

ALMA MATER STUDIORUM – UNIVERSITÀ DI BOLOGNA  
CAMPUS DI CESENA

---

Scuola di Scienze  
Corso di Laurea in Ingegneria e Scienze Informatiche

# EYEWEAR COMPUTING: UNA PANORAMICA

*Elaborato in*  
PROGRAMMAZIONE DI  
SISTEMI EMBEDDED

*Relatore*  
Prof. ALESSANDRO RICCI

*Presentata da*  
FRANCESCO GORI

*Co-relatore*  
Ing. ANGELO CROATTI

---

Terza Sessione di Laurea  
Anno Accademico 2015 – 2016



# PAROLE CHIAVE

Mobile Computing

Wearable Computing

Eyewear Computing

Augmented Reality

Human-Computer Interaction



A mio fratello e alla mia famiglia, per il loro supporto  
incondizionato.



# Indice

<b>Introduzione</b>	<b>ix</b>
<b>1 Eyewear computing e wearable devices</b>	<b>1</b>
1.1 Wearable Devices: storia ed applicazioni	1
1.1.1 Origini e sviluppo	2
1.1.2 Wearables oggi: contesti di utilizzo	5
1.1.3 Prospettive future	6
1.2 Eyewear Devices	8
1.2.1 Storia ed evoluzione dell'eyewear computing	8
1.2.2 Futuro e sfide degli eyewear devices	9
1.3 Vantaggi e svantaggi dell'uso dei wearable devices	11
<b>2 Hardware di un eyewear device</b>	<b>13</b>
2.1 Caratteristiche un dispositivo eyewear	13
2.2 Display video	14
2.3 Eye Tracking	17
2.4 Sensori avanzati per la realtà aumentata	19
<b>3 Software di un eyewear device</b>	<b>21</b>
3.1 Indicazioni per il design di un'applicazione eyewear	22
3.1.1 Linee guida di design	22
3.1.2 Menu e comandi	23
3.2 Realtà aumentata: gli approcci	24
3.2.1 Realtà aumentata computer vision-based	25
3.2.2 Realtà aumentata sensor-based	29
3.3 Sistemi operativi disponibili	29
3.3.1 Microsoft	29
3.3.2 Sony	30
3.3.3 Epson	31
3.3.4 Google	31
3.3.5 Vuzix	32
3.4 Esempi di applicazioni	33

3.4.1	Skylight . . . . .	33
3.4.2	Xpert Eye . . . . .	34
3.4.3	Remote Scribe . . . . .	34
3.4.4	GuidiGO . . . . .	35
	<b>Conclusioni</b>	<b>37</b>
	<b>Ringraziamenti</b>	<b>39</b>
	<b>Bibliografia</b>	<b>41</b>



# Introduzione

Sempre più spesso si sente parlare di *eyewear device*, di *smartglass*. Che cosa sono questi dispositivi? Quali principi seguono?

Sebbene sia solo da alcuni anni che il termine ha cominciato a diffondersi anche tra i meno esperti di informatica, è da diversi decenni che questi dispositivi sono stati teorizzati, e che si sperimentano soluzioni per la loro realizzazione. È solo di recente, però, che, grazie alla miniaturizzazione dei componenti *hardware* e ad altre innovazioni portate dalla ricerca nell'ambito degli *smartphones*, è stato possibile ottenere dei risultati che incontrassero i requisiti di leggerezza e comfort richiesti dal mercato. In particolar modo dopo la visibilità di cui ha goduto il dispositivo *Google Glass*, gli *eyewear device* hanno avuto modo di entrare nell'immaginario popolare, nonché nella realtà lavorativa di diverse aziende che hanno scelto di adottarli. Con il procedere della ricerca tecnologica emergono risultati sempre più maturi, e il mercato di questi dispositivi sta andando ramificandosi offrendo soluzioni che rispondano sempre di più alle necessità e alle esigenze specifiche per le diverse tipologie di utenti.

Inoltre questi *device* potrebbero trovare utilizzo in contesti applicativi non ancora considerati, rivelando combinazioni vincenti che ancora non abbiamo immaginato.

Come in precedenza per gli *smartphones*, però, ad oggi c'è ancora bisogno di delineare i criteri che guidino l'evoluzione del software di questa categoria di dispositivi, e di identificare le necessità dei suoi utenti: di definire una "filosofia dell'*eyewear device*".

Questa tesi si pone come obiettivo quello di delineare un quadro generale di cosa siano gli *eyewear device*, e di fornire gli strumenti per approcciarsi allo sviluppo di software mirato per questi dispositivi.

L'elaborato è organizzato in tre capitoli, ognuno dei quali approfondirà un aspetto diverso di questi *device*.

Nella prima sezione si tratteranno brevemente la direzione in cui la ricerca sta evolvendo negli ultimi anni, e il contesto in cui va ad inserirsi oggi il concetto di *eyewear device*. Si introdurranno, poi, i dispositivi *wearable*, analizzandone il concetto, la nascita e la storia, per poi fornire una sintetica panoramica sui

principali utilizzi al giorno d'oggi. In seguito ci si concentrerà sui dispositivi propriamente *eyewear*, esaminandone lo sviluppo negli ultimi cinquant'anni, dall'origine fino alle sfide che la ricerca sta affrontando in questo momento. Si rifletterà, infine, sul ruolo che questi dispositivi hanno oggi e su quello che potrebbero avere un domani, evidenziando le luci e le ombre del futuro che si prospetta, e le domande che è necessario porsi.

Il secondo capitolo tratterà gli aspetti relativi all'hardware dei dispositivi, concentrandosi sulle innovazioni introdotte per questa nuova tipologia di *device*. Si descriveranno le caratteristiche fisiche necessarie in base alle funzionalità richieste ai dispositivi, per poi analizzare i diversi approcci adoperati per implementare i sistemi di visione, proponendo una tassonomia. Si tratterà, poi, il metodo proposto da Kai Kunze per l'Eye Tracking, ovvero il tracciamento della direzione dello sguardo, e infine si analizzerà quali sensori siano richiesti da applicazioni di realtà aumentata, ovvero applicazioni che introducono contenuti tridimensionali nella visuale dell'utente.

L'ultima sezione approfondirà il software degli *eyewear device*, elencando quali siano gli strumenti ad oggi disponibili per lo sviluppo di applicazioni per questi dispositivi. In apertura si tratteranno le linee guida per il design del software, esaminando i punti in comune tra i manifesti proposti da alcuni dei principali produttori di questi dispositivi, e successivamente si analizzeranno nel dettaglio gli approcci ad oggi più utilizzati per la realizzazione di applicazioni di realtà aumentata, con particolare attenzione per i sistemi *computer vision-based*. Verranno, poi, passati in rassegna i sistemi operativi realizzati dai principali produttori di *eyewear device*, per ognuna delle piattaforme si elencheranno gli strumenti messi a disposizione del pubblico per lo sviluppo di software mirato. Infine, si approfondiranno le funzionalità di alcune applicazioni proposte come esempi di usi concreti degli *eyewear device*

# Capitolo 1

## Eyewear computing e wearable devices

Gli *eyewear devices* sono dispositivi tecnologici portatili che aggiungono contenuti digitali alla visuale dell'utente, e costituiscono un sottoinsieme dei cosiddetti *wearable devices*. L'idea del *wearable device* è quella di dispositivi indossabili con capacità computazionale, che siano sempre attivi e che l'utente possa utilizzare in ogni momento.

In questo capitolo si presenterà la storia di questi dispositivi e l'evoluzione del concetto stesso di *wearable device*, per poi concentrarsi sullo sviluppo dei dispositivi *eyewear* e sulle prospettive future.

### 1.1 Wearable Devices: storia ed applicazioni

Quello che ha sempre caratterizzato l'uomo è la velocità del suo sviluppo, dovuta anche alla sua abilità di dotarsi di strumenti per aumentare le proprie capacità ed espandere il campo delle proprie possibilità.

La storia umana è sempre andata di pari passo con l'evoluzione della sua tecnologia, in un processo esponenziale sempre più rapido che ha modellato il cammino del pensiero, dei costumi, dell'economia e dell'etica di ogni periodo.

Ogni innovazione introdotta nella società è divenuta una base per ulteriori scenari di sviluppo futuro, prima non concepibili.

Gli ultimi anni hanno visto grandi cambiamenti in fatto di innovazione tecnologica: internet senza fili, messaggistica istantanea, e successivamente *smartphone* e social network hanno rivoluzionato la vita di tutti i giorni e cambiato la prospettiva di sviluppo per la tecnologia di domani.

In corrispondenza di questo processo si è assistito ad un cambiamento profondo nella cultura popolare, che ha portato con sé l'individuazione di nuovi orizzonti per la ricerca tecnologica.

Lo *smartphone* è gradualmente diventato una sorta di "telecomando universale", tramite il quale non ci si limita a telefonare, ma si può anche gestire il proprio conto corrente, acquistare un biglietto aereo, o avere il controllo a distanza della propria casa.

L'idea che sta prendendo piede col nome di *Internet of Things*<sup>1</sup>, e che si ricollega al concetto di *ubiquitous computing*<sup>2</sup>, è quella di un ambiente aumentato, che prevede che ogni elemento fisico abbia una corrispondente rappresentazione computazionale con cui l'utente possa interfacciarsi.

Per poter usufruire al meglio di questo aumento dell'ambiente si renderà necessario un utente a sua volta aumentato, che possa agevolmente interagire tanto con gli oggetti fisici quanto con quelli computazionali, e che sia assistito nei compiti cognitivi di tutti i giorni.

È in questo contesto che oggi va ad inserirsi il concetto, già discusso dagli anni '80, di *weareable device*.

*Wearable devices* si traduce letteralmente come "dispositivi indossabili", e di fatto ricadono in questa categoria tutti i dispositivi tecnologici che corrispondono a questa descrizione. Viene a definirsi un'ampia gamma di dispositivi, da un semplice braccialetto che monitori le pulsazioni fino a un potente computer da portare come zaino, o a indumenti con dei circuiti integrati nel tessuto che possano fungere da tastiera.

Col tempo però è divenuto sempre più cruciale che il design di questi dispositivi permettesse di indossarli come comuni accessori, che non dessero nell'occhio né ostacolassero il movimento dell'utente, ma lo assistessero nelle sue mansioni quotidiane e lavorative. L'utente dovrebbe poter adoperare le funzionalità di questi *devices* durante lo svolgimento di altre attività, dedicando quindi al loro utilizzo la minima quantità di attenzione, esprimendosi in modo più vicino possibile a quello naturale.

Quest'idea non è nata oggi: negli ultimi vent'anni la ricerca in questo campo a visto venire alla luce prodotti anche molto diversi, nonché dei sistemi che comprendono sensori e periferiche in costante comunicazione con un'unità computazionale.

### 1.1.1 Origini e sviluppo

Benché l'idea possa suonare nuova, è dagli anni '60 che i ricercatori cercano di rendere il wearable computing una realtà<sup>3</sup>. I primi esperimenti risalgono al

---

<sup>1</sup>[https://en.wikipedia.org/wiki/Internet\\_of\\_things](https://en.wikipedia.org/wiki/Internet_of_things), acceduto 28/02/2017

<sup>2</sup>[https://en.wikipedia.org/wiki/Ubiquitous\\_computing](https://en.wikipedia.org/wiki/Ubiquitous_computing), acceduto 28/02/2017

<sup>3</sup><https://www.media.mit.edu/wearables/lizzy/timeline.html>, acceduto 28/02/2017

[https://en.wikipedia.org/wiki/Wearable\\_computer](https://en.wikipedia.org/wiki/Wearable_computer), acceduto 28/02/2017

1966, quando Ed Thorp e Claude Shannon hanno presentato un apparecchio per predire il risultato della roulette. Benché molto diverso dai moderni *Google Glass* ad esempio, questo dispositivo può essere considerato il primo *wearable device*. Nel 1978 nasceva un altro dispositivo portatile con lo stesso fine, per mano di un gruppo di matematici che si diede il nome di Eudaemons: l'apparecchio consisteva in un piccolo computer nascosto in una scarpa [Figura 1.1], azionato premendo un interruttore sotto all'alluce, che comunicava con un dispositivo di input sotto alla maglia dell'utente. L'input veniva da tre solenoidi, che vibrando seguendo certi schemi informavano il giocatore su quale delle otto sezioni della roulette puntare.



Figura 1.1: Il computer ideato dal gruppo Eudaemons

Il gruppo aveva intenzione di usare i proventi ottenuti con l'uso del dispositivo per finanziare la comunità scientifica, e riuscirono a vincere approssimativamente 10,000\$ a Las Vegas sebbene le sorprese non siano mancate: si verificarono infatti problemi tecnici, in particolare alcuni cavi elettrici si scoprirono e la giocatrice subì diverse scosse dai solenoidi [1]. I rischi portarono il gruppo a non ripetere l'avventura, e da lì a breve gli Eudaemons si sciolsero.

Nel 1977 C. C. Collins, un ricercatore presso il Smith-Kettlewell Institute of Visual Sciences, ha sviluppato una telecamera head-mounted del peso di circa due chilogrammi per supportare i non vedenti: le immagini riprese dalla telecamera venivano convertite in una griglia tattile di 1024 punti, larga circa 25 centimetri, sul torso dell'utente. Questo dispositivo è particolarmente rile-

vante perché costituisce uno dei primi esempi delle potenzialità dei wearable devices nel campo dell'assistenza alle persone disabili.

Successivamente, nel 1981, Steve Mann, considerato ad oggi il padre dei wearable devices, progettò un computer da indossare come zaino per il controllo di attrezzature fotografiche.

Il 1993 ha visto nascere il MIT Wearable Computing Project [Figura 1.2], in cui sei ricercatori, tra cui lo stesso Steve Mann e Thad Starner, ideano e sperimentano in prima persona nuove soluzioni per il wearable computing.



Figura 1.2: I “cyborg” del MIT Wearable Computing Project

Nell'autunno dello stesso anno veniva completato il primo *wearable* dotato di GPS: il sistema *Pathfinder* dalla casa *BBN* comprendeva un *wearable computer*, un GPS e un sistema di rilevazione delle radiazioni.

L'anno seguente ha visto nascere il device *Forget-Me-Not*, un dispositivo *wearable* che registrava le interazioni dell'utente con persone e devices, e manteneva i dati in un database per future ricerche. Sempre nel 1994 Edgar Matias e Mike Ruicci hanno realizzato un “computer da polso”, proponendolo come al-

ternativa ai dispositivi *HUD*, e Steve Mann è riuscito con successo a sviluppare una telecamera wireless *head-mounted*, che trasmetteva immagini in rete.

Nel 1997, Alex Petland, in collaborazione con gli studenti della scuola di moda francese *Creapôle Ecole de Création*, ha presentato lo *Smart Clothes Fashion Show*, una sfilata di moda con il fine di immaginare un connubio tra moda e tecnologia indossabile.

In seguito, nel 2009, il produttore *Glacier Computer* ha introdotto il computer *wearable W200*, e l'anno successivo la *Sony* ha lanciato un orologio da polso compatibile con Android, il *Sony Smart Watch*. Il 2014 poi ha visto nascere l'*Apple Watch*, un orologio da polso che incorpora tutte le funzioni di uno smartphone, rilasciato in seguito nel 2015.

### 1.1.2 Wearables oggi: contesti di utilizzo

La miniaturizzazione dei componenti, assieme alla diffusione degli *smartphone* che in certe occasioni possono fungere da centro computazionale, ha favorito lo sviluppo di sensori per diverse applicazioni, e molte altre ricerche sono ancora in corso.

Nel settore sportivo stanno prendendo piede sensori per monitorare le prestazioni, o i parametri biologici dell'atleta utente durante una prestazione, e applicazioni per *smart devices* possono poi, oltre che registrare i dati, anche visualizzare statistiche e margini di miglioramento nell'arco di determinati periodi di tempo: ad esempio il braccialetto *Mio SLICE*<sup>4</sup>, sviluppato dalla *Mio Global*, visualizza il battito cardiaco e l'uso congiunto con un'applicazione da cellulare permette di calcolare l'attività fisica giornaliera necessaria per migliorare. Gli occhialini da piscina *OnCourse Goggles*<sup>5</sup> permettono di nuotare in linea retta in una vasca guidando l'utente con delle luci LED, e la maglia *Swing IQ*<sup>6</sup>, tramite l'uso di accelerometri e giroscopi, consente ai battitori di baseball di misurare l'energia cinetica dei loro colpi.

Un altro campo d'utilizzo che prevede il monitoraggio di parametri vitali dell'utente è l'ambito dell'assistenza sanitaria: un *wearable* può misurare la pressione sanguigna e il battito cardiaco, la temperatura corporea e molto altro ancora. Il device *Withings Blood Pressure*<sup>7</sup>, da usare congiuntamente ad un'applicazione da cellulare, tiene monitorata la pressione sanguigna e la frequenza del battito cardiaco, e può essere impostato per ricordare all'utente

<sup>4</sup><http://www.mioglobal.com/en-us/Mio-SLICE-heart-rate-fitness-tracker/Product.aspx>, acceduto 28/02/2017

<sup>5</sup><https://www.oncoursegoggles.com/>, acceduto 28/02/2017

<sup>6</sup><https://www.swing-iq.com/>, acceduto 28/02/2017

<sup>7</sup><https://www.withings.com/eu/en/products/blood-pressure-monitor>, acceduto 28/02/2017

di assumere medicine in determinati orari. La compagnia *Abbott* invece ha sviluppato un *wearable* di pochi centimetri per le persone affette da diabete, *FreeStyle Libre Flash*<sup>8</sup>, che monitora costantemente la concentrazione di glucosio nel sangue.

Sono molte, poi, le idee specifiche per il supporto di utenti disabili, come gli *smartglasses* *Orcam MyEye*<sup>9</sup>, mirati ad utenti non vedenti, che tramite l'uso di una intelligenza artificiale leggono a chi li indossa i testi che inquadrano, come ad esempio cartelli stradali o etichette di prodotti. È interessante, poi, come questi occhiali possano riconoscere i volti e salvare in memoria l'identità di alcune persone per un riconoscimento futuro. Un altro esempio di *wearable* rivolto ad utenti con disabilità è il device *Alpha-Stim*<sup>10</sup>, per utenti che soffrono di fibromialgia: il dispositivo si aggancia ai vestiti e fornisce un trattamento con micro-correnti elettriche (terapia MENS) per alleviare il dolore acuto, cronico e post-traumatico, attenuando anche ansia e depressione.

Se da una parte i dispositivi *wearable* possono supportare i pazienti, dall'altra possono senza dubbio aiutare anche i medici nello svolgimento delle loro mansioni: degli *smartglasses* potrebbero riconoscere i volti dei pazienti e sovrimporre vicino ad essi nome e informazioni riguardo alla cartella clinica, o guidare il medico in un'operazione chirurgica, mentre altri tipi di dispositivi potrebbero raccogliere informazioni direttamente da dei *devices* indossati dai pazienti.

In generale, in ambito professionale dei *wearables* con accorgimenti hardware e software specifici possono supportare e guidare l'utente nello svolgimento delle sue mansioni, fornendo istruzioni sovrimposte alla sua visuale o un canale di comunicazione non intrusivo con un collega più esperto. Un magazziniere potrebbe vedere illuminato il pacco che gli è richiesto di prelevare, e un dirigente potrebbe tenere una conferenza con altre persone non fisicamente presenti, vedendo i propri interlocutori sovrimposti alla sua visuale. Un meccanico potrebbe visualizzare un manuale o delle indicazioni durante operazioni che richiedono l'uso di entrambe le mani, e circuiteria integrata nei tessuti dei vestiti può fornire un localizzatore GPS a militari e civili.

La ricerca procede rapida in molte direzioni diverse, in quello che è un campo che si sta cominciando ora ad esplorare appieno.

### 1.1.3 Prospettive future

Negli ultimi anni abbiamo assistito a come la miniaturizzazione della circuiteria e l'implementazione di batterie più capienti abbiano favorito lo sviluppo

---

<sup>8</sup><http://www.freestylelibre.it/>, acceduto 28/02/2017

<sup>9</sup><http://www.orcam.com/myeye/>, acceduto 28/02/2017

<sup>10</sup><http://www.alpha-stim.com/>, acceduto 28/02/2017



di device *general purpose* come gli *smartphone*, che accentrano molte funzionalità che prima erano esclusive di dispositivi dedicati. Uno *smart device* moderno incorpora le funzionalità di un telefono, di un palmare, di un navigatore satellitare e di un riproduttore di musica, offrendo inoltre molte altre funzionalità aggiuntive. Se un tempo certi compiti richiedevano un hardware specifico, oggi estendiamo le possibilità dei nostri *smart devices* semplicemente installando determinate applicazioni, che possono inoltre essere rimosse quando non più necessarie. È lecito pensare che, similmente, con l'avanzare dello sviluppo tecnologico i *wearable devices* addenseranno in sé sempre più sensori e si specializzeranno per l'esecuzione dei compiti richiesti con l'installazione di software ad hoc: un domani, ad esempio, un'azienda potrebbe avere una sua applicazione per *wearable* che guidi i dipendenti nello svolgimento delle loro mansioni.

Anche lo sviluppo degli *smart clothes*<sup>11</sup> è destinato ad avere un impatto sul destino dei *wearables*, infatti già da anni stanno venendo sviluppati circuiti flessibili che possono essere integrati nei tessuti, nonché dei tatuaggi temporanei che ad oggi permettono di controllare uno *smartphone* a distanza [2].

Da tempo, inoltre, si parla di funzionalità più avanzate dei *wearables*, che possano imparare a conoscere l'utente così come a modellare il contesto in cui si trovano, e adattare il proprio comportamento in base alla situazione. Questo tipo di applicazione in letteratura prende il nome di *Remembrance Agent* (RA), e Thad Starner nel 1997 [3] la ha descritta così:

*"To use a metaphor, such an agent would act as a butler/confidant, who always stands behind the user's shoulder, knows his employer's personal preferences and tastes, and tries to streamline interactions with the rest of the world."*

Lo sviluppo tecnologico, assieme ai risultati della ricerca nel campo della psicologia cognitiva, porterà il RA a poter dedurre le intenzioni dell'utente, così come il suo stato emotivo, e ad adattare il proprio comportamento per permettergli di raggiungere più agevolmente i suoi obiettivi. In base alla gravità del messaggio e al contesto in cui si trova l'utente, il RA potrà decidere se comunicare con lui, e attraverso quale forma: ad esempio, se l'utente stesse partecipando ad un workshop, una discreta notifica nel campo visivo potrebbe essere l'ideale, mentre se si dovesse trovare alla guida un messaggio sonoro sarebbe più adatto. Il ruolo futuro ipotizzato per il *wearable device* è di sgravare l'utente da tutti i compiti cognitivi non necessari, e di operare le scelte che l'utente stesso opererebbe mostrandogli direttamente ciò che è probabile sia interessato a vedere. Nell'era dell'informazione si rende necessario che l'enorme

<sup>11</sup><https://en.wikipedia.org/wiki/E-textiles>, acceduto 28/02/2017

quantità di dati che ci raggiunge venga filtrata e sia espressa in una forma per noi di immediata comprensione, così da lasciare la nostra mente libera di concentrarsi su mansioni creative e decisionali. Poiché, inoltre, uomo e macchina elaborano i dati in modo differente, il RA potrebbe proporci delle relazioni a cui non avevamo pensato ma che potrebbero esserci congeniali: in generale la sinergia tra mente e computer potrebbe portare al raggiungimento di risultati che sarebbero altrimenti stati fuori dalla portata dell'una e dell'altro.

I *wearable devices* offrono un'opportunità unica di percepire il mondo dal punto di vista dell'utente e registrare come informazioni digitali le sue esperienze, che potrebbero successivamente essere condivise con altri che si trovassero ad affrontare le stesse situazioni. Ad esempio, così come un ingegnere istruisce il suo successore, così il RA potrebbe trasferire la propria esperienza al device del sostituto, che potrà fare così tesoro di informazioni accumulate nel tempo dal predecessore. Spingendosi oltre si può immaginare che, sempre in ambito lavorativo, il RA di un utente chieda ai device dei suoi colleghi informazioni su un determinato compito, e che poi riassume i risultati della ricerca in una classifica da mostrare all'utente: in questo modo all'interno dell'ufficio si può fare tesoro di una sorta di esperienza collettiva, e il tutto senza sottrarre tempo e attenzione ai colleghi.

È inutile specificare una conoscenza così profonda dell'indole dell'utente, nonché della sua storia, costituirebbe un insieme di informazioni estremamente sensibili che richiederebbe alti livelli di sicurezza e di privacy.

## 1.2 Eyewear Devices

### 1.2.1 Storia ed evoluzione dell'eyewear computing

Un *eyewear* device potrebbe essere definito come un particolare tipo di *wearable* per gli occhi. Si può dire che il primo dispositivo *eyewear* sia nato nel 1966<sup>12</sup>, quando Ivan Sutherland creò un dispositivo *head-mounted* che prese il nome di "*Sword of Damocles*" (*Spada di Damocle*) poiché il grosso del sistema era locato sul soffitto, sopra alla testa dell'utente. Sutherland, oltre che il padre dell'*eyewear computing*, è stato anche il primo ad introdurre l'idea di *mixed reality* (letteralmente "realtà mista"), ovvero non una sostituzione del mondo fisico ma un arricchimento di questo tramite contenuti digitali.

L'anno seguente, nel 1967, la compagnia Bell Helicopter ha condotto un esperimento che prevedeva un *HMD* (*head-mounted display*) collegato ad una telecamera a infrarossi. Il fine dell'esperimento era di permettere ai piloti di

---

<sup>12</sup><https://www.media.mit.edu/wearables/lizzy/timeline.html>,  
28/02/2017

acceduto

elicotteri militari di atterrare su terreni impervi di notte, ed è interessante notare come la telecamera, disposta sotto all'elicottero, girasse assieme alla testa del pilota. Sempre nello stesso anno veniva progettato da Huber Upton un sistema per aiutare i non udenti nella lettura delle labbra: l'idea era di illuminare un punto su delle lenti con un colore specifico, a seconda del tipo di fonema che veniva pronunciato. Un microfono sul petto dell'utente trasmetteva le informazioni audio al device, che illuminava un LED posto nelle lenti con un colore piuttosto che un altro.

Nel 1989 è stato commercializzato il dispositivo *head-mounted* denominato *Private Eye* dalla casa *Reflection Technology*, e nel 1993 è venuto alla luce il primo sistema per la realtà aumentata, *KARMA*, ad opera di Steven Feiner, Blair MacIntyre e Dorée Seligmann. Sempre nel 1993, come scritto precedentemente, nasceva il MIT Wearable Computing Project, i cui membri idearono e sperimentarono anche diverse soluzioni per *eyewear devices*; è da allora che Thad Starner ha scelto di indossare continuamente dispositivi *eyewear*, molte volte da lui stesso modificati. In seguito al 2010 molti produttori annunciano di stare lavorando allo sviluppo di *smartglasses*, ma il dispositivo che ha di più colpito l'opinione pubblica è il *Google Glass*, immesso sul mercato nel 2013 come parte di un programma beta, e successivamente ritirato nel 2015.

Ad oggi, assieme ai *Google Glass*, gli *Epson Moverio BT-300* e i *Vuzix m300* possono essere considerati gli esempi più significativi di dispositivi *eyewear*, assieme ad *Oculus Rift*, che nel 2014 è divenuto proprietà di *Facebook*, al *Samsung Gear VR* e al *Playstation VR* per quanto riguarda il campo dei visori per realtà virtuale.

### 1.2.2 Futuro e sfide degli eyewear devices

L'estetica continua ad essere un fattore molto importante per tutti i *wearable devices*, il mercato richiede oggetti leggeri e pratici che, soprattutto, non diano nell'occhio, ma possano essere usati con discrezione. L'*eyewear device* idealmente tenderebbe ad essere a stento distinguibile da un normale paio di occhiali, e questo pone delle sfide riguardo alla miniaturizzazione di tutta la componentistica necessaria. Oltretutto il concetto di *wearable* comprende che il dispositivo rimanga attivo durante tutto l'arco della giornata, e per le complesse funzionalità richieste ad un *eyewear device* si rende vitale una batteria estremamente capiente seppur poco ingombrante. Il surriscaldamento pone un'altra sfida di progettazione, poiché, essendo così a stretto contatto col corpo dell'utente, nessun *wearable* deve raggiungere una temperatura che possa risultare sgradevole. La concomitanza di tutti questi requisiti rende più ardua ognuna delle sfide: una batteria capiente tende ad avere un volume considerevole, e oltretutto un componente di piccole dimensioni ha una superficie a

contatto con l'aria ridotta e si raffredda più lentamente. È possibile prevedere che la ricerca porterà a superare questi ostacoli, ma non prima di qualche anno.

È una questione vitale, poi, la privacy: gli *eyewear devices* raccoglieranno una grande quantità di dati sensibili e osserveranno l'utente durante ogni momento della sua giornata, ed è cruciale che queste informazioni siano protette da misure di sicurezza pressoché inviolabili. Inoltre molte delle funzionalità di un *eyewear device* richiedono un accesso alla rete, ma le antenne per la connessione tendono a consumare molta energia e il segnale non è sempre disponibile. Innovazioni nel campo dei device *context-sensitive* potrebbero portare un dispositivo *eyewear* a determinare l'importanza di un'informazione, e a valutare se usare più energia per connettersi ad una rete dal segnale debole, o se aspettare un secondo momento in cui l'utente si trovi in un'area con maggiore copertura. L'ottimizzazione dell'uso delle risorse è un aspetto che richiede la stessa attenzione di quello dell'innovazione hardware.

Un altro campo di forte interesse riguardo all'*eyewear computing* è quello della *mixed reality*, ambito in cui la ricerca si sta avvicinando sempre più a incontrare le richieste del pubblico e le idee fantascientifiche promulgate dal cinema. Il futuro dell'*eyewear* è molto probabile intersecchi quello dell'*ubiquitous computing*, e che gli ologrammi diventino un elemento della realtà quotidiana in seguito ad una diffusione di massa dei dispositivi *smartglasses*: tutti gli utenti potranno vedere gli stessi oggetti virtuali, e interagirci come se fossero reali. Si può prevedere, poi, che i dispositivi *eyewear* come i *Google Glass Enterprise Edition* abbiano un'ampia diffusione nell'ambito professionale non appena saranno disponibili a prezzi accessibili, e che sviluppare applicazioni *eyewear* diventerà popolare quanto oggi lo sviluppo di app per *smartphone*. Infine, non appena le innovazioni hardware permetteranno di raggiungere la potenza di calcolo e la capacità di memoria richieste, non è improbabile che vengano realizzati sistemi *Remembrance Agent* come quello suggerito da Thad Starner, che registrino costantemente le nostre esperienze e rielaborino i dati per imparare a conoscere l'utente e le sue preferenze, al fine di sgravarlo da tutti i compiti cognitivi triviali e lasciarlo libero di concentrarsi su altro. Questo tipo di innovazione sarebbe destinato ad avere un forte impatto sulla vita di tutti i giorni, in quanto l'utente sarebbe portato a fare affidamento sul device e a considerarlo una parte di sé, a differenza dello *smartphone* che viene comunque visto come uno strumento più che un'estensione. La simbiosi tra utente e dispositivo determinerebbe un cambiamento nella nostra concezione di tecnologia, forse portando la ricerca a superare la barriera della pelle e a concentrarsi su quelli che Steve Mann definisce *earable devices*, ovvero l'insieme di tutti i dispositivi portatili sopra o dentro il corpo dell'utente [6].

### 1.3 Vantaggi e svantaggi dell'uso dei wearable devices

Come già accennato nelle sezioni precedenti, l'uso di *wearable devices* è destinato ad influire sul modo in cui percepiamo il mondo ed interagiamo con esso. I dispositivi indossabili cambieranno il modo di concepire la tecnologia e di svolgere le attività di tutti i giorni, ed è lecito chiedersi: quale impatto avranno queste nuove tecnologie sulla società? Quali traguardi permetteranno di raggiungere? Quali complicazioni potrebbero emergere dal loro utilizzo?

Mentre uno *smart device* odierno è concepito come uno strumento di cui bisogna imparare l'utilizzo, o come una finestra tramite la quale affacciarsi sul mondo computazionale, un dispositivo *wearable*, e in particolare *eyewear*, mira a colmare la distanza tra l'utente e il mondo digitale. Anziché essere noi ad imparare il linguaggio della tecnologia, sarà la tecnologia ad apprendere il nostro naturale modo di esprimerci, con il *wearable* che avrà ruolo di mediatore ed interprete, e tradurrà le nostre intenzioni in istruzioni. I dispositivi *eyewear* poi, per un'esperienza di immersione completa, uniranno il mondo reale e quello invece degli oggetti computazionali, che saranno rappresentati in modo sempre meno distinguibile da quelli fisici. Per riprendere una frase pronunciata dall'amministratore delegato di *Google*, Larry Page, relativamente agli *smartglasses Google Glass*, l'obiettivo è quello di ridurre il tempo che intercorre tra l'intenzione e l'atto, intendendo che l'intenzione possa essere realizzata quasi automaticamente. In un interessante articolo del 2013 [4], Thad Starner definisce il concetto di microinterazioni: le microinterazioni sarebbero tutti quei gesti pragmatici, come guardare l'orologio, che ci permettono di raggiungere immediatamente degli obiettivi con uno sforzo pressoché nullo, ed è questo il tipo di interazioni col mondo computazionale che i *wearables* mirano a consentire. Qualunque informazione in rete sarebbe disponibile nell'esatto momento in cui ne avessimo bisogno, se non addirittura prima: un'applicazione *Remembrance Agent* come quella proposta da Starner idealmente potrebbe anticipare i nostri bisogni, o prevedere le nostre scelte in base alle nostre preferenze. Tutte queste funzionalità mirano a lasciare la mente dell'utente libera di concentrarsi su mansioni creative ed immaginative, esclusive dell'uomo, per delegare invece operazioni mnemoniche e computazionali al computer, più veloce e preciso: da questa sinergia dovrebbero emergere risultati migliori sia nel primo che nel secondo tipo di attività, consentendo all'utente di aumentare le sue capacità e di raggiungere nuovi traguardi.

Tuttavia il futuro di questi dispositivi presenta anche delle ombre, così come delle questioni ancora irrisolte: già ad oggi, infatti, in certe regioni geografiche si è sviluppato un movimento che vede gli *smartglasses* come una minaccia per la propria privacy, e addirittura in certi locali l'uso di *eyewear devices* è

esplicitamente vietato. Possibile che questo tipo di dispositivi possano violare la privacy di chi li usa o di chi si trova a loro vicino? Steve Mann definisce con il neologismo *sousveillance*, in italiano subvegliaza, la registrazione di un evento dal punto di vista di chi lo vive [5]; il termine è da contrapporsi alla parola *surveillance*, in italiano sorveglianza, che deriva dal francese *sur* e *veillance*, letteralmente “visione dall’alto”. Nell’idea di Mann la sorveglianza rischia di essere di parte o monopolizzata da chi detiene il potere, come politica o forze dell’ordine, mentre la subvegliaza assicurerebbe che per ogni vicenda siano sempre documentate le versioni di tutte le parti coinvolte, e che il quadro finale fosse il più possibile obiettivo e super partes. La questione riguardo all’eticità e alla legalità della registrazione continua di tutto ciò che accade rimane irrisolta, e richiederà uno studio approfondito da un punto di vista filosofico e giuridico.

Essendo a così stretto contatto con l’utente, oltretutto, i *wearables* hanno modo di raccogliere informazioni anche molto personali su di lui, quali la posizione o le condizioni di salute, e se non protetti adeguatamente questi dati potrebbero finire in mano a enti non autorizzati. Tramite l’accesso ad un *eyewear device* sarebbe possibile spiare silenziosamente un utente nell’arco di tutta la sua giornata, ascoltando le sue conversazioni e condividendo il suo campo visivo. Un’applicazione *Remembrance Agent* idealmente manterrebbe in memoria un complesso profilo psicologico dell’utente, che nelle mani sbagliate porterebbe terzi a poter prevedere il suo comportamento, così come a conoscere i suoi gusti e le sue abitudini in diversi campi. Ciò che rende la questione così delicata è che questi dati non possono essere cambiati come una semplice password, ma sono parte di noi e una volta messi in circolo diventerebbero potenzialmente di dominio pubblico. Già oggi il dibattito è aperto sulla questione che riguarda il *profiling* a fine di marketing e non, e non è inverosimile pensare che molte aziende si batterebbero per poter avere accesso legale ai dati personali degli utenti di *wearable* al fine di poter offrire pubblicità mirata. Uno scenario più inquietante, poi, riguarda l’uso dei risultati delle ricerche nell’ambito della scienza del comportamento, ad esempio un virus per *eyewear device* potrebbe gradualmente alterare la personalità e le abitudini dell’utente per indurlo a comprare un certo prodotto, se non ad avvicinarsi a determinate idee. È importante mantenere uno stretto dialogo tra l’aspetto ingegneristico e quello più etico dei *wearables* e del loro uso, di modo che l’uno possa integrare l’altro con l’avanzare della ricerca e che si possa giungere a soluzioni solide sotto i diversi punti di vista.

# Capitolo 2

## Hardware di un eyewear device

### 2.1 Caratteristiche un dispositivo eyewear

Le caratteristiche richieste ad un *eyewear device* rendono necessari determinati canali di input (interfacce) e di output (display). Comunemente ci si aspetta che un dispositivo *eyewear* possa comunicare con l'utente tramite display video e audio, e che l'utente possa a sua volta interagire col device attraverso l'uso di interfacce sugli stessi canali: tutto ciò rende indispensabili un microfono e un altoparlante, o un auricolare, nonché una o più telecamere e, ovviamente, uno schermo. Sono poi necessari sensori come il giroscopio e l'accelerometro per determinare la direzione e la velocità dell'utente nello spazio, nonché un'antenna per la connessione wireless alla rete e un GPS per localizzare l'utente. Sistemi più avanzati possono includere sensori per l'*eye tracking*, per determinare quali attività stia svolgendo l'utente e a cosa stia volgendo lo sguardo, così come altri sensori specifici per monitorarne lo stato fisico e dedurne quello emotivo. Si possono adoperare sensori infrarossi per la modellazione dell'ambiente fisico in cui l'utente si trova, feature particolarmente utile per funzionalità di realtà aumentata anche in condizioni di scarsa luce. Un *eyewear device* poi dovrà avere una memoria, che potrebbe anche dover essere molto capiente a seconda delle funzionalità richieste, e una fonte di energia durevole che ne permetta l'utilizzo prolungato. Infine, possono rendersi necessari sensori aggiuntivi per funzionalità più avanzate, come sensori tattili.

Tutte queste specifiche devono incontrarsi con i requisiti di design leggero, pratico e socialmente accettabile che sono richiesti dal mercato, e con i problemi di autonomia, surriscaldamento e prezzo tipici di tutti i dispositivi portatili.

A seconda delle funzionalità che si è deciso di implementare sono stati tentati diversi approcci per la realizzazione di *eyewear device*, ognuno dei quali ha mostrato dei lati positivi e dei lati negativi, e in base a questi approcci si

può operare una divisione in categorie. Ci sono molti aspetti che si possono prendere in esame, e ognuno di questi offrirà una tassonomia diversa, ma quello più rilevante è forse la tecnologia utilizzata per la realizzazione dello schermo.

## 2.2 Display video

Fin dagli esordi dell'*eyewear computing* già ci si interrogava su quale fosse l'approccio migliore per sovrapporre immagini computerizzate alla visuale dell'utente; elementi interessanti si trovano nella tassonomia proposta da Paul Milgram nel 1994 [10]. In particolare Milgram divide principalmente i device in due categorie: quelli di tipo *optical see-through*, in cui i contenuti digitali sono giustapposti alla visione dell'utente [Figura 2.1], e quelli *video see-through*, in cui l'utente vede proiettata su uno schermo la visuale di una telecamera con aggiunti i contenuti virtuali [Figura 2.2].

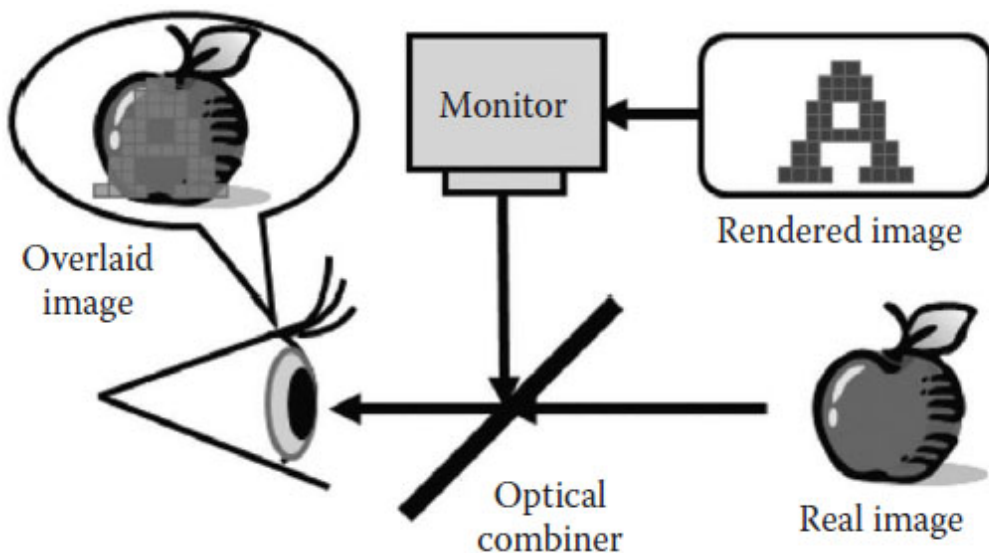


Figura 2.1: Schema di funzionamento di un display *optical see-through*



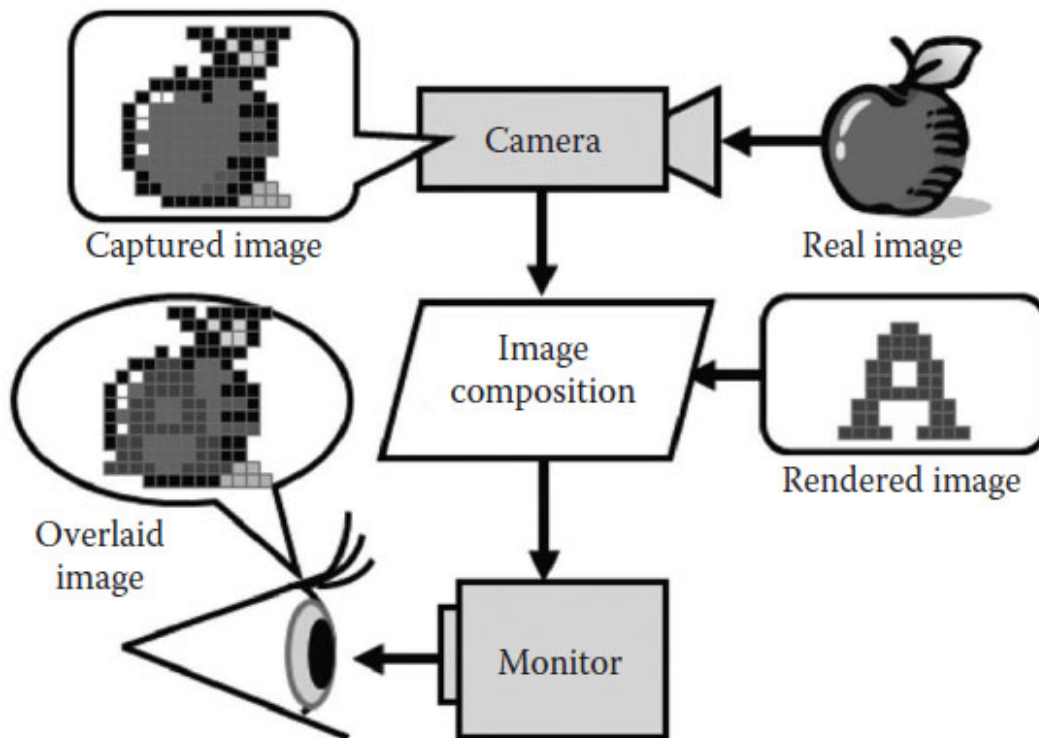


Figura 2.2: Schema di un funzionamento di un display video see-through

Ovviamente in base a ciò che si richiede al dispositivo sarà più adatto l'uno o l'altro tipo di display, ad esempio nell'ambito di un cantiere meccanico, in cui è necessario che il device mostri una interfaccia HUD e delle indicazioni, un display *optical see-through* è preferibile. Al contrario il *video see-through* si presta bene ad applicazioni di realtà virtuale, quali possono essere videogiochi o ricostruzioni di città antiche, o della superficie di pianeti. Un limite della maggior parte degli eyewear device attuali è l'assenza della visione periferica, e in particolare in un display *video see-through* questo significa che l'utente ha un campo visivo ridotto durante l'uso del dispositivo. Un display *video see-through* però non è vincolato a doversi aggiungere alla visione del mondo fisico, ma può sostituirla interamente o alterarla, ad esempio applicando un filtro per scurire o per zoomare.

Oggi la ricerca ha dato alla luce molti dispositivi con schermi di uno e dell'altro tipo, e in entrambi i casi la soluzione più comunemente adottata è quella di un piccolo display posizionato davanti alla lente destra o sinistra, su cui viene proiettata un'immagine che generalmente corrisponde ad un menu HUD. Un popolare esempio *optical see-through* di questo tipo di schermo è costituito dai *Google Glass*, che permettono di navigare attraverso diversi menu utilizzando il touchpad a lato del dispositivo; un'alternativa *video see-*

*through* è costituita dai Vuzix M100. Benché molto pratica per la navigazione in internet, la condivisione di contenuti e la gestione di un'agenda personale, questa soluzione non si presta bene ad applicazioni più avanzate come può essere la realtà aumentata, a causa delle piccole dimensioni dello schermo, che occupa una porzione limitata del campo visivo; la mancanza di una visione binoculare, inoltre, non permette scenari di realtà virtuale. Le informazioni che possono essere mostrate contemporaneamente sono limitate, e in genere l'utente è vincolato a poter utilizzare un'applicazione per volta.

Per un'esperienza più completa si può scegliere di utilizzare uno schermo per ogni lato, come nel caso degli occhiali Epson Moverio [Figura 2.3], il che apre alla possibilità di creare un effetto di stereoscopia con soluzioni software e migliorare così l'immersione dell'utente nell'ambiente aumentato o virtuale.



Figura 2.3: Epson Moverio

Maggiori dimensioni dello schermo permetteranno una più completa copertura del campo visivo dell'utente, e sono interessanti alcuni stratagemmi per una sorta di simulazione di visione periferica che stanno venendo sviluppati dalla Microsoft: mentre uno schermo adatto a coprire l'intero campo visivo umano sarebbe costoso e di difficile implementazione, la soluzione proposta da Microsoft è di facile realizzazione e consiste nel simulare un'estensione del campo visivo con l'aggiunta di luci LED laterali, dal costo trascurabile, che estendano la visione fino all'ampiezza di 190°. Questa soluzione, che prende il nome di *sparse peripheral display* [Figura 2.4], è attuabile perché l'occhio umano non è in grado di mettere a fuoco gli oggetti che si trovano nel campo visivo periferico, e pare in grado di ridurre anche i problemi di nausea accusati da alcuni utenti durante esperienze di realtà aumentata o virtuale.

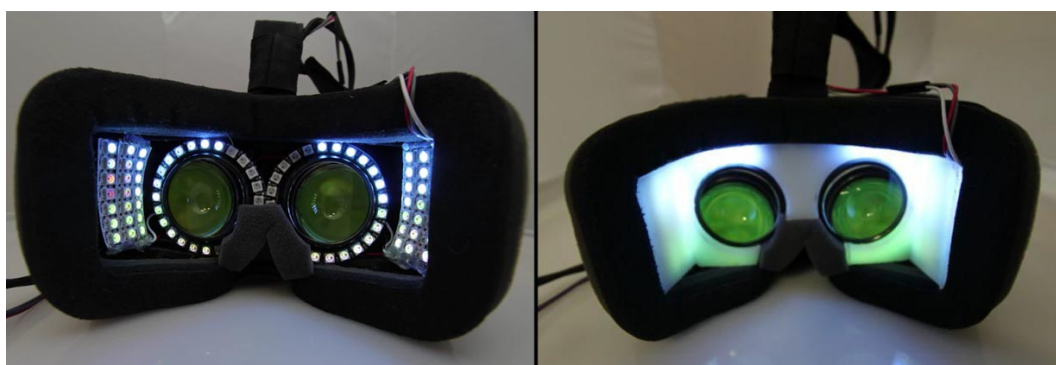


Figura 2.4: Un esemplare di Oculus Rift modificato per supportare uno sparse peripheral display

Un'altra notevole innovazione introdotta da Microsoft consiste nella tecnologia utilizzata nel display delle lenti Hololens: l'*Hololens optics system* è composto da lenti trasparenti olografiche, definite *waveguides*, che usano un sistema di proiezione ottica per riprodurre ologrammi sugli occhi dell'utente. Mentre gli schermi degli *smartphones* tradizionali sono misurati in pixel, quello di Hololens fa uso di punti di luce, ognuno dei quali appare trovarsi ad una determinata distanza; per una resa migliore di ologrammi più vividi è necessaria un'alta concentrazione di punti di luce per radiante. Gli ologrammi di Hololens rimbalzano in forma i fotoni attraverso le *waveguides*, e dunque sulle retine dell'utente.

Per risultati performanti, Microsoft ha realizzato appositamente per gli Hololens una HPU (*holographic processing unit*), ovvero un processore per la gestione degli ologrammi che affiancherebbe la CPU principale e sarebbe capace di mille miliardi di operazioni al secondo.

## 2.3 Eye Tracking

È interessante lo studio condotto da Kai Kunze sulla correlazione tra il movimento degli occhi e determinati tipi di attività <sup>1</sup>.

Spesso si teorizza di *eyewear device* che siano *context-sensitive*, ovvero che siano in grado di modellare il contesto di utilizzo e possano adattare il loro comportamento di conseguenza; lo studio di Kunze permette, tramite l'osservazione della direzione dello sguardo e della frequenza dei battiti delle palpebre, di determinare se l'utente stia leggendo, parlando o svolgendo altri tipi di attività. Il movimento degli occhi è strettamente correlato all'attenzione, alla

<sup>1</sup>[https://media.ccc.de/v/31c3\\_-\\_6460\\_-\\_en\\_-\\_saal\\_g\\_-\\_201412292115\\_-\\_eye\\_wear\\_computing\\_-\\_kai\\_kunze](https://media.ccc.de/v/31c3_-_6460_-_en_-_saal_g_-_201412292115_-_eye_wear_computing_-_kai_kunze), acceduto 28/02/2017

concentrazione e allo svolgimento di mansioni, e unito ad informazioni come i movimenti della testa permette non solo di dedurre lo stato dell'utente, ma anche di fare previsioni su uno stato futuro come la stanchezza, o lo stress. Sono stati provati diversi approcci per monitorare l'attività degli occhi dell'utente, uno dei quali prevedeva l'uso di una telecamera e un altro di un sensore a infrarossi, ma spesso i risultati non erano soddisfacenti. L'idea avanzata infine da Kunze è di utilizzare tre elettrodi posizionati due sui naselli degli occhiali, e uno sulla fronte, idea poi messa in atto nelle lenti J!NS MEME [Figura 2.5]: l'occhio umano è di fatto un bipolo, avente la carica positiva rivolta verso l'iride e la carica negativa verso la retina, e lo studio del movimento di queste cariche permetterebbe di dedurre verso quale direzione l'occhio sia rivolto.



Figura 2.5: J!NS MEME

Le lenti J!NS MEME non possono essere paragonate agli altri *eyewear devices* in quanto si limitano a comunicare con uno *smartphone* e non dispongono di nessun dispositivo di output video, non potendo quindi mostrare alcun contenuto digitale all'utente; tuttavia i loro sensori potrebbero, un domani, essere inseriti in un dispositivo *smartglasses* che possa modellare l'umore dell'utente, la sua stanchezza, i suoi obiettivi e il suo livello di concentrazione. Altri studi condotti da Kunze, poi, si focalizzano sulla relazione tra lo svolgimento di determinati compiti e l'attivazione di specifiche aree del cervello: monitorando quali aree del cervello sono utilizzate, tramite lo studio della concentrazione di ossiemoglobina, è possibile dedurre quale tipologia di compito stia svolgendo l'utente, sia questa un esercizio di memoria o un calcolo matematico, e anche determinare il livello di difficoltà che sta riscontrando e prevedere se sarebbe in grado di risolvere un compito più difficile.

## 2.4 Sensori avanzati per la realtà aumentata

Benché in rete si trovi molta confusione al riguardo, con *realtà aumentata* si intende solamente il contesto in cui elementi virtuali tridimensionali sono inseriti in un ambiente reale. Nel 1994, Paul Milgram definì quello che chiama *Reality-Virtuality continuum* 2.6, che comprenderebbe la realtà completamente fisica, la realtà completamente virtuale, e tutti gli scenari intermedi.

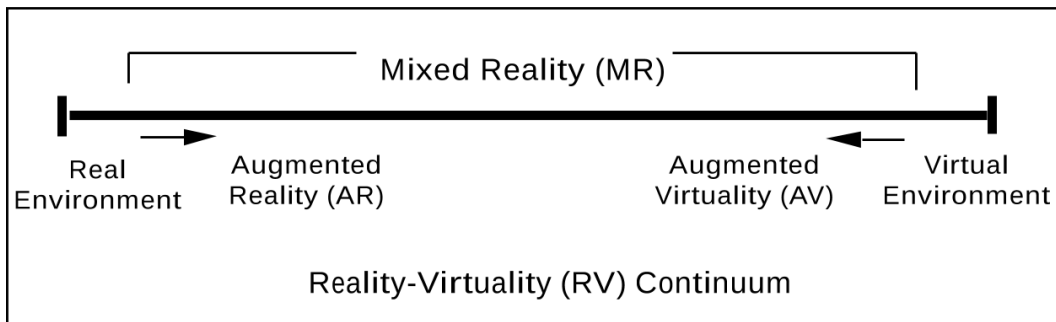


Figura 2.6: *Reality-Virtuality continuum*

La regione tra i due estremi prende il nome di *realtà mista*, ed è a questa che la maggior parte delle persone si riferisce usando impropriamente il termine *realtà aumentata*. Viene definita *virtualità aumentata* invece la situazione in cui oggetti reali, come possono essere le mani dell'utente, sono inseriti in un ambiente virtuale: il discrimine scelto da Milgram tra realtà e virtualità sarebbe quello che egli chiama il substrato dell'immagine, ovvero l'immagine di partenza su cui vengono poi applicati gli elementi aggiuntivi.

Un dispositivo a cui siano richieste funzionalità di realtà aumentata deve poter modellare i volumi dello spazio reale intorno al device, e costruirne una rappresentazione digitale. Deve poi modificare lo stato degli oggetti virtuali in base alle interazioni da parte dell'utente, e traslare la scena seguendo i suoi movimenti nello spazio.

Si rendono quindi da subito necessarie una o più telecamere per rilevare lo spazio intorno all'utente e monitorare le sue interazioni con gli oggetti virtuali, nonché un processore potente che possa gestire con latenza minima la resa degli oggetti, anche in relazione alle condizioni di luce della scena reale; si può, poi, fare uso di un sensore ad infrarossi per modellare l'ambiente circostante in condizioni di scarsa luce. È fondamentale l'uso di un giroscopio e di un accelerometro per seguire i movimenti dell'utente nello spazio, e può essere necessario anche un GPS per funzionalità più avanzate che dipendano dalla posizione geografica dell'utente. Un problema che emerge in contesti di realtà aumentata è quello dell'occlusione, ovvero della corretta gestione dell'ordine

degli oggetti: in particolare può essere problematico rendere un oggetto virtuale come parzialmente occluso da un oggetto fisico, e nel caso di visori *optical see-through*, in cui l'immagine virtuale è solo additiva rispetto a quella reale, non è possibile occludere un oggetto reale luminoso con uno virtuale più scuro.

Per supplire alla mancanza di una visione periferica, molte case produttrici hanno inserito dei riproduttori di suoni 3D surround, che simulano la direzionalità di suoni e rumori di origine digitale e favoriscono il senso di immersione nella realtà aumentata.

# Capitolo 3

## Software di un eyewear device

L'ultimo ventennio ha visto molti progressi nell'ambito dell'hardware degli *eyewear devices*, eppure è da poco che si è cominciato a concentrarsi sullo sviluppo di applicazioni mirate per questi dispositivi. In che cosa differiscono dalle applicazioni *mobile*? Quali sono le esigenze specifiche per questa nuova tipologia di utenti?

Sebbene il funzionamento interno del software possa mostrare degli elementi in comune, i dispositivi *eyewear* sono sostanzialmente diversi dagli *smartphone* e dai *tablet*, ed è giusto che le loro applicazioni seguano canoni differenti sia per il design che per i comandi. Le modalità d'uso degli *smartglasses* pongono sfide uniche per cui è stato necessario porsi domande nuove che spaziano in un ambito ancora inesplorato, e ideare soluzioni originali.

Il mercato degli *smartphone* ad oggi è ampio e c'è stato modo per gli sviluppatori di software di sperimentare diverse soluzioni per quanto riguarda comandi e design; nel tempo si sono affermati gli approcci migliori, e si sono venute a definire così delle convenzioni di stile e di utilizzo a cui il pubblico si è, più o meno consapevolmente, abituato; queste norme generali determinano la differenza tra le applicazioni percepite come facili da utilizzare e le altre, e guidano gli sviluppatori nella creazione delle nuove *app* da proporre agli utenti.

Lo stesso processo relativo alle applicazioni per *eyewear devices* è ancora in atto, e i principali fornitori di questi dispositivi hanno messo a disposizione, assieme a degli ambienti di sviluppo, anche dei manifesti contenenti le linee guida per la creazione di applicazioni che siano funzionali e intuitive.

In questo capitolo si esamineranno i punti in comune tra le indicazioni proposte dai diversi fornitori <sup>1</sup>, per poi analizzare più nel dettaglio il funzio-

---

<sup>1</sup>Google: <https://developers.google.com/glass/design/principles> Sony: <https://developer.sony.com/develop/wearables/smarteyeglass-sdk/design-guidelines/> Recon: <https://software.intel.com/en-us/articles/design-guidelines-for-recon-jet>

namento di applicazioni di realtà aumentata [11] [14] e passare in rassegna le principali piattaforme ad oggi disponibili. Infine, si esamineranno alcuni esempi concreti di applicazioni per *eyewear device*.

## 3.1 Indicazioni per il design di un'applicazione eyewear

### 3.1.1 Linee guida di design

L'*eyewear device*, in quanto *wearable*, è concepito per essere sempre attivo e disponibile per l'utente, e per supportarlo durante tutto l'arco della sua giornata: si rende necessario, quindi, che qualunque interazione con lui non richieda la sua totale attenzione, e anzi lo distraiga il meno possibile dalle sue occupazioni contingenti. Mentre nella programmazione *mobile* i contenuti hanno il ruolo di protagonisti, poiché si può dare per scontata la piena attenzione dell'utente, nell'*eyewear computing* essi sono destinati ad essere elementi di contorno sempre disponibili ma mai totalizzanti; non devono dominare la scena, ma arricchirla integrandola con informazioni inerenti, quasi come se l'utente le richiamasse naturalmente dalla propria memoria.

Data, inoltre, la dimensione contenuta dello schermo di un *eyewear device*, le informazioni da esso fornite devono essere semplici, sintetiche e di comprensione immediata. Nel caso di device binoculari, e in particolare per applicazioni volte a fornire supporto ad altre attività, ad esempio durante la guida o nello svolgimento di mansioni lavorative come la manutenzione, è vitale che le informazioni mostrate dal dispositivo siano il meno intrusive possibile, ma non troppo vicino al bordo estremo delle lenti del dispositivo così da poter essere fruite con uno sguardo e non distrarre l'utente.

Poiché è previsto che i dispositivi *eyewear* assistano l'utente sempre durante tutta la sua giornata, si richiede che possano rilevare il contesto ed adattarsi alle varie situazioni: ad esempio la luminosità dell'*overlay* digitale dovrebbe essere modulata in base alle condizioni di luce esterne, così che i testi appaiano sempre visibili e distinti, e possano essere letti facilmente, senza però risultare troppo luminosi in condizioni di scarsa illuminazione. Se si programma un'applicazione che prevede che l'utente sia in movimento o all'aperto, è bene che le scritte tendano ad essere più grandi e leggibili, mentre se si assume che sia seduto o in un ambiente al chiuso, allora si può optare per caratteri leggermente più piccoli. In caso di dispositivi binoculari, che permettono di avere un'impressione di profondità tramite stereoscopia, è stato riscontrato che in ambienti interni è più confortevole che l'interfaccia appaia più vicina, mentre all'aperto, con tanti elementi di sfondo, è meno faticoso per lo sguardo se



risulta più lontana. Dato che questi dispositivi sono concepiti per un uso continuativo, è di fondamentale importanza che le informazioni siano presentate in una forma che non affatichi l'utente, e che permetta un uso prolungato del *device*.

Anche il contenuto delle informazioni mostrate all'utente può essere adattato al contesto, in modo che la sua visuale non sia mai invasa da dati poco rilevanti o non inerenti alla situazione contingente: se ad esempio l'utente dovesse trovarsi all'interno di un supermercato, il suo *eyewear device* potrebbe mostrargli la lista della spesa, o in un'ottica di *Internet of Things* potrebbe connettersi al frigorifero di casa e mostrare di quali prodotti è necessario rifornirsi. L'importante è che le informazioni proposte dal dispositivo non risultino mai moleste o inopportune, e per questo è fondamentale tenere conto dell'orario e della posizione, nonché della frequenza, di certi tipi di notifiche per garantire una migliore esperienza d'uso.

Uno degli obiettivi dei *wearable devices* è quello di essere in grado di interpretare il naturale modo di esprimersi dell'utente, così che egli non sia costretto ad adattarsi a convenzioni per comunicare col dispositivo, ma possa farlo nella maniera a lui più congeniale. Per lo stesso motivo è altrettanto importante che il *device* presenti le informazioni in una forma che risulti per l'utente semplice e intuitiva, ad esempio mostrando vicino a un messaggio il volto del mittente. È preferibile che i testi siano concisi, si rivolgano all'utente in seconda persona, e tendano a fare uso di verbi brevi e di immediata comprensione. I dispositivi *eyewear*, a differenza degli *smartphones*, non devono solo permettere all'utente di interagire col mondo computazionale, ma devono fungere da interprete e mediatore, colmando la distanza tra le persone e la tecnologia, in maniera tale da ridurre al minimo la intervallo tra l'intenzione e l'atto.

### 3.1.2 Menu e comandi

Generalmente un'applicazione *eyewear* può fare riferimento a dei metodi di input comuni alla maggior parte dei dispositivi, quali i comandi vocali, un *touch pad*, e dei bottoni, che solitamente corrispondono con quelli previsti dal sistema *Android*, installato dalla maggioranza degli device di questo tipo; inoltre molti dispositivi, ma non tutti, offrono supporto anche per comandi gestuali.

Ad oggi ci si appoggia ancora molto ad elementi della programmazione *mobile* per lo sviluppo di software *eyewear*, ma lentamente si stanno venendo a definire concetti ed astrazioni proprie delle applicazioni di questo tipo di dispositivi; tuttavia è possibile prevedere che questo processo di emancipazione dalla programmazione *mobile* richiederà ancora molto tempo.

La struttura dei menu di un'applicazione *eyewear* si basa sul concetto di *card*: una *card* consiste in una schermata, ovvero ciò che viene visualizzato contingentemente sul display del device, e per questo motivo può essere visualizzata solo una *card* per volta. Solitamente il menu principale del dispositivo consiste in una lista di *card*, che l'utente può scorrere, in genere, con un comando *swipe*, gestuale o *touch*, verso destra o verso sinistra. Da una *card* si può accedere ad un sottomenu o ad una funzionalità, o attivare un'applicazione.

Produttori come *Sony* usano le *card* come elementi costitutivi dei menu, che risultano non dissimili dai menu dei sistemi *mobile*, mentre *Google* propone una distinzione tra *live card* e *static card*. Mentre queste ultime non differiscono dalle *card* previste da *Sony*, una *live card* corrisponde ad un *task* aperto di cui l'utente possa controllare spesso lo stato, ad esempio potrebbe contenere un cronometro o un riproduttore di musica.

Molti *eyewear devices*, installando sistemi basati su *Android*, offrono l'opportunità di eseguire applicazioni "a tutto schermo", a cui *Google* si riferisce come *immersion*, mentre *Recon* usa il termine *expanded app*. Un'applicazione di questo tipo può prevedere risposte specifiche agli input ricevuti dall'utente, e in generale non è molto dissimile da una *activity* nell'ambito *mobile*.

## 3.2 Realtà aumentata: gli approcci

Se da una parte è vitale un hardware che rispetti i requisiti di leggerezza, comfort e durata della batteria, dall'altra è altrettanto essenziale un software che svolga le sue mansioni con bassa latenza e un consumo di energia ridotto. Applicazioni di riconoscimento degli oggetti e di realtà aumentata richiedono un notevole sforzo computazionale, che può essere più o meno elevato a seconda del metodo che si è scelto per l'implementazione.

La realtà aumentata è sempre stata un ambito di forte interesse per *l'eyewear computing*, fin dalle origini nel 1968 quando Ivan Sutherland realizzò il sistema denominato "*Sword of Damocles*". Da allora la ricerca ha compiuto notevoli passi in avanti, e anche nell'ambito del *mobile* c'è stata una diffusione di applicazioni che aggiungono contenuti virtuali tridimensionali alla scena ripresa dalla fotocamera. Gli approcci per l'implementazione di realtà virtuale si dividono principalmente tra quelli basati su algoritmi di visione (*computer vision-based*), che modellano l'ambiente in cui si trova l'utente a partire dall'immagine che ricevono da una telecamera, e quelli invece basati sui sensori (*sensor-based*), che in base alle informazioni dei sensori inerziali e di localizzazione del *device* ne deducono la posizione nello spazio; esistono poi approcci ibridi che integrano aspetti dell'uno e dell'altro tipo.

### 3.2.1 Realtà aumentata computer vision-based

La realtà aumentata *computer vision-based* si appoggia ad algoritmi di tracciamento (*tracking algorithms*) per identificare gli oggetti reali nelle immagini ricevute da una telecamera, e collegarli, quindi, a quelli virtuali seguendo delle associazioni contenute in un database, generalmente in memoria sul *device*. Per questa tipologia di realtà aumentata sono previste tre fasi: nella prima, il riconoscimento, viene estrapolato dall'immagine un insieme di caratteristiche, che sono poi confrontate con le informazioni nel database, per verificare se ci sia qualche corrispondenza. La seconda fase, invece, prevede il tracciamento dell'oggetto identificato tra un fotogramma e quello successivo, e nella terza fase viene costruita una trasformazione di conversione tra il sistema di coordinate del fotogramma attuale e quello invece dell'oggetto nel database, problema noto in letteratura come *pose estimation* (stima della posizione). Gli approcci alla realtà aumentata *computer vision-based* si dividono a loro volta tra quelli che fanno uso di *marker* (*marker-based*) e quelli che invece si appoggiano al riconoscimento di caratteristiche degli oggetti (*feature-based*). Ognuno dei due approcci ha i suoi vantaggi e i suoi limiti, e per questo non sono mutualmente esclusivi, ma possono essere combinati a seconda delle funzionalità richieste.

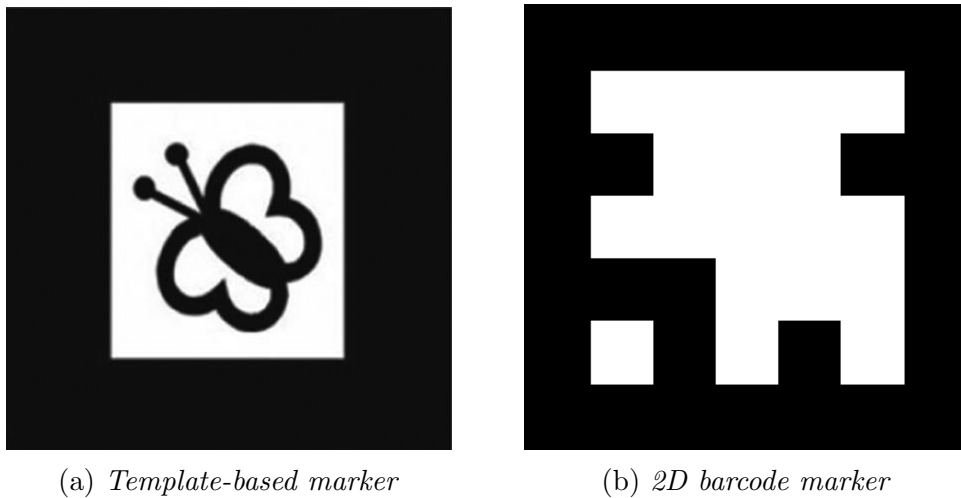
Per quanto riguarda i sistemi *marker-based*, si definisce *marker* un oggetto che presenta determinate caratteristiche, tali che il *device* le possa riconoscere in modo rapido e affidabile; le caratteristiche di ogni *marker* sono mantenute in memoria in un database, così da potervi accedere rapidamente durante il processo di analisi dei fotogrammi. È stato riscontrato che i *marker* bianchi e neri sono più facilmente riconoscibili anche al variare delle condizioni di luce e in presenza di rumore, ed è per questo che generalmente sono preferiti ai *marker* cromatici: un'immagine in bianco e nero presenta un istogramma bipolare, ovvero non contiene regioni di colori dalla luminosità intermedia, e per questo motivo può essere riconosciuta più facilmente. Altri studi, poi, hanno constatato che la forma più efficace per un *marker* è il quadrato, dato che sono necessarie almeno quattro coppie di punti corrispondenti tra due fotogrammi consecutivi per dedurre la trasformazione omografica da applicare agli oggetti della scena; inoltre, il quadrato può essere riconosciuto in modo affidabile come intersezione di bordi con un algoritmo di *edge detection*. È per questo motivo che al giorno d'oggi la maggior parte delle applicazioni di realtà aumentata *marker-based* fa uso di *marker* bianchi e neri di forma quadrata.

Un sistema di realtà aumentata *marker-based* consiste in tre componenti principali, ovvero innanzitutto l'individuazione delle regioni del fotogramma candidate ad essere *marker* (*marker detection*), seguita poi dalla verifica di quali tra i candidati siano effettivamente dei *marker* e quali no (*marker identification*), e infine dal processo per il calcolo, a partire dal *marker*, della

trasformazione omografica da applicare ai corrispondenti oggetti virtuali da inserire nella scena (*marker tracking, pose estimation*).

Durante la fase di *marker detection* il sistema prima di tutto converte l'immagine del fotogramma, ricevuta dalla telecamera, in scala di grigio, cioè mantenendo solo le informazioni sulla luminosità. Successivamente viene applicato un algoritmo di *edge detection* per l'individuazione di tutti i bordi contenuti nell'immagine; tra i più popolari algoritmi di *edge detection* troviamo *Canny edge operator*, *Sobel operator* e *Laplacian operator*. Lungo i bordi trovati si tracciano linee tramite operazioni di *line fitting*, e di queste linee vengono individuati i punti di intersezione, che potrebbero corrispondere agli angoli di candidati *marker*. Dopodiché si isolano le regioni delimitate da quattro linee e da quattro angoli, che vengono registrate come potenziali *marker*, e infine le si testano con dei criteri efficaci e di facile computazione per scremare i risultati; i falsi positivi vengono scartati, così da non essere più presi in considerazione nelle successive operazioni di identificazione e tracciamento. Durante la fase di verifica un criterio efficace per scremare la lista dei potenziali *marker* prevede di scartare le regioni di dimensioni eccessivamente ridotte, in quanto non sarebbe possibile riconoscere se fossero *marker* né stabilire quali, mentre un altro criterio facile da computare prevede l'analisi dell'istogramma della regione, come accennato in precedenza. In generale sono disponibili criteri specifici a seconda del tipo di *marker* che si è scelto di adottare, ad esempio un codice a barre solitamente contiene un'alta frequenza di alternanze tra bianco e nero, e questo permetterebbe di scartare i candidati *marker* che non presentassero questa caratteristica.

La fase di *marker identification* prevede che i candidati selezionati in precedenza siano paragonati agli elementi nel database, in modo da poter identificare i *marker* nella scena e scartare gli ultimi falsi positivi. I criteri di comparazione dipendono dalla tipologia di *marker* che si è scelto di utilizzare, e due dei tipi più popolari sono i *template-based marker* [Figura 3.1a] e i *2D barcode marker* [Figura 3.1b].

Figura 3.1: Esempi di diversi tipi di *marker*

I *template marker* sono di fatto immagini semplici circondate da un bordo nero, e la loro identificazione prevede che siano sottoposte ad un processo di rettificazione per poi essere paragonate ad ogni immagine contenuta nel database, ruotate di  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  e  $270^\circ$ . Se la somiglianza con una delle immagini del database supera la soglia prestabilita, il candidato è riconosciuto come *marker*, altrimenti verrà scartato. Questo processo tuttavia prevede un confronto pixel per pixel, nonché la memorizzazione nel database di tutte le immagini associate ai *marker*, e questo comporta un uso di memoria e uno sforzo computazionale notevoli. Una soluzione può essere quella di diminuire le dimensioni delle immagini nel database, ma questo implica una minor accuratezza del sistema di riconoscimento, oltre che a un minor numero di *marker* possibili.

Non presentano di questi problemi invece i *2D barcode marker*, che si compongono di celle bianche e nere, con eventualmente un bordo o altri segni di riferimento. L'alternanza delle celle codifica di fatto un'informazione, ad esempio una cifra o un testo, che può servire ad identificare il *marker* o addirittura coincidere col contenuto virtuale da associarvi. Gli esempi più popolari di questa tipologia di *marker* includono *DataMatrix* (conosciuto anche come *SemaCode*) e *PDF417*, ma forse il più noto è il *QR code* per via del suo ampio utilizzo in ambito *mobile*: sviluppato nel 1994 dalla corporazione giapponese *DensoWave*, prende il nome dall'acronimo di *Quick Responsive* e può contenere fino a 2953 bytes di dati, che corrispondono a 7089 caratteri numerici o 4296 caratteri alfanumerici.

L'ultima fase di un sistema di realtà aumentata *marker-based* è quella di *marker tracking*, in cui agli oggetti virtuali vengono assegnate la posizione e

la rotazione dei corrispondenti *marker*. Per ottenere questo si tiene traccia in tempo reale di posizione e orientamento della telecamera rispetto alla scena, e per fare ciò sono necessarie almeno quattro coppie di punti corrispondenti (complanari ma noncollineari) tra il *marker* nella scena reale e quello sul piano del fotogramma della telecamera. Generalmente in caso di *marker* quadrati si usano i quattro angoli del *marker*, che possono essere individuati in modo facile e affidabile. Una volta ottenuta la posizione iniziale della telecamera si tiene traccia di quella del *marker* da un fotogramma all'altro, per calcolare la trasformazione da applicare all'oggetto virtuale.

Si può dire che i *2D barcode marker* costituiscano di fatto la tipologia di *marker* più adatta ad applicazioni di realtà aumentata *marker-based*, dato che la fase di *marker-identification* richiede uno sforzo computazionale ridotto e che quella di *marker-tracking* necessita solo di identificare quattro punti per dedurre la posizione della telecamera; inoltre i *2D barcode marker* possono contenere un'ampia quantità di informazioni. Tuttavia i *marker* di questo tipo sono molto sensibili all'occlusione, e devono essere applicati nella scena reale a priori, cosa non sempre possibile o fattibile. Per superare questo tipo di problemi si può ricorrere alla realtà aumentata *feature-based*, che però, rispetto al modello *marker-based*, necessita di maggiori risorse in fatto di memoria e di potenza di calcolo.

La realtà aumentata *feature-based*, o *markerless* (letteralmente “senza marker”), si basa sul riconoscimento di determinate caratteristiche (*features*) per l'identificazione di specifiche tipologie di oggetti, e in particolare solitamente fa uso di quelle che sono definite *local features*: mentre l'estrazione delle *global feature* convenzionali restituisce un singolo vettore di caratteristiche per l'intera immagine, l'estrazione di *local features* genera un insieme di vettori multidimensionali di caratteristiche. Solitamente tale processo di estrazione si compone di due fasi: *interest point detection* (o *local feature detection*), in cui si selezionano e raccolgono un insieme i punti salienti dell'immagine, e *interest point description* (o *local feature description*), che invece prevede la rappresentazione dell'area intorno ad ognuno dei punti di interesse con un vettore. È stato dimostrato che i sistemi che fanno uso di *local features* piuttosto che di *global features* sono meno sensibili a trasformazioni geometriche (prospettiche) e fotometriche (ovvero al variare delle condizioni di luce), nonché al rumore di fondo e all'occlusione, ed è per questo motivo che generalmente le applicazioni di realtà aumentata *feature-based* prediligono questo tipo di *feature*.

Generalmente è prevista una fase preliminare all'uso del sistema in cui per ognuna delle immagini del database si estraggono le *feature* e le si salvano in una struttura di indicizzazione per facilitare l'accesso. Successivamente, nella fase di riconoscimento, sono estratte le caratteristiche dell'immagine ricevuta dalla telecamera, che vengono poi paragonate a quelle presenti nel database

in cerca di una corrispondenza: se la somiglianza con l'immagine del database più simile supera la soglia stabilita, l'obiettivo è allora identificato. Si procede dunque con il calcolo della posizione iniziale della telecamera, tramite algoritmi *RANSAC* o *PROSAC*, e in seguito si comparano i fotogrammi consecutivi per tener traccia dei suoi movimenti.

### 3.2.2 Realtà aumentata sensor-based

La realtà aumentata *sensor-based* si basa sugli input ricevuti da sensori come bussola, GPS, NFC, accelerometro e giroscopio per determinare la posizione geografica dell'utente, nonché il suo orientamento nello spazio e i suoi movimenti in tempo reale. Benché lo sforzo computazionale richiesto da questi sistemi sia più contenuto rispetto ad approcci *computer vision-based*, i risultati sono molto meno precisi, ed è per questo che è raro vengano realizzate applicazioni di realtà aumentata completamente *sensor-based*.

## 3.3 Sistemi operativi disponibili

Ad oggi il mercato degli *eyewear devices* è piuttosto fornito, e in base alle caratteristiche desiderate e alla fascia di prezzo sono disponibili diverse soluzioni. Molti tra i più noti produttori di questi dispositivi, come *Epson*, *Meta*, *Google*, *Recon* e *Oculus*, *Vuzix* hanno esteso delle *release* Android per creare dei propri sistemi operativi, mentre altri, come *Sony*, hanno preferito appoggiarsi a piattaforme Android preesistenti; è interessante, poi, il caso di Microsoft, che ha dotato i suoi dispositivi di *Windows 10* per ottimizzare la compatibilità con gli altri *device* che installino lo stesso sistema operativo. Di seguito si analizzeranno i sistemi e gli strumenti di sviluppo messi a disposizione da ciascuno dei fornitori elencati, discutendo prima i dispositivi binoculari per passare poi a quelli *see-through*.

### 3.3.1 Microsoft

L'*eyewear device* sviluppato da Microsoft, *Microsoft HoloLens*, installa il sistema operativo *Windows 10* e fa uso del framework *Windows Holographic*: si tratta di una piattaforma per realtà aumentata basata sulla *Windows 10 API* che è in grado di eseguire tutte le applicazioni sviluppate con l'uso della *Universal Windows Platform (UWP)*; vice versa, tutte le applicazioni per *Holographic* sono *Universal Windows app*, e possono, quindi, essere eseguite su qualunque dispositivo che installi *Windows 10*. Il sistema mette a disposizione diversi strumenti a cui uno sviluppatore può ricorrere per la creazione di applicazioni, ed è in grado di gestire comandi vocali e gestuali, la direzione in

cui l'utente volge lo sguardo, suoni tridimensionali, nonché la mappatura 3D degli spazi, sistemi di coordinate spaziali e altro ancora. Per lo sviluppo di applicazioni, la casa produttrice indica l'uso di *Visual Studio Community 2015*, e fornisce strumenti quali il *Windows 10 SDK* e un emulatore di *Windows HoloLens* per finalità di testing; viene inoltre consigliato l'uso della libreria *Vuforia* e dell'*engine* di gioco *Unity* per facilitare la creazione di applicazioni olografiche. È disponibile sul sito di *Microsoft*<sup>2</sup> una sezione denominata *Holographic Academy*, in cui sono reperibili video tutorial che guidano nell'implementazione degli elementi basilari di un'applicazione di realtà aumentata per *Windows Holographic*, oltre a guide per l'uso degli strumenti forniti, esempi di codice e un'attiva comunità online di sviluppatori. Un'applicazione sviluppata per *Windows Holographic*, una volta terminata, può essere inserita nel negozio online *Microsoft Store*, previa la creazione di un account presso il sito *Windows Dev Center*.

### 3.3.2 Sony

I dispositivi *eyewear* prodotti da *Sony*, gli *SmartEyeglass*, non sono autonomi, ma è previsto che siano usati come periferiche di degli *smart devices*; per questo motivo le applicazioni mirate per questi *device* sono di fatto applicazioni *mobile*. Il *development kit* messo a disposizione dalla casa per lo sviluppo di tali applicazioni estende *Android SDK* e prende il nome di *SmartEyeglass SDK*. Esso include il set di API *Smart Extensions framework*, già rilasciato singolarmente ed applicabile a tutti i *device Sony*, oltre che ad esempi di codice che fungano da base per lo sviluppo di applicazioni future. Comprende inoltre tutte le funzionalità necessarie per interfacciarsi con un dispositivo *SmartEyeglass* tramite uno *smart device*, dando quindi la possibilità di sovrimporre immagini bitmap sul display monocromatico del dispositivo *eyewear*, di controllarne la telecamera e il microfono, così come lo stato degli altri sensori presenti. L'ambiente di sviluppo indicato dalla casa per la creazione di software per *SmartEyeglass* è *Android Studio*.

*Sony* mette a disposizione anche una piattaforma web denominata *Developer World*<sup>3</sup>, per fornire supporto ai programmatori che realizzino applicazioni per l'uso di *SmartEyeglass*, e fornire un riferimento per lo sviluppo di una comunità attiva in questo senso.

---

<sup>2</sup><https://developer.microsoft.com/it-it/windows/holographic>

<sup>3</sup><https://developer.sony.com/develop/wearables/smarteyeglass-sdk/>



### 3.3.3 Epson

La gamma di *eyewear device* prodotti da *Epson* è chiamata *Epson Moverio*. Tutti i dispositivi *Epson Moverio* installano release di *Android*, senza modifiche sostanziali, e l'interfaccia per la ricezione dei comandi da parte dell'utente è costituita da un'appendice di comando hardware esterna ai glasses, a loro collegata via cavo, che incorpora i principali comandi previsti dai sistemi *Android*.

*Epson* fornisce diversi *development kit*<sup>4</sup> a seconda del modello particolare per il quale un programmatore voglia produrre codice, ma tutti gli *SDK* sono espansioni di *Android SDK* che permettono il controllo di elementi specifici del device, come display, *user interface*, sensori, telecamera, e stato della batteria.

Oltre agli strumenti di sviluppo, *Epson* fornisce anche guide tanto per gli utenti quanto per i programmatori, una piattaforma di supporto tecnico, ed uno *store* dedicato chiamato *Moverio Apps Market*<sup>5</sup>, sul quale è possibile pubblicare e vendere le applicazioni sviluppate previa registrazione alla sezione per sviluppatori del sito.

### 3.3.4 Google

Il sistema operativo sviluppato da *Google* prende il nome di *Glass OS*. Precedentemente conosciuto come *Google XE*, abbreviazione di *Explorer Edition*, è stato realizzato per il dispositivo *Google Glass*, lanciato in anteprima nel 2013 e poi rilasciato sul mercato dal 2014 al 2015. Il sistema di fatto consiste in una versione modificata della piattaforma *Android*, e nella sua *release* più recente estende *Android 4.4 (Kit Kat)*. Il fatto che si basi su un sistema *Android* rende, in potenza, il dispositivo compatibile con applicazioni *mobile* e permette a sviluppatori *Android* di mettere a frutto parte delle loro conoscenze per la realizzazione di nuove applicazioni *glassware* (questo è il nome con cui *Google* si riferisce al software per *Glass OS*). Sul proprio sito<sup>6</sup> la casa produttrice mette a disposizione diversi strumenti di supporto al programmatore, tra i quali il principale è l'ambiente di sviluppo *Glassware Development Kit (GDK)*, che estende *Android SDK* e in più supporta comandi vocali, il riconoscimento automatico dei gesti *touch* più comuni e comandi per interfacciarsi con la fotocamera del dispositivo. Sono inoltre disponibili tutorial e indicazioni per la creazione di applicazioni, così come linee guida per le fasi del processo di sviluppo e per il design del software. Al di là del lato tecnico, è molto importante che il *glassware* sviluppato segua le convenzioni indicate da

<sup>4</sup><https://moverio.epson.com/>

<sup>5</sup>[https://moverio.epson.com/jsp/pc/pc\\_application\\_list.jsp](https://moverio.epson.com/jsp/pc/pc_application_list.jsp)

<sup>6</sup><https://developers.google.com/glass/>

*Google*, faccia uso delle funzionalità disponibili in modo opportuno e presenti un'interfaccia coerente con quella delle altre applicazioni per *Glass OS*. Un altro elemento notevole messo a disposizione sul portale di *Google* è la *Google Mirror API*, che permette di realizzare servizi web che interagiscano con dispositivi che installino *Glass OS* senza che questi debbano eseguire codice. Sul sito internet possono essere reperiti anche esempi di codice, e si può accedere alla *web application Glassware Flow Designer*, ideata per guidare lo sviluppatore nel design di un'applicazione fornendo pattern e layout preesistenti in cui basterà inserire i contenuti. Infine, *Google* indirizza i programmatori che avessero bisogno di supporto verso la comunità sul sito *Stack Overflow*, facendo riferimento ai tag *google-gdk* e *google-mirror-api*.

### 3.3.5 Vuzix

Nel corso degli anni *Vuzix* ha prodotto diversi tipi di dispositivi *eyewear*, alcuni concepiti come periferiche di un *host device*, altri invece da usarsi in modo indipendente. La maggior parte dei *devices* installa release di *Android* come sistema operativo, e per questo offre la possibilità non solo di eseguire applicazioni specificamente *eyewear*, ma anche applicazioni *mobile*. La casa mette a disposizione un software, compatibile con *Android* e *iOS*, da installarsi su tablet o cellulare affinché questo possa fungere da controller per l'*eyewear device*, dato che molte applicazioni *mobile* possono necessitare di un *touch pad* o di una tastiera.

I dispositivi marcati *Vuzix* più rilevanti attualmente sul mercato sono monoculari, con uno schermo di dimensioni ridotte che non occupa l'intero campo visivo, ma solo una piccola finestra.

Per gli iscritti al suo sito web<sup>7</sup>, *Vuzix* mette a disposizione un *SDK* specifico per il dispositivo *M100*, che estende *Android SDK* e include librerie mirate per l'uso di comandi gestuali (*GestureSensor API*) e vocali (*VoiceControl API*), consentendo di attivarli e disattivarli, o di personalizzarli. Sono, inoltre, disponibili diverse guide all'installazione e all'uso degli strumenti forniti, così come degli esempi.

Sul portale web si trovano anche informazioni su un *SDK* mirato per il dispositivo *M300*, anche questo estensione di *Android SDK* e attualmente in stadio *alpha*, disponibile per l'acquisto. Il *development kit* offrirà funzionalità specifiche per l'uso del *device* in ambito lavorativo.

Il *development kit* a pagamento *Wikitude*, non di proprietà a *Vuzix*, offre supporto specifico per il dispositivo *Vuzix M100*<sup>8</sup> e contiene librerie per realtà aumentata *marker-based*, *markerless* e *location-based*.

<sup>7</sup><https://www.vuzix.com/Developer>

<sup>8</sup><http://www.wikitude.com/developer/documentation/vuzix>

## 3.4 Esempi di applicazioni

### 3.4.1 Skylight

*Upskill*, partner di *Google Glass*, ha realizzato un'applicazione dalle molteplici funzionalità, ideata per poter essere usata in diversi contesti: *Skylight*<sup>9</sup>. Le caratteristiche di questo software ne permettono l'utilizzo in diversi settori, dalla riparazione e installazione di sistemi e macchinari, ad attività di magazzino, a qualunque altro compito che possa essere svolto da un operatore non esperto, in teleassistenza.

L'uso dei comandi vocali consente all'utente di navigare attraverso i menu senza dover interrompere l'attività corrente, e la telecamera integrata nel dispositivo permette ad un esperto collegato con l'operatore di essere aggiornato in tempo reale sulla situazione. È possibile documentare le operazioni svolte così che fungano da guida per altri colleghi in futuro, e accedere a questo database, qualora dovesse essere necessario. In questo modo, un datore di lavoro può richiedere che vengano realizzati tutorial da lavoratori più esperti, che possano essere usati in futuro per la formazione di nuovi assunti (*video-training*).

L'applicazione, inoltre, non prevede necessariamente un esperto che fornisca assistenza remota, ma può guidare un inviato sul campo nello svolgimento di un compito con istruzioni passo per passo, fornendo solo le informazioni necessarie all'operazione contingente per non distrarlo o confonderlo, e richiedendo che questo invii notifiche o fotografie in determinati momenti. Le istruzioni, redatte in un momento precedente, possono comprendere documenti, fotografie, video, e possono essere fruite anche in contesti che non prevedono una connessione internet.

Un esperto collegato con l'inviato può spedire istantanee della visuale della telecamera con sopra annotate informazioni per guidarlo, e monitorare l'attività da remoto. Tramite l'uso dell'*eyewear device* il lavoratore può effettuare e ricevere telefonate, o scambiare in tempo reale messaggi con singoli o con team di persone. Potrà, inoltre, ricevere notifiche che catturino la sua attenzione, qualora ad esempio un componente di un macchinario raggiungesse una temperatura anomala, o un supervisore avesse bisogno di lui. Grazie alla connettività del dispositivo, l'utente potrà avere accesso a tutta la documentazione escludendo il rischio di dimenticare di portarla con sé.

L'uso di *Skylight* consente comunicazioni in tempo reale tra tutti i dipendenti di un'azienda, e le funzionalità di teleassistenza permettono di inviare tempestivamente sul campo un operatore, anche non esperto, ottenendo un risparmio di tempo e di denaro.

---

<sup>9</sup><https://upskill.io/>

Il software è compatibile con *Google Glass*, *Vuzix M100* e *Recon Jet Pro*, che la casa produttrice raccomanda in quanto progettato specificamente per l'uso professionale.

### 3.4.2 Xpert Eye

Sviluppata da *AMA (Advanced Medical Applications)*, l'applicazione *Xpert Eye*<sup>10</sup> è mirata alla assistenza remota in ambito medico e dell'industria. *AMA*, così come *Upskill*, punta sul risparmio di tempo e risorse che l'uso del software comporterebbe per le aziende che decidessero di adottarlo: in certi casi, sia nel settore industriale che in quello medico, agire tempestivamente è vitale, e i trasporti possono provocare ritardi non trascurabili. *Xpert Eye* permette di collegare un *eyewear device* ad un operatore remoto che comunichi con l'utente e lo guidi nello svolgimento delle sue mansioni, e supervisioni la situazione osservando la visuale della telecamera. Una funzionalità di zoom permette di ingrandire un dettaglio della visuale, ed è possibile scambiare istantanee scattate dallo stream della telecamera, con sopra riportate annotazioni. Per preservare la privacy dei pazienti, il software permette sempre un'alternativa all'immissione vocale dei dati, ed è possibile avviare una chat con un team di colleghi e supervisori per scambiare informazioni in modo discreto. L'uso di *Xpert Eye* permette ad un operatore medico di potersi affidare all'esperienza di un collega più qualificato per operazioni delicate, e di visitare tempestivamente un paziente a domicilio, così che questo non sia costretto a recarsi in una struttura ospedaliera. È possibile, inoltre, un uso del software per *teletraining*, ovvero per la formazione degli operatori, che potranno ad esempio osservare mentre il loro mentore effettua un'operazione chirurgica, e chiedergli chiarimenti in tempo reale. L'applicazione è disponibile in versione *desktop (Xpert Eye P1)* e *mobile (Xpert Eye Mobility M1)*, così da potersi adattare ad una più vasta gamma di scenari, in particolare a situazioni in cui la tempestività dell'intervento è vitale.

### 3.4.3 Remote Scribe

*Remote Scribe*<sup>11</sup>, sviluppata da *Augmedix*, è un'applicazione per *Google Glass* realizzata per registrare automaticamente i dati dei pazienti durante le visite mediche. L'uso del software solleva il medico dal dover distogliere l'attenzione per inserire le informazioni in un computer, e questo favorisce un rapporto più personale col paziente, oltre a determinare un risparmio di tempo: l'applicazione infatti dovrebbe permettere di risparmiare mediamente 15

<sup>10</sup><http://www.amaxperteye.com/xpert-eye/>

<sup>11</sup><https://www.augmedix.com/remote-scribing-provider-productivity/>

ore alla settimana. *Remote Scribe* può documentare l'intera visita, e mostrare dati relativi al paziente nella visuale del medico, in modo che questo non debba accedervi dal computer. L'utente, inoltre, può inserire note e ricercare informazioni tra quelle raccolte precedentemente, nonché inviare un resoconto dettagliato della visita al paziente cosicché non dimentichi le modalità di assunzione dei farmaci prescritti, o la diagnosi del medico. L'applicazione è compatibile con i principali software *EHR* (*Electronic Health Record*, in italiano "cartella clinica elettronica"), e può, quindi, inserirvi i dati automaticamente, senza che siano necessarie conversioni.

### 3.4.4 GuidiGO

L'applicazione gratuita *GuidiGO*<sup>12</sup>, per *Google Glass*, permette agli utenti di usufruire di contenuti aggiuntivi durante le visite ai musei predisposti. Ogni tour è associato ad un *QR Code* univoco, così che per avviare un determinato tour basterà scansionare il codice associato. Durante il tour l'*eyewear device* fungerà da audioguida e da mappa elettronica, per guidare l'utente attraverso le tappe senza che si perda nella struttura del museo. Il software è in grado di riconoscere i dipinti previsti dal tour, qualora il dispositivo li dovesse inquadrare, e di mettere a disposizione dell'utente approfondimenti e contenuti aggiuntivi sull'opera e sull'autore, come video e descrizioni. In determinati casi, l'applicazione permetterà di zoomare le opere, o ne evidenzierà dei dettagli man mano che vengono descritti nel corso dell'audioguida. *GuidiGO* è disponibile anche in versione *mobile*, e sul sito internet dedicato è possibile scaricare un software *desktop* gratuito per la creazione di nuovi tour, denominato *GuidiGO Studio*. I percorsi realizzati con tale applicazione potranno essere resi disponibili al pubblico gratuitamente, o a pagamento se si disponesse di una licenza *Plus*, *Pro* o *Premium*.

---

<sup>12</sup><https://www.guidigo.com/Glass>



# Conclusioni

Quello degli *eyewear device* è un ambito che ha visto grandi progressi, in particolare negli ultimi anni, e in cui la ricerca procede rapidamente ancora oggi. Sono molti i passi in avanti fatti, e già un'ampia gamma di *smartglasses* è disponibile e viene impiegata per uso personale e professionale. I traguardi raggiunti nel campo della tecnologia hanno permesso la realizzazione di dispositivi in grado di svolgere con latenza minima compiti complessi, come la gestione della realtà aumentata e l'interazione con contenuti tridimensionali inseriti nell'ambiente. Le premesse insite in questi *device*, oltretutto, non hanno ancora raggiunto la piena espressione, e si prevede che essi un domani potranno fungere da assistenti personali e integrarsi con lo sviluppo dell'*ubiquitous computing* e dell'*Internet of Things*, mediando tra l'utente e il futuro ambiente aumentato.

Tuttavia ci sono ancora sfide da affrontare, e domande a cui è necessario dare risposte. Dal punto di vista dell'hardware rimangono vitali questioni come la durata della batteria, il surriscaldamento, l'ingombro e l'ampiezza del campo visivo. Il futuro immaginato per questi dispositivi li vede come strumenti di uso quotidiano, da indossare per tutta la giornata ovunque andiamo, e per questo si rende essenziale che possano fornire il loro supporto per periodi di tempo prolungati, in una forma che sia confortevole e discreta. Oltretutto, per garantire esperienze di realtà aumentata coinvolgenti, il campo visivo degli attuali dispositivi non è sufficiente e sarà necessario studiare nuove soluzioni per aumentarlo.

Riguardo all'ambito del software, ancora ci si appoggia molto ad elementi della programmazione mobile, da cui spesso sono mutuati sistemi operativi e strutture dati. È possibile ed auspicabile che lo sviluppo dell'*eyewear computing* porti ad un'emancipazione dal *mobile computing*, con la definizione di astrazioni che siano proprie e un design sempre più adatto a questa nuova tipologia di utenti. Studi più approfonditi di *human-computer interaction* potranno guidare nella realizzazione di interfacce sempre più funzionali e sempre più intuitive per l'utente. In particolare in relazione ad applicazioni di realtà aumentata, è fondamentale la minimizzazione della latenza nell'esecuzione del software, e sarà necessario, quindi, concepire e organizzare il codice e gli al-

goritmi in quest'ottica. Un ambito di forte interesse, poi, è quello relativo alla sicurezza: poiché questi dispositivi avranno modo di osservare e conoscere a fondo l'utente, si renderanno indispensabili misure che ne garantiscano la privacy e lo tutelino dai danni che una fuga di questo tipo di dati potrebbe comportare.

Un altro campo, inoltre, che ad oggi richiede ulteriore approfondimento è quello della riflessione concettuale: cosa contraddistingue gli *eyewear device*? Quali problematiche possono sorgere dal loro utilizzo? Quali cambiamenti comporteranno per la società? È ancora aperto, ad esempio, il dibattito sulla questione della privacy non solo degli utilizzatori diretti di *eyewear devices*, ma anche di chi li circonda.

Per essere in grado di prevedere le problematiche che potrebbero sorgere, è necessario che la ricerca tecnologica proceda di pari passo con quella concettuale, e che venga a definirsi una più completa concezione di questo nuovo tipo di dispositivi.

Sarà interessante assistere a quali progressi seguiranno alla diffusione di massa di questi dispositivi, e cosa prevede per loro il futuro.



# Ringraziamenti

Ringrazio innanzitutto la mia famiglia per il sostegno che mi hanno dato durante gli studi, anche prima dell'università.

Voglio ringraziare, poi, gli amici, compagni di corso e non, per avermi supportato (e sopportato) in questi tre anni, durante alti e bassi.

In ultimo, ringrazio il dottor Croatti, per aver sempre risposto con calma e disponibilità alle mie mail piene di dubbi, a qualunque ora del giorno e della notte, e il professor Ricci, per l'opportunità di approfondire un argomento così interessante.



# Bibliografia

- [1] Sibel Deren Guler, Madeline Gannon, Kate Sicchio, *Crafting Wearables: Blending Technology with Fashion*, Apress, 2016.
- [2] Hsin-Liu (Cindy) Kao, Christian Holz, Asta Roseway, Andres Calvo, Chris Schmandt, *DuoSkin: Rapidly Prototyping On-Skin User Interfaces Using Skin-Friendly Materials*, presentato presso "International Symposium on Wearable Computers 2016", 2016.
- [3] Thad Starner, Steve Mann, Bradley Rhodes, Jeffrey Levine, Jennifer Healey, Dana Kirsch, Roz Picard, Alex Pentland, *Augmented Reality Through Wearable Computing, 1997*.
- [4] Thad Starner, *Project Glass: An Extension of the Self, 2013*.
- [5] Steve Mann, Jason Nolan, Barry Wellman, *Sousveillance: Inventing and Using Wearable Computing Devices for Data Collection in Surveillance Environments, 2003*.
- [6] Steve Mann, *Cyborg: Digital Destiny and Human Possibility in the Age of the Wearable Computer, Doubleday of Canada, 2003*.
- [7] Paul Milgram, *Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum, 1994*.
- [8] Woodrow Barfield, *Wearable Computers and Augmented Reality: Musings and Future Directions, 1° capitolo di Fundamentals of Wearable Computers and Augmented Reality di Woodrow Barfield, CRC Press, 2016*.
- [9] Thad Starner, *Wearable Computing: Meeting the Challenge, 2° capitolo di Fundamentals of Wearable Computers and Augmented Reality di Woodrow Barfield, CRC Press, 2016*.
- [10] Bernard Kress, *Optics for Smart Glasses, Smart Eyewear, Augmented Reality, and Virtual Reality Headsets, 5° capitolo di Fundamentals of*

- Wearable Computers and Augmented Reality di Woodrow Barfield, CRC Press, 2016.*
- [11] Takafumi Taketomi, Image-Based Geometric Registration for Zoomable Cameras Using Precalibrated Information, 6° capitolo di *Fundamentals of Wearable Computers and Augmented Reality di Woodrow Barfield, CRC Press, 2016.*
- [12] Xin Yang, K.T. Tim Cheng, Scalable Augmented Reality on Mobile Devices: Applications, Challenges, Methods, and Software, 9° capitolo di *Fundamentals of Wearable Computers and Augmented Reality di Woodrow Barfield, CRC Press, 2016.*
- [13] Mark Billingham, Thad Starner, *Wearable Devices: New Ways to Manage Information, 1999.*
- [14] Thad Starner, *The Challenges of Wearable Computing, 2001.*