
User experience di un'applicazione di Realtà Virtuale.

di

MAURIZIO MARSEGUERRA



Laurea Magistrale in Ingegneria Informatica
POLITECNICO DI TORINO

OTTOBRE 2017

Relatore: Maurizio Morisio

Abstract

L'obiettivo finale del progetto è stato quello di realizzare un videogioco dal titolo Singularity Project per PC, Console e dispositivi di Realtà Virtuale che integrano Controller con tracciamento delle mani (Oculus Rift e HTC Vive). Il videogioco ha coinvolto 5 studenti tesisti del Politecnico di Torino ed è sviluppato in collaborazione con il Jol Mobilab di Tim. Nello specifico, lo scopo di questo lavoro di tesi si concentrerà nell'analisi della User Experience mirata allo sviluppo di un'applicazione di realtà virtuale. Verranno descritte le scelte e le idee prese in considerazione per il progetto per quanto riguarda l'interfaccia messa a disposizione al giocatore, i paradigmi di interazione e di movimento nei scenari realizzati. La realizzazione di un gioco in Realtà Virtuale richiede una progettazione diversa da un gioco desktop. Per strutturare il processo è doveroso prima di giungere alla conclusioni, effettuare diverse analisi sul tipo di applicativo che intendiamo realizzare. Negli ultimi anni l'hardware ha fatto grandi progressi, cosa che invece non è accaduta alla per quanto riguarda il design delle esperienze offerte all'utente. Ad oggi, progettare uno scenario in Realtà Virtuale che permette una quasi totale immersione è una sfida completamente aperta. Ci sono molto problemi legati soprattutto allo sfruttare vecchi modelli di design e interazione e cercare di adattarli a questi nuovi scenari. Questa strategia si è rivelata sbagliata, problemi come la motion sickness ne sono un chiaro esempio di applicazione errata. Per evitare problematiche legate alla sickness, in Singularity Project si è scelto di sperimentare dei nuovi paradigmi di che sfruttino al meglio le caratteristiche dei sistemi di Realtà Virtuale con tracciamento delle mani. Sono stati sviluppati due diversi sistemi di locomozione: Il giocatore può pilotare un'astronave spaziale attraverso una cockpit di comando interagendo con delle cloche virtuali e può muoversi in ambienti senza gravità utilizzando un sistema a propulsione. Il sistema in prima persona consente al giocatore di muoversi in esterni o all'interno di stazioni spaziali abbandonate tramite un sistema che simula la propulsione di gas caratteristica delle tute spaziali. È possibile giocare sia con sistemi di Input tradizionali che utilizzando i Controller con tracciamento delle mani dei più comuni dispositivi VR. Un'altra delle caratteristiche principali del gioco è la dotazione di interfacce olografica che permette al giocatore di interagire con l'ambiente in maniera naturale ed efficace, ogni elemento è pensato per poter dare il massimo comfort all'utente. Processo fondamentale per realizzare e validazione di un prodotto è la fase di test. Durante lo sviluppo del gioco è stato possibile in più sessioni acquisire dati dai singoli utenti che hanno provato il prodotto. Il risultato finale è stato quello di approfondire gli aspetti psicologici e di utilizzo del gioco per la realtà virtuale, e quindi uno studio approfondito sui processi cognitivi e

emotivi che caratterizzano l'esperienza degli utilizzatori. Grazie ai feedback degli utenti è stato possibile affinare e migliorare vari aspetti del gioco per quanto riguarda i sistemi di locomozione proposti, l'usabilità delle interazioni e diminuire al minimo la sickness. Il risultato più soddisfacente resta senza dubbio la vittoria Working Capital di Tim, il programma che finanzia le migliori idee innovative in tutta Italia, evento che ci ha concesso di impostare lo sviluppo con un'ottica prettamente commerciale. I fondi ricevuti sono dedicati ad ottimizzare la qualità del videogioco affinché esso possa arrivare ad essere distribuito attraverso canali di vendita online quali Steam1. I prossimi passi nello sviluppo saranno orientati all'introduzione della narrazione non lineare, all'aggiunta di modelli grafici e all'ampliamento del mondo di gioco.

Dediche

Dedicato ai miei genitori e a tutte le persone che mi sono state vicino.

Indice

	Pagina
Lista delle figure	11
1 Introduzione	13
1.1 Introduzione alla Realtà Virtuale	13
1.1.1 Introduzione alle problematiche	15
1.2 Descrizione del gioco: Singularity Project	16
1.2.1 Ambientazione e Trama	17
1.2.2 Meccaniche di Gioco	17
1.2.3 Novità e Proposte di Valore	18
1.2.4 Premi e Riconoscimenti	19
1.3 Analisi e confronto dei maggiori motori grafici	19
1.3.1 Unity 5	19
1.3.2 Unreal Engine 4	20
1.3.3 CryEngine V	20
1.3.4 Confronto Engine	21
1.4 Analisi Hardware di Realtà Virtuale	22
1.4.1 Head Mounted Display	22
1.4.2 Visori stand alone	22
1.4.3 HMD Connessi a sistemi PC	24
1.4.4 Oculus Rift Vs HTC Vive	25
1.5 Singularity Project - Architettura del Software	27
1.5.1 Paradigmi d'interazione in Realtà Virtuale	27
1.5.2 GUI - Graphical User Interface	27
1.5.3 AI - Artificial Intelligence	27
1.5.4 Sound Design and Integration	28
1.5.5 Gesture Recognition System	28

1.5.6	Altri Moduli	28
2	Analisi dei limiti e problemi della Realtà Virtuale	29
2.1	Introduzione dei principali problemi	29
2.2	Il mercato della VR	30
2.3	VR Sickness	30
2.3.1	Conflitto tra movimento del corpo e feedback visivo	31
3	I fondamenti della User Experience in realtà virtuale	33
3.1	Introduzione alla UX	33
3.2	Principi di Design per la realtà virtuale	34
3.2.1	Senso di presenza	34
3.3	Fedeltà	34
3.4	Costruzione di un ambiente - Immersione e Esplorazione	35
3.5	Technical Design	36
3.6	Human Experience	39
3.6.1	Physical Comfort	39
3.6.2	Usabilità	39
3.7	Interfacce	40
3.7.1	Norme di progettazione delle interfacce	40
3.8	Feedback - Interazione gesture	47
3.8.1	Interfacce	47
3.9	Scalabilità del sistema - System Comfort	49
3.10	Normal Maps	50
4	User Experience in Singularity Project	51
4.1	Introduzione alla UX in Singularity Project	51
4.2	Design in Singularity Project	51
4.2.1	Senso di presenza	52
4.3	Ambienti	52
4.4	Technical Design	53
4.4.1	Sistemi di movimento	53
4.5	interfacce - HUD	54
4.5.1	Helmet	54
4.5.2	Cockpit	55
4.5.3	Arm	56

4.6	Menù	57
4.6.1	Menù Partita	57
4.6.2	Menù sistema	57
5	Test	59
5.1	Introduzione ai test	59
5.2	Test Startuppato 2016	60
5.2.1	Risultati	60
5.3	Seconda Sessione di Test	62
5.3.1	Partecipanti	62
5.3.2	Risultati	63
5.4	Test Salone dell'orientamento 2017	64
5.4.1	Risultati	64
6	Conclusioni	69
6.1	Risultati ottenuti	69
6.1.1	Tim WCap	70
6.2	Aggiornamenti futuri e nuove features	70
6.2.1	Possibili sviluppi futuri	71
	Bibliografia	73

Lista delle figure

Figure	Pagina
1.1 Curva della risposta emotiva	14
1.2 I tre visori di realtà virtuale Stand Alone più famosi.	22
1.3 Oculus Rift CV1 (a), HTC VIVE (b).	24
1.4 Confronto tra i due visori Oculus Rift e HTC Vive	26
3.1 Job Simulator	35
3.2 Oculus Lost 2 - Feedback 1	36
3.3 Oculus Lost 2 - Feedback 2	37
3.4 Oculus Connect 2 - Design Curvo - Problema	40
3.5 Oculus Connect 2 - Design Curvo - Soluzione	41
3.6 Oculus Connect 2 - Campo di visione - Problema	42
3.7 Oculus Connect 2 - Campo di visione - Soluzione	42
3.8 Oculus Connect 2 - Distanza - Problema	43
3.9 Oculus Connect 2 - Distanza - Soluzione	43
3.10 Oculus Connect 2 - Contrasto - Problema	44
3.11 Oculus Connect 2 - Contrasto - Soluzione	44
3.12 Oculus Connect 2 - Larghezza Blocco di testo - Problema	45
3.13 Oculus Connect 2 - Larghezza Blocco di testo - Soluzione	45
3.14 Oculus Connect 2 - Ampiezza finestra visualizzazione - Problema	46
3.15 Oculus Connect 2 - Ampiezza finestra visualizzazione - Soluzione	46
3.16 Angolo di visione	47
3.17 Menù bottoni	48
3.18 Stadio iniziale	48
3.19 Interazione	49
3.20 Attivazione	49
4.1 Mani in prima persona	52

4.2	HUD - Casco	55
4.3	HUD - cockpit	56
4.4	HUD - Braccio	56
4.5	Interfaccia grafica del menù di gioco	57
4.6	Interfaccia grafica del menù sistema	58
5.1	Profili utenti partecipanti ai test	60
5.2	Primo Concept feedback Velocità con problema	61
5.3	Generi videoludici preferiti dagli utenti	63
5.4	Evoluzione 2 feedback Velocità	64
5.5	Profili utenti partecipanti al terzo test	64
5.6	Modo di funzionare del Manubrio Sinistro	65
5.7	Modo di funzionare del Manubrio Sinistro	66
5.8	GUI ad apparizione	67
5.9	Primo Evoluzione 3 feedback Velocità	67

Introduzione

1.1 Introduzione alla Realtà Virtuale

Nei primi anni novanta, la realtà virtuale era pronta per rivoluzionare il mondo del gaming. La multinazionale giapponese Sega, che aveva creato la popolarissima console Genesis, aveva appena svelato il progetto Sega VR. Il core del progetto era un visore che accoppiava ad una grafica di altissimo livello un sistema di tracciamento della testa per garantire un'esperienza totalmente immersiva per i giocatori. In realtà questo progetto fu un vero fallimento. Tra le cause di questo insuccesso la più grossa era dovuta al fatto che il frame rate dello schermo non riusciva a tenere il passo dei movimenti della testa del giocatore, innescando una forma di motion sickness. Nel 1993 Thomas Piantanida, principale scienziato del Programma SRI della Percezione Virtuale, testò un prototipo del suddetto visore e analizzò le cause del malessere. Dai risultati dei suoi test lo scienziato scoprì che l'output del visore si colloca nella cosiddetta "Barfogenic zone" [1], un intervallo di confusione tra quello che il cervello si aspetta e quello che percepisce attraverso i sensi. Il termine Barfogenic deriva da "barf", vomitare nello slang americano e "-genic", che indica la generazione o l'induzione; quindi la traduzione letterale dovrebbe essere ciò che porta al vomito. Nel 1994 Sega, intuendo la complessità del problema, ritirò in silenzio il progetto. Negli ultimi anni la realtà virtuale è ritornata prepotentemente alla riscossa, soprattutto grazie a colossi hi-tech come Facebook, Google, Sony che hanno deciso di investire nel settore e scommettere su questa tecnologia. Tutto ciò ha risollevato la questione della Barfogenic zone che aveva fatto desistere i loro predecessori. La

versione di Oculus Rift rilasciata sul mercato prova a superare il problema garantendo un refresh rate pari a 90 Hz e riducendo al minimo il ritardo tra il movimento della testa e la risposta del visore. Malgrado questo sforzo da parte degli sviluppatori di hardware, il problema del malessere è tutt'altro che superato, lo dimostra il foglio illustrativo Health and Safety rilasciato direttamente da Oculus Rift [2]. Esso riporta una lista di tutti quelli che possono essere gli effetti collaterali con avvertimenti che vanno dalle convulsioni, nausea e vertigini a problemi di coordinazione occhio-mano (per uso prolungato). Alcuni di questi effetti sono temporanei e non lasciano nessun danno permanente, mentre altri, a lungo termine, potrebbero essere nocivi. Martin Banks, professore di Optometria presso l'Università di California, e responsabile del laboratorio di percezione spazio-visiva, ha studiato molti aspetti della realtà virtuale e della visione. Secondo Banks uno dei maggiori problemi è il cosiddetto confitto Converggenza-Accomodazione che può provocare affaticamento degli occhi. [3] L'effetto potrebbe sembrare temporaneo ma in realtà potrebbe avere una maggiore durata d'azione. Alcuni ricercatori, tuttavia, sostengono che un problema del tutto diverso può intralciare il percorso degli sviluppatori di applicazioni in realtà virtuale: la teoria Uncanny Valley. [4] Questa ipotesi è stata teorizzata dal professore Masahiro Mori. Il professore era giunto alla conclusione che la sensazione di familiarità e di benessere generata da un robot aumentasse al crescere della sua somiglianza con un umano. Invece però il troppo realismo peggiorava la realizzazione emotiva, suscitando anche disgusto.

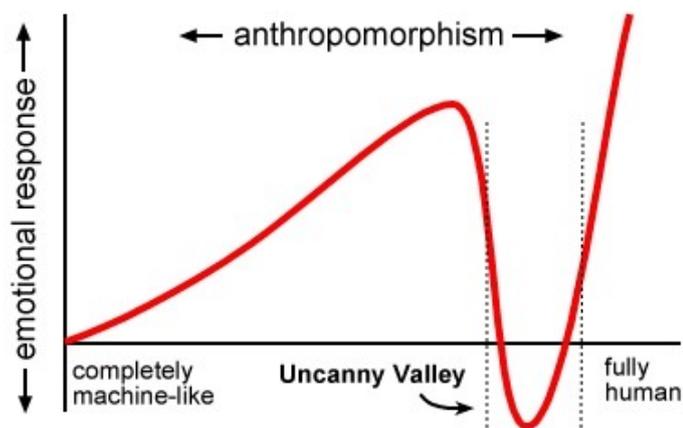


Figura 1.1: Curva della risposta emotiva

Se ci troviamo davanti al tipico robot industriale, tutto ferraglia, senza gambe, braccia e tanto meno un viso, non ne siamo naturalmente spaventati, non ci mette a disagio, ma neanche ci piace. Questo è ovvio, perché il fine per cui è stato costruito è la funzionalità,

non la piacevolezza. Qui ci troviamo alla base della nostra scalata nella curva della curva della risposta emotiva 1.1.

Più si sale, e più l'uomo prova una piacevole sensazione di familiarità. Questo è quello che succede infatti quando abbiamo a che fare con i robot-giocattolo che hanno un aspetto simile all'essere umano. Ma oggi, come ben sappiamo, le nuove tecnologie si spingono sempre oltre e si cerca di ricreare robot (o personaggi 3D, come al cinema e nei videogames) il più rassomiglianti possibile all'uomo. Ma cosa succede quando la somiglianza diventa veramente eccessiva? Arrivati al vertice del primo picco, si cade giù nell'oscura valle misteriosa, il cui punto più basso e spaventoso è rappresentato dagli esseri zombie, che ci inquietano e ci turbano non poco. Si riesce a risalire la china solo quando ci troviamo davanti a protesi di arti (che comunque, essendo fredde, non ci sembrano naturali), e ancora di più con le maschere ("bunraku puppet" sono infatti rappresentazioni giapponesi con attori mascherati), fino ad arrivare ad una sensazione di piacevolezza massima quando ci si trova in compagnia di esseri umani sani. Tutto ciò è applicabile naturalmente anche al campo videoludico, soprattutto adesso che, con l'avvento delle console di nuova generazione, gli sviluppatori promettono una grafica ed un realismo mai visti prima. Infatti, l'utilizzo della tecnica del Motion Capture, in cui vengono registrati i movimenti di attori per trasformarli in animazioni, piuttosto che le tradizionali animazioni hanno aiutato a ridurre notevolmente il gap di realismo nei videogiochi. A differenza dei cinefili, i giocatori si aspettano un livello di interazione dei personaggi il più naturale possibile, altrimenti si nota immediatamente che si è all'interno di un videogioco. La stragrande maggioranza dei videogiochi in realtà virtuale non sono altro che mere esperienze simulative della vita reale, ma dopo che il grande polverone si sarà placato, i contenuti si adatteranno realmente a quelle che sono le funzionalità dei visori. Questo passo successivo necessiterà di nuove formule di design, ma per ora bisogna concentrarsi sulla creazione di solide basi su cui costruire.

1.1.1 Introduzione alle problematiche

Ci sono molti concetti fondamentali di cui bisogna tener conto nello sviluppo in realtà virtuale. Il primo tra questi è il Comfort. Esso è la prossima evoluzione della User Experience, ogni videogioco o applicazione in realtà virtuale senza Comfort option sarà disprezzato dagli utenti. Alcuni infatti non hanno alcuna sensazione di malessere, molti altri invece risultano estremamente sensibili a qualsiasi tipo di movimento in realtà virtuale. Per questi ultimi, è necessario fornire differenti modi per ottimizzare l'esperienza. Ad esempio, inserendo la modalità "blink mode" che consentirà di eliminare l'animazione

tre due punti durante lo spostamento, anche gli utenti più sensibili potranno avvicinarsi all'esperienza in VR. Altro concetto di cui si tiene poco conto negli attuali videogame in VR è il sistema di interfacce. Le interfacce devono essere inserite nel mondo virtuale o montate su una sorta di ambiente che circonda la testa. Gli stessi pulsanti e menu devono essere diversi da quelli progettati per applicazioni desktop. Sarà ad esempio necessario costruire pulsanti e testi più grandi e distinguibili. Anche l'audio spazializzato rappresenta un contributo enorme per creare un'esperienza coinvolgente. L'obiettivo è indurre nell'ascoltatore una percezione realistica della posizione e movimento delle sorgenti sonore, tenendo conto dell'esperienza soggettiva che egli vive e che ricostruisce partendo proprio da quei segnali acustici che investono l'apparato uditivo. In questo senso, per "audio 3D" si intende l'esperienza di un ascoltatore che riceve i suoni da una molteplicità di direzioni, con l'intento del controllo completo dello spazio uditivo percepito a seguito di quello riprodotto. Realtà virtuale può anche voler dire abbandonare mouse e click per l'interazione con gli elementi. E' stata testata una grande varietà di approcci, ognuno dei quali largamente dipendente dal dispositivo utilizzato. Non esiste ancora uno standard che possa racchiudere le migliori gestures e paradigmi di interazione con gli elementi della realtà virtuale.

1.2 Descrizione del gioco: Singularity Project

Lo scopo finale del progetto è la realizzazione di un'applicazione d'intrattenimento, nella fattispecie un videogioco interamente pensato per i nuovissimi dispositivi di Realtà Virtuale. Il focus in particolare è sui dispositivi di fascia alta, ovvero quelli che supportano controlli con il tracciamento delle mani: Oculus Rift e HTC Vive. Il videogioco ha come titolo provvisorio Singularity Project ed è realizzato con il supporto del Joint Open Lab di TIM. L'obiettivo preposto è perciò la realizzazione di un prodotto tecnicamente e qualitativamente di livello commerciale che possa essere rilasciato sui maggiori negozi di videogiochi online per PC e Consoles di nuova generazione, più in particolare *Steam*¹. Il gioco è realizzato utilizzando l'Unreal Engine 4, un motore grafico che rappresenta lo stato dell'arte nel campo del rendering real-time e che può essere utilizzato gratuitamente da aziende e sviluppatori senza limitazioni. Solo a prodotto finito è necessario versare il 5% di royalties sull'incasso trimestrale all'azienda produttrice, la Epic Games².

¹<http://store.steampowered.com/?l=italian>

²<https://www.unrealengine.com/>

1.2.1 Ambientazione e Trama

Singularity Project è un videogioco di fantascienza ambientato in un futuro remoto che mescola elementi caratteristici dei giochi di ruolo ad elementi tipici dei giochi d'azione. Il giocatore veste i panni di un'astronauta disperso in un sistema lontano durante una missione militare. Rimasto fluttuante nello spazio aperto con pochi minuti di ossigeno nella tuta, viene miracolosamente tratto in salvo da un'astronave pilotata a distanza. Una voce femminile connessa alla radio di bordo lo guiderà in una serie di missioni sparse per tutto il sistema aiutandolo nel disperato tentativo di tornare sano e salvo a casa. La donna rappresenterà per tutto il gioco l'unico contatto umano del giocatore. La narrazione sarà di tipo non lineare: il giocatore avrà la possibilità di interagire con la voce mediante dialoghi con risposte a scelta multipla e le sue scelte influenzeranno il decorrere degli eventi e il rapporto con la figura in questione. Tutte le vicende sono ambientate in un sistema indefinito della Via Lattea liberamente esplorabile dal giocatore con la sua astronave. Il sistema sarà riprodotto in scale credibili e sarà costellato di stazioni abbandonate, satelliti, campi d'asteroidi ed altri luoghi che faranno da sfondo alle vicende.

1.2.2 Meccaniche di Gioco

Il gioco è strutturato attraverso due meccaniche di gioco di principali:

- È possibile pilotare l'astronave interagendo "virtualmente" con le cloche di comando situate ai lati della poltrona nella cockpit. La telecamera sarà sempre ancorata alla testa del giocatore per garantire la massima immersione ed egli potrà interagire con la cockpit per manovrare la propria astronave durante complesse battaglie dalle meccaniche ispirate ai combattimenti aerei tra caccia. Le battaglie spaziali rappresentano il cuore delle dinamiche di gioco di Singularity Project e sono sviluppate in maniera tale da essere frenetiche e divertenti ma senza sacrificare totalmente l'aspetto simulativo. Il sistema di combattimento consente al giocatore di utilizzare mitragliatrici, cannoni laser e missili a ricerca di calore per abbattere i propri avversari.
- È possibile inoltre fluttuare in prima persona con la propria tuta spaziale per operazioni EVA (Extraveihucular Activity). Il giocatore potrà compiere operazioni di riparazione dell'astronave o esplorare alcune stazioni orbitali abbandonate nel

sistema. In queste sessioni il gioco consisterà nella risoluzione di piccoli enigmi e puzzle.

Nel gioco sarà presente un sistema di progressione che consente al giocatore di modificare il proprio veicolo sia a livello estetico che funzionale. Sostituendo componenti dell'astronave si andrà ad influire sia sui parametri di volo che sulle sue capacità in combattimento, permettendo al giocatore di modellare il proprio veicolo in base alla propria strategia. L'ambientazione spaziale ci consente la sperimentazione di meccaniche e paradigmi d'interazione totalmente nuovi nell'ambito della Realtà Virtuale. Gli ambienti a gravità zero e i veicoli ci consentono di evitare o quantomeno ridurre notevolmente i fenomeni di malessere ("sickness") dovuti al "camminare" in ambienti virtuali e ci consentono di sperimentare nuovi sistemi di locomozione quali il movimento veicolare e il movimento a spinta con i *booster* d'azoto della tuta EVA.

1.2.3 Novità e Proposte di Valore

Singularity Project è uno dei primi videogiochi ad utilizzare i visori di Realtà Virtuale con lo scopo di narrare una storia. Di fatto la Realtà Virtuale, allo stato attuale, si presenta come un campo enorme ed inesplorato, costellato da una lunga serie di problemi e, al contempo, privo di uno standard di riferimento per quanto concerne i paradigmi d'interazione, le interfacce e le meccaniche di gioco. I dispositivi hardware oggi sul mercato garantiscono un livello d'immersione "fisica" senza precedenti, ma le molte limitazioni negli standard d'interazione fanno sì che, al momento, sia totalmente trascurata l'immersione psicologica, la così detta "*presenza*" [5]. Esistono, ad esempio, giochi di tiro con l'arco ed una lunghissima serie di spara-tutto in prima persona con personaggio fermo sul posto (per evitare i problemi di locomozione e di malessere) e molti altri giochi dalle meccaniche più o meno complesse, ma spesso privi di qualsiasi forma di narrativa. Pertanto, Singularity Project nasce anche e, soprattutto, con l'obiettivo di sperimentare e delineare degli standard d'interazione confortevoli che permettano l'utilizzo delle tecnologie di Realtà Virtuale pure per prodotti che abbiano un forte focus sull'immersione "psicologica", oltre che fisica e sulla narrazione. Di fatto, la definizione di uno "standard" di riferimento che aiuti a rendere le interazioni semplici ed intuitive per ogni utente, aiuterebbe e spronerebbe l'industria a spostare il proprio focus sul lato artistico dell'esperienza favorendo lo sviluppo di videogiochi con ambientazioni suggestive, personaggi caratterizzati e narrazione approfondita.

1.2.4 Premi e Riconoscimenti

Il risultato più soddisfacente ottenuto dal progetto è senza dubbio la vittoria Working Capital di Tim, il programma che finanzia le migliori idee innovative in ambito digital in tutta Italia. Questa vittoria ci ha concesso di impostare lo sviluppo con un'ottica prettamente commerciale. Buona parte del nostro tempo e la totalità dei fondi ricevuti sarà investita nel cercare di migliorare il livello qualitativo affinché il videogioco possa arrivare ad essere venduto presso il negozio di videogiochi online *Steam*.

1.3 Analisi e confronto dei maggiori motori grafici

I motori grafici più popolari sono Unity 5, Unreal Engine 4 e CryEngine V. Tutti e tre sono estremamente efficaci ma si differenziano per molti aspetti. Al fine di determinare quale meglio si adattasse alle necessità del nostro progetto è stato necessario definire di quali caratteristiche operative si necessita e quantificare i tempi di sviluppo a nostra disposizione. Di seguito verranno messi a confronto i tre Engine sopra citati.

1.3.1 Unity 5

Unity è in assoluto il motore grafico più diffuso. È utilizzato da una vasta gamma di sviluppatori, dalle piccole aziende indipendenti fino a colossi come Microsoft, Paradox, Square Enix e Sega. Permette di sviluppare prototipi in maniera rapidissima. Ha caratteristiche come il *drag & drop editing*³ e permette di gestire con semplicità materiali ed animazioni. Dispone di un marketplace ricolmo di *asset* gratuiti e a pagamento. L'interfaccia grafica è molto efficace ed intuitiva, supporta le piattaforme Android e iOS ed implementa la tecnologia DirectX 12. Unity permette di programmare utilizzando due linguaggi di programmazione ad alto livello: C# e Javascript. La stessa applicazione può essere distribuita su diverse piattaforme, con solo piccole modifiche sul codice. Unity supporta nativamente gli SDK di Oculus Rift e HTC Vive. Esistono diversi tipi di licenze per utilizzare questo motore. La versione Personal, quella gratuita, obbliga all'inserimento del logo di Unity all'inizio di ogni gioco e si può usare fino ai 100 mila dollari di guadagni annui. Esistono poi delle versioni a pagamento che comprendono alcune features extra come il profiling, la possibilità di rimuovere il logo di Unity e altro. Con queste versioni si ha anche la possibilità di richiedere il codice sorgente dell'engine. È costruito su Mono e C#, e il garbage collector può influire sulle prestazioni o causare

³Possibilità di creare una scena trascinandovi dentro degli oggetti

stuttering. La qualità visiva di Unity, essendo pensato originariamente per giochi mobile o comunque molto semplici, non raggiunge le vette di Unreal Engine 4 o CryEngine V.

1.3.2 Unreal Engine 4

Unreal Engine 4 è il motore rilasciato da Epic Games. È un motore grafico maturo e ampiamente testato poichè di fatto sul mercato sono disponibili molti titoli ad alto budget che lo utilizzano. Ha capacità grafiche impressionanti, tra cui l'illuminazione dinamica avanzata e un sistema di gestione degli effetti particellari che permette a milioni di particelle singole di ricevere ed emettere luce all'interno di una scena. Unreal Engine è il successore di Unreal Development Kit (UDK) ma a differenza di quest'ultimo Unreal utilizza come linguaggio di programmazione il C++, lo standard di riferimento nello sviluppo dei videogiochi. Un'altra funzione molto utile di Unreal Engine è il suo Blueprint Visual Scripting, un linguaggio visuale basato su nodi che consente una prototipazione rapidissima dei propri prodotti. I videogiochi prodotti in Unreal Engine possono essere rilasciati su PC, Mac, iOS, Android, Xbox One e PlayStation 4. Unreal Engine offre inoltre il pieno supporto per i dispositivi VR quali Oculus Rift, HTC vive, PlayStation VR, Samsung Gear VR, Google VR e OSVR. Offre molte impostazioni di scalabilità per permettere agli sviluppatori di adattare la qualità del rendering alla potenza di calcolo del dispositivo selezionato. Il motore grafico è rilasciato gratuitamente ma bisogna versare il 5% di royalties alla casa produttrice, la Epic Games, quando si supera la soglia di incassi di 3.000 dollari per prodotto per trimestre. Per film, lavori di architettura e consulenza non si pagano royalties. Non ci sono costi aggiuntivi, tutte le piattaforme e funzionalità sono incluse nella licenza gratuita, compreso il codice sorgente. Questo lo rende estremamente accessibile a chiunque voglia cominciare a fare giochi a livello più o meno professionale. La community di Unreal è al giorno d'oggi decisamente più piccola di quella di Unity, nonostante sia in costante crescita. Ciò può influire sulla rapidità di sviluppo di un progetto. Un ulteriore problema potrebbe essere l'assenza di un linguaggio semplice e ad alto livello come il C#.

1.3.3 CryEngine V

CryEngine V è la risposta della CryTek al mercato dei motori grafici. Dispone di funzionalità grafiche avanzate come luci in High Dynamic Range⁴, Directx 12, un sistema di editing delle particellare avanzato e il supporto alle piattaforme di nuova generazione co-

⁴Immagine ad ampia gamma dinamica.

me Xbox One e Playstation 4 . Le capacità grafiche del CryEngine sono superiori ai suoi competitori di Unity3D e Unreal Engine 4, grazie ad alcune features come la Real-Time Global Illumination e Physically Based Rendering (PBR)) che simulano l'interazione tra luce e materiali attraverso un modello matematico simile alla realtà. Supporta il linguaggio C# e JavaScript, pur mantenendo il C++ come linguaggio principale dal momento che è lo standard del settore per lo sviluppo di videogiochi AAA⁵. Oltre ai tre linguaggi di programmazione (C++, C#, JavaScript), integra un sistema di scripting visuale simile al Blueprint in Unreal Engine. L'editor ambientale è robusto e ricco di funzionalità. CryEngine V, a differenza degli altri motori, è offerto con una formula "Pay What You Want", quindi può essere installato in maniera completamente gratuita con la possibilità di donazioni volontarie e non richiede il pagamento di nessuna royalties. Gli sviluppatori che decidono di donare per l'utilizzo del CryEngine possono scegliere di destinare fino al 70% di tale contributo al nuovo fondo di sviluppo indie di Crytek, un programma di sovvenzioni per supportare sviluppatori indie promettenti di tutto il mondo. Tutte le funzionalità sono incluse nella licenza gratuita, compreso il codice sorgente. Essendo un motore grafico complesso, i tempi di apprendimento possono essere molto più lunghi per chi si avvicina al mondo del game development rispetto ad editor semplici come Unity. Richiede una solida conoscenza di C++, C# e Lua. Essendo pensato quasi esclusivamente per le piattaforme next generation richiede una elevata potenza di calcolo per essere sfruttato in tutte le sue potenzialità.

1.3.4 Confronto Engine

In sintesi, ognuno dei motori preso in considerazione possiede delle peculiarità che lo rendono la scelta migliore per determinati lavori. Unity è semplice da apprendere anche per nuovi sviluppatori che si cimentano nella produzione di videogiochi. La vasta community e lo store ricco di elementi di ogni genere, da modelli a moduli software, lo rendono un ottimo editor per la produzione di videogiochi a basso budget o per i primi esempi di prototipazione. Unreal Engine 4 dà la possibilità di creare giochi con grafica fotorealistica con un modello ragionevole di prezzo e un ottimo compromesso in termini di velocità di sviluppo. CryEngine ha incredibili capacità grafiche ed è sicuramente il migliore sotto molti aspetti tecnici ma i rischi sul possibile rallentamento nello sviluppo non sono trascurabili. La scelta di Unreal Engine 4 è sicuramente il miglior compromesso tra resa grafica e tempi di sviluppo del progetto.

⁵ Termine utilizzato nell'industria dei videogiochi per indicare una produzione ad alto budget.

1.4 Analisi Hardware di Realtà Virtuale

Ruolo fondamentale nello sviluppo in realtà virtuale immersiva è la selezione dell'apposito hardware da utilizzare durante i processi di realizzazione di applicazioni VR. In commercio esistono numerosi tipi di sistemi VR ma per lo sviluppo di applicazioni di tipo Fully-Immersive si necessita di dispositivi Head Mounted Displays (HMDs).

1.4.1 Head Mounted Display

Questi sistemi utilizzano dei piccoli monitor posizionati di fronte a ciascun occhio, permettendo così di inviare immagini stereo, ovvero due immagini leggermente differenti nello scostamento in modo da simulare la stereoscopia dell'occhio in una visione normale. Questi sistemi VR sono associati a diversi sensori per tracciare la testa dell'utilizzatore e quindi consentirgli di avere una visione a 360° dell'ambiente virtuale (ruotare la testa permette di ottenere la corrispondente porzione di immagine aumentando così la sensazione di immersione). Per una buona esperienza VR è necessario garantire una frequenza di aggiornamento pari o superiore ai 60hz. Gli HDM moderni si dividono in 2 categorie: quelli stand alone e quelli che necessitano di un PC o di una console.

1.4.2 Visori stand alone



Figura 1.2: I tre visori di realtà virtuale Stand Alone più famosi.

Sono i primi sistemi HDM moderni che si sono diffusi a livello commerciale grazie anche al costo inferiore rispetto ai classici HDM. Questi sono costituiti da un impalcatura passiva contenente le parti meccaniche dell'headset quali le lenti, cuffie, elastici per tenere fisso il visore ed un sistema di aggancio per collegare lo smartphone utilizzato come sistema di calcolo e di visualizzazione della realtà virtuale. I 3 più famosi sono:

- **GOOGLE CARDBOARD:**

Il sistema più economico in assoluto. Questo può essere comprato o addirittura costruito seguendo le istruzioni sull'apposito sito della Google. L'impalcatura può essere costruita in qualsiasi materiale ma i componenti fondamentali sono le due lenti da anteporre allo schermo e lo smartphone con un display maggiore di 5.7 pollici. A causa del suo basso costo il sistema di interazione è ridotto al minimo sfruttando un pulsante che simula il tap dello schermo sulla parte esterna del visore e l'interazione di scelta tramite lo sguardo (figura (a) 1.4)

- **SAMSUNG GEAR VR:**

Sistema molto simile al CardBoard Goole come principio (così anche il DayDream) ma differisce per design, costruzione e sistema di input. Molto più solido rispetto al modello precedentemente descritto ha anche una serie di input posizionati all'esterno del casco in modo da facilitare l'interazione dell'utente con l'applicazione VR tra cui i tasti volume, tasto home, tasto back e un touch pad che simula il click. Punto a sfavore di questo sistema è la restrizione nella scelta di telefoni da utilizzare, tutti smartphone top di gamma firmati Samsung(figura (c) 1.4).

- **GOOGLE DAYDREAM:**

Il più recente tra i sistemi HMD stand alone. Sempre composto da un'impalcatura passiva dove alloggiare lo smartphone ma senza alcun sistema di interazione all'esterno del casco. Quest'ultimo viene sostituito da un telecomando composto da 4 pulsanti (home, action, volume up, volume down) e un trackpad. Caratteristica principale di questo telecomando è la capacità di essere utilizzato come puntatore all'interno delle applicazioni VR attraverso un sistema di accelerometri e giroscopi che ne permettono il tracciamento (sistema molto simile al controller della Wii). Essendo un sistema basato su tracker inerziali, si introducono facilmente errori di deriva che costringono l'utilizzatore a ricalibrare il dispositivo(figura (b) 1.4).

I sistemi HMD Stand Alone, basandosi su smartphone, hanno capacità limitate in termini di potenza di calcolo. Ciò costringe gli sviluppatori ad ottimizzare e semplificare dal punto di vista grafico il più possibile le applicazioni per consentire un'esperienza fluida all'utilizzatore. Oltre alle limitazioni di calcolo, il sistema di input di questi sistemi non permette un'interazione naturale. L'utente non può interagire con gli elementi

presenti nelle ambientazioni se non con paradigmi poco naturali come fissare un oggetto con lo sguardo per selezionarlo. Dal nostro punto di vista le specifiche tecniche di questi sistemi VR non permettevano la realizzazione dell'applicazione rispettando i termini qualitativi che ci siamo imposti. Per questo abbiamo deciso di puntare sulla seconda categoria di HMD ovvero i PC-Connected HeadSets.

1.4.3 HMD Connessi a sistemi PC



Figura 1.3: Oculus Rift CV1 (a), HTC VIVE (b).

Più costosi degli stand-alone questi dispositivi sono composti da componenti attivi quali 2 schermi, uno per occhio e diversi sistemi per consentire il tracciamento della posizione dell'utente nello spazio. L'unità di calcolo viene spostata all'esterno del visore. Essa può essere un sistema esterno quale un PC (Oculus Rift, HTC Vive) o una console (Playstation VR project Morpheus) ottenendo una qualità visiva nettamente superiore grazie alla potenza di calcolo delle GPU dedicate (non tutte sono adatte, quelle idonee vengono denominate VR Ready). Dei modelli qui citati si andrà a descrivere solo l'Oculus Rift e HTC Vive poichè sono i modelli da noi selezionati e testati per il nostro progetto.

- **HTC VIVE:**

È il sistema creato dalla HTC in collaborazione con la Valve, famosa per la piattaforma di pubblicazione giochi chiamata *Steam*. Il visore viene venduto assieme a dei controller wireless con differenti input tattili, sensori inerziali, magnetici e con una serie di fotosensori per il tracciamento spaziale attraverso 2 stazioni dette Lighthouse Laser Tracking System. Punto di forza di questo visore è il sistema di tracking ad elevata precisione ma relativamente economico. Le stazioni non possiedono camere, il loro compito è emettere un flash seguito da un raggio di luce infrarossi attraverso la stanza (questa operazione

viene eseguita 60 volte al secondo). Il casco una volta individuato il flash dalla stazione inizia il conteggio dei fotosensori colpiti dal raggio luminoso proiettato e, conoscendo la posizione del casco e il momento in cui questi vengono colpiti, permette di calcolare la posizione relativa del giocatore rispetto le stazioni. La stessa operazione viene eseguita per tracciare i controller del Vive (figura (b) 1.3).

- **OCULUS RIFT:**

Molto simile al suo concorrente nelle caratteristiche tecniche. Viene venduto assieme ad una camera per il tracciamento, un telecomando e un joystick Xbox One. Gli Oculus Touch, i controller adatti al tracciamento dell'Oculus, fino a poche settimane fa, venivano venduti separatamente. La principale differenza dal Vive sta nel sistema di tracciamento, molto simile a quelli che notoriamente vengono utilizzati nei moderni sistemi di Motion Capture cinematografici. Il visore e i controller utilizzano come principale sistema di tracciamento un sistema di tipo inerziale basato su accelerometri e giroscopi che fanno una prima stima della posizione con un alta frequenza (campionamento a 1000Hz, dati riportati a 500Hz). Essendo di tipo inerziali sono soggetti ad un errore di deriva dovuta alla doppia-integrazione per il calcolo della posizione (la deriva è nell'ordine dei metri per secondo). Il sistema *Constellation* (questo è il nome del sistema di videocamere) corregge l'errore di deriva 60 volte al secondo dando una misura della posizione assoluta (figura (a) 1.3)⁶.

1.4.4 Oculus Rift Vs HTC Vive

Come si può vedere dalla tabella, i 2 sistemi sono molto simili nelle caratteristiche così come nei costi (Oculus permette di comprare in modo separato visore e controller). Le principali differenze si possono trovare nei sistemi di tracciamento, nell'accuratezza di quest'ultimi, nei requisiti minimi e nel comfort di utilizzo dei visori e dei controller. A livello di comfort ognuno dei due sistemi ha i suoi vantaggi e svantaggi. Oculus ha peso e dimensioni leggermente inferiori a Vive e ha un paio di cuffie integrate di buona qualità facili da indossare. I controller dell'Oculus hanno un'ergonomia superiore, permettono di interagire con tutti gli input del controller senza affaticare la mano anche in sessioni prolungate. La disposizione del sistema di tracciamento di Oculus è molto più semplice e richiede meno spazio rispetto al sistema del concorrente.

⁶<http://www.digitaltrends.com/virtual-reality/oculus-rift-vs-htc-vive/>

	Oculus Rift	HTC Vive
		
Display	OLED	OLED
Resolution	2160 x 1200	2160 x 1200
Refresh Rate	90Hz	90Hz
Platform	Oculus Home	SteamVR, VivePort
Field of view	110 degrees	110 degrees
Tracking area	5 x 11 feet	15 x 15 feet
Built-in audio	Yes	Yes
Built-in mic	Yes	Yes
Controller	Oculus Touch, Xbox One controller	Vive controller, any PC compatible gamepad
Sensors	Accelerometer, gyroscope, magnetometer, Constellation tracking camera	Accelerometer, gyroscope, Lighthouse laser tracking system, front-facing camera
Connections	HDMI, USB 2.0, USB 3.0	HDMI, USB 2.0, USB 3.0
Requirements	NVIDIA GeForce GTX 960 / AMD Radeon RX 470 or greater Intel Core i3-6100 / AMD FX4350 or greater 8GB+ RAM Compatible HDMI 1.3 video output 2x USB 3.0 ports Windows 7 SP1 or newer	NVIDIA GeForce GTX 970 /AMD Radeon RX 480 equivalent or greater Intel Core i5-4590 equivalent or greater 4GB+ of RAM Compatible HDMI 1.3 video output 1x USB 2.0 port Windows 7 SP1 or greater
Price	\$600 + \$200 (+\$80 for third sensor)	\$800
DT review	2.5 out of 5 stars	4 out of 5 stars

Figura 1.4: Confronto tra i due visori Oculus Rift e HTC Vive

Vive attraverso una manopola permette di impostare la distanza delle lenti rispetto l'utente con possibilità di utilizzare il visore assieme ad un paio di occhiali, ha una minor quantità di infiltrazioni di luce dall'esterno e ha un minor effetto di Tunnel Vision rispetto ad Oculus. La performance dei sistemi di tracciamento differisce in modo sostanzioso tra i due visori. Oculus Permette un tracciamento accurato ma solo nei 180° gradi di fronte alle due camere. Si può ottenere un'area complessiva di 360° utilizzando un ulteriore sensore posizionato alle spalle dell'utilizzatore (da comprare a parte). L'area di movimento è più piccola rispetto al Vive e il quantitativo di porte usb richieste da questo sistema è

parecchio elevato (una porta usb 3.0 per ogni sensore ottico e una per il visore). Vive con l'utilizzo delle due stazioni "Lighthouse" permette di tracciare con elevata precisione visore e controller a 360° e su un'area di circa 4,5 metri quadrati occupando solo una porta HDMI e una porta Usb 2.0.

1.5 Singularity Project - Architettura del Software

Lo sviluppo del videogioco viene di seguito suddiviso in macro-sezioni, le quali saranno approfondite nei vari lavori di tesi. Di seguito un overview delle varie parti:

1.5.1 Paradigmi d'interazione in Realtà Virtuale

In questa sezione viene descritta l'implementazione delle meccaniche di gioco di Singularity Project con particolare attenzione all'adattamento di esse con i dispositivi di Realtà Virtuale. Saranno descritti i sistemi di movimento e le varie modalità con cui il giocatore può interagire con l'ambiente circostante. Saranno discusse le varie decisioni prese per rendere il *gameplay*⁷ intuitivo e divertente ma al contempo confortevole. All'interno di questa sezione sono anche trattati i temi riguardanti l'ottimizzazione, sia a livello di prestazioni che di game design, per massimizzare il senso di presenza nel mondo virtuale.

1.5.2 GUI - Graphical User Interface

Questa sezione contiene un'analisi della User Experience mirata allo sviluppo di un'applicazione di realtà virtuale. Vengono descritte le scelte e le idee prese in considerazione per il progetto per quanto riguarda l'interfaccia messa a disposizione al giocatore. L'ottimizzazione di questa è fondamentale in un videogioco per un'immersione immediata specialmente se questa è in VR.

1.5.3 AI - Artificial Intelligence

In questa parte vengono descritte le classi e i metodi che permettono l'esistenza di antagonisti gestiti da un'intelligenza artificiale. Per lo sviluppo di quest'ultima è stato scelto un sistema nato nell'industria dei videogiochi denominato Behavioural Tree. La chiarezza degli algoritmi e degli schemi costruiti tramite questo metodo permettono lo sviluppo di AI più complesse con meno errori.

⁷L'insieme delle meccaniche e delle regole del gioco

1.5.4 Sound Design and Integration

In questa sezione vengono trattati tutti i procedimenti per l'implementazione della componente sonora nel progetto, dalla creazione fino all'importazione degli effetti sonori. Viene descritto in modo particolare il software utilizzato per la gestione della componente sonora, il Middleware Audio Wwise prodotto dalla Audiokinetic. Parte della sezione è dedicata alla spazializzazione della componente sonora, che permette di migliorare ulteriormente il livello di immersione dell'applicazione VR, e alla validazione di tutto il lavoro di Sound Design.

1.5.5 Gesture Recognition System

Questo modulo illustra la creazione e l'utilizzo di un sistema per la registrazione e il riconoscimento di gesture in realtà virtuale. Vengono analizzati e utilizzati algoritmi di classificazione e riconoscimento per la creazione di gesture personalizzate.

1.5.6 Altri Moduli

I restanti moduli, richiedendo competenze decisamente differenti rispetto a quelle dell'ingegnere, saranno gestiti da figure esterne grazie ai finanziamenti ottenuti dal Working Capital di TIM. Questi moduli includono grafica e realizzazione di modelli 3D, composizione della musica per la colonna sonora e la scrittura dei dialoghi e della sceneggiatura.

Analisi dei limiti e problemi della Realtà Virtuale

In questo capitolo verranno introdotti i principali problemi della Realtà Virtuale, in particolare verrà resa nota la situazione attuale del mercato, i limiti tecnici e quali sono i principali problemi causati all'utilizzatore

2.1 Introduzione dei principali problemi

La realtà Virtuale è una tecnologia all'avanguardia che rappresenta il futuro dell'intrattenimento digitale e non solo. I suoi campi di applicazione di fatto sono molteplici e possono variare dalla riabilitazione, al manufacturing, all'e-commerce, ecc. In quanto settore innovativo, al momento sul mercato non sono presenti linguaggi d'interazione universali. Di fatto le applicazioni attualmente in commercio utilizzano spesso strumenti d'input tradizionali quali mouse, tastiera o joystick e in alcuni casi il tracciamento dello sguardo o del puntamento di un dispositivo. L'interazione macchinosa risulta perciò una delle cause principali delle interruzioni di immersione e di "sickness". Inoltre la maggior parte delle applicazioni e dei giochi attualmente sul mercato sono principalmente delle "demo" dedicate ai dispositivi hardware o piccole esperienze della durata di pochi minuti. Non esistono applicazioni con meccaniche complesse o videogiochi con trame strutturate. La totalità dei videogiochi complessi disponibili per Realtà Virtuale sono dei semplici adattamenti di giochi già disponibili per le piattaforme tradizionali e che, pertanto, non presentano compatibilità con la maggior parte delle features più avanzate dei maggiori

dispositivi VR ed in particolare soffrono di un design palesemente adattato alle esigenze della Realtà Virtuale.

2.2 Il mercato della VR

I dati provenienti dalle indagini di mercato fanno pensare che nel 2018 i nostri smartphone saranno in grado di supportare la realtà virtuale e la realtà aumentata. Questo nonostante un andamento non previsto del mercato che ha fatto dubitare del successo della realtà virtuale in quanto i dati attesi riportavano 3.8 miliardi di dollari attesi invece si è arrivati a 2.7 miliardi di dollari . Per quanto riguarda invece la realtà aumentata si è arrivata a un 1.2 miliardi di dollari , infondendo fiducia e portando il valore totale di mercato a 3.9 miliardi di dollari totali. Il successo della realtà aumentata è sicuramente dovuto agli introiti portati da "Pokémon Go", un videogioco di tipo free-to-play basato su realtà aumentata geolocalizzata con GPS, sviluppato da Niantic per i sistemi operativi mobili iOS e Android. Questo lascia molto da pensare, in quanto fa capire che un singolo applicativo possa risollevare le sorti di un'intera tecnologia. Quindi la domanda che ci si pone oggi è:"succederà lo stesso per la realtà virtuale?"

Dalle previsioni si evince un ritardo di quasi un anno della propagazione dell'AR/VR. Quello che invece si è percepito è uno spostamento degli obiettivi a cui mira la tecnologia, portando ad affermare i dispositivi mobile come leader del settore. Entro il 2021 la realtà aumentata varrebbe 83 miliardi di dollari contro i 25 miliardi di dollari che la realtà virtuale si pensi possa generare. Questo distacco è dovuto in quanto la la VR non è raggiungibile da tutti, i costi da sostenere sono molto più onerosi ed essendo qualcosa di nuovo il grande pubblico va cauto e preferisce fare piccoli passi con la AR.

Sicuramente col passare del tempo i costi diminuiranno dei dispositivi permettendo a più utenti di accedere alla tecnologia quello che invece potrebbe rimanere inalterato e compromettere la diffusione dei sistemi di Realtà Virtuale nel mercato è il cosiddetto disturbo da VR (VR Sickness), una forma di Disturbo da Movimento o cinetosi(Motion Sickness) rivisitata in chiave "moderna".

2.3 VR Sickness

La VR Sickness è causata da un conflitto sensoriale relativa alla percezione del movimento dove in questo caso viene avvertita da alcuni soggetti dall'utilizzo più o meno prolungato di un dispositivo di realtà virtuale, provoca sintomi quali: mal di testa, nau-

sea, disagio, vomito ecc. Essa differisce dalla cinetosi in quanto il movimento del corpo non è una condizione necessaria al manifestarsi dei sintomi. È anche diversa dalla simulator sickness in quanto essa è caratterizzata da disturbi oculomotori, mentre la motion sickness tende ad essere caratterizzata da disorientamento. Le cause più note di questo malessere sono il conflitto tra movimento del corpo e feedback visivo e conflitto sensoriale.

2.3.1 Conflitto tra movimento del corpo e feedback visivo

È sicuramente la causa maggiore della VR Sickness. Il disturbo è legato al conflitto tra occhi, che possono registrare delle variazioni di pendenza durante la simulazione in realtà virtuale, e il sistema vestibolare all'interno dell'orecchio che non registra nessuna pendenza in quanto magari si è fermi nella realtà, possibilmente perché seduti sulla propria sedia.

- **Costruzione e dinamica dell'immagine retinica** I parametri più importanti in Hardware a cui prestare attenzione sono il Frame Rate e la Latenza. Il Frame Rate nell'ambito della VR è la frequenza di riproduzione dei fotogrammi che compongono l'immagine finale per singolo occhio del visore. Se il Frame Rate del display non è abbastanza elevato l'utente avverterà del flickering, che a lungo può produrre sickness.

Nell'ambito della VR il termine latenza viene usato per indicare la differenza tra il movimento del headset e il movimento dell'immagine sul display. La latenza del sistema farà in modo che l'utente non vedrà gli stimoli visivi che si aspetta nel momento in cui se li aspetta, ma leggermente più tardi. La sensibilità alla latenza è un parametro individuale e varia da individuo ad individuo, ma valori maggiori di 15ms possono causare VR sickness. Un Frame Rate superiore a 70 Hz, corrispondente a un tempo di refresh dell'immagine pari a 14.3 ms, rappresenta già una condizione necessaria per avere un sistema a bassa latenza. Ma il Frame Rate è solo un aspetto. Infatti una parte della latenza è legata al tempo di acquisizione dei sensori di movimento. Per esempio, su un Oculus Rift la latenza del tracking ottico dei movimenti è di circa 2 ms.

- **Tempo di immersione e adattamento a lungo termine** I problemi di malessere in un applicativo di realtà virtuale insorgono dopo una certa soglia di tempo. Questa soglia è soggettiva e varia in base all'individuo e al tipo di applicativo

in realtà virtuale. Un ottimo applicativo permetterà un tempo prolungato di permanenza all'interno dello scenario. In ogni caso è possibile migliorare la propria soglia soggettiva del malessere, secondo alcuni si tratterebbe di un processo di adattamento, proprio come dopo molte ore in barca si diventa resistenti al mal di mare.[aggiungere link],

- **Percezione di scala falsate** Gli occhi dell'utente, le lenti e il software di generazione delle immagini sul display devono essere assolutamente allineati, altrimenti il sistema non funzionerà. Rende quindi necessario adottare dei sistemi di setting iniziale per poter sistemare l'utente sincronizzando la sua postazione reale con quella del mondo virtuale.

I fondamenti della User Experience in realtà virtuale

In questo capitolo verrà descritto l'attuale stato dell'arte della User Experience in Realtà Virtuale. Verranno quindi descritti i principi di Design che ogni applicativo in VR dovrebbe tener conto per ridurre al minimo i problemi di sickness e disorientamento dell'utente. Sarà descritto come strutturare e ideare un ambiente in VR con particolare attenzione al comfort dell'utilizzatore, sarà descritto come progettare interfacce funzionali e di facile uso, infine verranno descritti i feedback che un utente dovrebbe ricevere dalle stesse interfacce.

3.1 Introduzione alla UX

La realizzazione di un gioco in Realtà Virtuale richiede una progettazione diversa da un gioco desktop. Per strutturare il processo è doveroso prima di giungere alla conclusione, effettuare diverse analisi sul tipo di applicativo che intendiamo realizzare. Negli ultimi anni l'hardware ha fatto grandi progressi, cosa che invece non è accaduta alla pari quanto riguarda il design delle esperienze offerte all'utente. Ad oggi, progettare uno scenario in Realtà Virtuale che permette una quasi totale immersione è una sfida completamente aperta. Ci sono molti problemi legati soprattutto a sfruttare vecchi modelli di design e interazione e cercare di adattarli a questi nuovi scenari. Questa strategia si è rivelata sbagliata, problemi come la motion sickness ne sono un chiaro esempio di applicazione errata. Siamo ancora nel vecchio e selvaggio west[6], maturo per scoprire nuovi meccanismi e idee nel campo della UX della realtà virtuale

3.2 Principi di Design per la realtà virtuale

Di seguito verranno elencate le caratteristiche principali da prendere in considerazione per la realizzazione di un qualsiasi scenario in Realtà Virtuale[7]. Molte di queste scelte permettono una migliore immersione e riducono di conseguenza la sickness

3.2.1 Senso di presenza

Fattore cruciale da considerare quando si parla di Human Interaction all'interno di sistemi virtuali. È la presenza, ovvero il livello in cui la persona si sente immersa nell'esperienza proposta. È usata spesso come misura di qualità per valutare, sviluppare e ottimizzare contenuti virtuali (Bystrom, Barfield, e Hendrix, 1999; Riva et al., 2011; Riva et al., 2007); Ci sono delle considerazioni da prendere in esame per fornire un senso di presenza che permetta la totale immersione nel contesto virtuale:

- **Corpo virtuale:** Associare all'utente un corpo può avere parecchi svantaggi se fatto in maniera errata. E' preferibile non avere nessun corpo piuttosto che uno sbagliato, ovvero, un corpo che non risponda agli input dell'utente. Diventa preferibile definire solo alcune parti del corpo facilmente gestibili. Un esempio sono le mani e l'avambraccio. Il cervello umano è molto bravo ad immaginare e riempire gli spazi vuoti, in questo caso è preferibile non avere l'avambraccio, di difficile simulazione, e lasciare solo le mani
- **Comportamento Forzato:** Evitare di forzare il comportamento dell'utente, spostandolo involontariamente nella scena. A meno che non si voglia creare disagio. Nel momento in cui si sposta un utente senza il suo volere, viene meno il senso di presenza ed immersione causando sickness.

3.3 Fedeltà

La fedeltà è intesa come il “grado in cui l'ambiente virtuale simula il mondo reale” (Alexander et al., 2005), cioè è il livello di realismo che l'applicativo in Realtà Virtuale fornisce. La fedeltà comprende diverse tipologie:

- **Fisica-Sensoriale:**Visiva, acustica e tattile.
- **Psicologica:** Il livello con il quale l'applicativo simula i fattori psicologici che si vivrebbero nell'esperienza reale.

- Funzionale: Il livello con il quale l'applicativo simula il funzionamento degli elementi nella scena.

3.4 Costruzione di un ambiente - Immersione e Esplorazione

Quando si realizza una scena in un ambiente virtuale, bisogna tener conto che l'utente è immediatamente una parte dell'ambiente che si ha costruito[8]. I piccoli dettagli contano, e ogni contenuto all'interno della scena deve permettere all'utente di rendere credibile il posto in cui si trova. L'utente potrà visionare a 360 gradi la scena. Tutto lo spazio visibile deve poter essere visitato, meglio quindi evitare di creare delle parti, se non è possibile visitarle. Ogni oggetto con cui si potrebbe idealmente interagire, deve poterlo fare con l'utente[9]. E' meglio, in alternativa, limitare oggetti, teoricamente prendibili, ma all'interno della scena statici.



Figura 3.1: Job Simulator

Questo applicativo è un esempio di Environment Building fatto bene. L'utente potrà esplorare a 360 gradi l'ambiente, interagendo con ogni elemento presente. Ciò permette un senso di immersione incredibile.

- Punto di interesse: Gli utenti possono essere liberi di guardare ovunque dentro la scena. Diviene molto importante a questo punto chiedersi come poter strutturare

delle scene e come attirare l'attenzione dell'utente verso determinate zone. In realtà virtuale, costringere un utente a guardare in un punto muovendo o forzando il suo punto di vista è veramente una brutta esperienza, che causerà sickness e fastidio. Ciò che bisogna fare invece è sfruttare elementi sonori e visivi per catturare l'attenzione dell'utente. La scena deve essere costruita affinché sia un tour guidato del contenuto da trasmettere, lasciando all'utente la possibilità di essere lui, in realtà, il regista.



Figura 3.2: Oculus Lost 2 - Feedback 1

In questo applicativo di Oculus, si sfruttano piccoli dettagli della scena per attirare l'attenzione dell'utente guidandolo. Di conseguenza evitano forzare la sua attenzione muovendo la camera.

3.5 Technical Design

- **Profondità e distanza:** Gli oggetti più lontani dall'utente devono essere meno nitidi e tendere verso il blu. Ciò permette di dare informazioni aggiuntive dello scenario per quanto riguarda la profondità e la distanza. Non mettere elementi troppo vicini alla vista dell'utente. Bisogna evitare di far cambiare rapidamente e molto spesso la messa a fuoco tra due oggetti a diverse profondità visiva.



Figura 3.3: Oculus Lost 2 - Feedback 2

- Huds - Head Up Display La UI è un elemento chiave quando si vuole che l'utente possa far uso di informazioni costantemente durante tutta l'esperienza. Una delle soluzioni adottate è quella di ancorare la UI alla testa dell'utente. Questa soluzione è possibile ma problematica in VR. E' molto difficile definire correttamente una distanza della UI confortevole per l'utente. Se l'utente dovrà muovere spesso la testa, se ci sono molti oggetti ancorati dell'interfaccia UI, potrebbero dare fastidio e affaticare l'esperienza. Una delle soluzioni efficaci può essere quella di ancorare la UI ad una parte dell'utente secondaria. Come ad esempio il braccio. La UI in questo caso può essere utilizzato quando se ne ha bisogno, a discrezione dell'utente, e si evita di affaticare la vista dell'utente.
- Orientamento e oggetti ancorati Per evitare la sickness diventa necessario fornire all'utente delle informazioni che permettano di orientarsi nell'applicativo di realtà virtuale. L'orizzonte permette di avere un'idea precisa dello spazio circostante e di come muoversi. Per prevenire la sickness spesso si utilizzano dei punti di riferimento che permettano all'utente di orientarsi all'interno della scena. Diventa quindi molto di aiuto definire degli elementi statici nella scena che evitino disorientamento dell'utente. Siamo abituati sempre ad avere degli oggetti fissi intorno a noi quando siamo in movimento dentro una vettura, come il cruscotto di una macchina. Anche quando camminiamo, non ci prestiamo attenzione, ma abbiamo un oggetto statico, il naso. Questi elementi possono quindi essere una cockpit o

un naso virtuale. Bisogna quindi stabilire durante il movimento in realtà virtuale, sempre degli elementi che aiutino l'orientamento visivo

- **Colore e illuminazione** Il contrasto tramite l'illuminazione permette di aiutare la lettura dell'immagine ma l'angolo di visione, in relazione alla posizione dell'utente, può peggiorarla. Sfruttare i contrasti per concentrare l'attenzione nei punti di interesse. Scene troppo luminose affaticano la vista dell'utente. Il verde (processazione dei colori rgb) è di facile lettura.
- **Text** Evitare grosse quantità di testo informativo all'interno dell'ambiente virtuale. Considerare come poter attirare l'attenzione su alcuni elementi del testo piuttosto che su altri.
- **Screens** Gli schermi curvi sono da preferire a quelli piatti. Elementi come la traslucenza o la trasparenza possono aiutare a rendere l'ambiente più confortevole e di facile lettura. Evitare di sovraccaricare l'utente con troppi menù che possono appesantire la lettura. Schermi curvi funzionano meglio di quelli piatti. **Transizione dello Scenario:** In realtà virtuale cambiare scenario non è banale, se non viene realizzato con le opportune considerazioni può causare confusione e sickness all'utente. Un elemento chiave quando si cambia lo scenario è il suono, esso deve accompagnare la transizione tra i due ambienti riducendo lo shock del cambiamento. **Sonoro e Musiche:** L'audio deve aiutare nella percezione dell'esperienza: Elementi della GUI devono essere sorgenti di audio per segnalare i giusti feedback all'utente. Uno degli aspetti importanti dell'audio nell'ambito della realtà virtuale è quello di guidare l'utente a percepire nel momento giusto e nel posto giusto un evento importante per l'applicativo di realtà virtuale. Non avendo il pieno controllo sull'utente bisogna attirare la sua attenzione tramite degli input sonori spazializzati che indichino la zona interessata in un certo momento.
- **Movimento** Lo spostamento nella scena di un giocatore è più complessa in VR, perché il giocatore è libero di muoversi in tutti i punti. Bisogna capire come gestire il movimento in relazione al tipo di videogioco che si sta realizzando. Bisogna evitare movimenti rapidi a meno che questi movimenti non servano per creare disagio.
- **Accelerazione** Spostarsi nell'ambiente è particolarmente difficile in realtà virtuale, e diventa fondamentale capire come gli utenti percepiscono la loro posizione rispetto

allo spazio. Secondo alcuni studi la transizione del corpo inizialmente fermo a in movimento dovrebbe avvenire in 83 m/s mentre in 266 ms bisogna decelerare.

3.6 Human Experience

Il punto centrale dell'esperienza in realtà virtuale è quello di evitare assolutamente che un utente possa avvertire sickness. Questo perchè quasi sicuramente se un utente trova del malessere in quello che sta facendo, è possibile che non voglia più ripetere l'esperienza.

3.6.1 Physical Comfort

Il Physical comfort è molto probabilmente il fattore più importante da tener conto quando si realizza un applicativo in realtà virtuale.

- Il sistema propriocettivo è responsabile del senso di orientamento di noi stessi all'interno di una scena virtuale, rispetto al mondo, ed è anche responsabile della motion sickness. La motion sickness si verifica quando gli input sensoriale del sistema virtuale non sono coerenti o non sono come un utente si aspetta di riceverli.
- Adattamento all'utente Quando si realizza uno scenario che prevede l'utilizzo di una varietà di utenti, è doveroso riflettere, su come le differenze fisiche di quest'ultimi, possano riflettere positivamente o negativamente verso l'esperienza in realtà virtuale. Diventa cruciale adattare la scena in relazione agli utenti. I fattori da prendere in considerazione durante il setup sono:

-Altezza: Bisogna variare l'altezza della camera

-ipd: La distanza interpupillare è la distanza che intercorre tra il centro della pupilla dell'occhio destro a quella dell'occhio sinistro. Nell'essere umano tale distanza è mediamente di 65 mm. Si hanno distanze maggiori o minori a tale valore a seconda della conformazione del cranio dei soggetti. Nei soggetti con dolicocefalia indotta (come negli antichi egizi ed aztechi) o congenita si hanno crani "schiacciati", ovverosia lunghi e stretti, con distanze interpupillari inferiori alla media.

3.6.2 Usabilità

Definita come "il grado in cui un prodotto può essere utilizzato da un particolare utente per raggiungere determinati obiettivi in modo efficace, efficiente e soddisfacente, in uno

specifico contesto d'uso". Nella pratica è il grado di facilità delle interfacce che utilizza l'utente.

3.7 Interfacce

Le tradizionali interfacce utente non funzionano più in VR. Tutto lo studio ad oggi fatto per le interfacce è stato realizzato su modelli progettati per avere una superficie piana. Quindi progettare per schermi di computer, portatili e cellulari richiede una pianificazione differente dalla realizzazione di un'interfaccia in un mondo sferico in cui l'utente è al centro[10]. Oggi quello che si cerca di fare è portare nuovi studi della UX in realtà virtuale per progettare delle interfacce efficaci, ma non esistono ancora delle idee chiare e precise, siamo ancora ad una fase di testing[11].

3.7.1 Norme di progettazione delle interfacce

- **Design Curvo:** uno degli aspetti molto importanti in VR è quello di poter sfruttare tutte le interfacce tramite un Design curvo[12]. Ciò permette di avere tutti gli elementi in vista alla stessa distanza dall'utente. Nel caso contrario gli elementi ai bordi dovrebbero avere una messa a fuoco differente, cosa che può creare confusione all'utente e non permette una facile lettura dell'immagine.

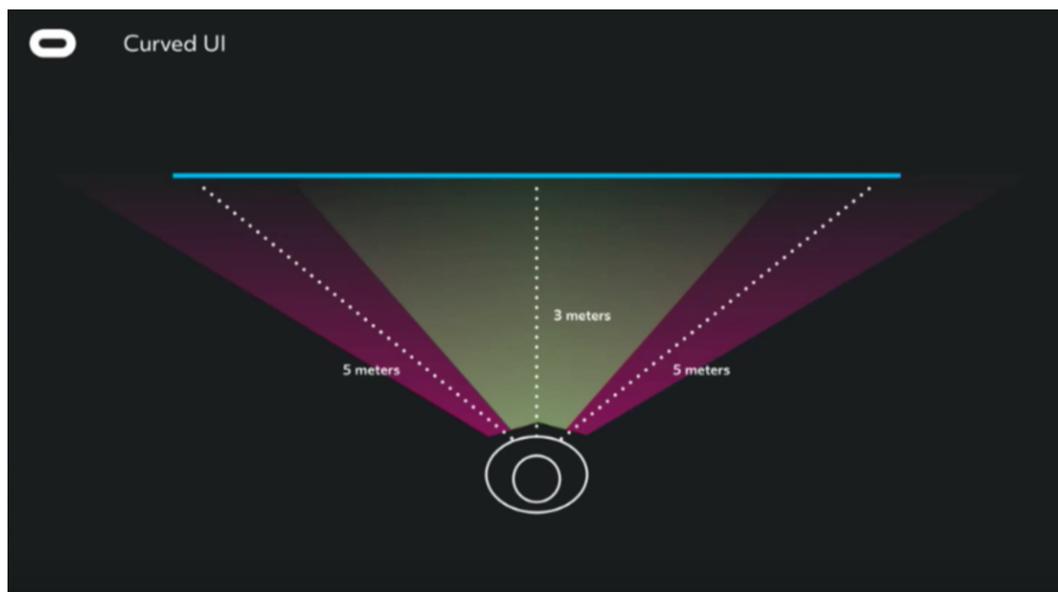


Figura 3.4: Oculus Connect 2 - Design Curvo - Problema

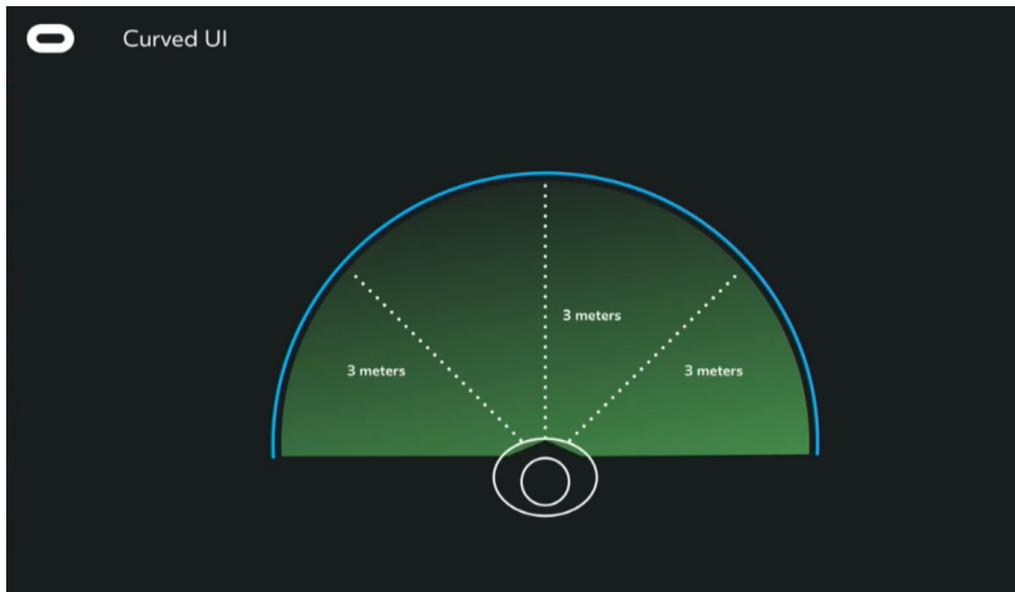


Figura 3.5: Oculus Connect 2 - Design Curvo - Soluzione

- Le interfacce devono legare con il mondo di gioco e non devono essere decontestualizzate[13]. Gli elementi olografici devono potersi incastrare perfettamente con l'ambiente. Aiutano l'immersione e la lettura. Evitare di mescolare 2D e 3D GUI.
- Mantenere la densità di informazioni e oggetti sullo schermo bassa. La densità deve essere molto inferiore alla GUI a schermo standard. Non tutto deve essere in vista. Bisogna realizzare dei menù a comparsa e permettere nella maggior parte del tempo di avere il minimo della HUD indispensabile. Creare la HUD in maniera tale si trovi in un unico pannello curvato (stessa distanza di vista).
- **Campo di visione:** E' molto importante fornire l'interfaccia principale nel campo di visione tra 60 gradi dal centro di visione e evitare le zone periferiche. Bisogna evitare che l'utente debba inclinare troppe volte la testa. I controlli principali devono essere posizionati in un'area rettangolare, in maniera tale che ogni bottone possa essere selezionato nell'area di Comfort.

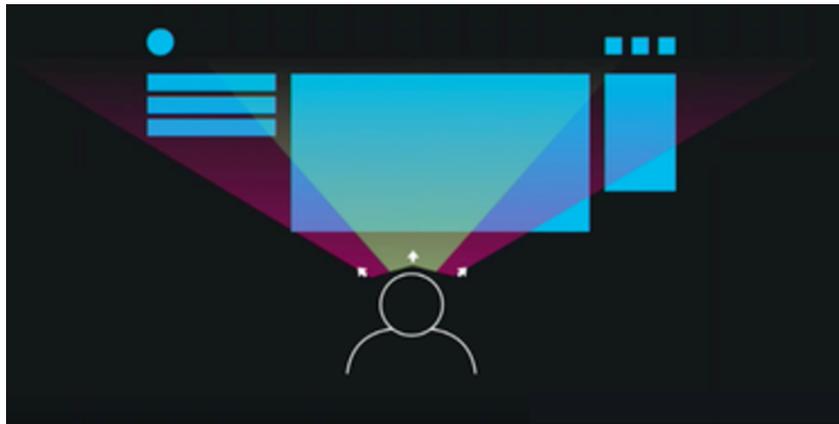


Figura 3.6: Oculus Connect 2 - Campo di visione - Problema

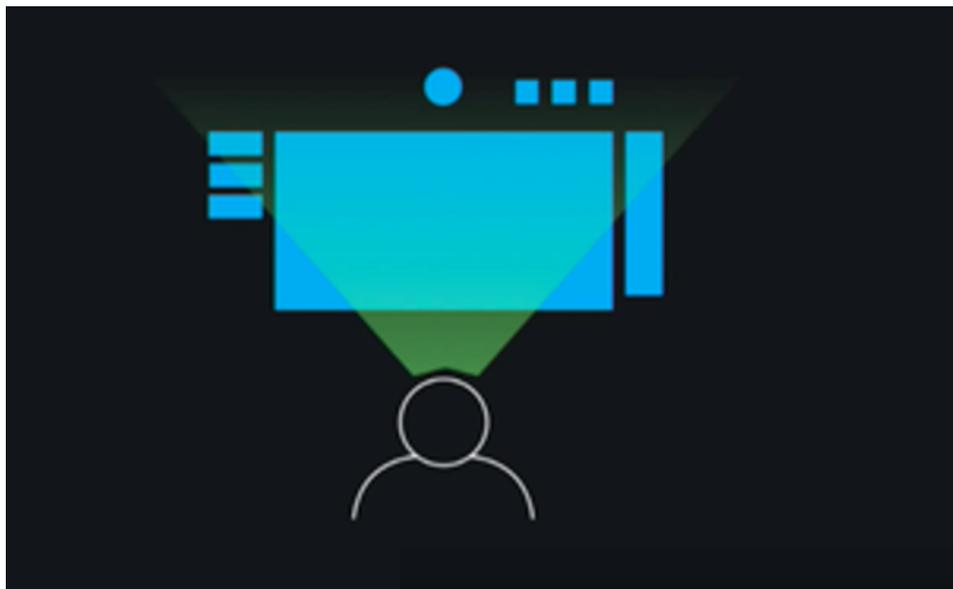


Figura 3.7: Oculus Connect 2 - Campo di visione - Soluzione

- **Distanza:** Un'altra caratteristica da prendere in considerazione nella realizzazione di un'interfaccia è la distanza dall'utente. La distanza ideale per una lettura senza disagi deve variare dai 1 / 2 metri ai 5 metri.

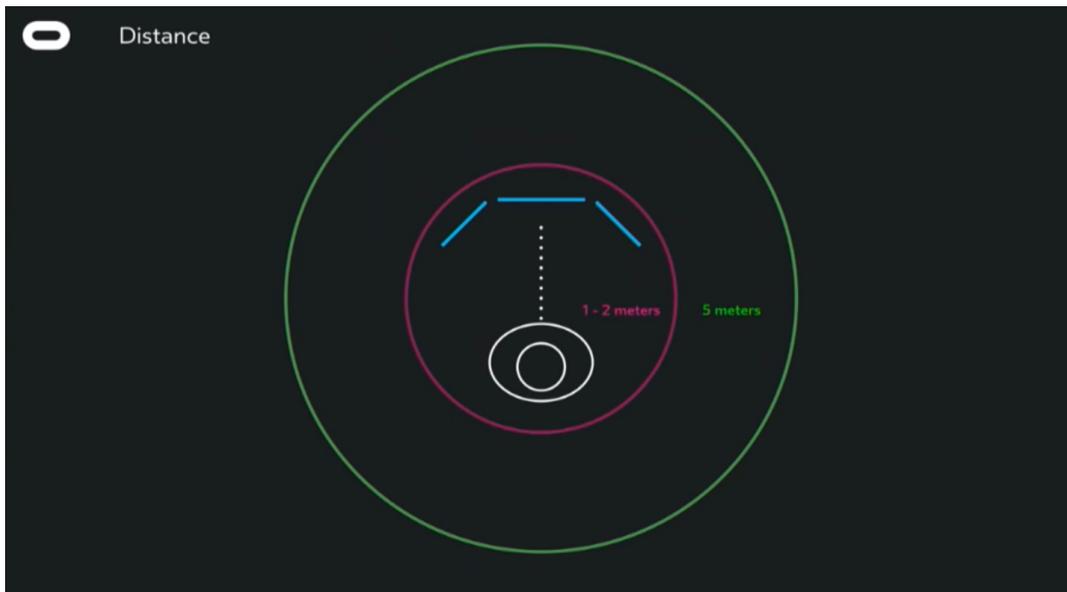


Figura 3.8: Oculus Connect 2 - Distanza - Problema

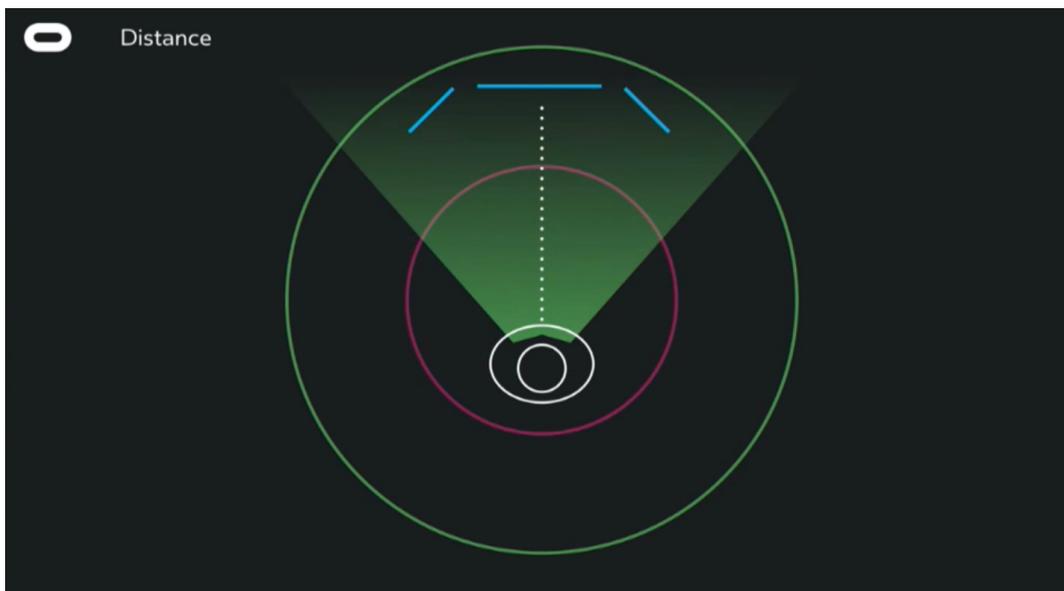


Figura 3.9: Oculus Connect 2 - Distanza - Soluzione

- **Contrasto:** Bisogna creare il giusto contrasto per aiutare la lettura della UI. Si deve però stare attenti a non esagerare con la luminosità perché ciò potrebbe affaticare l'utente. Ci vuole il giusto compromesso in relazione all'ambiente in cui ci si trova e la composizione che si vuole ottenere.

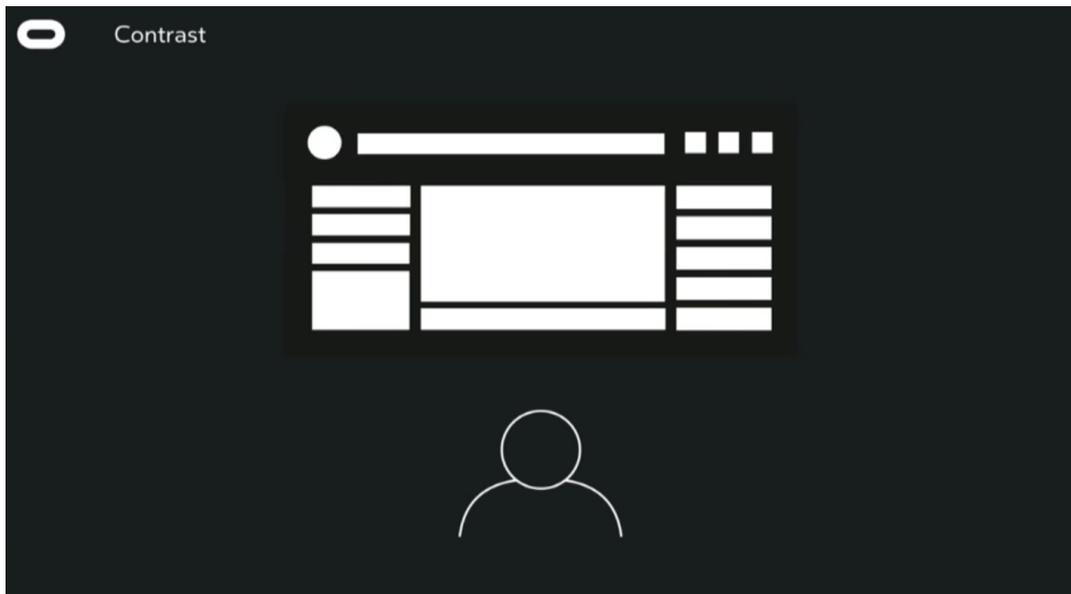


Figura 3.10: Oculus Connect 2 - Contrasto - Problema

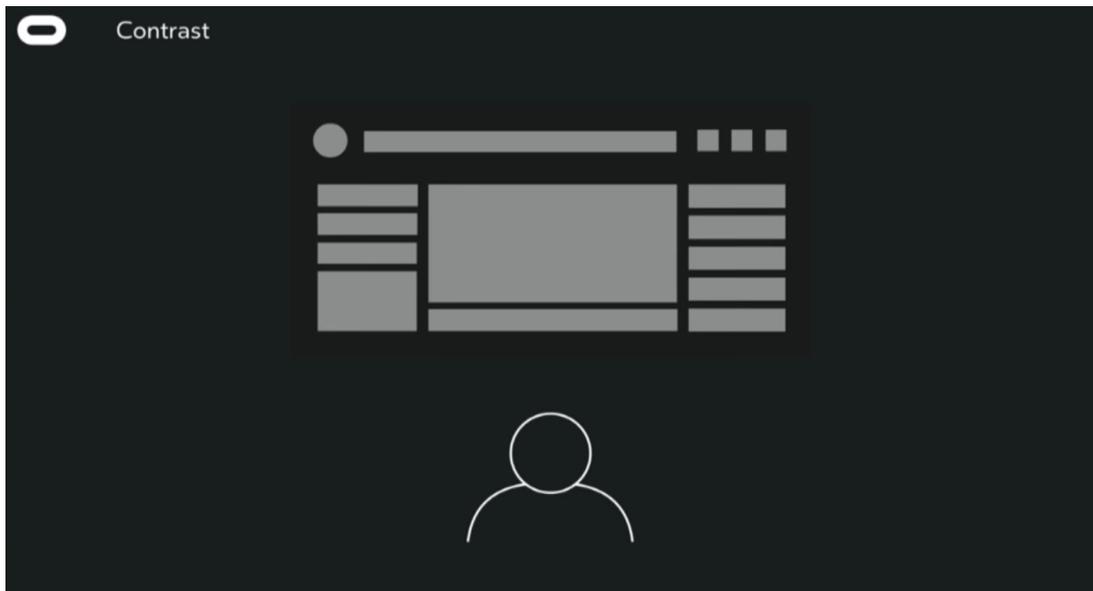


Figura 3.11: Oculus Connect 2 - Contrasto - Soluzione

- **Larghezza Blocco di testo:** Bisogna evitare di avere un blocco di testo che non permetta una facile lettura all'utente, è un'esperienza poco confortevole. Bisogna ridurre la quantità di contenuto riducendo quindi l'ampiezza della finestra di visualizzazione, ciò permetterà una più facile lettura.

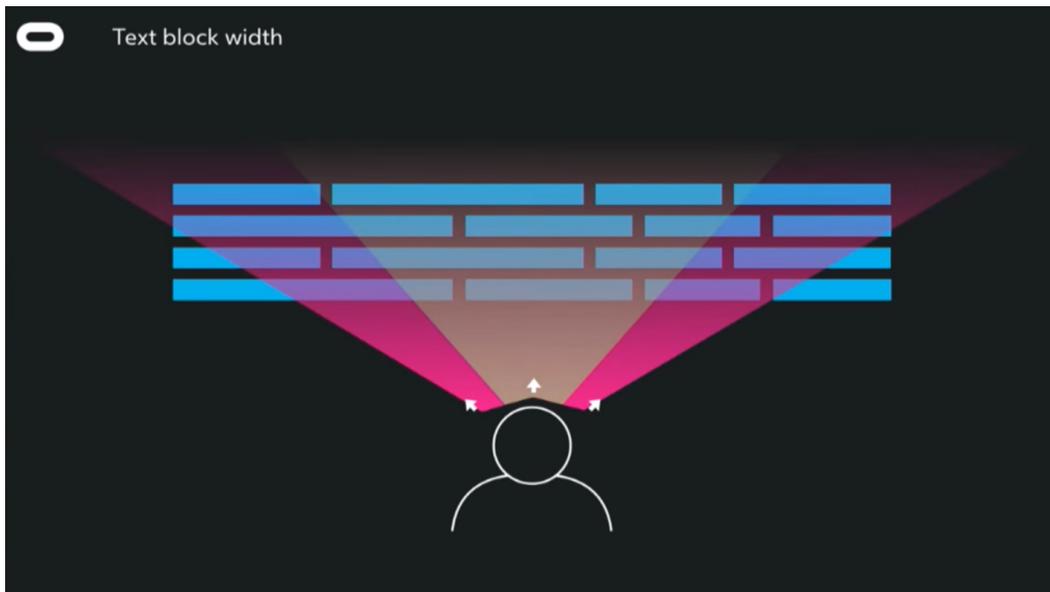


Figura 3.12: Oculus Connect 2 - Larghezza Blocco di testo - Problema

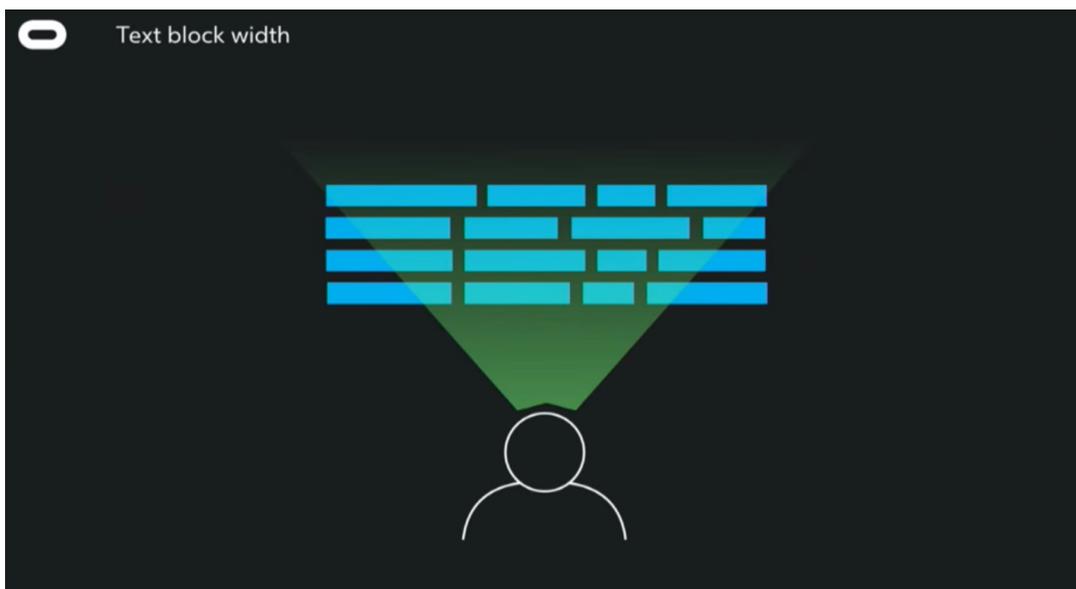


Figura 3.13: Oculus Connect 2 - Larghezza Blocco di testo - Soluzione

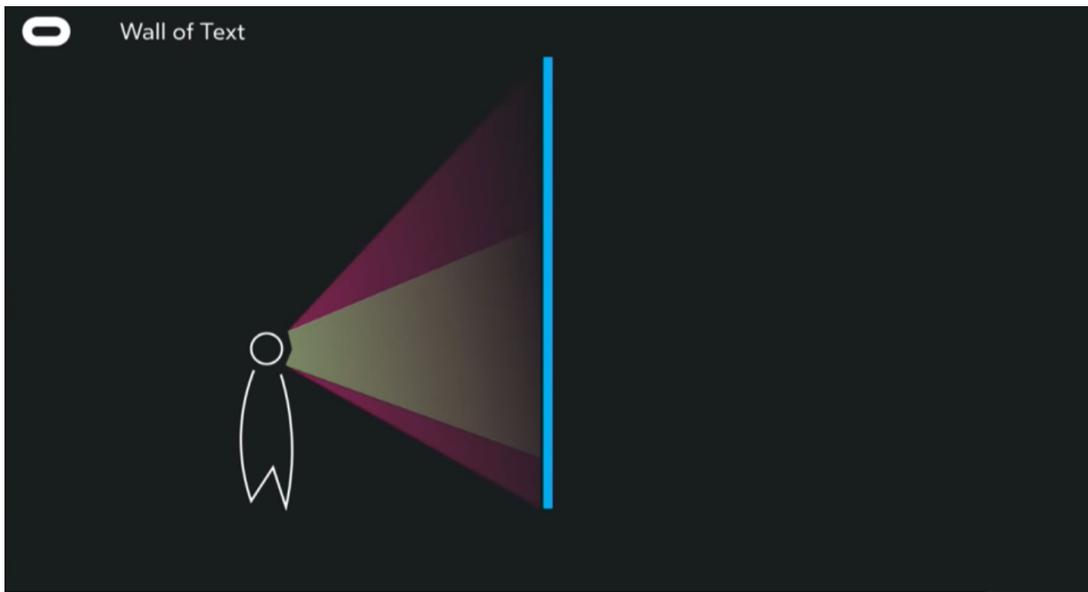


Figura 3.14: Oculus Connect 2 - Ampiezza finestra visualizzazione - Problema

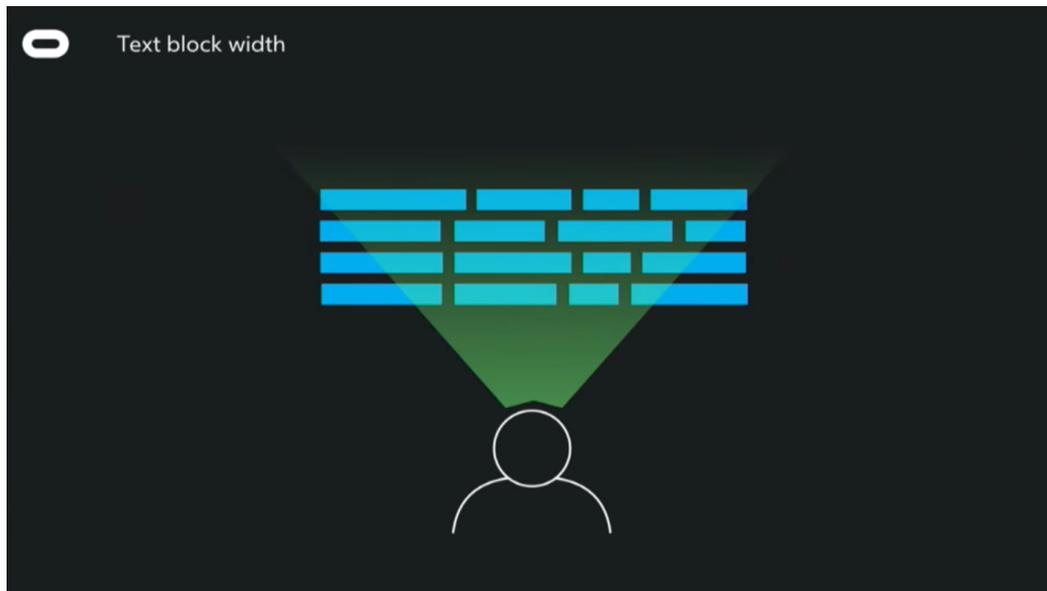


Figura 3.15: Oculus Connect 2 - Ampiezza finestra visualizzazione - Soluzione

- **Angolo di Visione:** Bisogna tener conto che l'angolo degli applicativi in VR differisce dai normali applicativi desktop. L'utente potrà sfruttare il collo per visionare lo scenario attorno ma non bisogna abusare di questa possibilità. Bisogna tener conto che il collo permette un angolo di visione maggiore che arriva a 102° ma

muovere troppo il collo potrà causare alla lunga dei problemi di malessere. Bisogna fare in modo che ci siano solo informazioni secondarie in quelle zone, permettendo quindi all'utente di visionare senza muovere il collo i contenuti principali.

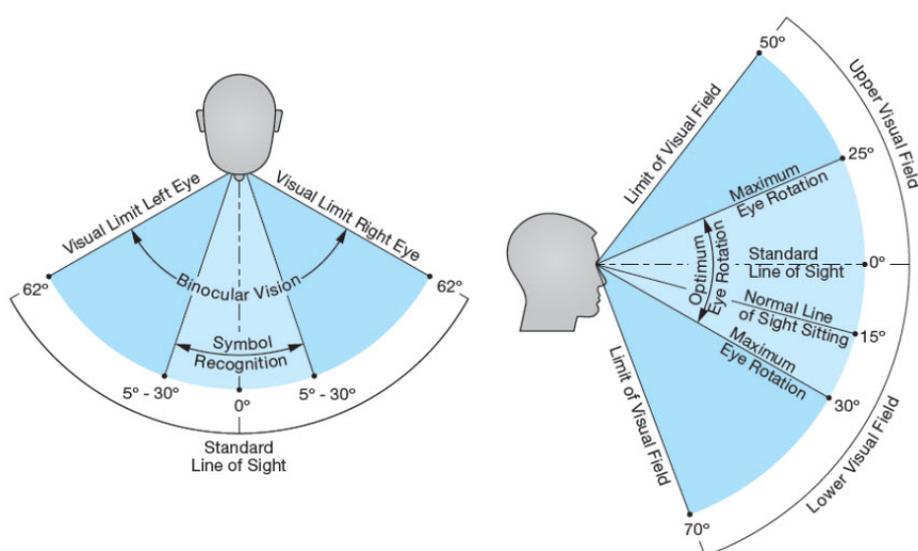


Figura 3.16: Angolo di visione

3.8 Feedback - Interazione gesture

Uno degli più importanti nella realizzazione delle interfacce in VR è l'interazione che l'utente deve avere con esse e i feedback che di conseguenza deve ricevere. In modo particolare in Realtà Virtuale, sono molto importanti i feedback che un utente riceve, in quanto permettono all'utente di comprendere se un'azione è stata eseguita o meno. Una delle soluzioni più efficace è quella realizzata un'interfaccia che risponda dopo un'azione dell'utilizzatore tramite l'uso di movimenti, colori e suoni. Di seguito un esempio di pressione di un tasto.

3.8.1 Interfacce

Molto importante è la scelta dei colori legata ad ogni cambiamento di stato.



Figura 3.17: Menù bottoni

- **Stadio iniziale:** Nella posizione a riposo il bottone presenta la sua posizione e i suoi colori standard. Non emette inizialmente nessun suono.



Figura 3.18: Stadio iniziale

- **Interazione:** Nel momento dell'interazione si forma un cerchio colorato sul punto di contatto che si espande gradualmente fino a quando i due quadrati coincidono. La posizione cambia gradualmente assieme ad un suono che aumenta di intensità.



Figura 3.19: Interazione

- Attivazione: Nel momento di attivazione l'elemento cambia colore e si riceve un feedback sonoro. Successivamente si passa all'apertura del nuovo contenuto



Figura 3.20: Attivazione

3.9 Scalabilità del sistema - System Comfort

Quando si pensa di progettare applicazione per la realtà virtuale diventa indispensabile la scalabilità del prodotto per evitare la sickness e offrire una migliore esperienza di gioco. Il tipo di approccio con questa nuova tecnologia è diverso per ogni utente. Non tutte le persone reagiranno allo stesso modo, bisogna creare un meccanismo che permetta ad ogni utente di riuscire a godere a pieno della propria esperienza in VR. Ciò è permesso tramite un meccanismo scalabile che darà all'utente la possibilità di ridurre alcuni elementi

dell'esperienza. Per questa necessità si è realizzato il System Comfort, un sistema che elimina i punti critici nel quale alcune persone potrebbero avere dei fastidi. Il sistema viene tarato prima dell'inizio dell'applicazione, affinché il gioco sia tarato sull'utente. Molti di questi punti critici sono legati all'orientamento dell'utente nel mondo, bisogna fornire bene le informazioni spaziali per evitare la sickness. Devono essere evitati i movimenti rapidi o brusche nello spazio, molte delle quali sono disorientante. Al contrario, questi elementi invece possono essere adottati per fornire situazioni di disagio dell'utente, disagio legato al contesto dell'applicazione. In questo caso tutte le scelte di questo innesto di disagio vengono eliminate nella modalità System Comfort, in quanto alcune persone potremmo avvertire della nausea che provocherà l'arresto dell'applicazione.

3.10 Normal Maps

Nella grafica 3D, il normal mapping, è una tecnica usata per simulare la complessità del rilievo di superfici senza doverle modellare in dettaglio[14]. Un normal map è generalmente una immagine RGB generata per proiezione da un oggetto dettagliato, che si fa corrispondere alle coordinate x,y,z di una superficie normale meno dettagliata che rappresenta lo stesso oggetto. Questa tecnica permette di migliorare l'aspetto e i dettagli di un modello poligonale semplice, tramite la creazione di un normal map da un modello poligonale dettagliato. Nei videogiochi e nelle applicazioni di grafica 3D realistica in real-time è utilizzata per migliorare l'aspetto di oggetti senza perdere in prestazioni di rendering utilizzando mesh low poly.

Le normal maps possono rompere l'immersione in VR in alcuni casi. Questo perché l'occhio è molto bravo a raccogliere le informazioni sulla profondità e con la VR le immagini sono già stereoscopiche di default e quello che accade è che vediamo le normal maps piatte, cioè prive di tutte le informazioni di profondità.[15] Probabilmente è una buona idea utilizzare solo mappe normali su oggetti che saranno lontano dal lettore poiché l'effetto di parallasse sarà trascurabile oltre una certa distanza. Mentre bisognerebbe trovare altre soluzioni per gli oggetti vicini all'utente altrimenti si potrebbe rischiare di avere problemi di immersione.

User Experience in Singularity Project

In questo capitolo verranno spiegate le soluzioni di User Esperienze adottate per Singularity Project.

4.1 Introduzione alla UX in Singularity Project

Progettare un buon applicativo in Realtà Virtuale è una delle nuove sfide di questo secolo. La creatività è limitata dalla tecnologia, in quanto per far apprezzare al meglio un'esperienza in VR, essa deve sottostare a delle regole di design legate ai limiti della tecnologia oggi in uso. Singularity Project è stato pensato per sfruttare al massimo le funzionalità offerte dalla tecnologia, integrando all'interno un nuovo modo di esplorare gli spazi di un applicativo tramite metodi di interazioni innovativi che fanno del gioco uno dei primi del genere.

4.2 Design in Singularity Project

La scelta di design di Singularity Project riporta a costruire un mondo con grafica realistica che aumenta l'immersione da parte dell'utente all'interno del mondo di gioco.

4.2.1 Senso di presenza

E' stato scelto di non associare nessun corpo all'utente per evitare i problemi di immersione con corpo virtuale descritti nel precedente capitolo. L'utente potrà invece vedere e gestire le proprie mani, permettendo di afferrare o meno gli elementi nel gioco. La camera nel mondo di gioco non è mai stata forzata, garantendo all'utente il massimo controllo della situazione. Sono stati però introdotti dei movimenti volontari che creassero disagio all'utente in momenti in cui l'obiettivo era disorientare l'utente. Questo ha migliorato il coinvolgimento e l'immersione nel contesto ricreato senza riportare particolari problemi nello svolgimento di tutto il gioco.



Figura 4.1: Mani in prima persona

4.3 Ambienti

Gli ambienti sono stati realizzati pensando ad ogni elemento nella scena. Ogni oggetto è prendibile o azionabile dall'utente. Si è quindi scelto di avere un design minimale lavorando sulla scelta e posizionamento di ogni singolo elemento all'interno del mondo di gioco di SP.

I punti di interesse sono realizzati evidenziando alcuni elementi tramite la GUI e "insegnando" all'utente a capire tramite un pattern di colori, quale elementi sono utili per muoversi, ad esempio, nello spazio. E' stato scelto di adottare una voce narrante collegata al proprio radiomicrofono, che guiderà l'utente all'interno del gioco permettendo di avanzare.

4.4 Technical Design

Le scelte di User Interface sono realizzate per dare comfort all'utente, sfruttando un design minimalista che permetta di tenere sempre lo stretto necessario in vista. Una delle soluzioni adottate che ha permesso di evitare sickness è quella di ancorare ogni elemento della UI ad un oggetto in gioco. Sarà quindi l'utente a decidere se e come muovere uno di questi elementi, dando quindi la massima libertà sulla scelta delle informazioni da visionare. Un'altra delle sfide affrontate in SP è stato quello di realizzare degli ambienti non disorientanti nello spazio ma che mantenessero il realismo con la storia. Inoltre entrambe le modalità di gioco realizzate permettono di orientarsi con un elemento fisso nello scenario, elemento che crea un punto di riferimento fondamentale in VR. Per la modalità prima persona con la tuta EVA è presente il casco dell'astronauta mentre per la modalità in volo del caccia ci sarà la cockpit di pilotaggio che sarà il punto fisso con cui orientarsi nel mondo di gioco.

In SP si evita del tutto il cambiamento dello scenario durante l'esperienza. Tutto il gioco potrà essere giocato senza caricamenti di schermata, ciò permette di non avere transizioni che creano fastidio all'utente.

Una delle più grandi problematiche per la VR è lo spostamento negli scenari. I problemi sono legati al fatto che un utente potrebbe non essere libero di muoversi nella stanza dove avvia l'applicativo, magari perchè una stanza troppo piccola. Per ovviare a questo problema e rendere l'esperienza di gioco possibile a tutti gli utenti che lo vorranno, in SP sarà possibile muoversi potendo sempre rimanere fermi nel posto. Ciò sarà possibile perchè le due modalità di gioco sono state ideate per potersi muovere tramite elementi della storia. Nella modalità volo ci si potrà muovere grazie al caccia, mentre nella modalità in tuta sarà possibile muoversi tramite degli spruzzini, col quale potersi direzionare puntando la mano nel mondo di gioco e accelerare verso quella direzione, altro aiuto sono dati da elementi posizionati nello scenario al quale aggrapparsi e spingersi nella direzione desiderata. Questi elementi sono riconoscibili in tutta la fase del gioco per aiutare l'utente a muoversi all'interno delle strutture e non fargli perdere l'orientamento.

4.4.1 Sistemi di movimento

Singularity Project si articola attraverso due meccaniche fondamentali, il sistema di movimento in prima persona e il sistema di volo.

- **Sistema di movimento in prima persona:** Il sistema di movimento base in

prima persona è utilizzato per muoversi nell'interno delle Astronavi e in altre ambientazioni visitabili nel corso del gioco. In qualsiasi momento il giocatore potrà uscire dalla propria astronave e avventurarsi nello spazio aperto con la propria tuta spaziale. Anche questa sezione di gioco è gestita con telecamera in prima persona e il movimento avviene tramite le spinte dei booster ad ossigeno della tuta. Ogni sessione con la tuta prevede l'utilizzo di un quantitativo di ossigeno limitato. Col passare del tempo e con ogni azione con i booster l'ossigeno diminuirà, lo zero determina la morte del personaggio. Tutti i menù di gioco sono pensati per essere navigabili tramite gestures per non interrompere l'immersione. La selezione dei mondi di gioco da visitare avviene ad esempio attraverso una mappa tridimensionale olografica che permette la selezione della destinazione col tocco.

- **Sistema di movimento col caccia:** Alla base del sistema di gioco di Singularity Project c'è il sistema di pilotaggio di un Fighter (un'astronave spaziale da combattimento). Esso può avvenire in prima persona dall'interno dell'abitacolo (per coloro che giocano con un sistema di Realtà Virtuale) o in terza persona (solo per coloro che giocano con sistemi tradizionali). Il sistema è disegnato per riprodurre l'impugnatura tradizionale dei controller di Oculus Touch e HTC Vive in modo da poter gestire la guida interamente attraverso i movimenti del giocatore, esattamente come se il controller fosse la vera cloche del velivolo.

4.5 interfacce - HUD

In sostanza la GUI è stata realizzata per le modalità Helmet, Arm e Cockpit.

4.5.1 Helmet

Le scelte adottate per la GUI del casco sono state principalmente quelle di ridurre al minimo il contenuto informativo davanti agli occhi dell'utente in quanto troppe informazioni possono confondere l'utente e disorientare. Molte informazioni sono state invece spostate nella GUI Arm(l'interfaccia grafica sul braccio) che permette, tramite l'attivazione di un pulsante sul braccio, la visualizzazione di tutto il contenuto informativo che sarà sfruttato durante il gioco. L'helmet contiene le informazioni primarie, come la quantità di ossigeno posseduta, un segnale di pericolo, la quantità di accelerazione e informazioni sulla radio interna.



Figura 4.2: HUD - Casco

4.5.2 Cockpit

L'interfaccia della cockpit ha subito diverse modifiche nel tempo. E' stata la prima interfaccia realizzata e quindi è divenuta il campo di sperimentazione della GUI in VR. Oggi la soluzione disponibile è quella di disporre tutto il contenuto informativo a 50° gradi dalla visione dell'utilizzatore, sfruttando mondo i colori per dare informazioni veloci come spiegato nel capitolo precedente.



Figura 4.3: HUD - cockpit

4.5.3 Arm

L'interfaccia sul braccio permette di essere azionata in qualsiasi momento del gioco interagendo con essa tramite la propria mano. L'utente sarà libero di muovere l'interfaccia dove meglio crede e posizionarla per avere il massimo comfort.

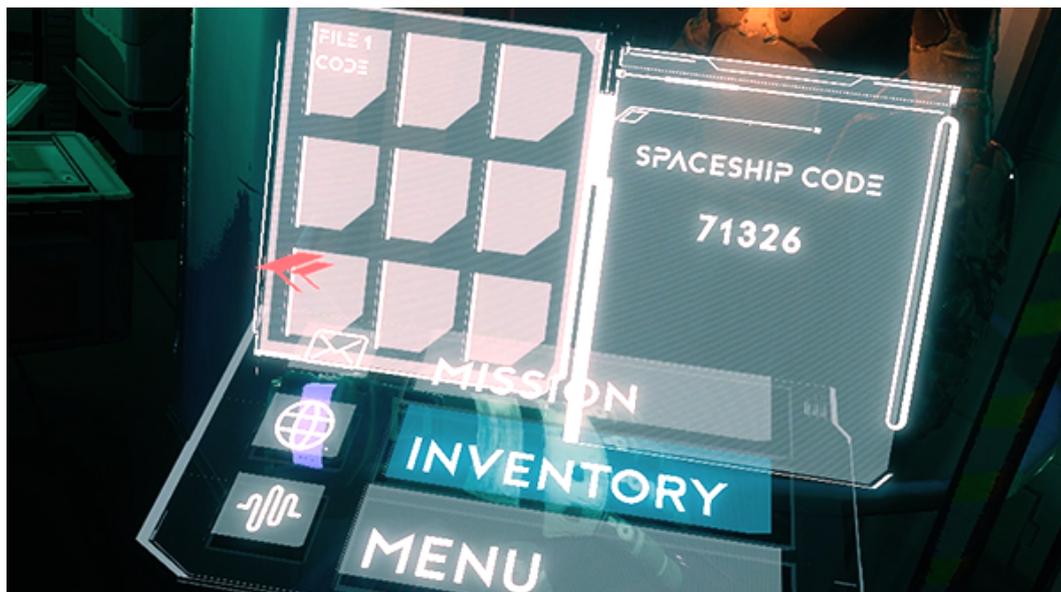


Figura 4.4: HUD - Braccio

4.6 Menù

4.6.1 Menù Partita

La realizzazione delle interfaccia grafica del menù è stata realizzata scrupolosamente tenendo conto delle direttive di design del precedente capitolo. E' stato realizzato un design curvo e avvolgente che permettesse di avere ogni elemento alla stessa distanza dall'utente. Gli elementi principali si trovano del campo di visione a 60° dell'utente, mentre quelli secondari si trovano a 100 gradi.



Figura 4.5: Interfaccia grafica del menù di gioco

4.6.2 Menù sistema

Alcuni menù come quello di sistema sarà possibile prenderli come se fossero dei tablet, ciò permetterà all'utente di scegliere la posizione più comoda per il proprio comfort.



Figura 4.6: Interfaccia grafica del menù sistema

Test

Processo fondamentale per realizzare e validazione di un prodotto è la fase di test. Durante lo sviluppo del gioco è stato possibile in più sessioni acquisire dati dai singoli utenti che hanno provato il prodotto. Il risultato finale è stato quello di approfondire gli aspetti psicologici e di utilizzo del gioco per la realtà virtuale, e quindi uno studio approfondito sui processi cognitivi e emotivi che caratterizzano l'esperienza degli utilizzatori. Grazie ai feedback degli utenti è stato possibile affinare e migliorare vari aspetti del gioco per quanto riguarda i sistemi di locomozione proposti, l'usabilità delle interazioni e diminuire al minimo la sickness.

5.1 Introduzione ai test

I test su una versione stabile di Singularity Project sono stati effettuati in 3 occasioni. I primi test sono stati effettuati durante l'evento Startuppato 2016, nel quale è stato possibile far provare una versione stabile del gioco a tutti i partecipanti interessati. Una seconda sessione di test è stata effettuata invece a porte chiuse con utenti selezionati aventi esperienze diverse nell'ambito dei videogiochi. L'ultimo sessione di test è stata effettuata al salone dell'orientamento del Politecnico di Torino nel 2017.

5.2 Test Startuppato 2016

Startuppato è un evento organizzato da I3P ogni anno che permette ad una selezione di 100 idee o start-up già costituite di esporre prototipi dei propri lavori al pubblico. L'evento si è tenuto il 24 Novembre 2016 a Torino. Data la natura dell'evento e l'incredibile attenzione mostrata dal pubblico, non è stato possibile prolungare le sessioni di prova oltre i 5-7 minuti a testa. Infatti oltre 60 persone hanno voluto provare il videogioco, tuttavia data la disponibilità di un solo hardware abbiamo dovuto ridurre il tempo di gioco al minimo indispensabile per prendere familiarità con i comandi. Delle 60 persone che hanno provato il gioco però solo 28 hanno dato la propria disponibilità ad essere intervistate ed esprimere il proprio parere sull'esperienza. Di queste ventotto, venti sono di sesso maschile ed otto di sesso femminile, e più di metà di loro ha dichiarato di giocare con i videogames più o meno quotidianamente.

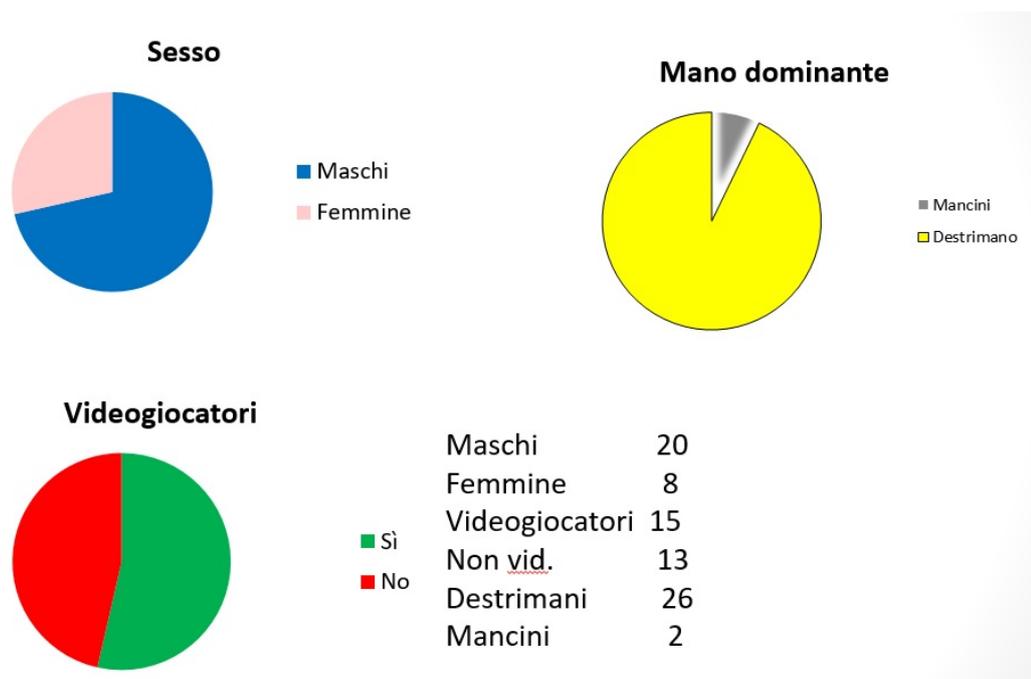


Figura 5.1: Profili utenti partecipanti ai test

5.2.1 Risultati

I feedback ottenuti dalle interviste sono stati tutti generalmente molto positivi. Nonostante ciò i test ci hanno permesso di individuare e correggere alcune criticità. Molto problemi legati al lavoro sulle interfacce sono legati al fatto che inizialmente non si co-

noscessero i problemi della UX in VR e che quindi la loro realizzazione è stata ideata pensando ad un gioco tradizionale e non VR. I feedback invece hanno fatto capire quanto fosse invece importante lo studio della UX in VR e di affrontare nel dettaglio il problema trovando delle soluzioni apposite. Più nel dettaglio dai questionari è emerso che:

- **Sickness:** Generalmente gli utenti non hanno riscontrato sensazioni di nausea, mal di testa o altro. Unica eccezione solo quando la velocità era molto elevata hanno provato qualche sensazione negativa, ma non è durata più di qualche decina di secondi dopo aver smesso di giocare.
- **Velocità:** La maggior parte degli utenti faticava a percepire la velocità, l'unico elemento che aiutava in questo senso erano i feedback sonori, ma essendo in un luogo rumoroso e il volume basso non si sentiva molto. Quasi la totalità degli utenti non è riuscita ad individuare da sola l'indicatore della velocità e a riuscire a seguirla durante i movimenti e la battaglia. Gli utenti più esperti in simulazioni di volo hanno consigliato di inserirla sopra il radar. Il problema è stato successivamente studiato e si è giunto a capire che in VR il campo di visione dell'utente è molto più limitato e bisogna sfruttare una superficie minore su cui posizionare la GUI. Questo problema successivamente è stato risolto.



Figura 5.2: Primo Concept feedback Velocità con problema

- **Pulsanti dei controller:** Una significativa parte degli utenti ha riscontrato problemi nel mantenere agganciate le due cloche, dovuto alla difficoltà di tenere sempre premuto il grip button. Potrebbe essere più semplice premere una sola volta il

grip button per agganciare e per lasciare le due cloche. Alcuni utenti hanno avuto difficoltà a lanciare i missili perché il movimento delle dita non era comodo, però non hanno avanzato proposte per la modifica.

- **Radar e Interfacce:** Le opinioni degli utenti sul radar non sono state omogenee. Più della metà degli utenti ha riferito di trovarlo intuitivo, ma altri hanno ammesso di aver avuto difficoltà a capire e leggere l'immagine. Molto probabilmente la soluzione è l'introduzione di un tutorial che spieghi il funzionamento degli elementi.

5.3 Seconda Sessione di Test

La seconda sessione di test è stata invece effettuata in sede privata, pertanto si è potuta estendere la sessione di prova a circa 15 minuti. Questo ha permesso un'analisi più accurata dell'user experience, dell'intuitività dei controlli e della posizione delle interfacce.

5.3.1 Partecipanti

Il campione degli utenti per il test è stato composto da 11 studenti iscritti all'Università degli Studi di Torino o al Politecnico, di cui 2 di sesso femminile e 9 di sesso maschile, di età compresa tra i 18 e i 30 anni. Prima di effettuare la prova con i dispositivi di Realtà Virtuale è stato consegnato ai soggetti un breve questionario sulle loro abitudini di gioco, in cui veniva chiesto se usavano abitualmente videogiochi, da quanto tempo giocassero (mesi/anni), il numero di ore settimanali ad essi dedicate e, infine, quali fossero i generi preferiti. Attraverso il questionario è stato possibile dividere gli utenti in due gruppi: utenti esperti e novizi.

- **Utenti esperti**

Con utenti esperti si fa riferimento a coloro che dovrebbero aver acquisito un buon livello di *expertise* nel campo dei videogiochi. Sono stati inseriti in questo gruppo i soggetti che hanno affermato di giocare ai video games da all'incirca 10 anni, con un minimo di ore settimanali pari a 7, così da poter essere considerati degli esperti. Gli utenti appartenenti a questa categoria sono risultati essere 5, tutti di sesso maschile. Con una media di anni di gioco pari a 10.6 e di ore settimanali di 10.5.

- **Utenti novizi**

In questo gruppo vengono inseriti tutti i soggetti che non rientrano tra gli utenti esperti. Il numero di questi soggetti è pari a 6 di cui 4 di sesso maschile e i restanti 2 femminile. È doveroso sottolineare che 3 dei soggetti sono risultati utilizzatori di videogiochi, ma hanno affermato di averci giocato saltuariamente per un numero di anni minore a 5, per questo motivo non sono stati assegnati al gruppo degli esperti.

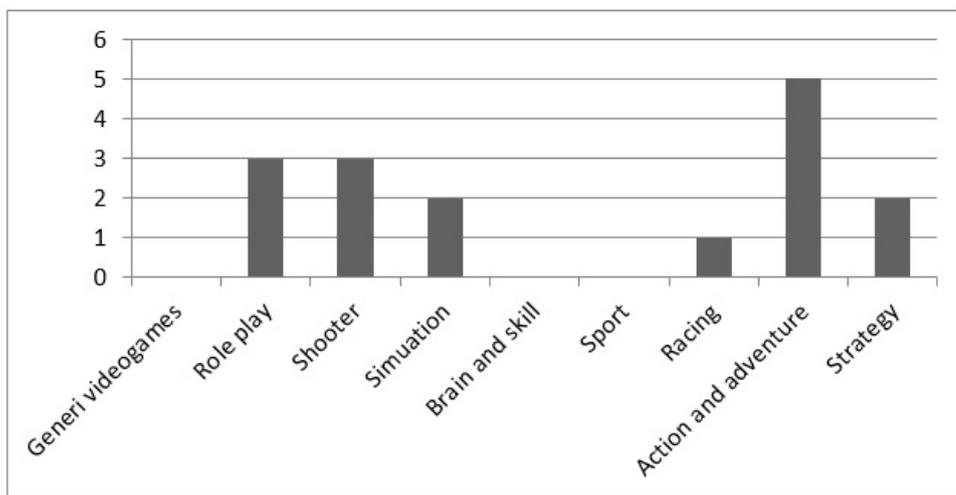


Figura 5.3: Generi videoludici preferiti dagli utenti

5.3.2 Risultati

Dalle verbalizzazioni e dalle osservazioni non sono emerse differenze significative nelle abilità dimostrate con il sistema di guida tra utenti esperti e novizi. La prima parte di familiarizzazione ha avuto una durata di circa 5/10 minuti, in questa sezione è stato possibile evidenziare una maggior velocità nei tempi di apprendimento nel gruppo degli esperti, questo può essere legato alla gaming *expertise*, ma nella fase di gioco vera e propria i due gruppi non hanno mostrato differenze. Inoltre durante la sessione di gioco gli utenti non hanno mostrato sintomi riconducibili alla motion sickness né riferito difficoltà nell'interazione. Da questo secondo esame pare che la maggior parte delle perplessità riguardo il sistema di guida siano decisamente diminuite assieme anche alla percezione della velocità, ma non tutti gli utenti hanno trovato di facile lettura questa informazione.



Figura 5.4: Evoluzione 2 feedback Velocità

5.4 Test Salone dell'orientamento 2017

5.4.1 Risultati

Il campione degli utenti in questo caso per il test è stato composto da 51 studenti di un'età che varia dai 16 ai 19 anni. La sessione ha avuto una durata media di 7 minuti. I feedback ottenuti dalle interviste sono stati tutti generalmente molto positivi. Nonostante ciò i test ci hanno permesso di individuare e correggere alcune criticità.

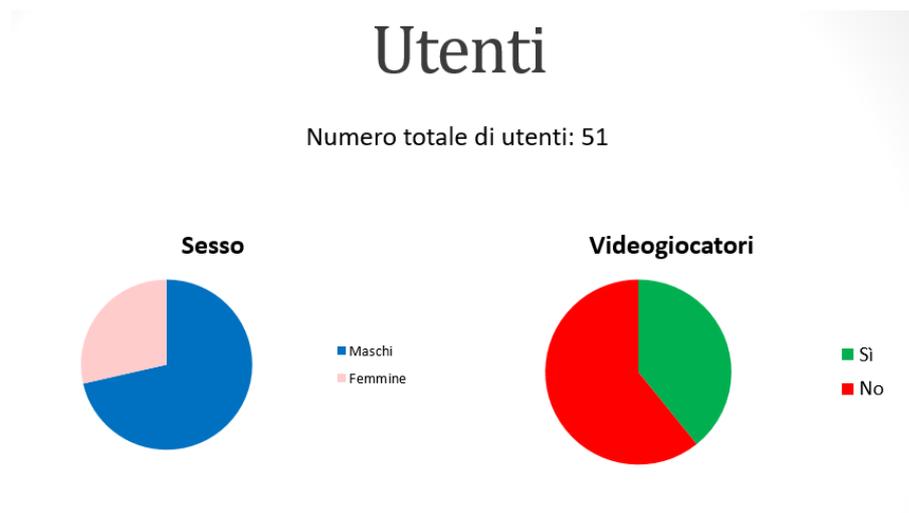


Figura 5.5: Profili utenti partecipanti al terzo test

- **Sickness** In generale gli utenti non hanno riscontrato particolari malesseri. Unica eccezione solo quando perdevano il controllo dell'astronave ed effettuavano virate rapide attorno a se stessi. Altri problemi sono stati rilevati dal fatto che si è usato uno sgabello non dotato di manici e troppo elevato dal pavimento. Ciò non ha permesso avere la totale stabilità nella realtà e ha causato dopo la prova un pò di nausea.
- **Cloche Accelerazione Funzionalità:** Una volta afferrato il manubrio lo si può ruotare in avanti per accelerare o indietro per decelerare.

Problema: difficoltà ad avere una posizione comoda. Questo è dovuto al fatto che il manubrio una volta rilasciato torna al suo punto d'origine mentre rimane costante la velocità di crociera impostata. Ciò comporta uno sforzo maggiore nel piegare il gomito per settare una nuova velocità di crociera.

Soluzione Logica: Il manubrio deve rimanere posizionato nel punto in cui è stato rilasciato l'ultima volta e far divenire quel punto la sua posizione di riposo. Soluzione visiva: Impiego di un elemento nella affianco del manubrio che permetta di capire in maniera efficace la posizione del manubrio nello spazio.



Figura 5.6: Modo di funzionare del Manubrio Sinistro

- **Cloche Posizione Funzionalità:** Una volta afferrato il manubrio lo si può ruotare in ogni direzione per controllare rollio e beccheggio

Problema 1: Regolare adeguatamente le due sensibilità.

Soluzione: La sensibilità non era graduale per piccoli movimenti della cloche e ad alte velocità diventava incontrollabile il movimento.

Problema 2: La sensibilità non era graduale per piccoli movimenti della cloche e ad alte velocità diventava incontrollabile il movimento.

Soluzione: Migliorare la sensibilità per piccoli movimenti e in relazione all'accelerazione di crociera



Figura 5.7: Modo di funzionare del Manubrio Sinistro

- **Feedback Afferrare cloche Funzionalità:** I manubri funzionano solo nel momento in cui vengono afferrate fisicamente dall'utilizzatore.

Problema : Molti utenti non si rendevano conto se stessero afferrando o meno la cloche.

Soluzione: Una possibile soluzione è quella di inserire degli elementi visivi come la gui a comparsa che permetta di fornire questa informazione

- **Velocità** Durante lo studio del posizionamento della GUI, l'indicatore della velocità ha subito diverse evoluzioni in termini di posizionamento nell'interfaccia. Grazie ai feedback degli utenti si è capito che in realtà virtuale l'attenzione è molto limitata ad un certo raggio visivo ed è diventato fondamentale inserirla in prossimità del punto d'attenzione.

Il sistema attuale ha permesso di fornire il giusto feedback visivo. Il problema è stato evidenziato semplicemente dal fatto che, inizialmente, gli utenti non riconoscessero l'indicatore come informazione della velocità. Dai prossimi test si cercherà

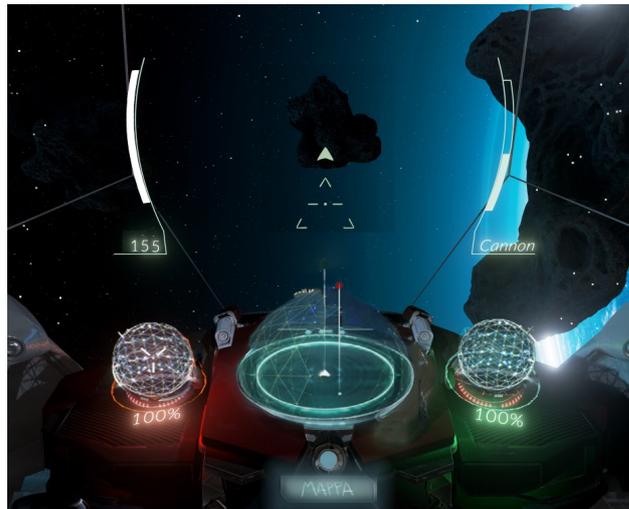


Figura 5.8: GUI ad apparizione

di effettuare un tutorial visivo che spieghi i vari elementi della GUI e si cercherà di capire se ci sono le medesime problematiche.



Figura 5.9: Primo Evoluzione 3 feedback Velocità

- **Mirino Target e Missione Problema tecnico mirino missione:** : Il mirino non è visibile nella parte inferiore della cockpit. Questo problema ha lasciato disorientato alcuni utenti.

Soluzione: Diminuire il raggio del mirino per essere sempre visto.

Problema 1 mirino target: I problemi sono legati al fatto che è molto simile al mirino missione. Ciò crea problemi a capire se effettivamente il mirino target è attivo o meno.

Soluzione: Inserire due mirini con l'aspetto diverso

Problema 2 mirino target: Molti utenti non ricevevano abbastanza feedback e non capivano se avessero un nemico in target

Soluzione: Feedback Sonoro e visivo del target sulla plancia.

Conclusioni

6.1 Risultati ottenuti

La realizzazione del videogioco ha sicuramente ottenuto dei risultati in linea, se non oltre, quanto preventivato. Singularity Project è stato più volte testato da utenti e critici del settore, i quali hanno sempre riconosciuto la riuscita del prodotto. Un esempio è il giornalista e critico di RedBull Games, Emilio Cozzi, che scrive:¹

” Potete crederci, siamo tornati da pochi giorni dal World Virtual Reality Forum a Crans Montana: il sistema di movimento di “Singularity Project”, l’universo sci-fi in realtà virtuale messo in piedi da Dead Pixels, non ha alcunché da invidiare alle cose migliori viste in Svizzera. Anzi, è tanto pertinente e ben integrato all’ambiente da poter far scuola. Dead Pixels è una start up torinese nata lo scorso agosto e Singularity Project è il suo gioco di ruolo interamente pensato per la VR: pensate a Star Citizen e mescolatelo con Adr1ft e un pizzico – nel senso che ne ha solo un frammento dell’estensione – di Elite: Dangerous. Sono universi ambiziosi e immensi, tanto da far guardar storto il simulatore di mondi di Chris Roberts. Ma con le opportune proporzioni il dettaglio dell’avventura di Dead Pixels lascia davvero a bocca aperta. Tuttora alla ricerca di un publisher: se si trattasse di investire qui lo si farebbe a botta sicura. Ci scommettiamo space cowboys. E vedremo allo Sviluppaparty del prossimo anno chi avrà avuto ragione.”

Queste, come altre recensioni e feedback positive, ci hanno dato molte soddisfazioni,

¹<https://www.redbull.com/it-it/sviluppaparty-2017-migliori-giochi>

che in futuro ci permetteranno di puntare sempre più in alto.

6.1.1 Tim WCap

Il risultato più soddisfacente ottenuto dal progetto è senza dubbio la vittoria Working Capital di Tim, che ci ha concesso di impostare lo sviluppo con un'ottica prettamente commerciale. Tim WCap ² è un programma nazionale promosso da Tim che seleziona e finanzia le migliori idee del paese nell'ambito digital. Buona parte del nostro tempo e la totalità dei fondi ricevuti sarà investita nel cercare di migliorare il livello qualitativo del videogioco sotto ogni punto di vista perchè esso possa arrivare ad essere venduto presso il negozio di videogiochi online *Steam*.

6.2 Aggiornamenti futuri e nuove features

Pur avendo una versione perfettamente giocabile, Singularity Project è ancora molto lontano dall'essere pronto al rilascio. Nei prossimi mesi prevediamo di introdurre diverse nuove features quali:

- **Trama non-lineare**

Abbiamo appena stretto una collaborazione con alcuni studenti della scuola Holden che cureranno la scrittura della sceneggiatura di Singularity Project. Crediamo che un'esperienza realmente immersiva non possa esistere senza un'ambientazione e un *lore* credibili. La versione finale del gioco permetterà all'utente di interagire con una voce tramite la radio di bordo e selezionare una serie di linee di dialogo predefinite per costruire un rapporto con la voce dall'altra parte della radio.

- **Asset Grafici**

Il mondo di gioco di Singularity Project è ancora quasi totalmente vuoto ma sarà progressivamente arricchito da stazioni spaziali, fregate, campi di asteroidi, satelliti abbandonati e una lunga serie di ambientazioni che contribuiranno a rendere interessante e variegata l'esperienza di gioco.

- **Musiche ed effetti sonori**

²<http://www.wcap.tim.it/it/2016/10/le-startup-tim-wcap-2016>

Per Singularity Project è stata stretta una collaborazione con un compositore che ha già iniziato a lavorare alla colonna sonora, requisito fondamentale per la creazione del mood e delle atmosfere del videogioco.

6.2.1 Possibili sviluppi futuri

Uno dei problemi principali della realtà virtuale è quello di realizzare dei tutorial efficaci che permettano a ogni utente, che abbia già familiarità con la tecnologia e non, di trovarsi a suo agio immediatamente con l'applicazione. In futuro ciò che si farà è quello di realizzare dei tutorial mirati all'apprendimento del mondo di gioco in singularity ma dovrà anche essere possibile rendere quanto più naturale la permanenza dell'utente nel mondo di gioco. Per fare questo bisognerà lavorare con test e analizzare i riscontri degli utenti per definire e raffinare le soluzioni da adottare.

Bibliografia

- [1] J. Hecht, “Beware the barfogenic zone,” *New Scientist*, 2010.
<https://www.newscientist.com/article/mg20827911-200-3d-tv-beware-the-barfogenic-zone/>.
- [2] Oculus VR, “Health and safety,” *Oculus Rift Official Guide*, 2016.
https://static.oculus.com/documents/310-30023-01_Rift_HealthSafety_English.pdf.
- [3] J. K. Takashi Shibata, “Visual discomfort with stereo displays: Effects of viewing distance and direction of vergence-accommodation conflict,” 2010.
- [4] B. M. Mori, “The uncanny valley,” *Robotics e Automation, IEEE Magazine*, 2012.
- [5] M. K. M. J. Schuemie, P. Van Der Straaten, “Research on presence in virtual reality: A survey,” *Cyberpsychology and Behaviour*, 2016.
- [6] M. Sundstrom, “How to design for virtual reality,” 2015.
<https://backchannel.com/immersive-design-76499204d5f6>.
- [7] F. Pallavicini, “Vr ux: La rivoluzione della realtà virtuale,” 2016.
<http://www.nois3.it/2016/11/vr-ux-la-rivoluzione-della-realta-virtuale/>.
- [8] L. Erickson, “Just a/vr show,” 2016.
<https://channel9.msdn.com/Niners/misslivirose>.
- [9] J. Ravasz, “Design practices in virtual reality,” 2016.
<https://uxdesign.cc/design-practices-in-virtual-reality-f900f5935826>.
- [10] K. Newton, “The storyteller’s guide to the virtual reality audience,” 2016.
<https://medium.com/stanford-d-school/the-storyteller-s-guide-to-the-virtual-reality-audience-19e92da57497>.
- [11] T. . Peter, “Ui / ux design patterns in virtual reality,” 2016.
<http://realityshift.io/blog/ui-ux-design-patterns-in-virtual-reality>.

- [12] K. Brady, “Oculus connect 2: Navigating new worlds: Designing ui and ux in vr,” 2015.
<https://goo.gl/Ez51mg>.
- [13] M. Alger, “Vr interface design manifesto,” 2015.
<https://www.youtube.com/watch?v=n3b8hZ5NV2E>.
- [14] D. Allen, “The fundamentals of user experience in virtual reality,” 2015.
<http://www.blockinterval.com/project-updates/2015/10/15/user-experience-in-virtual-reality>.
- [15] B. F. A. Chalk, “Normal mapping solutions for oculus rift development,” 2015.
<http://goo.gl/tkmu3z>.