



# VIRTUAL REALITY

ONDERZOEK NAAR IMMERSIE EN INTERACTIE

---

KEVIN VAN ZANTEN

10-06-2014

AFSTUDEERSCHRIJF

**RIGHTEOUS**  
GAMES**Gegevens stagebedrijf**

Naam:  
Adres:  
Telefoonnummer:  
E-mailadres:

Righteous Games  
Marconilaan 16  
5621 AA Eindhoven  
06 21222939  
[info@righteousgames.nl](mailto:info@righteousgames.nl)

**Bedrijfsbegeleider**

Naam:  
Telefoonnummer:  
E-mailadres:

Maurice Hagemeijer  
06 21222939  
[maurice@righteousgames.nl](mailto:maurice@righteousgames.nl)

**Gegevens docentbegeleider**

Naam:  
Telefoonnummer:  
E-mailadres:

Sjaak Verwaaijen  
08850-71360  
[s.verwaaijen@fontys.nl](mailto:s.verwaaijen@fontys.nl)

**Gegevens stagiair**

Voorletters:  
Naam:  
Adres:

K  
Zanten, van  
Tongerhof 3  
5673 PG Nuenen

Telefoonnummer:  
E-mailadres:

06 23321318  
[k.vanzanten-ab@student.fontys.nl](mailto:k.vanzanten-ab@student.fontys.nl)

**Gegevens stage**

Begin stage:  
Eind stage:  
Gewerkte dagen:

10 februari 2014  
25 juni 2014  
85 dagen

**Getekend voor gezien door bedrijfsbegeleider:**

Datum getekend:

Naam en handtekening bedrijfsbegeleider:

---

---

## DOCUMENTHISTORIE

Versie	Status	Datum	Wijzigingen
0.1.0	concept	2014-02-27	Document aangemaakt.
0.2.0	concept	2014-05-08	Virtual Hospital.
0.3.0	concept	2014-05-12	Virtual Reality & Immersie.
0.4.0	concept	2014-05-15	Interactie HMD's.
0.5.0	concept	2014-05-28	Mobiele interactie.
0.6.0	concept	2014-05-29	Diepte- en vooronderzoek uitgewerkt.
0.7.0	concept	2014-05-30	Aanpak.
0.8.0	concept	2014-06-01	Inleiding, samenvatting.
0.9.0	concept	2014-06-07	Onderzoek en testresultaten.
0.10.0	concept	2014-06-09	Document herschreven en ingekort. Referenties geformatteerd volgens de APA richtlijnen.
0.11.0	concept	2014-06-10	Opmaak.
1.0.0	final	2014-06-10	Definitieve versie.

## GOEDKEURING

Versie	Datum	Functie	Naam	Handtekening
1.0.0	2014-06-10	Stagebegeleider	Maurice Hagemeijer	

## VOORWOORD

Deze scriptie heb ik tijdens mijn afstudeerstage Software Engineering HBO ICT geschreven. Ik heb mijn afstudeerstage in 20 weken uitgevoerd bij Righteous Games. In mijn scriptie beschrijf ik het werkproces, de gemaakte producten en de verdere resultaten.

Graag wil ik nog even de mogelijkheid nemen om een aantal mensen te bedanken voor hun steun en begeleiding tijdens mijn afstudeerstage. Allereerst wil ik mijn stagebegeleider Maurice Hagemeijer bedanken voor zijn begeleiding tijdens mijn stage. Zijn kritische houding tegenover mijn werk en constante feedback heeft ervoor gezorgd dat ik elk product goed heb kunnen afronden. Verder wil ik zowel Maurice als Robert van Barneveld bedanken voor de leuke tijd en geweldige kans om te kunnen afstuderen bij Righteous Games met een onderwerp dat me zo na aan het hart ligt, namelijk virtual reality. Ook wil ik mijn docentbegeleider Sjaak Verwaaijen bedanken voor zijn feedback op mijn producten en voor zijn gastvrijheid waardoor ik nog meer praktische ervaring heb kunnen opdoen.

Tot slot wil ik mijn ouders en mijn broertje bedanken voor hun steun en interesse in mijn afstudeerproject.

Kevin van Zanten  
Nuenen, juni 2014

## INHOUDSOPGAVE

1. Samenvatting .....	7
2. Summary .....	8
3. Verklarende woordenlijst .....	9
4. Inleiding.....	11
5. Het bedrijf & betrokkenen .....	12
5.1 Righteous Games.....	12
5.2 Uitgevoerde en lopende projecten .....	12
5.3 Partnerbedrijf Centriplan .....	12
6. Opdracht.....	13
6.1 Achtergrond .....	13
6.2 Probleem .....	13
6.3 Doelstelling .....	13
6.4 Producten .....	13
7. Aanpak .....	14
7.1 Stap 1: Externe Oriëntatie .....	14
7.2 Stap 2: Intakegesprek.....	15
7.3 Stap 3: Oriënterende Interviews .....	15
7.4 Stap 4: Analyse .....	15
7.5 Stap 5: Terugkoppeling/Contractering .....	15
7.6 Stap 6: Werkplanning en projectorganisatie .....	15
7.7 Stap 7: Diepteonderzoek .....	16
7.8 Stap 8: Oplossingsplan.....	16
7.9 Stap 9: Invoering.....	16
7.10 Stap 10: Afronding en Afstuderen .....	16
8. Onderzoek.....	17
8.1 Onderzoeksvragen .....	17
9. Vooronderzoek .....	18
9.1 Virtual Reality .....	18
9.2 Technologie.....	19
9.3 Toepassingen .....	20
10. Diepteonderzoek: Immersie .....	22
10.1 Tactische immersie .....	22
10.2 Strategische immersie .....	22
10.3 Verhalende immersie .....	22
10.4 Ruimtelijke immersie.....	22
10.5 Conclusie .....	23
11. Diepteonderzoek: Selectiemethoden in Virtuele Omgevingen.....	24
11.1 Selectietechnieken .....	24

11.2	Motor Space & Visual Space .....	26
11.3	Control-Display Ratio .....	27
11.4	Input: Virtual Pointing en Virtual Hand .....	28
11.5	Input: Technieken Virtual pointing .....	30
11.6	Conclusie .....	37
12.	Test Usability Interactiemethodes: Absolute Pointing of Friction Surfaces.....	39
12.1	Doel.....	39
12.2	Testopzet .....	39
12.3	Testresultaten .....	40
12.4	Conclusie .....	41
13.	Virtual Hospital.....	42
13.1	Omgeving .....	42
13.2	Functionaliteit en interactie .....	43
13.3	Multiplayer .....	43
13.4	Tutorial .....	44
13.5	Ontwikkelingstools.....	46
13.6	Proces.....	47
14.	Conclusie en aanbeveling.....	48
15.	Evaluatie.....	49
16.	Literatuur.....	51
17.	Bijlagen .....	54

## 1. SAMENVATTING

Tijdens mijn afstudeerstage heb ik bij Righteous Games gewerkt aan een onderzoek naar virtual reality en wat erbij komt kijken om een product neer te zetten dat zowel interactief goed werkt als voldoende immersie in de omgeving aanbiedt. Bij het vooronderzoek heb ik geconstateerd welke onderwerpen ik nader moest onderzoeken en wat er van het eindproduct werd verwacht.

Bij het onderwerp immersie heb ik de benodigdheden van een overtuigende virtuele ervaring onderzocht. Bij het onderwerp interactie, vanuit het grootste deel van mijn onderzoek, heb ik een aantal selectiemethodes (*absolute pointing*, *virtual pointing*, *virtual hand*, *friction surfaces*, *PRISM*, *adaptive pointing*) onderzocht en vergeleken. Ook heb ik een applicatie ontwikkeld waarin ik de opgestelde testen kon uitvoeren.

Uit mijn onderzoek bleek dat voor de doelen die ik in gedachten heb voor het eindproduct *absolute pointing* en *friction surfaces* dicht bij elkaar liggen. Mijn conclusie was dan ook om ze te combineren en nog meer onderzoek te doen naar de bruikbaarheid van beiden.

Nadat de selectiemethode duidelijk was heb ik gewerkt aan het ontwikkelen van een applicatie genaamd *Virtual Hospital*. De applicatie dient als visualisatietool voor een afstudeerder Industrial Design op de TU/e. Voor haar afstuderen ontwierp zij een kindvriendelijke procedurekamer. Die kamer (met gewenste functionaliteit) heb ik in 3D gebouwd met Unity3D en Visual Studio. Voor dit ontwikkeltraject heb ik een Agile ontwikkelmethode gebruikt waar ik de voortgang in Trello bijhield.

Van de applicatie zijn twee versies gemaakt:

1. Een mobiele versie die op Android telefoons en tablets draait.
2. Een virtual reality versie dat met de Oculus Rift HMD en Razer Hydra motion tracking controller werkt.

De mobiele versie is in gebruik voor het afstudeerproject van de klant. De VR-versie is momenteel in ontwikkeling en wordt gepresenteerd tijdens de afstudeerzitting.

## 2. SUMMARY

During my internship at Righteous Games I researched virtual reality and the elements required to create a convincing and interactive virtual environment. In the first stage of my research I collected sources and eventually came to the conclusion I would have to dig into the following two subjects: immersion and interaction, of which interaction would be the greatest part.

On the subject of immersion I researched what components are required to create a convincing virtual environment for the user. To research the subject of interaction, and to be able to come to a good conclusion, I compared different selection methods (*absolute pointing*, *virtual hand*, *virtual pointing*, *friction surfaces*, *PRISM*, *adaptive pointing*) and tested them using a testing tool I wrote for this purpose. Furthermore, I pored over countless of pages of research on the subject of interaction related to virtual reality and environments.

I came to the conclusion that both *friction surfaces* and *absolute pointing* would be acceptable to implement into the final product. Thus, I decided to combine them both. Furthermore I made the recommendation to research the difference between the two more, as to figure out which one would be more beneficial for the exact same functionality in the *Virtual Hospital* application.

After clearing up what selection method I would have to implement into the final product, I started working on the *Virtual Hospital* application, which is a 3D visualization tool used by a graduate in Industrial design at the TU/e to show the child-friendly medical procedure room she designed. The application was developed in Unity3D with Visual Studio.

There are two versions of the *Virtual Hospital*:

1. A mobile version that runs on Android phones and tablets.
2. A virtual reality version that can be experienced using an Oculus Rift HMD and Razer Hydra motion tracking controller.

The mobile version is currently in use by the graduate for her project. The virtual reality version is in development and will be presented during the graduation presentation.



### 3. VERKLARENDE WOORDENLIJST

Begrip	Type	Beschrijving
Absolute Pointing	Virtual pointing selectiemethode	Een methode om objecten in een virtuele omgeving te selecteren. Vertaalt bewegingen van de gebruiker 1:1.
Adaptive Pointing	Virtual pointing selectiemethode	Een methode om objecten in een virtuele omgeving te selecteren. Past de CDR automatisch aan.
App	Term	Applicatie. Hier wordt vaak een mobiele applicatie mee bedoeld.
Asset	Term	Een in Unity klaargemaakt stuk code of plugin.
Béziercurven	Term	Wiskundige bogen door gebruik te maken van handles.
CAVE	Apparaat	Computer Assisted Virtual Environment. Een virtuele omgeving die werkt door beelden te projecteren op 3-6 muren.
Clutch	Motor en visual space term	Een methode om de visual space te verplaatsen.
Control Display Ratio	Term	De verhouding tussen de snelheid van de fysieke en de virtuele aanwijzer.
Coupled	Motor en visual space term	De verhouding tussen motor en visual space als deze 1:1 gekoppeld is.
Decoupled	Motor en visual space term	De verhouding tussen motor en visual space als deze niet 1:1 gekoppeld is.
Friction Surfaces	Virtual pointing selectiemethode	Een methode om objecten in een virtuele omgeving te selecteren. Blijft plakken aan interfaces.
Graphics	Term	Hoe een virtuele omgeving visueel eruit ziet.
HMD	Apparaat	Head-mounted display. Een helm die een beeld voor de ogen van de drager laat zien.
Motor Space	Term	De fysieke ruimte om de gebruiker van een virtual reality apparaat.
PID	Term	Project Initiatie Document. Het document wat het project beschrijft, wat er verwacht wordt, de planning en de vervolgstappen.
Prefab	Term	Een in Unity3D klaargemaakt gameobject dat in de scene gebruikt kan worden.
PRISM	Virtual pointing selectiemethode	Precise and Rapid Interaction through Scaled Manipulation. Een methode om objecten in een virtuele omgeving te selecteren.
Raycast	Term	Een lijn die die getekend wordt vanuit een punt met een bepaalde richting. Dient om objecten te herkennen.

RTS	Term	Real Time Strategy.
Serious games	Term	Een spel dat niet alleen voor entertainment ontworpen is, maar ook voor bijvoorbeeld training of educatie.
Texture	Term	Een combinatie van kleur en materiaal die op 3D-objecten toegepast wordt.
Virtual hand	Virtuele selectiemethode	Een manier van interacteren en selecteren door een virtuele hand te tekenen die in verbinding staat met de echte hand van de gebruiker.
Virtual pointer	Virtuele selectiemethode	Een manier van interacteren en selecteren door gebruik te maken van een straal (raycast) die uit het einde van de aanwijzer komt.
Virtual window	Term	Een virtuele 2D-interface binnen een virtuele 3D-omgeving.
Visual Space	Term	De virtuele werkruimte van een gebruiker van een virtual reality apparaat.
VR	Term	Virtuele realiteit. Een computer gesimuleerde virtuele omgeving.

## 4. INLEIDING

Onder andere door de introductie van de Oculus Rift (en de overname door Facebook) wordt virtual reality betaalbaarder en toegankelijker dan ooit. Echter, voordat Righteous Games een virtual reality applicatie op de markt kan zetten willen ze eerst het een en ander onderzocht hebben.

Ik ga onderzoeken wat er bij komt kijken om een virtual reality applicatie te maken.

Alvorens te beginnen aan de het onderzoek zijn eerst de nodige zaken uitgezocht. In hoofdstuk 5 beschrijf ik het bedrijf en de betrokken partijen. In hoofdstuk 6 wordt de opdracht nader toegelicht; namelijk de achtergrond, het probleem, de doelstelling en welke producten er verwacht worden. Hoofdstuk 7 beschrijft de aanpak die ik gebruikt heb in het afstudeerproject, het Tien Stappen Plan.

In hoofdstuk 8 worden de onderzoeksvragen die bij het onderzoek horen toegelicht.

Nadat de basis voor het afstudeerproject gelegd is beschrijf ik het onderzoek in meer detail, inclusief het product en de resultaten. In hoofdstuk 9 wordt het vooronderzoek beschreven, met een antwoord op de vraag: welke onderwerpen moeten nader onderzocht worden? In hoofdstuk 10 bespreek ik het onderwerp immersie. Interactie wordt in hoofdstuk 11 besproken, waarin ik selectiemethodes vergelijk.

Naar aanleiding van het onderzoek in hoofdstuk 11 stelde ik een test op die ik in hoofdstuk 12 beschrijf. Deze test vergelijkt een aantal selectiemethodes zodat ik een geïnformeerde keuze kan maken over welke ik wil implementeren in het eindproduct.

In hoofdstuk 13 wordt het eindproduct, *Virtual Hospital* beschreven. In dit hoofdstuk staat onder andere de informatie over de opzet en functionaliteit van het product. Vervolgens komen we bij hoofdstuk 14, waar ik een conclusie trek en aanbevelingen doe. Wat zijn de vervolgstappen en waarom?

Tot slot blik ik in hoofdstuk 15 terug op het afgelopen half jaar en beschrijf ik aan welke competenties ik gewerkt heb.

## 5. HET BEDRIJF & BETROKKENEN

### 5.1 RIGHTEOUS GAMES

Righteous Games is een kleine games studio in Eindhoven. Zij ontwikkelen games (zowel serious games als voor entertainment), apps voor mobiele apparaten en websites.

### 5.2 UITGEVOERDE EN LOPENDE PROJECTEN

Righteous Games heeft onder andere aan de volgende projecten gewerkt:

#### **Fysiotherapeuttool**

Een tool om met de Microsoft Kinect oefeningen te controleren die mensen uitvoeren.

#### **BTCDirect.nl**

Een website waar mensen bitcoins kunnen kopen en verkopen. Ook hebben zij Bitspins ontwikkeld, een gerelateerde website waar mensen kunnen gokken met hun bitcoins.

#### **Stichting 18 september**

Een mobiele augmented reality app.

### 5.3 PARTNERBEDRIJF CENTRIPLAN

Centriplan is een bedrijf dat zich bezighoudt met het digitaliseren van plattegronden en technische tekeningen. De opdracht kwam oorspronkelijk vanuit Centriplan, zij heeft ook een interesse in virtual reality, voornamelijk op het gebied van huizen.

## 6. OPDRACHT

### 6.1 ACHTERGROND

Vanuit Righteous Games en Centriplan is er interesse om met *virtual reality* te werken nu dit betaalbaarder wordt. Uiteindelijk willen zij ook een virtual reality product op de markt brengen, dat is dan ook de reden dat zij een Oculus Rift en Razer Hydra hebben aangeschaft. De volgende stap was onderzoek doen naar wat er bij virtual reality komt kijken.

### 6.2 PROBLEEM

Het voornaamste probleem is dat Righteous Games en Centriplan weinig kennis van virtual reality hebben. Voor Centriplan is een realistische ervaring belangrijk. Maar wat is "realistisch"? En hoe kan de gebruiker met de omgeving interacteren als hij geen gebruik maakt van een toetsenbord en muis?

### 6.3 DOELSTELLING

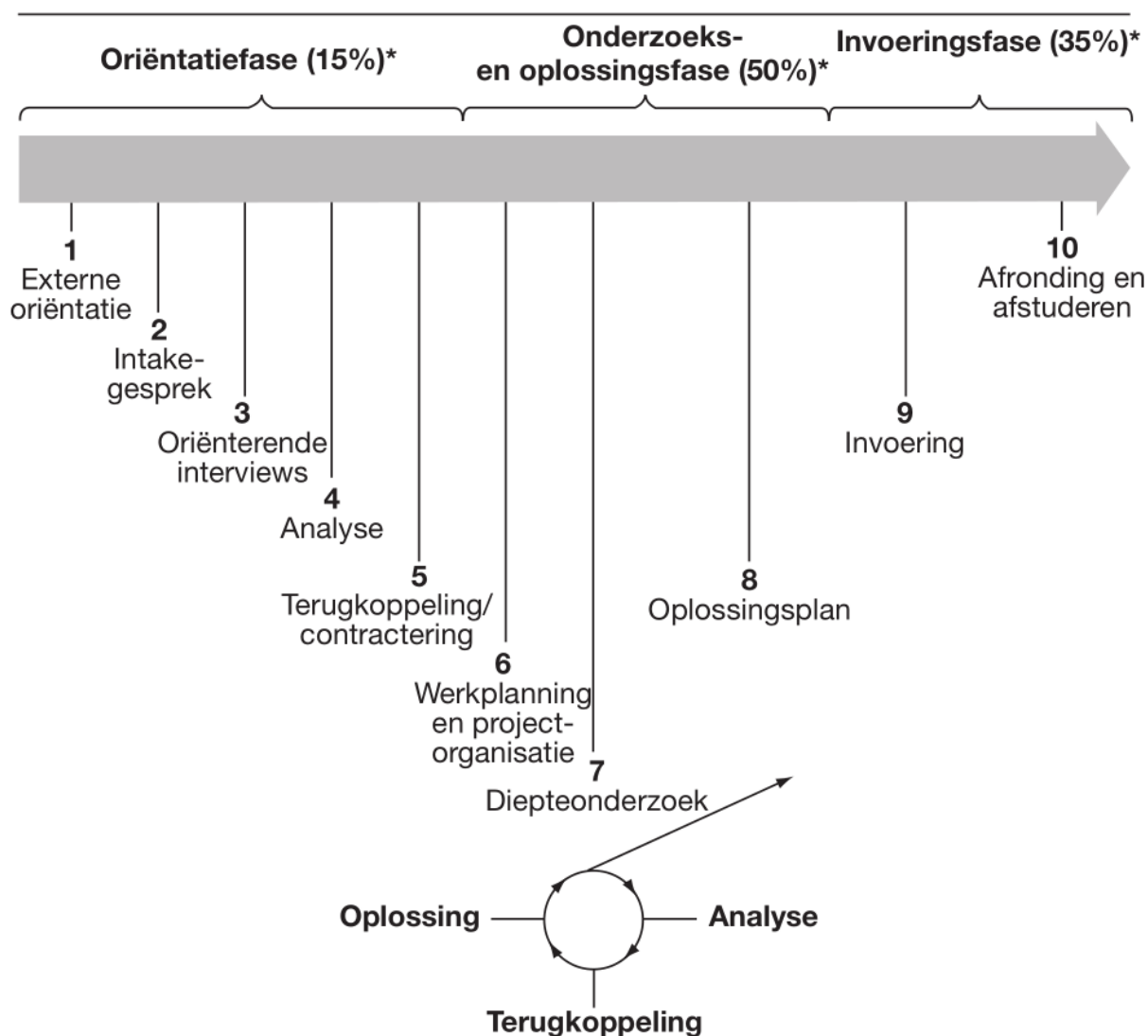
Het doel is om binnen de afstudeerstage meer informatie over *virtual reality* te krijgen en een showcase te ontwikkelen met de Oculus Rift en Razer Hydra, zodat het bedrijf kan zien wat er mogelijk is met deze apparaten, en hoe eventuele struikelblokken zijn omzeild en problemen zijn opgelost.

### 6.4 PRODUCTEN

Het eindproduct van de afstudeerstage is een applicatie waarmee een virtuele ruimte bezocht kan worden met een Oculus Rift en Razer Hydra. Een tweede variant van de applicatie biedt dezelfde virtuele omgeving aan die bezocht kan worden met een mobiel apparaat. Ook wordt er een onderzoek gedaan welke in de scriptie wordt opgenomen, met eventuele testresultaten.

## 7. AANPAK

Het Tien Stappen Plan (Keizer & Kempen, 2011) heeft als doel een stagiair of afstudeerder houvast te bieden bij het afstudeertraject. Ik heb dit plan dan ook gevolgd voor mijn afstuderen. Ik licht elke stap van het TSP kort toe.



Figuur 1: Tien Stappen Plan.

### 7.1 STAP 1: EXTERNE ORIËNTATIE

Voor het aanvang van mijn stage heb ik gekeken naar enkele bedrijven, waaronder een van de bedrijven waar ik in het verleden voor heb gewerkt. Via een oude klasgenoot kwam ik toen in aanraking met Righteous Games. Zij hebben me toen verteld dat ze nog op zoek waren naar een stagiair en dat ze enkele interessante opdrachten hadden liggen, waaronder eentje met het

onderwerp virtual reality. Dat interesseerde mij direct en ik heb vervolgens een afspraak gemaakt om langs te komen voor een intakegesprek.

## 7.2 STAP 2: INTAKEGESPREK

Bij het intakegesprek werd de stage uitgelegd. We hebben toen over de details gesproken en het bleek al snel dat het klikte. Ik had er vlug een goed gevoel over.

## 7.3 STAP 3: ORIËNTERENDE INTERVIEWS

Bij deze stap van het TSP is het de bedoeling om zoveel mogelijk in kaart te brengen: het doel van de stage, de probleemstellingen, betrokkenen, enz. Om deze informatie duidelijk te krijgen heb ik meerdere malen gesproken met de stagebegeleider en met de heer Timmermans van het partnerbedrijf Centriplan.

## 7.4 STAP 4: ANALYSE

Na enkele weken was mijn PID klaar met daarin alle informatie verwerkt die ik had vergaard tijdens de vorige stap. Tijdens het opstellen van het PID heb ik om feedback gevraagd, vooral om te bevestigen dat ik de informatie uit stap 3 goed geanalyseerd had.

## 7.5 STAP 5: TERUGKOPPELING/CONTRACTERING

Bij stap 5 kwam de docentbegeleider langs voor het eerste bezoek. Het gesprek ging goed, er was alleen een opmerking over de deelvragen. Deze heb ik later bijgesteld aan de hand van de feedback van de docentbegeleider. Ook werd ik uitgenodigd om langs te komen bij het Virtual Reality lab op het Fontys.

## 7.6 STAP 6: WERKPLANNING EN PROJECTORGANISATIE

Tijdens het schrijven van het PID heb ik ook een planning gemaakt voor het afstudeertraject, waarin ik de verschillende onderdelen (vooronderzoek, diepteonderzoek, ontwikkeling, terugkoppeling) verwerkt heb. Ik heb toen ook besloten om voor de softwareontwikkeling te kiezen voor een iteratieve ontwikkelmethode.

## 7.7 STAP 7: DIEPTEONDERZOEK

Voorafgaand het diepteonderzoek heb ik een vooronderzoek verricht. Dit gaf mij goed inzicht in welke onderwerpen ik voor het diepteonderzoek zou moeten onderzoeken. Hieruit zijn de onderwerpen immersie en interactie naar voren gekomen. In deze fase heb ik ook een test uitgevoerd.

## 7.8 STAP 8: OPLOSSINGSPLAN

Bij deze stap heb ik op papier gezet welke stappen ik zou gaan nemen (en de planning aangevuld) om de resultaten van het diepteonderzoek te kunnen invoeren als eindproduct.

## 7.9 STAP 9: INVOERING

Nadat de vervolgstappen duidelijk waren en we afspraken hadden gemaakt ben ik begonnen met de invoering. Ik heb het *Virtual Hospital* ontwikkeld en uitgerold. Die applicatie dient ook als basis om de vervolgstappen te implementeren.

## 7.10 STAP 10: AFRONDING EN AFSTUDEREN

Om mijn afstudeerstage af te ronden heb ik deze scriptie geschreven. Verder ga ik mijn werkzaamheden en eindresultaten presenteren tijdens de afstudeerzitting.



## 8. ONDERZOEK

### 8.1 ONDERZOEKSVRAGEN

De volgende onderzoeksvragen vormen de basis van het onderzoek.

#### 8.1.1 HOOFDVRAAG

---

De hoofdvraag is als volgt:

**Op welke manier kan het gebruik van virtual reality met de Oculus Rift en mobiele apparaten een beter inzicht in het eindresultaat van een bouw- of renovatietraject bieden?**

#### 8.1.2 DEELVRAGEN

---

Uit de hoofdvraag komt de volgende deelvraag voort:

#### **1. Hoe kan virtual reality (met de Oculus Rift) ingezet worden voor een betere beleving van een bezichtiging van een gebouw?**

Om deze deelvraag te beantwoorden worden de onderwerpen **immersie** en **input** behandeld in de volgende twee deelvragen:

##### 1.1 Hoe wordt een simulatie gecreëerd die zo dicht mogelijk bij de echte ervaring van een gebouw rond te lopen ligt?

Deze vraag wordt beantwoord door onderzoek te doen naar de virtuele omgevingen en wat erbij komt kijken om een overtuigende ervaring neer te zetten. Het onderdeel immersie wordt in hoofdstuk 10 behandeld.

##### 1.2 Wat voor manieren (input, feedback) zijn er om te interacteren met een virtuele omgeving en wat zijn de meest gebruikersvriendelijke?

Er wordt gekeken naar de verschillende manieren van invoer en selectie die in combinatie met een head-mounted display te gebruiken zijn. Deze deelvraag wordt beantwoord in hoofdstuk 11.

## 9. VOORONDERZOEK

Tijdens het vooronderzoek heb ik globaal gekeken naar alles wat te maken heeft met virtual reality en waar ik mee te maken zou kunnen hebben tijdens mijn onderzoek. Na het verzamelen van bronnen had ik genoeg informatie om aan mijn diepteonderzoek te beginnen, waarin de volgende twee onderwerpen belangrijk waren: immersie en interactie.

### 9.1 VIRTUAL REALITY

De virtuele realiteit is een computer gesimuleerde omgeving van een bestaande of fictieve omgeving. Het doel van VR is het nabootsen van de realiteit, zodat de gebruiker zich kan wanen in een omgeving zonder daar fysiek te zijn. Dit gebeurt door een gebruiker beelden te laten zien van een andere (virtuele of echte) omgeving. Behalve visie kunnen er ook andere zintuigen gestimuleerd worden.

#### 9.1.1 GELUID

---

Een voorbeeld hiervan zijn videogames. Hier wordt door middel van een combinatie van geluid en visie een ervaring getracht neer te zetten. Door geluid om de gebruiker af te spelen (surround sound) wordt het gevoel versterkt dat de drager in deze omgeving is.

#### 9.1.2 AANRAKING

---

Bij de meeste videogames wordt er alleen gebruik gemaakt van muis en toetsenbord. Andere apparaten kunnen een betere belevingservaring neerzetten door acties te simuleren die de gebruiker in het echt ook uitvoert, zoals het moeten openduwen van een deur.

#### 9.1.3 REUK EN SMAAK

---

Op het moment wordt geur niet veel gebruikt in het simuleren van een 3D-omgeving. Toch kan het veel bijdragen aan de beleving. Denk hieraan aan het ruiken van versgebakken brood terwijl je door een bakkerij loopt. Ook smaak wordt niet of nauwelijks toegepast in commerciële virtuele realiteitstoepassingen. Hier wordt wel onderzoek naar gedaan, zo heeft een onderzoeker van de Nationale Universiteit van Singapore (Ranasinghe, 2012) een digitale smaaksynthesizer ontwikkeld die met elektrische signalen de sensaties: zout, zoet, zuur, en bitter, kan nabootsen.

## 9.2 TECHNOLOGIE

Er bestaan verschillende apparaten die een virtuele omgeving kunnen simuleren of ondersteunen. Hieronder beschrijf ik twee bekende visuele apparaten (CAVE en HMD's) en enkele bekende motion tracking invoerapparaten.

### 9.2.1 CAVE

---

De CAVE is een omgeving waar projectoren beelden projecteren op meestal 3-6 muren. Door gebruik te maken van een 3D-bril kan de gebruiker de omgeving zien. De bewegingen van de gebruiker worden bijgehouden met sensoren die op de bril of op een controller zijn bevestigd.



Figuur 2: een foto van een gebruiker in een CAVE.

### 9.2.2 HMD'S

---

HMD's zijn brillen of helmen waaraan een display is bevestigd dat voor de ogen van de gebruiker geplaatst is. Een van de recente (en populairste) HMD's is de Oculus Rift (<http://www.oculusvr.com/>). De Oculus Rift, en andere HMD's, projecteren een gesplitst beeld waar de gebruiker door lenzen naar kijkt.



Figuur 3. Links: een speler die een Oculus Rift op. Het scherm voor de speler laat het beeld zien dat geprojecteerd wordt Rechts: de binnenkant van de Oculus Rift.

### 9.2.3 RAZER HYDRA

---

De Razer Hydra (<http://sixense.com/razerhydra>) is een motion en oriëntatie tracking controller dat een magnetisch veld gebruikt om de positie en rotatie van de controllers te registreren.



Figuur 4: de Razer Hydra. Eén van de controllers rust op het platform. De groene bal is de tracker.

### 9.2.4 SIXENSE STEM

---

Het Sixense STEM-systeem (<http://sixense.com/>) is de opvolger van de Razer Hydra. Het gebruikt controllers en een aantal sensoren om de positie van de speler te bepalen. De sensoren en de controllers zijn geheel draadloos. Het STEM systeem wordt eind 2014 uitgebracht.



Figuur 5: Het Sixense STEM-systeem.

## 9.3 TOEPASSINGEN

Virtual reality kan op meer gebieden dan alleen de entertainmentindustrie toegepast worden.

### 9.3.1 MILITAIRE DOELEINDEN

---

Een voorbeeld van virtual reality in het militaire leven zijn gevechtssimulaties (Ter Haar, 2005). In een veilige omgeving kunnen soldaten zo gevechtssituaties nabootsen.



Figuur 6: soldaten die trainen met head-mounted displays en motion sensors.

Een andere manier waarop virtual reality een rol speelt in het militaire leven is blootstellingstherapie, dat gebruikt wordt om soldaten die lijden aan posttraumatische stressstoornis (PTSS) te behandelen ("Virtual Reality Exposure Therapy", 2005).

### 9.3.2 MEDISCHE DOELEINDEN

---

Net als bij militaire doeleinden kan virtual reality als therapie ingezet worden. Blootstellingstherapie wordt ook ingezet acrofobie te behandelen (Brinckman et al., 2000, Ibrahim et al., 2008).

### 9.3.3 TRAINING

---

Vliegtuigsimulators zijn een bekend voorbeeld van virtuele training.



Figuur 7: piloten besturen een Boeing 737 vluchtsimulator.

## 10. DIEPTEONDERZOEK: IMMERSIE

Volgens Adams (2004) kan virtuele immersie worden onderverdeeld in drie categorieën: *tactisch* (tactical), *strategisch* (strategical), en *verhalend* (narrative). Hiernaast definiëren Björk en Holopainen (2004) nog een vierde categorie, namelijk *ruimtelijk* (spatial).

### 10.1 TACTISCHE IMMERSIE

Tactische immersie is de meest directe en fysieke ervaring uit de lijst. Dit is vooral te zien in het moment dat de speler helemaal opgaat in het spel en direct in contact staat met de besturing zodat de speler niet meer hoeft na te denken over welke knop ingedrukt dient te worden. Low (2001) beschrijft hij hoe spelers naar zichzelf refereren als ze hun virtuele karakter bedoelen. Ze zeggen bijvoorbeeld: "ik raap iets op", of "ik spring nu". Steven Poole (2001) beschrijft dit als *muscle memory*, wat ook in muzikanten voorkomt.

Bij tactische immersie gaat het puur om de controle die de gebruiker heeft over de besturing van het spel.

### 10.2 STRATEGISCHE IMMERSIE

Strategische immersie beschrijft hoeveel controle en invloed de gebruiker heeft op het spel en het verloop ervan. De nadruk ligt hier niet op het besturen van het spel, maar op het observeren, begrijpen en plannen van zijn acties. Controle is belangrijk bij deze manier van immersie, en het verliezen van de controle is hier erg frustrerend. Een voorbeeld hiervan is als er kans zit in het spel en de gebruiker minder directe controle heeft.

### 10.3 VERHALENDE IMMERSIE

De derde vorm van immersie is het verhaal. Schrijvers gebruiken dit principe om lezers in het verhaal te zuigen. Videogameontwikkelaars en filmmakers passen dit ook toe: de speler/kijker raakt verbonden aan het karakter en wilt bijvoorbeeld dat hij overwint.

### 10.4 RUIMTELIJKE IMMERSIE

De ruimtelijke immersie heeft voornamelijk met de kwaliteit van de omgeving te maken. Een voorbeeld hiervan is een spel dat een fotorealistische omgeving probeert neer te zetten. Als er dingen aan de omgeving zijn die daar niet horen, zoals foute belichting, klopt dit niet voor het gevoel van de

gebruiker. Dit betekent overigens niet dat de omgeving fotorealistisch moet zijn. Een cartoonomgeving kan ook juist aanvoelen, zolang er niets is dat de speler uit de ervaring haalt (Weibel & Wissmath, 2011).

## 10.5 CONCLUSIE

Na het onderzocht te hebben van de verschillende categorieën van immersie heb ik besloten om me toe te leggen op de volgende onderwerpen. Ik heb voor deze twee gekozen omdat ik met deze twee een overtuigende virtuele ervaring kan neerzetten zonder dat ik daarvoor een verhaal of strategie voor nodig heb.

### 10.5.1 TACTISCHE IMMERSIE

---

Tactische immersie werkt goed samen met het volgende punt in mijn diepteonderzoek: interactie. Door de juiste interactiemethode te selecteren die efficiëntie en immersie combineert kan ik de beste ervaring neerzetten.

### 10.5.2 RUIMTELIJKE IMMERSIE

---

De virtuele ervaring die ik ga bouwen moet de gebruiker het gevoel geven dat hij zich daadwerkelijk in die omgeving begeeft.

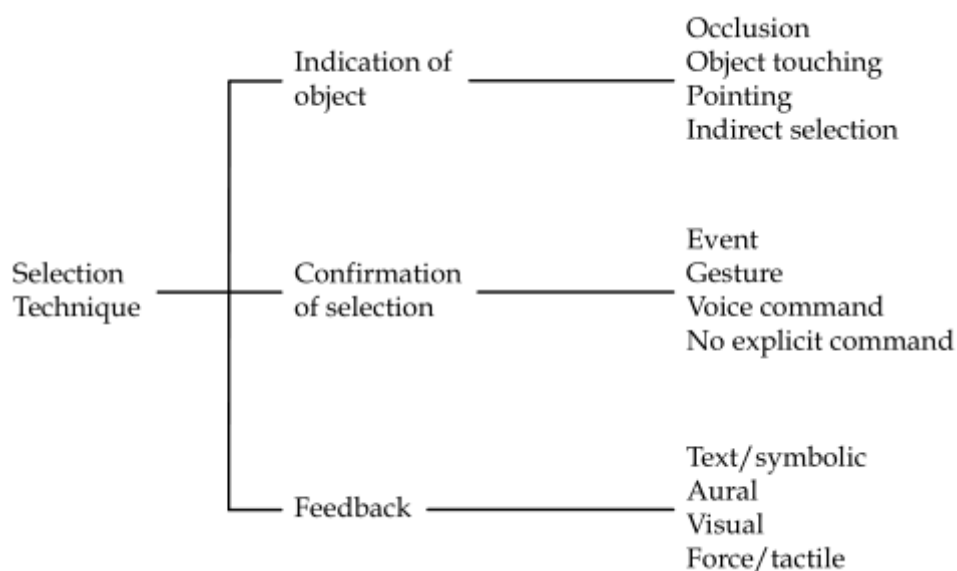
## 11.DIEPTEONDERZOEK: SELECTIEMETHODEN IN VIRTUELE OMGEVINGEN

Het doel van een virtuele omgeving is om diegene die het ervaart ervan te overtuigen dat hij zich in die situatie begeeft. Behalve beeld en geluid is het ook van belang dat de manier waarop de gebruiker met de omgeving interacteert juist aanvoelt. Wanneer er een HMD gebruikt wordt kan de gebruiker niets meer om zich heen zien waardoor een muis of toetsenbord niet meer gewenst zijn. Bovendien is de muis een apparaat dat op een 2D-oppervlak werkt.

Voor dit onderzoek is gekozen te werken met de Razer Hydra. De reden hiervoor is dat Righteous Games dit apparaat beschikbaar heeft en dat er plug-ins en assets bestaan om dit apparaat gemakkelijk te gebruiken in videogames. Door de positie en rotatie van de handen te registreren met de Razer Hydra kan de gebruiker zijn handen gebruiken om te interacteren met de virtuele omgeving.

### 11.1 SELECTIETECHNIEKEN

De manier van interactie met de virtuele omgeving is afhankelijk van het type apparaat. Met een selectiemethode- of techniek wordt de manier beschreven waarop een gebruiker een selectie maakt in een virtuele omgeving (om deze bijv. te manipuleren). Bowman, Hodges, en Johnson (1999) categoriseren het proces als volgt:

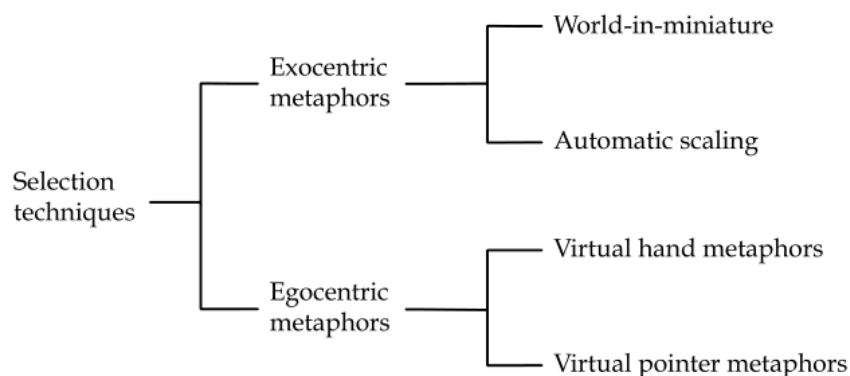


Figuur 8: De selectietechnieken die voorgesteld zijn door Bowman et al.

Elke selectiemethode kan worden onderverdeeld in minstens één van de categorieën, al kunnen sommige methodes (zoals *friction surfaces*) in meerdere categorieën geplaatst worden.

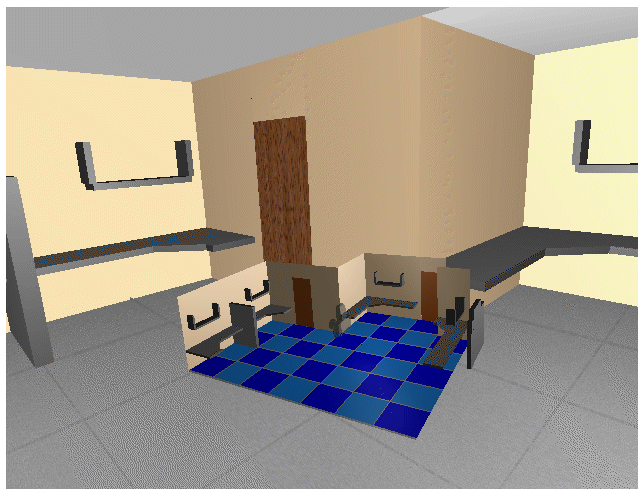


Poupyrev en Ichikawa (1999) hebben een andere manier van classificeren voorgesteld, door acties te vergelijken met een interactie in de echte wereld.



Figuur 9: de selectietechnieken die voorgesteld zijn door Poupyrev et al.

In deze classificatie vallen de technieken onder de categorie *exocentric metaphors* als er met objecten geïnteracteed wordt vanuit de derde persoon. Een voorbeeld hiervan is de *World-In-Miniature-techniek*, waar de gebruiker in de virtuele omgeving zijn omgeving ziet als miniatuurmodel. Hij kan deze vervolgens manipuleren.



Figuur 10: een voorbeeld van WIM. De ruimte waar de gebruiker in staat wordt ook als miniatuurmodel getoond.

Technieken vallen onder de *egocentric metaphors* als ze interactie aanbieden vanuit de eerste persoon. *Virtual pointing* en *virtual hand* zijn hier voorbeelden van.

Het is overigens mogelijk om *exocentric metaphors* te combineren met *egocentric metaphors*, en het is ook niet onmogelijk om de twee selectie-categorisaties te combineren. Omdat ook de categorieën van Poupyrev en Ichikawa gecombineerd kunnen worden met de categorieën van Bowman et al., is het mogelijk om selectiemethoden zeer nauwkeurig te categoriseren.

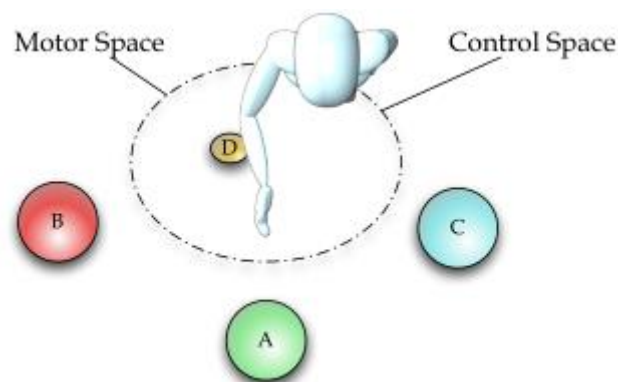
## 11.2 MOTOR SPACE & VISUAL SPACE

De *motor space* en de *visual space* zijn de twee omgevingen waar de gebruiker in werkt (Andujar & Argelaguet, 2007). *Motor space* is de fysieke omgeving van de gebruiker. Zijn bewegingsvrijheid hier is bepaald door wat er om hem heen bevindt (bijvoorbeeld tafels, stoelen) en de apparaten waar hij gebruik van maakt (denk hierbij aan kabels bij een HMD/controller, of aan de muren van een CAVE).

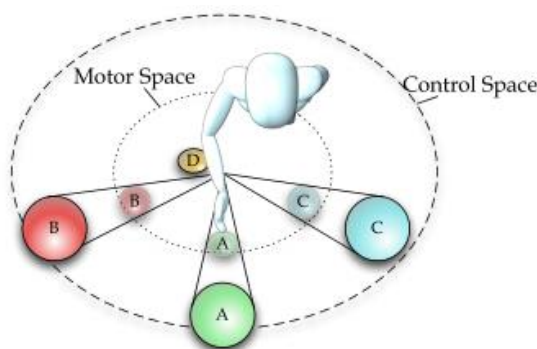
*Visual space* (ook wel *control space* genoemd) is de virtuele omgeving waar de gebruiker in werkt. Deze hoeft niet overeen te komen met de *motor space*. De vrijheid van de gebruiker in de *visual space* kan gekoppeld zijn aan de apparaten die hij gebruikt, zoals een CAVE, maar omdat een virtuele omgeving een gebruiker ook het idee kan geven dat hij heel ergens anders is, hoeft de *visual space* niet gelimiteerd te zijn.

Andujar en Argelaguet (2013) beschrijven de koppeling tussen *motor space* en *visual space* op twee manieren, namelijk: *coupled* en *decoupled*. Een voorbeeld van *decoupled* interactie is de interactie tussen een gebruiker en een computer door middel van een muis. De bewegingen van de muis op een horizontaal oppervlak worden vertaald naar een verticaal oppervlak, het scherm. In dit geval is er sprake van een rotatie van 90 graden die de bewegingen omzet.

Bij *coupled* interactie is de koppeling zo echt als mogelijk. Een voorbeeld hiervan is een virtuele hand die direct gekoppeld is aan de hand van de gebruiker, door gebruik te maken van een aanwijsapparaat of handschoenen. De bewegingen die in de *motor space* gemaakt worden, worden ook gelijk omgezet naar de *visual space*, zonder vertaald te worden.



Figuur 11: een overzicht van *motor space* en *visual space*.



Figuur 12: een voorbeeld van wanneer de *visual space* groter is dan de *motor space*, als er bijvoorbeeld gebruik gemaakt wordt van een hogere control-display ratio of virtual pointing.

### 11.3 CONTROL-DISPLAY RATIO

De *control display ratio* beschrijft de verhouding tussen de *motor space* en *visual space* (MacKenzie & Riddersma, 1994). Wanneer een invoerapparaat de bewegingen 1:1 omzet van de *motor space* naar de *visual space* is de *control-display ratio (CDR)* 1. Als er gebruik gemaakt wordt van een apparaat die bewegingen niet vertaalt naar een hogere of lagere CDR, of naar een andere as, is de interactie *coupled*. Door de *CDR* te verhogen wordt de nauwkeurigheid hoger omdat de aanwijzer (bijv. virtual hand of pointer) in de *visual space* langzamer beweegt. Dit voorkomt dat de gebruiker per ongeluk langs zijn doel beweegt. Ook dempt het de trillingen van de hand van een gebruiker, en eventuele plotse bewegingen. Door de *CDR* te verlagen wordt de nauwkeurigheid lager omdat de bewegingen die de gebruiker maakt versneld worden in de *visual space*. Dit betekent dat de gebruiker sneller grotere afstanden kan overbruggen, maar dat kleine bewegingen lastiger zijn.

Volgens König, Gerken, Dierdorf en Reiterer (2009) kunnen de *control display ratio*-gebaseerde technieken worden onderverdeeld in de volgende drie categorieën:

#### 11.3.1 HANDMATIG (MANUAL)

Door handmatig de keuze te maken wanneer de *control display* ratio omhoog of omlaag moet krijgen de gebruiker meer controle. Bijvoorbeeld: bij het gebruik van een virtuele pointer in een virtuele omgeving kan de gebruiker door een knop in te drukken, de aanwijzer langzamer laten bewegen zodat er met een virtuele interface gewerkt kan worden. Wanneer de gebruiker een grote bewegingen moet maken laat hij de knop los, waardoor de *CDR* weer op 1 teruggezet wordt.

#### 11.3.2 AFHANKELIJK VAN HET DOEL (TARGET-BASED)

Bij een doelafhankelijke dynamische C/D-ratio wordt de ratio aangepast aan de hand van waarop de gebruiker momenteel aan het richten is. *Friction Surfaces* (een uitvoering van *virtual pointing*) maakt

hier gebruik van. Als de gebruiker met de virtuele aanwijzer langs een interface gaat, blijft de aanwijzer plakken en vormt de aanwijzer zelf een boog: de *CDR* wordt verhoogd. Wanneer de gebruiker de aanwijzer van de interface af beweegt wordt deze weer recht en wordt de *CDR* teruggezet 1.

### 11.3.3 SNELHEID (VELOCITY-BASED)

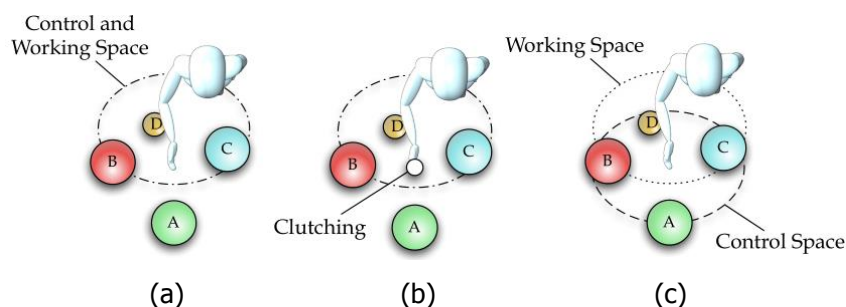
Bij dynamische snelheid wordt de aanwijzer in de *visual space* aangepast aan de hand van de snelheid van de aanwijzer in de *motor space*. Een voorbeeld hiervan is *mouse acceleration* zoals deze in Windows gebruikt wordt. Afhankelijk van de huidige bewegingssnelheid van de muis wordt de precisie van de muiscursor op het scherm aangepast. Bijvoorbeeld: als de gebruiker de muis langzaam beweegt, beweegt de muis ook langzaam mee. Als we dezelfde fysieke afgelegde afstand nemen, maar de muis sneller bewegen, zal de muiscursor ook sneller bewegen en een grotere afstand afleggen, ondanks dat de muis fysiek niet verder bewogen is in beide gevallen.

## 11.4 INPUT: VIRTUAL POINTING EN VIRTUAL HAND

Voor dit onderzoek zijn twee manieren van input bekeken en vergeleken van de categorie *egocentric metaphors* (Poupyrev et al., 2004): *virtual hand* (Poupyrev, Weghorst, Billingham, & Ichikawa, 1997) en *virtual pointing* (Mine, 1995).

### 11.4.1 VIRTUAL HAND

Bij de *virtual hand*-methode (Poupyrev et al., 1997) bestuurt de gebruiker een zwevende virtuele hand waarvan de rotatie en positie overeenkomt met de positie van het apparaat in de *motor space*. Door het invoerapparaat te bewegen gaat de virtuele hand ook bewegen. Zo kan de gebruiker oppervlaktes aanraken en interacteren met objecten. Door gebruik te maken van een zogenoemde *clutch* (Goble, Hinckley, Kassell, & Pausch, 1994; Ware, 1990) kan de gebruiker de *visual space* verplaatsen door deze los te koppelen en ergens anders neer te zetten. In figuur 13 zien we hoe een gebruiker zijn *visual space* kan verplaatsen.



Figuur 13. de gebruiker's *visual space* (hier *control space* genoemd) en *motor space* (hier *working space* genoemd) hebben dezelfde afmetingen (a). De gebruiker drukt een *clutch*-knop in en brengt zijn hand naar voren (b). Door dit te doen plakt het middelpunt van de *visual space* aan de fysieke aanwijzer. De gebruiker laat de *clutch*-knop los en brengt zijn hand weer naar voren (c). De *visual* en *motor space* zijn nu losgekoppeld en de gebruiker heeft een groter bereik.

#### 11.4.2 VIRTUAL POINTING

*Virtual pointing* maakt gebruik van *raycasting*. Dat betekent dat er een lijn getrokken wordt vanuit het invoerapparaat naar de richting waarin hij naar wijst. Als er een object geraakt wordt stopt de lijn en wordt dat object geregistreerd. De lijn kan getekend worden om zo feedback te geven aan de gebruiker.

#### 11.4.3 VERGELIJKING

	Virtual Pointing	Virtual Hand	Argumentatie
<b>Vermoeidheid</b>	Alleen de pols hoeft te bewegen, en in sommige gevallen de onderarm.	De hand moet fysiek verplaatsen in <i>motor space</i> .	Als de gebruiker moe is wordt de precisie verlaagd (denk aan trillingen).
<b>Verplaatsing</b>	De gebruiker kan objecten aanwijzen aan de andere kant van de kamer.	De gebruiker moet zijn <i>visual space</i> verplaatsen om te interacteren met objecten die verder weg staan.	Het is sneller om via een raycast een object te selecteren dan een aantal keren met een <i>clutch</i> de <i>visual space</i> te verplaatsen van de <i>virtual hand</i> . Ook kan de <i>control display ratio</i> makkelijker aangepast worden bij de <i>virtual pointer</i> zonder dat dit ongemakkelijk voelt.
<b>Feedback</b>	De virtual pointer kan een lijn tekenen waar de raycast loopt om aan te duiden waar de gebruiker naar wijst.	De virtual hand kan opgluizen wanneer het iets selecteert.	Het object dat geselecteerd wordt kan opgluizen. Feedback van de <i>virtual hand</i> of <i>virtual pointer</i> is niet

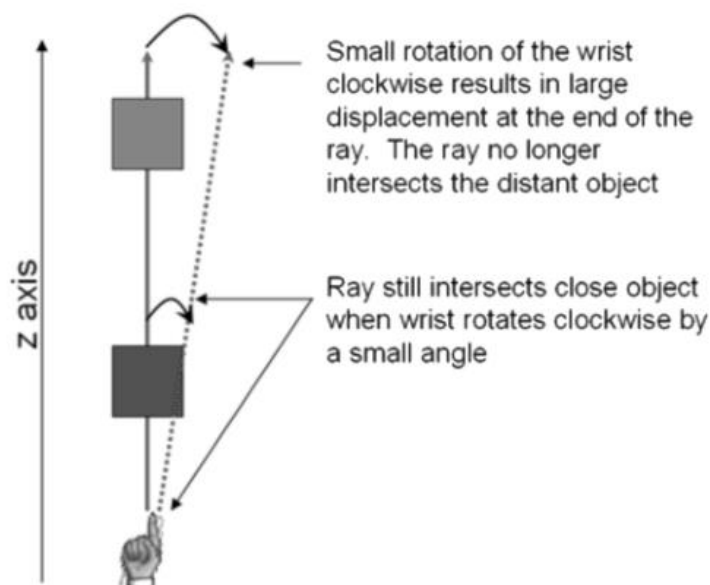
			nodig, maar de <i>virtual pointer</i> geeft duidelijker aan waar de gebruiker mee bezig is.
<b>Snelheid</b>	Als het selecteerbare object buiten de <i>visual space</i> ligt kan er sneller met de <i>virtual pointer</i> geïnteracteed worden.	Met objecten die binnen de <i>visual space</i> liggen kan snel geïnteracteed worden.	Het grootste deel van de interactie vindt plaats buiten de <i>visual space</i> .
<b>Immersie</b>	Het voelt natuurlijk om objecten aan te wijzen.	De bewegingen die gemaakt worden in <i>motor space</i> zijn dezelfde bewegingen die gemaakt worden in de <i>visual space</i> .	Het gevoel van immersie is bij <i>virtual hand</i> (als die <i>coupled</i> is) sterker omdat het natuurlijker aanvoelt.

Aan de hand van de vergelijking trek ik de volgende conclusie: al is het gevoel van immersie sterker bij de *virtual hand*-methode, het verlies in efficiëntie en snelheid zorgt ervoor dat het niet waard is om *virtual hand*-methode te gebruiken. Het uitgangspunt van het onderzoek naar de juiste *virtual pointing*-techniek om te gebruiken in het eindproduct, is interactie met objecten in een virtuele 3D-omgeving, en interactie met 2D-interfaces in een virtuele 3D-omgeving.

## 11.5 INPUT: TECHNIKEN VIRTUAL POINTING

Na *virtual pointing* en *virtual hand* te vergeleken te hebben heb ik gekozen om *virtual pointing* verder te onderzoeken, om zo erachter te komen welke specifieke techniek ik het beste kan gebruiken voor de HMD-versie van het Virtual Hospital.

Een interface die ver weg staat van de gebruiker kan lastig zijn. Ten eerste is de interface moeilijker te zien, en ten tweede wordt het lastiger om accuraat te richten. De reden hiervoor is dat we onze handen niet perfect stil kunnen houden (Newell & Vaillancourt, 2000). Hier houden we nog niet eens rekening met vermoeidheid. Kleine bewegingen en veranderingen worden versterkt als we een *virtual pointing* uitvoering gebruiken.



Figuur 14: een voorbeeld van hoe een kleine beweging door de gebruiker een groot effect kan hebben.

Aangezien de interfaces vanaf een afstand gemanipuleerd moeten kunnen worden ben ik op zoek naar een techniek die zowel dichtbij als veraf accuraat is, en welke ook gebruikersvriendelijk is, met een zo laag mogelijke foutmarge.

De basis van *virtual pointing* is Absolute Pointing (Hinckley, 2008). Verder zijn hier nog variaties op te vinden die de problemen van virtual pointing aanpakken. Dit zijn *PRISM* (Frees, Kessler, & Kay 2005), *Adaptive Pointing* (König, Gerken, Dierdorf, & Reiterer, 2009), en *Friction Surfaces* (Andujar & Argelaguet, 2007).

Er zijn verschillende manieren om een echte selectie te maken (te bevestigen), zoals *press to select* (het indrukken van een knop op het invoerapparaat). Steed (2006) definieert nog twee andere manieren: *hold and select* (knop inhouden tijdens het selecteren) en  *dwell on object* (op de knop blijven hangen tot deze automatisch geselecteerd wordt). Voor mijn onderzoek ga ik uit van *press to select*, door op de trigger-knop van de Razer Hydra te drukken.

### 11.5.1 ABSOLUTE POINTING

Bij *absolute pointing* (Hinckley, 2008) wordt de visual en control space 1 op 1 vertaald ( $CDR = 1$ ). Elke beweging die de gebruiker in de *motor space* uitvoert beweegt de virtuele aanwijzer met dezelfde afstand en rotatie. Op deze manier staat de gebruiker altijd in verbinding met de aanwijzer en kan hij deze ook nooit kwijtraken. Omdat de  $CDR$  nooit wordt aangepast is dit de meest natuurlijk vorm.

Het probleem van *absolute pointing* is dat, afhankelijk van hoe ver de interactie plaatsvindt van de gebruiker, hoge precisie niet altijd gegarandeerd kan worden. Ook kan het Heisenberg effect (Bowman, Campbell, Ly, & Wingrave, 2001) de bewegingen en precisie van de gebruiker verstoren. Het Heisenberg effect komt voor als de gebruiker op een knop drukt op een invoerapparaat, waardoor het apparaat wat beweegt en zo de aanwijzlijn niet meer op het doel gericht is.

#### 11.5.2 PRISM: PRECISE AND RAPID INTERACTION THROUGH SCALED MANIPULATION

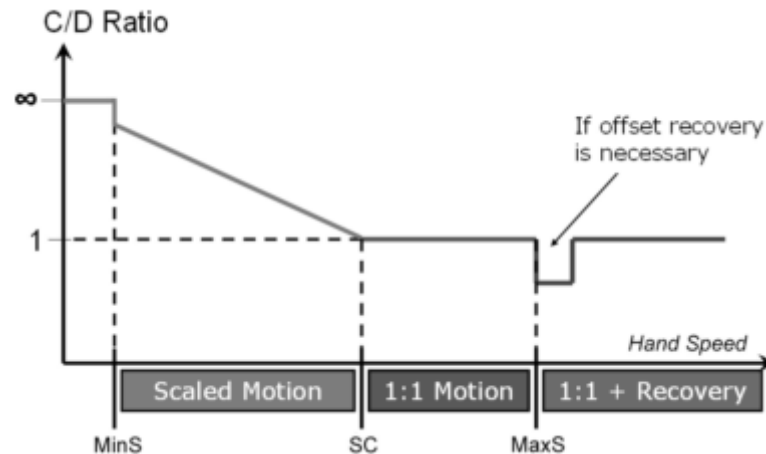
---

De PRISM-methode is ontwikkeld door Frees, Kay, en Kessler (2005). Hun methode past de *control/display ratio* dynamisch aan en laat de aanwijzer sneller en langzamer bewegen wanneer dat nodig is. Wanneer precisie nodig is, en de gebruiker langzamere bewegingen maakt, wordt de *CDR* verhoogt (en beweegt de virtuele aanwijzer langzamer. Deze vertraging zorgt ervoor dat de bewegingen minder gevoelig zijn voor willekeurige en onbedoelde bewegingen van de gebruiker. Als basis voor PRISM en hun testen, worden objecten gemanipuleerd door met een stylus pen op het object te klikken en deze te slepen. Dit gebeurt op een tablet (2D vlak) in de echte wereld.

PRISM werkt door de *CDR* aan te passen aan de hand van de snelheid van de gebruiker, *velocity-based CDR* (König et al., 2005). Onder een bepaalde drempel (aangegeven als *MinS* in figuur 15) worden bewegingen als foutief geregistreerd en beweegt het geselecteerde object niet. Tussen de laagste drempel en een waarde die *SC* (Scaling Constant) wordt genoemd, wordt de *CDR* in verhouding verlaagd. Hoe dichterbij de standaard *SC*, hoe dichterbij de *CDR* bij 1 komt. Dichterbij de drempel geeft een hogere *CDR* wat betekent dat het object langzamer beweegt. Tussen *MinS* en *SC* is de gebruiker in *scaled mode*.

Na de standaard *SC* wordt er ook een maximale snelheid gedefinieerd, *MaxS*. Tussen *SC* en *MaxS* is de *CDR* 1. Boven *MaxS* blijft de *CDR* nog steeds 1, maar wordt er een mechanisme geactiveerd die compenseert voor de snelle beweging van de gebruiker. Als de gebruiker sneller beweegt dan het object kan bewegen wordt deze automatisch op de aanwijslocatie van de gebruiker geplaatst door even de *CDR* te verlagen.





Figuur 15: een vereenvoudiging van de dynamische *CDR* in de *PRISM*-methode.

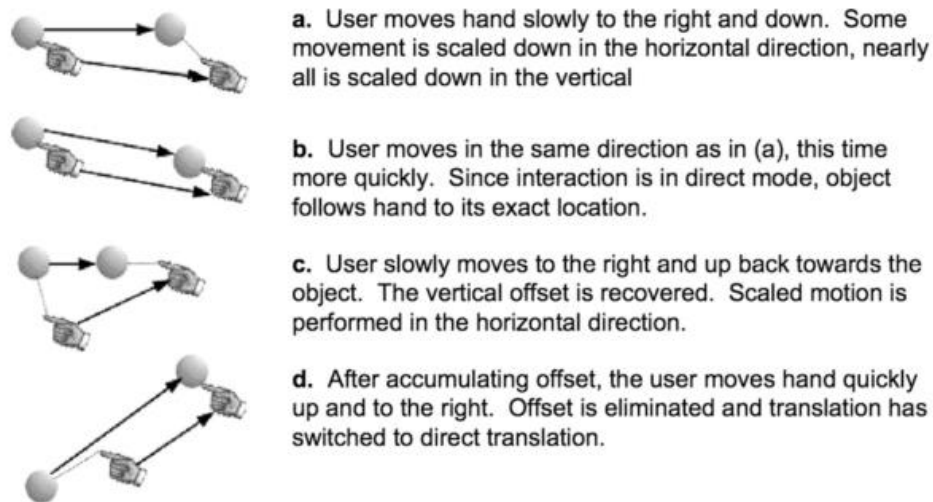
Omdat de *CDR* constant wordt aangepast wordt klopt de positie van het object op een gegeven moment niet meer met de locatie van de stylus. Het resetten van de offset noemen Frees et al. (2005) de *offset recovery*.

De offset recovery kan op twee manieren worden gedaan:

1. Onder de waarde *SC* ligt, krijgt de gebruiker een witte lijn te zien die van de aanwijzer naar het geselecteerde object loopt. De offset wordt gereset als de gebruiker met de stylus terug over het object gaat. In de tussentijd beweegt het object niet.
2. Boven *MaxS* wordt het object automatisch op de positie van de stylus gezet.

De voordelen van *PRISM*:

1. De waarde *SC* kan aangepast kan worden, waardoor de bufferzone *SC-MaxS* groter of kleiner wordt.
2. De *C/D*-ratio van elke as (*x*, en *y*) wordt afzonderlijk ingesteld. Figuur 16 laat zien hoe bepaalde bewegingen sterker worden vertaald dan anderen, afhankelijk van de snelheid van de beweging over een bepaalde as.
3. Volgens Frees et al. (2005) is het een verbetering op *absolute pointing* op zowel snelheid als foutpercentage.



Figuur 16: een voorbeeld van een interactie met PRISM.

De nadelen van PRISM:

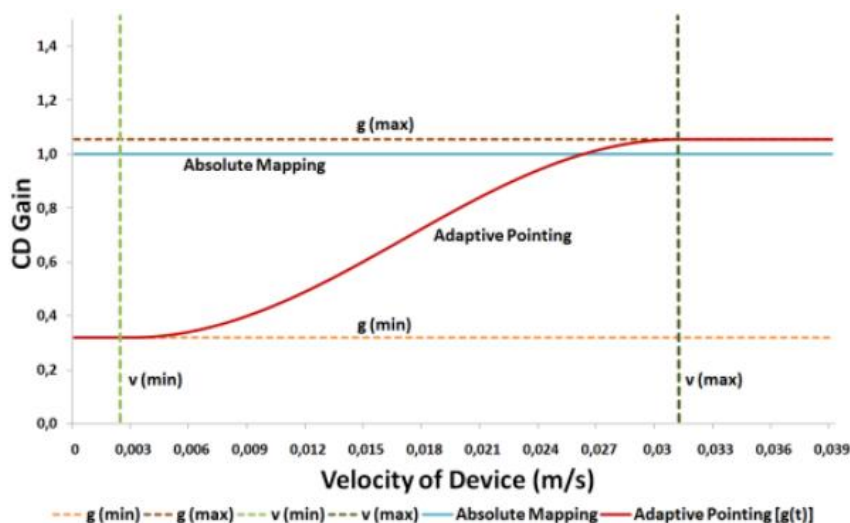
1. Bij snelheden hoger dan *MaxS* is de beweging van het object abrupt en snel, en niet meer vloeiend.
2. De offset die plaatsvindt als er in de *scaled mode* gewerkt wordt kan alleen gereset worden door een snelle beweging, of door terug te gaan naar het object. Dat betekent dat de gebruiker bewegingen moet maken ook als hij die niet wilt maken.
3. PRISM is niet ontwikkeld voor gebruik in een virtuele omgeving. Het is ontwikkeld om een 2D-interface te manipuleren met een *pointing device*.

### 11.5.3 ADAPTIVE POINTING

De adaptive pointing methode is ontwikkeld door Dierdorf, Gerken, König, en Reiterer (2009). Net als PRISM (Frees, et al., 2007) is het bedoeld om objecten te manipuleren via de absolute pointing manier. In hun onderzoek vonden zij dat PRISM, terwijl het een duidelijk voordeel biedt over *absolute pointing*, het tot onverwachte bewegingen kan leiden. Ook vonden König et al. dat PRISM onnatuurlijk kan aanvoelen, vooral als de gebruiker snel beweegt en het geselecteerde object van de ene naar de andere locatie springt. Bovendien vinden zij de methode van *offset recovery* enigszins verwarrend omdat het uitleg nodig heeft hoe gebruikers de offset kunnen resetten.

Het voordeel van *absolute pointing* is dat de aanwijzer in de *motor* en *visual space* altijd 1 op 1 met elkaar in verbinding staan. Om deze reden ontwikkelden König et al. (2007) *Adaptive Pointing*. Het doel van *Adaptive Pointing* is het een *absolute pointing device* te simuleren zonder de onnatuurlijke en onverwachte bewegingen die zij constateerden bij PRISM.

Net als bij PRISM wordt de *CDR* aangepast aan de bewegingssnelheid van de aanwijzer van de gebruiker. Het verschil zit in wanneer en hoe de *CDR* wordt aangepast.



Figuur 17: uitleg van C/D-verhoudingen bij de *adaptive pointing* techniek.

Let op dat König et al. (2009) het hebben over de *control display gain*, wat in principe het omgekeerde is van de *control display ratio*.

CDR	CDG
2.0	0.5
1.0	1.0
0.5	2.0

De voordelen van Adaptive Pointing in vergelijking met PRISM (Frees et al., 2005):

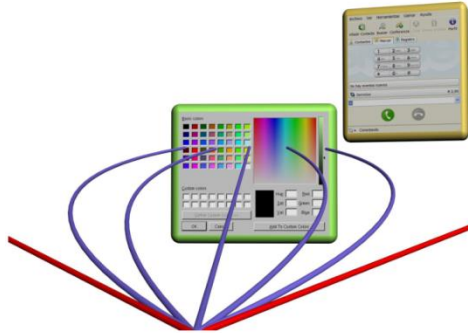
1. Er wordt een sinusfunctie gebruikt om de offset glad te trekken zodat de overgang tussen twee snelheden niet abrupt en storend is.
2. Het geselecteerde object is altijd in beweging.
  - a. Als er een offset waardoor het object op de aanwijzer voorloopt en de aanwijzer richting het object beweegt, beweegt het object langzamer zodat de cursor het object langzaam inhaalt.
  - b. Als er een offset is terwijl de aanwijzer op het object voorloopt, wordt de afstand langzaam ingehaald doordat het object iets sneller beweegt dan de aanwijzer.
3. Volgens König et al. (2009) is *adaptive pointing* een grote verbetering ten opzichte van *absolute pointing*: het is 19% sneller om taken uit te voeren en 63% minder gevoelig voor fouten. Ook is de gebruikersvriendelijkheid veel groter.

Het nadeel van *adaptive pointing* is dat het, net als *PRISM*, niet ontwikkeld is om een 2D interface te manipuleren in een virtuele omgeving, maar juist een 2D-oppervlakte in de echte wereld.

#### 11.5.4 FRICTION SURFACES

---

Friction Surfaces is ontwikkeld door Andujar en Argelaguet (2007). Het is speciaal ontwikkeld om 2D GUIs te manipuleren in 3D-omgevingen, zoals in een CAVE of met een head-mounted display. Deze onderscheiding is belangrijk.

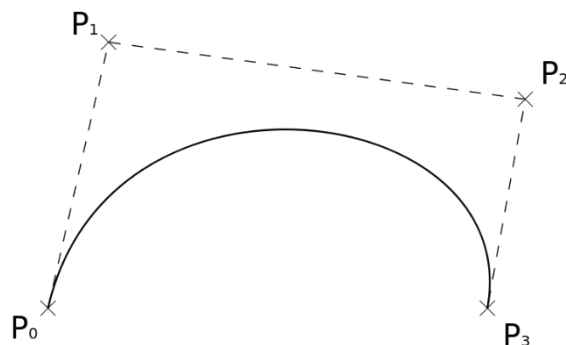


Figuur 18: een voorbeeld van de gebogen lijnen die gebruikt worden als feedback voor de gebruiker.

Andujar en Argelaguet (2007) maken onderscheid tussen twee verschillende omgevingen: *virtual windows* (de interfaces) en de rest van de omgeving. Wanneer de virtuele aanwijslijn zich buiten de *virtual windows* begeeft is het een rechte lijn, net als bij *absolute pointing*. Echter, wanneer de selectielijn, of raycast, zich op een *virtual window* begeeft wordt de *CDR* aangepast. Dit is een vorm van *target-based CDR* (König et al., 2005). Zoals in figuur 18 kan worden gezien is de aanwijslijn getekend zodat de gebruiker feedback krijgt over wat hij momenteel selecteert.

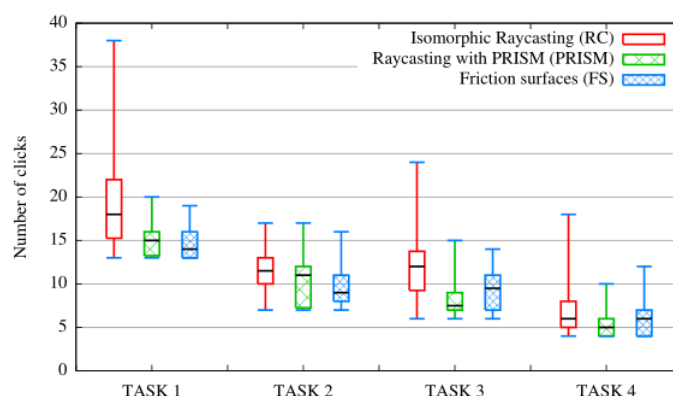
Het verschil tussen *friction surfaces* en de andere beschreven methodes is dat de aanwijslijn buigt als de gebruiker met een *virtual window* aan het werken is. Ook wordt er op het punt van kruising, waar de aanwijslijn de interface raakt, een cursor getekend. Tijdens de interactie met een *virtual window* is de *CDR* hoger dan 1 en loopt het aanwijspunt achter op waar de gebruiker aan het wijzen is. De boog wordt getekend en berekend aan de hand van Béziercurves. Wanneer de gebruiker de aanwijzer niet meer naar een *virtual window* laat wijzen springt de aanwijzer eraf en wordt weer recht.

Om deze boog te realiseren wordt er gebruik gemaakt van Béziercurves (<http://devmag.org.za/2011/04/05/bzier-curves-a-tutorial/>). Een lijn die loopt van P0 naar P3 wordt met twee handles op locaties P1 en P2 gebogen.



Figuur 19: een tekening van een Béziercurve. P0 is het beginpunt, P3 is het eindpunt. P1 en P2 zijn handles die de boog bewerken.

Andujar en Argelaguet (2007) voerden tests uit om erachter te komen welke manier van interactie de voorkeur zou hebben bij gebruikers van 2D-interfaces in een virtuele omgeving. Zij testten dit met een CAVE. Uit hun tests bleek dat de testpersonen *PRISM* en *friction surfaces* fijner vonden werken dan de *absolute pointing*. *PRISM* en *friction surfaces* scoorden ongeveer gelijk.



Figuur 20: het aantal keer klikken dat nodig is om elke taak te voldoen.

Het Heisenberg effect (Bowman et al., 2001) is ook sterk gereduceerd in vergelijking met *absolute pointing*. Ook kwam uit de tests naar voren dat *PRISM* accurater was als extreme precisie nodig was, zoals het bewegen van een slider (pixel voor pixel).

## 11.6 CONCLUSIE

Uit het onderzoek van Andujar en Argelaguet (2007) bleek dat *friction surfaces* een verbetering is op *absolute pointing*. Nadat ik de drie methodes (*friction surfaces*, *adaptive pointing*, en *PRISM*) had vergeleken kwam ik tot de conclusie dat ik *friction surfaces* wilde gaan testen om erachter te komen of het voor het *Virtual Hospital* project ook de juiste keuze is. De reden voor deze keuze is dat ik uiteindelijk de methode wilde gebruiken die het meest natuurlijke aanvoelt zonder dat er een storende

correctie van de *control display ratio* nodig is. *PRISM* viel daarom af (volgens onderzoek van *König et al., 2009*) en *adaptive pointing* en *friction surfaces* bleven over. Omdat *friction surfaces* ontwikkeld is om in de virtuele omgeving te gebruiken heb ik gekozen om deze te testen en verder uit te werken. Ik koos er ook voor om deze te vergelijken met *absolute pointing*, omdat dat de basis is van *virtual pointing* en vanwege de simpelheid van de implementatie.

## 12. TEST USABILITY INTERACTIEMETHODES: ABSOLUTE POINTING OF FRICTION SURFACES

### 12.1 DOEL

Het doel van de test is om vast te stellen welke methode geïmplementeerd gaat worden in de head-mounted display versie van het product. Het volgende wordt op de proef gesteld:

1. Welke interface in de virtuele omgeving biedt de meeste snelheid, hoogste gebruikersvriendelijkheid, en laagste error rate bij het gebruik van knoppen?
  - a. Friction Surfaces of
  - b. Absolute Pointing

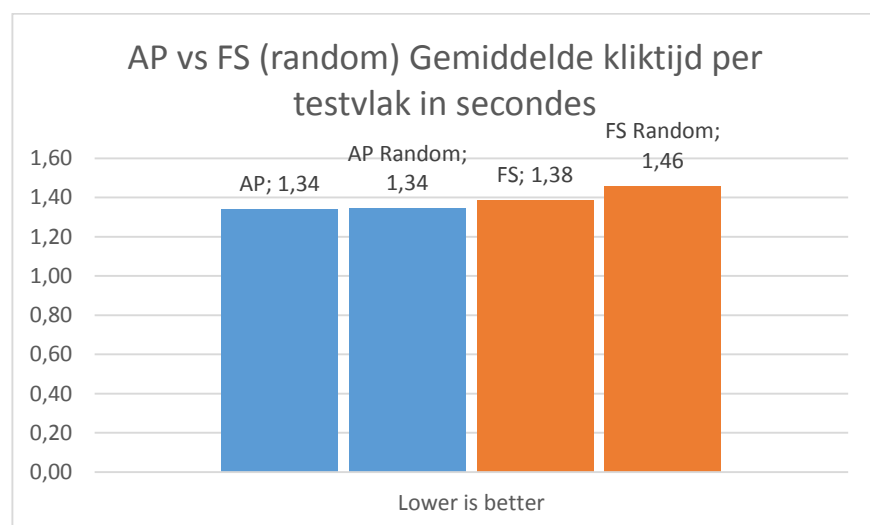
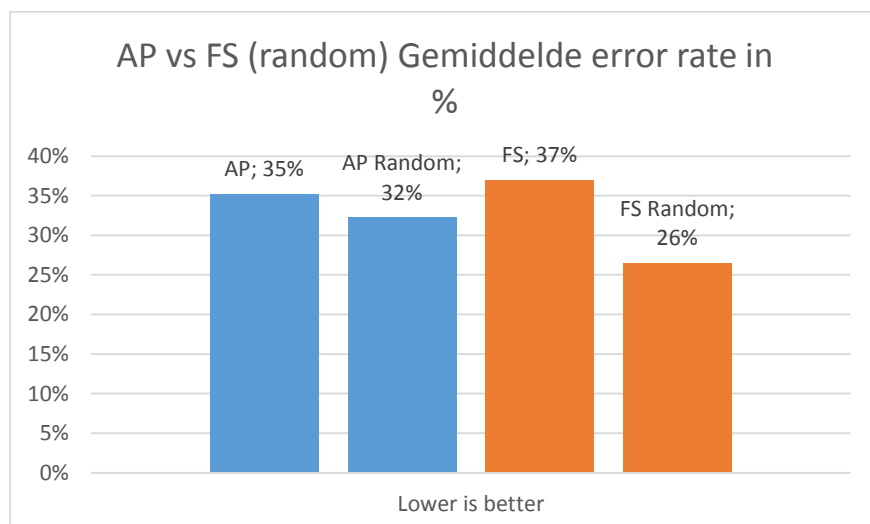
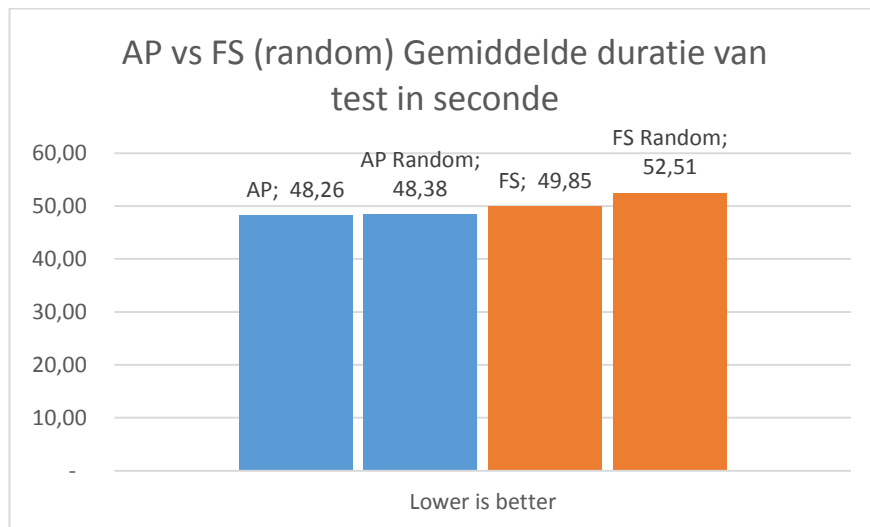
De testresultaten worden gebruikt om te bepalen welke manier van interactie (of combinatie) er gebruikt moet worden in de head-mounted display versie van het Virtual Hospital-project.

### 12.2 TESTOPZET

Zie bijlage B voor een volledige beschrijving van de test. De test is uitgevoerd met 10 personen tussen de leeftijden 21 en 54. Zij hebben de volgende tests 2 keer uitgevoerd.

Test	Pointer	Random
<b>1</b>	Absolute Pointing	Nee
<b>2</b>	Friction Surfaces	Nee
<b>3</b>	Absolute Pointing	Ja
<b>4</b>	Friction Surfaces	Ja

### 12.3 TESTRESULTATEN





## 12.4 CONCLUSIE

Uit de test kan geen duidelijke winnaar gekozen worden. De niet-willekeurige testresultaten dienen voornamelijk als opwarming. Bij de tests bleek het dat tijdens de niet-willekeurige tests gebruikers in een bepaald ritme konden komen waardoor ze gemakkelijker de testvlakken konden selecteren. Om deze twee redenen gebruik ik dan ook de resultaten van de willekeurige tests als basis.

Op het gebied van *gemiddelde tijd om elk testvlak aan te klikken* en *gemiddelde duur van test in secondes* wint absolute pointing. Op het gebied *error rate* wint *friction surfaces*. Omdat de testresultaten zo dicht bij elkaar staan en omdat de gebruikers de ervaring van de friction surfaces pointer fijner vonden, heb ik gekozen om *friction surfaces* te implementeren, voor de interfaces, in combinatie met *absolute pointing*, voor de rest van de omgeving.

## 13. VIRTUAL HOSPITAL

Als basis voor het onderzoek is een showcase ontwikkeld dat als eindproduct dient. Mevrouw Van Beukering is een afstudeerder Industrial Design aan de Technische Universiteit Eindhoven. Haar afstudeerproject is het ontwerpen van een kindvriendelijke procedurekamer waarin de focus ligt op de comfort van de patiënten (kinderen). Ter ondersteuning van haar project zocht zij een manier om haar ontworpen kamer te visualiseren. Aan de hand van de schetsen en gesprekken is er een 3D-omgeving ontwikkeld met Unity3D die op zowel mobiele apparaten als op een desktop computer werkt. Beide versies geven de gebruiker een inzicht in de kamer en laten de gebruiker ook interacteren met de omgeving. De standalone desktopversie kan gespeeld worden met de Oculus Rift HMD en Razer Hydra controller. De mobiele versie draait op Android en wordt bestuurd door te drukken op het scherm en door het apparaat te kantelen. De mobiele versie is als eerste ontwikkeld en wordt gebruikt als de visualisatietool voor het afstudeerproject van mevrouw Van Beukering.

In het gebruik van de applicatie zijn twee rollen gedefinieerd: arts en kind.

### Kind

Een kind (gebruiker) van de applicatie heeft beperkte mogelijkheden. Het is de bedoeling dat hij als toeschouwer fungeert. Deze gebruiker wordt dan ook begeleid door de arts.

### Arts

Een arts heeft de mogelijkheid om de omgeving voor zichzelf en voor andere gebruikers aan te passen. De arts kan alles wat het kind ook kan, maar heeft verder nog meer mogelijkheden. De rol van arts is de gebruikers rond te leiden in de virtuele kamer.

### 13.1 OMGEVING

Aan de hand van schetsen en voorbeeldfoto's zijn er 3D-assets gemaakt. Deze assets zijn bij elkaar gevoegd om zo de virtuele ruimte te creëren. De basis is een standaard ziekenhuiskamer, met een aantal aanpassingen om de beleving kindvriendelijker te maken:

- Zachte, indirecte belichting.
- Aanpasbare kleur van het licht.
- De mogelijkheid om het licht te dimmen en feller te maken.
- De hoeken van de kamer zijn afgerond.
- Projecties met een bepaald thema (vissen, konijnen, vogels).
  - o Projectie past zich aan de ademhaling van het kind aan wanneer deze een speciaal masker draagt.

- Een speciaal kinderziekenhuisbed dat 360 graden kan ronddraaien.
- Touch screen (tablet) voor het aanpassen van projecties.

Verder zijn er nog andere elementen en objecten die bijdragen aan het kinderlijker maken van de omgeving, zoals:

- een kleurrijke kapstok;
- zachte groene kleuren gemixt met het wit van de kamer;
- de aanwezigheid van kinderboeken.

### 13.2 FUNCTIONALITEIT EN INTERACTIE

De klant had functionaliteit in gedachten voor de uiteindelijke versie van de kindervriendelijke kamer. Deze functionaliteit is geïmplementeerd in de applicatie. Sommige interacties werken via een grafische interface, andere interacties vinden direct in de virtuele omgeving plaats. Hieronder is een opsomming van de functionaliteit. Voor een uitgebreide lijst, zie hoofdstuk 1: "Functionaliteit Virtual Hospital" van bijlage C.

- Hoofdmenu
- Bewegen in de omgeving
- Projecties op de muur
- Bewegen van objecten in de omgeving
- Bewegende deuren
- Draaibaar bed
- Ademhalingsmasker
- Lichtkleur- en sterkte aanpassen
- Wisselen oogpunt (arts en kind)
- Wisselen naar top down view

### 13.3 MULTIPLAYER

Om de gebruikerservaring voor de patiënten zo soepel mogelijk te laten verlopen worden ze begeleid. Alle gebruikers (arts en kinderen) gebruiken een apparaat waarmee zij de kamer kunnen bekijken. De arts creëert een virtuele kamer (hij fungeert als host) en de kinderen gaan diezelfde kamer in (zij fungeren als clients). Op deze manier kan de arts de kinderen in de gaten houden en ze allemaal dezelfde ervaring voorschotelen door bijv. de projectie of de kleur van het licht aan te passen, wat elke client te zien krijgt.

## 13.4 TUTORIAL

Voor beide rollen wordt er een korte uitleg gegeven. Terwijl de arts alle blokken uitleg te zien krijgt, krijgt de kind maar een paar te zien. Het doel van deze uitleg is de gebruiker bekend te laten raken met de omgeving en hoe hij ermee kan interacteren.

### 13.4.1 SCHUIFDEUR (ARTS)

Doel: uitleggen hoe de schuifdeur open gaat.



Figuur 22: pop-up van de schuifdeur.

### 13.4.2 TABLET (ARTS EN KIND)

Doel: uitleggen hoe de tablet tevoorschijn komt om de projectie te kunnen aanpassen.



Figuur 23: pop-up van de projectie.

### 13.4.3 BEWEGEN (ARTS EN KIND)

Doel: uitleggen hoe de gebruiker zich moet verplaatsen in de omgeving.



Figuur 24: pop-up van de beweeginstructie.

#### 13.4.4 BED (ARTS EN KIND)

---

Doel: uitleggen hoe de gebruiker plaats kan nemen op het bed.



Figuur 25: pop-up van het bed.

#### 13.4.5 MENU (ARTS)

---

Doel: uitleggen hoe de gebruiker het menu kan benaderen.



Figuur 26: pop-up van het menu.

#### 13.4.6 OBJECTEN (ARTS)

---

Doel: instrueren hoe de gebruiker de objecten door de scene kan verplaatsen.



Figuur 27: pop-up van objecten bewegen.

#### 13.4.7 TOP DOWN VIEW (ARTS)

---

Doel: uitleggen hoe de gebruiker bij de top down view kan komen.



Figuur 28: pop-up van top-down.

### 13.5 ONTWIKKELINGSTOOLS

De applicatie is ontwikkeld met de Unity3D engine waarin gebruik gemaakt wordt van C# scripts die geschreven zijn in Visual Studio. Zie hoofdstuk 2: "Ontwikkelingstools Virtual Hospital" in bijlage C voor meer informatie.

## 13.6 PROCES

De applicatie is iteratief ontwikkeld. Aan de hand van de schetsen zijn 3D assets ontwikkeld waarmee de kamer opgebouwd kon worden. De volgende stap was het uitzoeken van de functionaliteit en het bouwen ervan. Om de eisen en functionaliteiten duidelijk te krijgen zijn user stories gemaakt. Het project is bijgehouden op Trello, wat een online organisatie-tool is waar met een story board gewerkt kan worden.



Figuur 29: een screenshot van het Virtual Hospital project op Trello.

Tijdens de ontwikkeling van het project werd er regelmatig feedback gegeven door de klant. Deze feedback ging via de mail en via een aantal afspraken waar de klant het prototype kon spelen en aangaf welke functionaliteit er verder in moest komen of anders moest.

Het resultaat van deze manier van werken is dat de klant erg tevreden was over het eindproduct, ze kon de applicatie dan ook meteen gebruiken voor haar presentaties. Het proces liep goed, ze kon door regelmatig af te spreken goed resultaat bijsturen.

## 14. CONCLUSIE EN AANBEVELING

Uiteindelijk heb ik gekozen om de *friction surfaces* methode te gaan implementeren in combinatie met *absolute pointing*. De volgende stap van het project is nu het verder bouwen van het *Virtual Hospital* project door de mobiele manier van interacteren om te zetten naar een versie die geschikt is om te gebruiken met de Oculus Rift en de Razer Hydra.

Dit gaat in de volgende stappen:

1. De functionaliteit voor mobiele interactie uit de applicatie halen.
2. De functionaliteit voor interactie met de Razer Hydra implementeren (Sixense asset).
3. De functionaliteit van de geschreven *friction surfaces pointer* implementeren.
4. De camera's uit het project vervangen met de OVR camera's.

Wanneer het project is opgebouwd met de nieuwe manier van selecteren en aanwijzen moet er bovendien nog gekeken worden naar de instellingen van de aanwijzer. Mijn aanbeveling is dan ook om nog een test te doen met een kleinere groep mensen om zo een aantal variabelen te testen, zoals:

- de stroefheid van de aanwijzer (*control display ratio*), wat ook betekent dat de boog veranderd;
- verschillende kleuren van de aanwijzer en selectie voor betere feedback.

Verder kan nog meer informatie vergaard worden door een andere manier van activeren te gebruiken. In plaats van doelafhankelijke activatie (wanneer de aanwijzer een interface raakt) kan er ook een handmatige activatie getest worden. Sommigen vinden *absolute pointing* fijner, en sommigen vinden *friction surfaces* fijner werken. Bovendien zitten de testresultaten zo dichtbij elkaar dat het misschien een kwestie van smaak is.

Als de applicatie goed werkt met de nieuwe manier van interactie, kan er naar de immersie gekeken worden. Om dit te bereiken moet nog gekeken worden naar de volgende punten:

- De belichting en schaduwen moeten realistischer (ruimtelijke immersie).
- Zoals boven beschreven moet gekeken worden naar de instellingen van de pointer (tactische immersie).



## 15.EVALUATIE

Ik kijk tevreden terug op het afgelopen half jaar. Op het begin van de stage was nog niet alles duidelijk: wat moest er precies onderzocht worden, en waarom? Ik had ook nog weinig technische ervaring met virtual reality, dus het duurde even voordat de opdracht en wat er van mij verwacht werd echt klikte. In het vervolg kan ik dit zelf constateren en dit aankaarten. Door om nog meer informatie te vragen (beter te veel dan te weinig) zorg ik er in de toekomst voor dat de basis helemaal duidelijk is alvorens ik doorga met de rest.

Een gerelateerd punt hiervan is dat ik vaker feedback moet vragen op mijn werk. Gelukkig kreeg ik voldoende feedback, maar het was één of twee keer voorgekomen dat ik iets aan het werken was dat eigenlijk niet nodig was. Door even te spreken met een collega of de stagebegeleider zullen dit soort dingen niet meer gebeuren.

Ik heb mijn stage via het Tien Stappen Plan gevolgd, en ook was dit soms lastig (ik wilde graag beginnen aan het onderzoek en eindproduct in plaats van oriënteren) vond ik dat ik zo wel goed werk. Door elke week mijn voortgang te bespreken met de docentbegeleider en ook elke week een blog bij te houden bleef ik goed op schema. Dit was ook mogelijk door de onderwerpen die ik nog moest behandelen elke week te evalueren. Toen ik erachter kwam dat een deelvraag (conversie 2D tekening naar 3D model) niet haalbaar was tijdens de afstudeerstage heb ik het (na overleg met de stagebegeleider) laten vallen om me te richten op de andere onderwerpen. Omdat het onderwerp interactie zo groot is heb ik niet zo veel tijd als ik wilde kunnen besteden aan het onderwerp immersie. Dit vind ik jammer, maar dit heb ik ook met de stagebegeleider besproken en dat was geen probleem.

Voorafgaand aan mijn stage had ik enkele competenties opgeschreven waar ik van dacht dat ze belangrijk zouden worden. Ik wilde daar ook graag aan werken. Daarnaast heb ik ook aan de veel competentie analyseren gewerkt.

### **Adviseren**

Aan de hand van het onderzoek (voornamelijk deskresearch, maar ook eigen onderzoek) heb ik het bedrijf kunnen adviseren in verschillende technieken en methodes om een virtuele ervaring neer te zetten. Verder heb ik nog geadviseerd welke vervolgstappen gezet kunnen worden om achter nog meer informatie te komen.

### **Analyseren**

Ik heb veel analyse gedaan tijdens de stage. Van het analyseren van de wensen van de klant voor het eindproduct, tot het analyseren en verwerken van de vele onderzoeken die ik heb gelezen over

immersie en interactie. Zoals duidelijk is in het onderzoek heb ik deze informatie goed toegepast in de eindproducten en de resultaten en conclusies van mijn onderzoek. Ik was al bekend met het analyseren van user requirements, maar op het gebied van onderzoek heb ik veel geleerd. Een van die dingen is bijvoorbeeld het systematisch toevoegen en lezen van je bronnen. Als je alles door elkaar leest raak je alleen maar in de war.

### **Methodisch Handelen**

Ik heb tijdens de stage altijd methodisch mijn taken uitgevoerd. Zo maakte ik gebruik van TSP voor de stage zelf, plande ik mijn taken (en stelde deze bij), voerde ik deze gestructureerd uit, en gebruikte ik Agile, een softwareontwikkelmethode.

### **Ontwerpen**

Ik heb de informatie die ik ontvangen heb van de klant en van de onderzoeken goed omgezet naar ontwerpen. Dat is duidelijk aan de kwaliteit van de eindproducten. Zoals eerder beschreven vraag ik in het vervolg wel iets vaker om feedback om er zekerder van te zijn dat ik op dezelfde lijn zit als de stagebegeleider en de klant.

### **Realiseren**

Bij het begin van mijn stage had ik nog geen ervaring met de Oculus Rift en de Razer Hydra. Tijdens mijn stage heb ik geleerd hoe deze werken en hoe ik ze in mijn eindproduct kon gebruiken. De ontwerpen die ik maakte heb ik efficiënt kunnen realiseren. Dit is ook dankzij mijn ervaring met iteratief ontwikkelen en de tools die ik gebruikt heb in het project. Zo kon ik telkens meer functionaliteit bouwen dat ook meteen werkbaar was.

## 16.LITERATUUR

- Alemzadeh, M., Arab, M. N., Karray, F., & Saleh, J. A. (2008). Human-Computer Interaction: Overview on State of the Art. *International Journal on Smart-Sensing and Intelligent Systems*, 1, 137-159. Geraadpleegd op <https://www.zotero.org/kkeramidas/items/itemKey/XJJEMA3Q>
- Andujar, C., & Argelaguet, F. (2013). Special Section on Touching the 3rd Dimension: A Survey of 3D Object Selection Techniques for Virtual Environments. *Computers and Graphics*, 37, 121-136. doi:10.1016/j.cag.2012.12.003
- Andujar, C., & Argelaguet, F. (2007). Virtual Environments: Anisomorphic Ray-Casting Manipulation for Interaction with 2D GUIs. *Computers and Graphics*, 31, 15-25. doi:10.1016/j.cag.2006.09.003
- Andujar, C. & Argelaguet, F. (2007). Virtual Pads: Decoupling Motor Space and Visual Space for Flexible Manipulation of 2D Windows within VEs. *3DUI* (p. 25), : IEEE. ISBN: 1-4244-0907-1
- Argelaguet Sanz, F. (2011). *Pointing Facilitation Techniques for 3D Object Selection in Virtual Environments* (Doctoral thesis). Geraadpleegd op <http://www.tdx.cat/handle/10803/33383>
- Balbed, M. A. M., Ibrahim, N., Salley, F. H. M., Singh, J., Shahidan, M. S., & Yusof, A. M. (2008). Virtual Reality Approach in Treating Acrophobia: Simulating Height in Virtual Environment. *WSEAS Transactions on Computers*, 7, 511-518.
- Beaudouin-Lafon, M., Blanch, R., & Guiard, Y. (2004). Semantic Pointing: Improving Target Acquisition with Control-Display Ratio Adaption. *Proceedings of the CHI2004 conference on Human Factors in Computing Systems*, 519-526. doi:10.1145/985692.985758
- Billinghurst, M., Ichikawa, T., Poupyrev, I., & Weghorst, S. (1997). A Framework and Testbed for Studying Manipulation Techniques for Immersive VR. *Proceedings of the 1997 ACM symposium on Virtual Reality*, 21-28. doi:10.1145/261135.261141
- Bowman, D. A., & Hodges, L. F. (1997). An Evaluation of Techniques for Grabbing and Manipulating Remote Objects in Immersive Virtual Environments. *Proceedings of the 1997 symposium on Interactive 3D graphics*, 35-39. doi:10.1145/253284.253301
- Bowman, D. A., Hodges, L. F., & Johnson, D. B. (1999). Testbed Evaluation of Virtual Environment Interaction Techniques. In VRST '99. *Proceedings of the ACM symposium on Virtual Reality software and technology*, 26-33.
- Bowman, D. A., & McMahan, R. P. (2007). Virtual Reality: How Much Immersion Is Enough? *Computer*, 40, 36-43. doi:10.1109/MC.2007.257
- Bowman, D. A., & Wingrave, C. A. (2005). Baseline Factors for Raycasting Selection. *Proceedings of Virtual Reality International*, 10-20.
- Brinckman, M., Bruynzeel, Drost, L., M., Emmelkamp, P. M. G., De Haan, G., & Schuemie, M. J. (2000). Treatment of Acrophobia in Virtual Reality: a Pilot Study. *Proceedings from Euromedia 2000*.

- Burkhardt, J.-M., Dominjon, L., Lécuyer, A., Richard, P., & Richir, S. (2005). Influence of Color/Display Ratio on the Perception of Mass of Manipulated Objects in Virtual Environments. *Proceedings of the 2005 IEEE Conference on Virtual Reality* (pp. 19-25, 318). Washington, DC: IEEE Computer Society
- Cockburn, A., & Firth, A. (2004). Improving the Acquisition of Small Targets. *Proceedings of HCI 2003*, 7, 181-196. doi:10.1007/978-1-4471-3754-2\_11
- Davies, A., Heath, H., Hoberman, P., Forsyth, T., Mitchell, N., & Yao, R. (2014). *Oculus VR Best Practices Guide*. Geraadpleegd op: <http://developer.oculusvr.com/best-practices>
- Dierdorf, S., Gerken, J., König, W. A., & Reiterer, H. (2009). Adaptive Pointing – Design and Evaluation of a Precision Enhancing Technique for Absolute Pointing Devices. *Proceedings of the IFIP conference on Human-Computer Interaction*, 12, 4171-4176. doi:10.1145/1520340.1520635
- Edwards, J. (2011). Telepresence: Virtual Reality in the Real World. *IEEE Signal Processing Magazine*, 28, 9-142. doi:10.1109/MSP.2011.941853
- Frees, S., Kessler, G. D., & Kay, E. K. (2005). PRISM Interaction for Enhancing Control in Immersive Virtual Environments. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 14, article 2. doi:10.1145/1229855.1229857
- Gabbard, J. L., (1997). *A Taxonomy of Usability Characteristics in Virtual Environments* (Master's thesis). Geraadpleegd op <http://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/35731/etd.pdf>
- Giraldi, G., Silva, R., & Oliveira, J. C. (z.j.). *Introduction to Virtual Reality*. Geraadpleegd op <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://www.lncc.br/~jauvane/>
- Gonçalves Vilas Boas, Y. A. (z.j.). *Overview of Virtual Reality Technologies*. Geraadpleegd op [http://static.squarespace.com/static/537bd8c9e4b0c89881877356/t/5383bc16e4b0bc0d91a758a6/1401142294892/yavb1q12\\_25879847\\_finalpaper.pdf](http://static.squarespace.com/static/537bd8c9e4b0c89881877356/t/5383bc16e4b0bc0d91a758a6/1401142294892/yavb1q12_25879847_finalpaper.pdf)
- De Haan, G., Koutek, M., & Post, F. H. (2005). IntenSelect: Using Dynamic Object Rating for Assisting 3D Object Selection. *Proceedings of the 11th Eurographics conference on Virtual Environments*, 201-209. doi:10.2312/EGVE/IPT\_EGVE2005/201-209
- Ter Haar, R. (2005). Virtual Reality in the Military – Present and Future. *Proceedings of the 3rd Twente Student Conference on IT*. Geraadpleegd op: <http://referaat.cs.utwente.nl/conference/3/paper/7117/virtual-reality-in-the-military-present-and-future.pdf>
- Hinckley, K. (2008). Input technologies and techniques. In Sears, A., & Jacko, J. A. (Red.), *Handbook of Human-Computer Interaction* (pp. 161-176). Amsterdam, the Netherlands: Elsevier.
- Hinckley, K., Goble, J. C., Kassell, N. F., & Pausch, R. (1994). A Survey of Design Issues in Spatial Input. *Proceedings of the ACM symposium on User interface and software technology*, 7, 213-222. doi:10.1145/192426.192501

- Ichikawa, T., & Poupyrev, I. (1999). Manipulating Objects in Virtual Worlds: Categorization and Empirical Evaluation of Interaction. *Journal of Visual Languages & Computing*, 10, 19-35. doi:10.1006/jvlc.1998.0112
- Keizer, J., & Kempen, P. (2011) *Competent afstuderen en stagelopen*. Groningen, Nederland: Noordhoff Uitgevers.
- Low, G. S. (2001). *Understanding Realism in Computer Games through Phenomenology*. Geraadpleegd op <http://xenon.stanford.edu/~geksiong/papers/cs378/cs378paper.htm>
- Ludwig, J. (2013). *Lessons Learned Porting Team Fortress 2 to Virtual Reality*. Geraadpleegd op <http://www.valvesoftware.com/company/publications.html>
- Mackenzie, S., Riddersma, S. (1994). Effects of Output Display and Control-Display Gain on Human Performance in Interactive Systems. *Behaviour & Information Technology*, 13, 328-337. doi:10.1080/01449299408914613
- Mine, M. R. (1995). *Virtual Environments Interaction Techniques* (Report TR94-018). Geraadpleegd op <http://www.cs.unc.edu/techreports/95-018.pdf>
- Newell, K. M., & Vaillancourt, D. E. (2000). Amplitude Changes in the 8-12, 20-25, and 40 Hz Oscillations in Finger Tremor. In Elsevier (Red.), *Clinical Neurophysiology*, 111 (pp. 1792-1801). doi:10.1016/S1388-2457(00)00378-3
- Poole, S. (2000). *Trigger Happy: Videogames and the Entertainment Revolution*. Geraadpleegd op: <http://stevenpoole.net/>
- Ranasinghe, N. (2012). *Digital Taste Synthesizer for Ubiquitous Taste Interactions*. Geraadpleegd op: [http://www.tut.fi/emmi/WWW/sites/default/files/amea/ubimedia/2012/digitaltaste\\_nokia\\_mindtrak\\_2012.pdf](http://www.tut.fi/emmi/WWW/sites/default/files/amea/ubimedia/2012/digitaltaste_nokia_mindtrak_2012.pdf)
- Steed, A. (2006). Towards a General Model for Selection In Virtual Environments. *Proceedings of the 2006 3D User Interfaces Symposium*, 103-110. doi:10.1109/VR.2006.134
- Steuer, J. (1995). *Defining Virtual Reality: Dimensions Determining Telepresence*. *Journal of Communication*, 42, 73-93.
- Svanaes, D. (2000). *Understanding Interactivity: Steps to a Phenomenology of Human-Computer Interaction*. Trondheim, Norway: NTNU.
- Virtual Reality Exposure Therapy. (2005). Geraadpleegd op <http://ict.usc.edu/prototypes/pts/>
- Weibel, D., Wissmath, B. (2011). Immersion in Computer Games: The Role of Spatial Presence and Flow. *International Journal of Computer Games Technology*. doi:10.1155/2011/282345

## 17. BIJLAGEN

Bijlage A: Project Initiatie Document

Bijlage B: Testdocument VR Interactie Friction Surfaces en Absolute Pointing

Bijlage C: Virtual Hospital Functionaliteit en Ontwikkeling



**BIJLAGEN**

## BIJLAGE A: PROJECTINITIATIEDOCUMENT

### DOCUMENTHISTORIE

Versie	Status	Datum	Wijzigingen
0.1.0	concept	11-02-2014	Document aangemaakt.
0.2.0	concept	17-02-2014	Eerst opzet voor controle opdrachtgever.
0.3.0	concept	25-02-2014	Aangepast na controle opdrachtgever. Document verder uitgewerkt en specifiekier toegespitst op projectdefinitie.
0.4.0	concept	03-03-2014	Uitgewerkt verder aan de hand van nieuwe informatie. Met name de nieuwe informatie voor de onderzoeksvragen.
0.5.0	concept	07-03-2014	Aangepast aan de hand van feedback opdrachtgever.
0.6.0	concept	13-03-2014	Kleine aanpassing gemaakt na feedback van opdrachtgever.
0.7.0	concept	20-03-2014	Aanpassingen na feedback assessoren. Met name projectdefinitie.
0.8.0	concept	28-03-2014	Aanpassingen na feedback opdrachtgever.



## INHOUDSOPGAVE

1	Managementsamenvatting .....	5
1.1	Doel van het document .....	5
1.2	Aanleiding .....	5
1.3	Globale Aanpak .....	5
1.4	Risicoanalyse .....	6
1.5	Globale Kosten en doorlooptijd .....	6
2	Organisatie en betrokkenen .....	7
2.1	Righteous Games en ISAAC .....	12
2.2	Uitgevoerde en lopende projecten .....	12
2.3	Partnerbedrijf Centriplan .....	12
2.4	Rol uitvoerder project .....	9
3	Projectdefinitie .....	10
3.1	Huidige situatie .....	10
3.2	Projectproblemen .....	11
3.3	Projectdoelstellingen .....	11
3.4	Gekozen oplossing of aanpak .....	13
3.5	Scope van het project .....	16
3.6	Producten eindresultaat .....	16
3.7	Productbeschrijving .....	16
3.8	Benodigde Resources .....	18
3.9	Afhankelijkheden .....	19
3.10	Randvoorwaarden .....	19
4	Projectorganisatiestructuur .....	20
4.1	Opdrachtgever .....	20
4.2	Projectsupport .....	20
4.3	Projectmanager .....	20
4.4	Projectlid .....	22
5	Projectbeheersing .....	23
5.1	Voortgangsbewaking .....	23

6	Planning.....	24
7	Voorbeelden en referentiemateriaal .....	25
8	Verklarende Woordenlijst .....	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>

## 1 MANAGEMENTSAMENVATTING

### 1.1 DOEL VAN HET DOCUMENT

Dit document heeft als doel het duidelijk te krijgen van het project, en voornamelijk het traject en de op te leveren producten. Bovendien is dit document de basis waarop de opdrachtgever het werk kan toetsen op de besproken punten, en om zo ook de planning te bewaken.

### 1.2 AANLEIDING

In samenwerking met partnerbedrijf Centriplan wilt Righteous Games een product ontwikkelen waarbij zij een product of dienst aanbieden waarmee de ervaring van een huis of gebouw te ervaren verrijkt wordt met virtual reality, in combinatie met de Oculus Rift. Met een Oculus Rift HMD (Head Mounted Display, een bril die het hele gezichtsveld vult en een 3D-projectie toont) wordt de gebruiker in een 3D-omgeving geplaatst waarmee hij interactie heeft met de omgeving.

Voor de gebruiksvriendelijkheid wilt Righteous Games ook weten hoe zo'n ervaring om te zetten is naar een mobiel platform, om te zien in hoeverre de immersie in stand blijft, en of het mobiele platform voldoende gebruikerservaring en meerwaarde biedt.

Tot slot is er ook een proces voor verwerken van 3D-modellen, dus moet er ook gekeken worden naar een efficiënte manier om 2D-tekeningen om te zetten naar 3D-modellen.

### 1.3 GLOBALE AANPAK

Het project wordt grotendeels op de PRINCE2 methode aangepakt, vooral wat betreft de documentatie en opzet van het project, met een component agile voor de softwareontwikkeling. Eerst wordt er een PID geschreven voor de globale aanpak van het project. Voor het onderzoek wordt een plan van aanpak geschreven waarvan een onderzoeksdocument eindresultaat is. De software wordt beschreven met een requirements diagram en use cases. De voortgang van de software wordt op Trello (een online scrum board) bijgehouden. Ook wordt er een planning in Microsoft Project gemaakt en bijgehouden. Om de voortgang te bewaken wordt er regelmatig, minstens één keer per week, een rapportage gedaan naar de opdrachtgever en docentbegeleider in de vorm van een gesprek of e-mail. Ook komt de docentbegeleider minstens één maal op bezoek.

#### 1.4 RISICOANALYSE

Risico	Voorkomactie	Tegenactie	Kans	Impact
Onvoldoende kennis Oculus Rift uitvoerder	Ervaring opdoen bij aanvang project.	Hulp inschakelen bij stage- of schoolbegeleider.	Laag	Medium
Uitvoering Virtual Home prototypes project lukt niet op tijd	Inplannen van begin tot eind en overeenstemmen met de opdrachtgever. Regelmatig de planning bijwerken.	Terugkoppelen naar de opdrachtgever en aanpassen prioriteiten deeltaken.	Laag	Hoog
Uitvoering project conversiesoftware lukt niet op tijd	Inplannen van begin tot eind en overeenstemmen met de opdrachtgever. Regelmatig de planning bijwerken.	Terugkoppelen naar de opdrachtgever en aanpassen prioriteiten deeltaken. Eventueel hulp inschakelen.	Laag	Medium
Conversiesoftware niet naar wens ontwikkelbaar, of niet realistisch	Vooraf veel oriënteren en op technisch niveau uitzoeken alvorens te beginnen aan de ontwikkeling.	Terugkoppelen naar de opdrachtgever en hulp inschakelen. Op zoek gaan naar alternatieven.	Laag	Medium

#### 1.5 GLOBALE KOSTEN EN DOORLOOPTIJD

Het project loopt 20 weken door: vanaf 10 februari 2014 t/m 25 juni 2014.

## 2 ORGANISATIE EN BETROKKENEN

### 2.1 RIGHTEOUS GAMES EN ISAAC

Righteous Games is een kleine games studio in Eindhoven. Zij ontwikkelen games (zowel serious games als voor entertainment), apps voor mobiele apparaten en websites. Het is een jong bedrijf dat in het voorjaar van 2013 door Robert van Barneveld (3D-artiest) en Maurice Hagemeijer (software engineer), gestart is, nadat Maurice Hagemeijer zijn afstudeerstage op hbo-niveau bij ISAAC had afgerond.

ISAAC is een bedrijf dat web- en softwareoplossingen realiseert sinds 1999 en dat momenteel bestaat uit ongeveer 40 werknemers. Zij leveren websites en portals, webshops, mobiele applicaties en middleware. Maurice Hagemeijer werkt nog steeds bij ISAAC maar werkt ook drie dagen per week bij Righteous Games. ISAAC huurt een werkruimte uit aan Righteous Games waarin de uitvoerder van dit project aan de slag gaat. Vanwege de samenwerking tussen de twee bedrijven voert Righteous Games ook opdrachten uit van ISAAC, met name mobiele applicaties. Ook lopen er een aantal langdurige projecten waar gezamenlijk aan gewerkt wordt.

### 2.2 UITGEVOERDE EN LOPENDE PROJECTEN

Righteous Games heeft onder andere aan de volgende projecten gewerkt:

#### **Fysiotherapeuttool**

Een tool om met de Microsoft Kinect oefeningen te controleren die mensen uitvoeren. Bijvoorbeeld of de hoek van de arm goed is en of er voldoende bewogen wordt.

#### **Bayer Leverkusen**

Een app voor de Duitse voetbalclub Bayer Leverkusen. Het ging hierbij om een app om het clubgevoel te versterken. De volgende functionaliteit was hierin mogelijk: inloggen en registreren als fan, via augmented reality andere gebruikers van de app in een stadion projecteren, opstelling van het team bekijken, fan miles verzamelen (korting door gebruik app).

#### **Pandora**

Pandora is de eerste game waaraan Righteous Games werkt. Pandora is een zogenoemde infinite runner, een game waarin de speler oneindig lang door kan spelen maar dat de omgeving en levels wel steeds moeilijker worden waardoor de speler op een gegeven moment af gaat.

**BTCDirect.nl**

Een website waar mensen bitcoins kunnen kopen en verkopen. Ook heeft Righteous Games gewerkt aan Bitspins, een website waar mensen kunnen gokken met hun bitcoins.

**G-Star**

Met de lancering van een nieuwe website wilt G-Star een app waarmee gebruikers hun schoenmaat kunnen opmeten. De bedoeling is dan dat zij deze maten op de website kunnen invoeren en zo schoenen kunnen bestellen die ook meteen goed passen.

**Stichting 18 September**

De Stichting 18 September houdt zich bezig met de viering van 18 september, de bevrijding van Eindhoven. Hiervoor werken een aantal bedrijven samen (waaronder ISAAC en Righteous Games). Voor dit project is Righteous Games bezig met mobiele app die augmented reality implementeert, waarmee mensen op hun apparaat projecties kunnen zien van het verleden (bijv. vliegtuigen die overvliegen of voertuigen).

### 2.3 PARTNERBEDRIJF CENTRIPLAN

De interesse voor dit project kwam origineel vanuit Centriplan, wat ook in hetzelfde pand zit met Righteous Games en ISAAC. Centriplan is een bedrijf dat zich bezighoudt met het digitaliseren van plattegronden en technische tekeningen. Ook heeft zij een interesse in virtual reality en wilt weten wat voor mogelijkheden er zijn voor het ontwerpen van huizen en gebouwen, en waar virtual reality hier meerwaarde kan bieden. De oprichting van Righteous Games was voor Centriplan een gelukkige kans om het onderzoek en project voor virtual reality (en de Oculus Rift specifiek) van de grond te kunnen laten komen.

### 2.4 ROL UITVOERDER PROJECT

De uitvoerder van het project werkt bij Righteous Games maar werkt samen met partnerbedrijf Centriplan voor het afstudeerproject. Aangezien virtual reality steeds meer houvast krijgt in zowel de games-industrie als de architectenbranche, zoals gezien kan worden door steeds meer bedrijven die hiervoor producten ontwikkelen, is het doel om ook een product in deze markt neer te zetten. Wel moet er eerst gekeken worden naar de huidige markt en wat voor product Righteous daar neer kan zetten met hopelijk unieke functionaliteit. Centriplan ondersteund hierbij de ontwikkeling van het project en plaatsing van het product met de connecties die zij heeft in de huizenmarkt, en de expertise die zij jaren lang opgebouwd heeft.

### 3 PROJECTDEFINITIE

#### 3.1 HUIDIGE SITUATIE

Nu het werken met virtual reality toegankelijker en goedkoper dan ooit wordt, waaronder met producten als de Oculus Rift die een product voor consumenten neerzet voor een lagere prijs dan ooit tevoren, opent dit een nieuwe wereld voor het inzicht geven van nog niet gebouwde oplossingen. Momenteel zijn er al bedrijven die oplossingen bieden om een nieuwbouw, renovatie, of andere gebouwen digitaal te bekijken. Waar er begonnen is met foto's en met name panorama-foto's, waarbij er door een gebouw of huis gekeken kan worden met een kijkhoek van 360 graden, wordt er steeds vaker met 3D gewerkt. In die gevallen wordt er een 3D-model gemaakt van een huis waarin een potentiële klant kan rondlopen. Vaak wordt dit nog met een computerbeeldscherm of TV gedaan, in combinatie met een muis en toetsenbord, of in sommige gevallen met een controller.

Het daadwerkelijk rondlopen in een huis geeft de meest realistische ervaring. Het gebruik van een head-mounted display, in dit geval de Oculus Rift, biedt hiervoor een gepaste oplossing. Met deze hardware kan een gebruiker rondlopen en ook rondkijken door fysiek zijn hoofd te draaien. Het scherm voor de ogen van de gebruiker vult zijn hele gezichtsveld waardoor de gebruiker daadwerkelijk het gevoel heeft dat hij zich in deze virtuele wereld bevindt. Een controller (bijv. een Razer Hydra) kan de positie en bewegingen van de gebruiker bijhouden zodat de bewegingen die hij maakt zich ook vertalen naar de virtuele ervaring.

Een hoop bedrijven die al bestaande diensten aanboden om een gebouw in 3D te bekijken zijn nu ook bezig met een dienst te ontwikkelen die met een HMD werkt. Er zijn ook talloze nieuwe bedrijven die met deze technologie aan de gang gaan. Op het internet zijn dan ook demo's te bekijken die deze technologie showcasen. Games zijn wel interessant voor bepaalde aspecten van het project (interactie, realisme, geluid) maar de professionele demo's hebben meer nut. Vooral bij zogenoemde architecturale virtualisatie, het proces om architectuur in 3D tentoon te stellen, is een hoop te leren op het gebied van:

- Architectuur (maten en objecten, structuur van gebouwen)
- Realisme (belichting en textuur dragen beide sterk bij aan een natuurgetrouwe ervaring)
- Interieur (voor de huizenmarkt kan een goed ingericht interieur positief bijdragen aan de ervaring)

Deze functionaliteit bestaat dus al, maar wat juist zo goed is aan een echte 3D-ervaring (ten opzichte van een panoramafoto reeks) is dat een gebruiker ook interactie kan hebben met zijn omgeving, wat door andere hardware zoals de Razer Hydra erg gemakkelijk gemaakt kan worden. Het is bijvoorbeeld mogelijk om dingen op te pakken omdat de controllers als handen kunnen fungeren. Righteous Games heeft dan ook een erg simpel prototype waarin een gebruiker in een 3D-omgeving kan



rondlopen met de Oculus Rift. Hier is alleen met veel factoren nog geen rekening gehouden, zoals het realisme-aspect (wat er nodig is om een gebruiker te overtuigen dat hij naar een levensechte projectie kijkt). Ook is nog geen interactie mogelijk.

Righteous Games heeft verder interesse in het ontwerpen van relevante apps voor mobiele apparaten. Een app die de functionaliteit van de volwaardige VR-ervaring kan evenaren of ondersteunen zijn dan ook interessant. Hier is ook al een begin aan gemaakt en er bestaat inmiddels een prototype voor de mobiele platformen. Het idee hierachter is om een gebruiker een tablet of telefoon te laten gebruiken om zo naar binnen te kijken, waar het apparaat als een raam fungeert. Door het apparaat te richten en om de gebruiker te bewegen kan de gebruiker elke ruimte in detail bekijken. Hier is ook nog geen interactie voor mogelijk.

Tot slot wilt het bedrijf processen omtrent virtual reality automatiseren. Zo ontvangen zij 2D-tekeningen van een huis, welke een 3D-artiest vervolgens handmatig omzet in een 3D-model. Dit is de basis waarop een artiest een huis kan inrichten. Assets (vooraf voorbereide objecten of scripts) worden hierin handmatig geplaatst om zo een decor te creëren.

### 3.2 PROJECTPROBLEMEN

Een van de problemen is dat het bedrijf niet zeker weet voor welke doelgroep een virtual reality oplossing het meest interessant is. Zo is er de huizenmarkt, maar hier is niet zeker of er voldoende interesse is om voor mensen die hun huis verkopen een pakket (of dienst) aan te schaffen die mogelijke kopers virtuele inzage kan geven in het huis. Een andere doelgroep is de nieuwbouw van grote bouwtrajecten, zoals flats, ziekenhuizen, of andere werkfaciliteiten.

Een ander probleem die kan voorkomen met virtual reality is dat de ervaring realistisch aanvoelt maar toch niet helemaal overeenkomt (bijvoorbeeld qua bewegingen of qua snelheid van rondkijken), dit kan voor misselijkheid zorgen of ongemak na langdurig gebruik.

De mobiele versie heeft zo zijn eigen struikelblokken. Een kleiner scherm brengt andere problemen met zich mee. Met name de meest voor de hand liggende: de oppervlakte is kleiner, dus de gebruiker zal het toestel dicht bij zich moeten houden om zo een juist beeld en kijkhoek te geven. Waar de volledige versie het hele gezichtsveld vult van de gebruiker is op een mobiel apparaat maar een klein gedeelte te zien. Hier komen nog meer testen bij kijken.

### 3.3 PROJECTDOELSTELLINGEN

De onderwerpen die belangrijk gaan worden voor het onderzoek zijn:

- Realisme (hoe wordt zowel de virtual reality als de mobiele ervaring zo realistisch mogelijk voor de gebruikers?)
- Interactie (wat voor interactie moet er komen in de applicatie(s) en op welke manieren kan er geïnteracteed worden?)

- Markt (wat voor een product moet er precies neergezet worden en hoe gaat dat in de gekozen markt?)
- Processen (wat voor processen gaan er komen voor het uiteindelijke product of dienst, en hoe kunnen zij gestroomlijnd worden?)

### **Onderzoek en VR-applicatie**

De onderzoeksvraag is nu in hoeverre Virtual Reality een meerwaarde kan bieden in de ervaring van een gebouw of huis te bekijken. Er is gekozen om nu op grote nieuwbouwtrajecten te richten. Grote gebouwen (van woningbouw tot faciliteiten zoals ziekenhuizen) volgen een bepaald traject. Hierbij moet uitgezocht worden of en waar een virtual reality product van pas kan komen, en bij welk stadium van het bouwtraject.

Het bestaande prototype werkt tot zover dat de gebruiker kan rondlopen en een huis kan bekijken, maar het gedeelte interface en interactie met het decor mist nog. Omdat het product met een controller wordt bestuurd is de vraag hoe gebruikers zo intuïtief mogelijk de acties kunnen uitvoeren. Dit gaat onderzocht worden, en een functioneel prototype met een gebruikersvriendelijke interface is het streven van het uiteindelijke prototype dat ontwikkeld is met feedback van gebruikers. Ook is nog de vraag wát voor acties er precies uitgevoerd moeten kunnen worden op de volwaardige virtual reality versie.

Voor de comfort van de gebruikers wordt er een systeem ingezet wat de positie van de gebruiker kan bijhouden, de Razer Hydra. Dat heeft niet alleen als resultaat dat de ervaring authentieker aanvoelt, maar gaat ook tekenen van ongemak tegen aangezien wat de gebruiker doet en wat de gebruiker ziet overeenkomen. Elke lichaamsbeweging, zoals het bukken of leunen of draaien van het lichaam, wordt nu ook naar de applicatie vertaald.

### **Mobiele versie**

Met de mobiele versie van het product wilt het bedrijf de originele ervaring met de VR-bril zo dicht mogelijk benaderen. De vraag is dan ook of dit mogelijk is op een veel kleiner apparaat, en hoe dit precies te realiseren is. Een prototype bestaat hier voor, maar net als het uitgebreide product is er nog geen interactie mogelijk. Wat wel al mogelijk is, is het rondkijken in de omgeving door het apparaat te richten. Dit wordt gerealiseerd met een plug-in voor Unity3D. Verdere functionaliteit van dit prototype moet nog op papier gezet en ontwikkeld worden.

### **Proces 2D-naar-3D**

Het proces van omzetten van 2D-tekeningen naar 3D-modellen kost tijd, en de wens is dan ook om het proces met software te automatiseren, of minstens te stroomlijnen. Een ideale oplossing is dan ook software waar een tekening ingevoerd kan worden en die automatisch (of met zo min mogelijke sturing) een 3D-model kan produceren. Het is bovendien belangrijk dat de software robuust is en dat

deze altijd een kwalitatief 3D-model produceert, ook als de aangeleverde tekeningen iets afwijken van de standaard of als er ambiguïteit is.

### 3.4 GEKOZEN OPLOSSING OF AANPAK

#### **Planning**

De planning is gemaakt in MS Project. Op korte termijn worden de taken ook in Trello bijgehouden, wat een online organisatie tool is. Het zal voornamelijk gebruikt worden voor het ontwikkelen van software, waar het als scrum board zal dienen.

#### **Onderzoek**

Het onderzoek heeft de volgende hoofdvraag:

Op welke manier kan het gebruik van virtual reality met de Oculus Rift en mobiele apparaten een beter inzicht in het eindresultaat van een bouw- of renovatietraject bieden?

En de volgende deelvragen:

2. Hoe kan virtual reality (met de Oculus Rift) ingezet worden voor een betere beleving van een bezichtiging van een gebouw?
  - a. Hoe wordt een simulatie gecreëerd die zo dicht mogelijk bij de echte ervaring van een gebouw rond te lopen ligt?
  - b. Wat voor manieren (input, feedback) zijn er om te interacteren met een virtuele omgeving en wat zijn de meest gebruikersvriendelijke?
3. Hoe kan een mobiel apparaat ingezet worden om een virtuele ervaring neer te zetten?
  - a. Hoe komt de mobiele ervaring zo dicht bij de echte virtuele ervaring als mogelijk en wat zijn de verschillen?
  - b. Wat is de meest gebruikersvriendelijke manier om te interacteren met een virtuele omgeving op een mobiel apparaat?
4. Hoe kan het proces van een 2D-tekening naar 3D-model omzetten geautomatiseerd worden?
  - a. Hoe kan een 2D-tekening ingeladen en verwerkt worden met software?
  - b. Hoe kan een ingeladen 2D-tekening omgezet worden naar een 3D-model?
  - c. Hoe kan het proces geautomatiseerd worden met zo weinig mogelijk gebruikersinteractie?

Voor het onderzoek wordt een plan van aanpak gemaakt.

### **Ontwikkeling**

Ontwikkelde software wordt iteratief (Agile) gemaakt. De bestaande prototypes worden bekeken en er wordt besloten met welke onderdelen verder gegaan kan worden en met welke niet. Voor de nieuwe software worden eisen opgesteld (requirements diagram) om duidelijk te krijgen wat de software moet doen. Use cases zijn hier ook deel van. Een van de eerste stappen voor de applicatie is om een volwaardige showcase te ontwikkelen.

### **Testen**

De prototypes (met name de Oculus Rift) worden met testpersonen getest om te kijken wat de meest gebruikersvriendelijke manier van interacteren is met de omgeving. Hiervoor worden enkele mensen ingezet (3 á 4) om te testen of het product intuïtief genoeg is, en waar de interface verbeterd moet worden. Dit zijn puur tests voor de interface. Ook wordt er gekeken of er een professional binnen de vastgoedmarkt (wie de doelgroep is) een test opgezet kan worden om zowel de interactie als algemene functionaliteit te testen.

### **Documentatie**

Het project wordt gedocumenteerd van begin tot eind. Te beginnen met het PID, waarin het project

gedefinieerd wordt. Verdere documentatie, in het bijzonder de uitwerking van de onderzoeksvragen, en documentatie over de prototypes/software volgen ook.

### 3.5 SCOPE VAN HET PROJECT

- Onderzoek in de meerwaarde van virtual reality in de vastgoedmarkt, vooral het ontwerpen van gebouwen en het inrichten daarvan. Hieronder valt:
  - Bespreken eisen en wensen met opdrachtgever en Centriplan;
  - Testpersonen inzetten om product te testen;
  - Prototype Oculus Rift door ontwikkelen;
  - Showcase opzetten voor Centriplan;
  - Uitzoeken waar het product ingezet kan worden;
  - Prototype mobiel apparaat door ontwikkelen;
  - Onderzoeksverslag.
- Conversiesoftware voor omzetten 2D-tekening naar 3D-model.
  - Planning;
  - Ontwerp;
  - Realisatie;
  - Beheer (tot einde opdracht).

### 3.6 PRODUCTEN EINDRESULTAAT

Er worden de volgende eindproducten verwacht:

- 1) Onderzoeksdocument meerwaarde virtual reality in ontwerp (en inrichting) vastgoedmarkt.
- 2) Uitgewerkt Oculus Rift prototype voor het bezichtigen van een virtueel gebouw waarin interactie met meubilair en omgeving mogelijk is.
- 3) Uitgewerkt mobiel prototype waarin de gebruiker onder andere meubilair kan aanpassen en verplaatsen (verdere eisen volgen nog).
- 4) Software waarmee een 2D-tekening automatisch mogelijk kan worden naar een 3D-model.

### 3.7 PRODUCTBESCHRIJVING

#### **Prototype Oculus Rift**

De bedoeling van het prototype met de Oculus Rift (en Razer Hydra controllers) is om aan te tonen dat virtual reality een nuttige toevoeging is. Dit wordt een applicatie waarin een gebruiker een gebouw kan bezichtigen door er virtueel in rond te lopen. Hierin wordt enige interactie mogelijk: aanpassen van objecten, aanpassen van kleuren, markeren van secties.

#### **Mobiel prototype**

Dit is een applicatie voor het mobiele platform welke eerst gemaakt zal worden voor het Android-platform. De bedoeling van de applicatie is om de gebruiker via een mobiel apparaat een inzicht te geven in het huis door als het ware een raam te creëren waardoor de gebruiker rond kan kijken door het apparaat te richten om zich heen. Hier staat het aanpassen van het decor centraal. Vanaf een top-

down view kan een gebruiker meubilair verplaatsen door te interacteren met het scherm. Deze applicatie moet het volwaardige prototype ondersteunen door interactie te bieden via multiplayer.

De eisen die al duidelijk zijn maar nog niet volledig uitgewerkt, zijn als volgt:

- Interacteren met omgeving:
  - o Aanpassen meubilair (uit een keuze van ander meubilair);
  - o Verplaatsen meubilair;
  - o Aanpassen kleuren verf muren en mogelijk meubilair;
  - o Openen/dicht maken van deuren;
  - o Aanpassen van belichting (dimmen, kleuren).
- Interactie met de volwaardige VR-ervaring via een multiplayer-component:
  - o Aanpassen omgeving op mobiel apparaat wordt real-time toegepast voor de gebruiker van de Oculus Rift.
- Opslaan van de huidige inrichting zodat deze ingeladen kunnen worden.

De applicatie wordt ontwikkeld in Unity3D en Visual Studio in de programmeertaal C#. Voor het multiplayer-component wordt Photon, een Unity3D netwerk raamwerk, ingezet.

### **Conversiesoftware**

De software automatiseert het proces van 2D-tekeningen naar 3D-modellen om te zetten. Ideaal zou zijn om dit via Unity3D mogelijk te maken via bijv. een plug-in. De flow in zijn algemeen is als volgt:

1. Gebruiker importeert 2D-tekening.
2. Software verwerkt tekening en raadt mogelijke lijnen aan.
3. Gebruiker geeft extra attributen mee en definieert definitief de lijnen en structuur van het model (muren, vloer, enz.)
4. Software genereert een 3D-model dat meteen in Unity3D gebruikt kan worden.

De software wordt ontwikkeld in Visual Studio en Unity3D en in de programmeertaal C#.

## **3.8 BENODIGDE RESOURCES**

### **Hardware**

- Oculus Rift
- Razer Hydra

### **Software**

- Unity3D met plug-ins:
  - o Photon;
  - o NGUI;
  - o HydraDeck;
  - o Sixense;
  - o Oculus Rift VR.



- Visual Studio;
- Microsoft Project;
- Microsoft Visio;
- Trello.

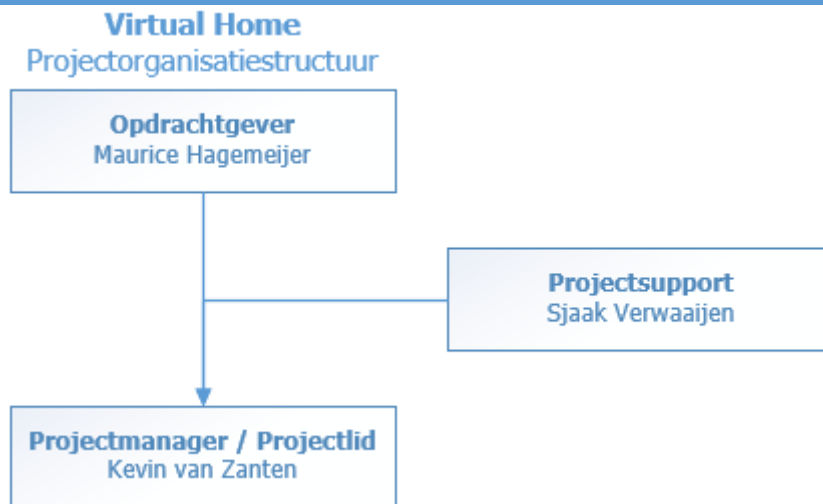
### 3.9 AFHANKELIJKHEDEN

De stroom van informatie is afhankelijk van de opdrachtgever. Het projectlid (de uitvoerder) gaat zelfstandig aan de slag en fungeert tevens als projectmanager om de planning bij te houden en de taken in te plannen.

### 3.10 RANDVOORWAARDEN

1. Het stagecontract is getekend;
2. De tools en software zijn beschikbaar voor het projectlid;
3. Het projectlid krijgt begeleiding bij het project van de opdrachtgever;
4. De eisen zijn duidelijk vanuit Centriplan en Righteous Games.

## 4 PROJECTORGANISATIESTRUCTUUR



### 4.1 OPDRACHTGEVER

#### Rolbeschrijving

De opdrachtgever is verantwoordelijk voor het juist aanleveren van de informatie van het project. Ook bewaakt hij de kwaliteit van het project, wat betekent dat hij regelmatig contact heeft met de uitvoerder van het project en bekijkt of de planning nog correct is en of de producten kwalitatief genoeg zijn.

#### Specifieke projectgerelateerde taken

- Regelmatig met de projectleden afspreken voor voortgangsupdates;
- Informatie verstrekken over het project;
- Contacten opgeven/leggen ter assistentie van het project;
- Feedback geven over de deelproducten en het eindproduct.

### 4.2 PROJECTSUPPORT

#### Rolbeschrijving

De rol van projectondersteuning wordt door de docentbegeleider op zich genomen. Hij stelt zich voor de projectgroep om inhoudelijke ondersteuning te leveren.

#### Specifieke projectgerelateerde taken

- Controleren en geven feedback op documentatie en andere producten;
- Overige ondersteuning project.

### 4.3 PROJECTMANAGER

**Rolbeschrijving**

De projectmanager is de beheerder van het project. Een van de belangrijke verantwoordelijkheden is het overzien van het verloop van het project en om ervoor te zorgen dat de planning wordt nageleefd. Verder is hij het aanspreekpunt van de groep voor de opdrachtgever en richt zich op het creëren van nieuwe taken en het verdelen ervan.

In dit project is de projectmanager ook het projectlid.

**Specifieke projectgerelateerde taken**

- Planning in de gaten houden;
- Contact opnemen met de opdrachtgever;
- Achterhalen van informatie over het project;
- Nieuwe taken maken;
- Werk verdelen.

**4.4 PROJECTLID****Rolbeschrijving**

Het projectlid is verantwoordelijk voor de uitvoering van het project. Hij voert de taken uit die zijn opgegeven en zal tevens enige vragen communiceren naar de projectmanager zodat hij contact met de opdrachtgever kan opnemen.

**Specifieke projectgerelateerde taken**

- Uitvoering project;
- Communiceren voortgang naar projectmanager;
- Beheren en inplannen van taken (en deeltaken).

## 5 PROJECTBEHEERSING

### 5.1 VOORTGANGSBEWAKING

Manier	Betrokkenen	Frequentie	Doel	Onderwerpen
Gesprek	Stagebegeleider	1x per week	Rapportage voortgang project.	Planning, producten.
E-mail	Docentbegeleider	1x per week	Rapportage voortgang project.	Planning, producten.
Blog	Openbaar	1x per week	Rapportage voortgang project.	Planning, producten.
Bezoek	Docentbegeleider, Stagebegeleider	2x per project	Controle niveau project en update stand van zaken.	Planning, project, werkomgeving.
Gesprek	Partnerbedrijf	1x per 2 weken	Rapportage voortgang project.	Producten.

## 6 PLANNING

Zie bijlage A: Planning.mpp (Microsoft Project).

## 7 VOORBEELDEN EN REFERENTIEMATERIAAL

Unity realiseert dat hun producten ook ingezet worden als architecturaal hulpmiddel en ze bloggen hier ook over. Hier zijn voorbeelden van een aantal bedrijven die ook met virtual reality bezig zijn. Ze worden genoemd voor dit project omdat ze op de een of andere manier interessant zijn voor dit project.



### RedFrame

RedFrame is een puzzel- en ontdekkingsspel dat door Basenji Games ontwikkeld wordt. Zij posten met regelmaat op hun blog waar ze onderwerpen belichten als realisme, architectuur, belichting, en allerlei handige tips en plug-ins voor Unity3D. Het spel wordt voor de Oculus Rift gemaakt en de speler bevindt zich

in een enorm landhuis. Bij een omgeving als deze, waar het ook nog eens donker is, speelt belichting een erg belangrijke rol in het overbrengen van realisme. Van RedFrame kan op het gebied van belichting dus veel geleerd worden voor de implementatie van Virtual Home.

<http://redframe-game.com/blog/lightmap-workflow-part-2-architectural-lighting/>

### Wooniversum

Het Wooniversum is een project van VolkerWessels waarin mensen een huis zelf kunnen inrichten en daar ook in rondlopen. In een warenhuis wordt een plattegrond op de grond geprojecteerd. Op een tafel komt deze plattegrond ook te zien. Gebruikers hebben vervolgens de keuze uit talloze objecten die ze als pionnen op de tafel kunnen zetten. Het gaat hierbij om banken, tafels, stoelen, planten en ander meubilair. Vervolgens kan er rondgelopen worden in de geprojecteerde plattegrond met een



head-mounted display om zo daadwerkelijk te bekijken hoe het ingericht is. De gebruiker krijgt dan een simpel 3D-model te zien. Het interessante onderdeel van het Wooniversum is de interactie met de omgeving: dat de gebruiker iets kan aanpassen en meteen het resultaat kan bekijken.

<http://www.wooniversum.nl/>



### NVYVE

NVYVE is een bedrijf dat zich specialiseert in interactieve 3D visualisaties te creëren in de architectuurbranche. Behalve het omzetten van tekeningen naar 3D-modellen hebben zij ook applicaties waarmee gebruikers het uiterlijk en interieur van een huis kunnen aanpassen. Het is hier mogelijk om een keuze te maken uit verschillende aangeboden opties, zoals

een andere textuur, kleur verf, of object (ander soort stoel). Vervolgens kan de gebruiker van de top-down view naar een first person view gaan om rond te lopen in het huis. Bij de producten van NVYVE is de interactie de moeite waard om te bekijken. Er kan hier veel geleerd worden. Ook hebben zij een applicatie waarmee gebruikers automatisch door een huis worden geleid. Omdat dit al vooraf voorbereid is, is de kwaliteit van de omgeving erg hoog. De belichting en textuur zijn van hoge kwaliteit en dat zijn dan ook onderdelen waarvan inspiratie genomen kan worden.

<http://nvyve.com/>

### **REALIS3D**

REALIS3D is een visualisatietool waarmee een gebruiker 3D-modellen kan importeren en die kan opleuken om mooie renders, videos en belichting te geven. Ook is het mogelijk om binnen in de omgeving rond te lopen in 3D. Er lijkt nog geen koppeling te zijn met de Oculus Rift. De tools is in Unity3D gemaakt.

<http://www.realis3d.com/>





## BIJLAGE B: TESTDOCUMENT VR INTERACTIE FRICTION SURFACES EN ABSOLUTE POINTING

### TEST: ABSOLUTE POINTING OF FRICTION SURFACES

Het doel van de test is om vast te stellen welke methode geïmplementeerd gaat worden in de head-mounted display versie van het product. Het volgende wordt op de proef gesteld:

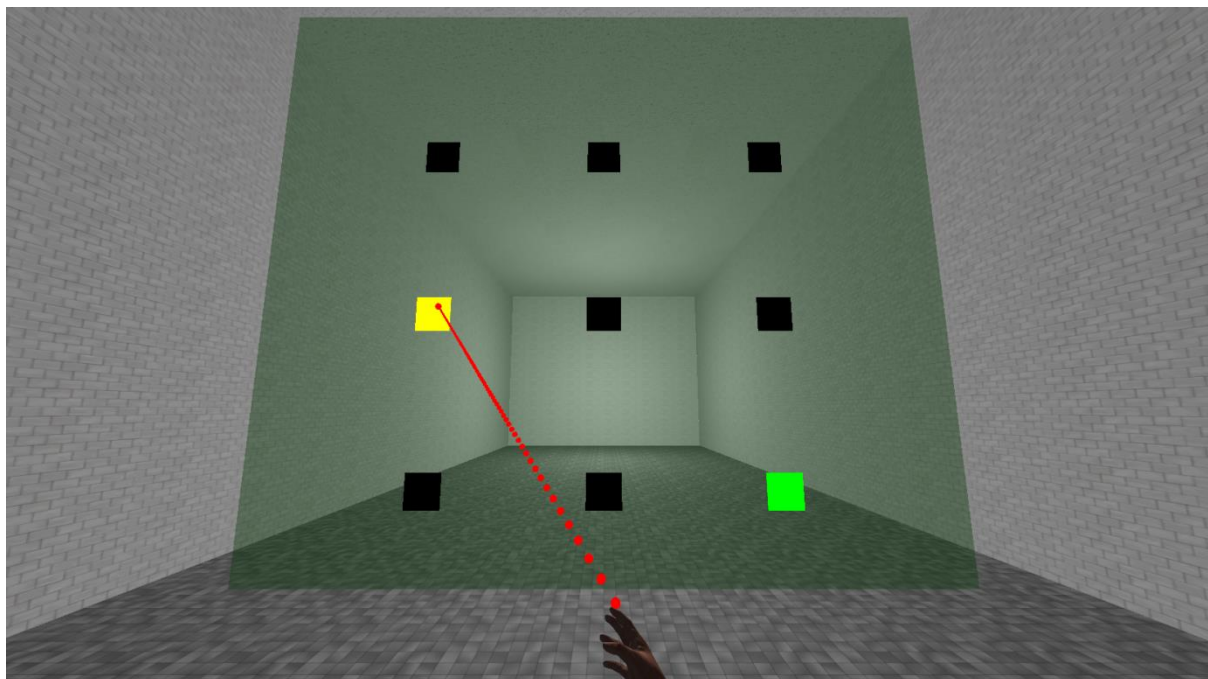
2. Welke interface in de virtuele omgeving biedt de meeste snelheid, hoogste gebruikersvriendelijkheid, en laagste error rate bij het gebruik van knoppen?
  - a. Friction Surfaces of
  - b. Absolute Pointing

De testresultaten worden gebruikt om te bepalen welke manier van interactie (of combinatie) er gebruikt moet worden in de head-mounted display versie van het Virtual Hospital-project.

#### **Omgeving en opzet**

De testpersoon staat rechtop voor de Razer Hydra controller. Deze neemt hij in de rechterhand. De testpersoon krijgt een head-mounted display op, de Oculus Rift.

De testpersoon wordt geplaatst in een virtuele ruimte van 20 meter lang, 10 meter breed en 8 meter hoog. Op armhoogte zweeft een virtuele hand met daaraan een rode pointer. De hand wordt bestuurd met de Razer Hydra controller. Voor de testpersoon zweeft een doorzichtig rood vlak met daarop 9 zwarte punten. Elk punt is een vierkant van 40x40cm. Als de test begint wordt het doorzichtige vlak groen. De testpersoon wijst met zijn pointer naar elk vlak en drukt op de "trigger"-knop van de Razer Hydra controller. Wanneer de testpersoon met zijn pointer over het vierkant heen gaat, gloeit deze geel. Wanneer de testpersoon het vierkant selecteert (op de "trigger"-knop drukt terwijl hij op het vierkant staat) gloeit deze groen en blijft deze groen.



Figuur 1: De testomgeving. Groen is geselecteerd, geel is wat de gebruiker momenteel selecteert.

Wanneer alle 9 punten zijn geselecteerd wordt het vlak weer rood en beweegt het automatisch naar een punt in de afstand. Wanneer het vlak gearriveerd is wordt het weer groen en herhaalt de gebruiker de vorige acties. In totaal wordt er op vier afstanden getest vanaf de gebruiker, namelijk: 5m, 10m, 15m, en 20m. Wanneer de gebruiker de test compleet heeft wordt deze reset.

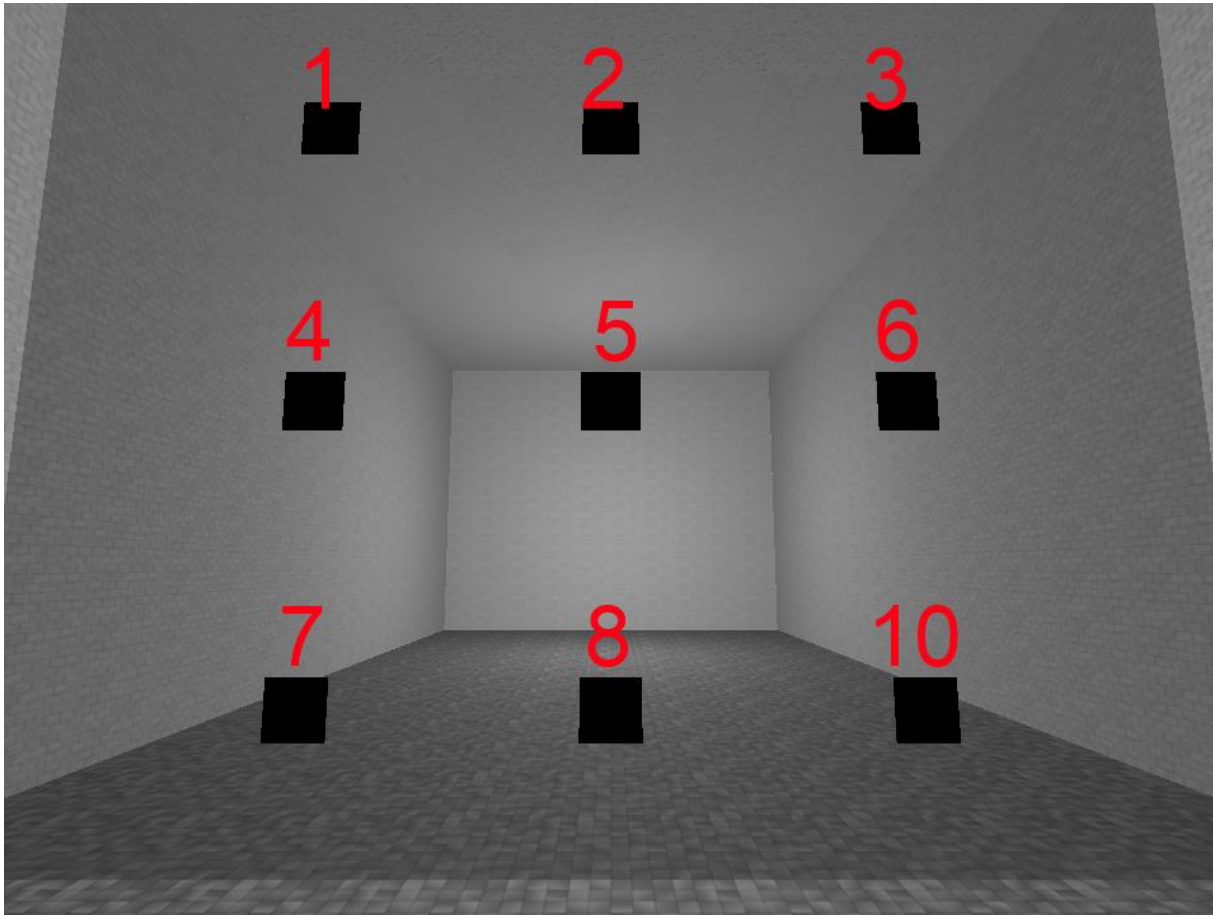
Er worden in totaal vier testen gedaan in de volgende volgorde:

Test	Pointer	Random
1	Absolute Pointing	Nee
2	Friction Surfaces	Nee
3	Absolute Pointing	Ja
4	Friction Surfaces	Ja

### Random

Bij tests 3 en 4 worden de selectievierkanten willekeurig in het blauw opgelicht. De testpersoon moet en kan alleen het blauwe vlak selecteren. De volgorde van de vierkanten die oplichten is vooraf bepaald om zo de testresultaten met elkaar te kunnen vergelijken.

De selectievierkanten hebben elk een identificatienummer. Standaard is dit als volgt.



Figuur 2: de selectievierkanten. Rode nummers zijn erop geplaatst om identificatienummers duidelijk aan te geven.

Voor de random tests zijn de volgordes als volgt:

Test	Afstand	Volgorde
<b>1</b>	5m	1 6 4 9 2 7 5 8 3
<b>2</b>	10m	8 9 4 7 3 2 1 5 6
<b>3</b>	15m	3 9 8 4 2 6 7 5 1
<b>4</b>	20m	7 9 5 3 4 2 1 8 6

De volgende metingen worden verricht tijdens de test: Error rate, de tijd per testronde (9 selectievlakken), en de tijd dat het kost om elk object te selecteren.

### Error rate

Error rate wordt bepaald in procenten door naar de verhouding klikken te kijken t.o.v. de benodigde klikken volgens de volgende berekening:  $1 - \left(\frac{C}{RC}\right)$ . Dat nummer wordt met 100 vermenigvuldigd om zo te noteren wat de error rate is. Bijv. 0% (geen fouten) of 100% (twee keer meer geklikt dan nodig).

0% betekent dat er geen fouten gemaakt zijn (9 keer geklikt van de 9 keer). 100% betekent dat er 2x zoveel geklikt is dan nodig.

### Testpersoon feedback

Aan het einde van de test wordt de testpersoon enkele vragen gesteld over de test, en voornamelijk welke manier van aanwijzen zij de voorkeur geven.

1. Welke pointer vond je in het algemeen het fijnste werken? Absolute Pointing ("*recht*") of Surface Friction ("*met een boog*").
  - a. Welke pointer vond je het fijnste dichtbij werken?
  - b. Welke pointer vond je het fijnste van een afstand werken?

### Training

Om de testpersoon kennis te laten maken met de omgeving heeft de gebruiker de mogelijkheid om voor de test begint rond te kijken en de wijzer aan te voelen.

### Herhaling

De test in zijn geheel (alle 4 testen) worden in totaal twee maal uitgevoerd.

### Duur

De gehele test duurt ongeveer 8 minuten (4x2).



## TESTSOFTWARE

Voor de test is er een standalone applicatie ontwikkeld met Unity3D en Visual Studio.

### OVR EN SIXENSE

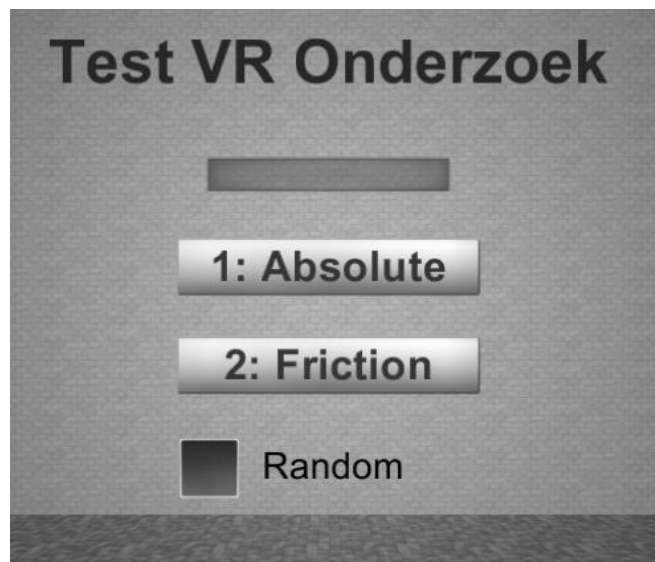
Sixense is een asset die een ontwikkelaar controllers laat gebruiken, waaronder de Razer Hydra. Met de OVR-asset is het mogelijk om gebruik te maken van de Oculus Rift. Door de aangeleverde prefabs in de scene te gebruiken kan er gemakkelijk gebruik gemaakt worden van de Oculus Rift in combinatie met de Razer Hydra.

### NGUI

NGUI is een asset waarmee user interfaces gebouwd kunnen worden. Uit de lijst met standaard beschikbare elementen wordt in het project de volgende gebruikt: UIImageButton, UIButton, UISlider, UICamera, UIPanel, UIAnchor, UITween.

### HOOFDMENU

In het hoofdmenu kan de testpersoon (of begeleider) kiezen welke test gestart moet worden. Allereerst wordt de naam van de testpersoon ingevoerd, en vervolgens wordt een keuze gemaakt. Door de random-check box aan te vinken worden de willekeurige tests uitgevoerd waar de gebruiker niet vrij is om de testvlakken te kiezen die hij wilt.



Figuur 3: een screenshot van het hoofdmenu van de testapplicatie.

### DATA-OPSLAG

De test houdt automatisch de volgende gegevens bij en slaat deze op in tekstbestanden:

- Naam van de gebruiker.

- Testronde.
- Tijdsduur per testronde (4 rondes per test).
- Tijdsduur per selectievlak.
- Error rate (aantal keer klikken).
- Gemiddelde tijd die nodig is om elk selectievlak aan te klikken.

```

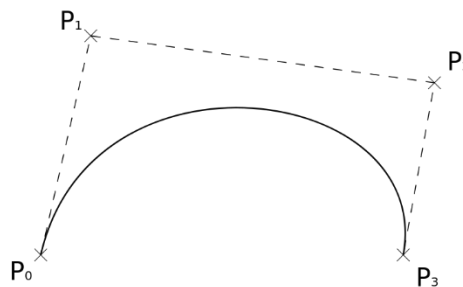
Test: 1
Type: FrictionSurfaces
Test duration: 10.28
Clicks: 9/9
Error rate: 0%
Targets:
- Target01: 1.05
- Target06: 1.32
- Target04: 1.22
- Target09: 1.22
- Target02: 1.34
- Target07: 1.29
- Target05: 0.87
- Target08: 0.95
- Target03: 1.03
Average: 1.14

```

Figuur 4: een screenshot van één van de testrondes.

## FRICITION SURFACES POINTER

De pointer voor friction surfaces heb ik met Béziercurves ontwikkeld. Het script is zo opgebouwd dat ik de waarden van de curve en de pointer snel kan aanpassen, door de boog kleiner of groter te maken en door de lijn stroever over het scherm te laten gaan (hogere *control display ratio*).



Figuur 5: een voorbeeld van Béziercurve met twee handles op P1 en P2.

```

private void DrawCurve()
{
    int j = 0;
    for (float i = 0f; i < (smoothness / 100.0f); i = i + 0.01f)
    {
        q1 = CalculateBezierPoint(i, transform.position, handle1.position, sphere.position);
        pointers[j].transform.position = q1;
        if (q1 != transform.position && q0 != sphere.position)
        {
            Debug.DrawLine(q0, q1, Color.yellow);
        }
        q0 = q1;
        j++;
    }
}

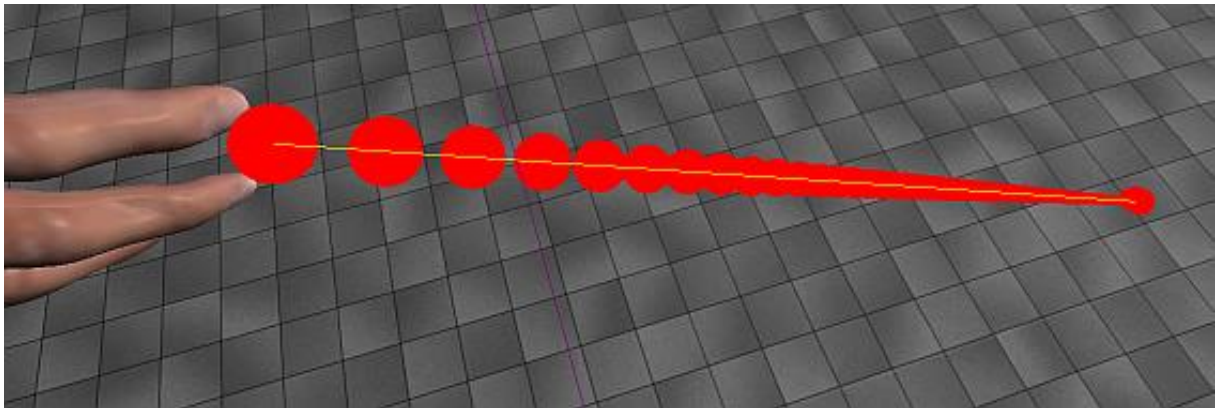
```

Figuur 6: de methode om de curve te tekenen.

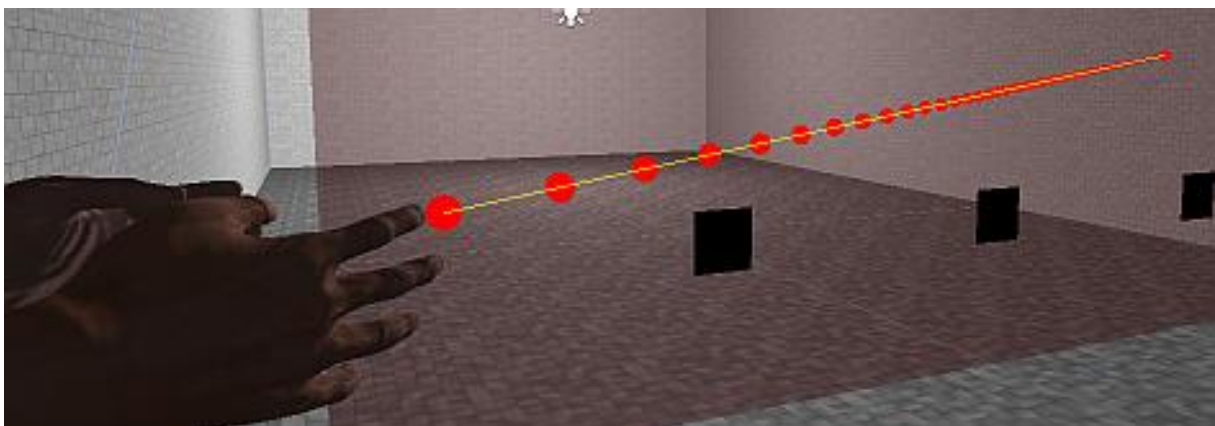
```
private Vector3 CalculateBezierPoint(float t, Vector3 p0, Vector3 p1, Vector3 p3)
{
    float u;
    float uu;
    float uuu;
    float tt;
    float ttt;
    Vector3 p;
    u = 1 - t;
    uu = u * u;
    uuu = uu * u;
    tt = t * t;
    ttt = tt * t;
    p = uuu * p0;
    p += 3 * uu * t * p1;
    p += 3 * u * tt * p1;
    p += ttt * p3;
    return p;
}
```

Figuur 7: de methode om de punten van de Béziercurve uit te rekenen.

Op elk punt van de curve wordt één gameobject geïnstantieerd. Dit is duidelijk te zien wanneer de aanwijzer ver weg wordt gericht.

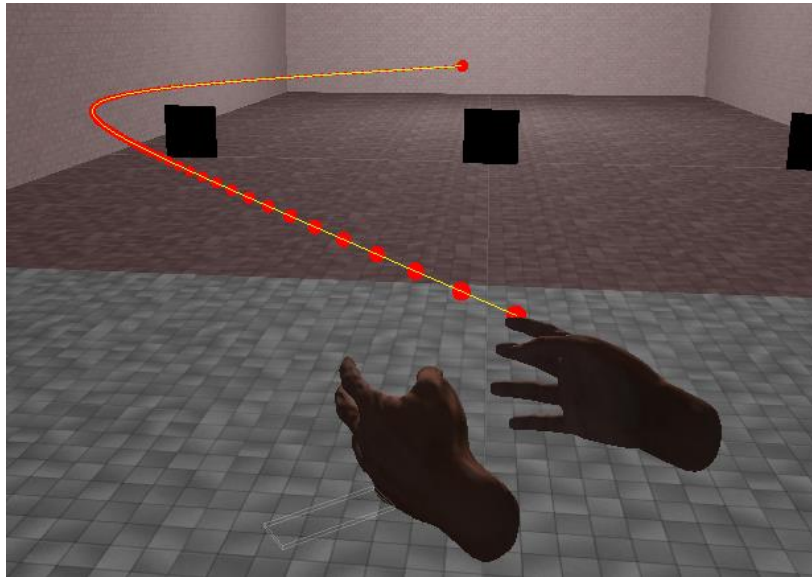


Figuur 8: de aanwijzer wordt naar de grond gericht. Omdat de afstand tussen de hand en de grond klein is worden de aanwijspunten dicht op elkaar gezet.



Figuur 9: de aanwijzer wijst naar een punt dat verder weg staat dan het vorige figuur. De punten van de curve staan verder uit elkaar.





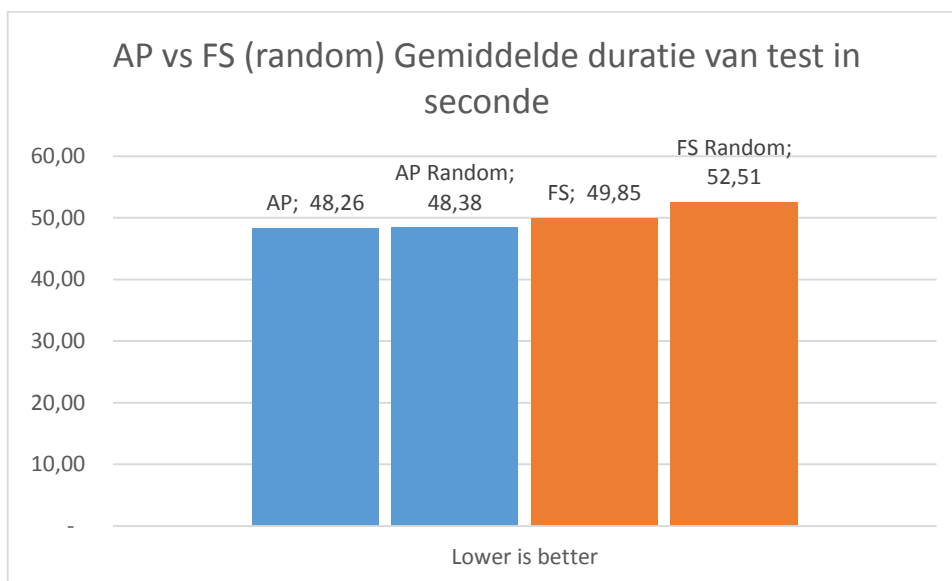
Figuur 10: de curve in actie. Het rode punt aan het einde van de curve geeft aan waar de aanwijzer het oppervlakte raakt.

## TESTRESULTATEN

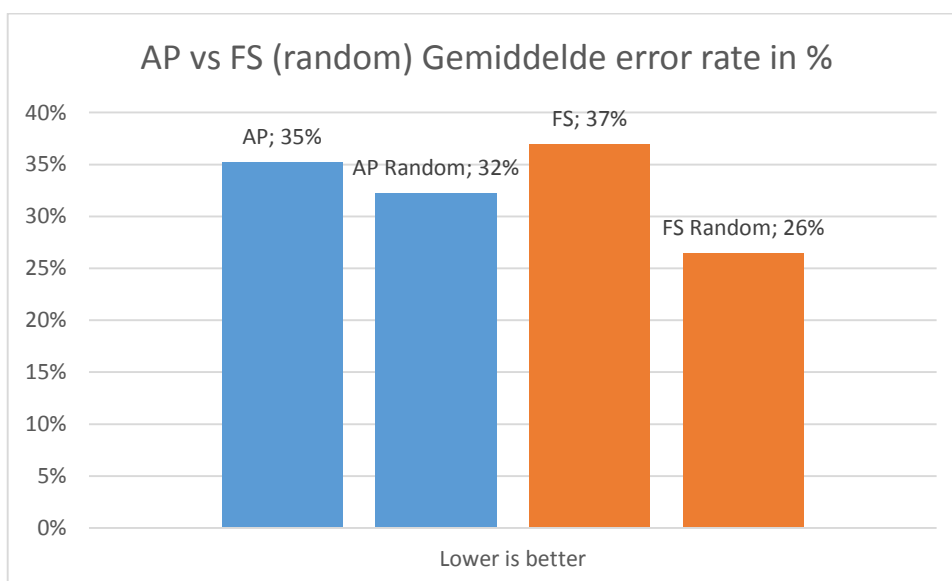
De test is uitgevoerd met 10 personen tussen de leeftijd 21 en 54. Van de 10 personen zijn er 3 vrouwelijk. 2 testpersonen hebben veel ervaring met de Oculus Rift, 1 gemiddelde ervaring en de rest geen ervaring.

### Testresultaten

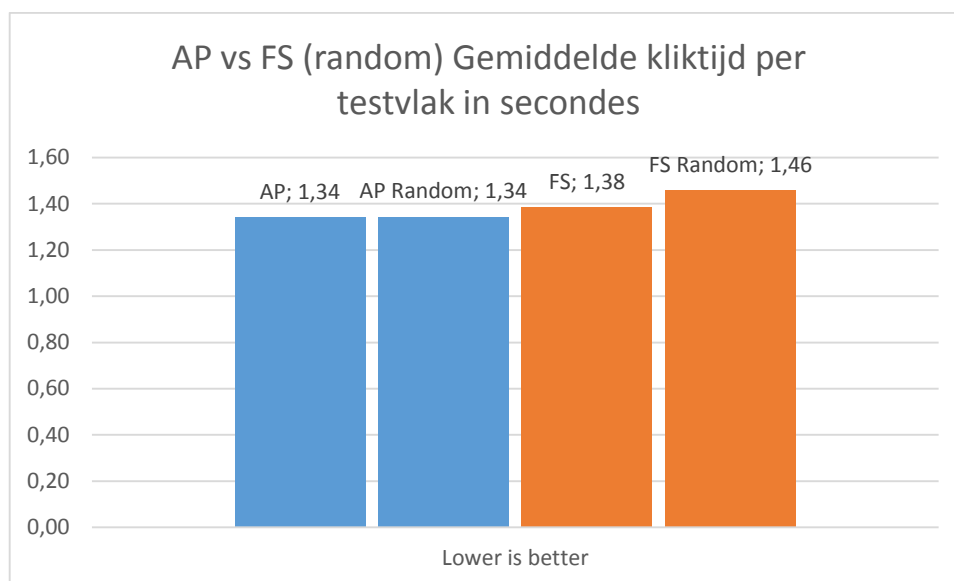
De resultaten van de test zijn opgeslagen en verwerkt in de volgende grafieken.



Figuur 11: de gemiddelde tijdsduur van de test in secondes.



Figuur 12: de gemiddelde error rate van elke methode.



Figuur 13: de gemiddelde tijd om elk testvlak aan te klikken in secondes.

### Gebruikersfeedback

De meerderheid van de testpersonen (6/10) vond de friction surfaces aanwijzer fijner voor de verre afstand, en de absolute pointer fijner voor dichtbij. De rest gaf de voorkeur aan de absolute pointer. De helft van de testpersonen (5/10) vond dat de friction surfaces pointer trillingen dempt, en ze hadden het gevoel dat ze hiermee minder fouten maakten. Verder vonden ze dat in de gevallen waar de testen verder weg stonden (3 en 4) dat ze al een testvlak hadden geselecteerd voordat de staart/boog van de friction surfaces pointer daar was.

### Conclusie

Uit de test kan geen duidelijke winnaar gekozen worden. De niet-willekeurige testresultaten dienen voornamelijk als opwarming. Bij de tests bleek het dat tijdens de niet-willekeurige tests gebruikers in een bepaald ritme konden komen waardoor ze gemakkelijker de testvlakken konden selecteren. Om deze twee redenen gebruik ik dan ook de resultaten van de willekeurige tests als basis.

Op het gebied van *gemiddelde tijd om elk testvlak aan te klikken* en *gemiddelde duur van test in secondes* wint absolute pointing. Op het gebied *error rate* wint *friction surfaces*. Omdat de testresultaten zo dicht bij elkaar staan en omdat de gebruikers de ervaring van de friction surfaces pointer fijner vonden, ga ik de friction surfaces pointer implementeren.

### Verder onderzoek

Om een duidelijker resultaat te krijgen welke van de twee beter te gebruiken is zouden meerdere testen moeten volgen waarin tenminste de volgende onderwerpen worden getest:

- Verschillende acties (schuiven, draaien), in plaats van alleen klikken.

- Verschillende afstanden tussen de elementen en dichterbij elkaar of verder van elkaar af.
- Testen van verschillende variabelen voor de Béziercurve van de Friction Surfaces pointer om zo de boog groter/kleiner te maken, en testen wat voor impact dat heeft.

## BIJLAGE C: ONTWIKKELTOOLS VIRTUAL HOSPITAL

### 1. FUNCTIONALITEIT VIRTUAL HOSPITAL

#### 1.1 HOOFDMENU (ARTS EN KIND)

Bij het starten van de applicatie krijgt de gebruiker een hoofdmenu te zien. Hier kan de arts een kamer aanmaken en kunnen andere gebruikers (kinderen) de kamer binnengaan.

#### 1.2 BEWEGEN (ARTS EN KIND)

De gebruikers van de applicatie kunnen vrij door de kamer bewegen door het apparaat omlaag te richten en met een vinger op de grond te tikken. De camera beweegt dan naar dat punt.

#### 1.3 PROJECTIES (ARTS EN KIND)

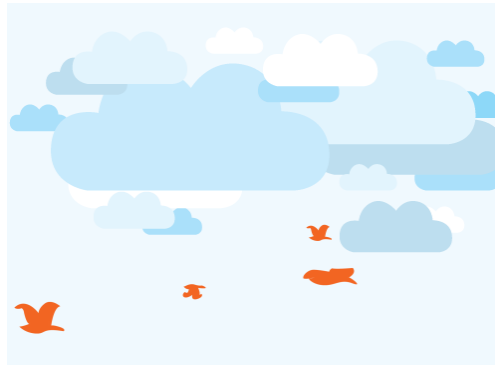
Aan één van de muren hangt een tablet (iPad). Door hierop te klikken schuift een iPad in beeld waar de gebruiker mee kan interacteren.



Figuur 1. Links: de tablet dat aan de muur hangt (interactieve omgeving). Rechts: het uitgeschoven tablet waar de gebruiker het thema mee kan aanpassen.

Op een van de muren wordt de projectie getoond. Dit zijn herhalende animaties (een filmpje, als het ware). De kleur van het licht in de kamer wordt automatisch aangepast aan de huidige projectie.

1. Basis: geen projectie, licht van de kamer is wit.
2. Lucht: vogels die rondvliegen, licht van de kamer is lichtblauw.



3. Water: vissen die rondzwemmen, licht van de kamer is blauw.



4. Land: konijnen die rondhuppelen, licht van de kamer is groen.



#### 1.4 BEWEGENDE KARRETJES (ARTS)

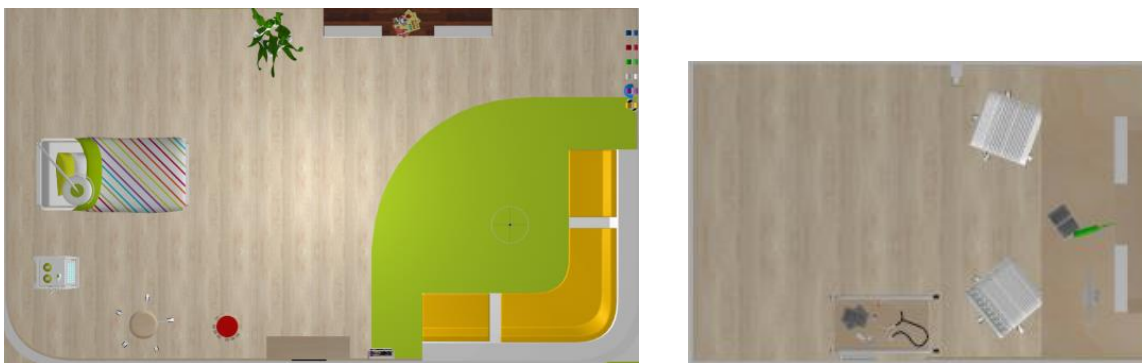
In de kamer zijn twee objecten aanwezig die een arts kan laten bewegen: een medische kar en een lachgaskar. De medische kar heeft medische instrumenten voor de arts en de lachgaskar is verantwoordelijk voor de toediening van lachgas aan de patiënt via een masker. De arts kan de karretjes laten rondrijden in de kamer en plaatsen waar hij ze wilt. Verder kan hier niet geïnteractueerd mee worden; zij dienen alleen ter opvulling van de ruimte.



Figuur 2: de twee objecten die de arts kan laten rondrijden. Links: de lachgaskar. Rechts: de medische kar.

### 1.5 DEUREN (ARTS)

De ruimte is opgedeeld in drie secties. Er zijn twee deuren aanwezig. De grootste ruimte is de kamer waarin de patiënt behandeld wordt. Daar is ook een zithoek aanwezig voor familie of andere begeleiders. Deze ruimte grenst aan een kleinere kamer die alleen voor de arts bedoeld is. Hierin kan de arts zich voorbereiden, en hierin bevindt zich ook een bureau, computer, en de kar met medische instrumenten. De deuren kunnen door de arts worden opengeschoven.



Figuur 3: bovenaanzichten van de omgeving. Links: de behandelkamer met zitruimte. Rechts: de voorbereidingsruimte van de arts.

## 1.6 BED EN MASKER GEBRUIKEN (ARTS EN KIND)

Zowel de arts als het kind kan plaats nemen op het bed.



Figuur 4: de gebruiker wordt gevraagd of hij op het bed wilt plaatsnemen.

Er schuift dan een masker voor het gezichtsveld. Dit simuleert de ervaring van op het bed liggen met een beademingsmasker op. Op het masker zelf zit een lamp die gloeit als de gebruiker inademt en dimt als de gebruiker uitademt. De projectie is hier ook aan gekoppeld. Bij het inademen versnelt de afspeelsnelheid van de projectie, en bij het uitademen vertraagt die.



Figuur 5: wat de gebruiker ziet als hij op het bed ligt. Links kan op de X gedrukt worden om van het bed af te gaan. In het midden staat het gezichtsmasker. Rechts is een drukknop om de ademhaling te reguleren.



## 1.7 BED AANPASSEN (ARTS)

Er wordt gebruik gemaakt van een speciaal bed dat 360 graden kan draaien. Via een menu dat alleen toegankelijk is voor de arts kan het bed gedraaid worden.



Figuur 6. Links: de draaiknop om het bed te roteren. Rechts: het draaiende bed.

## 1.8 LICHT AANPASSEN (ARTS)

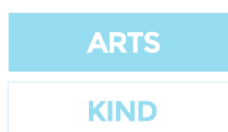
Via een kleurenknop en een slider kan het licht aangepast worden in de ruimte. Het lichtniveau kan van uit naar fel aangepast worden, en de lampen kunnen ingesteld worden om elke kleur in het zichtbare spectrum te tonen.



Figuur 7: de slider om het licht aan te passen. Figuur is 90 graden gedraaid.

## 1.9 VERANDEREN OOGPUNT ARTS-KIND (ARTS)

Om de arts ook de mogelijkheid te geven om de kamer vanuit een ander oogpunt te zien kan hij tussen de twee oogpunten wisselen. De hoogte van de camera wisselt dan tussen de twee: arts en kind. Voor de ooghoogte van de arts is gekozen om de camera op 160cm te plaatsen. Voor de ooghoogte van het kind is gekozen voor 110cm. Om dit te berekenen heb ik de gemiddelde hoogte van een volwassen persoon (170cm) en een kind van 10 jaar (130cm). Vervolgens heb ik hier ongeveer 10cm van afgenomen (afstand bovenkant hoofd tot ogen).



Figuur 8: de knoppen waarmee de arts kan wisselen tussen de ooghoogtes.

## 1.10 TOP DOWN VIEW (ARTS)

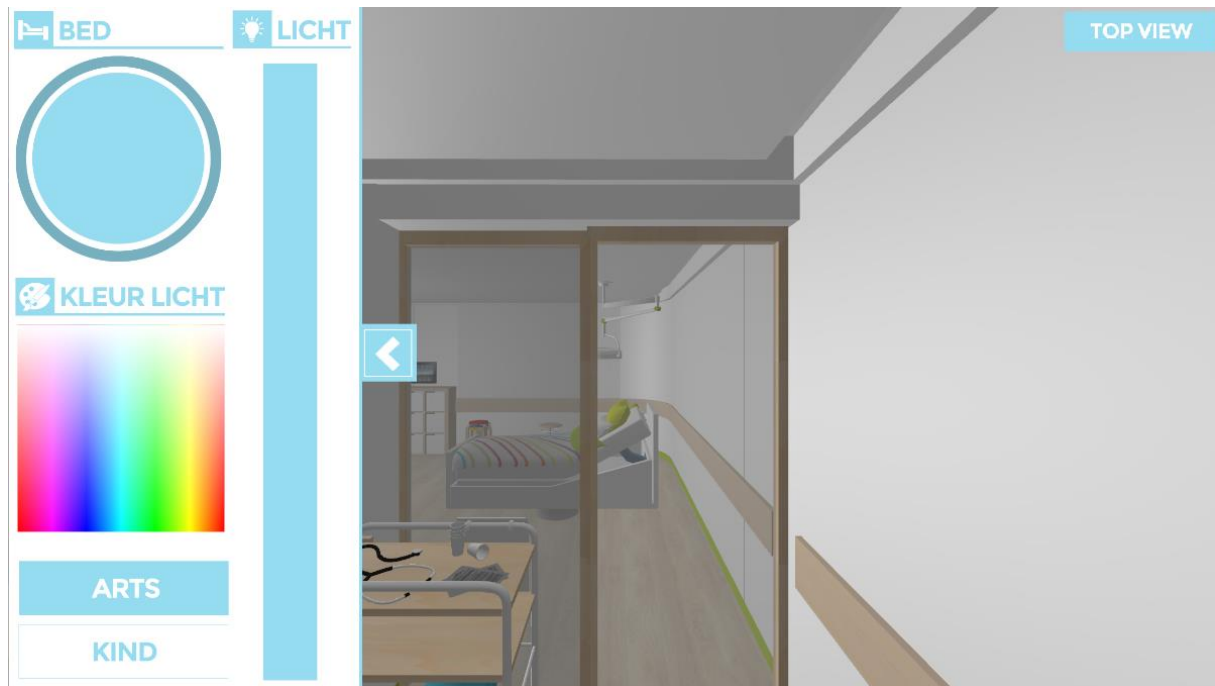
Om een beter overzicht te krijgen van de kamer kan de arts ook de ruimte van bovenaf bekijken. De instelling van de camera verandert dan van perspectief naar orthografisch waardoor er recht naar beneden gekeken wordt. In deze modus kan de arts bovendien zien waar andere gebruikers zijn in de ruimte. Deze worden met een icoon aangegeven. De positie en de kijkrichting zijn zichtbaar voor de arts.



Figuur 9: de top down view van de arts. De blauwe icoontjes zijn andere gebruikers.

## 1.11 TOTAALOVERZICHT INTERFACE

De interface die de arts gebruikt ziet er als volgt uit.



Figuur 10: het overzicht van de arts. Links: het uitschuifbare menu van de arts. Rechtsboven: de knop waarmee de arts naar de top down view gaat.

## 2. ONTWIKKELTOOLS VIRTUAL HOSPITAL

### 2.1 UNITY3D

Unity is een game engine waarin 2D- en 3D-applicaties gebouwd kunnen worden. Ontwikkelaars kunnen de standaard functionaliteit uitbreiden met eigen assets (klaargemaakte bouwblokken zoals 3D- of 2D-modellen, scripts, en geluiden). Een van de sterke punten aan Unity3D is de mogelijkheid om de applicaties uit te rollen op een groot aantal verschillende platformen:

- Microsoft Windows
- Apple MacOS
- Linux
- Google Android
- Apple iOS
- Windows Phone 8
- Microsoft Xbox 360
- Sony PlayStation 3
- Nintendo Wii
- BlackBerry

Voor een aantal hiervan zijn licenties nodig om de applicatie te kunnen uitrollen, maar voor de populairste platformen is dit of niet nodig (Windows, Linux, Android), of relatief weinig moeite (Apple MacOS en iOS).

#### 2.1.1 LICENTIE EN KOSTEN

---

Unity biedt twee versies van de engine aan: Unity Free en Unity Pro. De Unity Free versie is gratis en mag commercieel gebruikt worden tot een jaarlijkse omzet van € 75,000. De Unity Pro versie heeft geen restricties. Ook hoeft er niets afgestaan worden aan Unity. De basislicentie van Unity Pro kost € 1.140 (of € 57,- per maand). Om te kunnen ontwikkelen met Android en iOS zijn er aparte licenties nodig (elk tegen eenmalig € 1.140 of € 57,- per maand).

#### 2.1.2 ONTWIKKELING

---

Aan de basis van Unity-ontwikkeling liggen assets. Een asset is als het ware een bouwblok die door ontwikkelaars en ontwerpers ingezet kan worden. Assets kunnen verschillende types aannemen (scripts, geluiden, plug-ins, modellen) maar ze worden het vaakst geassocieerd met 3D-modellen of 2D-sprites. In zo'n voorbeeld is een asset in een ander programma, zoals Autodesk 3ds Max, gemodelleerd en getextureerd. Als het model moet kunnen bewegen (bijvoorbeeld een spelerkarakter)

dan wordt het vaak ook ge-rigged (een skeletstructuur geven) en vervolgens geanimeerd (bewegingen geven).

### 2.1.3 SCRIPTS

---

#### **Talen**

Unity ondersteunt de volgende talen: Boo, JavaScript, en Visual C#.

#### **Ontwikkelingsomgeving**

Bij Unity wordt een IDE meegeleverd: MonoDevelop. Ook kan gekozen worden voor een custom IDE, zoals Microsoft Visual Studio waar dan met C# ontwikkeld wordt.

### 2.1.4 PLUGINS

---

Unity ondersteunt plug-ins voor de editor. Dit zijn met name scripts die extra functionaliteit aan kunnen bieden vanuit de editor, door in het menu te integreren, of het zijn scripts die uitgevoerd worden nadat bepaalde events afgaan. Een voorbeeld hiervan is een post-processing script die uitgevoerd wordt nadat een ontwikkelaar een 3D-model importeert.

### 2.1.5 NETWORKING

---

Unity ondersteunt networking. Voor dit project is Photon gebruikt, een framework waarmee multiplayer-functionaliteit kan worden gebouwd.

### 2.1.6 DEPLOYMENT

---

Het deployen van Unity werkt direct vanuit de ontwikkelingsomgeving. Het project wordt gebouwd en uitgerold op het apparaat van keuze (computer, mobiel apparaat, console).

## 2.2 VISUAL STUDIO

Microsoft Visual Studio is een ontwikkelingsomgeving waarin onder andere websites, webservices, webapplicaties, desktopapplicaties, en mobiele applicaties ontwikkeld kunnen worden. Het ondersteunt verschillende programmeertalen: C, C++, Visual C++, VB.NET, C#, F#, Python, en Ruby. Het biedt ook de mogelijkheid om te ontwikkelen in XML, JavaScript, en CSS. Voor het ontwikkelen van dit project is gekozen voor C# vanwege de integratie met Unity3D en vanwege de vele ervaring die ik met C# en Visual Studio heb.

### 2.2.1 LICENTIE EN KOSTEN

---

Visual Studio kost tussen de \$ 499,- en \$4.249,- (Pro t/m Ultimate met MSDN).

## 2.3 EXTERNE EN ZELF-ONTWIKKELDE ASSETS

### 2.3.1 OVR EN SIXENSE

---

Sixense is een asset die een ontwikkelaar controllers laat gebruiken, waaronder de Razer Hydra. Met de OVR-asset is het mogelijk om gebruik te maken van de Oculus Rift. Door de aangeleverde prefabs in de scene te gebruiken kan er gemakkelijk gebruik gemaakt worden van de Oculus Rift in combinatie met de Razer Hydra.

### 2.3.2 NGUI

---

NGUI is een asset waarmee user interfaces gebouwd kunnen worden. Uit de lijst met standaard beschikbare elementen wordt in het project de volgende gebruikt: UIImageButton, UIButton, UISlider, UICamera, UIPanel, UIAnchor, UITween. De reden voor deze keuze is dat ik al veel ervaring heb met dit pakket en ik er snel een GUI mee kan maken.

### 2.3.3 GYRODROID

---

GyroDroid is een asset waarmee de ontwikkelaar gemakkelijk bepaalde sensorwaarden van de telefoon kan lezen, zoals de rotatie, licht, druk, gyroscoop, en meer. GyroDroid wordt als component gebruikt voor de camera van de speler zodat deze draait naarmate de rotatie van het apparaat draait.

### 2.3.4 MOVIEPLAYER

---

Ik heb de een movieplayer-script ontwikkeld om plaatjes achter elkaar af te spelen zoals een filmpje. Dit wordt gebruikt voor de projecties. Het is ook mogelijk om de afspeelsnelheid aan te passen, dit wordt toegepast bij het ademen met het masker.

## 2.4 MULTIPLAYER

Om multiplayerfunctionaliteit in de applicatie te gebruiken wordt Photon gebruikt. Het werkt via een typische server-client structuur. Op de server draait de Photon serversoftware. Een client gebruikt de Photon assets om een verbinding op te zetten met de server. Clients kunnen kamers (rooms) aanmaken op de server die zij vervolgens beheren. Andere gebruikers kunnen deze kamers ingaan

(joinen). Zo wordt informatie gesynchroniseerd tussen de clients. In dit project gebruikt een arts deze functionaliteit om een kamer aan te maken, en andere gebruikers kunnen die kamer ingaan.

De reden dat ik voor Photon gekozen heb is omdat ik hier al ervaring mee heb. Bovendien heeft het bedrijf ook kennis van Photon in huis waar ik gebruik van kan maken, ook hebben zij al een Photon server draaien.