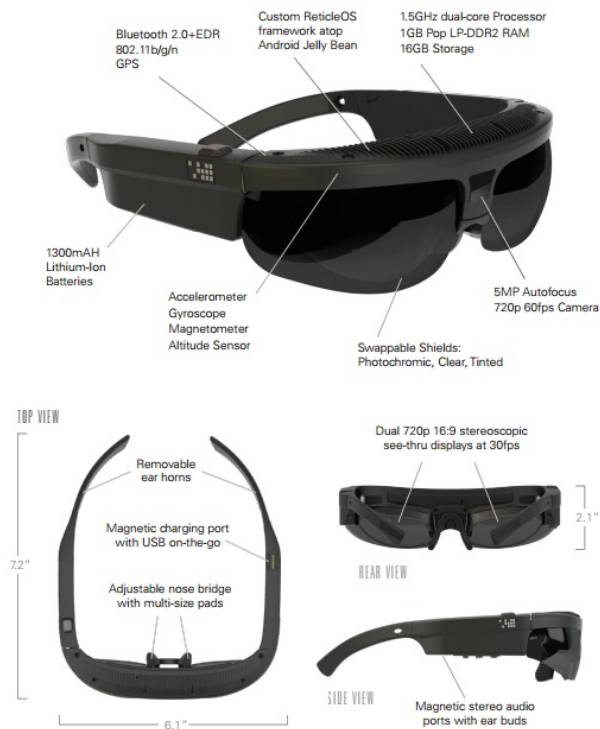


Figura 3.5: R-6 Glasses Nasa

### 3.6 Microsoft HoloLens

HoloLens è un dispositivo indossabile di realtà aumentata per il computing olografico. Un accessorio pensato per interagire con Windows 10 arricchendone e modificandone l'esperienza d'uso: permette, per esempio, di scrivere o disegnare su uno schermo virtuale che compare nel campo visivo di chi lo

indossa, oppure di creare e condividere modelli 3D creati con applicazioni specifiche.

**Esempi di applicazioni di HoloLens :**

**Progettare su PC, vederlo nella realtà.**



Figura 3.6: Esempio di utilizzo per Smartglass Microsoft HoloLens

L'utilizzo degli HoloLens può essere utile ai progettisti e architetti. Infatti il Software Maya, sviluppato da Autodesk per la modellazione 3D è in grado di comunicare con HoloLens per reindirizzare l'immagine del progetto su un piano, in scala ridotta. Ogni modifica apportata al disegno viene immediatamente riproposta sulla proiezione virtuale. Il modellino può essere ruotato, ingrandito o rimpicciolito a seconda delle necessità, tutto grazie a pochi ed intuitivi movimenti della freccia del mouse, proiettata anch'essa fuori dallo schermo. E' possibile addirittura arricchire di dettagli olografici una moto reale con i dettagli calcolati sulle forme del veicolo prima progettato sul PC. Infine, il progetto può essere condiviso con altri utenti dotati di HoloLens, affinché anch'essi possano osservare il risultato del lavoro svolto. Si può così immaginare un ecosistema di ingegneri ed architetti in grado di osservare da vicino il loro progetto digitale, discuterne con il cliente o i

collegli, potendo quasi toccare il tutto con mano. L'ambito professionale gioverebbe enormemente di una così importante novità.

### **La casa come un enorme desktop.**

Ogni superficie della nostra casa può divenire un desktop in tre dimensioni. Indossando il visore si possono disporre sulle pareti o sospendere a mezz'aria diverse finestre, come Skype o il browser web. Con semplici gesti e comandi vocali, è possibile avviare la riproduzione di un filmato o interagire con oggetti 3D aggiunti nell'ambiente.

### **Il medico di domani studierà gli ologrammi.**

Un'altra partnership di Microsoft per HoloLens è con la Western Reserve University, in Ohio. Da centinaia di anni che in medicina si studia come è fatto un cadavere e si mettono in pratica conoscenze apprese sui libri. È tutto in due dimensioni. Ma la realtà è in tre dimensioni. Questo è stato il principio che ha spinto la ricerca, con HoloLens, di un modo pratico e interattivo di studiare tutti gli apparati del corpo umano. Grazie al visore si potrà proiettare un corpo umano a grandezza naturale e selezionare quale strato andare ad analizzare. Il software che permette di fare ciò è votato principalmente all'educazione dei futuri medici. Grazie ad HoloLens, infatti, non solo si potrà osservare come funziona il sistema circolatorio, ma anche programmare simulazioni virtuali per addestrare le conoscenze apprese sui libri. Gli studenti impareranno dai propri errori, il tutto senza soggetti umani, nella tranquillità e sicurezza data dai pixel. Non c'è bisogno di ricordare come un tessuto umano reale restituisca sensazioni diverse al tocco e che questa applicazione di certo non vuole tenere lontani i futuri medici da corpi umani in carne ed ossa. La differenza tra ciò che vediamo nell'immagine precedente e un disegno su un libro di testo è abissale e i primi test interni condotti su alcuni studenti hanno riscontrato pareri positivi.





# Capitolo 4

## Tools di sviluppo

Per implementare questo tipo di applicazioni sono necessari alcuni task di basso livello, come ad esempio il tracciamento dell'utente e la visualizzazione di contenuti virtuali. Queste funzionalità possono essere supportate da software framework indipendenti, che consentono agli sviluppatori di focalizzarsi sulle funzionalità di alto livello dell'applicazione mettendo a loro disposizione un insieme di strumenti come API, SDK e librerie.

A partire dalla fine degli anni '90 sono stati proposti molteplici software framework in ambito accademico e, negli ultimi anni, anche in ambito industriale. Tra i framework che hanno sperimentato una notevole diffusione vi sono ARToolKit, Metaio, Wikitude, Vuforia, D' Fusion e tanti altri.

### 4.1 Metaio

L'azienda tedesca **Metaio** si può definire una dei leader internazionali nel settore della Realtà Aumentata. Fondata nel 2003 a Monaco da Thomas Alt e Peter Meier, la compagnia inizia ad occuparsi di Augmented Reality, rilasciando nel 2005 la sua prima applicazione *KPS click&design*. Questo programma si può definire di Realtà Aumentata, ma non in tempo reale, poichè sostanzialmente permette di collocare alcuni oggetti di arredamento virtuali in una stanza precedentemente fotografata. Da allora l'azienda ha fatto passi da gigante portandosi ai primi posti del settore oggi. Infatti ha annunciato lo sviluppo di un chipset specifico per questa tecnologia, che permetterà di renderne l'utilizzo ancora più facile ed efficiente.

Metaio dunque è uno dei framework principali e più completi nell'ambi-

to della realtà aumentata. È compatibile con sistemi operativi Android, iOS, Windows e Unity. Disponibile sia in versione gratuita che a pagamento. Esso mette a disposizione due programmi : *Metaio Sdk*, destinato a programmatori, e *Metaio Creator* per i non programmatori. È possibile utilizzare un apposito linguaggio di scripting denominato AREL, basato su tecnologie web come HTML5, XML e JavaScript.

#### 4.1.1 Funzionalità

Con Metaio si può interagire con la realtà esterna utilizzando alcuni tipi di marker o punti di riferimento. Riguardo a questi ultimi possono essere posizioni geografiche, codici visuali (QR Code, ID Marker e Picture Marker, LLA Marker per localizzazioni indoor integranti informazioni geografiche), mappe di punti 3D creati con la tecnologia SLAM utilizzando l'apposita applicazione Toolbox, elementi grafici dell'ambiente. La tecnologia SLAM (*Simultaneous Localization and Mapping*) consente di localizzare la posizione della camera mentre crea una rappresentazione 3D dell'ambiente circostante. La mappa 3D può essere creata con o senza l'utilizzo di marker controllando la posizione e la dimensione del contenuto virtuale.

*Toolbox* è uno strumento aggiuntivo messo a disposizione da Metaio per generare ed editare mappe 3D di tracciamento a partire dagli elementi di un determinato ambiente, scansionando con la camera del dispositivo (usata quindi come sensore) lo spazio interessato e collocandovi dei punti per definirlo. Nel caso si utilizzino immagini come marker è necessario che abbiano colori e luminosità differenti, contrasti netti e risoluzione alta. Metaio può essere utilizzato per visualizzare, dopo il riconoscimento del marker o del punto di riferimento, contenuti quali video, immagini, oggetti 3D, url web, che a determinati eventi quali rotazione, click, drop and drag innescano determinate azioni (web, video texture, animazioni). I contenuti creabili consistono in immagini jpg, png e bmp, filmati MPEG4 e modelli tridimensionali in formato OBJ, MD2 e FBX. Ai modelli 3D nella fase di rendering posso essere regolate luminosità ed ombre. Una volta creata, Metaio permette di pubblicare l'applicazione in modalità on-line ed off-line.

### 4.1.2 Caratteristiche

- Permette lo sviluppo, a partire da esperienze basilari a quelle più complesse, di integrazioni testuali.
- Miglioramento della tecnologia SLAM e del tracking 3D.
- 3D markerless tracking basato su CAD Data: una funzionalità che consente una localizzazione precisa della posa 3D dell'oggetto sulla base di un determinato modello dell'ambiente.
- Supporto dei principali formati 3d.
- Animazioni da codici.
- Condivisione dell'esperienza di AR nel canale pubblico Junaio.



Figura 4.1: Framework Metaio

## 4.2 Wikitude

Lanciato a Salzburg (Austria) nel 2008 dalla compagnia Wikitude GmbH, è un browser gratuito di realtà aumentata. Offre framework e SDK per molteplici piattaforme, in particolare anche per smartglass come i Google Glass, gli Epson Moverio BT-2000 e Vuzix m100. Disponibile sia per Android che per iOS. E' disponibile in versione base e professionale.

### 4.2.1 Funzionalità

Wikitude permette di creare esperienze di realtà aumentata utilizzando linguaggi di programmazione web (HTML, JavaScript e CSS) e sfruttando il tracking basato sulla posizione dell'utente (location based) attraverso la combinazione di GPS, Internet, Bussola e Fotocamera, e puntando la camera verso una particolare direzione, permette di ottenere le informazioni direttamente sul display. Le informazioni visualizzate vengono recepite dal database di *Wikipedia* ed in parte da quello di *Qype* e *Wikitude.me* (un servizio parallelo all'applicazione che permette agli utenti di aggiungere i propri punti di interesse). Wikitude consente di aggiungere un proprio punto di interesse (POI), individuando sulla mappa la zona d'interesse. Dopo aver posizionato il punto sulla mappa, aggiungendo poi un nome ed una breve descrizione, si può scegliere la categoria a cui si vuole associarlo ed un eventuale collegamento ipertestuale di riferimento. Dal 2012 supporta tecnologie di *Image Recognition* (IR) e successivi miglioramenti hanno permesso di integrare contenuti 3D nei vari progetti (ad esempio modelli tridimensionali importati da Maya, Autodesk e Blender). Ogni progetto può essere pubblicato per la piattaforma pubblica Wikitude App oppure su server proprietari.

### 4.2.2 Caratteristiche

- Ricchezza di informazioni (di carattere turistico, pubblicitario, aziendale, promozionale ecc.).
- Più di 100 milioni di POI e contenuti interattivi esplorabili.
- Creazione di un world di realtà aumentata da condividere con amici.

- Uso di linguaggi di programmazione semplici (HTML, JavaScript, CSS) e tecnologie web che lo rendono molto versatile e integrabile per nuove piattaforme.

## 4.3 Vuforia

È un software della piattaforma Qualcomm che permette la creazione di professionali applicazioni di realtà aumentata. Vuforia supporta iOS, Android e Unity 3D. Utilizza linguaggi di programmazione in C++, Java, Objective-C e linguaggi .Net.

### 4.3.1 Funzionalità

Vuforia usa la tecnologia della Computer Vision per riconoscere e tracciare images targets e semplici oggetti 3D in tempo reale visti attraverso una fotocamera. Le immagini targets sono conservate in un database cloud a cui si connette il servizio. L'oggetto virtuale poi traccia la posizione e orientamento dell'immagine in tempo reale così che la prospettiva di vista sull'oggetto corrisponde con la prospettiva sull'immagine target. Vuforia supporta una varietà di targets 2D e 3D includendo markerless image targets, configurazioni 3D multi-target e una forma indirizzabile di marker fiduciario.

### 4.3.2 Caratteristiche

- *Extended tracking*: il motore di tracciamento che riconosce immagini reali e tridimensionali e quindi non limitato ai soli markers.
- *Cloud storage*: possibilità di salvare le immagini in un database Cloud risparmiando spazio nella memoria locale.
- *Cylinder Targets*: loghi, foto ecc. applicati su una superficie cilindrica e oggetti conici.
- *Text*: elementi testuali.
- *Frame markers*: particolare tipo di immagini 2D che possono essere usate come giochi.

## 4.4 D'Fusion

È la piattaforma commerciale di realtà aumentata sviluppata dalla Total Immersion. Disponibile per un gran numero di dispositivi, supporta sistemi operativi Android, iOS, Adobe Flash, Unity 3D ed anche Windows. E' particolarmente usata nel marketing interattivo, per fini attrattivi in un parco a tema e per applicazioni industriali.

### 4.4.1 Funzionalità

D'Fusion, a differenza degli open source, non si basa su markers e codici a barre e consente di eseguire un ottimo tracking di immagini 2D e 3D, riuscendo a gestire e animare anche oggetti 3D molto complessi, creando zone interattive da cui far partire azioni predeterminate. Il pacchetto prevede quattro prodotti:

- *D'Fusion Mobile* : destinata al supporto di Android e iOS nel settore mobile (smartphone, tablet). Il tracking si basa sui sensori presenti nel dispositivo (GPS, bussola e accelerometro).
- *D'Fusion @Home* : destinato alla produzione e distribuzione via web o su supporti ottici. Inoltre fornisce la possibilità di integrazione con Facebook. Riguarda Desktop PC ed è compatibile con Windows e Mac.
- *D'Fusion Pro* : usato per la realizzazione di applicazioni professionali, aggiunge il supporto a video HD, videocamere multiple, videocamere infrarossi e sensori specifici. Compatibile con Windows (Xp, Vista, 7, 8 e 10), Linux, Debian e Ubuntu OS. Particolarmente indicato per presentazioni, eventi comunicativi e padiglioni interattivi.
- *D'Fusion Studio* : la versione gratuita dell'SDK e consente la creazione di modelli 3D esportati da Autodesk, Maya o 3D Studio Max e la loro integrazione nell'ambiente tramite l'utilizzo di tracker. Usa un linguaggio standard (LUA).

## 4.5 Arrakis

**Arrakis** è la nuova versione del primo SDK dell'azienda Italiana *JoinPad* per sviluppare software per la creazione di applicazioni sugli Smartglasses **Moverio di Epson**. JoinPad ha scelto di collaborare con ISMB (Istituto Superiore Mario Boella, centro di ricerca applicata e di innovazione di Torino focalizzato sulle Tecnologie dell'Informazione e della Comunicazione (ICT)) per il test della soluzione e dei prossimi progetti di Realtà Aumentata.

### 4.5.1 Funzionalità

Il nuovo SDK sarà dotato di molte funzionalità utili per realizzare applicazioni capaci di sfruttare al meglio le caratteristiche intrinseche dei Moverio, in particolare la visione stereoscopica di oggetti 2D e 3D con view native di Android (pulsanti, tabelle, oggetti), che permetterà a chi li indossa di avere una visione completa dell'ambiente circostante, sfruttando l'unicità binoculare degli occhiali Epson per creare nuove forme di interazione collocando oggetti in prospettiva nei vari piani dello spazio.

Un'altra funzionalità di Arrakis è la geolocalizzazione, che permette di riconoscere in base alla posizione dell'utente le coordinate geografiche associate a degli oggetti, così da far ottenere varie informazioni semplicemente guardandoli.

Un'ulteriore funzionalità è il posizionamento solidale di elementi di AR all'interno delle interfacce utenti, che permette di agganciare elementi che da quel momento rimarranno sempre evidenti nel campo visivo. Sarà quindi possibile per chi indossa gli occhiali selezionare questi elementi con controlli dedicati e filtri per distanza e categoria.

Infine l'interazione hands-free permetterà di selezionare gli elementi desiderati guardandoli e offrendo agli sviluppatori la possibilità di gestire in modo basilare le interazioni.

### 4.5.2 Caratteristiche

- *Location-Based*: geolocalizzazione in AR.
- *Stereoscopy with native Android views and 3D models*: visione stereoscopica di oggetti 2D e 3D con view di Android.

- Possibilità di aggiungere entità in runtime.
- Wrapper per mappare bottoni fisici.
- *Hands-free interaction*: interazione a mani libere per selezionare gli oggetti.

## 4.6 ARToolkit

ARToolkit è un insieme di librerie C gratuite per realizzare applicazioni di realtà aumentata. Essa verrà esposto più nel dettaglio nel capitolo successivo.

### 4.6.1 Funzionalità

Consente di sviluppare applicazioni di realtà aumentata utilizzando esclusivamente markers e immagini 2D ai quali vengono sovrapposti elementi virtuali che seguono l'orientamento della videocamera.

### 4.6.2 Caratteristiche

- Libreria grafica basata su GLUT.
- Interfaccia iniziale GUI.
- Utilizzo di OpenGL per la parte di rendering.
- Supporto al linguaggio di programmazione VRML (per modelli tridimensionali e animazioni).



# Capitolo 5

## Librerie ARToolKit

### 5.1 Introduzione

**ARToolKit** sono librerie *Open Source* per la creazione di applicazioni di realtà aumentata che sovrappongono le immagini virtuali sul mondo reale in real time. La diffusione di queste librerie è stata agevolata dalla codifica di versioni per sistemi operativi quali Linux, MacOS, Windows e Irix complete di codice sorgente.

### 5.2 Breve Storia

Le ARToolKit sono state originariamente sviluppate da Dr. Hirokazu Kato dell'università di Osaka in Giappone nel 1999 e sono state poi supportate e rilasciate grazie al contributo del HIT Lab dell'Università di Washington e dal HIT Lab NZ dell'Università di Canterbury in Nuova Zelanda. Nel 2001 la *ARToolworks* diventa una società commerciale AR e rilascia la prima versione di ARToolKit v1.0 sul proprio sito HITLab come progetto open source. Istituti accademici iniziano così ad utilizzare le librerie di ARToolKit come base per la ricerca e l'insegnamento di AR.

Nel 2004 viene rilasciata una seconda versione : ARToolKit v2.0 su Sourceforge. Lo spostamento di ARToolKit dal sito HITLab a Sourceforge innalza il profilo della AR passando dalle sole comunità accademiche inserendosi così anche nel settore pubblico e delle imprese, consentendo ad altre società di sviluppare applicazioni AR.

Nel 2005 viene sviluppato il primo gioco AR per una piattaforma mobile: *AR ping-pong* sviluppata da Anders Henrysson per Nokia.

Nel 2008 Viene portata una nuova ventata di innovazione portando ARToolKit anche su Java e C#.

Nel 2011 viene rilasciata la variante Android di ARToolKit mentre nel 2013 viene rilasciata anche la variante di HTML5.

Nel 2014 si è arrivato a un download di ARToolKit da Sourceforge che supera i 650.000.

### 5.3 Caratteristiche

Una delle parti più difficili di sviluppare un'applicazione di realtà aumentata sta nel calcolare il punto di vista dell'utente in tempo reale in modo che le immagini virtuali siano esattamente allineate con gli oggetti reali.

Per realizzare queste applicazioni AR in real time, ARToolKit utilizza algoritmi di calcolo propri della *Computer Vision*, calcolando in real-time la posizione reciproca tra marker e camera elaborando i fotogrammi di un flusso video. ARToolKit attualmente supporta il riconoscimento del classico square marker, 2D barcode e multimarker. Inoltre, ARToolKit supporta qualsiasi combinazione insieme dei metodi sopracitati. Così ARToolKit risolve due dei principali problemi in realtà aumentata: il monitoraggio dal punto di vista dell'osservatore e l'interazione del oggetto virtuale. ARToolKit utilizza *OpenGL* (è una specifica che definisce una API per più linguaggi e per più piattaforme per scrivere applicazioni che producono computer grafica 2D e 3D) per la parte di rendering, *GLUT* (è una libreria che semplifica l'accesso alle funzionalità di OpenGL) per l'aspetto di gestione degli eventi e delle finestre, librerie video dipendenti dall'hardware e API standard su ciascuna piattaforma.

Il tracking 3D ottico in generale, ed in particolare quello operato da ARToolKit, può essere suddiviso in due fasi principali:

1. Elaborazione dell'immagine per estrarre informazioni;
2. Camera Pose Estimation.

Il *Camera Pose Estimation* è il problema di determinare la posizione e l'orientamento di una videocamera calibrata in un sistema di riferimento tridimensionale noto ed è essenziale per il cosiddetto problema della registrazione nella Augmented Reality. La libreria ARToolkit inoltre gestisce

il linguaggio *VRML* e lo utilizza per la visualizzazione di animazioni. Entrando nello specifico di questa libreria, tra i vantaggi si notano anche la semplicità d'uso, la gratuità del software e l'utilizzo di hardware poco costoso (è necessaria una semplice webcam) mentre tra gli svantaggi si ha il calo delle performance al crescere del numero dei marker presenti nella scena.

## 5.4 Processi

### 5.4.1 Calibrazione della Camera

Il processo di calibrazione stima i parametri intrinseci della camera, i parametri di distorsione e i parametri di proiezione. Le Artoolkit contengono due applicativi per il processo di calibrazione: uno prevede una procedura con una sola operazione mentre l'altro una procedura di calcolo in due fasi. Il primo, denominato *one step*, è consigliato per applicazioni in cui la necessità principale è quella di sovrapporre oggetti virtuali ai marker. Il secondo, denominato *two step*, è più complicato ma fornisce una stima più precisa dei parametri associati alla camera ed è consigliato per applicazioni di misura.

### 5.4.2 Registrazione

È il problema di determinare la posizione e l'orientamento di una videocamera calibrata in un sistema di riferimento tridimensionale noto ed è essenziale per il cosiddetto problema della registrazione nella Augmented Reality.

Gli oggetti virtuali e quelli del mondo reale devono essere correttamente allineati tra loro e questo richiede la conoscenza della posizione della camera. Una stima accurata dei dati 3D della posizione influisce pesantemente sull'accuratezza e le prestazioni di visualizzazione degli oggetti virtuali nello spazio AR.

Il calcolo della posizione della camera è basato sull'estrazione di primitive geometriche che consentono di far coincidere i punti 2D estratti dall'immagine con i punti 3D noti dell'oggetto.

L'aggiunta di marker nella scena aiuta fortemente: i marker costituiscono caratteristiche della scena facili da estrarre e forniscono misure affidabili e semplici da utilizzare per la fase di registrazione. Per fare ciò, esistono due tipi di marker: il primo è quello dei cosiddetti *point fiducial* perché ogni

marker di questo tipo fornisce un punto di corrispondenza tra l'immagine e la scena. Per ottenere più informazioni da ogni marker è possibile utilizzare quelli del secondo tipo, i cosiddetti *planar fiducial*: uno solo di questi marker fornisce tutti i sei vincoli spaziali necessari a definire un sistema di coordinate. I marker utilizzati da ARToolKit sono formati da un quadrato con un bordo nero, contenente un'immagine ben definita. Oltre ad alcuni marker standard è possibile registrare, tramite un'apposita procedura, nuovi marker che verranno poi riconosciuti dalla libreria.

Le Artoolkit consentono di sovrapporre all'immagine reale dell'osservatore dei contenuti grafici virtuali visualizzati mediante le interfacce di programmazione delle OpenGL. Ad ogni ciclo di render i parametri intrinseci della camera utilizzata (calcolati attraverso il processo di calibrazione) e le trasformazioni geometriche riguardanti la posizione relativa camera-marker (calcolati attraverso il processo di calibrazione) vengono caricati nella Rendering Transformation Pipeline delle OpenGL.

### 5.4.3 Tracking

Il processo di tracking delle applicazioni di AR consente di rapportare il mondo virtuale a quello reale. Le Artoolkit, grazie alla presenza di un marker nel campo visivo della camera, calcolano la posizione dell'utente rispetto alla scena in questo attraverso la sequenza di operazioni riportata di seguito:

- Caricamento del video-frame contenente il marker.
- Conversione dell'immagine in binario rispetto ad un valore di soglia predefinito per identificare la forma quadrata del marker.
- Calcolo della posizione relativa e dell'orientamento dei marker individuati.
- Confronto delle immagini contenute nei marker con quelle dei marker da individuare caricati all'avvio dell'applicazione.
- Registrazione della scena virtuale con le trasformazioni geometriche dei marker rilevati.

- Sovrapposizione degli oggetti presenti nella scena virtuale al flusso di immagini provenienti dalla camera.
- Proiezione della scena aumentata nel display.

## 5.5 Struttura Applicazioni

Un programma sviluppato con le librerie grafiche Artoolkit è composto da una fase di inizializzazione, da un ciclo principale di elaborazione e dalla fase di chiusura dell'applicazione. Le fasi di inizializzazione e chiusura sono dedicate al caricamento e alla distruzione delle variabili utilizzate per i parametri estrinseci della camera e per i dati dei marker. Il ciclo principale invece elabora con frequenza variabile il flusso video aumentato ed è composto dalle seguenti fasi:

- Fase di caricamento di un fotogramma proveniente dal flusso video.
- Fase di elaborazione dell'immagine per rilevare la presenza di marker.
- Fase di calcolo delle matrici di trasformazione tra riferimento del marker e riferimento della camera.
- Fase di disegno degli oggetti virtuali associati ai marker rilevati.

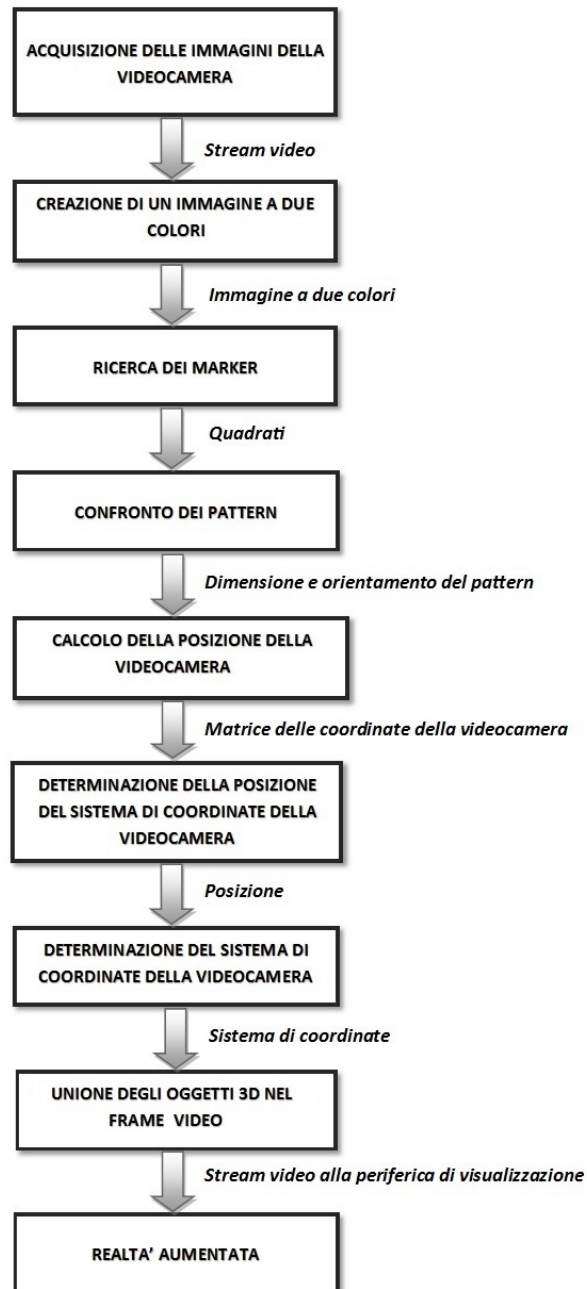


Figura 5.1: Passi di un un'applicazione AR che utilizza librerie ARToolKit

# Capitolo 6

## The Mirror World

Negli ultimi anni grazie al progresso nel potenziamento dell'hardware sono state sviluppate tecnologie che consentono ai dispositivi mobili ed embedded di sfruttare al meglio Internet e Web ed interagire con il mondo reale circostante. Questi sviluppi stanno creando scenari futuristici che coinvolgono ambienti intelligenti (*AmL*) con una realtà quotidiana attraverso l'integrazione dei contributi di ricerca di *ubiquitous computing*, *sensor networking* e *intelligenza artificiale*. Così AmL e altri scenari di ambiente intelligente saranno ulteriormente arricchiti dalla realtà aumentata (AR) e tecnologie mixedreality. Si sarà in grado di creare un livello digitale che aumenterà il mondo fisico con informazioni e servizi che possono essere percepiti dai dispositivi indossabili come gli smartglasses. In questo modo si potrà considerare che l'intelligenza del sistema AR non sia concentrata solo sul wearable device, ma distribuita in un ambiente. Proprio grazie al concetto di *Internet of things* che si potrà integrare questa tecnologia.

### 6.1 Internet of things incontra AR

Internet of things è un concetto sviluppato intorno ai primi anni del 2000 nei centri di ricerca americani che riguarda la possibilità di permettere a un oggetto di comunicare con l'ambiente circostante o con altri oggetti. Inizialmente si sperimentarono semplici approcci tramite cui i prodotti di uso quotidiano muniti di RFID o QR Code, interagendo ad esempio con uno smartphone, permettevano all'utente di accedere a tutte le informazioni

relative alla storia di quel particolare prodotto, come ad esempio anno di produzione, tracciabilità della provenienza e molto altro.

## 6.2 Il concetto di Spime

Bruce Sterling nel suo libro "*La forma del futuro*" definisce questa nuova generazione di oggetti con il termine *spime* ovvero un'entità in grado di autodefinirsi nello spazio e nel tempo (space and time da cui il termine spime). Secondo Sterling uno spime, per essere definito tale, deve possedere quattro caratteristiche: deve essere in grado di definire la propria posizione geografica, identificarsi in modo univoco, utilizzare sensori per percepire l'ambiente e ovviamente deve essere connesso. Sull'onda di questi nuovi oggetti intelligenti e con la miniaturizzazione della tecnologia degli ultimi cinque anni, si è passati dalle sperimentazioni con oggetti passivi alla creazione di prodotti sempre connessi, che profilano i propri utenti e analizzano l'ambiente attraverso i propri sensori.

## 6.3 Il settore industriale e i sistemi complessi

Nel settore industriale le reti di sensori connessi si sono evolute molto rapidamente, raccogliendo dati per analizzare, monitorare e migliorare i processi interni delle aziende. Si assiste ad una proliferazione di queste strutture in molti processi aziendali: la linea di produzione, la distribuzione, anche energetica, fino a toccare la logistica con sistemi di gestione della spedizione delle merci all'avanguardia.

Le informazioni raccolte da questi sensori rappresentano una mole importante di dati che non può essere analizzata con metodi tradizionali, ma necessita di sistemi complessi che, tramite algoritmi di machine learning, vengono addestrati a interpretare il dato, elaborandolo con protocolli di comunicazione accessibili all'uomo, quali dashboard, grafici e interfacce intuitive. Utilizzando questi strumenti, l'utente riesce a prendere decisioni in tempo reale, attività che tradizionalmente presenterebbe un lungo processo analitico e decisionale. Con l'avvento degli smartglasses, è oggi possibile creare applicazioni che, geolocalizzando la posizione dell'utente con il gps,



si connettono direttamente ai sistemi complessi che presidiano una determinata area di sensori e notificano in tempo reale sul campo visivo dell'utente tutte le informazioni necessarie al completamento di una particolare attività (ad esempio in un processo di manutenzione, comunicano l'ubicazione dell'apparato su cui operare, i dati relativi al suo stato e le informazioni rilasciate da altre squadre di manutenzione operative in quell'area). Gli stessi smartglasses possono diventare dei sensori sul campo e a loro volta forniranno dati al sistema complesso. Questi dispositivi saranno in grado di estendere le capacità cognitive della percezione e il ragionamento, influenzando le loro azioni sia nel mondo reale che aumentato. Inoltre gli scenari non saranno più limitati alle camere o alle case ma si creerà una nuova scala dell'immaginato.

Lo sviluppo delle tecnologie di rete, cloud ed internet, consente di ampliare su larga scala spazi intelligenti da piccoli ambienti a intere città. Questo implica di passare da applicazioni mobili a *applicazioni urbane* cioè applicazioni che sono eseguite nel livello di infrastruttura della città (software e hardware), creando una ecologia aperta di spazi e servizi intelligenti interconnessi. Tutto questo porta ad un nuovo tipo di spazio in cui i livelli digitali fisici e sociali sono strettamente connessi. Questi spazi estendono la classica funzionalità di assistenza dell'Aml verso una possibilità più proattiva, dove l'ambiente intelligente monitora non solo le persone in quanto svolgono compiti o le supporta eseguendo le loro richieste, ma anche le influenza e cambia i loro piani e le loro intenzioni. Una sfida principale di ricerca sarà quella di definire una base concettuale per questi spazi, abbastanza efficace per un modello aperto, definendo ambienti intelligenti su larga scala e la loro interazione con gli esseri umani. La visione di *mondi specchio* presenta una possibilità per la modellazione di questi spazi. Il nome *mirror world* è un omaggio al libro di David Gelernter, che ha ispirato alcuni dei principali concetti dietro l'idea di integrare visioni di ricerca, sviluppati nell'ambito di agenti e sistemi multiagente, pervasive computing e realtà aumentata. Qui, si esplora questo concetto di un mondo specchio, esaminando in particolare in che modo influenzerà le capacità cognitive e rilevando alcune delle sfide di ricerca che dovranno essere affrontate.

## 6.4 Gli spazi intelligenti come Mirror World

Nella visione del *mondo specchio*, gli spazi intelligenti sono modellati in termini di città digitali formate dal mondo fisico con cui sono combinate, abitate da società e organizzazioni di agenti software che giocano il ruolo degli abitanti di quelle città aperte. Il "rispecchiamento" si verifica quando cose fisiche, che possono essere percepite e agiscono sull'uomo nel mondo reale, hanno una controparte digitale (o estensione) nel mondo specchio, in modo che possano essere osservate e attuate dagli agenti software. Viceversa, un'entità nel mondo specchio che può essere percepita e azionata da agenti software può avere un aspetto fisico (o estensione) nel mondo fisico, ad esempio, attraverso AR, così che possa essere osservata e realizzata dagli umani. Questo implica una forma di accoppiamento, in modo che un'azione su un oggetto nel mondo fisico provoca una sorta di variazione nelle entità nel mondo dello specchio, percepibili da agenti software. Analogamente, un'azione di agenti su un'entità nel mondo specchio può avere un effetto sulle cose nel mondo fisico percepibile da persone. Come cittadini del mondo dello specchio, gli agenti sono responsabili in modo autonomo dell'esecuzione di attività, osservando o utilizzando le cose del mondo specchio nel loro ambiente. Quindi, in questo scenario, non solo si vive in un mondo reale, ma anche con una seconda vita parallela nel virtuale o simulato. Dato lo stretto accoppiamento tra il mondo fisico e il suo specchio, la visione di un mondo specchio avrà un profondo impatto sui sistemi cognitivi umani e su come le società umane funzionino. Considerato che già il cervello riesce ad aumentare a modo suo la realtà, usando la propria immaginazione si possono verificare possibili azioni e loro effetti per risolvere problemi con minori costi e rischi rispetto al caso in cui si eseguono effettivamente tali azioni. L'uomo riesce a vedere molto di più di quello che viene inciso sulla propria retina: egli vede sfere anche se ha appena ricevuto gli stimoli di una semisfera o percepisce che sta arrivando un'ambulanza anche se ha solo vagamente sentito una sirena. Anche se la naturale cognizione è quindi già una forma di realtà aumentata, un mondo specchio può moltiplicare questo aumento perché, mentre l'uomo agisce, avrà una memoria infinita, riceverà dati, avrà una potenza di elaborazione e capacità di simulazione superiore. Inoltre si agirà in questa realtà aumentata con l'aiuto di intelligenze artificiali più o meno nascoste. Ciò che emerge è una nuova mentalità, - come esposto da Andy Clark nel *Supersizing the Mind: Embodiment, Ac-*

*tion and Cognitive Extension* (Oxford University Press, 2010): una mente nella quale le funzioni cognitive sono distribuite ben oltre i limiti del cranio e del cervello. Questo cervello misto tra artificiale e naturale sarà sia individuale che sociale: una intelligenza cooperativa che sarà raggiunta in molti casi. Tale mente ibrida sarà necessaria per affrontare il nuovo mondo (specchio) aumentato e misto, in cui sono necessari altri occhi, sensi, azioni, dati e ragionamenti. Ma quando si potrà sentire queste funzioni come "le proprie" attività mentali estese e quando si percepiranno queste come una attività di "squadra" cooperativa? Inoltre, quando si potrà percepire come una presenza animistica nel mondo? Tutte queste psicologie saranno possibili nel mondo specchio. Come caso in questione, si consideri la sensazione di una azione individuale che è l'autrice e promotrice delle proprie azioni. Una sensazione di un ente è infatti cruciale per sostenere il proprio senso di controllo ed avere la responsabilità morale per il proprio agire. Recenti ricerche nel campo delle scienze cognitive hanno rivelato che tale sentimento di azione dipende dalla congruenza percepita tra i risultati previsti e reali. Lo sviluppo concreto di un mondo specchio richiede l'integrazione di una serie di tecnologie abilitanti esistenti (l'Internet degli oggetti e realtà mista in particolare) in una pila a tre strati, che ricorda da vicino le pile di ubiquitous computing esistente. Inoltre, si avrà bisogno di imparare in modo concreto e sistematico ad utilizzare per il mondo specchio esplorazioni di aspetti interdisciplinari in materia di grandi dimensioni. Infine dopo due decenni di ricerca, ubicomp sta scomparendo come campo di ricerca di nicchia per diventare un dominio intellettuale di tutti i computing. Questo impone di definire la prossima generazione di computer che dovrebbe essere abbastanza efficace per concepire, progettare e sviluppare le future applicazioni di calcolo pervasivo e intelligente in-the-large, come si fa con le applicazioni tradizionali di oggi. In tale prospettiva, un punto di ricerca principale è capire come le parole dello specchio possano influenzare il modo di pensare al calcolo, alla programmazione e alla progettazione dei sistemi.

### 6.4.1 Un gioco esempio

Come esempio chiarificatore, si prenda in considerazione un'estensione della realtà aumentata con il gioco dei Fantasmi nella città modellata come un mondo specchio.

Il mondo specchio comprende una collezione di tesori e fantasmi distribuiti

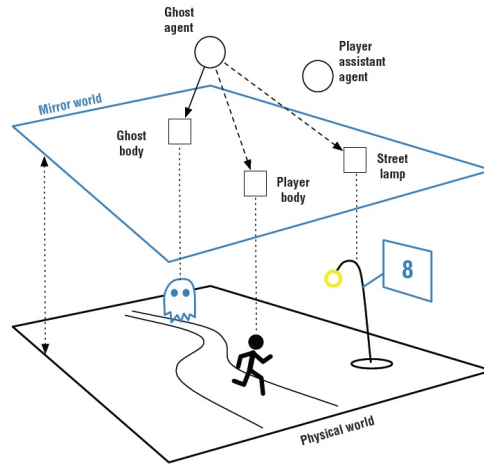


Figura 6.1: Schema del gioco "Ghosts in the City"

in qualche parte della città del mondo reale (tracciata nel mondo specchio). Ci sono due squadre di giocatori umani. Il loro obiettivo è quello di raccogliere il maggior numero possibile di tesori, camminando in giro per la città reale, senza essere catturati dai fantasmi.

I giocatori indossano gli smartglasses e usano il loro smartphone come una bacchetta magica. I fantasmi sono agenti che autonomamente si muovono nel mondo specchio e nella città (tramite dispositivi o sensori). I giocatori percepiscono i fantasmi con i loro occhiali AR ed essi appaiono quando il giocatore si avvicina a loro. I fantasmi possono anche percepire i giocatori vicini, infatti il loro obiettivo è prendere i giocatori umani, tantoché appena ne percepiscono uno incominciano ad inseguirlo. Un fantasma cattura un giocatore afferrando il suo corpo nel mondo specchio, che è fisicamente percepito dagli esseri umani quando la loro bacchetta magica (smartphone) vibra.

Diversi tipi di fantasmi preferiscono diverse posizioni a seconda di parametri fisici come il livello di umidità, la quantità di luce, la temperatura, ecc.

I giocatori possono sfruttare questo fatto per evitare di essere catturati. Ad esempio, se un giocatore è inseguito da un fantasma noto per essere intollerante alla luce, il giocatore può scappare sotto un lampione. Tuttavia, un fantasma può avere la facoltà di spegnere le luci (se le luci hanno una controparte nel mondo specchio che può essere controllata da agenti).

Inoltre, un giocatore con sufficiente potenza può usare la sua magia creando buchi temporanei nel terreno, che possono assorbire i fantasmi. Eppure i fantasmi possono collaborare per creare strategie di squadra per prendere giocatori.

Anche se questo è solo un gioco, esemplifica una serie di caratteristiche che si trovano in un mondo specchio riguardanti l'azione e la percezione di attori e agenti umani nella realtà aumentata, ambiente misto.



# Capitolo 7

## Conclusioni

Lo scopo dell'elaborato era quello di introdurre il concetto di Realtà Aumentata utilizzata attraverso le nuove tecnologie come gli Smartglasses. Dopo un'introduzione generale e una introduzione relativa agli ambiti applicativi, sono state esposte le rispettive tecnologie abilitanti. Successivamente sono stati analizzati i principali tools di sviluppo che permettono la creazione di queste applicazioni AR per cercare di capire in modo più approfondito quale fosse meglio utilizzare nei vari scenari applicativi. Se ne è dedotto che certamente questa tecnologia sta rivoluzionando il modo di vivere e di comunicare diventando uno strumento di straordinaria efficacia che aiuterà la produzione di molti settori. In particolare nel prossimo decennio si verificherà un'evoluzione nel mondo lavorativo nel quale sempre più applicazioni di smartglasses saranno in grado di eseguire specifici compiti, portando le organizzazioni IT ad offrire questi devices ad un vasto numero di lavoratori. Essenzialmente questo impatto sarà più consistente nell'industria pesante dal momento che le funzioni di realtà aumentata permettono la formazione sul campo dei lavoratori per compiti come la riparazione di macchinari o l'esecuzione di processi produttivi. Un impatto più contenuto, ma comunque significativo, si avrà anche in molti altri settori come quello della vendita al dettaglio e nel campo sanitario oltre che nel settore terziario. Infine si è riscontrata un'evoluzione dell'AR che sta andando oltre alla semplice ricezione di informazioni da visualizzare, infatti questi smartglasses saranno in grado di estendere le capacità cognitive della percezione e il ragionamento. Questo perchè gli smartglasses possono diventare dei sensori sul campo e a loro volta forniranno dati ad un sistema complesso che non solo monitorerà

le persone in quanto svolgono compiti o le supporterà eseguendo le loro richieste, ma anche le influenzerà e cambierà i loro piani e le loro intenzioni, portando una serie di sfide di ricerca che dovranno essere affrontate.



# Ringraziamenti

Al termine di questo percorso è doveroso ringraziare chi mi ha sempre sostenuto. Per questo motivo voglio ringraziare i miei familiari in particolare i miei genitori che mi hanno sempre dato un supporto emotivo credendo in me e dandomi i mezzi economici per poter completare i miei studi senza farmi mancare mai niente. Ringrazio anche i miei amici più cari che in questi anni mi hanno aiutato a rilassarmi dallo studio e capendomi quando invece ero costretto a studiare. Infine ringrazio i miei compagni di università che mi hanno reso questo cammino un po' meno complicato e più divertente.

