



HoGent

Faculteit Bedrijf en Organisatie

React 360, een framework voor virtual reality applicaties te bouwen

Michiel Glibert

Scriptie voorgedragen tot het bekomen van de graad van
professionele bachelor in de toegepaste informatica

Promotor:
Johan Van Schoor
Co-promotor:
Jasper Dansercoer

Instelling: —

Academiejaar: 2017-2018

Tweede examenperiode

Faculteit Bedrijf en Organisatie

React 360, een framework voor virtual reality applicaties te bouwen

Michiel Glibert

Scriptie voorgedragen tot het bekomen van de graad van
professionele bachelor in de toegepaste informatica

Promotor:
Johan Van Schoor
Co-promotor:
Jasper Dansercoer

Instelling: —

Academiejaar: 2017-2018

Tweede examenperiode

Woord vooraf

Samenvatting

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus.

Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

Inhoudsopgave

1	Inleiding	17
1.1	Probleemstelling	18
1.2	Onderzoeksvraag	18
1.3	Onderzoeksdoelstelling	19
1.4	Opzet van deze bachelorproef	19
2	Stand van zaken	21
2.1	De virtuele realiteiten	21
2.1.1	Virtual reality	21
2.1.2	3D en 4D	23
2.1.3	Augmented Reality	23
2.2	De werking van virtual reality	24
2.2.1	Stereoscopie	24

2.2.2	De virtuele ervaring	25
2.2.3	Interactie met de virtuele wereld	26
2.3	De gevolgen voor de gebruiker	27
2.3.1	User Experience	27
2.4	JavaScript, HTML en CSS	28
2.4.1	HTML	29
2.4.2	CSS	29
2.4.3	Javascript	30
2.5	De mogelijke VR frameworks naast React 360	33
2.5.1	A-Frame	34
2.5.2	Primrose	34
2.5.3	Agron.js	34
3	Methodologie	35
3.1	Het framework, React 360, bestuderen	35
3.2	Performantie van React 360	35
3.3	Ervaring van virtual reality voor een gebruiker	35
3.4	De doeleinden en stand van zaken van React 360	36
4	React 360	37
4.1	React.js	37
4.1.1	JSX	38
4.1.2	Components en props	38
4.1.3	State en levenscyclus	40
4.1.4	Events	41

4.2	Werking van React 360	41
4.3	Enkele belangrijke componenten	41
4.3.1	View	41
4.3.2	Text	42
4.3.3	Image	42
4.4	Concepten	43
4.4.1	360°foto's en video's	43
4.4.2	Het ruimtelijke systeem	44
4.4.3	Geluid	47
4.4.4	Input in VR	47
4.4.5	Native Modules	47
4.5	Prestaties	47
5	React 360 applicaties testen	49
5.1	Applicatie 1: Omgeving simuleren	49
5.1.1	Resultaten	49
5.2	Applicatie 2: Een interactieve applicatie	49
5.2.1	Resultaten	49
5.3	Applicatie 3: De fysieke ongemakken van VR	49
5.3.1	Resultaten	49
6	Conclusie	51
A	Onderzoeksvoorstel	53
A.1	Introductie	53
A.2	State-of-the-art	53

A.3	Methodologie	54
A.4	Verwachte resultaten	54
A.5	Verwachte conclusies	54
	Bibliografie	55

Lijst van figuren

2.1	Stereoscopie voorbeeld.	25
2.2	De hiërarchie van de benodigdheden in virtual reality.	28
4.1	De opbouw van componenten en sub-componenten.	39
4.2	Een equidistante cilinderprojectie.	43
4.3	Een flexbox container met flex items.	46
4.4	De X, Y en Z assen.	46

Lijst van tabellen

Listings

2.1	HTML Element voorbeeld	29
2.2	HTML Element voorbeeld	29
2.3	Voorbeeld van een HTML bestand	29
2.4	Voorbeeld van een CSS bestand	30
2.5	Hond object aanmaken	30
2.6	Eigenschap toevoegen aan en object	31
2.7	Het nieuwe hond object	31
2.8	Een functie met var	32
2.9	Een functie met let	32
2.10	Een functie die 2 getallen optelt	32
2.11	Een functie de som functie oproept	33
2.12	Voorbeeld van primrose omgeving	34
4.1	Voorbeeld van een JSX tag	38
4.2	Het component HelloWorld wordt gedefinieerd	38

4.3	Het component Hello wordt gedefinieerd die de property 'name' gebruikt . . .	39
4.4	Het component Hello met de property name	39
4.5	Het component Hello die meerdere malen met andere props wordt gebruikt. . .	39
4.6	Het temperature component met de bijhorende state.	40
4.7	Voorbeeld van een vent afhandelen.	41
4.8	Een component die een View teruggeeft.	42
4.9	Het Text component met kinderen.	42
4.10	Het Image component met als bron een-afbeelding.jpg.	42
4.11	Een afbeelding als achtergrond instellen in de runtime.	44
4.12	Voorbeeld van een surface	45
4.13	Voorbeeld van een surface	46
4.14	Voorbeeld van een Entity component	46

1. Inleiding

Virtual Reality, of in het Nederlands virtuele werkelijkheid, is een technologie die het mogelijk maakt om een bepaalde omgeving zowel auditief als visueel te simuleren en het gevoel te geven aan de gebruiker dat hij/zij zich echt bevindt in die omgeving. Men gaat letterlijk op de menselijke zintuigen gaan inspelen door middel van elektronica om dus de gebruiker een gevoel van realiteit te geven dat eigenlijk niet echt is. Het voornaamste apparaat dat hiervoor gebruikt wordt is een virtual reality bril. Dit is een bril waarmee voor elk oog een beeld van de virtuele wereld wordt weergegeven. Deze brillen hebben meestal ook extra sensoren zoals bijvoorbeeld een gyroscoop die ook alle bewegingen met het hoofd opvolgt en weergeeft in de virtuele wereld.

De toepassingen waar dat virtual reality kan gebruikt worden zijn zeer uitgebreid. De bekendste hiervoor is entertainment, zoals gaming. Hiermee kan men dus gaan simuleren alsof de persoon zich in het spel bevindt. Daarnaast kan het ook gebruikt worden in het medische gebied. Men kan VR gaan gebruiken als behandeling tegen bepaalde aandoeningen zoals bepaalde fobieën en posttraumatische-stressstoornis. Daarnaast kan aan de hand van virtual reality bepaalde ingrepen gaan simuleren als training. Deze training kan dan een goede voorbereiding zijn op de echte ingreep. Het gebruik van VR als training komt ook voor in andere gebieden dan het medische, zoals in het leger, astronaut, vliegsimulators, ...

Virtual reality heeft dus zeker een ruim aanbod van toepassingsgebieden waarvoor het gebruikt kan worden, maar toch is het ontwikkelen van virtual reality applicaties een grote uitdaging. Er is dus nood aan een goed framework die voldoende componenten aanbiedt voor de gewenste doeleinden van de VR applicatie. React 360 is een door facebook ontwikkeld framework die gebruikt maakt van React JS (wat dan weer een javascript framework is, ook door facebook) dat voor zowel 360°applicaties gebruikt kan worden als

voor VR applicaties. In deze bachelorproef gaan wij vooral de focus gaan leggen op de ontwikkeling voor virtual reality applicaties.

1.1 Probleemstelling

Virtual reality is een nog opkomende trend die nog in zijn kinderschoenen staat. Hierdoor is het nog moeilijk om toe te treden tot deze markt aangezien de prijzen van deze virtual reality brillen soms hoog kunnen oplopen. Dit is momenteel nog een struikelblok voor de consument om de aankoop van een VR headset uit te stellen, maar zeker niet de enigste. In het artikel van (Abarrera, 2017) wordt goed aangehaald wat precies de redenen zijn waarom VR headsets nog niet volledig aangeslaan zijn bij het publiek. Een andere zeer belangrijk probleem met VR momenteel is het tekort aan ontwikkelaars voor deze technologie. Een virtual reality applicatie is zeker niet hetzelfde als een gewone webapplicatie. Er moet ten eerste al letterlijk in 360°gedacht worden aangezien een persoon in VR perfect rond zich moet kunnen kijken. Daarnaast mogen we niet vergeten dat bepaalde beelden die ongepast zijn voor VR een negatieve weerslag kunnen geven aan de gebruiker en zelfs kan lijden tot fysieke pijn. Ten slotte gaat het ontwikkelen van een virtual reality applicatie niet zomaar. Er is al snel nood aan een uitgebreide kennis over het ontwikkelen van 3D omgevingen zoals in videospellen. Dit kan voor een ontwikkelaar geen gemakkelijke taak zijn om dit zomaar aan te leren en dit zorgt er dan weer voor dat ontwikkelaars moeilijker de stap naar het ontwikkelen van een virtual reality applicatie gaan nemen.

React 360 zou hier een oplossing voor moeten bieden. Dit framework biedt niet alleen een groot aantal componenten aan waarmee er al snel een solide VR app kan worden ontwikkelt, maar daarnaast wordt er bij React 360 ook gebruik gemaakt van React JS. React JS is al een gekend framework voor het ontwikkelen van interactieve webapplicaties. Dit zorgt er dus voor dat de kloof tussen het ontwikkelen een webapplicatie en een virtual reality applicatie pakken kleiner wordt. Ook is het zo dat men voor deze apps uit te voeren niet verplicht een virtual reality headset hoeft te gebruiken aangezien deze applicaties gewoon in de browser kunnen worden uitgevoerd. Daarnaast zijn de mobiele virtual headsets, die voor React 360 kunnen gebruikt worden, een pak goedkoper. Maar de vraag is natuurlijk of React 360 wel een goed framework is in zijn huidige vorm. Kunnen we er wel goede VR applicaties mee ontwikkelen die gebruiksvriendelijk zijn en daarnaast weten nog niet precies voor welke doeleinden het framework zou kunnen worden gebruikt. En ten slotte, is er nood aan een goede en performante hardware? Een computer moet namelijk veel meer berekeningen doen voor een 3D omgeving te gaan creëren.

1.2 Onderzoeksvraag

Met de uitleg die ik zonet aangaf kunnen we een aantal onderzoeksvragen definiëren waar ik in mijn bachelorproef een antwoord tracht naar te vinden:

- Hoe ervaart een gebruiker een VR applicatie ontwikkeld met React 360 ten opzichte

- van een gewone webapplicatie?
 - Hoe voelt de user experience aan
 - Wat zijn de fysieke opmerkingen?
- Voor welke doeleinden kan React 360 gebruikt worden
- Is React 360 al een goed framework voor volwaardige VR applicaties
- Wat is de performantie van React 360 in de browser?
 - Is er nood aan dure hardware voor React 360?

1.3 Onderzoeksdoelstelling

In dit onderzoek zoeken we een antwoord op al onze onderzoeksvragen en vooral of React 360 een goed framework is voor virtual reality applicaties en voor welke doeleinden. Het antwoord hoeft dus niet noodzakelijk positief te zijn, het belangrijkste is om een duidelijk antwoord de kunnen formuleren. We willen vooral het framework gaan ontleden en alle belangrijkste aspecten dat het aanbiedt gaan bekijken terwijl we ook rekening houden met alle concepten van de wereld van virtual reality. We moeten ook vooral in gedachten houden dat virtual reality een nieuwe technologie is. Het concept erachter bestaat al lang maar het is pas sinds de laatste jaren dat het een intreden in de markt heeft gemaakt.

1.4 Opzet van deze bachelorproef

De rest van deze bachelorproef is als volgt opgebouwd:

In Hoofdstuk 2 wordt een overzicht gegeven van de stand van zaken binnen het onderzoeksdomein, op basis van een literatuurstudie. Onder andere, de technologie virtual reality zelf en de programmeer taal waarmee React 360 gebouwd is, javascript.

In Hoofdstuk 3 wordt de methodologie toegelicht en worden de gebruikte onderzoekstechnieken besproken om een antwoord te kunnen formuleren op de onderzoeksvragen.

In Hoofdstuk 4 wordt React 360 bestudeert en bekijken we enkele belangrijke onderwerpen van het framework.

In Hoofdstuk 6 wordt tenslotte de conclusie gegeven en een antwoord geformuleerd op de onderzoeksvragen. Daarbij wordt ook een aanzet gegeven voor toekomstig onderzoek binnen dit domein.

2. Stand van zaken

Voordat React 360 kan worden bekeken is het belangrijk een goed beeld te scheppen van virtual reality zelf. We gaan dieper in op de concepten van virtual reality, hoe het werkt en wat de gevolgen zijn voor de gebruiker van deze applicaties. Daarna gaan we een kijkje nemen naar programmeertalen: HTML, CSS en Javascript. Dit is nodig om React 360 te kunnen verstaan. We zullen tot slot nog een overzicht geven van de mogelijke alternatieven voor React 360 met ook een korte uitleg van deze frameworks.

2.1 De virtuele realiteiten

We weten al wat virtual reality is, maar wanneer is nu iets 'virtual reality'. Er zijn namelijk nog een aantal andere vormen van valse realiteiten die al snel verward kunnen worden met virtual reality, maar wat zijn deze nu precies en wanneer kunnen we iets als VR aanzien.

2.1.1 Virtual reality

Om gemakkelijk te kunnen aantonen wanneer nu iets virtual reality is maken we gebruik van de 4 sleutel elementen van virtual reality die (Sherman, 2000) in zijn boek aanhaalt.

Een virtuele wereld

In ons hoofd kunnen we ons dingen voorstellen die enkel wij ons kunnen voorstellen. Dit kunnen bepaalde omgevingen zijn die niet bestaan, fictie zijn. We noemen het ook wel een virtuele wereld. Een virtuele wereld hoeft niet noodzakelijk afgebeeld te worden op

een computer, men kan deze virtuele wereld al gaan beschrijven op andere manieren zoals men bij een film een script heeft die de film verteld (maar het is natuurlijk nog niet de afgewerkte film).

Het eerste sleutel element is ons zeer duidelijk en vloeit natuurlijk rechtstreeks van de naam virtual reality zelf. Met virtuele wereld bedoelt men niet noodzakelijk iets gaan maken dat niet bestaat, maar eerder iets gaan bedenken dat niet binnen handbereik is. Denk maar aan de Chinese muur. Dit bestaat natuurlijk wel echt maar China is niet een land dat dicht bij de deur is. Door virtual reality kunnen we toch de Chinese muur proberen te ervaren zoals hij in het echt is. Het is natuurlijk ook toegestaan om iets te gaan bouwen dat niet bestaat, maar dat heeft ook zo zijn limieten en hier geven we in hoofdstuk 2.3.1 een duidelijke verklaring voor.

Immersion/Onderdompeling

Bij virtual reality is het belangrijk dat de gebruiker wordt ondergedompeld in iets anders dan de realiteit. Men moet zich eigenlijk van de echte wereld kunnen afscheiden en ten volle kunnen opgaan in de virtuele wereld. De gebruiker moet zich echt aanwezig kunnen voelen in de virtuele wereld waarbij dus prikkels van buitenaf zo beperkt mogelijk moeten zijn. Wat ook belangrijk is, is dat men met deze wereld interacties kan uitvoeren. Als men een boek leest kan men zich wel de wereld inbeelden, maar zal alles volgens een vaste lijn gaan. In een virtuele wereld heb je zelf de keuze wat je doet. Er is dus een communicatie aanwezig in 2 richtingen. Jij reageert op de virtuele wereld maar de virtuele wereld reageert ook terug op jou, bij een boek is dit natuurlijk niet mogelijk. We kunnen de onderdompeling gaan onderscheiden in 2 soorten:

- **De mentale onderdompeling** is waarbij je met je hoofd diep geëngageerd zit in de wereld en alles wat er in gebeurt, begint te geloven.
- **De fysieke onderdompeling** is waarbij je lichaam eigenlijk in de virtuele wereld terecht komt. Hierbij gaat men vooral op de menselijke zintuigen en bewegingen gaan inspelen.

Feedback voor de zintuigen

Om dus de fysieke onderdompeling te ondersteunen, is er nood aan feedback voor de zintuigen. Denk maar aan een droom, waarbij het ook allemaal niet echt is maar je toch bepaalde gevoelens of zelfs pijn kan voelen. Ook bij virtual reality moeten we het lichaam zoveel mogelijk doen denken dat het zich echt in de virtuele wereld bevindt. Momenteel, bij de huidige generatie van virtual reality apparaten, is er al een heleboel feedback aanwezig. Ten eerste is er de feedback op je ogen, je ziet de wereld. Dan heb je feedback op het gehoor, je hoort de wereld. En ten slotte heb je de bewegingen die je met de handen uitvoert, deze kunnen ook gereflecteerd worden in de virtuele wereld.

Interactiviteit

Hier komen de 3 voorgaande elementen samen. Zoals eerder vermeld heeft virtual reality nood aan communicatie die in 2 richtingen gaat. We willen kunnen interacties uitvoeren op de virtuele wereld en deze ook te zien krijgen. Net zoals we bijvoorbeeld bij videospelletje op een gewoon beeldscherm bepaalde knoppen kunnen induwen om zo een respons te zien te krijgen. Het is zeer belangrijk dat deze interactie op een correcte manier gebeurt zodat dit geen ongemakken veroorzaakt bij de gebruiker. Dit wordt in hoofdstuk 3.3 goed aangehaald.

2.1.2 3D en 4D

3D wil letterlijk zeggen driedimensionaal. Hiermee bedoelt men dat iets 3 meetkundige dimensies heeft, namelijk diepte, breedte en hoogte. Deze technologie kan men dan gaan toepassen op beeldschermen a.d.h.v. stereoscopie, waar we in hoofdstuk 2.2 wat meer uitleg over geven. Op deze manier krijgt de gebruiker dus een illusie van diepte. Meestal worden hier dan speciale brillen voor gebruikt, ook wel 3D-brillen genoemd. De klassiekere brillen hebben dan een kleurfilter, meestal rood en blauw. Rood laat enkel rood door en blauw enkel blauw. Hiermee kan men dan vanaf 2 perspectieven een blauwe afbeelding en een rode afbeelding gaan weergeven waardoor de diepte van een object dus zichtbaar is.

3D wordt al veel toegepast in de filmwereld, vooral in de cinema dan. Hierdoor ontstond dan ook de uitgebreidere 4D maar is eerder een marketingterm dan een technologie en wordt bijna uitsluitend in de filmwereld gebruikt als entertainment. Bij 4D gaat men de beelden nog altijd driedimensionaal gaan weergeven maar zorgt men ook voor extra fysieke effecten die synchroon lopen met de film. Als bijvoorbeeld een film zich in het water afspeelt kan men af en toe kleine spatjes water op de kijker schieten.

Het grote verschil hier is de immersion die amper aanwezig is en afhankelijk van de content ook weinig feedback voor de zintuigen. Er is wel een extra dimensie maar er kan niet rondgekeken worden in tegenstelling tot een VR headset. Interactie met de wereld is ook in de meeste gevallen niet aanwezig, spelconsoles zoals de Nintendo 3DS vormen dan weer een uitzondering. 3D of 4D is dus zeker geen volwaardige virtual reality, maar is wel al een stap in de goede richting.

2.1.3 Augmented Reality

Augmented Reality wordt heel veel verward met virtual reality maar zijn toch 2 andere technologieën. Je kan augmented reality gaan vertalen naar 'toegevoegde realiteit'. In tegenstelling tot virtual reality gaat men bij augmented reality letterlijk iets gaan toevoegen aan wat al bestaat. Bij virtual reality gaat men dan iets volledig virtueel gaan scheppen. Aangezien augmented reality iets toevoegt, is er ook niet verplicht nood aan een bril. Vandaag de dag wordt augmented reality regelmatig gebruikt bij de smartphone. Denk maar aan een applicatie waarbij je een object kan afbeelden op een plaats. Bijvoorbeeld

een bepaald meubilair die virtueel gegeneerd en getoond wordt in een kamer dat echt bestaat.

Er is niet echt een definitie van wat augmented reality precies inhoudt. Je kan eigenlijk al een scorebord bij live uitzending van een sport op de televisie zien als een vorm van augmented reality. Maar volgens (Azuma, 1997) zou iets aan volgende 3 karakteristieken moeten voldoen om augmented reality te kunnen zijn:

- Combineert de echte wereld met de virtuele wereld
- Men kan interacties doen met het virtuele
- De virtuele wereld bezit de 3 dimensies (diepte, breedte en hoogte)

Als we deze 3 karakteristieken toepassen op het voorbeeld van het scorebord, zien we dus dat een scorebord bij een live uitzending van sport geen augmented reality is. De 1ste voorwaarde wordt wel voldaan, maar de 2de en de 3de niet. Men kan geen interacties gaan uitvoeren op dit scorebord, de programmamaker zou dit wel kunnen dus voor hem is dan enkel de 3de regel niet voldaan. Zou het beeld voor de programmamaker dan ook nog in 3D (een 3D scorebord dus, niet noodzakelijk een 3D beeldscherm) worden weergegeven, dan kunnen we stellen dat dit een vorm van augmented reality is.

2.2 De werking van virtual reality

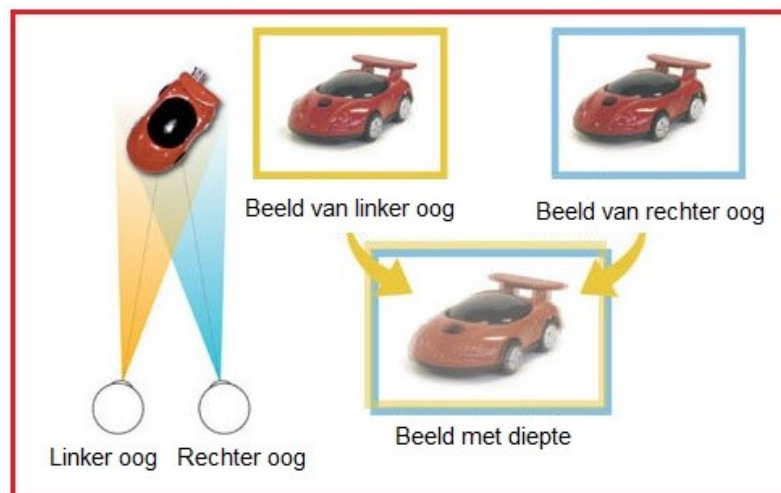
Er werd al duidelijk gemaakt wat virtual reality precies is en welke andere gelijkaardige vormen er zijn, maar het is ook belangrijk te weten hoe de technologie werkt. Hier gaan we in tegenstelling tot het vorige hoofdstuk eerder de nadruk leggen op technische gedeelte van virtual reality.

2.2.1 Stereoscopie

Bij virtuele werkelijkheid wordt er gebruik gemaakt van een illusie. Dit doet men ten eerste a.d.h.v. stereoscopie. Hierbij gaat men diepte meegeven aan een afbeelding. Dit doet men door 2 afbeeldingen vanaf een verschillende afstand (meestal de afstand tussen de ogen) te maken. Hierna gaat men dit combineren tot één stereoafbeelding. (Rouse, 2011).

Door stereoscopie kan men dus diepte gaan simuleren. Zo kan men beter inschatten hoe ver en hoe groot een object is in de virtuele wereld. Men kan deze 2 afbeeldingen dan gaan tonen door zo een VR headset. Dit kan op meerdere manieren.

- Ofwel maakt men gebruik van een smartphone waarbij men dan een headset heeft waarbij gebruik wordt gemaakt van lenzen. Op de smartphone worden er 2 beelden geprojecteerd en kan men dan de smartphone in deze headset gaan steken. De lenzen zorgen er dan voor dat de omgeving ruimer lijkt dan het werkelijk is. In combinatie met een gyroscoop kan men dan gaan rondkijken en deze wereld terwijl de smartphone al het rekenwerk doet. Men kan dan op een goedkope manier virtuele



Figuur 2.1: Stereoscopie voorbeeld.

realiteit gaan tonen. Dit is helaas meestal ten koste van de kwaliteit doordat de resolutie op smartphones meestal te laag is voor virtuele werkelijkheid scherp te kunnen weergeven.

- Daarnaast heeft men de meer geavanceerde virtuele headsets. Hierbij is er per oog een scherm aanwezig met een hoge resolutie. Deze tonen dan elk hun beeld en simuleren dan de virtuele omgeving. Deze headsets worden dan ook het meest gebruikt bij VR videospelletjes. Deze zijn automatisch ook een pak duurder en vereisen een krachtige computer.

2.2.2 De virtuele ervaring

In hoofdstuk 2.1.2 hebben we al vermeld dat het niet enkel door de extra dimensie is dat iets al virtual reality is. Er zijn nog meerdere aspecten waarmee men rekening moet houden bij een virtuele headset.

Frames per second

De beelden per seconde, ofwel frames per second (FPS), van de beeldschermen in VR headsets zijn zeer belangrijk. De 2 bekendste virtuele headsets momenteel op de markt, die dan vooral naar gaming gericht zijn, zijn de HTC vive en de Oculus Rift. Beide headsets maken gebruik van een 90Hz scherm. Dat wil zeggen dat er maximaal 90 beelden per seconde kunnen worden weergegeven. Hoe sneller, hoe realistischer. Een andere bekende headset, de Playstation VR, draait maar op 60Hz, 60 beelden per seconde dus. Bij smartphones kan dit nog lager liggen, tot 30Hz zelfs. Het is dus duidelijk dat de HTC vive en Oculus Rift een realistischere ervaring zullen geven dan de Playstation VR of de smartphone.

Latency

Latency heeft ook een zeer grote impact op de ervaring. Latency is de hoeveelheid tijd er tussen zit als je een bepaalde input geeft en die dan wordt weergegeven in de virtuele wereld. Een goed voorbeeld hiervan is het moment dat je een stap vooruit zet, zal er een bepaalde hoeveelheid tijd zijn tot je vooruit beweegt in de virtuele wereld. Bij een te hoge latency zal de virtuele ervaring als heel slecht ervaren worden en zelfs vanaf er al een latency is van 20ms zal het menselijk brein duidelijk onderscheidt kunnen maken tussen iets dat echt is en iets dat vals is. Dit zal niet alleen leiden tot een mindere ervaring voor de gebruiker maar kan ook tot fysieke pijn leiden zoals motion sickness, iets dat ook voorkomt bij onze moderne manieren van transport bij bijvoorbeeld autorijden (wagenziekte). Het is dus zeer belangrijk dat deze latency zo laag mogelijk is, niet alleen voor de ervaring maar ook om ongemakkelijkheid bij de gebruiker te vermijden.

Field of view

Field of view (FOV) ofwel het gezichtsveld is in de virtuele wereld ook zeer belangrijk. Een mens ziet ongeveer 180° rond zich, maar dit kan oplopen tot 270° als er met de ogen bewogen wordt. De meeste headsets hebben maar een gezichtsveld tussen de 90° en 110°, wat dus eigenlijk niet genoeg is. Dit heeft dan ook een impact op de virtuele ervaring en kan ook hier opnieuw leiden tot motion sickness.

Als er dus niet wordt voldaan aan een hoge FPS, voldoende FOV en een lage latency zal dit een impact hebben op de virtuele ervaring. Hierdoor ontstaan dan fysieke ongemakken omdat het menselijk brein weet dat er iets niet klopt. Het is dus zeer belangrijk aan ontwikkelaars van virtuele applicaties om hiermee rekening te houden. Als een applicatie je ziek maakt, dan ga je dat automatisch ook minder of zelfs niet meer gebruiken.

2.2.3 Interactie met de virtuele wereld

We zijn al in staat om een virtuele wereld zeer realistisch weer te geven, maar interactie is momenteel nog een moeilijk aspect van virtual reality. Wat men al sowieso goed doet, is rond je kunnen kijken in de virtuele wereld aan de hand van een gyroscoop. Maar wat dan met rondlopen in die virtuele wereld?

Men kan hiervoor simpele gamecontrollers met een joystick gaan gebruiken waarbij men dus gewoon in de virtuele wereld gaat bewegen als hoe men dit zou doen in een videospel. Dit is natuurlijk niet de perfecte ervaring aangezien er weinig rekening wordt gehouden met hoe de handen of voeten bewegen. Om dit dan te gaan oplossen wordt er gebruik gemaakt van motion controllers, bewegingsbesturing. Met deze controllers kan men zeer accuraat de bewegingen van de handen gaan volgen waarbij men ook gebruik maakt van een gyroscoop. Voor de voeten bestaan er ook al oplossingen, maar deze zijn natuurlijk minder praktisch. Er zijn al zogenaamde loopbanden die ervoor zorgen dat men kan stappen in de virtuele wereld zonder dat men in een bepaalde richting stapt in de echte wereld. Dit zijn natuurlijk vrij lompe werktuigen en zijn daarnaast niet goedkoop. Daarom wordt er voor verplaatsing nog steeds vooral gekozen voor een simpele joystick, meestal in

combinatie met een motion controller.

Voor mobile is het natuurlijk wat moeilijker om een gamecontroller te gebruiken, niet iedereen beschikt hierover. Daarom wordt er bij mobile VR de zogenaamde 'gaze' techniek gebruikt. Dit komt ook zeker terug in hoofdstuk 4 over react 360. Gaze is zoals de vertaling zegt, staren. In plaats van dat je dus op een knop gaat drukken is het de bedoeling dat je bepaalde knoppen in de virtuele wereld gaat aanstaren voor een korte tijd. Dit is een zeer handige oplossing die gemakkelijk kan toegepast worden om het doelpubliek voor een VR applicatie groter te maken. Maar helaas zorgt deze gaze er wel voor dat de gebruiker minder snel kan reageren op bepaalde acties die in de virtuele wereld gebeuren.

2.3 De gevolgen voor de gebruiker

Een virtual reality app is erg verschillend van een gewone webapplicatie. Hierbij is het doel om de gebruiker zich in de wereld te laten voelen. Zoals we al in hoofdstuk ?? hebben aangehaald kan een slechte opbouw van een virtuele applicatie lijden tot 'fysieke pijn' bij de gebruiker. Hier hebben we het dan eerder over onschuldige kwaaltjes zoals hoofdpijn, desoriëntatie, misselijkheid, ... Daarom is het belangrijk voor de ontwikkelaar dat hij/zij hiermee rekening houdt bij het ontwikkelen van een VR applicatie. Het is immers niet de bedoeling dat een gebruiker de applicatie niet kan gebruiken omwille van deze fysieke gevolgen.

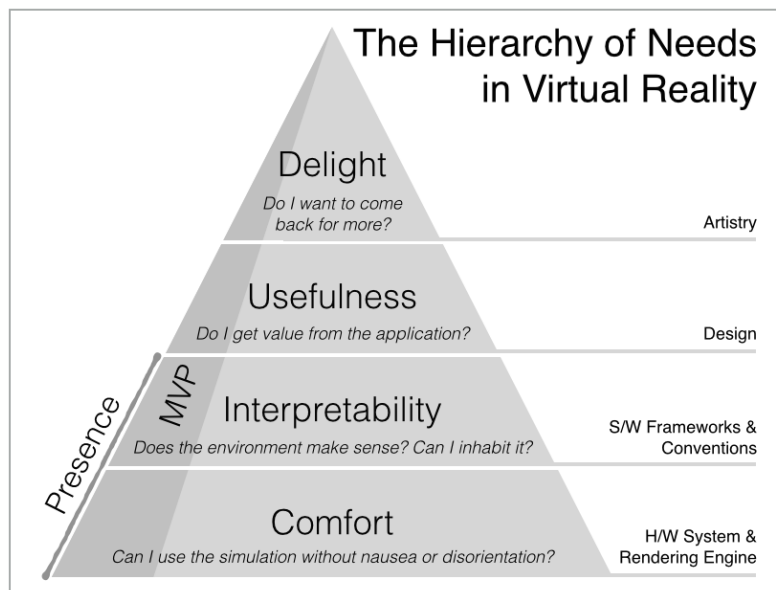
2.3.1 User Experience

Het is van belang dat de user experience bij een virtual reality applicatie optimaal is. Hiervoor heeft Beau Cronin (Cronin, 2015) inspiratie gehaald van de piramide van Maslow om zo op te lijsten wat de belangrijkste puntjes zijn voor een ontwikkelaar om ongemak te vermijden.

Ten eerste is er **Comfort**. Deze zijn eigenlijk ook al zeer duidelijk aangehaald in hoofdstuk 3.3. Met comfort heeft men het over de ervaring voor de gebruiker die bepaald wordt door onze zintuigen. Het belangrijkste is dus om de manier waarop onze zintuigen inwerken op de virtuele technologie. De hardware is hiervoor dus het meeste verantwoordelijk.

Dan komt **Interpreteerbaarheid**. Hoe realistisch is de virtuele wereld nog? Men bedoelt hier eerder het verschil tussen wat nog non-fictie is en wat fictie is. Een ervaring waarbij je door het heelal wordt gezogen op een ultieme snelheid met beelden die je nog nooit eerder gezien hebt zal dus voor de gebruiker zeer overweldigend zijn. Men kan wel enkele regels van de fysica gaan aanpassen, maar het blijft belangrijk dat deze ervaringen uitbreidingen vormen op het echte leven. Er moet natuurlijk ook nog iets 'virtueel' aan zijn, anders zou een virtuele applicatie ontwikkelen weinig nut hebben.

Vervolgens heb je **Bruikbaarheid**. Dit hangt af van applicatie tot applicatie, maar hier gaat het dus over hoe nuttig iets was, wat was de waarde achter de VR ervaring. Enkele voorbeelden hiervan zijn: Was het verhaal achter de film realistisch? Was de virtuele



Figuur 2.2: De hiërarchie van de behoeften in virtual reality.

wandeling door het huis een aanzet tot denken om het huis te kopen? Het gaat hier dus vooral over de design van de applicatie.

Ten slotte heb je nog **Genot**. Dit is dan eigenlijk een uitbreiding op de bruikbaarheid. Hier heeft het men dus over het feit of je meer wilt van je virtuele ervaring. Denk hier maar aan de wandeling door het virtuele huis, heeft dat ook werkelijk je aangezet om het huis te kopen? Hier is de aandacht voor detail zeer belangrijk.

Het is duidelijk dat de 2 belangrijkste componenten van een goede user experience bij een VR applicatie het comfort en de interpreteerbaarheid zijn aangezien deze vooral de nadruk leggen op de aanwezigheid in de virtuele wereld, de onderdompeling. Bij bruikbaarheid en genot ligt de nadruk meer op de details van de applicatie, het design.

2.4 JavaScript, HTML en CSS

Javascript is de taal waarop het framework React JS gebaseerd is. De taal is een objectgeoriënteerde taal maar kan ook zeker gebruikt worden als een functionele programmeertaal. Samen met HTML, CSS en Javascript vormt het de basis van een groot aantal websites op het huidige wereldwijde web. Bij HTML gaat het over de inhoud van de pagina, bij CSS over hoe het eruitziet en javascript zorgt dan voor de interactiviteit met de webpagina. Denk maar aan de animatie bij een uitschuifbaar menu of tekst die verandert als je op een knop klikt.

2.4.1 HTML

HTML staat voor **HyperText Markup Language** en is een opmaaktaal voor documenten die werd uitgebracht in 1993. De taal HTML bestaat uit verschillende HTML elementen. Met behulp van deze elementen, ook wel tags genoemd, kan men structuur gaan creëren in stukken tekst. Een tag ziet er als volgt uit: ``. Met dit element wil men een afbeelding aanhalen in het document. Daarnaast hebben deze elementen attributen. Deze attributen kunnen dan een bepaalde waarde hebben die het HTML element zal beïnvloeden. Bij deze `` tag kunnen we een attribuut `src` toevoegen. Dit attribuut verwijst dan naar een source, een bron. Deze bron is dan de locatie van een afbeelding. Door het element en de attribuut weet HTML precies wat hij moet weergeven. Een html element zal altijd als volgt opgebouwd zijn:

```
1 <tag attribute1="value1" attribute2="value2">content
2 </tag>
```

Listing 2.1: HTML Element voorbeeld

```
1 <tag attribute1="value1" attribute2="value2" />.
```

Listing 2.2: HTML Element voorbeeld

Men kan deze HTML elementen ook in een ander HTML element gaan stoppen. Dit wordt ook wel nesting genoemd. De HTML elementen die zich dan binnen in een ander element bevinden noemen we ook wel de kinderen. Dit is een voorbeeld van hoe een zeer eenvoudig en klein HTML document er uit ziet.

```
1 <!DOCTYPE html>
2 <html>
3   <head>
4     <title>Titel van de pagina</title>
5   </head>
6   <body>
7     <h1>Een hoofdtitel</h1>
8     <h2>Een subtitel</h2>
9     <p>Een stukje tekst</p>
10  </body>
11 </html>
```

Listing 2.3: Voorbeeld van een HTML bestand

2.4.2 CSS

Het enigste wat HTML nog mist is een manier om het document ook mooi voor het oog te maken. De oplossing hiervoor is Cascading Style Sheets, zoals de naam zegt, bladeren met de stijl op. Dit zijn bestanden waar voor alle HTML elementen een stijl kan worden gegeven. Op deze manier kan men dus een pagina vormgeving geven dat veel aantrekkelijker is voor het oog. De manier waarop CSS een bepaald HTML element aanspreekt is door middel van een klasse. Door deze klasse kan men het uitzicht van een specifiek HTML element gaan aanpassen. Het is ook bijvoorbeeld mogelijk om voor alle

`<h1>` elementen een globale stijl te voorzien. Je kan een klasse toevoegen aan een html element door `class=""` toe te voegen als attribuut. Bij een `<p>` zou dat er dan zo uitzien: `<p class="grootBlauw">`.

Een CSS document is net zoals HTML zeer simpel opgebouwd. In het volgende voorbeeld is er een stijl gegeven aan een klasse en een HTML tag:

```
1 h1 {  
2   font-size: 36pt;  
3   color: red;  
4 }  
5  
6 .grootBlauw {  
7   font-size: 20pt;  
8   color: blue;  
9 }
```

Listing 2.4: Voorbeeld van een CSS bestand

In het vorige voorbeeld hebben we ervoor gezorgd dat alle `<h1>` elementen een grootte zullen hebben van 36pt (point-size) en de kleur rood zal zijn. Daarnaast zullen alle elementen die de klasse `.grootBlauw` bevatten een tekst grootte hebben van 20pt en een blauwe kleur hebben.

2.4.3 Javascript

Javascript is de meest geavanceerde van de 3 en ook het belangrijkste voor deze bachelor-proef. Met javascript kan je dus je pagina interactief gaan maken en is daarom ook een volwaardige programmeertaal. Javascript heeft zoals elke programmeertaal bepaalde aspecten waar het zich onderscheidt van de andere talen. Javascript is vooral populair om het feit dat het door zeer veel browsers ondersteund wordt. Daarnaast is javascript ook een zeer flexibele taal. Daar waar een andere taal al snel een error voor zou aanrekenen, gaat javascript dit net niet doen. We bekijken even de belangrijkste onderdelen die javascript te bieden heeft.

Objecten

Zoals eerder al vermeld is javascript een object georiënteerde taal. Dit wil zeggen dat de taal met zogenaamde objecten werkt. Deze objecten kan je vergelijkingen met objecten in het echte leven en zijn verzamelingen van bepaalde eigenschappen die dan op zich een eigen naam/key (sleutel) en value (waarde) hebben. De waarde van een eigenschap kan onder andere een getal zijn, maar ook een functie of een ander object kan perfect de waarde van een eigenschap zijn. Javascript heeft al enkele vooraf gedefinieerde objecten, maar je kan natuurlijk ook je eigen objecten gaan maken.

Laten we dit beter tonen a.d.h.v. een voorbeeldje. We gaan een hond object gaan definiëren in javascript. In code ziet dat er als volgt uit:


```
1 var hond = {  
2   naam: "Cyra",  
3   leeftijd: 3,  
4   ras: "Labrador",  
5   kleur: "Zwart"  
6 }
```

Listing 2.5: Hond object aanmaken

In dit stukje code hebben we dus een hond object aangemaakt met de eigenschappen: naam, leeftijd, ras en kleur. Hier bewijzen we de flexibiliteit van javascript. Bij andere object georiënteerde talen zou het moeilijker zijn om nu een extra eigenschap aan het hond object toe te voegen, we zouden al snel moeten gebruik maken van andere programmeer technieken zoals overerving. In javascript kunnen we bijvoorbeeld de eigenschap oogkleur zeer gemakkelijk toevoegen als volgt:

```
1 hond.oogkleur = "Blauw"
```

Listing 2.6: Eigenschap toevoegen aan een object

Het eerder aangemaakte hond object zal er dan zo uitzien:

```
1 {  
2   naam: "Cyra",  
3   leeftijd: 3,  
4   ras: "Labrador",  
5   kleur: "Zwart",  
6   oogkleur: "Blauw"  
7 }
```

Listing 2.7: Het nieuwe hond object

Variabelen

Bij het hoofdstuk 2.4.3 werd het hond object aangemaakt door `var` hond te gebruiken. Dit is een goed voorbeeld van een variabele. Variabelen zijn vergelijkbaar met de X en de Y die we uit de wiskunde kennen, ze houden een bepaalde waarde bij. Een variabele kan je maken door eerst aan te geven welke soort variabele je wilt maken. In vele andere talen moet je voor een nummer iets anders gebruiken dan als je een stukje tekst in een variabele wilt stoppen. Maar ook hier zien we opnieuw de flexibiliteit die javascript te bieden heeft. Javascript heeft 3 verschillende soorten declaraties voor een variabele:

- **var**: Declareert een variabele, maar een waarde is optioneel.
- **let**: Declareert een lokale, 'block-scoped' variabele, maar een waarde is optioneel.
- **const**: Declareert een lokale, 'block-scoped' variabele, maar een waarde is verplicht en read-only.

Var is dus de meest flexibele declaratie. Bij een var zal de scope, hoe ver de variabele zich uitstrekt, binnen de gehele functie zijn. Bij een let daarentegen, zal dit enkel binnen het blok zichtbaar zijn. Met die volgend voorbeeld is dit goed aantoonbaar:

```
1 function eenFunctieMetVar() {  
2   //eenVar is hier zichtbaar  
3   for (var eenVar = 0; eenVar < 10; eenVar++) {  
4     //eenVar is hier zichtbaar  
5   }  
6   //eenVar is hier zichtbaar  
7 }
```

Listing 2.8: Een functie met var

```
1 function eenFunctieMetLet() {  
2   //eenLet is hier NIET zichtbaar  
3   for (var eenLet = 0; eenLet < 10; eenLet++) {  
4     //eenLet is hier zichtbaar  
5   }  
6   //eenLet is hier NIET zichtbaar  
7 }
```

Listing 2.9: Een functie met let

Zoals je kan zien, is een let een lokale declaratie of ook wel block-scoped, binnen de accolades, genoemd. Een const is hetzelfde als een let, maar daarbij is het verplicht om een waarde te geven. Dit is omdat een const read-only is, het kan enkel gelezen worden en dus achteraf niet meer worden gewijzigd.

Indien een variabele geen waarde krijgt, zoals dus mogelijk is bij een var, dan zal dit de waarde undefined krijgen.

Functionies

De echte core functionaliteit van javascript zijn de functies. Een functie is een verzameling van verschillende declaraties, statements die bepaalde taken uitvoeren. Functies zorgen voor een duidelijke in een javascript bestand en vermijden duplicate code. Javascript zelf heeft al een aantal standaard gedefinieerde functies maar zoals bij objecten kan je deze functies ook zelf gaan schrijven. Dit is een voorbeeld van een simpele functie dus 2 nummers optelt:

```
1 function som(nummer1, nummer2) {  
2   var oplossing = nummer1 + nummer 2;  
3   return oplossing;  
4 }
```

Listing 2.10: Een functie die 2 getallen optelt

Zoals je dus kan zien is een functie zeer simpel opgebouwd. We beginnen altijd met eerst te zeggen dat het een functie is door **function** te gebruiken. Daarna geven we een naam voor de functie, in dit geval is dat 'som'. Dan gaan we aan deze functie 2 parameters meegeven, nummer1 en nummer2. Uiteindelijk kunnen we de functie gaan uitvoeren en het resultaat van de optelling teruggeven. Om gebruik te maken van een functie kunnen we deze functie gaan oproepen in andere functies door (en) te gebruiken met de nodige parameters.

```
1 function eenAndereFunctie() {  
2   var optelling = som(5,10);  
3   console.log(optelling)  
4 }
```

Listing 2.11: Een functie de som functie oproept

Deze functie zou dan de optelling gaan maken van 5 + 10 en vervolgens dit gaan weergeven in de console. Doormiddel van de `console.log(...)` functie kunnen we een bepaalde waarde gaan weergeven in de console. Dit is zeer handig om fouten te gaan opsporen binnenin je code. De console kan je zien als de uitlaat van javascript. Als de code zou crashen, kan javascript a.d.h.v. de console weergeven wat de error precies was.

Asynchroon programmeren

Een iets geavanceerder aspect van javascript, maar wel een zeer groot pluspunt van de taal is dat er zeer gemakkelijk asynchroon kan geprogrammeerd worden. Asynchroon programmeren wil zeggen dat men meerdere taken tegelijkertijd kan uitvoeren. Dit gebeurt dan doormiddel van een 'Promise'. Dit is een object dat aangeeft dat het een waarde gaat ontvangen, ofwel niet gaat ontvangen. We gaan hier niet verder op in.

Frameworks

Waarschijnlijk het allergrootste reden dat javascript zoveel gebruikt wordt is het grote aanbod aan frameworks. Een framework is eigenlijk een grote verzameling van software componenten die gebruikt kan worden bij het programmeren van applicaties. Een aantal voorbeelden van bekende javascript frameworks zijn: Angular, React, Vue, Ember en Meteor

Aan het gebruiken van frameworks zijn een groot aantal voordelen verbonden (Korotya, 2017):

- **Efficiëntie:** Met een javascript framework kan men veel sneller een goed werkende website gaan opbouwen met een zeer goede structuur.
- **Veiligheid:** Actieve javascript frameworks worden goed onderhouden door de community en worden dus ook veel getest. Hierdoor scoort de veiligheid en robuustheid bij javascript frameworks zeer hoog.
- **Kost:** De meeste javascript frameworks zijn open-source en gratis. Om deze reden en het feit dat het ontwikkelen zo snel gaat, kost het een pak minder voor bedrijven om een goede website te ontwikkelen.

2.5 De mogelijke VR frameworks naast React 360

Het ontwikkelen van virtual reality applicaties gaat natuurlijk niet zomaar en vereisen een goede technische kennis. Zeker het feit dat je in een wereld zit waar er volledig om zich

kan worden gekeken en ook eventueel bewogen worden is natuurlijk een grote uitdaging. Om dit allemaal makkelijker te maken zijn er momenteel al een aantal frameworks beschikbaar zoals React 360. Naast dit framework bestaan er nog een aantal andere mogelijke frameworks (Lab, 2017). Wat opvalt is dat enkel A-Frame en React360 momenteel nog actieve projecten zijn.

2.5.1 A-Frame

Het mozilla team begon met virtual reality in de browser te tonen aan de buitenwereld door A-Frame. Met A-Frame kunnen ontwikkelaars 3D werelden gaan bouwen die bestemd zijn voor virtual reality. Doordat A-Frame beschikbaar is in de browser door simpelweg HTML elementen te gaan gebruiken is het ook voor meerdere toestellen beschikbaar zoals mobile en desktop. Net zoals React 360, maakt A-Frame gebruik van javascript en heeft een goede performantie.

2.5.2 Primrose

Primrose is net zoals A-Frame en React360 een VR framework dat ook in de browser draait door behulp van javascript. Het doel bij primrose is om letterlijk omgeving te gaan maken. Dit ziet er in de code zo uit:

```
1 var env = new Primrose.BrowserEnvironment({  
2   backgroundColor: 0x000000,  
3   groundTexture: "deck.png",  
4   useFog: true  
5 });
```

Listing 2.12: Voorbeeld van primrose omgeving

Aan deze omgeving kan men dan UI elementen toevoegen zodat men hiermee interacties kan uitvoeren. Net zoals A-Frame en React360 ondersteund het meerdere toestellen.

2.5.3 Agron.js

AgronJS is niet een VR framework maar wel een AR (Augmented Reality) framework. Met AgronJS is het mogelijk om AR applicaties in elke browser uit te voeren. Het werd ontwikkeld voor een onderzoeks- project. Daarom wordt het momenteel ook niet meer actief geüpdatet en werkt zoals alle andere opgenoemde frameworks hier, met javascript.

3. Methodologie

3.1 Het framework, React 360, bestuderen

We gaan eerst kort React.JS zelf bekijken. Hiermee wordt React 360 namelijk opgebouwd en is dus cruciaal om hier ook kennis over te hebben. Daarna zullen we de belangrijkste delen van het React 360 framework gaan bekijken. Zowel de manier van opbouw in de applicatie, als de beschikbare componenten in het framework. Ten slotte nemen we een kijkje naar hoe zo een React 360 applicatie presteert.

3.2 Performantie van React 360

Hierna gaan we kort naar de performantie gaan kijken van React 360. Wat is het geheugen/processor gebruik, hoe vlot draait het op een smartphone, wat zijn de hardware vereisten?

3.3 Ervaring van virtual reality voor een gebruiker

Daarna kunnen we met al de informatie die we verworven hebben doormiddel van React 360 enkele eenvoudige applicaties gaan maken. Deze applicaties zullen getest worden door enkele personen en zij zullen dan hun mening geven a.d.h.v. een korte vragenlijst. Deze zal dan een beter inzicht geven in hoe een persoon een virtual reality applicatie ervaart.

App 1

De eerste applicatie zal de simpelste zijn. Dit is een applicatie waarbij de nadruk ligt op het simuleren van een echte omgeving. Hiervoor zal een gebied dat echt bestaat in 360° worden weergegeven met het bijhorende omgevingsgeluid.

App 2

De 2de applicatie zal meer de nadruk leggen op de interactie met de virtuele wereld. Er zal hier dus vooral gekeken worden naar de input mogelijkheden en hoe de gebruiker dit ervaart.

App 3

Bij de 3de applicatie zal het de bedoeling zijn om een ongemak bij de gebruiker te gaan veroorzaken. Hier gaan we dus vooral kijken waar de limieten van VR liggen voor het fysieke welzijn van de gebruiker te garanderen.

3.4 De doeleinden en stand van zaken van React 360

Ten slotte zullen we een besluit opmaken van React 360. We gaan bekijken voor welke doeleinden we React 360 zouden kunnen gebruiken. Hier gaan we dan een stand van zaken opstellen hoe React 360 scoort als framework voor virtual reality. We zullen dan ook een conclusie kunnen opmaken van dit onderzoek.

4. React 360

React 360 is een framework voor het ontwikkelen van VR en 360°applicaties in javascript door facebook. React 360 wordt gebruikt om gemakkelijk een complexe gebruikersomgeving te kunnen maken in een 360°omgeving. Het grote voordeel aan React 360 is dat het gewoon in de browser kan worden uitgevoerd. Dit wil dus zeggen dat, gebruikers met een recente versie van hun browser, React 360 applicaties zonder problemen kunnen uitvoeren. Daarnaast is React 360 op meerdere platformen beschikbaar en is er ook geen verplichting om een VR headset te gebruiken. Men kan React 360 gaan ervaren op zowel pc, smartphone als op andere VR apparaten.

In React 360 gaat men eigenlijk 2D met 3D gaan combineren. Men gaat 2D interfaces in een 3D omgeving gaan plaatsen maar er is ook de mogelijkheid om gebruik te maken van 3D objecten die in de wereld kunnen geplaatst worden. Enkele voorbeelden waar React 360 kan gebruikt voor worden is foto's, videos, 360°rondleidingen en zelfs simpele games.

Waarschijnlijk het grootste voordeel aan React 360 is dat het al gebruik maakt van het bestaande React JS. Voor mensen die dit framework al kennen, dat trouwens ook ontwikkeld is door facebook, is de overstap naar het ontwikkelen van VR applicaties dus een pak eenvoudiger. Bepaalde concepten van React Native komen ook terug in React 360. React Native is ook een framework door facebook dat ook gebaseerd is op React JS. Met React Native kunnen mobiele applicaties worden ontwikkeld voor zowel iOS als voor Android.

4.1 React.js

React JS is een framework dat gemaakt is om user interfaces, gebruikersomgevingen, te gaan ontwikkelen. Hiermee kan er zeer gemakkelijk een complexe user interface worden

gebouwd waarbij alle data op de juiste manier wordt aangepast door het framework. Het is belangrijk dat we bekijken wat de belangrijkste onderdelen zijn van het React JS framework voor we verder kunnen gaan op React 360. React 360 is immers gebouwd op React JS.

4.1.1 JSX

JSX is een uitbreiding op javascript. JSX is eigenlijk iets dat hetzelfde doet als wat een HTML tag doet, maar is eigenlijk een samenvoeging van HTML en javascript. Dit is hoe een JSX tag er uit ziet:

```
1 const element = <h1>Hello, world!</h1>;
```

Listing 4.1: Voorbeeld van een JSX tag

Je kan dus gewoon HTML gaan gebruiken in je javascript code. Dit maakt het een pak gemakkelijker om interfaces te gaan bouwen. In het voorbeeld hebben we de html tag `<h1>` met bijhorende tekst in een variabele gestopt, wat natuurlijk niet mogelijk is in een gewoon .html bestand of in een gewoon javascript bestand zonder JSX. Daarnaast verhoogt JSX de leesbaarheid van de code en is het niet moeilijk om aan te leren als men al HTML en javascript kent.

4.1.2 Components en props

React is opgebouwd uit components die onafhankelijk en herbruikbaar zijn. Met deze components kan dus een user interface worden opgebouwd. Deze components bestaan dan op zichzelf uit een verzameling van JSX tags.

Een user interface is meestal een soort van boom die opgebouwd is uit andere kleine onderdelen. Hier schijnt React dus in uit, je kan dus aan deze componenten, sub-componenten gaan toevoegen en zo een duidelijke opbouw en structuur hebben.

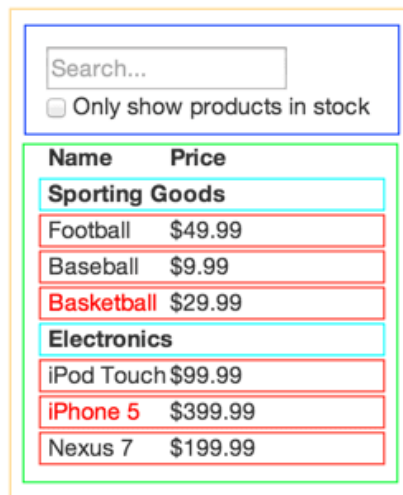
In het voorbeeld zien we dus hoe een component kan opgebouwd uit meerdere sub-componenten en dat deze ook kunnen hergebruikt worden. Dit zorgt voor minder duplicate en meer consistente code. Een component gaan definiëren in React gaat als volgt:

```
1 class HelloWorld extends React.Component {  
2   render() {  
3     return <h1>Hello world!</h1>  
4   }  
5 }
```

Listing 4.2: Het component HelloWorld wordt gedefinieerd

Een component moet altijd iets kunnen tonen. Het is dus verplicht om de `render()` functie te initialiseren. Deze render functie zal dan JSX teruggeven.

Het is ook mogelijk om net zoals bij een gewoon HTML element, attributen of in React, props mee te geven aan een component. Met deze props is het mogelijk om ervoor te



Figuur 4.1: De opbouw van componenten en sub-componenten.

zorgen dat componenten dynamisch zijn en dus niet enkel hetzelfde moeten teruggeven. De props van een component kan je aanspreken door `this.props` te gaan gebruiken. In dit voorbeeld maken we een component die gebruik maakt van de property `name`:

```

1 class Hello extends React.Component {
2   render() {
3     return <h1>Hello {this.props.name}!</h1>
4   }
5 }

```

Listing 4.3: Het component Hello wordt gedefinieerd die de property 'name' gebruikt

Om dan de property te kunnen gebruiken kunnen we dit net zoals bij een gewone HTML tag in het element van het component gaan zetten:

```

1 <Hello name='Arne' />

```

Listing 4.4: Het component Hello met de property name

Op de webpagina zouden we dan het resultaat `Hello Arne!` terugkrijgen. Hier tonen we dus ook de herbruikbaarheid aan, als we dit meerdere malen met andere namen zouden willen doen kunnen we simpelweg de prop `name` aanpassen zonder dat we een volledig nieuw component zouden moeten definiëren:

```

1 <Hello name='Arne' />
2 <Hello name='Thibault' />
3 <Hello name='Sebastiaan' />

```

Listing 4.5: Het component Hello die meerdere malen met andere props wordt gebruikt.

4.1.3 State en levenscyclus

We hebben dus al een manier om componenten dynamisch te gaan opbouwen met andere data. Maar wat als we nu een component Temperature zouden hebben die het aantal graden teruggeeft. We kunnen props niet meer aanpassen achteraf dus dan zouden we steeds een nieuw component moeten gaan aanmaken wat natuurlijk niet echt handig is. Hiervoor biedt het state object van een component de oplossing. Een state is eigenlijk data die in het component zit en naargelang de levenscyclus van een component kan veranderen. Zo is het dus mogelijk om het aantal graden van het temperatuur component te gaan aanpassen elke keer dat deze wijzigt. Zo zou het temperatuur component er dus uitzien:

```
1 class Temperature extends React.Component {
2   constructor() {
3     super()
4     this.state = {
5       degree: 0;
6     }
7   }
8
9   setTemperature(amountCelsius) {
10    this.setState({
11      degree: amountCelsius;
12    })
13  }
14
15  render() {
16    return <p>{this.state.degree}</p>
17  }
18 }
```

Listing 4.6: Het temperature component met de bijhorende state.

We zien dus dat het temperatuur component een `constructor()` functie bevat. Dit is een speciale methode die gebruikt wordt om objecten te gaan maken voor de componenten (Chima, 2017). In dit geval gaan we dus het state object gaan aanmaken met de eigenschap `degree` die de initiële waarde 0 bevat. We zien ook de functie eigenschap `setTemperature(amountCelsius)`. Deze functie heeft een parameter en bevat de een call naar de functie `setState()` waarmee de waarde van de state eigenschappen kan worden aangepast. Stel dat deze functie wordt opgeroepen elke keer dat de temperatuur zou wijzigen zal hij deze kunnen doorgeven door middel van de parameter `amountCelsius`. Ten slotte wordt dan de render methode gebruikt om de eigenschap `degree` van het state object te kunnen tonen.

Elke component heeft een zogenaamde levenscyclus. Deze cyclus start dus vanaf de component bestaat tot dat het verdwijnt. Tijdens de levenscyclus worden er automatisch een aantal methodes opgeroepen, de 'lifecycle hooks'. Enkele voorbeelden van deze hooks zijn de `componentDidMount` en `componentWillUnmount`. De `componentDidMount` wordt opgeroepen als de `render()` methode is uitgevoerd. De `componentWillUnmount` wordt uitgevoerd als de component gaat verdwijnen van de pagina.

4.1.4 Events

In React gaat het verwerken van events, interacties van de gebruiker, zeer makkelijk. Bij een element kan je een `onClick` gaan toevoegen die dan verwijst naar de methode die het event afhandelt. Daarnaast kan je eventueel ook parameters meegeven aan deze methode. Hier zien we in een kort voorbeeld duidelijk de werking ervan:

```
1 class Leeftijd extends React.Component {
2   constructor() {
3     super();
4     this.state = {
5       leeftijd: 0
6     };
7
8     this.handleClick = this.handleClick.bind(this);
9   }
10
11  handleClick() {
12    this.setState({
13      leeftijd: this.state.leeftijd + 1
14    });
15  }
16
17  render() {
18    return <button onClick={this.handleClick}>Verhoog leeftijd</
19      button>
20  }
```

Listing 4.7: Voorbeeld van een vent afhandelen.

Bij dit voorbeeld hebben we de een button gedefinieerd met de toegevoegde prop `onClick`. Hierbij verwijzen we dan naar de methode `handleClick`. Omdat in javascript de methodes nog niet standaard 'gebind' zijn aan een klasse. Is het belangrijk dat we dit nog doen zodat we correct naar de methode `handleClick` kunnen verwijzen. Anders zal dit een undefined teruggeven.

4.2 Werking van React 360

4.3 Enkele belangrijke componenten

4.3.1 View

De view is het fundamentele component om in React 306 een user interface te kunnen bouwen. De view is een container die ervoor zorgt dat je elementen kan gaan tonen, stijl kan geven, elementen sorteren en groeperen en om interacties op uit te voeren. Een view vergelijkbaar met een `<div>` element van html maar dan geoptimaliseerd voor React 360. Een view kan als volgt worden gebruikt:

```
1 class BasicView extends React.Component {
2   render() {
3     return (
4       <View style={{backgroundColor: 'blue', height: 150px}}>
5         <View style={{backgroundColor: 'red', height: 100px}}+>
6       </View>
7     );
8   }
9 }
```

Listing 4.8: Een component die een View teruggeeft.

Hier maken we een simpel component aan die een view retourneert waarbij de achtergrond blauw is en de hoogte 150 pixels. In deze view zit dan een ander view met een rode achtergrond.

4.3.2 Text

Het Text component is zoals de naam zegt om text te gaan teruggeven in React 360. Dit is vergelijkbaar met het `<p>` element van html. Net zoals bij een View kan je hier ook stijl op toepassen, maar dan voor de tekst.

```
1 <Text>
2   <Text>Dit is</Text>
3   <Text>een stukje tekst</Text>
4 </Text>
```

Listing 4.9: Het Text component met kinderen.

4.3.3 Image

Het Image component zegt ook zeer duidelijk wat het doet. Het geeft simpelweg een afbeelding terug en is dus vergelijkbaar met het `` element van html. Het is gebruikelijk om deze images op te slaan in de 'static_assets' folder die wordt gegenereerd bij het aanmaken van een React 360 project. In volgend voorbeeld gaan we dus een Image gaan definiëren die zich in de static_assets folder bevindt met de naam een-afbeelding.jpg:

```
1 <View>
2   <Image source={asset('een-afbeelding.jpg')} />
3 </View>
```

Listing 4.10: Het Image component met als bron een-afbeelding.jpg.



Figuur 4.2: Een equidistante cilinderprojectie.

4.4 Concepten

4.4.1 360°foto's en video's

Waar React 360 zeer goed in is, is het tonen van 360°foto's en videos. Deze zijn natuurlijk essentieel voor een realistische omgeving te kunnen creëren. Met deze foto's en video's kunnen we dus mensen naar andere bestaande plaatsen in de wereld gaan transporteren en dit in combinatie met een interactieve ervaring. Denk maar aan een tour in een museum waarbij de gebruiker naar de verschillende ruimtes kan teleporteren.

React 360 biedt een aantal vormen van formaten aan voor zowel foto's en videos te tonen in 180° of 360°:

Foto's

- 360°mono equirectangular
- 360°stereo equirectangular (boven/onder)
- 180°mono equirectangular
- 180°stereo equirectangular (boven/onder)
- 180°stereo equirectangular (links/rechts)

Video's

- 360°mono equirectangular
- 360°stereo equirectangular (boven/onder)
- 180°mono equirectangular
- 180°stereo equirectangular (links/rechts)

Een equirectangular of in het nederlands equidistante cilinderprojectie is een projectie van een gebogen oppervlak op een vlak oppervlak. Deze techniek wordt vooral gebruikt bij de wereldkaart, maar dus ook in de wereld van VR.

Het verschil tussen een mono en stereo afbeelding is zoals er in hoofdstuk 2.2.1 werd

gesproken over stereoscopie. Bij mono gaat men dus maar 1 afbeelding gaan tonen vanaf 1 perspectief terwijl men bij stereo 2 afbeelding vanaf een verschillend perspectief gaat tonen om dieptezicht mogelijk te maken. Bij React 360 is dit mogelijk door de afbeelding voor het linkse oog vanboven (of links bij 180°) te zetten en de afbeelding voor het rechtse oog aan de onderkant (of rechts bij 180°) te zetten en dit dan in 1 afbeelding te plaatsen. Het is natuurlijk enkel mogelijk om stereoafbeeldingen te bekijken met een 3D headset. Indien de gebruiker dus de applicatie zou uitvoeren zonder een VR headset dan kan men enkel hetgeen zien wat men in het linkse oog zou zien.

Panorama foto's video's tonen

Je kan foto's of video's zowel in de runtime (4.2) als in de React zelf gaan tonen. Dit kan je voor afbeeldingen doen in de runtime met volgende code:

```
1 r360.compositor.setBackground('./static_assets/image.jpg', {  
2   format: '2D',  
3 });
```

Listing 4.11: Een afbeelding als achtergrond instellen in de runtime.

Zoals je kan zien is dit zeer gemakkelijk en vanzelfsprekend, maar is er wel een extra argument nodig namelijk het formaat. Er zijn 4 mogelijke formaten die je kan opgeven als argument in de code die overeenstemmen met de eerder genoemde formaten:

- **2D** voor mono afbeeldingen/video's
- **3DTB** voor stereo afbeelding/video's waarbij de afbeelding voor het links oog vanboven staat en de afbeelding voor het rechtse oog vanonder.
- **3DBT** voor stereo afbeelding/video's waarbij de afbeelding voor het rechtse oog vanboven staat en de afbeelding voor het linkse oog vanonder.
- **3DLR** voor stereo afbeelding/video's waarbij de afbeelding voor het links oog links staat en de afbeelding voor het rechtse oog rechts.

Om video's af te spelen volgen we een gelijkaardig proces. Hier heb je dus ook de keuze om die in de runtime of in React te gaan doen. Het grote verschil dan bij een afbeelding is dat je hier in 2 delen zal gaan werken. Eerst ga je de videospeler gaan aanmaken die een unieke naam moet krijgen en dan ga je deze videospeler gaan instellen als achtergrond.

4.4.2 Het ruimtelijke systeem

Het grootste verschil met een gewone webapplicatie en een VR applicatie is dat deze VR applicaties zich in een 3D ruimte bevinden. Er moet dus niet enkel worden rekening gehouden met hoogte en breedte maar dus ook met diepte. Dit kan al vrij snel ingewikkeld worden maar React 360 heeft ervoor gezorgd dat dit een pak makkelijker gaat

Surfaces

Surfaces (oppervlaktes) bieden de mogelijkheid om 2D user interfaces in een 3D wereld te gaan stoppen. Je kan het gaan vergelijken met een stuk van een webpagina in een 3D wereld te gaan stoppen. Dit zorgt ervoor dat het dus een pak makkelijk is voor een ontwikkelaar om een ingewikkelde interface in React 360 te kunnen maken. In de code ziet een surface er zo uit:

```
1 import {Surface} from 'react-360-web';
2
3 const eenSurface = new Surface(
4     500,
5     400,
6     Surface.SurfaceShape.Cylinder
7 );
```

Listing 4.12: Voorbeeld van een surface

Er wordt dus een breedte (500) en een hoogte (400) voor de surface gedefinieerd. Daarnaast wordt er ook nog een vorm toegevoegd als argument. Je hebt 2 vormen van een surface, namelijk een 'Cylinder' of 'Flat' surface. Bij een cylinder surface gaat men dus de 2D inhoud gaan projecteren in de vorm van een cylinder, rondom de gebruiker. Het grote voordeel hieraan is dat je vanaf elk perspectief je recht op de 2D interface gaat kijken. Bij een flat of vlakke surface gaat men de 2D interface dan zoals de naam zegt, vlak gaan plaatsen. Het grote verschil is dus dat de inhoud niet altijd van hetzelfde perspectief wordt bekeken.

Surface zijn zeer flexibel. Je kan ze gemakkelijk gaan bewerken door functies zoals `setShape` te gaan gebruiken waarbij je de surface van een cylinder naar een vlakke surface kan aanpassen of omgekeerd. Ook de hoogte en breedte van surfaces kan je perfect in React aanpassen. Het is dus ook perfect mogelijk om meerdere surfaces naast mekaar te gaan gebruiken of om eventueel ook meerdere componenten in 1 surface te gaan stoppen.

Aangezien er meerdere componenten kunnen worden gestopt in 1 surface is er ook nood aan een duidelijke manier om deze componenten te ordenen. Dit is net hetzelfde als dat bij React Native wordt gebruikt namelijk flexbox. Flexbox wordt ook al veel gebruikt in gewone webpagina's en zorgt vooral voor een consistente layout op alle schermgroottes.

3D-objecten

Het is ook mogelijk om 3D objecten te gaan gebruiken in React 360. Dit zijn objecten die op voorhand al gemaakt zijn in een ander programma van het formaat `.obj`, `.mtl` of `.glTF2`.

Het verschil met 3D objecten en 2D user interfaces is dat deze niet aan een surface moeten worden toegevoegd maar aan een 'Location'. Deze locations zijn eigenlijk gewoonweg punten in de omgeving waar je de 3D objecten kan gaan plaatsen. Deze gaan declareren in de code lijkt ook veel op het declareren van een surface, enkel hier is er ook nood aan de X, Y en Z coördinaten. Waarbij X+ dus hetgeen rechts van de gebruiker voorstelt, Y+ de hoogte en Z+ hetgeen achter de gebruiker. De eenheid die hier gebruikt wordt is meter.

```
1 import {Location} from 'react-360-web';  
2  
3 const location = new Location([0, -1, -2]);
```

Listing 4.13: Voorbeeld van een surface

Om 3D objecten van de opgenoemde formaten in onze applicatie te krijgen moeten we gebruik maken van het Entity component. Met dit component kunnen we dan ook de grootte en richting van dit 3D object gaan aanpassen. Dit gebeurt door `translate` of `rotateX/rotateY/rotateZ` toe te voegen aan het entity component. Bij `rotate` worden dan de graden opgegeven en bij `translate` de coördinaten ten opzichte van de gebruiker. Dit is heel gemakkelijk om in code te gaan gebruiken:

```
1 <Entity  
2   style={{transform: [  
3     {translate: [0, 0, -1]},  
4     {rotateY: 90}  
5   ]}}>  
6   source={{obj: asset('een3DObject.obj')}}  
7 />
```

Listing 4.14: Voorbeeld van een Entity component

Hierbij draaien we dus het 3D object met 90 graden volgens de Y as en verplaatsen we het -1 meter volgens de Z as. Nu zal het object dus voor ons tevoorschijn komen.

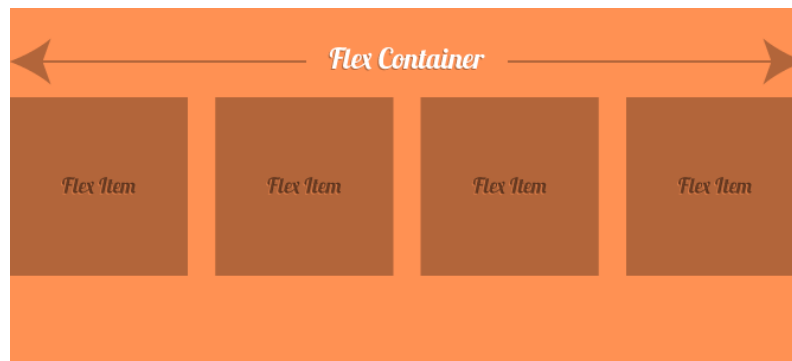
4.4.3 Geluid

Net zoals het mogelijk is om afbeeldingen en video's op de achtergrond te gebruiken is het ook perfect mogelijk om de applicatie van achtergrond geluid te voorzien.

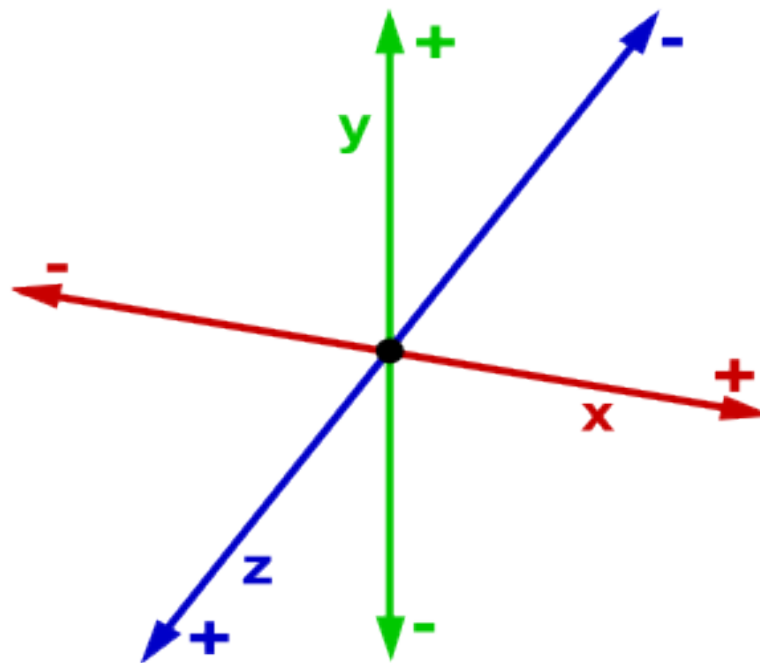
4.4.4 Input in VR

4.4.5 Native Modules

4.5 Prestaties



Figuur 4.3: Een flexbox container met flex items.



Figuur 4.4: De X, Y en Z assen.

5. React 360 applicaties testen

5.1 Applicatie 1: Omgeving simuleren

5.1.1 Resultaten

5.2 Applicatie 2: Een interactieve applicatie

5.2.1 Resultaten

5.3 Applicatie 3: De fysieke ongemakken van VR

5.3.1 Resultaten

6. Conclusie

=> React 360 = goed framework ,maar nog werk aan de winkel!!! - Bugs - Te weinig documentatie - Beperkt aantal doeleinden

+ React JS, snel aan te leren + Iets moeilijk, pakken eenvoudiger gemaakt + Wordt nog steeds onderhouden

A. Onderzoeksvoorstel

Het onderwerp van deze bachelorproef is gebaseerd op een onderzoeksvoorstel dat vooraf werd beoordeeld door de promotor. Dat voorstel is opgenomen in deze bijlage.

A.1 Introductie

Virtual reality is een opkomende trend maar staat nog steeds in zijn kinderschoenen. Er is dus nood aan applicaties die gebruik maken van deze technologie. Voor een developer is dit een geheel nieuwe manier van ontwikkelen. React 360 zorgt ervoor dat er aan de hand van de huidige technologie (React JS) een virtual reality webapplicatie kan worden gemaakt. Zo kan de developer dus vooral focussen op de principes die er in de virtual reality wereld heersen en minder op het technische gedeelte. Ik ga onderzoeken of React 360 een geschikt framework is voor gebruiksvriendelijke applicaties te ontwikkelen. Bij virtual reality moet er met een aantal andere aspecten worden rekening gehouden. Deze applicaties moeten niet alleen een goede user experience bezitten maar ook de gebruiker minimale fysieke last bezorgen. Hier heb ik het dus over duizeligheid, misselijkheid, enz.. Ik ga daarnaast ook bekijken voor welke doeleinden het framework gebruikt kan worden. Bijvoorbeeld voor gaming, entertainment, medische sector, ...

A.2 State-of-the-art

React 360 is nog een vrije nieuwe technologie die nog maar sinds 2017 bestaat. Het is dus ook een framework dat zoals virtual reality zelf nog volop in ontwikkeling is. De API die gebruikt wordt in de browsers om virtual reality via webpagina's te ondersteunen

noemt WebVR. Dit zal dus hoogstwaarschijnlijk enkele malen aanbod komen in mijn onderzoek. De website van React zelf is goed gedocumenteerd en zal dus ook zeker een startpunt vormen voor het verzamelen van informatie. Daarnaast zijn ook enkele boeken ter beschikking waarbij ik die van Michael Mangialardi, *Learn React 360* (Mangialardi, 2017) ook zal gebruiken voor React 360 aan te leren.

A.3 Methodologie

Ik zal mijn onderzoek beginnen door eerst te bekijken wat React 360 allemaal te bieden heeft. Ik ga dus zelf ook met React 360 leren werken en hiervoor enkele applicaties gaan schrijven. Ik zal deze applicaties testen in zowel 360° als met een VR bril voor mijn smartphone. Deze apps zullen niet alleen door mij getest worden maar ook door een aantal andere mensen waar ik naar hun meningen zal vragen over enkele onderwerpen die aan virtual reality gebonden zijn. Met deze informatie zal ik gaan kijken wat de mogelijkheden allemaal zijn van het framework en of het dus wel geschikt is in zijn huidige vorm om gebruiksvriendelijke virtual reality applicaties te maken. Verder zal ik dan hieruit gaan kijken voor welke doeleinden het dan geschikt is.

A.4 Verwachte resultaten

Ik verwacht dat React 360 voor zowel de developer als voor de gebruiker een geschikt framework is waarmee gebruiksvriendelijke applicaties ontwikkeld kunnen worden die bestemd zijn voor een groot aantal doeleinden. Daarnaast verwacht ik dat de applicaties die ik zal schrijven goed zullen ontvangen worden bij de mensen die ik het laat testen. Maar men zal virtual reality nog eerder zien als een 'gimmick' die niet echt nodig is. Ik verwacht uiteindelijk ook dat er enkele fysieke lasten zullen optreden.

A.5 Verwachte conclusies

Ik verwacht dat React 360 een geschikt framework is voor gebruiksvriendelijke applicaties te ontwikkelen die gebruikt kan worden voor een groot aantal doeleinden. Alhoewel ik niet verwacht dat het framework zelf zeer uitgebreid zal zijn, verwacht ik wel dat het een zeer goede basis is waar zeker nog in de toekomst verder op kan gebouwd worden.

Bibliografie

- Abarrera. (2017, november 20). Virtual Reality isn't functional yet, here is why. Verkregen van <https://thealeph.com/articles/2017/11/virtual-reality-vr-oculus-htc-why/>
- Azuma, R. T. (1997). *A Survey of Augmented Reality*. Hughes Research Laboratories.
- Chima, S. (2017, oktober 21). Understanding State in React Components. Verkregen van https://dev.to/sarah_chima/understanding-state-in-react-components-1f1
- Cronin, B. (2015, januari 19). The hierarchy of needs in virtual reality development. Verkregen van <https://medium.com/@beaucronin/the-hierarchy-of-needs-in-virtual-reality-development-4333a4833acc>
- Korotya, E. (2017, januari 19). 5 Best JavaScript Frameworks in 2017. Verkregen van <https://hackernoon.com/5-best-javascript-frameworks-in-2017-7a63b3870282>
- Lab, U. (2017, mei 29). 5 Web VR Frameworks to Help Developers Build Interesting Design. Verkregen van <https://uiux.cc/blog/5-web-vr-frameworks-to-help-developers-build-interesting-design/>
- Mangialardi, M. (2017). *Learn React VR*.
- Rouse, M. (2011). Stereoscopy. Verkregen van <https://whatis.techtarget.com/definition/stereoscopy-stereoscopic-imaging>
- Sherman, W. (2000). *Understanding Virtual Reality: Interface, Application, and Design*.