

CAD/3D MODELLEN DEMONSTRATIE TOOL

VOOR VIRTUAL REALITY

25-03-2016

Michiel Bergmans
S1232649

Bachelor Eindopdracht
Industrieel Ontwerpen
Universiteit Twente

In opdracht van:
R.G.J. Damgrave



BACHELOR EINDOPDRACHT

I N D U S T R I E E L O N T W E R P E N

Het uitdenken en ontwerpen van een tool wat ontwerpers in staat stelt om hun CAD/3D modellen te demonstreren aan één of meerdere personen, binnen een virtuele omgeving.

AUTEUR

Michiel Bergmans
S1232649

OPLEIDING

Industrieel Ontwerpen
Universiteit Twente

EXAMENCOMMISSIE

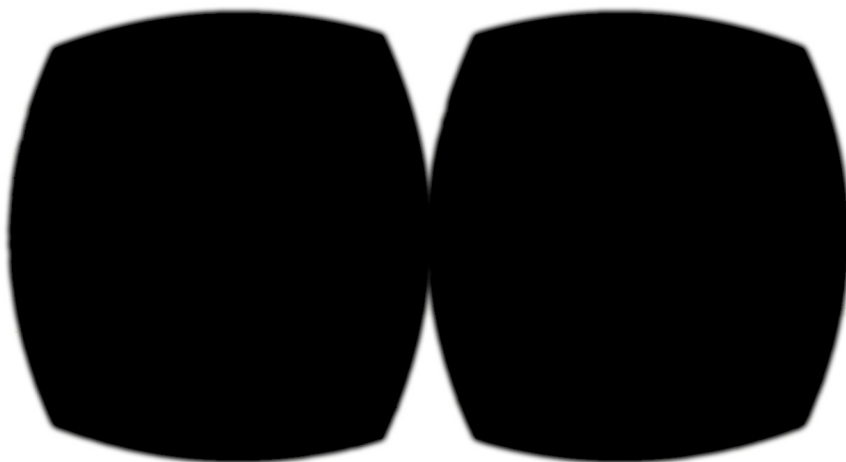
Roy Damgrave (Opdrachtgever/Begeleider)
Matthijn de Rooij (Examinator)

DATUM PUBLICATIE

31-03-2016

VERSLAG

Oplage: 2
Aantal pagina's excl. Bijlagen: 77
Aantal pagina's bijlagen: 16



VOORWOORD

Voor u ligt het verslag van het proces van de bachelor eindopdracht. Deze is uitgevoerd in opdracht van Roy Damgrave voor het Virtual Reality Laboratorium (VR-lab), onderdeel van Universiteit Twente. Deze opdracht betreft een individueel project, als afsluiting van de bacheloropleiding Industrieel Ontwerpen aan de Universiteit Twente. Bij deze opdracht is onderzoek gedaan naar een nieuwe tool die het mogelijk maakt om CAD/3D modellen te demonstreren met behulp van virtual reality.

Graag zou ik mijn begeleider, Roy Damgrave, willen bedanken voor alle begeleiding en hulp die hij mij heeft geboden en adviezen die hij heeft gegeven tijdens de uitvoering van de opdracht.

Ook wil ik graag Fjodor van Slooten en Peter Bolscher bedanken voor het ter beschikking stellen van een Arduino en materiaal voor een schuimmodel.

Ik wens u veel plezier met het lezen van dit verslag!

Michiel Bergmans

SAMENVATTING

In deze opdracht wordt er gekeken naar een tool wat ontwerpers in staat stelt om hun CAD/3D modellen te demonstreren aan één of meerdere personen, binnen een virtuele omgeving.

Virtual Reality is de laatste jaren een steeds grotere rol gaan spelen binnen de samenleving en heeft zich in veel vakgebieden al nuttig bewezen. Met de te ontwerpen tool kunnen CAD/3D modellen in 3D bekeken worden zonder dat de persoon zelf fysiek aanwezig moet zijn. Zo wordt het ook makkelijker om een model aan meerdere personen te demonstreren, en kan tijd worden bespaard tijdens een ontwerpproces, het maken van een zichtmodel wordt namelijk in veel gevallen overbodig.

Het verslag zal beginnen met een uitleg over VR en een korte historie, dit dient als achtergrond kennis bij het verslag en helpt om de techniek beter te kunnen begrijpen.

Vervolgens is er onderzoek gedaan naar welke doelgroep baat heeft bij een dergelijke tool. Hieruit is geconcludeerd dat dit een erg brede doelgroep betreft, waardoor intuïtie een erg grote rol speelt bij het ontwerpen van de tool.

Drie verschillende scenario's van gebruik zijn opgesteld. Deze scenario's zijn vertaald naar verschillende eisen voor het ontwerp. Ook geven de scenario's een beeld van de toegevoegde nut van deze tool.

Door deze tool ontstaat ook een nieuwe vorm van samenwerking, daarom zijn enkele aspecten beschreven die hier belangrijk bij zijn. Verder is er gekeken naar welke menselijke aspecten en factoren belangrijk zijn om rekening mee te houden bij het ontwerp.

Het laatste onderdeel van de analyse is een onderzoek naar huidige producten en technieken die nuttig kunnen zijn voor deze opdracht.

Met deze kennis uit de analyse is een Programma van Eisen opgesteld. Hier worden de belangrijkste eisen weergegeven waar het ontwerp aan moet voldoen.

Voor de belangrijkste ontwerpproblemen zijn verschillende oplossingen bedacht. Uit deze oplossingen zijn twee concepten gevormd.

Van deze twee concepten zijn twee functionele prototypes gebouwd. Deze zijn nodig voor het uitvoeren van de gebruikstest. De gebruikstest is nodig om de concepten te beoordelen en een goede keuze te maken voor het uiteindelijke concept.

Het uiteindelijke concept is een concept wat veel overeenkomsten heeft met huidige vergelijkbare vormen van interactie en is daarom erg intuïtief in gebruik en heeft veel potentie. Echter is er nog veel uitwerking voordat het concept daadwerkelijk gebruikt kan worden.

SUMMARY

This assignment is about the search for a tool that enables designers to showcase their CAD / 3D models to one or multiple persons within a virtual environment.

In the past years, Virtual Reality has become more and more important and has already proven useful in many fields. With this tool, CAD / 3D models can be viewed in 3D without being physically present. This will make it easier to demonstrate a model to more than one person, and time can be saved during a design process. Creating a visibility model will be superfluous in many cases.

The report will begin with an explanation of VR and a brief history, this serves as background knowledge and helps to understand the technique better.

Research has been done to review the target group, who will benefit from such a tool. It was concluded that such tool will have a very broad audience, therefore intuition will play a very important role in the design of the tool.

Three different usage scenarios were drawn up. These scenarios have been translated into different requirements for the design. The scenarios also reflect the added utility of this tool.

This tool also creates a new form of cooperation, therefore some important aspects of cooperation will be described.

Furthermore, the human aspects and factors that will be important for such tool will be described.

The last part of the analysis is a study of current products and techniques that can be useful for this task.

With this knowledge, a program of requirements is drawn up. The main requirements for such tool will be described. The design must meet these requirements.

For the main design problems various solutions have been devised. From these solutions, two concepts have been formed. Of these two concepts two functional prototypes are built. These are needed for carrying out an usage test. The usage test is needed to review the concepts and to make a good choice for the final concept.

The final concept is a concept that has many similarities with present similar forms of interaction and is therefore very intuitive to use and has a lot of potential. However, there is still much development needed before the concept can actually be used.

INHOUD

05	Voorwoord
06	Samenvatting
07	Summary
09	Inhoud
10	Inleiding
11	1.1 Probleemstelling
12	1.2 Opdrachtschrijving
13	1.3 Opdrachtgever
14	1.4 Terminologie
16	1.5 Leeswijzer
18	Achtergrond
19	2.1 Virtual Reality
22	2.2 Ontstaan
26	Analyse
27	3.1 Doelgroep
28	3.2 Scenario's
30	3.3 VR Samenwerking
32	3.4 Menselijke factoren
36	3.5 Huidige technieken
44	3.6 Conclusie
46	Eisen en wensen
47	4.1 Programma van Eisen
50	Conceptgeneratie
51	5.1 Ideeën
54	5.2 Concepten
58	Conceptkeuze
59	6.1 Prototypes
61	6.2 Gebruikstest
63	6.2 Conceptkeuze
64	Conceptuitwerking
65	7.1 Verbeteringen prototype
69	7.2 Grafische Interface
71	7.3 Vormstudie
72	Conclusies & Aanbevelingen
73	8.1 Conclusies
74	8.2 Aanbevelingen
76	Bronnen

INLEIDING

HOOFDSTUK 1

In dit hoofdstuk wordt de opdracht en de aanleiding tot de opdracht uitgelegd.

Verder zullen er ook enkele begrippen en afkortingen worden verklaard om de leesbaarheid van het verslag te verbeteren.

Korte beschrijvingen van begrippen en afkortingen zullen ook als voetnoot voorkomen in het verslag.

Dit hoofdstuk eindigt met een leeswijzer. Deze leeswijzer is bedoeld om de opbouw van het verslag te verduidelijken en de relaties tussen de hoofdstukken aan te geven.

1.1 PROBLEEMSTELLING

Virtual Reality (VR¹) is iets wat al tientallen jaren bestaat. Echter was de techniek nog niet zo ver gevorderd zodat er nog nooit sprake was geweest van een echte doorbraak. VR systemen waren nog duur, de mogelijkheden erg beperkt en slechts voor de elite. Hier kwam in 2012 verandering in toen Palmer Lucky een Kickstarter-project aanmaakte voor de Oculus Rift, een Head Mounted Display (HMD) voor de massa. Dit project was een groot succes en heeft ervoor gezorgd dat VR een bekend begrip werd en een groot publiek kreeg. Door deze doorbraak heeft VR de laatste jaren op het gebied van techniek erg grote stappen gemaakt en is het aantal toepassingen voor VR enorm toegenomen. Omdat VR voor de massa nog niet zo lang bestaat moeten er echter nog veel dingen uitgedacht en ontworpen worden om veel van deze toepassingen te realiseren.

In veel vakgebieden wordt gebruik gemaakt van computer-aided drafting en design (CAD) programma's. Veel van deze systemen zijn 3D systemen, deze worden onder andere gebruikt bij het ontwerpproces van industriële producten. In andere vakgebieden, zoals de film- en de game industrie, wordt ook veelal gebruik gemaakt 3D programma's. Voorbeelden hiervan zijn 3DS Max, Maya en Blender. De uiteindelijke producten die met deze CAD en modelleer programma's gemaakt worden zijn veelal 3D producten en modellen. Tijdens een ontwerpproces moeten er vaak ontwerpvoorstellen of een

eindontwerp gepresenteerd worden om het ontwerp te kunnen evalueren. Dit gebeurt meestal doormiddel van het tonen van renderingen², tekeningen of het tonen van een zichtmodel. Echter zitten hier nadelen aan verbonden. Zo zijn renderingen 2D, en dus slechts een visualisatie van één kant van het model. Zichtmodellen kunnen veel tijd kosten om gemaakt te worden, en om deze te bekijken moet iemand fysiek aanwezig zijn.

VR kan hier een oplossing voor bieden. Een model kan met deze techniek in 3D bekeken worden zonder dat de persoon zelf fysiek aanwezig moet zijn. Zo wordt het ook makkelijker om een model aan meerdere personen te demonstreren, en kan tijd worden bespaard tijdens een ontwerpproces, het maken van een zichtmodel wordt namelijk in veel gevallen overbodig.

Het probleem is echter dat dit een specifieke nog niet bestaande toepassing is. Dat brengt ons bij de opdracht van deze bacheloropdracht.

¹ Een schijnwerkelijkheid, waarin je als gebruiker een gevoel hebt van ruimtelijke aanwezigheid.

² Een uit een 3D model gegenereerde digitale afbeelding.

1.2 OPDRACHTOMSCHRIJVING

De opdracht betreft het uitdenken en ontwerpen van een 'product' wat ontwerpers in staat stelt om hun CAD/3D modellen te demonstreren aan één of meerdere personen binnen een virtuele omgeving, met onder andere behulp van een virtual reality-bril. Deze personen hoeven zich dus niet fysiek op dezelfde plek te bevinden, hetgeen de workflow binnen een ontwerptraject kan verbeteren.

Deze extra dimensie geeft bijvoorbeeld ontwerpers de mogelijkheid om onder andere ontwerpvoorstellen te presenteren aan klanten die een stuk tastbaarder zijn dan bijvoorbeeld renderingen of tekeningen. Verder kan het ook gebruikt worden om CAD/3D modellen te communiceren naar collega's voor bijvoorbeeld input en feedback.

Deze virtuele omgeving zal dus bestaan uit het object, eventueel geplaatst in een omgeving voor meer context, en een geïntegreerde interface die gebruikers in staat stelt om het object individueel te bekijken en aan te passen, dit gebeurt op een natuurlijke/intuïtieve manier. Verder moet het voor de gebruikers ook mogelijk zijn om hun commentaar/feedback bij het object te plaatsen, of rechtstreeks te communiceren met de rest.

De prioriteit ligt hier bij het uitwerken van de functionaliteiten en de werking tot conceptvorm, geschikt voor een (gedeeltelijk) functioneel prototype.

Om tot het gewenste resultaat te komen, zullen enkele stappen in ieder geval doorlopen moeten worden:

- Analyse verschillende technologieën en de mogelijkheden ervan
- Analyse doelgroep en gebruik
- Opstellen programma van eisen en wensen aan de hand van de analyse
- Ontwikkelen verschillende concepten
- Ontwikkelen verschillende prototypes
- (Gebruiks)testen met behulp van prototypes
- Uitwerken tot uiteindelijk concept
- Evaluatie

1.3 OPDRACHTGEVER

Deze opdracht is uitgevoerd voor het Virtual Reality Laboratorium (VR-lab), onderdeel van Universiteit Twente.

Het VR-lab is een hightech omgeving die wordt ingezet ter inspiratie en voor het ontwikkelen van ideeën, concepten en technologieën op het gebied van interactie tussen mens en nieuwe technologieën, alsmede het faciliteren van brainstorm sessies, het in kaart brengen van problemen en oplossingen, en het maken van beslissingen.

Medewerkers, studenten en externe bedrijven maken allemaal gebruik van het VR-lab.

1.4 TERMINOLOGIE

In deze paragraaf zullen kort enkele afkortingen en begrippen worden uitgelegd die in dit vakgebied veel voorkomen, en dus in dit verslag terug zullen komen.

AR

Afkorting voor Augmented Reality, oftewel toegevoegde realiteit. Bij AR worden, doormiddel van een computer, beelden of informatie toegevoegd aan de werkelijkheid. Een voorbeeld hiervan is Google Glass.

CAD

Computer Aided Design. Technisch tekenen en ontwerpen met behulp van een computer.

FOV

Afkorting voor Field of View. De hoekgrootte die kan worden waargenomen door de ogen, een optisch instrument of een camera. Bij de mens wordt dit ook wel het gezichtsveld genoemd. Dit kan zowel horizontaal, verticaal en diagonaal worden gemeten.

FPS

Afkorting voor Frames Per Second. Dit geeft aan hoeveel keer per seconde de computer een nieuw beeld berekent. Niet te verwarren met refresh rate. Minimaal 24 FPS is nodig voor mens om beelden als vloeiend te ervaren. Optimaal is wanneer de FPS gelijk is aan de refresh rate.

HCI

Human-computer interaction. Vakgebied wat zich bezighoudt met de interactie tussen machines en de gebruikers ervan. Deze interactie gebeurt doormiddel van een interface.

HMD

Afkorting voor Head Mounted Display. Een apparaat dat op het hoofd gedragen kan worden en ten minste één display bevat. Het heeft meestal de vorm van een grote bril. Hiermee kan de gebruiker stereoscopische beelden bekijken. Meestal bevatten HMD's ook sensoren om zo bewegingen van het hoofd te meten, de output van de bril wordt hier dan op aangepast.

I/O

Staat in dit vakgebied voor input/output. I/O apparaten kunnen dus input en output geven en worden, bijvoorbeeld, gebruikt als communicatiemiddel tussen mens en computer. Een voorbeeld van een input apparaat is een computermuis, de gebruiker geeft namelijk via de muis input aan de computer. De computer verwerkt deze input wat resulteert in een translatie van de muiscursor, dit wordt weergegeven op het computerscherm, wat dus een voorbeeld van een output apparaat is.

Latency

Latency is de uitvoertijd van een bepaalde taak van het systeem, de vertraging tussen input en output.

Hoe sneller het systeem reageert op acties van de gebruiker, bijvoorbeeld het draaien van zijn/haar hoofd, hoe kleiner dus de latency. Een latency is pas merkbaar voor de meeste mensen vanaf 20 milliseconden. 50 milliseconden wordt aangehouden als acceptabele latency. [5]

Refresh rate

Dit is de frequentie waarmee een display het beeld ververst. Wanneer de refresh rate lager ligt dan de FPS, dan kunnen niet alle berekende frames worden weergegeven.

Rendering

Een uit een 3D model computer gegenereerde digitale afbeelding. Deze worden gebruikt als visualisatie van ontworpen producten en zijn vaak fotorealistisch.

Stereoscopisch

Techniek die gebruik maakt van stereoscopie. Hierbij krijgt elk oog een ander beeld te zien, deze twee beelden samen worden door de hersenen ervaren als een driedimensionaal (3D) beeld.



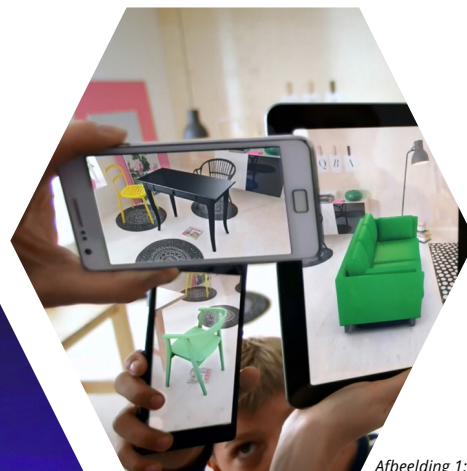
Afbeelding 2: Iemand ervaart VR doormiddel van een HMD

VE

Afkorting voor Virtual Environment. Hiermee wordt de computer gegenereerde omgeving bedoeld die door de gebruiker als een virtuele werkelijkheid wordt ervaren.

VR

Afkorting voor Virtual Reality, letterlijk vertaald; virtuele werkelijkheid. Een schijnwerkelijkheid waarin je als gebruiker een gevoel hebt van ruimtelijke aanwezigheid.



Afbeelding 1: Augmented Reality app van Ikea

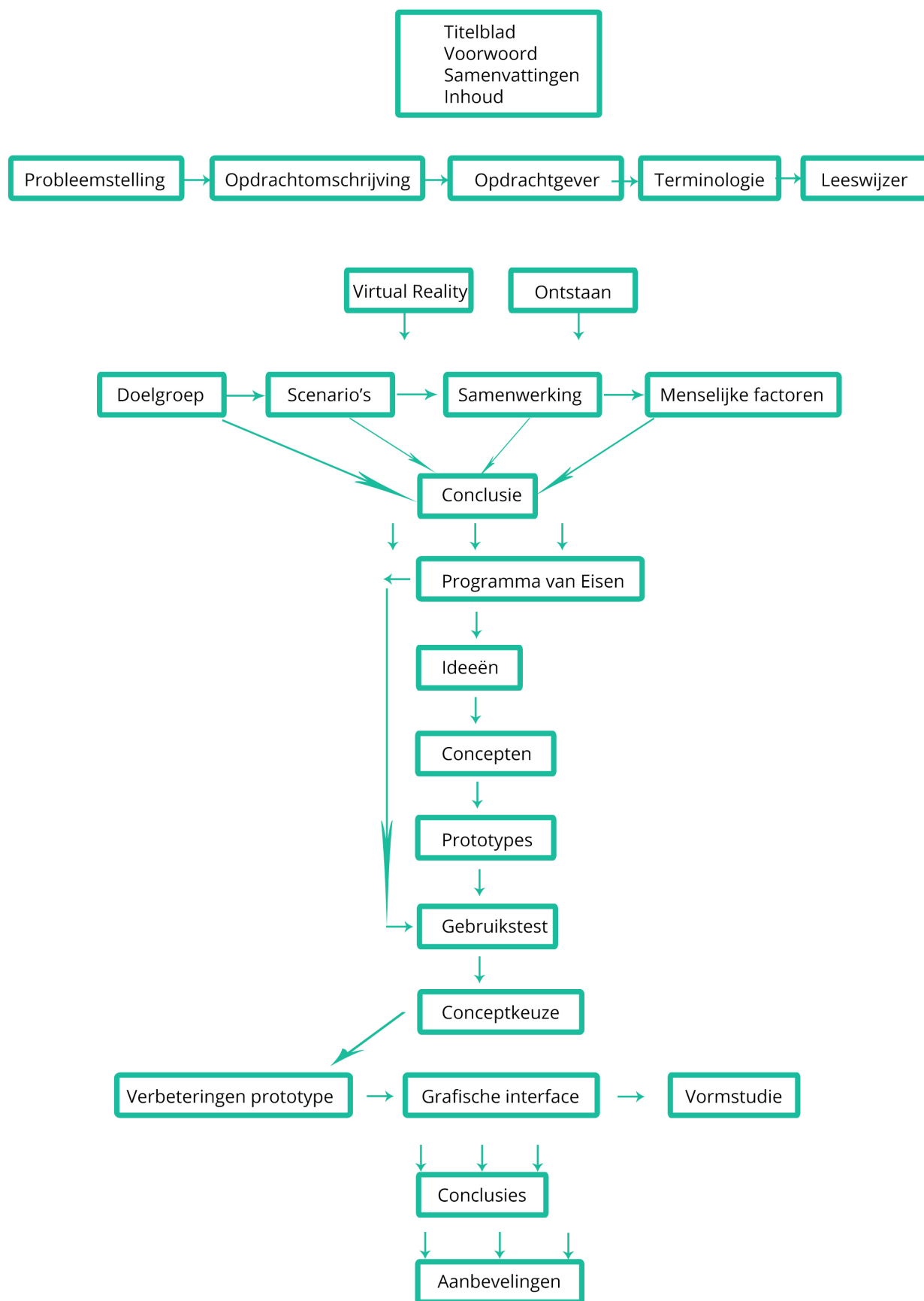


Afbeelding 3: Fotorealistische rendering

1.5 LEESWIJZER



Op de afbeelding hiernaast is de opbouw van het verslag schematisch weergegeven.



Afbeelding 4: Leeswijzer

ACHTERGROND

HOOFDSTUK 2

VR is een belangrijk onderdeel van de opdracht. In dit hoofdstuk zal daarom enkele achtergrond informatie worden gegeven met betrekking tot VR. Wat is VR, hoe werkt het en waar moet men rekening mee houden bij het ontwerpen van een toepassing voor VR.

2.1 VIRTUAL REALITY

Zoals eerder beschreven, betreft de opdracht het uitdenken en ontwerpen van een tool wat ontwerpers in staat stelt om hun CAD/3D modellen te demonstreren aan één of meerdere personen, binnen een virtuele omgeving. VR speelt dus een grote rol bij deze opdracht. In deze paragraaf wordt daarom besproken wat VR nu precies is, en welke aspecten er zoal bij komen kijken.

Hoe werkt VR?

VR is het gebruik maken van technologie om een virtuele omgeving te scheppen waarin je als gebruiker een gevoel hebt van ruimtelijke aanwezigheid. Maar hoe gaat dit nu in zijn werk?

De wereld, zoals wij die kennen, nemen wij waar doormiddel van onze zintuigen, de sensoren van de mens. Er wordt vaak aangenomen dat de mens enkel over vijf zintuigen beschikt: Gezichtsvermogen, gehoor, reukzin, smaakzin en tastzin. Deze vijf zintuigen zijn benoemd door de filosoof Aristoteles, en behoren tot de klassieke zintuigen. Echter beschikt de mens over nog meer zintuigen, zo hebben we ook thermoceptie/temperatuurzin (het waarnemen van warm en koud), nociceptie/pijnzin (het waarnemen van pijn), propioceptie/positiezin (het bewust zijn van de positie en zwaarte van je lichaam(sdelen)) en natuurlijk evenwichtszin, wat er voor zorgt dat wij kunnen blijven staan en niet omvallen. [3]

Onze hele ervaring van realiteit is een combinatie van alle zintuiglijke informatie, gekoppeld door onze hersenen. [2]

De kunst van VR is om het brein voor de gek te houden door verzonnen informatie te presenteren aan je zintuigen. Wanneer dit gebeurt krijg je te maken met een realiteit die helemaal niet echt is, een virtuele realiteit. Bij VR houden we dus onze zintuigen voor de gek door onder andere computer gegenereerde zintuiglijke informatie. Belangrijk hierbij is dat deze informatie geloofwaardig is om het gevoel van aanwezigheid in de virtuele werkelijkheid te verhogen. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een combinatie tussen hardware, software en sensoren, allemaal nauwkeurig op elkaar afgestemd. Beeld en geluid zijn de meest gebruikte zintuiglijke stimulerende factoren, omdat deze de meeste invloed hebben op de ervaring van realiteit, echter wordt er tegenwoordig ook steeds meer gekeken naar haptische systemen om de ervaring nog realistischer te maken. [1]

Wanneer verschillende zintuiglijke informatie niet overeenkomt kan cybersickness optreden. Wat dit precies is en hoe dit is te voorkomen zal verderop in het verslag besproken worden.

Wanneer is er sprake van VR?

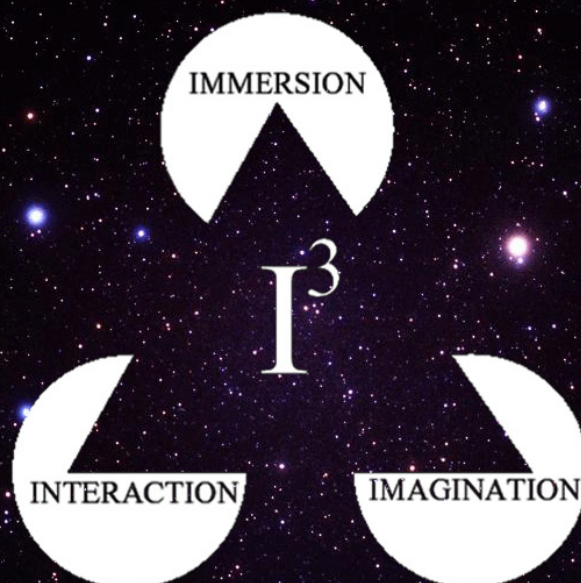
VR bestaat uit drie onderdelen die samen zorgen voor het gevoel van een virtuele realiteit; de drie I's: "Immersion", "interaction" en "imagination".

Immersion, letterlijk vertaald onderdompeling, is het gevoel van aanwezigheid bij VR. Een groter gevoel van immersie kan bereikt worden door een grote hoeveelheid en hoge kwaliteit zintuiglijke prikkels en sensaties. Een HMD met een hoge beeldschermresolutie zorgt bijvoorbeeld dus voor een grotere mate van immersie dan een vergelijkbare HMD met een lagere beeldschermresolutie. Verder hebben ook, onder andere, een lage latency, goede tracking, hoge verversingssnelheid en een wijde FOV een positieve invloed op het gevoel van immersie.

De tweede I staat voor interaction. Door de mogelijkheid van interactie onderscheidt VR zich van bijvoorbeeld een stereoscopische film. Bij VR hoeft de gebruiker niet alleen maar passief te kijken, vaak is het mogelijk om te bewegen in de virtuele omgeving, of zelfs om er van alles in te kunnen doen.

De laatste I is imagination. Verbeelding wordt vaak vergeten als element van VR, echter heeft verbeelding een belangrijke rol gespeeld in het ontstaan van VR, en is het een onmisbaar element bij de beleving van VR. De geloofwaardigheid van VR is namelijk afhankelijk van de verbeelding van de persoon. Wanneer twee personen beide via eenzelfde HMD hetzelfde zouden bekijken, kan de VR beleving per persoon toch verschillen, verbeelding is hierbij de variabele. Alle drie de I's spelen dus een grote rol bij VR, wanneer de drie de I's niet allemaal aanwezig zijn is er geen sprake van VR. [4]

Afbeelding 5: De drie I's van VR - G. C. Burdea en P. Coiffet (2003)



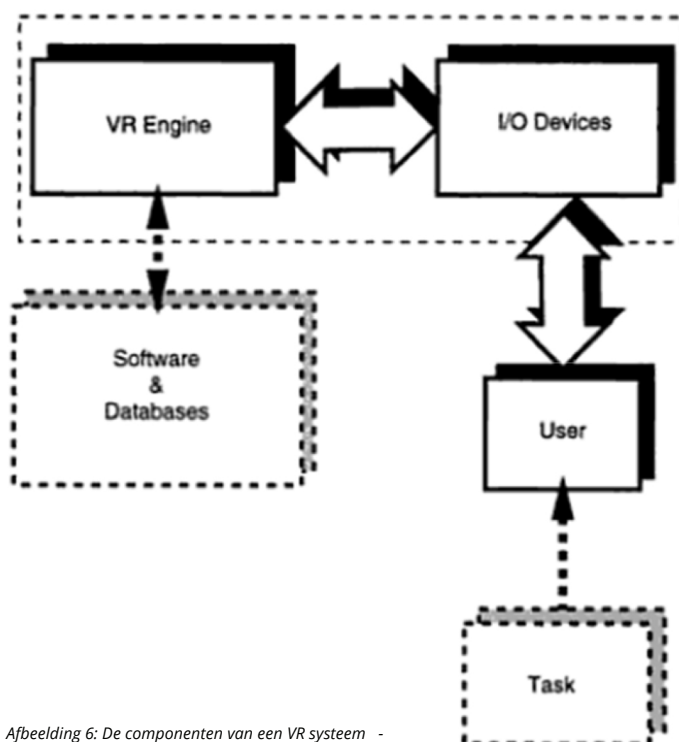
De toepassingen van VR zijn bijna oneindig. VR wordt bijvoorbeeld al tientallen jaren gebruikt bij het opleiden van mensen voor taken die normaal lastig zijn om te oefenen. Denk hierbij bijvoorbeeld aan het trainen van militairen voor gevaarlijke taken, of het opleiden van astronauten. Dit gebeurt voornamelijk doormiddel van simulators, een al oude toepassing van VR.

Buiten opleidingen zijn er uiteraard nog talloze toepassingen te bedenken van VR, zoals entertainment, medische of sociale toepassingen, en er komen met de dag steeds meer toepassingen erbij.

Een VR systeem

Hieronder zijn de vijf componenten van een basis VR systeem weergegeven. [4]

Een VR systeem bestaat altijd uit twee hoofdcomponenten, namelijk hardware en software. Hardware kan worden opgedeeld in VR engine, dit is in bijna alle gevallen een computer of smartphone met voldoende rekencapaciteit, en I/O apparaten, deze dienen als interface tussen de gebruiker en de VR engine. Via deze I/O apparaten is het voor de gebruiker mogelijk bepaalde taken uit te voeren binnen het VR systeem. Deze taken kan de VR engine dan verwerken met behulp van de software. De keuze voor de VR engine hangt af van het toepassingsgebied van het VR systeem en de gewenste I/O apparaten. Deze keuzes zullen verderop in het verslag behandeld worden.



Afbeelding 6: De componenten van een VR systeem -
G. C. Burdea en P. Coiffet (2003)

2.2 ONTSTAAN

In deze paragraaf zullen kort enkele mijlpalen worden besproken op het gebied van VR om zo meer inzicht te krijgen waar het vandaan komt, hoe het is ontstaan en op welk punt we nu zijn beland. Uitgebreidere informatie en afbeeldingen zijn te vinden in bijlage B.

1519

Sala delle Prospettive (Letterlijk vertaald: Hall der Perspectieven) uit 1519, een kamer geschilderd door Baldassare Peruzzi, waarbij men, door muurschilderingen in perspectief, het gevoel krijgt dat ze in een tempel staan, in plaats van de eigenlijke ruimte waarin ze staan. Dit geeft aan dat het idee van een virtuele realiteit al lang bestaat.[7]

1956

De eerste machine in de richting van VR stamt uit 1956 en werd ontworpen door Morton Heilig. Deze machine werd de Sensorama genoemd. De Sensorama bestond uit een display en verschillende zintuiglijke stimulators. De gebruiker van de Sensorama zat voor het display waar een stereoscopische film werd getoond met een brede kijkhoek.

De Sensorama miste echter een belangrijk component van VR; het apparaat kon niet reageren op basis van acties van de gebruiker. [8]

1960

In 1960 vroeg Morton Heilig patent aan voor het idee van een HMD (Head-Mounted Display) waarmee stereoscopische beelden bekeken konden worden in combinatie met stereo geluid en zelfs het gevoel van wind erbij. Dit patent toont het veel overeenkomsten met huidige HMD's. [10]

1961

In 1961 werd door Comeau en Bryan van Philco Corporation de eerste HMD gemaakt, deze werd 'Headsight' genoemd. De Headsight bestond uit in helm met een CRT scherm er aan vastgemaakt. Verder was er ook een magnetisch volgsysteem om de bewegingen van het hoofd van de gebruiker te volgen, dit was gekoppeld aan een camera systeem. [9]

1968

1968 wordt gezien als het geboortjaar van VR. In dit jaar werd door de computerwetenschapper Ivan Sutherland en een student van hem, Bob Sproull, een prototype gebouwd van de eerste HMD waar sprake was van een virtuele realiteit, "The Sword of Damocles". [11]

1977

In 1977 werd de Aspen Movie Map ontwikkeld, een soort Google Streetview waarbij de gebruiker een virtuele reis door de stad Aspen kon maken. Dit systeem wordt beschouwd als de eerste simulatie van de werkelijkheid.

1984

Door Jaron Lanier werd het bedrijf VPL Research opgericht. Dit bedrijf was een van de eerste bedrijven die zich bezig hield met de ontwikkeling en verkoop van VR producten. Zo ontwikkelde VPL Research ook werelds eerste commerciële HMD. [13]

1987

In 1987 werd de term 'Virtual Reality' voor het eerst pas in gebruik genomen door Jaron Lanier.[12]

1992

In 1992 werd de CAVE ontwikkeld, een nog altijd veel gebruikte vorm van VR. De CAVE is een vorm van VR zonder HMD en bestaat uit een kamer waarbij stereoscopische beelden worden geprojecteerd op de muren. Om deze beelden in 3D te bekijken, moet de gebruiker een actieve 3D bril dragen. [14]

Vanaf de jaren 90 kwam de ontwikkeling van VR voor consumenten stil te staan, alleen voor wetenschappelijke, militaire en educatieve doeleinden werd nog ontwikkeld. Het concept was aantrekkelijk, maar om de massa te bereiken was de techniek nog in een te vroeg stadium om echt door te breken. Verder werd VR in de jaren 90 overschaduwd door de komst van een andere techniek, namelijk het World Wide Web, die samen met de opmars van de personal computer voor een revolutie heeft gezorgd. Tot in 2012, het jaar waarin Palmer Lucky een Kickstarter-project aanmaakte voor de Oculus Rift, wat VR voor consumenten weer helemaal op de kaart heeft gezet en heeft gezorgd voor een grote opmars in VR producten. [15]

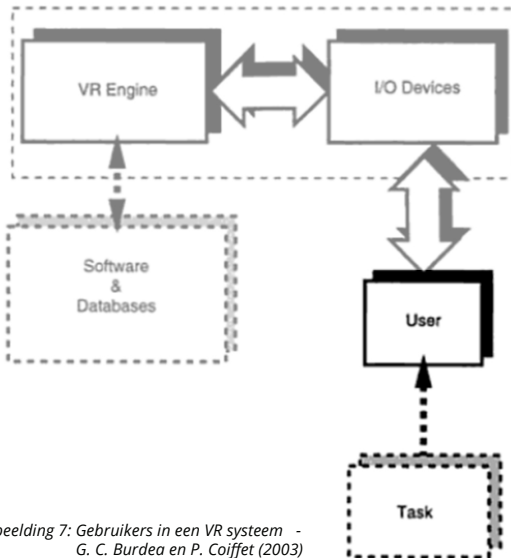
ANALYSE

HOOFDSTUK 3

In dit hoofdstuk zullen verschillende analyses worden besproken die zijn uitgevoerd. Deze analyses zijn uitgevoerd om ideeën op te doen voor de conceptfase, en om eisen op te stellen voor het te ontwerpen product.

Voor een volledige analyse zullen alle componenten van een VR systeem aan bod komen in dit hoofdstuk.

3.1 DOELGROEP



Afbeelding 7: Gebruikers in een VR systeem -
G. C. Burdea en P. Coiffet (2003)

De doelgroep analyse is bedoeld als afbakening voor het, bij deze opdracht, te ontwerpen product. De doelgroep zijn de eindgebruikers van het te ontwerpen product, de 'User' binnen een VR systeem.

Zoals in hoofdstuk 1 beschreven, betreft de opdracht het uitdenken en ontwerpen van een 'product' wat ontwerpers in staat stelt om hun CAD/3D modellen te demonstreren binnen een virtuele omgeving.

Deze opdracht geeft echter weinig aanleiding tot afbakening, daarom is ervoor gekozen deze ook niet te veel zelf af te bakenen, maar juist zo breed mogelijk te houden. We nemen daarom ontwerpers in de breedste zin van het woord.

Dit heeft als gevolg dat het verwachte eindproduct bruikbaar moet zijn voor een breed scala aan mensen met grote verschillen in leeftijd, kennis en ervaring. Echter kunnen er wel veel mensen tegelijk worden bereikt met een product was is ontworpen voor een brede doelgroep.

De toekomstige gebruikers zijn dus mensen die iets met CAD of 3D modellen te maken hebben. Deze groep gebruikers varieert van studenten tot hobbyisten tot werknemers van bedrijven in de industriële sector. Al deze gebruikers samen vormen de doelgroep. Vanwege deze brede doelgroep moet er van een zo laag mogelijke voorkennis worden uitgegaan.

Naar aanleiding van deze doelgroep, kunnen er twee eisen worden opgesteld om de opdracht toch iets af te bakenen; de leeftijd van de eindgebruiker ligt tussen de 16 (Beginnende studenten) en 65 jaar (AOW leeftijd) en er wordt ervan uitgegaan dat de toekomstige gebruikers ooit in aanraking zijn geweest met een CAD/3D programma.

Deze brede doelgroep heeft als gevolg dat het te ontwerpen product zo intuïtief mogelijk moet zijn. Dit wordt bereikt wanneer de gebruiker onbewust voorkennis kan toepassen op het product en cognitieve overbelasting wordt voorkomen. [22]

3.2 SCENARIO'S

Om meer inzicht te krijgen in de gebruiksmogelijkheden zullen er enkele scenario's worden beschreven. Deze scenario's kunnen ook zorgen voor nieuwe inzichten en eisen/wensen voor het ontwerp. Er zullen in totaal drie scenario's worden beschreven, die elk een andere manier van gebruik zullen beschrijven.

Scenario 1 - Product presentatie

Dennis is CEO van een elektronicabedrijf en moet een presentatie geven van een product wat binnenkort op de markt zal verschijnen. Omdat het een bedrijf betreft met veel internationale connecties, is het niet voor iedereen mogelijk om fysiek aanwezig te zijn. Daarom heeft Dennis ervoor gekozen de presentatie te doen met behulp van VR. Op deze manier is het toch voor iedereen mogelijk om de presentatie bij te wonen en het product goed voor zichzelf te bekijken. Op een van tevoren afgesproken tijdstip kunnen uitgenodigde mensen dan een HMD opzetten om de presentatie bij te wonen. Ze zien dan een realistisch 3D model van het product, inclusief belichting, materialen en omgeving. Ondertussen kunnen ze naar de presentatie van Dennis luisteren, hij heeft de mogelijkheid het ontwerp verbaal te presenteren, ondertussen kan hij zijn presentatie ondersteunen doormiddel van het aanwijzen van onderdelen en het tonen van afbeeldingen. Tijdens de presentatie is het mogelijk om vragen te typen voor Dennis, hij heeft dan de

mogelijkheid deze tijdens de presentatie te beantwoorden.

Op het eind is het voor de toeschouwers mogelijk om om de beurt verbaal vragen te stellen.

Scenario 2 - Feedback

John is werknemer bij een ontwerp bureau. Meestal is iedereen druk bezig met zijn eigen taak. Iedereen heeft echter zijn eigen vaardigheden, en dus vragen ze elkaar vaak om feedback en hulp.

Voor een opdracht is John bezig met het 3D modelleren van een ontwerpvoorstel. Over een onderdeel van het model is hij helaas niet helemaal tevreden, daarom wilt hij graag feedback van enkele collega's.

Niet alle collega's hebben altijd meteen tijd, daarom maakt het bedrijf gebruik van een VR tool. John kan met deze tool zijn 3D modellen eenvoudig besturen en bekijken met onder andere een HMD. Dit doet John vanuit zijn bureaustoel op zijn normale werkplek.

Ook kan John zijn 3D model eenvoudig linken aan deze tool en enkele mensen uitnodigen om er feedback op te geven. Zij kunnen dan, op een moment wat goed uitkomt, het model met behulp van VR bekijken. Net als bij een 3D programma is het mogelijk om het model van alle kanten te bekijken en te zoomen. Verder zijn er ook verschillende visualisatie weergaves. Daarnaast is het ook mogelijk om er non verbale feedback en aantekeningen bij te plaatsen. Zodra iemand feedback of aantekeningen heeft geplaatst kan John deze gelijk bekijken.

Scenario 3 - Vergadering

Bij hetzelfde ontwerpbureau als waar John werkt hebben ze ook iedere week een vergadering waarbij iedereen zijn of haar ideeën laten zien. Om productiviteit te verhogen wordt er gebruik gemaakt van een VR tool. Het maken van zicht modellen en maquettes wordt hiermee in veel gevallen overbodig, wat tijdswinst oplevert binnen een ontwerptraject.

De vergadering wordt, zoals een normale vergadering, begeleid door een voorzitter.

Iedereen kan kort zijn of haar idee of ideeën laten zien en er verbale uitleg bij geven. Ook is het mogelijk om onderdelen van het model aan te wijzen binnen de VE.

Wanneer er daarna over de ideeën vergaderd wordt, is het voor de persoon die aan het woord is mogelijk om iemand zijn model erbij te pakken om dingen te laten zien. Dit kan gebruikt worden om zijn of haar verhaal te ondersteunen of om gerichtere vragen te stellen.

De communicatie bij de vergadering verloopt, zoals bij een normale vergadering, verbaal. Echter is het voor de leden altijd mogelijk non verbale feedback aan een model toe te voegen of er een vraag bij te stellen.

De tool genereert, aan het eind van de vergadering, automatisch een logboek van alle gebeurtenissen van de vergadering.

Conclusie

Het kunnen zien van diepte bij een CAD/3D model is interessant en zal voor de gebruiker in sommige gevallen een nieuwe kijk geven.

Een dergelijke tool kan echter in verschillende scenario's van toegevoegde waarde zijn. Het is niet meer vereist om fysiek aanwezig te zijn, en het geeft een duidelijke en realistische visualisatie van het model. In veel gevallen zal het maken van een zicht model of maquette daarom overbodig worden, wat resulteert in tijdswinst.

Controle over het model is erg belangrijk en een van de hoofdpunten van de opdracht. Rotatie en translatie in alle richtingen moet mogelijk zijn. De mogelijkheid tot het aanwijzen van onderdelen van het model is ook van belang om de communicatie te verduidelijken. Verder is ook de structuur van communicatie erg belangrijk om bijvoorbeeld een vergadering goed te laten verlopen.

Het implementeren van een feedback tool kan zorgen voor een verhoogde productiviteit en voegt dus veel waarde toe.

3.3 VR SAMENWERKING

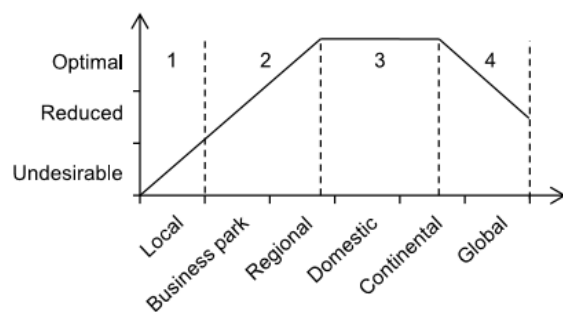
Een tool om CAD/3D modellen te demonstreren aan één of meerdere personen binnen een virtuele omgeving creëert een nieuwe vorm van samenwerking welke in veel situaties nuttig kan zijn. In de vorige paragraaf zijn hier enkele voorbeelden van gegeven. In deze paragraaf wordt ingegaan op enkele aspecten die hier een rol bij spelen.

Afstand

Een belangrijk aspect van samenwerking is afstand. Een kleine fysieke afstand tussen twee personen bevordert samenwerking. Overleggen en het uitwisselen van informatie is dan namelijk relatief eenvoudig.

Wanneer twee personen zich bijvoorbeeld in een andere stad bevinden, wordt samenwerking al een stuk lastiger. Door de toegenomen fysieke afstand is het overleggen en het uitwisselen van gegevens en informatie ingewikkelder. Een goede communicatie wordt dan nog belangrijker.

Door gebruik te maken van VR, wordt het nadeel van een grotere fysieke afstand aanzienlijk verkleind, omdat er een VE kan worden gecreëerd waarin iedereen, ongeacht afstand, aanwezig kan zijn.



Afbeelding 8: Optimale afstand voor samenwerking op afstand. [23]

In afbeelding 8 is te zien wanneer samenwerking op afstand het meest optimaal is. [23]

Hieruit is af te lezen dat wanneer de fysieke afstand klein is, samenwerking op afstand weinig waarde heeft. Het hebben van persoonlijk contact weegt namelijk zwaarder. Wanneer de afstand groter wordt, en fysiek aanwezig zijn dus een stuk lastiger wordt, is samenwerking op afstand gewenst. Toch is er bij een hele grote afstand een daling waar te nemen in de grafiek. Dit heeft te maken met latency, bij een grotere afstand neemt ook de tijd tussen het verzenden en ontvangen van informatie toe. Een hoge latency is storend bij samenwerking op afstand. Echter wordt dit probleem steeds kleiner naarmate internetsnelheden steeds hoger komen te liggen.

Tijdwinst

Productontwerpen is een proces welke bestaat uit vier opvolgende fasen: de voorfase, de ontwerpfasen, de detailleringfase en de afwikkelingsfase. [24]

De markt voor producten verandert constant en is daarmee erg dynamisch. Om hierop in te spelen is het voor bedrijven van belang om een kort ontwikkelingsproces te hebben. Hierdoor wordt het ontwikkelen van producten goedkoper en is het voor bedrijven makkelijker om mee te gaan met veranderingen in de markt.

Door VR te gebruiken, kan een ontwerptraject worden verbeterd en versneld. Samenwerking met collega's op afstand is mogelijk en het maken van fysieke prototypes wordt in veel gevallen overbodig. En doordat communiceren met collega's makkelijker wordt, en het betrekken van klanten bij het ontwikkeltraject eenvoudiger, neemt de kwaliteit van de producten ook toe. [25]

Interacties

Voor het demonstreren van CAD/3D modellen en het ondersteunen van samenwerking, moet de tool de daarvoor benodigde functionaliteiten bevatten.

Om samenwerking en demonstratie via VR goed te laten verlopen is er gekeken naar de verschillende vormen van interactie bij normale samenwerking, deze zijn hieronder gegeven: [23]

- Verbale communicatie
- Non verbale communicatie
- Maken van oogcontact
- Luisteren
- Gebaren en aanwijzen
- Maken van aantekeningen
- Delen van aantekeningen
- Delen van feedback
- Delen van informatie
- Delen van fysieke objecten

Deze vormen van interactie zijn dus van belang bij samenwerking, het is dus wenselijk deze vormen van interactie zoveel mogelijk te implementeren als functionaliteiten van de tool. Objecten binnen de VE worden dan beschouwd als fysieke objecten.

3.4 MENSELIJKE FACTOREN

Het te ontwerpen product kan worden gezien als een interface tussen de gebruiker en de virtuele omgeving, daarmee valt het onder HCI. Om tot een goed product te komen moet er dus worden gekeken naar de menselijke factoren die hierbij meespelen. De menselijke factoren die van belang kunnen zijn bij het te ontwerpen product, zullen hieronder kort worden beschreven.

Het menselijk oog

Gezichtsvermogen heeft, van alle zintuigen van de mens, de meeste invloed op het gevoel van immersie. Het gezichtsveld van een mens heeft grofweg de vorm van een ovaal gebied. Het menselijk gezichtsveld heeft een maximale verticale FOV van ongeveer 120° , dit is het visuele limiet van de mens zonder het hoofd te bewegen. Het horizontale visuele limiet is in totaal, dus met beide ogen gecombineerd, ongeveer 200° . Door de FOV van beide ogen te combineren ontstaat er een binoculair gebied van 120° wat er voor zorgt dat de mens goed diepte kan waarnemen.

De FOV van de mens wanneer er recht vooruit wordt gekeken, zonder de ogen te bewegen, is verticaal 55° en horizontaal 60° . Zittend in ruststand kijken we niet recht vooruit, maar iets naar beneden, met een hoek van ongeveer 15° . [6]

Deze hoek van 15° graden is erg wenselijk om mee te nemen in het ontwerpproces. Objecten binnen de VE loodrecht voor de ogen weergegeven zal dus op termijn eerder

voor vermoeidheid zorgen bij de gebruiker. Het optimale werkgebied komt dus iets schuin te liggen.

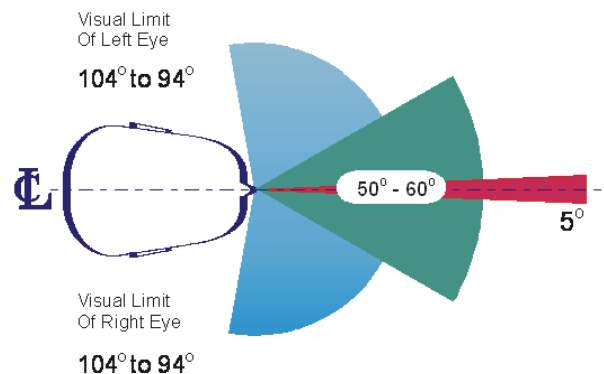
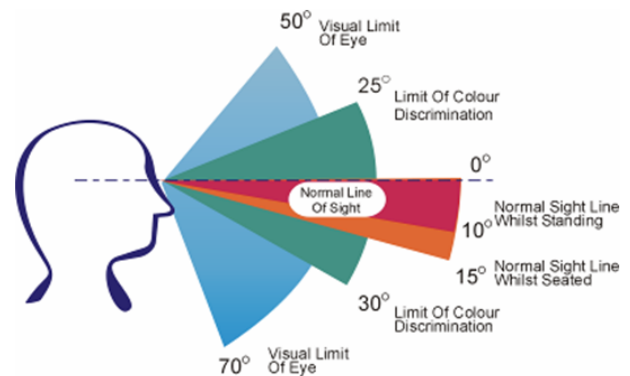


Figure 10.22: Vertical Field of View



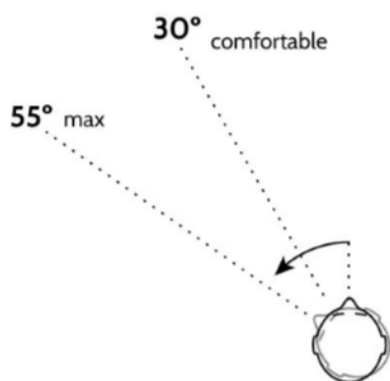
Afbeelding 9: Gezichtsvelde van de mens.

Content gebieden

Het indelen van een VE is een stuk lastiger dan het creëren van een 2D interface voor de desktop. Een VE zonder content is namelijk een 'oneindige' lege ruimte, helemaal om de gebruiker heen. Echter wil je als gebruiker niet constant alle kanten op moeten kijken. Daarom is het van belang om verschillende content gebieden te definiëren.

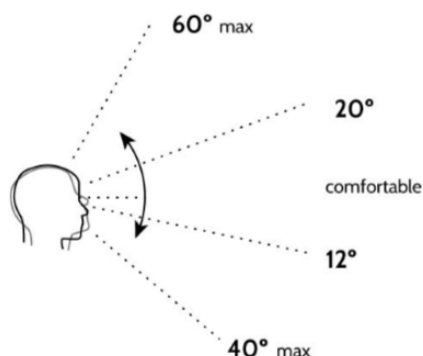
Zoals eerder is beschreven heeft de mens een verticaal visueel limiet van 120° en een horizontaal visueel limiet van 200° . Dit geeft dus het gebied wat een mens kan bekijken zonder zijn of haar hoofd te roteren. Wanneer men een HMD draagt wordt dit gebied echter een stuk kleiner. De Oculus Rift DK2 bijvoorbeeld, heeft een horizontale FOV van ongeveer 94° en een verticale FOV van ongeveer 106° . [20]

Verder speelt ook comfort een belangrijke rol bij het bepalen van de content gebieden. De mens kan zijn of haar hoofd ongeveer 55° draaien naar links en rechts, gemeten vanaf het midden. Echter wordt het vanaf 30° niet meer als comfortabel beschouwd.



Afbeelding 10: Comfort horizontale rotatie hoofd.

Het hoofd naar boven draaien kan tot 60° , maar is vanaf 20° al niet meer comfortabel. Naar beneden toe kan tot maximaal 40° en is tot 12° comfortabel.



Afbeelding 11: Comfort verticale rotatie hoofd.

Als we deze gegevens samenvoegen met de FOV van de Oculus Rift DK2, komen we uit op een comfortabel horizontaal gebied van 77° en een maximaal horizontaal gebied van 102° , gemeten vanaf het midden. Verder dan deze 102° kan alleen bekeken worden wanneer de gebruiker zijn of haar lichaam draait. [21]

Verder wordt door Oculus aangeraden content te plaatsen op een afstand tussen de 0.75 en 3.5 meter binnen de VE, dit is het meest comfortabel voor de ogen van de gebruiker en geeft een goede beleving van 3D. [22] De beleving van 3D wordt minder bij objecten die op een afstand van meer dan 10 meter staan. [21]

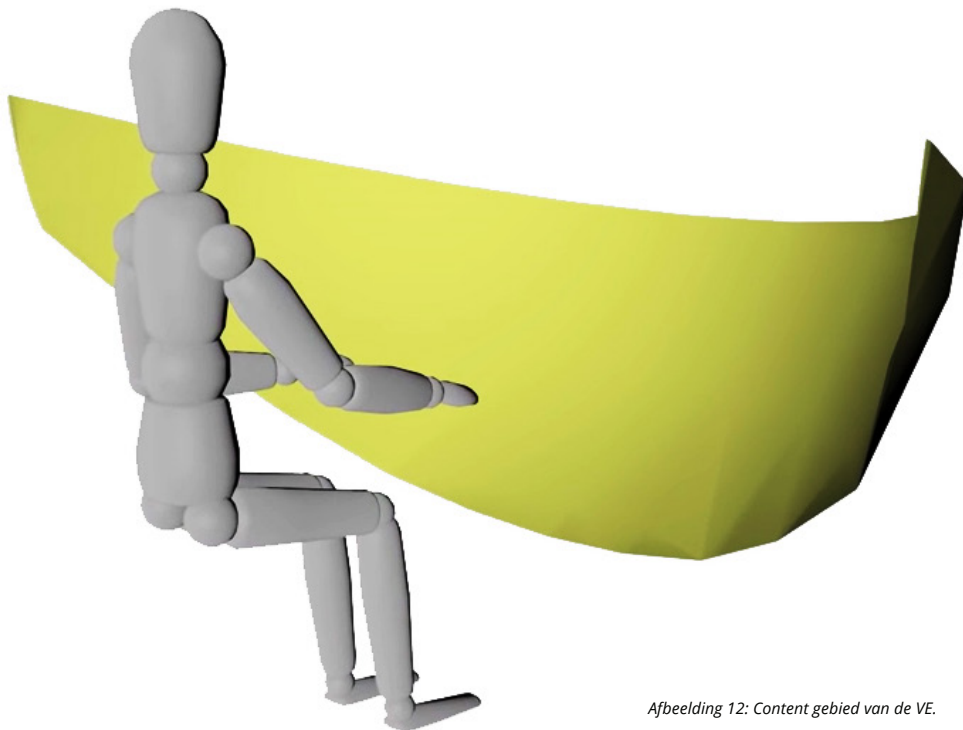
De maximale afstand waarbij een object waarneembaar is verschilt per HMD, en kan eenvoudig worden berekend met behulp van de volgende formule.

$$d = \tan \left[90^\circ - \left(\frac{FOV}{.5R} \right) \right] \cdot \frac{IPD}{2}$$

- d = Maximale waarneembare afstand.
- FOV = Horizontale FOV van de HMD.
- R = Horizontale resolutie van display.
- IPD = Afstand tussen beide pupillen.

Voor de meeste HMD's geldt $d = 20$. Dit houdt in dat vanaf 20 meter afstand geen diepte meer kan worden waargenomen binnen de VE. Deze afstand kan worden beschouwd als de horizon van de VE.

Door de informatie van het menselijk oog en comfortabele bewegingen van het hoofd samen te voegen, kan er een content gebied gedefinieerd worden voor een zittend persoon. Deze is hieronder geïllustreerd. Het is dus van belang objecten van de VE en de interface zoveel mogelijk binnen dit gebied te plaatsen.



Afbeelding 12: Content gebied van de VE.

Cybersickness

Cybersickness is een veelvoorkomend probleem bij VR. Het kan vergeleken worden met wagenziekte, en heeft ook dezelfde symptomen; misselijkheid, duizelig, desoriëntatie, vermoeidheid en hoofdpijn. Net als bij wagenziekte heeft de ene persoon er meer last van dan de andere.

Zoals eerder beschreven, is de kunst van VR om het brein voor de gek te houden door verzonnen informatie te presenteren aan je zintuigen. Als deze informatie van verschillende zintuigen niet goed overeenkomt kan cybersickness optreden. Bijvoorbeeld, wanneer iemand een achtbaan ritje bekijkt met behulp van een HMD, terwijl hij/zij zit, klopt de informatie van het evenwichtsorgaan niet met het beeld wat de persoon ziet en treed al snel duizeligheid op. Hoe groter de mismatch tussen zintuiglijke informatie, des te groter wordt de kans op cybersickness.

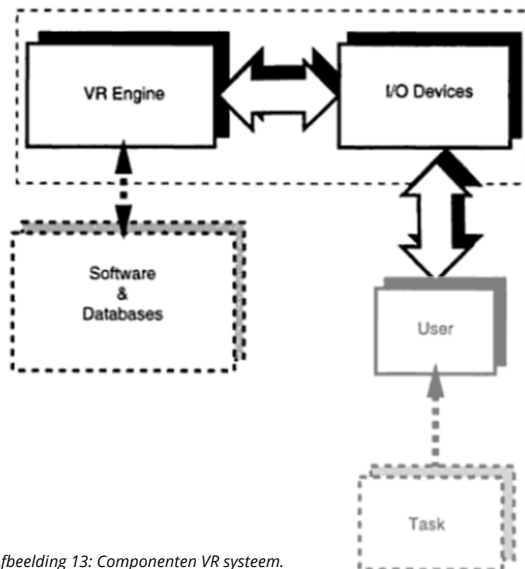
Het te ontwerpen product zal op regelmatige basis worden gebruikt, cybersickness is onprettig en moet dus zoveel mogelijk worden voorkomen om een prettige ervaring te kunnen bieden.

Om tot een goed ontwerp te komen met minimale cybersickness, moet er gekeken worden naar welke factoren er allemaal een grote rol bij spelen. De eerste factor is de mate van mismatch, hoe meer beweging er plaatsvindt binnen de VE, des te groter de kans op een mismatch tussen zintuiglijke informatie en dus cybersickness.

Snelle rotaties en plotselinge bewegingen moeten dus zo veel mogelijk worden voorkomen. Verder moet ook de tracking van bewegingen zo nauwkeurig mogelijk zijn om de kans op cybersickness te verminderen, hiervoor is goed hardware met een lage latency (< 50 milliseconden) en een stabiele FPS. Om immersie te kunnen ervaren is minimaal 15 FPS gewenst, echter worden beelden pas echt ervaren als vloeiend vanaf 24 FPS. Toch is in de meeste gevallen 60 FPS wenselijk, dit geeft een hogere nauwkeurigheid van bewegingen, en is bij snelle bewegingen ook prettiger voor de gebruiker. Echter is hier wel snellere hardware voor nodig. [19]

Een andere factor is de blootstellingstijd aan VR. Uit onderzoek is gebleken dat de kans op cybersickness het hoogst is in het eerste uur van blootstelling aan VR. Echter schijnt het lichaam zich naar verloop van tijd aan te passen, waardoor de gevoeligheid voor een mismatch afneemt. Ook wanneer iemand herhaaldelijk wordt blootgesteld aan VR neemt de gevoeligheid voor een mismatch af. [18]

3.5 HUIDIGE TECHNIEKEN



Afbeelding 13: Componenten VR systeem.

Hierboven zijn nogmaals de vijf standaard componenten weergegeven van een VR systeem. 'User' en 'Task' zijn reeds besproken in paragraaf 3.1 tot en met 3.3. In deze paragraaf zal er gekeken worden naar verschillende I/O apparaten met betrekking tot VR en welke technieken bij deze apparaten gebruikt worden. Van deze technieken zullen de voor en nadelen worden besproken met betrekking tot de opdracht.

Ook zullen de componenten 'VR Engine' en 'Software & Databases' kort worden besproken in deze paragraaf.

Output apparaten

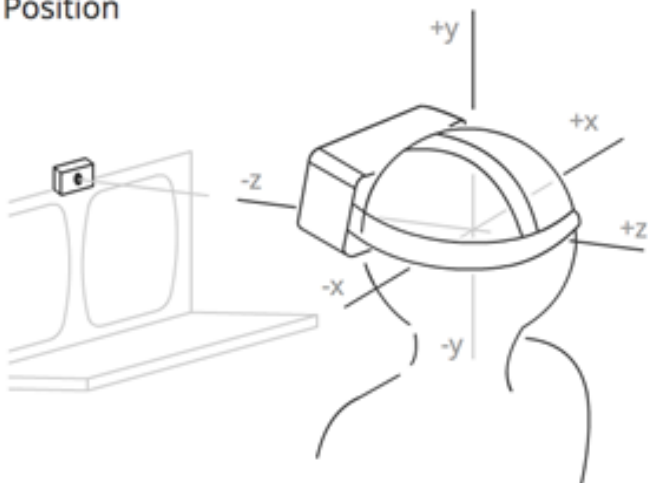
Output apparaten brengen gegevens over van de computer naar de zintuigen van de gebruiker. Naast HMD's zijn er ook een hoop andere output apparaten voor VR, bijvoorbeeld de CAVE (Paragraaf 2.2). Echter is het gebruik van een HMD een eis van de opdracht. Een HMD kan namelijk vanuit een bureaustoel op eigen werkplek worden gebruikt. Er is dus geen aparte kamer nodig om VR te kunnen ervaren.

De meest interessante HMD's zullen daarom besproken en vergeleken worden.

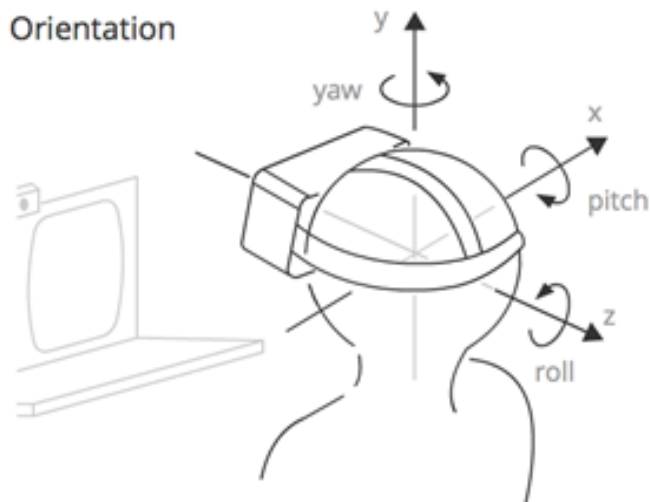
HMD

Een HMD is behalve een output apparaat tegelijkertijd ook een input apparaat, het kan namelijk bewegingen van het hoofd meten, de output wordt hierop aangepast. Hiervoor zijn twee verschillende sensoren nodig; de gyroscoop en versnellingsmeter, vaak nog aangevuld met een magnetometer. De gyroscoop kan met drie assen meten hoeveel het hoofd gedraaid of gekanteld is, weergegeven met yaw, pitch en roll. De gyroscoop is erg nauwkeurig, maar heeft één groot onvermijdelijk nadeel; het heeft last van drift. Dit geeft een hele kleine afwijking in de metingen. Deze kleine afwijking lijkt onschuldig, maar naar verloop van tijd zal de afwijking in de metingen steeds groter worden en dus ook merkbaar voor de gebruiker, wat zorgt voor desoriëntatie. Dit is niet wenselijk en moet daarom worden voorkomen.

Position



Orientation



Afbeelding 14: Positie en oriëntatie bij een HMD.

Een HMD bevat daarom ook altijd een versnellingsmeter, en in veel gevallen ook een magnetometer.

Met behulp van deze extra sensoren kan gemeten worden wanneer er drift optreedt, en kan dit worden gecorrigeerd. Zo kan dus uiteindelijk de absolute (relatief tot de aarde) oriëntatie van het hoofd worden gemeten, zonder drift. Sommige HMD's komen ook met een positie tracker, die in staat is de absolute of relatieve positie van het hoofd te meten. Dit creëert extra vrijheidsgraden, waardoor het voor de gebruiker mogelijk is om bijvoorbeeld zijn of haar hoofd naar voren te bewegen om een object van dichtbij te bekijken.

HMD's zijn in twee hoofdcategorieën in te delen. Mobile based HMD's en computer based HMD's.

Mobile based HMD's maken gebruik van een smartphone. De meeste smartphones bevatten namelijk al alle hardware componenten die nodig voor een HMD, namelijk; een gyroscoop, een versnellingsmeter, een magnetometer, een display en een processor. De smartphone zelf is dus ook gelijk de 'VR Engine'. De gebruiker heeft enkel nog een behuizing nodig met de

mobile based HMD's is dat de kwaliteit van de smartphone veel invloed heeft op de VR ervaring. Zo zal een smartphone met een HD scherm een lager gevoel van immersie geven dan een smartphone met een QHD scherm, ook zijn de processors in smartphones niet snel genoeg voor zwaardere applicaties. Omdat er veel soorten smartphones zijn met allemaal verschillende specificaties is het bijna onmogelijk om de volledige potenties van mobile based HMD's te gebruiken.

Computer based HMD's bestaan uit een HMD met ingebouwd hoge resolutie scherm, sensoren en lenzen. Deze HMD moet worden gekoppeld aan een computer die fungeert als 'VR Engine' en zorgt voor aansturing van het beeld en eventueel geluid. Omdat computers een stuk krachtiger zijn dan smartphones, is een computer based HMD in staat zwaardere applicaties te draaien dan een smartphone based HMD. Door minimale systeemeisen te stellen aan de computer, is het voor ontwikkelaars ook makkelijk om applicaties te ontwikkelen die de volledige potentie van de HMD gebruiken. Echter zijn computer based HMD's ook een stuk duurder en heb je hier ook een krachtige computer voor nodig.

Voor deze opdracht zijn enkele HMD's geanalyseerd om te bepalen welke het meest geschikt is. De belangrijkste bevindingen zullen hieronder besproken worden.

De meeste HMD's op de markt zijn mobile based HMD's. Mobile based HMD's zijn namelijk een erg goedkope manier om VR te ervaren. De Samsung Gear VR en Google Cardboard zijn hier waarschijnlijk de meest bekende voorbeelden van. De Samsung Gear VR kost net geen 100 euro (Maart 2016), en is daarmee de duurste mobile based HMD die verkrijgbaar is. De Google Cardboard is al voor minder dan 10 euro te koop.

Qua prijs zijn mobile based HMD's dus erg aantrekkelijk, er zijn echter enkele grote nadelen aan verbonden.

Het grootste nadeel van mobile based HMD's is dat de gebruiker afhankelijk is van de hardware van zijn of haar smartphone. Een persoon met een low-end telefoon zal een mindere VR beleving hebben dan een persoon met een high-end telefoon. De belangrijkste factoren hierbij zijn de kwaliteit en resolutie van het scherm, en de snelheid van de processor. Omdat er zoveel soorten smartphones zijn is optimalisatie van de software moeilijk.

Bij Samsung hebben ze dit opgelost door de Gear VR alleen compatibel te maken met enkele high-end Samsung telefoons. Zo kan er gerichtere en geoptimaliseerde content ontwikkeld worden. De gebruiker is hierdoor echter verplicht een high-end Samsung telefoon aan te schaffen indien hij of zij er

geen in bezit heeft.

Hoewel de ontwikkeling op het gebied van smartphones erg snel gaat, ligt de grafische snelheid van smartphones nog altijd stukken lager dan die van moderne desktop computers. Hierdoor liggen de mogelijkheden van mobile based HMD's een stuk lager dan die van computer based HMD's.

Het weergeven van CAD/3D modellen vergt erg veel rekenkracht. Om het gevoel van immersie, en dus de kwaliteit van de VR ervaring, hoog te houden, is ervoor gekozen om mobile based HMD's verder buiten beschouwing te laten bij deze opdracht.

Voor deze opdracht wordt er nu dus gekeken naar twee interessante computer based HMD's: De Oculus Rift en de HTC Vive.

Beide HMD's zullen rond april 2016 beschikbaar zijn voor de consument, en zijn de prijs en specificaties al van bekend.

Verder zijn er nog enkele andere HMD's, zoals de Sony PlayStation VR en de FOVE. Deze worden echter buiten beschouwing gelaten, omdat er op het moment van schrijven weinig concrete informatie over te vinden is. Veel HMD's bevinden zich namelijk nog in de ontwikkelingsfase.

Afbeelding 15: Oculus Rift.



Oculus Rift (Consumentenversie)

Voordelen:

- Hoge resolutie en verversingssnelheid (1080x1200 op 90Hz per oog)
- Ingebouwde hoofdtelefoon
- Ingebouwde microfoon
- Meegeleverde positie tracker
- 110° FOV (Diagonaal)
- Groot aanbod applicaties
- Geleverd met controller en afstandsbediening

Nadelen:

- Niet draadloos
- Hoge prijs van 699 euro
- Hoge systeemeisen aan computer

[26]

Afbeelding 16: HTC Vive.



HTC Vive

Voordelen:

- Hoge resolutie en verversingssnelheid (1080x1200 op 90Hz per oog)
- Ingebouwde camera
- 110° FOV (Diagonaal)
- Laser positie sensoren voor positie tracking binnen een ruimte
- Geleverd met twee draadloze controllers

Nadelen:

- Niet draadloos
- Hoge prijs van 899 euro
- Hoge systeemeisen aan computer
- Geen ingebouwde microfoon
- Geen ingebouwde hoofdtelefoon

[27]

Qua specificaties liggen de Oculus Rift en de HTC Vive erg dicht bij elkaar. De resolutie en refresh rate van het scherm is precies hetzelfde, net als de FOV. Beide HMD's zullen dus een vergelijkbaar gevoel van immersie geven.

Het grootste verschil tussen de twee headsets is de tracking. De HTC Vive is vooral ontworpen voor tracking binnen een ruimte/kamer, terwijl de Oculus Rift is ontworpen voor vooral zittend gebruik. Hierdoor sluit de Oculus Rift beter aan bij, in paragraaf 3,2, beschreven scenario's.

Verder bevat de Oculus Rift ook een ingebouwde microfoon en hoofdtelefoon, in tegenstelling tot de HTC Vive die enkel een hoofdtelefoon/microfoon aansluiting bevat. De aanwezigheid van een hoofdtelefoon en microfoon maakt de Oculus Rift een stuk completer en geschikter voor VR samenwerking.

Input apparaten

Er bestaan talloze input apparaten. Denk hierbij aan onder andere aan een computermuis, toetsenbord, joystick of een microfoon. Al deze apparaten zijn voor verschillende doeleinden ontworpen en hebben een andere manier van interactie.

Voorbijcomputergebruik is de toetsenbord en muis combinatie ook de meest gebruikelijke interface. Met behulp van de muis kan de gebruiker de X en de Y locatie van de cursor op het scherm aanpassen en dingen wijzigen. Het toetsenbord stamt af van de typemachine, en was zo al een bekende invoermethode voor tekst, nog voor de komst van de pc.

De komst van VR vraagt ook om de komst van nieuwe input apparaten. Enkele interessante input apparaten die al bestaan voor VR zullen kort worden besproken, en vervolgens zal er gekeken worden naar veelvoorkomende technieken achter input apparaten, om zo een beeld te krijgen van de mogelijkheden.

Afbeelding 17: Oculus Touch controllers.



Oculus Touch

Uit analyse is gebleken dat de Oculus Rift, voor deze opdracht, de meest interessante HMD is. Daarom worden de door Oculus aangekondigde controllers kort besproken. Deze controllers zullen eind 2016 beschikbaar zijn en werken samen met de Oculus Rift.

Voordelen:

- Nauwkeurige optische tracking met 6 vrijheidsgraden
- Licht

Nadelen:

- Controllers moeten zichtbaar zijn voor de positie tracker van Oculus
- Niet intuïtief voor mensen zonder ervaring met een game controller
- Prijs nog niet bekend op het moment

[28]

Afbeelding 18: Toetsenbord en muis.



Muis en toetsenbord

Werelds meest bekende voorbeeld van input apparaten, en kan daarom niet ontbreken. Voor VR echter niet geschikt vanwege de beperkte bewegingsvrijheid.

Voordelen:

- Zeer intuïtief
- Goedkoop
- Veel knoppen

Nadelen:

- Geeft de gebruiker weinig bewegingsvrijheid

Afbeelding 19: Leap Motion.



Leap Motion

Hand- en vingertracking doormiddel van infrarood sensoren. Doormiddel van een mount te bevestigen aan de Oculus Rift, en daarmee geschikt voor tracking bij VR

Voordelen:

- Hand- en vinger tracking
- Programmeerbare gebaren
- Verhoogd gevoel immersie

Nadelen:

- Gevoelig voor omgevingslicht
- Niet altijd even nauwkeurig

Buiten deze drie genoemde input apparaten zijn er nog een tal van andere input apparaten, deze zijn niet opgenomen in het verslag, omdat ze niet aansluiten op de opdracht.

Input technieken

Voor deze opdracht is een interface nodig die gebruikers in staat stelt om het object individueel te bekijken en aan te passen, dit gebeurt op een natuurlijke/intuïtieve manier. Om meer inzicht te krijgen in mogelijke oplossingen, worden ook enkele input technieken besproken. Zo kan er een beter beeld worden gevormd, over wat er mogelijk is met betrekking tot VR interactie.

Een tracking input systeem bestaat uit sensoren die in staat zijn om de positie of oriëntatie van een object te meten. Dit kan op drie manieren:

- Alleen positie (2 of 3 vrijheidsgraden)
- Alleen oriëntatie (3 vrijheidsgraden)
- Positie en oriëntatie (3 vrijheidsgraden)

Tracken kan op veel verschillende manieren, namelijk:

- Magnetisch
- Optisch
- Akoestisch
- Mechanisch
- Inertiaal

Magnetische trackers

Erg klein, en tot op 1 mm en 1 graden nauwkeurig. Wel zijn ze gevoelig voor andere magnetische velden en is de gebruiksafstand beperkt.

Optische trackers

Erg goedkope trackers die gebaseerd zijn op beeldverwerking. Vaak zijn er markers nodig voor een goede werking, zoals led's of gekleurde punten, deze moeten zichtbaar zijn wat in sommige gevallen een nadeel kan zijn. Ook is de werkplek beperkt tot de FOV van de camera's.

Akoestische trackers

Tracking doormiddel van geluid, vergelijkbaar met een sonar. Akoestische trackers zijn niet nauwkeurig en gevoelig voor fouten. Ook is de hoge latency een groot nadeel.

Mechanische trackers

Mechanische scharnierende arm waarbij de basis vast zit, het uiteinde kan vrij worden bewogen. Eenvoudige en nauwkeurige tracking van het uiteinde van de arm. De beperkte bewegingsvrijheid is echter een groot nadeel.

Inertiaal trackers

Erg goedkope vorm van tracking met behulp van een accelerometer en een gyroscoop waarmee acceleratie en rotatie gedetecteerd kan worden. De onbeperkte bewegingsvrijheid van deze vorm van tracking is een groot voordeel.

Nadeel is dat de posities relatief zijn in plaats van absoluut. [29]

3.6 CONCLUSIE

In dit hoofdstuk is de conclusie getrokken dat de doelgroep niet te veel afgebakend moet worden en het product dus ontworpen moet worden voor een brede doelgroep. Een gevolg hiervan is dat intuïtie een belangrijke factor zal zijn in dit ontwerpproces.

Daarnaast zijn er drie mogelijke vormen van gebruik beschreven bij de scenario's. Uit deze scenario's zijn verschillende eisen ontstaan, deze zullen in het volgende hoofdstuk worden besproken.

Kort is er gekeken naar VR samenwerking. Hier is beschreven waarom een dergelijke tool, bijvoorbeeld voor bedrijven, erg nuttig kan zijn. Om het nut te verhogen en het product breder inzetbaar te maken, zal er gekeken worden naar de implementatie van een feedback tool. Ook zijn er enkele functionaliteiten opgesteld, voor het te ontwerpen product, om samenwerking goed te laten verlopen.

Het te ontwerpen product kan worden gezien als een interface tussen mens en computer. Om deze reden zijn er enkele menselijke factoren in kaart gebracht die meespelen bij VR via een HMD. Hieruit is een content gebied ontstaan. Interface en VE objecten moeten zoveel mogelijk in dit gebied worden geplaatst om het comfort van de gebruiker te verhogen. Ook zijn de factoren van cybersickness besproken. Een mismatch tussen zintuiglijke informatie

moet zo veel mogelijk worden voorkomen. Daarom moeten snelle rotaties en plotselinge bewegingen moeten zo veel mogelijk worden voorkomen en mag de latency niet te hoog zijn. De gevoeligheid voor cybersickness zal, naarmate het product vaker gebruikt wordt, afnemen.

Als laatste is er gekeken naar huidige I/O apparaten. Er is besloten om mobile based HMD's verder in het verslag buiten beschouwing te laten. De hardware van mobile based HMD's is nog niet snel genoeg en de ontwikkeling van applicaties voor mobile based HMD's is lastig. Van de computer based HMD's sluit de Oculus Rift het beste aan bij de opdracht. Dit is de meest complete HMD en is erg geschikt voor zittend gebruik.

De meeste bestaande input apparaten zijn te complex, niet geschikt voor VR of ontworpen voor een te specifieke doelgroep. Echter kan uit bestaande input apparaten wel inspiratie worden gehaald. Ook zijn er verschillende manieren van tracking die een input kunnen leveren voor VR.



EISEN EN WENSEN

HOOFDSTUK 4

Uit de analyses, de gesprekken met de opdrachtgever en de opdrachtoomschrijving is een programma van eisen opgesteld. Dit programma van eisen wordt gebruikt als rode draad bij de conceptgeneratie en voor toetsing van concepten.

4.1 PROGRAMMA VAN EISEN

Technische eisen

- **Product moet CAD/3D bestanden kunnen inlezen**
Geometrie en materialen van een CAD/3D bestand moeten toegevoegd kunnen worden aan de VE.
- **Compatibel met de Oculus Rift**
Deze HMD sluit het beste aan bij de opdracht.
- **De input interface is draadloos**
Voor optimale bewegingsvrijheid bij VR.
- **Lokale latency < 50 ms**
Voor een prettigere VR ervaring en het voorkomen van cybersickness.
- **Compatibel met Windows computers**
Geen ondersteuning voor OS X door Oculus. Hardware van Mac computers voldoen niet aan de systeemeisen.

Functionele eisen

- **Product ondersteunt sessies tot en met 6 personen tegelijk**
Meer mensen onrealistisch en bemoeilijkt communicatie.
- **Product maakt onderscheid tussen primaire en secundaire gebruikers**
Hiërarchie bij communicatie.
- **Interface valt binnen het optimale content gebied**
Voor optimaal comfort.

- **Maakt samenwerking op afstand mogelijk**
Fysiek aanwezig zijn niet meer noodzakelijk.
- **Volledige en eenvoudige controle over model mogelijk (6 Vrijheidsgraden)**
Translatie en rotatie van model moet mogelijk zijn.
- **Geven van tekstuele feedback bij specifieke delen model mogelijk**
Gerichte feedback mogelijk.
- **Geven van algemene tekstuele feedback op model mogelijk**
Feedback over hele model, in plaats van specifiek onderdeel, mogelijk.
- **Gebruiker moet een zo groot mogelijk gevoel van immersie hebben**
Verhoogd realisme, maken van zichtmodellen overbodig.
- **Product moet zittend bruikbaar zijn**
Comfortabel, bruikbaar vanuit eigen plek.
- **Product moet bruikbaar zijn op bestaande werkplekken**
Geen aparte kamer nodig.
- **De interface moet intuïtief zijn**
Om te voldoen aan de brede doelgroep.
- **Verbale communicatie tussen gebruikers mogelijk**
Hierdoor is overleg en de mogelijkheid om een product te demonstreren mogelijk.

-
- **Geluidsvolume moet aanpasbaar zijn**
Voldoen aan wens van de gebruiker.
 - **Aanwijzen van onderdelen model mogelijk**
Ter ondersteuning van een demonstratie en het geven van feedback.
 - **Navigeren door menu's mogelijk**
Om interactie met de virtuele interface mogelijk te maken.
 - **Product is met weinig tot geen voorkennis te gebruiken**
Om te voldoen aan de brede doelgroep.
 - **Mogelijkheid tot genereren logboek**
Voor eenvoudige documentatie van de gebeurtenissen tijdens een demonstratie/feedback sessie.



CONCEPTGENERATIE

HOOFDSTUK 5

In dit hoofdstuk worden de concepten uitgelegd die gevormd zijn aan de hand van de analyse, het Programma van Eisen en enkele mindmaps. Hierbij is goed gekeken naar de eisen die de essentie vormen van het te ontwerpen product.

5.1 IDEEËN

Uit het Programma van Eisen zijn drie hoofdpunten gepakt.

- Controle over model
- Communicatie
- Navigatie

Deze drie punten zijn de belangrijkste eisen en vormen de essentie van het te ontwerpen product.

Over deze drie hoofdpunten is gebrainstormd om zo tot deeloplossingen te komen. Deze deeloplossingen zijn nodig om tot concepten te komen die aansluiten op het Programma van Eisen.

In deze paragraaf zullen enkele punten uit de brainstormen worden besproken.

Controle over model

Voor deze opdracht is het wenselijk om een CAD/3D model te kunnen manoeuvreren binnen de VE. Het moet namelijk mogelijk zijn om het model van alle kanten te kunnen bekijken en ook te zoomen, vergelijkbaar met een CAD/3D applicatie. Een bewegend object in een 3D ruimte heeft zes vrijheidsgraden, zoals weergegeven in afbeelding 20.

Een ruimtelijk object heeft drie assen; de x-as, de y-as en de z-as. De eerste drie vrijheidsgraden zijn translaties in de x, y of z richting. De andere drie vrijheidsgraden zijn de rotaties om elke as. Deze rotaties worden ook wel 'yaw', 'pitch' en 'roll' genoemd.

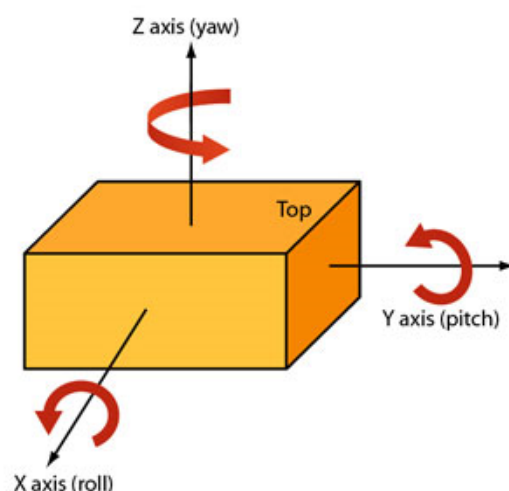
Tracking fysiek object

Controle over model in de VE door deze te koppelen aan een fysiek object, welke gevolgd wordt door bijvoorbeeld een optische tracker. Bewegingen van het fysieke object worden direct vertaald naar bewegingen van het virtuele model.

Gebaren

Met de Leap Motion kunnen gebaren worden waargenomen. Deze gebaren kunnen worden vertaald naar translaties en rotaties van het virtuele model.

Het direct vastpakken en manipuleren van een virtueel model is met de Leap Motion ook mogelijk. Echter is dit niet praktisch, omdat het model dan binnen handbereik moet staan in de VE.



Afbeelding 20: De zes vrijheidsgraden.

Slepen cursor

Transleren en roteren van een virtueel model met behulp van een beweegbare cursor en twee knoppen. Door de cursor te bewegen en tegelijkertijd een knop in te drukken wordt het virtuele model bewogen. De richting van de translatie of rotatie is afhankelijk van de richting waarin de cursor beweegt. Deze techniek wordt bij alle CAD/3D applicaties voor de desktop toegepast en zal voor gebruikers dus intuïtief zijn.

Virtuele bediening

In de VE worden virtuele bedieningselementen weergegeven. Door deze in te drukken/te verslepen kan het virtuele object worden bewogen.

Communicatie

Om een product te demonstreren, te overleggen met collega's of om feedback te geven is communicatie nodig.

Er zijn twee hoofdcategorieën te onderscheiden; verbale communicatie en tekstuele communicatie. Verbale communicatie gebeurt doormiddel van spraak. Het product moet dus een microfoon bevatten en het moet mogelijk zijn om andere mensen te horen.

Tekstuele communicatie is lastiger bij VR.

Keyboard

Voor het digitaal invoeren van tekst is het fysieke toetsenbord de meest bekende methode. Echter is dit niet geschikt voor VR. De gebruiker heeft geen bewegingsvrijheid en kan zijn of haar handen en het toetsenbord niet zien wanneer hij of zij een HMD op heeft.

Schrijven

Een andere bekende invoer methode van tekst is natuurlijk schrijven. Schrijven heeft als voordeel dat de gebruiker niet gebonden is aan vooraf vastgestelde tekens. Naast tekst kunnen er ook tekeningen/illustraties worden gemaakt. Het schrijven doormiddel van pen en papier of een tablet is echter, net als het gebruik van een toetsenbord, niet geschikt voor VR.

Spraak naar tekst

Applicatie die spraak omzet naar tekst. Groot nadeel is de nauwkeurigheid en de gevoeligheid voor omgevingsgeluid.

Virtueel toetsenbord

Hierbij wordt er een virtueel toetsenbord weergegeven in de VE. De gebruiker kan typen door de letters aan te wijzen en te selecteren. Deze manier van tekst invoer is echter erg langzaam.

Navigatie

Binnen de VE zal er een grafische gebruikersomgeving te vinden zijn, zodat er voor de gebruiker interactiemogelijkheden zijn. Echter moet er een manier worden gevonden om binnen deze grafische gebruikersomgeving te navigeren. Bij een desktop computer gebeurt dit doormiddel van een cursor. Deze cursor is te verplaatsen door de computermuis te bewegen, vervolgens kunnen elementen van de gebruikersomgeving worden aangeklikt doormiddel van het indrukken van een knop op de muis.

Cursor

Net als bij een computer, zou er bij VR gebruik kunnen worden gemaakt van een beweegbare cursor. Een computermuis zou de meest intuïtieve oplossing zijn, maar is hier echter niet voor geschikt. De computermuis heeft een vlakke ondergrond nodig en beperkt de bewegingsvrijheid van de gebruiker.

Staren

De gebruiker kan elementen van de gebruikersomgeving 'aanklikken' door er een bepaalde tijd naar te kijken. De HMD wordt dus als input apparaat gebruikt voor navigatie. Echter zal met deze oplossing het aantal hoofdbewegingen toenemen.

Kijken en klikken

De gebruiker kan elementen van de gebruikersomgeving 'aanklikken' door er naar te kijken en vervolgens een knop in te drukken. Deze oplossing zorgt voor een snellere navigatie, maar de toevoeging van een knop is noodzakelijk.

Fysieke toetsen

De gebruiker navigeert doormiddel van het indrukken van fysieke toetsen, bijvoorbeeld doormiddel van een D-pad, veelal gebruikt bij gamecontrollers.

Leap Motion

Doormiddel van hand- en vingertracking kan de gebruiker virtuele knoppen indrukken binnen de VE. Echter voelt dit onnatuurlijk aan door de afwezigheid van haptische feedback.

5.2 CONCEPTEN

Met behulp van de analyse, het Programma van Eisen en de mindmaps zijn er twee concepten ontwikkeld. Deze twee concepten zullen hier worden beschreven en toegelicht. Dit gebeurt aan de hand van de drie hoofdpunten, beschreven in paragraaf 5.1.

Concept 1 - Beweging

De Leap Motion controller is enkele keren voorbij gekomen in het verslag en is een veelzijdig input apparaat. Vanwege de vele mogelijkheden, en het verhoogde gevoel van immersie door de zichtbaarheid van de handen, is hier een concept uit ontstaan.

Controle model

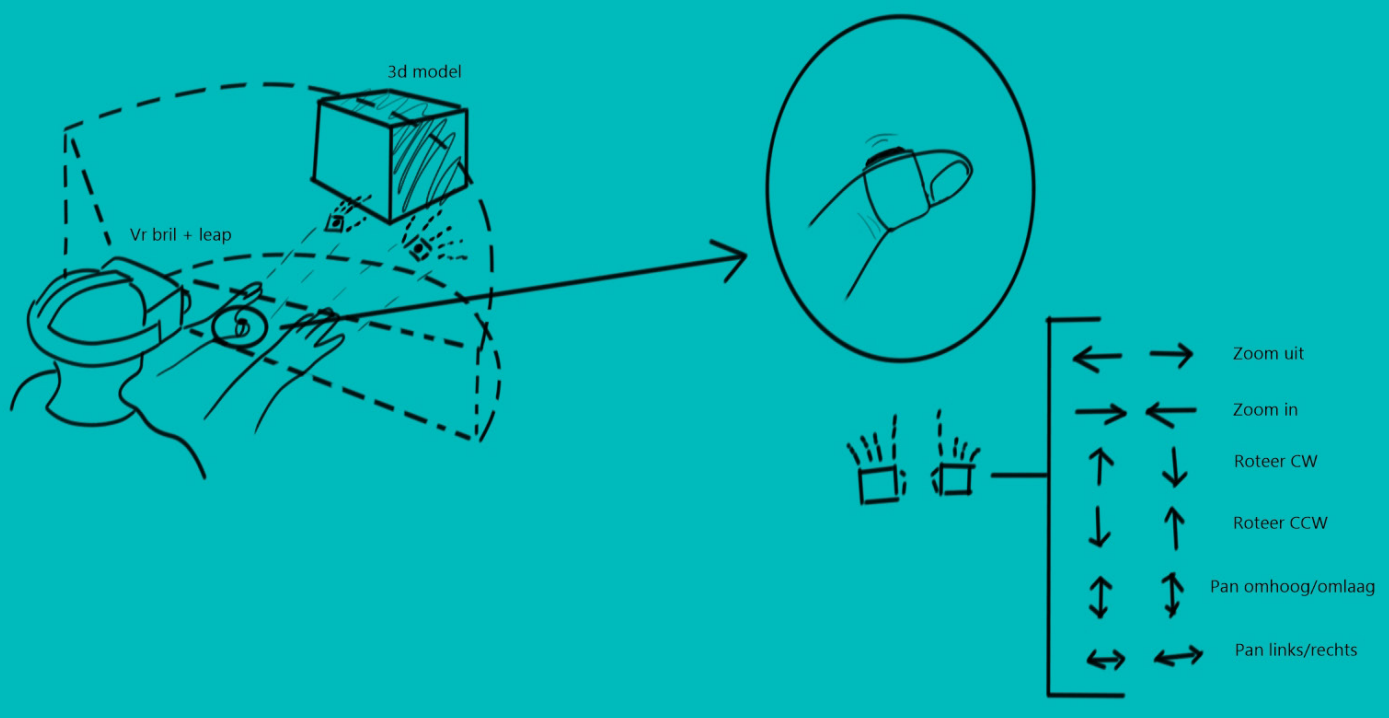
De Leap Motion is in staat om de handen en vingers te tracken van de gebruiker. Door gebaren te definiëren en deze te koppelen aan translaties en rotaties van het object, is volledige controle over het model mogelijk.

Navigatie

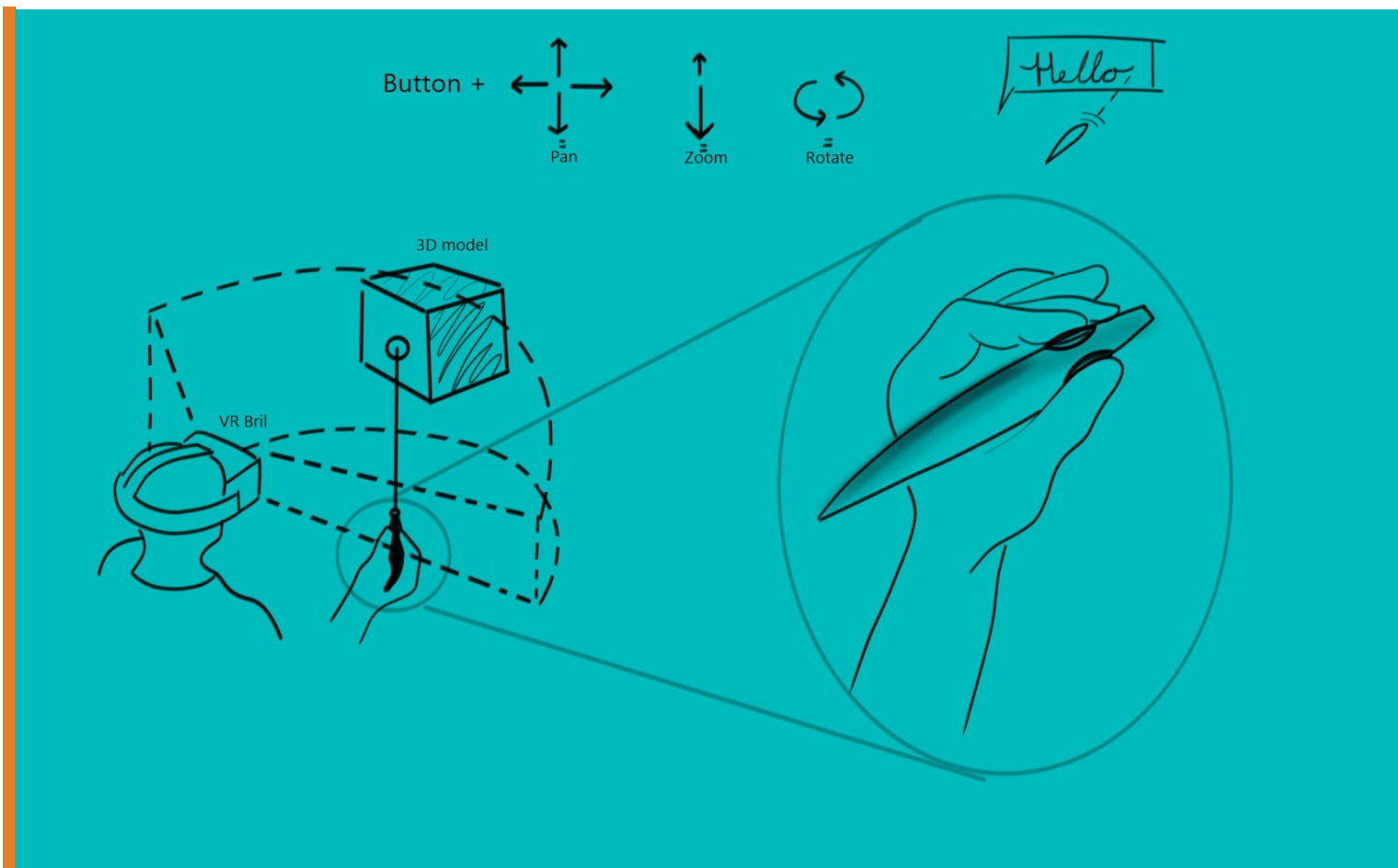
De wijsvinger wordt gezien als een cursor. Door de wijsvinger voor een element van de gebruikersomgeving te plaatsen, en een fysieke knop in te drukken, is het mogelijk om dit element aan te klikken. De fysieke knop bevindt zich om de duim en is hierdoor met meerdere vingers te bedienen en zit niet in de weg.

Communicatie

Verbale communicatie verloopt via de Oculus Rift. Tekstuele communicatie is mogelijk via een virtueel toetsenbord binnen de VE. Dit toetsenbord is op dezelfde manier te bedienen als elementen van de grafische gebruikersomgeving, omdat het toetsenbord hier dan ook deel van wordt.



Afbeelding 21: Concept Beweging.



Afbeelding 22: Concept Pen/Pointer.

Concept 2 - Pen/Pointer

Bij dit concept is veel gekeken naar metaforen. Hieruit is een combinatie ontstaan tussen een pen en een pointer.

De werking van het concept is gebaseerd op inertiaal tracking. Er zijn drie sensoren aanwezig; een gyroscoop, een versnellingsmeter en een magnetometer. Hiermee kan de rotatie en de versnelling in de x, y en de z richting worden gemeten. Verder bevat het concept ook twee fysieke knoppen.

Controle model

In eerste instantie functioneert dit concept als een presentatie pointer. Deze pointer is zichtbaar binnen de VE. Bewegingen van het fysieke input apparaat worden direct vertaald naar bewegingen van de virtuele pointer. Op deze manier is het mogelijk om dingen aan te wijzen binnen de VE. Controle over het model gebeurt doormiddel van indrukken van een knop het slepen van een cursor doormiddel van bewegingen van de pointer. Vergelijkbaar met de controle over het model binnen CAD/3D programma's.

Navigatie

Voor navigatie binnen de gebruikersomgeving wordt er gebruik gemaakt van dezelfde beweegbare cursor. Aanklikken gebeurt met behulp van een fysieke knop.

Communicatie

Verbale communicatie verloopt via de Oculus Rift. Tekstuele communicatie is op verschillende manieren mogelijk met dit concept.

Door het input apparaat vast te houden als een pen en schrijfbewegingen te maken in de lucht is het mogelijk om te schrijven of eenvoudige illustraties te maken. Ook is het mogelijk om, met behulp van de pointer, een virtueel toetsenbord te bedienen op dezelfde manier als het navigeren. Ook is het mogelijk om met een slepende beweging woorden te typen, vergelijkbaar met het bekende Swype.

CONCEPTKEUZE

HOOFDSTUK 6

Om een keuze te maken tussen de twee concepten en er één verder uit te werken, is er een gebruiksonderzoek uitgevoerd om de zwakke en sterke punten van de concepten boven water te brengen. De concepten kunnen daarna worden getoetst met behulp van enkele punten uit het Programma van Eisen.

6.1 PROTOTYPES

De concepten zullen worden getoetst doormiddel van een gebruikstest. Bij deze gebruikstest word er gekeken naar hoe de concepten presteren. De test is gebaseerd op de drie gedefinieerde hoofdpunten.

Aan de hand van ervaringen van gebruikers kan er een vergelijking worden gemaakt, en kunnen sterke en zwakke punten van de concepten worden benoemd.

Om een gebruikstest uit te voeren, zullen de twee concepten moeten worden uitgewerkt tot twee prototypes waarbij de hoofdpunten functioneel zijn en dus getest kunnen worden.

Unity3D

Voor de realisatie van de prototypes is gebruik gemaakt van Unity3D. Unity3D is een platform voor de ontwikkeling van 2D en 3D applicaties en ondersteund verschillende platformen, zoals Windows, OS X, Android en iOS. Een groot voordeel van Unity3D is de ingebouwde ondersteuning voor VR. De Oculus Rift en de Leap Motion controller kunnen eenvoudig aan Unity3D worden gekoppeld. Unity3D bestaat uit een editor met veel voor gedefinieerde functies die eenvoudig zijn toe te voegen aan gecreëerde objecten.

Het ontwikkelen in Unity3D is dus object georiënteerd. Naast de standaard features van Unity3D is het ook mogelijk om scripts aan objecten te koppelen. Hierbij worden drie talen ondersteund: Javascript, Boo en C#.

Functionaliteiten

Bij beide concepten worden de drie hoofdpunten getest. Hiervoor moeten er enkele functionaliteiten worden toegevoegd aan de prototypes. Voor beide prototypes moet het volgende mogelijk zijn:

- Roteren 3D model
- Verplaatsen 3D model
- Aanklikken van verschillende punten
- Invoeren van tekst

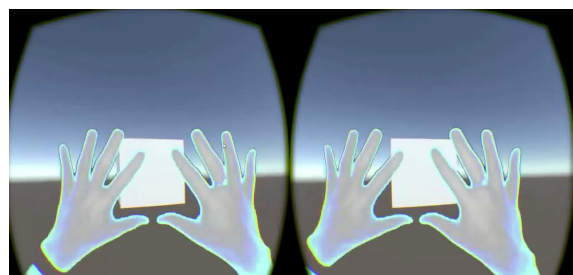
Concept 1

Concept 1 is gerealiseerd door een Leap Motion controller en een Oculus Rift Development Kit 2 (DK2) te koppelen met Unity3D.

De Leap Motion controller bevindt zich aan de voorzijde van de Oculus Rift DK2, waardoor de gebruiker meer bewegingsvrijheid heeft. Een kubus representeert het CAD/3D model.



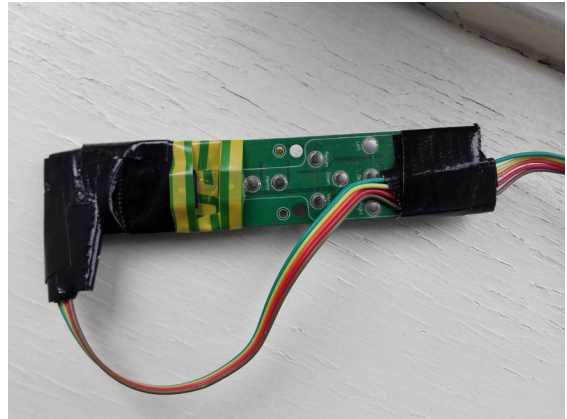
Afbeelding 23: Oculus Rift DK2 met de Leap Motion.



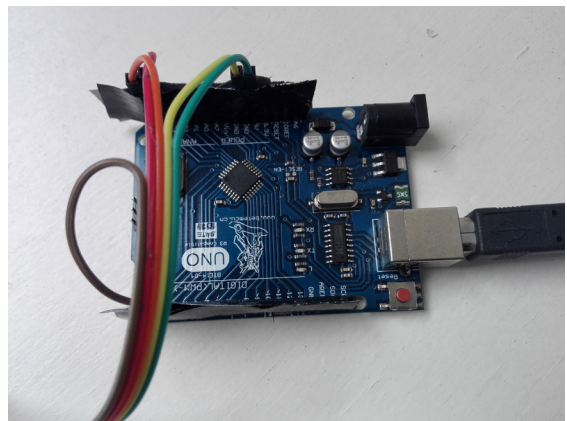
Afbeelding 24: Hand- en vinger tracking met behulp van de Leap Motion.

Concept 2

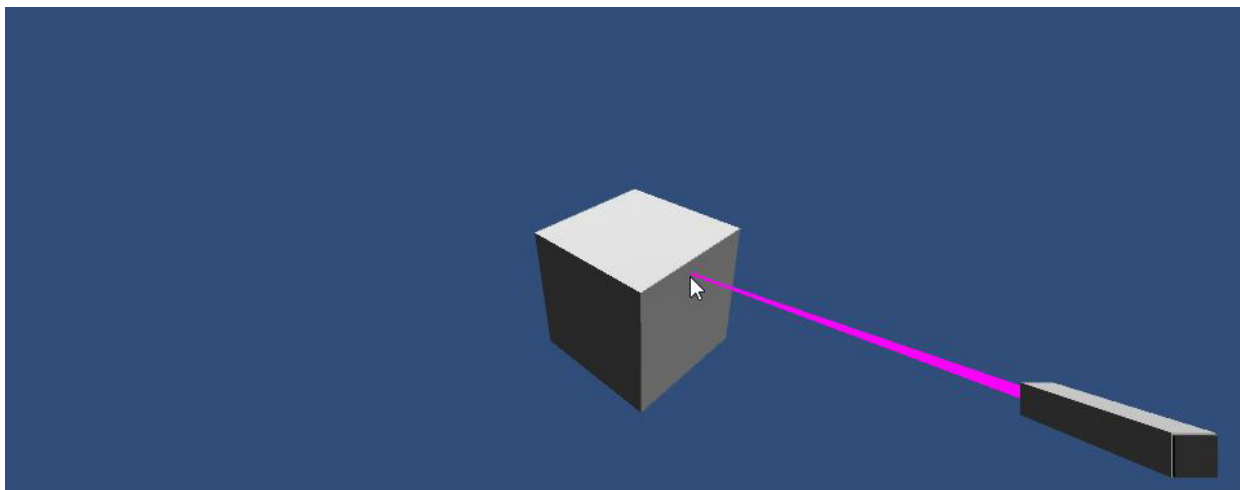
Dit concept is gerealiseerd door een gyroscoop en een versnellingsmeter te koppelen aan een Arduino. Een Arduino is een eenvoudig programmeerbare microcontroller. De Arduino leest de waarden van de twee sensoren uit. Vervolgens kan deze informatie worden ingelezen en gebruikt door Unity3D. Deze waarden worden gebruikt om een virtuele pen/pointer aan te sturen binnen de VE. Verder bevat het prototype ook twee fysieke knoppen.



Afbeelding 25: De gyroscoop, versnellingsmeter en fysieke knoppen.



Afbeelding 26: De Arduino microcontroller.



Afbeelding 27: De virtuele pointer en cursor.

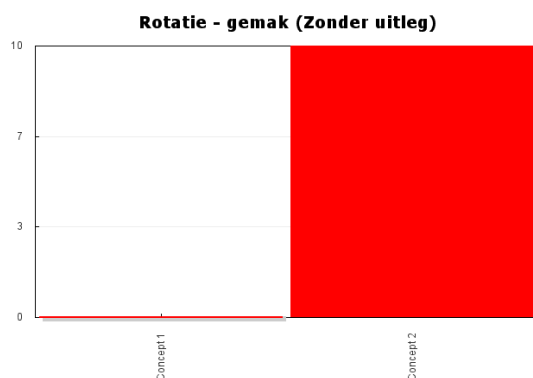
6.2 GEBRUIKSTEST

De concepten zullen worden getoetst doormiddel van een gebruikstest. Deze gebruikstest wordt gedaan met 10 personen. Bij de keuze van de proefpersonen is gelet op leeftijd en technische voorkennis, zodat er aansluiting is met de brede doelgroep van het product.

De proefpersonen worden gevraagd enkele taken uit te voeren, de onderzoeker observeert en evalueert de proefpersonen. Op het einde wordt iedere proefpersoon gevraagd een vragenlijst in te vullen. In deze paragraaf zullen enkele opvallende resultaten van de gebruikstest besproken worden.

Alle belangrijke conclusies worden aan het eind van deze paragraaf samengevat.

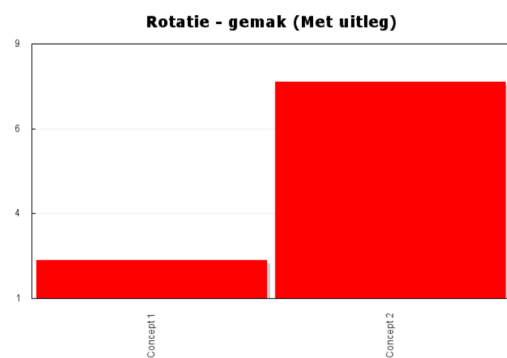
Rotatie



Figuur 1: Roteren zonder uitleg.

De proefpersonen werden gevraagd de kubus te roteren. Hierbij werd geen uitleg gegeven. Bij concept 1 duurde het lang voordat de proefpersonen de gebaren door hadden. Concept 2 was voor iedereen

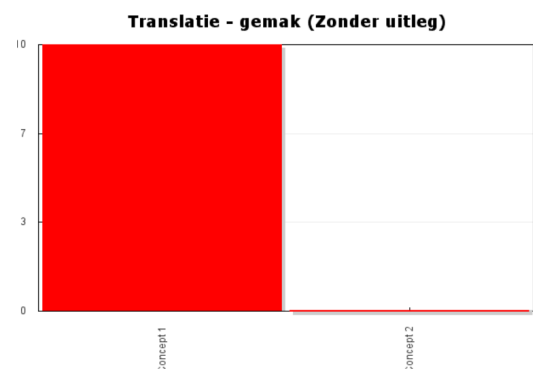
de werking meteen duidelijk. Alleen het ingedrukt houden van de knop werd soms vergeten. Door alle proefpersonen werd bij deze taak concept 2 beter beoordeeld.



Figuur 2: Roteren na uitleg.

Na het geven van uitleg lukte het alle proefpersonen ook met concept 1 om het model te roteren. Echter wordt concept 2 nog steeds beoordeeld als de meest prettige oplossing.

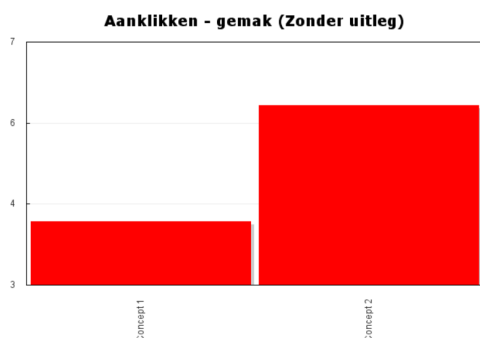
Translatie



Figuur 3: Transleren zonder uitleg.

Translatie bij concept 2 werd door niemand als prettig ervaren. Ook niet na het geven van uitleg. De proefpersonen maakte wel de juiste beweging, echter blijkt de output van de versnellingsmeter niet geschikt te zijn.

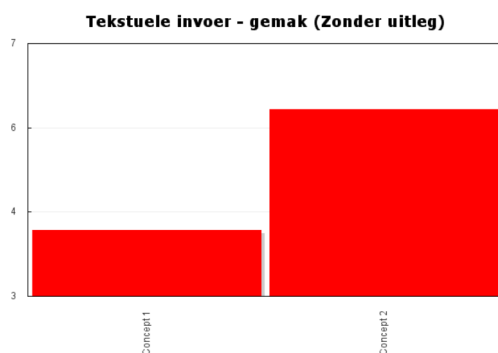
Aanklikken



Figuur 4: Navigatie zonder uitleg.

Bij het testen van navigeren liggen de concepten dicht bij elkaar, met een lichte voorkeur voor concept 2. Dit komt doordat de Leap Motion sensor in sommige situaties last had van instabiliteit. Beide concepten werden als snel en intuïtief ervaren.

Communicatie



Figuur 5: Tekstuele communicatie zonder uitleg.

Wederom maar twee stemmen verschil tussen de concepten. Net als bij het navigeren had de Leap Motion sporadisch last van instabiliteit.

Comfort

In de vragenlijst werd aan de proefpersoon gevraagd om het comfort te beoordelen van beide concepten. Het comfort van concept 2 werd als hoogst beoordeeld. Grootste nadeel was de aanwezigheid van kabels. Bij concept 1 trad na verloop van tijd een vermoeid gevoel op in de armen.

Conclusies

Concept 1

Roteren en transleren gaat goed en werkt gemakkelijk. Echter hadden de gebruikers eerst een uitleg nodig van de gebaren, wat dit concept minder intuïtief maakt.

De Leap Motion had last van instabiliteit, dit kan te maken hebben met omgeving achter de handen en omgevingslicht. Door deze sporadische instabiliteit ging navigeren en typen niet altijd helemaal goed.

Verwacht werd dat de zichtbaarheid van de handen zou zorgen voor een verhoogd gevoel van immersie. Echter vonden de proefpersonen de handen te aanwezig.

Doordat de personen de handen in de FOV van de Leap Motion controller moeten houden, treed na verloop van tijd een vermoeid gevoel op in de armen. Wanneer dit concept wordt gebruikt op een werkplek zonder stoel met armleuningen, zal dit probleem alleen maar toenemen.

Concept 2

Concept 2 werd op de meeste punten beter beoordeeld dan concept 1. Roteren en navigeren werkte, volgens de proefpersonen, snel en intuïtief.

Bij transleren scoort dit concept heel erg slecht. Er moet gekeken worden of dit met verbeterde software is op te lossen. Wanneer dit niet mogelijk is, zal er gekeken moeten worden naar andere oplossingen voor het transleren van het CAD/3D model.

Typen doormiddel van het aanklikken van letters op een virtueel toetsenbord verliep vlekkeloos.

Het schrijven van tekst en het invoeren van tekst doormiddel van een slepende beweging verliep niet helemaal goed. De gyroscoop heeft bij het prototype last van een kleine drift. De proefpersonen anticipeerde hier echter snel op en konden de drift corrigeren. Bij de laatste vraag van de vragenlijst werden de proefpersonen gevraagd bij welk concept zijn of haar voorkeur lag. Hiervan gingen negen stemmen naar concept 2, dit concept was volgens de proefpersonen erg gemakkelijk in gebruik, zeer intuïtief en de bediening werkte snel.

Maar één stem ging richting concept 1. Deze proefpersoon vond het prettig dat er geen apparaat vastgehouden hoeft te worden.

6.3 CONCEPTKEUZE

	Concept 1	Concept 2
<i>Intuïtief</i>	1	3
<i>Comfort</i>	2	3
<i>Roteren model</i>	2	3
<i>Transleren model</i>	2	1
<i>Tekstuele communicatie</i>	2	2
<i>Navigeren gebruikersomgeving</i>	3	3
<i>Aanwijzen onderdelen</i>	2	3
Totaal	14	18

Figuur 6: Beoordeling concepten. 1 : Slecht, 2 : Middelmatic, 3 : Goed.

Naar aanleiding van deze conclusies wordt Concept 2 gekozen om verder mee te gaan. Het blijkt uit de resultaten dat er nog wel enkele aanpassingen gedaan moeten worden. Deze zullen in het volgende hoofdstuk besproken worden.

CONCEPTUITWERKING

HOOFDSTUK 7

In dit hoofdstuk worden verbeterpunten gegeven aan de hand van de gebruikstest.

Verder is er ook kort gekeken naar de functionaliteiten van een bijbehorende grafische interface en is onderzoek gedaan naar een passende vorm.

7.1 VERBETERINGEN PROTOTYPE

In deze paragraaf zal de werking van het prototype van het gekozen concept verder worden toegelicht. Vervolgens zullen de mogelijke verbeterpunten worden gegeven. Deze verbeterpunten zijn ontstaan naar aanleiding van de gebruikstest, beschreven in hoofdstuk 6.

Het prototype bestaat uit 3 hoofdonderdelen.

MPU-6050

De MPU-6050 is een compacte sensor met een 3-assige gyroscoop en een 3-assige versnellingsmeter gecombineerd en is dus een inertiaal tracker. Deze sensor bevat helaas geen magnetometer waardoor er nog een kleine drift kan optreden.

Arduino

De Arduino is een eenvoudig programmeerbare microcontroller. Deze is in staat de rauwe data van de MPU-6050 uit te lezen en deze data om te zetten naar bruikbare waarden. De MPU-6050 is doormiddel van vier breadboard kabels aangesloten op de Arduino. De Arduino wordt aangesloten op een USB ingang van de computer.

Afstandsbediening

De MPU-6050 is vastgemaakt aan een afstandsbediening. Deze afstandsbediening bevat twee werkende fysieke knoppen die verschillende vormen van interactie met de VE mogelijk maken. De afstandsbediening is radiogestuurd.



Afbeelding 28: Structuur communicatie MPU-6050 - Unity3D.

Als eerste is de MPU-6050 met behulp van een Arduino script gecalibreerd. Calibratie is nodig om drift van de gyroscoop te beperken en de invloed van zwaartekracht op de versnellingsmeter te corrigeren.

Vervolgens kan een ander Arduino script (Bijlage D) de data van de MPU-6050 uitlezen. De data van de gyroscoop wordt omgezet naar yaw, pitch en roll, gegeven in graden. De data van de versnellingsmeter wordt gegeven in vectoren over de x, y en de z richting.

De output van het Arduino script kan helaas niet direct worden ingelezen door Unity3D. Daarom wordt gebruik gemaakt van het programma Processing. Processing kan de data die doormiddel van het Arduino script wordt opgehaald van de sensor wel uitlezen. Deze data wordt door een Processing script gecalibreerd, zodat de data van de gyroscoop en de versnellingsmeter gelijk is aan nul wanneer deze op een vlakke ondergrond ligt. Vervolgens wordt de uiteindelijke data omgezet naar Open Sound Control (OSC) berichten. Deze OSC berichten kunnen door Unity3D wel worden gelezen. (Bijlage C)

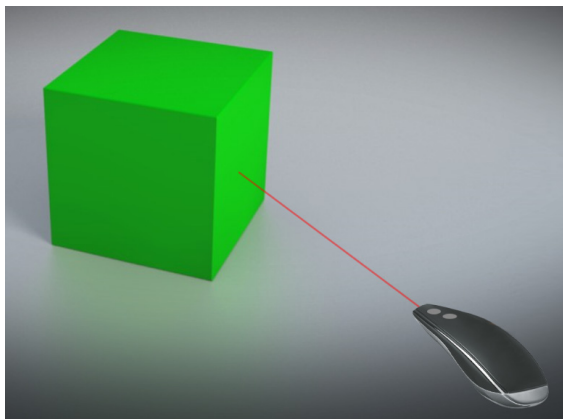
De data van de gyroscoop wordt gebruikt om de virtuele pointer te roteren. Deze pointer bevindt zich bij dit prototype rechts onder in beeld, net buiten het primaire content gebied. Zo is de pointer wel in beeld voor de gebruiker, maar doet deze geen afbreuk op het gevoel van immersie.

Vanuit de virtuele pointer is een laserstraal te zien. Met behulp van deze laserstraal is het mogelijk om grafische interface elementen of onderdelen van het CAD/3D model aan te wijzen en aan te klikken.

Het concept bevat twee fysieke knoppen, een gyroscoop en een versnellingsmeter. Hiermee zijn verschillende manieren van interactie mogelijk. Deze zullen nu kort worden besproken.

Aanwijzen

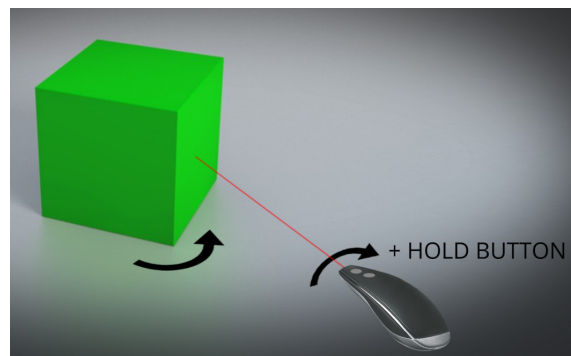
Doormiddel van het richten van de fysieke pointer kunnen objecten binnen de VE worden aangewezen.



Afbeelding 29: Aanwijzen van een object.

Roteren

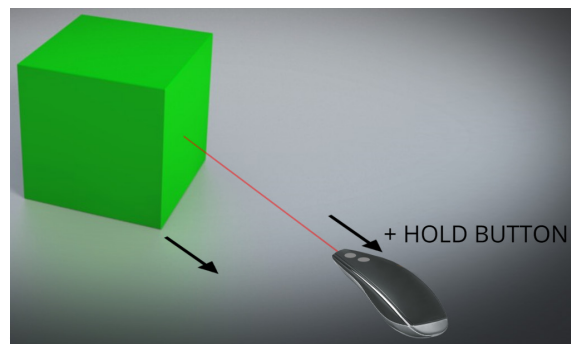
Doormiddel van het richten van de fysieke pointer op een object, het inhouden van knop 1 en het draaien van de fysieke pointer, kunnen objecten binnen de VE worden gedraaid. Je kunt een object dus als het ware met de laserstraal vastgrijpen en draaien om de as. Dit is mogelijk om alle drie de assen.



Afbeelding 30: Roteren van een object.

Transleren

Doormiddel van het richten van de fysieke pointer op een object, het inhouden van knop 1 en het transleren van de echte pen/pointer, kunnen objecten getransleerd worden. Dit is mogelijk over alle drie de assen.



Afbeelding 31: Translatie van een object.

Aanklikken

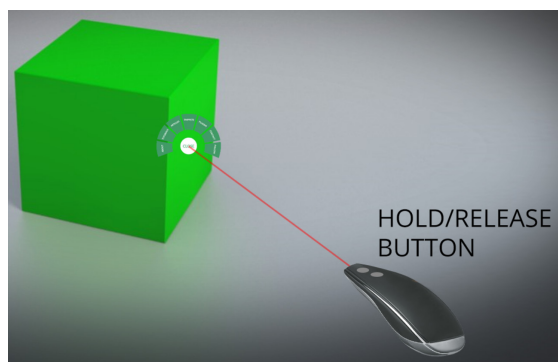
Door een element van de grafische interface aan te wijzen en vervolgens op knop 1 te drukken is het mogelijk om elementen, bijvoorbeeld virtuele knoppen, aan te klikken.



Afbeelding 32: Aanklikken van een knop.

Optie menu

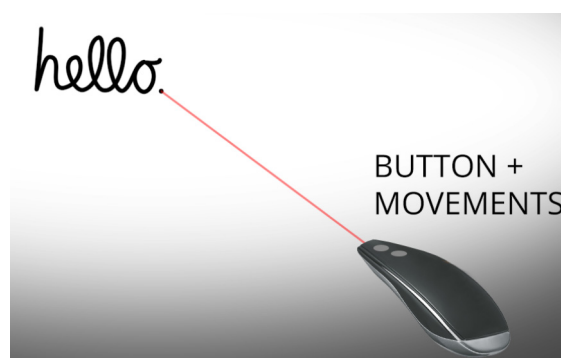
De gebruiker kan een menu met verschillende opties krijgen door de tweede knop in te houden. De opties verschijnen dan rond om de cursor. De gebruiker kan vervolgens zijn cursor richting een van de opties verplaatsen en vervolgens de tweede knop loslaten om deze optie te selecteren. Wanneer er geen optie wordt aangewezen bij het loslaten van knop 2 zal het menu sluiten zonder dat er iets gebeurt.



Afbeelding 33: Opties menu rond om cursor.

Schrijven

Wanneer de gebruiker de optie heeft gekozen om aantekeningen te schrijven is dit mogelijk door knop 1 in te houden en vervolgens schrijfbewegingen te maken met de pen/pointer. De gebruiker kan ervoor kiezen het input apparaat vast te houden als een pen.



Afbeelding 34: Schrijven.

Typen

Typen van tekst is mogelijk doormiddel van het aanklikken van letters op een virtueel toetsenbord. Ook is het mogelijk om tijdens het typen de knop in te houden om zo slepend woorden te typen, vergelijkbaar met het bekende Swype.

Verbeteringen

Bij de conclusies van de gebruikstest kwamen twee verbeterpunten aan het licht. Het transleren van het CAD/3D model werkte niet naar verwachting en tekstuele communicatie was niet geheel nauwkeurig wanneer er gebruik werd gemaakt van slepen/schrijven.

Nauwkeurigheid slepen/schrijven

De oorzaak van dit probleem ligt bij de MPU-6050. Deze sensor bevat geen magnetometer waardoor drift niet helemaal kan worden gecorrigeerd. Bij een toekomstig verbeterd prototype is het dus aan te raden om een andere sensor te gebruiken. Hierdoor wordt het mogelijk om alle bewegingen te volgen zonder dat er een afwijking optreedt. Hiervoor zal een nieuw script moeten worden geschreven waarmee het mogelijk is de drift volledig te corrigeren met behulp van de versnellingsmeter en magnetometer.

Transleren

Het zou mogelijk moeten zijn om uit de data van een versnellingsmeter de verplaatsing te bepalen. [17] Echter is dit niet gelukt bij de ontwikkeling van het prototype door het gebrek aan programmeer kennis.

Een mogelijke oplossing zou zijn om iemand met meer programmeer ervaring de scripts opnieuw te laten schrijven. Wanneer verplaatsingen berekend kunnen worden is het van belang om opnieuw een gebruikstest te doen zodat deze manier van interactie toch nog geëvalueerd kan worden.

Een andere oplossing is om een derde knop toe te voegen aan het product. Op deze manier kunnen er meer vormen van interactie worden gedefinieerd. Het indrukken van knop 3 + het kantelen van de fysieke pointer zou dan resulteren in translaties van het CAD/3D model. Om deze manier van interactie te testen bij een verbeterd prototype, is het noodzakelijk om een nieuwe gebruikstest uit te voeren.

Draadloos

Door de communicatie tussen de sensor en de Arduino draadloos te maken krijgt de gebruiker meer bewegingsvrijheid. Deze eis is ook terug te vinden in het Programma van Eisen. Helaas was het niet gelukt dit bij het eerste prototype te realiseren.

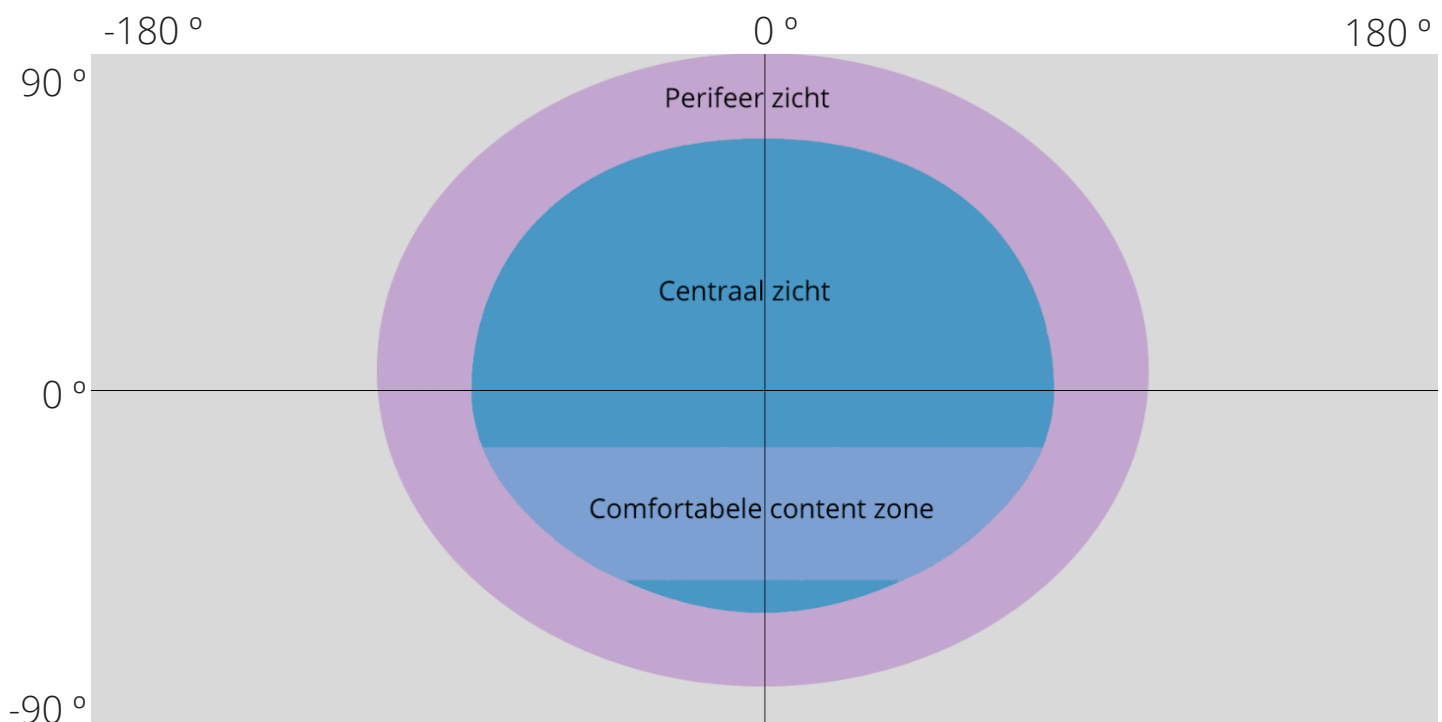
7.2 GRAFISCHE INTERFACE

In de analyse is al een content gebied gedefinieerd waarbinnen de interface elementen zich moeten bevinden voor optimaal comfort.

Om hiervoor een interface voor te ontwerpen is het handig om dit content gebied te vertalen naar een 2D vlak, weergegeven in afbeelding 35. Het gele gebied, weergegeven in afbeelding 12 uit de analyse, is hier de comfortabele content zone genoemd.

Naar aanleiding van de analyse op het gebied van samenwerking en het Programma van Eisen kunnen er enkele functionaliteiten voor de interface worden opgesteld die nodig zijn voor volledige werking van de tool:

- Aanmaken account
- Importeren CAD/3D bestanden
- Toevoegen/Uitnodigen andere gebruikers
- Informatie toevoegen aan geïmporteerd bestand
- Feedback toevoegen aan model
- Switchen weergaves
- Vragen stellen over model
- Bekijken model informatie
- Genereren logboek
- Ontvangen notificaties
- Plannen sessies
- Chatten met andere gebruikers
- Instellingen aanpassen



Afbeelding 35: Content gebied vertaald naar een 2D vlak.

De grafische interface kan worden opgedeeld in twee delen; een interface voor de computer en een interface voor binnen de VE. Functies die niet nodig zijn binnen de VE worden verplaatst naar de interface voor de computer voor een snellere workflow. Het importeren van CAD/3D bestanden moet bijvoorbeeld op de computer gebeuren.

Wanneer de gebruiker zijn of haar HMD moet opzetten wordt hiervan een melding weergegeven.

Van deze interface is een interactieve mock-up gemaakt. Deze kan echter niet in het verslag worden opgenomen.

Bij het ontwerpen van deze interface is veel gekeken naar vergelijkbare applicaties en zijn veelvoorkomende elementen overgenomen om de interface meer intuïtief te maken.

7.3 VORMSTUDIE

Het concept is een combinatie tussen een pen en een pointer en moet op beide manieren comfortabel kunnen worden vastgehouden.

Om tot een ergonomische en comfortabele vorm te komen die voor beide manieren van vasthouden geschikt is, zijn er van schuim enkele iteraties gemaakt in plaats van het maken van schetsen. Op deze manier kan het comfort meteen beoordeeld worden.

Van deze iteraties is uiteindelijk de meest prettige vorm gekozen.



Afbeelding 36: Vorm in pointer houding.



Afbeelding 37: Vorm in pen houding.

CONCLUSIES & AANBEVELINGEN

HOOFDSTUK 8

8.1 CONCLUSIES

Het doel van de opdracht betrof het uitdenken en ontwerpen van een 'product' wat ontwerpers in staat stelt om hun CAD/3D modellen te demonstreren aan één of meerdere personen binnen een virtuele omgeving, met onder andere behulp van een virtual reality-bril.

In de opdrachtsomschrijving zijn de stappen genoemd die in ieder geval doorlopen moesten worden om tot een resultaat te komen.

- Analyse verschillende technologieën en de mogelijkheden ervan
- Analyse doelgroep en gebruik
- Opstellen programma van eisen en wensen aan de hand van de analyse
- Ontwikkelen verschillende concepten
- Ontwikkelen verschillende prototypes
- (Gebruiks)testen met behulp van prototypes
- Uitwerken tot uiteindelijk concept
- Evaluatie

Deze stappen, en enkele andere stappen, zijn doorlopen en hebben geleid tot een resultaat wat een kruising is tussen een soort pen en een pointer.

Het concept is ontwikkeld tot een functioneel prototype waarmee enkele hoofdfuncties konden worden getest.

Het concept scoorde op de meeste geteste punten erg hoog. Enkele verbeterpunten zijn gegeven om het concept nog verder te verbeteren.

Doordat het product niet complex is en het veel overeenkomsten heeft met veelgebruikte bestaande producten is het erg intuïtief in gebruik. Echter is er nog veel uitwerking voordat het concept daadwerkelijk gebruikt kan worden, maar de potentie is groot.

8.2 AANBEVELINGEN

Een van de eisen voor het product is de mogelijkheid om CAD/3D modellen te importeren. Binnen Unity3D is hier echter nog geen ondersteuning voor. Unity3D werkt met polygoon gebaseerde modellen, terwijl veel CAD applicaties werken met feature gebaseerde modellen. Het is mogelijk om een CAD model om te zetten naar een bestand wat wel bruikbaar is binnen Unity3D. Echter gaat er dan veel informatie verloren, wat niet gewenst is. Mocht dit project worden opgepakt dan is het aan te bevelen om verder onderzoek te doen naar andere manieren voor het importeren van CAD/3D modellen in de VE.

Bij deze opdracht is enkel rekening gehouden met rechtshandige mensen. Mocht er genoeg interesse voor zijn, dan kan er gekeken worden naar een linkshandige variant. Ook moet er dan onderzoek worden gedaan of dit mogelijke gevolgen heeft voor de interface.

Verder is bij deze opdracht een product ontstaan welke ontwerpers in staat stelt om hun CAD/3D modellen te demonstreren binnen een VE, de opdracht is dus vooral gericht op functionaliteiten. Echter is er nog genoeg uit te werken aan het product zelf. Denk hierbij aan de behuizing, interne onderdelen en de uiteindelijke software.



BRONNEN

[1] T. Mazuryk and M. Gervautz, Virtual Reality History, Applications, Technology and Future

[2] What is Virtual Reality?
<http://www.vrs.org.uk/virtual-reality/what-is-virtual-reality.html>

[3] Waarneming: de zintuigen op een rij
<http://www.gezondheidsnet.nl/horen/waarneming-de-zintuigen-op-een-rij>

[4] G. C. Burdea and P. Coiffet, Virtual Reality Technology, 2nd ed., Wiley, 2003.

[5] John Carmack's Delivers Some Home Truths On Latency
<http://oculusrift-blog.com/john-carmacks-message-of-latency/682/>

[6] Parameters of Human Vision and Viewshed Definition
http://www.stockyardhillwindfarm.com.au/pdf/PPAR_Annexes/ATS/Annexes/Annex_J/AnnexJ-LVA_PART_12.pdf

[7] La sala delle prospettive
http://www.villafarnesina.it/sala_prospettive.html

[8] T. Mazuryk and M. Gervautz, Virtual Reality History, Applications, Technology and Future

[9] M. Haller, B. Thomas and M. Billinghurst, Emerging Technologies of Augmented Reality: Interfaces and Design. January 1, 2006.

[10]<http://www.mortonheilig.com/TelesphereMask.pdf>

[11] The Sword of Damocles and the birth of virtual reality
<http://www.simpública.com/blog/2014/03/19/the-sword-of-damocles-and-the-birth-of-virtual-reality/>

[12] N. Heap, R. Thomas, G. Einon, R. Mason and H. Mackay, Information Technology and Society: A Reader, 1995

[13] Developments In Virtual Reality
<http://www.vrs.org.uk/virtual-reality-profiles/vpl-research.html>

[14] K. Kaur, Virtual Reality- The hope of a new future.

[15] The State of Virtual Reality
<http://www.theverge.com/a/virtual-reality/intro>

[16] G. C. Burdea and P. Coiffet, Virtual Reality Technology, Volume 1, 2003

[17] M. Arraigada, M. Partl, Calculation of displacements of measured accelerations, analysis of two accelerometers and application in road engineering, 2006

[18] Cybersickness Following Repeated Exposures to DOME and HMD Virtual Environments
http://ielm.ust.hk/dfaculty/so/vims2011/index/pdf/VIMS2011_Presentations/Taylor.pdf

[19] T. Mazuryk and M. Gervautz, Virtual Reality History, Applications, Technology and Future

[20] Oculus VR
<http://vrwiki.wikispaces.com/Oculus+Rift+Development+Kit+2>

[21] A. Chu, VR Design
Transitioning from a 2D to 3D design paradigm

[22] J. Hurtienne and L. Blessing, Design for intuitive use - testing image schema theory for user interface design, 2007

[23] J. Kuster, Framework design for a distance collaboratioin support environment, 2014

[24] A. Eger, M. Bonnema, E. Lutters and M. van der Voort, Productontwerpen, 2010

[25] S. Ottosson, Virtual reality in the product development process, Journal of Engineering Design, 13:2, 159-172

[26] rift
<https://www.oculus.com/en-us/rift/>

[27] VIVE
<https://www.htcvive.com/eu/product/>

[28] touch
<https://www.oculus.com/en-us/touch/>

BIJLAGEN





A. PLAN VAN AANPAK

Actor analyse

De belangrijkste actor in deze opdracht is het VR-lab, onderdeel van Universiteit Twente, dit is de opdrachtgever. Directe verantwoording zal hieraan moeten worden afgelegd. Het VR-lab wordt gebruikt ter inspiratie en voor het ontwikkelen van ideeën, concepten en technologieën op het gebied van interactie tussen mens en nieuwe technologieën.

Daarnaast zijn er nog enkele andere actoren betrokken, zoals de klant, leverancier, producent en de eindgebruikers. De eindgebruikers kunnen worden opgesplitst in twee categorieën; de hoofdeindgebruiker, die een virtueel product wil demonstreren, en de sub-eindgebruikers, aan wie het virtuele product wordt gedemonstreerd.

Projectkader

Het VR-lab is op zoek naar een product wat ontwerpers in staat stelt om hun virtuele prototypes/3d modellen te demonstreren aan één of meerdere personen binnen een virtuele omgeving, met onder andere behulp van een virtual reality-bril. Deze personen hoeven zich dus niet fysiek op dezelfde plek te bevinden, hetgeen de workflow binnen een ontwerptraject kan verbeteren.

Deze extra dimensie geeft ontwerpers de mogelijkheid om onder andere ontwerpvoorstellen te presenteren aan klanten die een stuk tastbaarder zijn dan bijvoorbeeld renders of tekeningen. Verder kan het ook gebruikt worden om prototypes/3d modellen te communiceren

naar collega's voor bijvoorbeeld input en feedback.

Doelstelling

Het doel van de opdracht is het uitdenken en ontwerpen van een 'product' wat ontwerpers in staat stelt virtuele producten te demonstreren.

Om dit te kunnen bereiken zal er een koppeling worden gelegd tussen verschillende technologieën, het programma Unity zal hierbij een grote rol spelen. Als eerste zal de prioriteit liggen bij het uitvoeren van een degelijk onderzoek naar de verschillende technologieën, dit is nodig om de mogelijkheden en beperkingen goed in kaart te brengen om zo tot een goed concept te komen.

Verder zal de opdracht ook bestaan uit het ontwerpen van een interface om interactie mogelijk te maken. Deze interface moet het voor de personen mogelijk maken het virtuele prototype goed te bekijken en aan te passen, en er moeten mogelijkheden aanwezig zijn om te communiceren, bijvoorbeeld om feedback te kunnen geven. Deze interactie zou gerealiseerd kunnen worden doormiddel van een virtuele interface, of doormiddel van fysieke interactieobjecten, of een combinatie hiervan. Welke mogelijkheden er allemaal aanwezig moeten zal nader worden bepaald. De prioriteit ligt hier bij het uitwerken van de functionaliteiten en de werking tot conceptvorm, geschikt voor een (gedeeltelijk) functioneel prototype. Wanneer er tijd over is zou dit verder uitgewerkt kunnen worden. Dit

alles zal plaatsvinden binnen een tijdsbestek van ongeveer drie maanden, eventuele uitloop is mogelijk.

Alle gevonden informatie en resultaten zullen worden samengevat in een verslag.

Vraagstelling/Strategie

1. Wat zijn de eisen en wensen van het VR-lab aan het te ontwerpen product?

a. Welke mogelijkheden moet het product minstens bevatten? (Gesprek opdrachtgever)

2. Wat zijn de eisen en wensen van de toekomstige gebruikers aan het te ontwerpen product?

a. Wat is de doelgroep?
(Literatuuronderzoek, marktonderzoek)

b. Wat zijn de eigenschappen van de doelgroep?
(Literatuuronderzoek)

c. Wat zijn de behoeftes van de doelgroep? (Literatuuronderzoek, Interview/Enquête)

d. Hoe gaat de doelgroep om met technologie? (Literatuuronderzoek, Interview Enquête)

3. Wat zijn de mogelijkheden en onmogelijkheden van huidige technieken?

a. Welke technieken zijn er nu allemaal?
(Literatuuronderzoek)

b. Wat zijn de voordelen van deze technieken?
(Literatuuronderzoek, testen)

c. Wat zijn de nadelen van deze technieken?

(Literatuuronderzoek, testen)

d. Welke technieken lenen zich het beste voor het product?

(Testen)

4. Wat zijn de mogelijke deelconcepten?

a. Welke technieken zijn toepasbaar?
(Programma van Eisen,

Analyse)

b. Kunnen er technieken gecombineerd worden? (Programma van Eisen, Analyse)

5. Hoe komt de interface eruit te zien?

a. Welke interactiemogelijkheden moeten er komen? (Programma van Eisen, Analyse)

b. Wat moet de interface allemaal mogelijk maken? (Programma van Eisen, Analyse)

c. Hoe zien bestaande interfaces eruit?
(Literatuuronderzoek)

d. Hoe wordt de interface bediend?

6. Welk concept wordt uitgewerkt?

a. Waaraan moeten de prototypes voldoen?

b. Wat moet er allemaal getest worden?

c. Hoe worden de resultaten geëvalueerd?

d. Welk concept heeft de meeste voordelen?

e. Welk concept is het best te realiseren?

A. PLAN VAN AANPAK

Planning

	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	Week 5	Week 6	Week 7	Week 8	Week 9	Week 10	Week 11	Week 12	Week 13+
Plan van Aanpak													
Marktanalyse													
Doelgroep analyse													
Analyse technologieën													
Programma van Eisen													
Conceptgeneratie													
Ontwikkeling prototypes													
(Gebruiks)testen													
Terugkoppeling													
Conceptkeuze													
Conceptuitwerking													
Ontwikkeling prototype													
Conceptverslag													
Eindverslag													
Uitloop													

Mogelijke knelpunten

- Beschikbaarheid documentatie.
- Uiteenlopende en tegenstrijdige analyse resultaten.
- Op tijd leveren van een prototype.



B. ONTSTAAN

1519

Verbeelding is iets wat in de mens zit, bewust en onbewust doen we veel aan verbeelding, bijvoorbeeld wanneer we dromen, bij het lezen van een boek of bij het luisteren van muziek. Helaas bestaan deze ervaringen alleen uit gedachten, met VR kan dit veranderen.

Het idee van een virtuele werkelijkheid bestaat al een hele tijd, en komt zelfs al naar voren in kunstwerken uit begin 16e eeuw. Een voorbeeld hiervan is Sala delle Prospettive (Letterlijk vertaald: Hall der Perspectieven) uit 1519, een kamer geschilderd door Baldassare Peruzzi, waarbij men, door muurschilderingen in perspectief, het gevoel krijgt dat ze in een tempel staan, in plaats van de eigenlijke ruimte waarin ze staan. Deze muurschilding geeft in samenwerking met de verbeelding van de mens een gevoel van immersie. Echter is dit geen VR te noemen omdat er totaal geen interactie plaats vindt, een van de vereisten van VR. [7]



1860

Het idee van een schijnwerkelijkheid bestaat dus al zeker enkele eeuwen. Door slim gebruik te maken van perspectieven en andere basisprincipes kon in muurschilderingen diepte weergegeven worden, om zo bijvoorbeeld het idee te geven dat er nog een ruimte zich bevindt achter een muur.

Zo ontstond er, rond 1860, een trend om 360 graden panorama beelden te schilderen in zalen. Toeschouwers van deze beschilderingen konden zich zo op deze manier in een andere wereld wanen. Deze manier van spelen met perspectief zien we tegenwoordig nog steeds terug bij bijvoorbeeld moderne straatkunst.

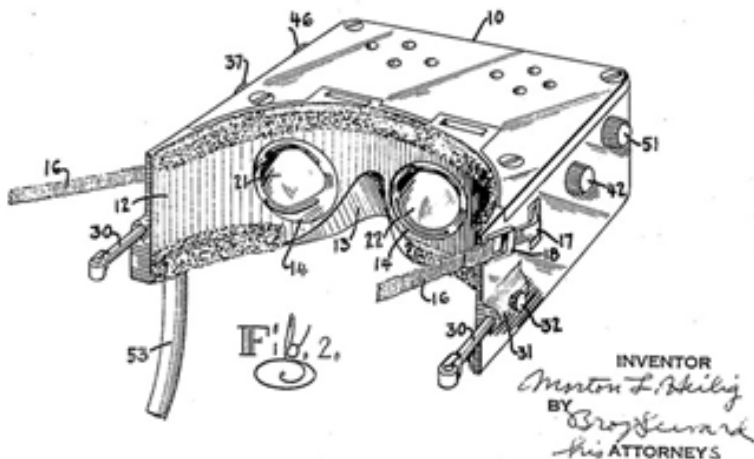
1956

De eerste machine die de richting van VR opgaat stamt uit 1956 en werd ontworpen door Morton Heilig. Deze machine werd de Sensorama genoemd. De Sensorama bestond uit een display en verschillende zintuiglijke stimulators. De gebruiker van de Sensorama zat voor het display waar een stereoscopische film werd getoond met een brede kijkhoek. Op vooraf vastgestelde momenten tijdens de film kreeg de gebruiker te maken met geur, trillingen, geluid en wind om het gevoel van immersie te verhogen. De Sensorama miste echter een belangrijk component van VR; het apparaat kon niet reageren op basis van acties van de gebruiker. [8]



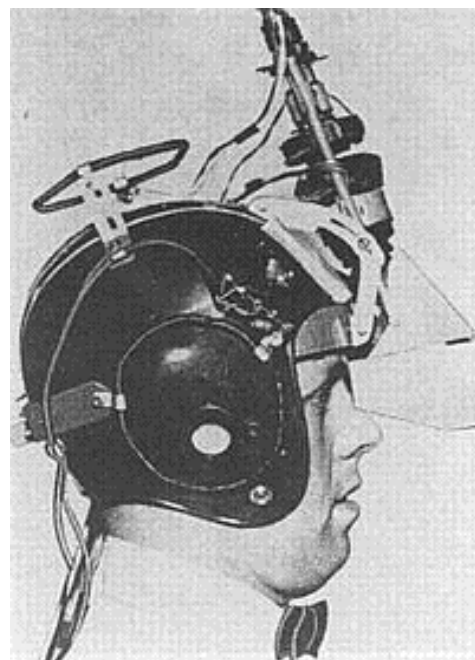
1960

In 1960 vroeg Morton Heilig patent aan voor het idee van een HMD (Head-Mounted Display) waarmee stereoscopische beelden bekeken konden worden in combinatie met stereo geluid en zelfs het gevoel van wind erbij. Hoewel er van dit idee nooit een prototype is gemaakt door Heilig, is dit wel de basis geweest voor de huidige VR brillen, en toont het veel overeenkomsten met huidige HMD's. [10]



1961

In 1961 werd door Comeau en Bryan van Philco Corporation de eerste HMD gemaakt, deze werd 'Headsight' genoemd. De Headsight bestond uit in helm met een CRT scherm er aan vastgemaakt. Verder was er ook een magnetisch volgsysteem om de bewegingen van het hoofd van de gebruiker te volgen, dit was gekoppeld aan een camera systeem. Wanneer de gebruiker zijn hoofd dan bewoog, draaide de camera, en daarmee ook het beeld wat de gebruiker zag, mee. Dit ontwerp kon gebruikt worden om op afstand iets te observeren, nuttig bij gevaarlijke situaties. Zo kon dit systeem bijvoorbeeld gekoppeld worden aan een infrarood camera, hierdoor kon je rondkijken in het donker, een belangrijke militaire toepassing. Echter is er bij dit systeem nog geen sprake van een VR of AR. [9]



B. ONTSTAAN

1968

1968 wordt gezien als het geboortjaar van VR. In dit jaar werd door de computerwetenschapper Ivan Sutherland en een student van hem, Bob Sproull, een prototype gebouwd van de eerste HMD waar sprake was van een virtuele realiteit, "The Sword of Damocles". De HMD was echter zo zwaar dat deze moest worden opgehangen via een mechanische arm aan het plafond, verder kon dit prototype enkel eenvoudige 3D wireframes weergeven. Door het gewicht en de ophanging aan het plafond heeft dit prototype ook zijn naam te danken. Omdat de displays voor de ogen doorschijnend waren, wordt dit prototype vaak aangehaald als de voorloper van AR (Augmented Reality). [11]



1977

In 1977 werd de Aspen Movie Map ontwikkeld, een soort Google Streetview waarbij de gebruiker een virtuele reis door de stad Aspen kon maken. Dit systeem wordt beschouwd als de eerste simulatie van de werkelijkheid. De Movie Map kon in drie vormen worden bekeken, gebaseerd op foto's en 3D-modellen.



1984

Door Jaron Lanier werd het bedrijf VPL Research opgericht. Dit bedrijf was een van de eerste bedrijven die zich bezig hield met de ontwikkeling en verkoop van VR producten. Zo ontwikkelde VPL Research de DataGlove (1985), een input apparaat in de vorm van een handschoen die de bewegingen van de hand kon meten, en de Eyephone (1988), werelds eerste commerciële HMD. [13]

1987

Hoewel het idee van VR al een hele tijd bestond, werd in 1987 de term 'Virtual Reality' voor het eerst pas in gebruik genomen door Jaron Lanier. Vanaf eind jaren 80 kwam de ontwikkeling op het gebied van VR ook pas echt op gang. Veel onderzoek werd gedaan naar toepassingen op het gebied van educatie en entertainment. [12]

1992

In 1992 werd de CAVE ontwikkeld, een nog altijd veel gebruikte vorm van VR. De CAVE is een vorm van VR zonder HMD en bestaat uit een kamer waarbij stereoscopische beelden worden geprojecteerd op de muren. Om deze beelden in 3D te bekijken, moet de gebruiker een actieve 3D bril dragen. [14]

Vanaf de jaren 90 kwam de ontwikkeling van VR voor consumenten stil te staan, alleen voor wetenschappelijke, militaire en educatieve doeleinden werd nog ontwikkeld. Het concept was aantrekkelijk, maar om de massa te bereiken was de techniek nog in een te vroeg stadium om echt door te breken. Verder werd VR in de jaren 90 overschaduwd door de komst van een andere techniek, namelijk het World Wide Web, die samen met de opmars van de personal computer voor een revolutie heeft gezorgd. Tot in 2012, het jaar waarin Palmer Lucky een Kickstarter-project aanmaakte voor de Oculus Rift, wat VR voor consumenten weer helemaal op de kaart heeft gezet en heeft gezorgd voor een grote opmars in VR producten. [15]

C. PROCESSING SCRIPT

```
import processing.serial.*;

import oscP5.*;
import netP5.*;

OscP5 oscP5;
NetAddress myRemoteLocation;

Serial myPort;

float rx, ry, rz, ax, ay, az, resetx, resety,
resetz, resetax, resetay, resetaz;
void setup() {

    size(500, 500);

    printArray( Serial.list() ); // pour imprimer
    dans la console les différents ports serie
    myPort = new Serial( this, Serial.list()[0],
    115200 );
    myPort.clear();

    oscP5 = new OscP5(this, 9000);
    myRemoteLocation = new
    NetAddress("127.0.0.1", 8000);
}

void draw() {
    background(0);
    while ( myPort.available () > 0 ) {
        String data = myPort.readStringUntil( '\n' );
        if ( data != null ) {
            println( data );
            String[] tmp = splitTokens(data, "\t");

            if (tmp.length == 7) {
                rx = parseFloat(tmp[1]);
                ry = parseFloat(tmp[2]);
                rz = parseFloat(tmp[3]);

                ax = parseFloat(tmp[4]);
                ay = parseFloat(tmp[5]);
                az = parseFloat(tmp[6]);
                if (millis() > 20000 && millis() < 30000) {
                    text("Initialisation : ok", 10, height-10);
                    resetx=rx;
                    resety=ry;
                    resetz=rz;

                    resetax=ax;
                    resetay=ay;
                    resetaz=az;
                }
            }
        }

        text("rotation x : " + rx, 10, 110);
        text("rotation y : " + ry, 10, 160);
        text("rotation z : " + rz, 10, 210);
        text("value x : " + (rx-resetx), 10, 130);
        text("value y : " + (ry-resety), 10, 180);
        text("value z : " + (rz-resetz), 10, 230);

        text("acceleration ax : " + ax, 10, 270);
        text("acceleration ay : " + ay, 10, 320);
        text("acceleration az : " + az, 10, 370);

        text("value ax : " + (ax-resetax), 10, 290);
        text("value ay : " + (ay-resetay), 10, 340);
        text("value az : " + (az-resetaz), 10, 390);
```

```
OscMessage myMessage = new  
OscMessage("/mpu6050");  
myMessage.add(rx-resetx);  
myMessage.add(ry-resety);  
myMessage.add(rz-resetz);  
  
myMessage.add(ax-resetax);  
myMessage.add(ay-resetay);  
myMessage.add(az-resetaz);  
  
oscP5.send(myMessage,  
myRemoteLocation);  
  
}
```

D. ARDUINO SCRIPT

```
#include "I2Cdev.h"

#include "MPU6050_6Axis_MotionApps20.h"
// #include "MPU6050.h" // not necessary if
// using MotionApps include file

#if I2CDEV_IMPLEMENTATION == I2CDEV_
ARDUINO_WIRE
    #include "Wire.h"
#endif
MPU6050 mpu;
// MPU6050 mpu(0x69); // <-- use for AD0
// high

#define OUTPUT_READABLE_YAWPITCHROLL

#define LED_PIN 13 // (Arduino is 13, Teensy
// is 11, Teensy++ is 6)
bool blinkState = false;

bool dmpReady = false; // set true if DMP
// init was successful
uint8_t mpuIntStatus; // holds actual
// interrupt status byte from MPU
uint8_t devStatus; // return status after
// each device operation (0 = success, != 0 =
// error)
uint16_t packetSize; // expected DMP
// packet size (default is 42 bytes)
uint16_t fifoCount; // count of all bytes
// currently in FIFO
uint8_t fifoBuffer[64]; // FIFO storage buffer

Quaternion q; // [w, x, y, z]
// quaternion container
VectorInt16 aa; // [x, y, z] accel
// sensor measurements
VectorInt16 aaReal; // [x, y, z]
// gravity-free accel sensor measurements
VectorInt16 aaWorld; // [x, y, z]
// world-frame accel sensor measurements
VectorFloat gravity; // [x, y, z] gravity
// vector
float euler[3]; // [psi, theta, phi] Euler
// angle container
float ypr[3]; // [yaw, pitch, roll] yaw/
// pitch/roll container and gravity vector

uint8_t teapotPacket[14] = { '$', 0x02, 0,0, 0,0,
// 0,0, 0,0, 0x00, 0x00, '\r', '\n' };

volatile bool mpuInterrupt = false; //
// indicates whether MPU interrupt pin has
// gone high
void dmpDataReady() {
    mpuInterrupt = true;
}

void setup() {
    // join I2C bus (I2Cdev library doesn't do
    // this automatically)
    #if I2CDEV_IMPLEMENTATION == I2CDEV_
    ARDUINO_WIRE
        Wire.begin();
        TWBR = 24; // 400kHz I2C clock (200kHz
        // if CPU is 8MHz)
    #elif I2CDEV_IMPLEMENTATION ==
    I2CDEV_BUILTIN_FASTWIRE
```

```

    Fastwire::setup(400, true);
#endif
Serial.begin(115200);
while (!Serial); // wait for Leonardo
enumeration, others continue immediately

Serial.println(F("Initializing I2C devices..."));
mpu.initialize();

Serial.println(F("Testing device
connections..."));
Serial.println(mpu.testConnection()
? F("MPU6050 connection successful") :
F("MPU6050 connection failed"));

Serial.println(F("Initializing DMP..."));
devStatus = mpu.dmpInitialize();

mpu.setXGyroOffset(31);
mpu.setYGyroOffset(31);
mpu.setZGyroOffset(95);
mpu.setXAccelOffset(-4609);
mpu.setYAccelOffset(-769);
mpu.setZAccelOffset(2047); // 1688 factory
default for my test chip

if (devStatus == 0) {
    Serial.println(F("Enabling DMP..."));
    mpu.setDMPEnabled(true);

    Serial.println(F("Enabling interrupt
detection (Arduino external interrupt 0)..."));
    attachInterrupt(0, dmpDataReady,
RISING);
    mpulntStatus = mpu.getIntStatus();

```

```

    Serial.println(F("DMP ready! Waiting for
first interrupt..."));
    dmpReady = true;

    packetSize = mpu.
dmpGetFIFOPageSize();
    } else {
        Serial.print(F("DMP Initialization failed
(code ");
        Serial.print(devStatus);
        Serial.println(F(")"));
    }

    pinMode(LED_PIN, OUTPUT);
}

void loop() {
    if (!dmpReady) return;

    while (!mpuInterrupt && fifoCount <
packetSize) {
        .
    }

    mpuInterrupt = false;
    mpulntStatus = mpu.getIntStatus();

    fifoCount = mpu.getFIFOCount();

    if ((mpulntStatus & 0x10) || fifoCount ==
1024) {
        mpu.resetFIFO();
        Serial.println(F("FIFO overflow!"));
    }

```

D. ARDUINO SCRIPT

```
    } else if (mpuIntStatus & 0x02) {
        while (fifoCount < packetSize)
            fifoCount = mpu.getFIFOCount();

        mpu.getFIFOBytes(fifoBuffer,
            packetSize);

        fifoCount -= packetSize;

#ifdef OUTPUT_READABLE_YAWPITCHROLL

        mpu.dmpGetQuaternion(&q,
            fifoBuffer);
        mpu.dmpGetGravity(&gravity, &q);
        mpu.dmpGetAccel(&aa, fifoBuffer);
        mpu.dmpGetYawPitchRoll(ypr, &q,
            &gravity);
        mpu.dmpGetLinearAccel(&aaReal,
            &aa, &gravity);

        Serial.print("GyroAccel\t");
        Serial.print(ypr[0] * 180/M_PI);
        Serial.print("\t");
        Serial.print(ypr[1] * 180/M_PI);
        Serial.print("\t");
        Serial.print(ypr[2] * 180/M_PI);
        Serial.print("\t");
        Serial.print(aaReal.x);
        Serial.print("\t");
        Serial.print(aaReal.y);
        Serial.print("\t");
        Serial.println(aaReal.z);

#endif

    }

#endif

#ifdef OUTPUT_TEAPOT

    teapotPacket[2] = fifoBuffer[0];
    teapotPacket[3] = fifoBuffer[1];
    teapotPacket[4] = fifoBuffer[4];
    teapotPacket[5] = fifoBuffer[5];
    teapotPacket[6] = fifoBuffer[8];
    teapotPacket[7] = fifoBuffer[9];
    teapotPacket[8] = fifoBuffer[12];
    teapotPacket[9] = fifoBuffer[13];
    Serial.write(teapotPacket, 14);
    teapotPacket[11]++; // packetCount,
    loops at 0xFF on purpose
#endif

    blinkState = !blinkState;
    digitalWrite(LED_PIN, blinkState);
}
}
```

