

**Xela:
VR, Serious Game e Tracker
per la riabilitazione della mano**

Relatore: Daniele Rossi
Correlatore: Francesco Pezzuoli

Tesi di Virginia D'Augusta

Indice

01

VR, Tracker e Serious Games

1.1 VR e Tracker nella riabilitazione	17
1.2 Serious Games e Gamification	22
1.3 Serious Games per la riabilitazione	30
1.4 Componenti di un serious game	32
1.5 Storytelling e Serious Game	36
1.5.1 Anatomia di una storia di Truby	38

02

Stato dell'arte

2.1 VRRS Khymeia	43
2.2 Raphael	46
2.3 Music Glove	49
2.4 Nintendo Wii	51
2.5 Kinect	53

03

Realtà virtuale e tracking

3.1 Interfacciarsi nel mondo virtuale	57
3.2 Metodologie di input	59
3.3 Interfacce in VR	62
3.4 Visori HMD	63
3.4.1 Oculus Rift	63
3.4.2 Vive e altri visori	65

04

Esercizi riabilitativi mano

4.1 Esercizi selezionati	71
--------------------------	----

05

Progetto

5.1	Concept	75
5.2	Storia e meccaniche di gioco	76
5.3	Storyboard	77
5.4	Gameplay: allestimento e costruzione scene	80
5.4.1	Livello 0	80
5.4.2	Livelli 1-2-3	82
5.4.2.1	Fase missione tutorial	85
5.4.3	Gioco	90
5.4.4	Interazioni	94
5.4.4.1	Bonus	94
5.4.5	Sfida	95
5.4.6	Conteggio tempo	96
5.4.7	Conteggio punti_Bracciale	98
5.4.8	Passaggio livello	100
5.5	Modello 3D e rigging	104
5.6	Collegamento guanto - Modello	107
5.7.1	Tag, Rig e Sensori	108
5.7	Le orientazioni del guanto - Scenario di utilizzo	109
5.8	Animazioni 3D: esercizi riabilitativi	114
5.9	Realizzazioni UI	115
5.10	Realizzazione Effetti particellari	118
5.10.1	Feedback	119
5.10.2	Meteore	120
5.11	Software utilizzati:	121
5.11.1	Unity 3D, Microsoft Visual Studio, Blender, Rhinoceros, Illustretor	

06

Collaborazioni

6.1	Limix S.R.L	127
6.2	Centro Riabilitativo Santo Stefano	128

07

Sviluppi futuri

	Riabilitazione neurologica: Ictus	133
--	-----------------------------------	-----

08

Riferimenti

		136
--	--	-----

Abstract

La Realtà Virtuale (VR) ha permesso negli ultimi anni notevoli passi avanti in ambito riabilitativo. L'utilizzo in tale ambito scientifico è stato favorito da un lato dallo sviluppo tecnologico di sensori dedicati al tracciamento di parti del corpo dell'utente, mano avambraccio, gambe ecc.. (Tracker), dall'altra dall'interesse e dalla commercializzazione di sistemi per la VR (Wii, Kinect, giochi specifici...) in ambito gaming.

I tracker, sono oggetti del mondo reale che permettono di interagire nel mondo virtuale attraverso l'utilizzo di una vasta varietà di sensori come ad esempio gli inerziali, ottici e infrarossi: nel mondo dei giochi sono i classici joystick, nella VR riabilitativa sono strumenti studiati ad hoc al fine di registrare i movimenti della parte del corpo da riabilitare. Una VR experience riabilitativa risulta essere più immersiva se sviluppata come esperienza di gioco, i cui feedback, per lo più visivi, uditivi e tattili consentono un stimolo per l'utente: le dinamiche dei serious games risultano essere efficaci se applicate in tale contesto, come anche lo storytelling, elemento necessario per aumentare il coinvolgimento.

Questo progetto è un sistema riabilitativo per la mano basato su alcune dinamiche di gioco, con tecniche di design interattivo.

A tal proposito è stata utilizzata la tecnologia presente nel guanto Talking Hands (sviluppato dallo spin-off Limix per la traduzione della lingua dei segni) in ambiente VR immersivo, esperito mediante il visore Oculus Rift. I sensori del guanto sono stati uniti a parti del modello 3D, simulante l'arto virtuale dell'utente, permettendo così la visualizzazione in tempo reale di dita, polso e avambraccio in ambiente VR immersivo.

Obiettivo del progetto di tesi è la progettazione di un sistema virtuale per la riabilitazione della mano utilizzando la VR immersiva esperita mediante Oculus Rift, alcune dinamiche dei Serious Game e la prototipazione del Talking Hands. L'utilizzo della realtà virtuale immersiva è stato l'elemento fondamentale per lo sviluppo del sistema. Essa consente infatti un coinvolgimento emotivo più intenso. Tale coinvolgimento è stato amplificato inoltre da alcune dinamiche di interazione rese possibili grazie all'uso del sistema di sensoristica per il tracciamento dell'attività motoria degli arti superiori.

La cornice operativa in cui si colloca la sperimentazione di tesi è all'interno delle tematiche relative ai serious games, giochi veri e propri il cui fine ultimo non è la sola attività ludica, ma l'apprendimento. È stato quindi necessario utilizzare i modi dello storytelling e di altre meccaniche di gioco per favorire la motivazione degli utenti e allo stesso tempo l'immedesimazione nelle azioni del protagonista dell'applicazione progettata.

Il percorso di tesi è stato svolto presso lo spin-off unicam Limix S.R.L.

Operativamente l'applicazione si è basata sul motore di rendering in tempo reale Unity 3D combinato con l'utilizzo del guanto Talking Hands.

Le sfide affrontate durante tale esperienza hanno riguardato il tentativo di integrare la sensoristica del guanto Talking Hands in un ambiente virtuale al fine di creare una esperienza riabilitativa motivante per quel determinato tipo di utenza.

Parole chiave: VR, Serious Games, Tracker, Riabilitazione, Interazione, Feedback

1.1 VR e Tracker nella riabilitazione

Tracker e realtà virtuale hanno permesso una forte innovazione in ambito riabilitativo, utilizzando specifiche tecnologie (sensori indossabili) e attività cosiddette di exergaming (allenarsi giocando), che integrano compiti motori e cognitivi, stimolando la motivazione all'esercizio con dei **feedback**.

Gli strumenti necessari per questo tipo di **riabilitazione** sono:

Tracker: oggetti del mondo reale, dotati di sensoristica che permettono di interagire nel mondo virtuale, vengono applicati nella parte del corpo da riabilitare, al fine di segnalarne la posizione.

Realtà virtuale: permette tramite sensori applicati a parti del corpo di visualizzare sullo schermo il movimento compiuto dal paziente, come un esercizio riabilitativo, finalizzato a prendere o spostare un oggetto (ad esempio immettere la palla in un cestino).

Si tratta di uno strumento di "gioco" che, grazie a **feedback** visivi ed uditivi immediati, permette di migliorare il controllo del movimento con un ritorno preciso della correttezza o meno dell'esercizio.

"Le interazioni multimodali tra l'utente e l'ambiente virtuale facilitano la generazione di impressioni sensoriali ad alta fedeltà, utilizzando feedback visivi e uditivi, e in alcuni casi persino tattili"

Robert Rienier, *Virtual Reality in Medicine*, 2012 [1]

Per la **riabilitazione** legata alla **VR** vengono utilizzate varie tecnologie, anche robotiche, tra cui esoscheletri, ovvero delle vere e proprie protesi che aiutano l'utente durante la **riabilitazione**, oppure, come nel caso di questo progetto, **tracker** e exergaming, dove i sensori presenti nei **tracker** sono in grado di captare e registrare le movimentazioni nello spazio, in modo da poter visualizzare e migliorare le prestazioni riabilitative con la **VR**.

"Gli «esercizi» di realtà virtuale possono essere estremamente coinvolgenti e utili anche per trattare eventuali disturbi cognitivi e/o di memoria"

Scuola Superiore Sant'Anna 2017 [2]

Il futuro della **riabilitazione** è predisposto ad una integrazione sempre più forte tra tecnologia e medicina, l'incremento della sensoristica e **realtà virtuale** sta portando a una svolta epocale nell'area riabilitativa. Inoltre l'estrazione e la visualizzazione dei dati in tempo reale può permettere un'analisi specifica per ogni patologia, consentendo a medici e fisioterapisti di valutare i progressi e di archiviare i risultati.

"Il principio della riabilitazione virtuale è che il paziente è immerso in un ambiente in cui le leggi che governano il comportamento degli oggetti sono definite con l'obiettivo di soddisfare le sue necessità"

Scuola Superiore Sant'Anna 2017 [2]

Lo schema principale di **riabilitazione** mediante la **realtà virtuale** prevede che al paziente venga chiesto di operare compiti specifici nella scena virtuale come ad esempio spostare oggetti o seguire percorsi predefiniti.

1.3 Serious Games per la riabilitazione

I serious games possono essere ideati per formare gli operatori sanitari al fine di evitare errori medici

J.Gago et al 2010 [22]

I serious games sono utili per riprodurre i compiti ripetitivi che devono essere fatti dal paziente

Jed Hill Studios, 2011 [23]

Negli ultimi anni il numero di pubblicazioni accademiche riguardanti i **serious games** nella **riabilitazione** risultano in aumento [24].

Alcuni risultati condotti da Bonnechère in una ricerca pubblicata nel 2016 (Medline, SAGE journals e database di Science Direct sono stati sottoposti a screening) dove è stata valutata l'efficacia dei videogiochi commerciali nella **riabilitazione** fisica.

Differenze dei giochi commerciali e dei giochi specifici

	Giochi commerciali	Giochi specifici
Esecuzione movimento	<ul style="list-style-type: none"> ● Basato sulla velocità ● Gamma massima di movimenti 	<ul style="list-style-type: none"> ● Configurabile (velocità, range di movimento, ecc..)
Riabilitazione	<ul style="list-style-type: none"> ● Non basato su una schema riabilitativo 	<ul style="list-style-type: none"> ● Progettato per un obiettivo riabilitativo (equilibrio, ecc..)
Sicurezza	<ul style="list-style-type: none"> ● Rischio di caduta: difficile la stima dovuta alla mancanza di data esistenti in letteratura 	<ul style="list-style-type: none"> ● Rischio di caduta: difficile la stima dovuta alla mancanza di data esistenti in letteratura, Tuttavia, poiché i giochi sono progettati nello specifico per la riabilitazione ci si può aspettare che questo rischio sia basso
Disponibilità	<ul style="list-style-type: none"> ● In tutto il mondo ● Grande distribuzione ● Pubblicità e marketing 	<ul style="list-style-type: none"> ● Centri specializzati ● Internet
Prezzo	<ul style="list-style-type: none"> ● Basso costo 	<ul style="list-style-type: none"> ● Alto costo
Usabilità	<ul style="list-style-type: none"> ● Elevato numero di utenti ● Facile utilizzo 	<ul style="list-style-type: none"> ● Mercato di "nicchia" ● Più complesso ma più vicino alle cliniche riabilitative
Marketing	<ul style="list-style-type: none"> ● Direttamente al cliente 	<ul style="list-style-type: none"> ● Acquistato dal medico o dal cliente

Lo studio è stato incentrato su sei patologie/condizioni: invecchiamento, obesità, ictus, compromissione dell'equilibrio, paralisi cerebrale e malattia di Parkinson.

3.1 Interfacciarsi nel mondo virtuale

*“La **realtà virtuale** (VR) è uno strumento che permette una forma specifica di comunicazione. È un ambiente complesso, definito da una interfaccia grafica diversamente immersiva, che permette di sperimentare l'esperienza di essere fisicamente presente in un mondo virtuale, interagendo con esso, con sensazioni, emozioni e valutazioni tipiche della quotidiana interazione con il mondo”*

Riva , 1999 [29]

In questi ultimi anni gli ambienti di **realtà virtuale** hanno avuto un notevole sviluppo, rappresentando la frontiera delle nuove tecnologie: il loro punto di forza è di essere versatili, consentendo agli utenti lo svolgimento di attività per scopi di vario genere.

*“Un ambiente di **realtà virtuale** può essere creato per giocare, un altro per la riabilitazione di una patologia neurologica, un altro ancora per la progettazione in architettura. In ogni caso l'utente viene messo in condizione di sviluppare nuove conoscenze attraverso l'azione, sia che si tratti di conoscenze astratte, sia che si tratti di abilità pratiche come quelle che permettono di guidare una caccia o eseguire un'operazione chirurgica”*

Riva, Morganti, 2006 [30]

Prima di tutto è fondamentale chiarire le differenze tra **realtà virtuale** immersiva, non immersiva e semi immersiva:

- **Realtà Virtuale** Immersiva. Ambiente tridimensionale generato dal computer e simulato su monitor del pc in cui il soggetto è totalmente immerso in quanto si isolano i canali percettivi di visualizzazione e diffusione sonora, attraverso l'utilizzo di dispositivi come Head Mounted Display e **Tracker**. [2]
- **Realtà Virtuale** non Immersiva. In questa modalità solitamente il movimento è simulato dal mouse, ma anche in questa metodologia vengono utilizzati **Tracker** aggiuntivi [2], come negli esempi visti precedentemente, Khymia e Rapael.
- **Realtà Virtuale** Semi Immersiva. Ambiente tridimensionale generato dal computer visionato su schermi che isolano l'utente e permettono la riproduzione dell'immagini. [2]

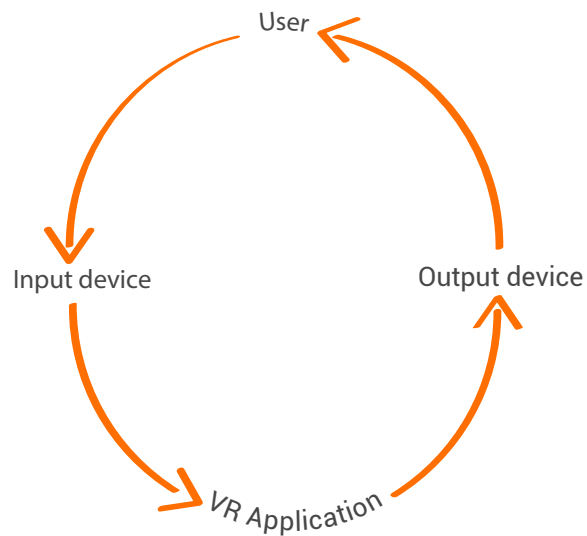
Concentreremo la nostra attenzione sulla **Realtà Virtuale** immersiva: il **serious game** Xela è stato realizzato infatti utilizzando l'Oculus Rift e un **Tracker** aggiuntivo, il guanto Talking Hands.

Capiamo cosa sono i **Tracker**, elementi fondamentali per l'**interazione** in ambiente **VR**.

È chiaro che un gioco in ambiente virtuale immersivo è più coinvolgente, questo senso di presenza così forte è dovuto a vari motivi, primo fra tutti le proprietà fisiche e oggettive dell'ambiente 3D, ma ciò che rafforza maggiormente l'immersione sono le **interazioni** che possono essere fatte all'interno di esso.

3.2 Metodologie di input per il mondo virtuale

L'interattività rappresenta l'input di un' applicazione **VR**



Interfacciarsi con il mondo virtuale prende in considerazione tre fattori fondamentali:

- Trasmettere gli input dell'utente al sistema **VR**
- Trasmettere gli output del sistema all'utente
- Gestire le **interazioni** dell'utente con gli elementi del sistema

Le modalità con cui i partecipanti interagiscono è uno degli elementi più importanti quando si progetta un sistema **VR**. Occorre che le **interazioni** permettano di utilizzare il sistema con facilità, e che soprattutto incrementino l'esperienza e l'immersione dell'utente. Gli elementi principali che permettono di rendere l'immersione ancora più forte, oltre alla realizzazione dell'ambiente 3D sono quindi le **interazioni** all'interno di esso, che sono possibili grazie ai position **tracker**, ovvero tecnologie che permettono di monitorare e registrare la posizione del corpo e i movimenti degli utenti. Ciò è fondamentale, poichè una porzione significativa dei processi di input consiste nel monitorare le azioni dell'utente.

Quindi, il position **tracker** è un meccanismo che consente la corrispondenza tra i movimenti reali e i movimenti nella **VR**. Alla base di tutto c'è un trasmettitore e un sensore che interpreta i dati e li trasferisce al sistema.

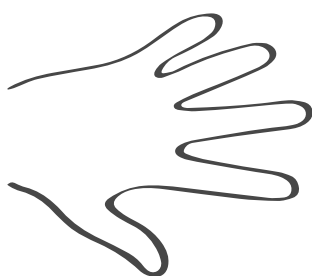
Nel caso di questo progetto, Xela è stata realizzata in parallelo con un **tracker** guanto, quindi come vedremo nei capitoli successivi, le **interazioni** riguarderanno parti delle dita.

4.1 Esercizi selezionati

In questo capitolo sono illustrati e spiegati i tre esercizi riabilitativi di Xela. Su direzione dei fisioterapisti del Centro Riabilitativo Santo Stefano (AP), il primo esercizio da svolgere sia nei casi neurologici che ortopedici è la flesso-estensione del polso, seguono apertura e chiusura della mano e infine il più complesso opposizione indice pollice.



Flesso estensione del polso



Apertura e chiusura della mano



Opposizione indice pollice

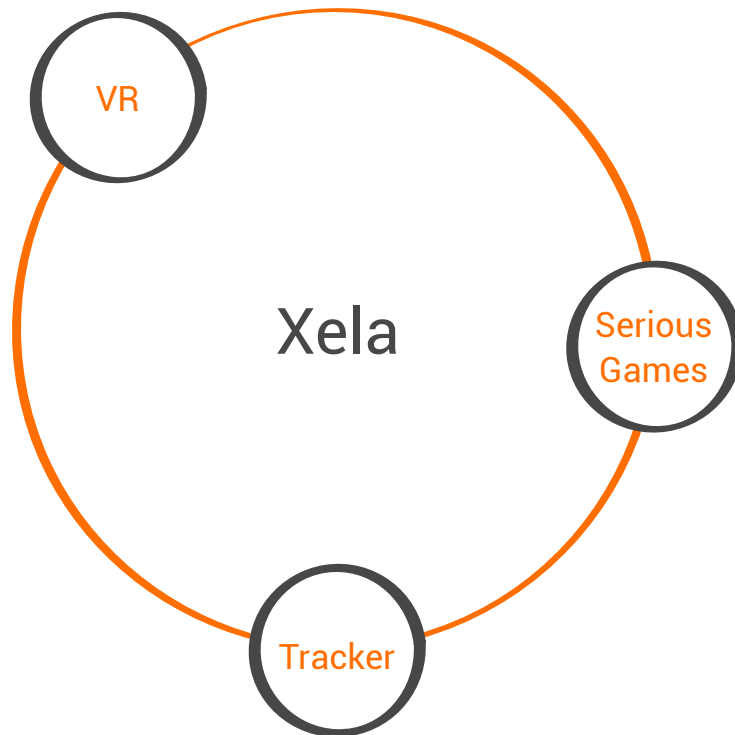
5.1 Concept

Il progetto, nasce dalla necessità di creare un sistema per la **riabilitazione** della mano, basato su dinamiche di gioco, con tecniche di design interattivo.

È stata utilizzata la tecnologia presente nel guanto Talking Hands (sviluppato dallo spin-off Limix per la traduzione della lingua dei segni) in ambiente **VR** immersivo, ed esperito mediante il visore Oculus Rift.

L'ambiente virtuale consente una **riabilitazione** sviluppata come esperienza di gioco, con **feedback**, visivi e uditivi: il guanto, attraverso sensori interni, consente l'**interazione** all'interno dell'ambiente, virtuale con alcune parti del modello 3D realizzate con tecniche di modellazione interattiva.

I sensori presenti all'interno del guanto uniti al modello 3D permettono le movimentazioni e la visualizzazione in tempo reale, delle dita, del polso e dell'avambraccio in ambiente **VR** immersivo.

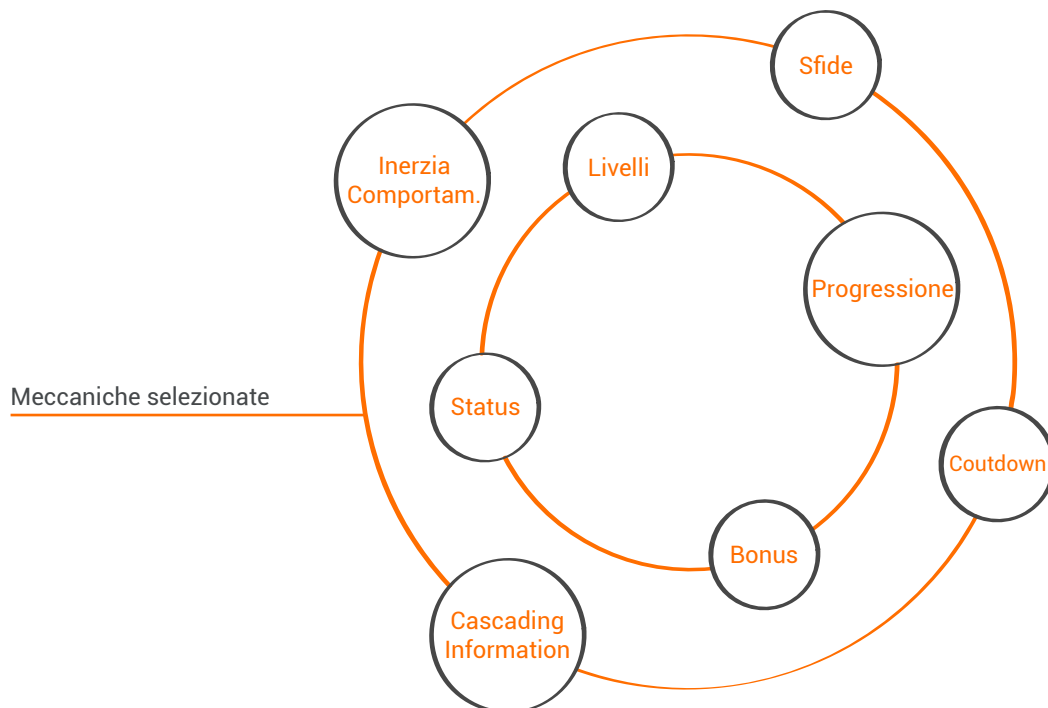


Xela è un sistema riabilitativo i cui sottoinsiemi sono **VR**, **Serious Games** e **Tracker**.

5.4 Gameplay: allestimento e costruzione scene

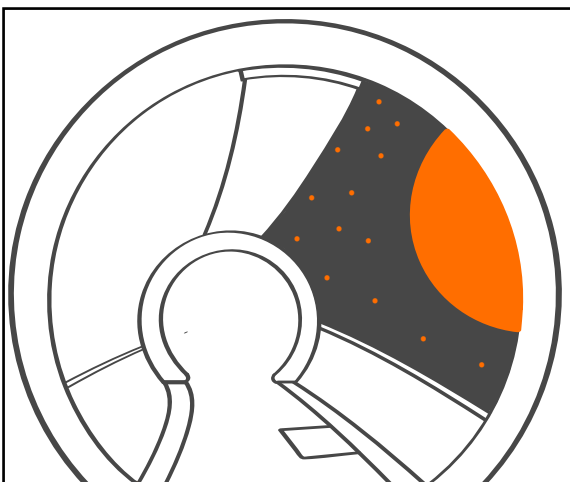
L'allestimento e la costruzione delle scene rappresentano il nucleo del progetto: in questa parte del capitolo vedremo come è stato realizzato il **serious game** Xela.

Xela è composta da 4 livelli: il livello 0 funge da intro al gioco, qui il nostro supereroe sarà parte passiva, apprenderà la situazione di pericolo e la missione da compiere, invece, i livelli 1-2-3, simili tra loro nella struttura, in cui l'utente sarà parte attiva e svolgerà l' **interazione** con le meteore, necessarie per superare la missione (e compiere l'esercizio). Elemento fondamentale in tutti i livelli sono i Pianeti, ovvero le tappe che il supereroe deve superare per arrivare al suo obiettivo, Xela.



5.4.1 Livello 0

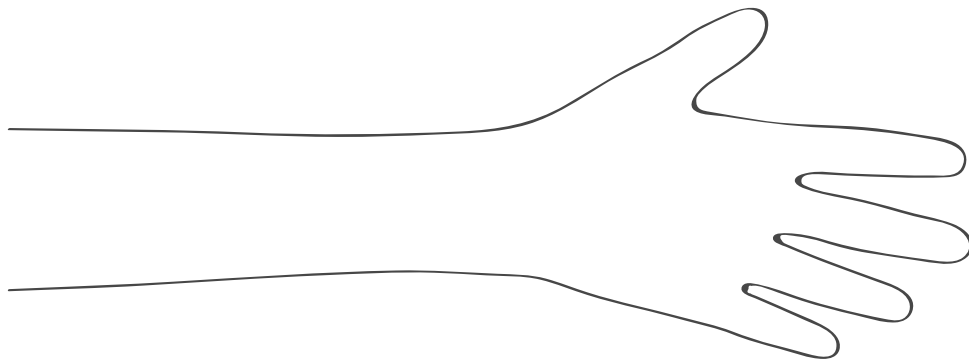
Il livello 0 è il luogo in cui si troverà il nostro utente appena indossa il visore, la funzione di questo luogo è far capire la storia e l'obiettivo: raggiungere Xela e che per farlo occorre superare i livelli.



- In questa fase mi trovo dentro la navicella, le sue condizioni e le interfacce informative mi fanno capire che c'è un guasto

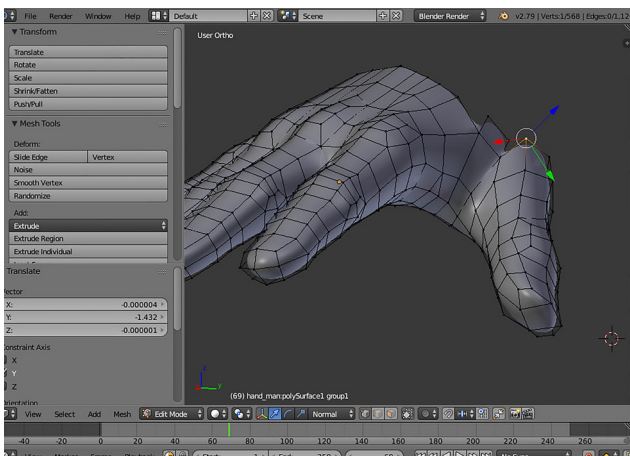
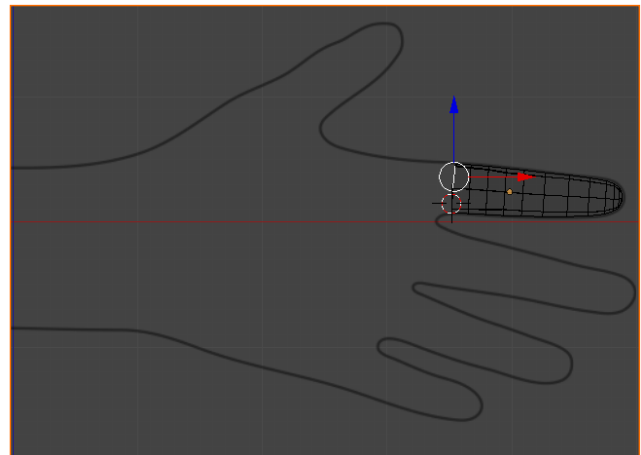
5.5 Modello 3D e rigging

Primo passo da fare in questa seconda fase del progetto è la modellazione 3D della mano. Per la modellazione della mano e del braccio è stato utilizzato Blender.

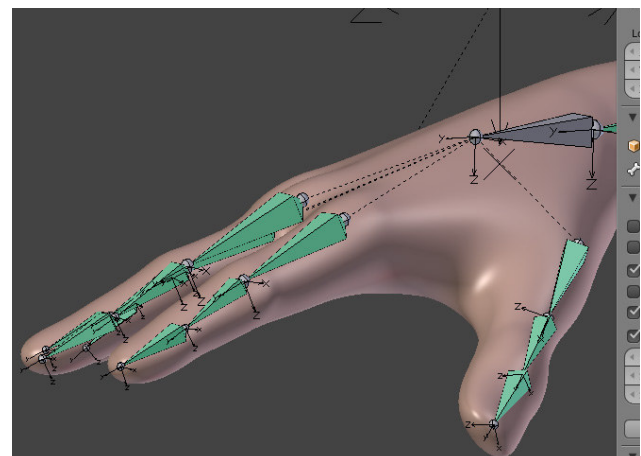


Disegno riferimento mano

Realizzare un disegno di riferimento è il primo passo da fare, dopo viene importata l'immagine in blender successivamente si inizia con la modellazione 3D.

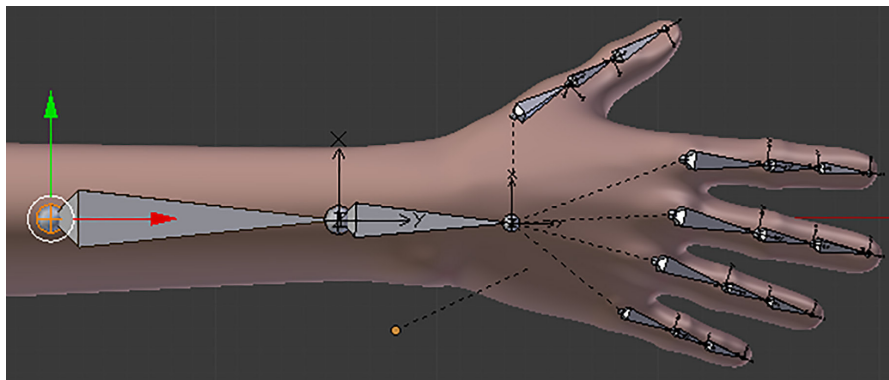
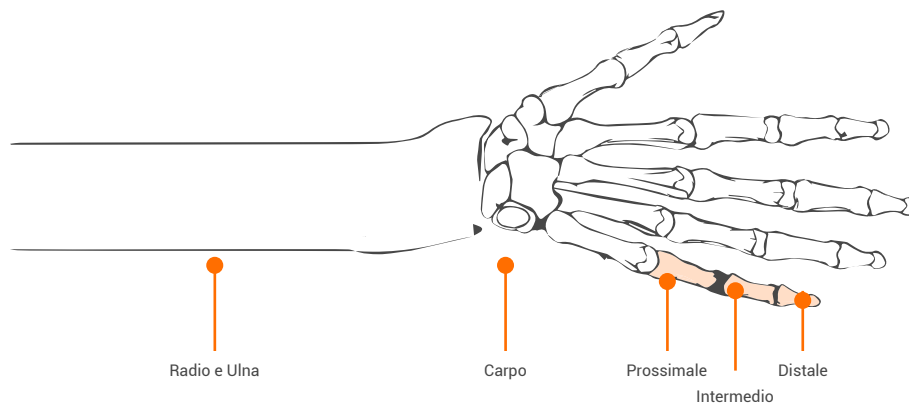


Modellazione 3D

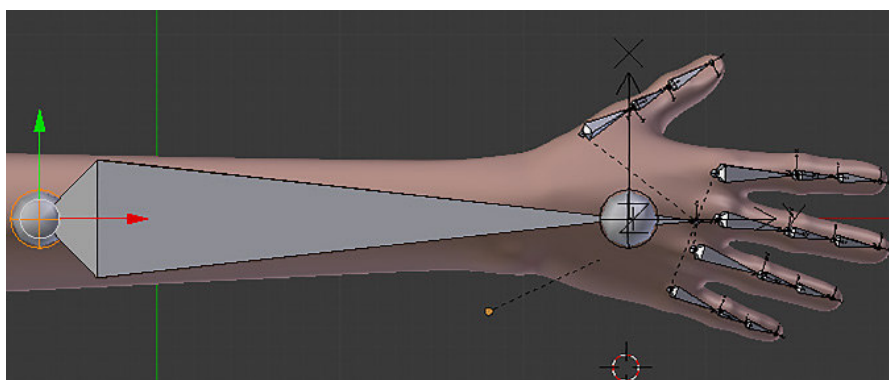


Visualizzazione "Pose mode"

Seconda cosa da fare è la realizzazione dei rigging, questo è un passaggio fondamentale per la corretta orientazione del modello 3D, rappresentante il braccio dell'utente all'interno del gioco. La realizzazione dei rig nella mesh del braccio è fondamentale per 2 motivi: il collegamento della sensoristica e le animazioni della mano durante la fase tutorial. I rig, rappresentano infatti le ossa della nostra mano, la cui orientazione degli assi permettono il corretto movimento delle dita del nostro modello nel mondo virtuale.



Visualizzazione in Blender, Rig per l'animazione



Visualizzazione in Blender, Rig per i sensori

5.6 Collegamento guanto - modello

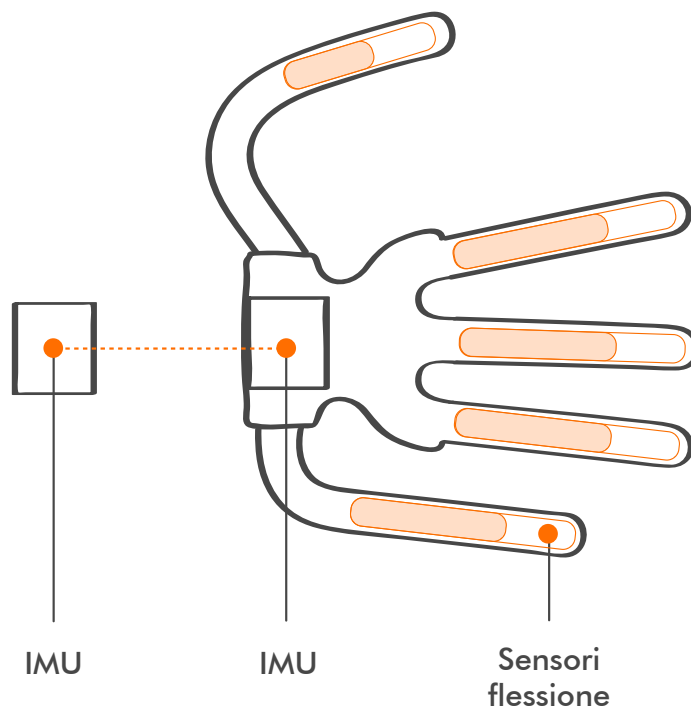
Successivamente è stato collegato il guanto al modello 3D, tramite i rig su blender, spiegati nel capitolo precedente, si permette al modello mano di eseguire i movimenti delle dita, del polso e del braccio.

- Modello 3D mano
- Rig al modello mano
- Importare modello da blender in unity.
- Assegnare tag in Unity

5.7.1 Tag, Rig e Sensori

Vediamo come è strutturato il guanto Talking Hands, per capire l'associazione dei rig alla sensoristica, poichè è tramite la sua elettronica che vengono gestiti i movimenti dell'utente e del braccio 3D.

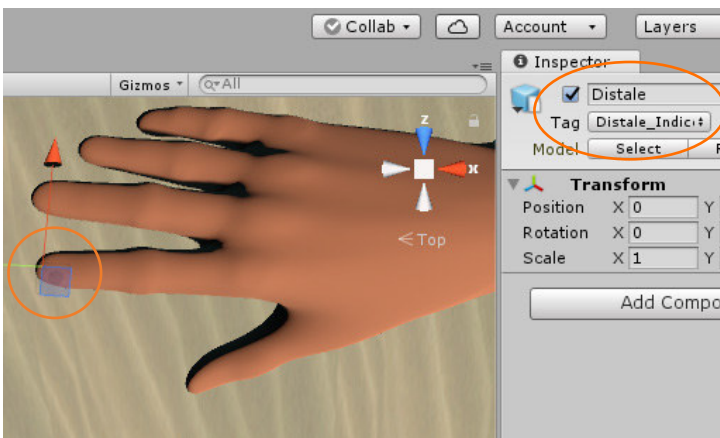
Il guanto è composto da due imu 9 DFO e 10 sensori di flessione.



Una IMU, è un sistema elettronico basato su sensori inerziali, solitamente le IMU sono disponibili con diversi gradi di libertà (DOF Degree-Of-Freedom). Quindi quando si parla di:

- IMU 3DOF: IMU che montano un accelerometro;
- IMU 6DOF: IMU che montano un accelerometro ed un giroscopio;
- IMU 9DOF: IMU che montano un accelerometro, un giroscopio ed un magnetometro;

I sensori di flessione invece sono utilizzati per registrare il movimento delle dita quando esse si flettono, in modo da poter mandare il valore delle movimentazione.



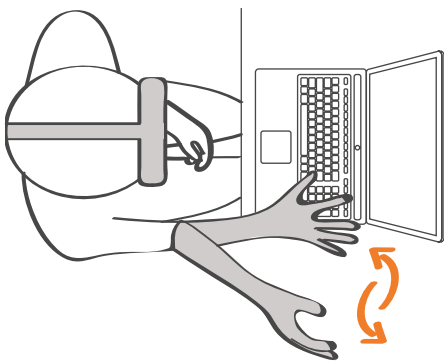
Hierarchy e suddivisione delle parti dita.



5.7 Le orientazioni del guanto - Scenario di utilizzo

Il **Serious Game** Xela è stato strutturato in base alle movimentazioni che il guanto può fare.

- È stata strutturato l'allestimento della scena
- Sono state realizzate le **interazioni** e le distanze
- È stato definito lo scenario di utilizzo del guanto



Il guanto permette di registrare:

- le orientazioni del braccio e del polso
- le flessioni delle dita

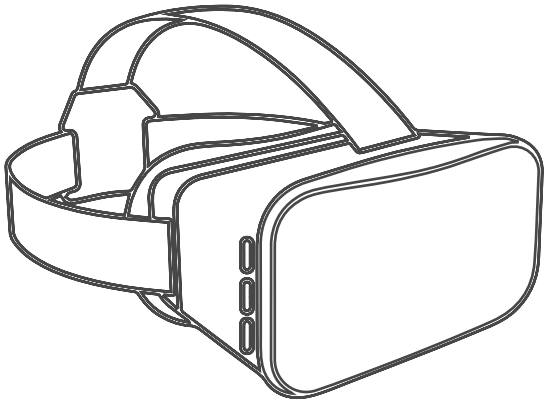


Xela permette di visualizzare:

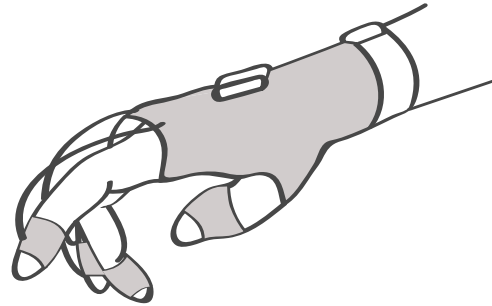
- i movimenti del braccio
- le **interazioni**
- i risultati

- Il sistema Xela - Guanto verrà utilizzato da seduti

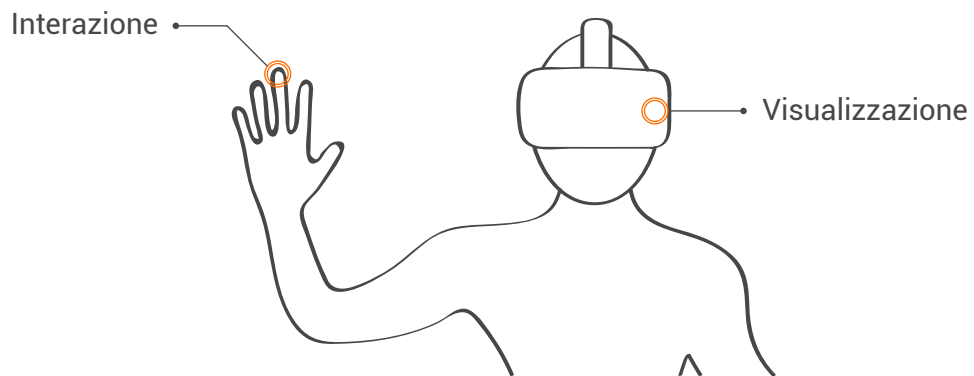
Come funziona



Oculus Rift



Talking Hands



Bibliografia

- [1] *Virtual Reality in Medicine*, Robert Rienier, 2012
- [2] *Scuole Superiore Sant'Anna ,La Realtà Virtuale per il trattamento di alterazioni psicofisiologiche indotte da stress, Lezione 4*, 2017.
- [3] *Motor rehabilitation using virtual reality*, Heidi Sveistrup, 2004
- [4] *Experimental studies of virtual reality-delivered compared to conventional exercise programs for rehabilitation* ,Sveistrup H, McComas J, Thornton M, Marshall S, Finestone H, McCormick A, Babulic K, Mayhew A, 2003.
- [5] *Virtual reality-enhanced stroke rehabilitation*, Jack D, Boian R, Merians AS, Tremaine M, Burdea GC, Adamovich SV, Recce M, Poizner H 2001.
- [6] *The application of virtual reality technology in rehabilitation* , (M.T. Schultheis e A.S.Rizzo) ,2001.
- [7] *Benefits of activity and virtual reality based balance exercise programmes for adults with traumatic brain injury: Perceptions of participants and their caregivers* ,M. Thornton S. Marshall, J. McComas, H. Finestone, A. McCormick & H. Sveistrup, 2009.
- [8] A. S. Rizzo , Gerard Jounghyun Kim ,A SWOT Analysis of the Field of Virtual Reality Rehabilitation and Therapy, 2005.
- [9] <https://www.business2community.com/>
- [10] *For the Win: How Game Thinking Can Revolutionize Your Business*, Kevin Werbach, Dan Hunter, 2012.
- [11] *From Game Design Elements to Gamefulness:Defining "Gamification"*, S. Deterding, D. Dixon, R. Khaled, L. Nacke, 2011.
- [12] *Serious Games* ,Clark c. Abt ,1970.
- [15] *Serious Games – An Overview* , 2007.
- [16] Zepp, R.A. (2005). *Teachers' perceptions on the roles on educational technology*. *Educational Technology & Society*, 8(2), 102-106.
- [17] JeroenBourgonjon,MartinValcke, RonaldSoetaert, TammySchellens , 2010 *Students' perceptions about the use of video games in the classroom*
- [18] *Serious Games in Education* ,Linda Stege, Giel van Lankveld, and Pieter Spronck, 2012

- [19] Kapralos B, Fisher S, Clarkson J, et al. *A course on serious game design and development using an online problem-based learning approach*. Interactive Technol Smart Educ. 2015;
- [20] Iouri Gorbanev, Sandra Agudelo-Londoño, Rafael A. González, Ariel Cortes, Alexandra Pomares, Vivian Delgadillo, Francisco J. Yepes & Óscar Muñoz (2018) *A systematic review of serious games in medical education: quality of evidence and pedagogical strategy*, Medical Education Online, 2018
- [21] <https://www.alliedmarketresearch.com/press-release/serious-games-market.html>
- [22] Gago J, Barreira T, Carrascosa R, Segovia P (2010) *Nutritional serious-games platform*
- [23] Red Hill Studios, 2011
- [24] *Serious Games in Physical Rehabilitation*, Bruno Bonnechère, 2017.
- [25] *Serious Games for health*, Voravika Wattanasoontorn, Imma Boada, Rubén García, Mateu Sbert 2013.
- [26] *Mass effect. Interattività ludica e narrativa: videogame, advergaming, gamification, social organization*, 2014.
- [27] *Giochi da prendere sul serio. Gamification, storytelling e game design per progetti innovativi: Gamification, storytelling e game design per progetti innovativi*, Alberto Maestri, Pietro Polsinelli, Joseph Sassoon, 2015.
- [28] *L'arte del coinvolgimento. Emozioni e stimoli per cambiare il mondo*. Fabio Viola, Vincenzo Idone Cassone, 2017
- [29] *Virtual reality based experiential cognitive treatment of anorexia nervosa*. Riva G, Bacchetta M, Baruffi M, Rinaldi S, Molinari E., 1999.
- [30] *Conoscenza, comunicazione e tecnologia. Aspetti cognitivi della realtà virtuale*, 2006.
- [31] PECRO Lab, Scuola Superiore Sant'Anna, <http://docplayer.it/7254275-Proprietadi-un-ambiente-virtuale.html>
- [32] Foxlin Eric, *Inertial Head-Tracker Sensor Fusion by a Complementary Separate-Bias Kalman Filter*, Proceedings of the IEEE 96 Virtual Reality Annual International Symposium V RAIS pp. 185-194, 1996.
- [33] <http://khymeia.com/>
- [34] <https://www.neofect.com/en/product/rapael/>
- [35] *MusicGlove: motivating and quantifying hand movement rehabilitation by using functional grips to play music*. Friedman N1, Chan V, Zondervan D, Bachman M, Reinkensmeyer DJ. 2011

- [36] <http://www.wiifit.com/training/balance-games.html>
- [37] <http://www.virtual-reality-rehabilitation.com/products/seeme/what-is-seeme>
- [38] <https://docs.unity3d.com/Manual/index.html>
- [39] [https://it.wikipedia.org/wiki/Unity_\(motore_grafico\)](https://it.wikipedia.org/wiki/Unity_(motore_grafico))
- [40] <https://www.oculus.com/>
- [41] <https://www.vive.com/eu/>
- [42] <https://www.playstation.com/it-it/explore/playstation-vr/>
- [43] <https://www.samsung.com/it/wearables/gear-vr-r323/>
- [44] *Organizzazione Mondiale Sanità, Ministero della Salute*, <http://www.salute.gov.it>
- [45] *Dottor Claudio Tedeschi* <http://www.asmn.re.it/allegati/ictus.pdf>
- [46] *Deficit cognitivi dell'ictus. Azienda Sanitaria Universitaria Integrata di Trieste*, <http://www.aots.sanita.fvg.it>
- [47] <https://visualstudio.microsoft.com/it/>
- [48] <https://www.blender.org/>
- [49] <https://www.rhino3d.com/it/>
- [50] <https://www.adobe.com/it/products/illustrator.html>