



038GAMES



Virtual reality systeem onderzoek

**Wat is het beste VR systeem voor
ontwikkeling op dit moment?**

Wigbert Riphagen, Team VRRange - 03 / 2020

Inleiding

Bij 038games maken we serious games. Dit zijn games die voornamelijk een educatief doel hebben. Zo maakt 038games oplossingen voor de politie, brandweer of gezondheidszorg. In de projecten van 038games speelt virtuele realiteit, ofwel virtual reality (VR) een belangrijke rol. Gebruikers kunnen doormiddel van deze techniek getransporteerd worden naar een virtuele wereld, waarin bepaalde scenario's kunnen worden gesimuleerd die in de echte wereld moeilijk uitvoerbaar zijn. In dit document onderzoeken we de verschillende headsets die voor ontwikkelen van serious games gebruikt kunnen worden. Op dit moment maakt 038games gebruik van de HTC Vive Pro. Dit virtual reality systeem kwam uit in het voorjaar van 2018. Ondertussen zijn we bijna twee jaar verder en de technische ontwikkelingen hebben niet stilgestaan. VR is een jonge technologie die voortdurend evolueert. Daarom is het de moeite waard om te kijken hoe het huidige speelveld eruit ziet en te bepalen welk VR headset het beste gebruikt kan worden voor de ontwikkeling van serious games.



Inhoudsopgave

Inleiding.....	2
1. Onderzoekscontext en probleemstelling	4
1.1 Onderzoekscontext.....	4
1.2 Doelstelling.....	4
1.3 Criteria.....	4
1.3.01 Type systeem.....	4
1.3.02 Grafische prestaties	5
1.3.03 Resolutie	5
1.3.04 Verversingssnelheid	5
1.3.05 Beeldhoek.....	6
1.3.06 Gewicht	6
1.3.07 Tracking technologie	6
1.3.08 Besturingssysteem.....	6
1.3.09 VR Framework	7
1.3.10 Privacy policy	7
1.3.11 Batterijduur	7
1.3.12 Prijs	7
1.4 Knock-out criteria.....	7
1.4.1 Tracking in 6 Degrees of Motion.....	8
1.4.2 Controllers	8
1.5 Validiteit en betrouwbaarheid	8
2. Systemvergelijking	8
Controllers.....	9
Ecosysteem	10
2.2 Valve Index	10
2.1 HTC Vive Pro.....	10
Controllers.....	11
2.3 Oculus Rift S.....	11
Controllers.....	12
Accessoires en ecosysteem	12
2.4 Oculus Quest	12
Controllers.....	13
2.5 Mogelijkheden en limitaties controllers	13
2.5.1 Controller als hand-extensie	14
2.5.2 Object als controller.....	14
2.5.3 Volledige hand tracking.....	14
2.5.4 De toekomst voor controllers.....	15
3. Eindconclusies en advies	15
3.1 Eindconclusie.....	16
3.2 Advies	16
3.2.1 Het best presterende VR systeem	16
3.2.2 Het meest mobiele VR systeem	16

1. Onderzoekscontext en probleemstelling

1.1 Onderzoekscontext

De context van dit onderzoek zijn de projecten die 038Games ontwikkelt. Dit zijn projecten die VR inzetten om gebruikers in een virtuele omgeving te plaatsen en bepaalde handelingen te laten uitvoeren. Gebruikers kunnen zich verplaatsen in de virtuele ruimte en kunnen de wereld om zich heen verkennen. Daarnaast kunnen zij hun handen vrij bewegen en op een intuïtieve manier objecten manipuleren in de virtuele wereld.

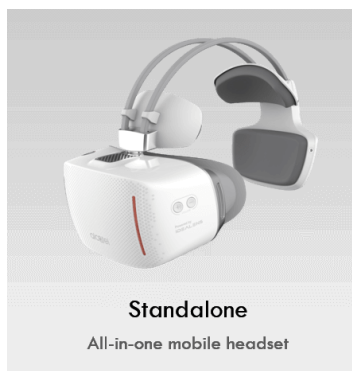
1.2 Doelstelling

De doelstelling van het onderzoek is het vinden van een VR-systeem dat het beste past bij de projecteisen. De VR moet dermate intuïtief aanvoelen voor gebruikers, dat deze voor hen hetzelfde aanvoelt als de situatie in de echte wereld. Om deze ervaring te verwezenlijken, moet het VR systeem aan kwaliteitseisen voldoen. Daarnaast heeft elk systeem zijn eigen voor- en nadelen op gebied van portabiliteit, gebruiksgemak en flexibiliteit. Hieronder zullen we de criteria nader bekijken

1.3 Criteria

1.3.01 Type systeem

VR systemen zijn grofweg in te delen in twee categorieën. Deze categorieën zijn gebaseerd op de manier waarop de VR headset het beeld ontvangt dat getoond wordt aan de gebruiker.



De eerste categorie is de *tethered* ^[1], ofwel bedrade VR headset. Deze categorie bestaat uit een headset die met een kabel verbonden is met een computer. Sensoren op de headset geven de positie- en oriëntatie data van de headset door aan de pc. De pc genereert de virtuele wereld en stuurt deze via de kabel terug naar de headset, om vervolgens aan de gebruiker weer te geven. Dit is de traditionele VR technologie en is kwalitatief het beste, omdat de computer met krachtige hardware zeer gedetailleerde en realistische omgevingen kan creëren. Een nadeel is de verminderde bewegingsvrijheid, door de aanwezigheid van een draad naar de computer. Bovendien moet een geschikte computer aanwezig zijn.

De tweede categorie is de standalone^[1], ofwel draadloze VR headset. Deze categorie bestaat uit een headset met ingebouwde hardware om de VR te genereren. Sensoren op de headset geven de locatiedata van de headset door aan de hardware in de headset. Deze hardware genereert de virtuele wereld, om vervolgens aan de gebruiker weer te geven. De hardware in de headset is minder krachtig dan computer hardware, waardoor de gegenereerde omgeving minder gedetailleerd en realistisch is, in vergelijking met bedrade VR. Een voordeel is meer bewegingsvrijheid, door de afwezigheid van een draad naar de computer.

1.3.02 Grafische prestaties

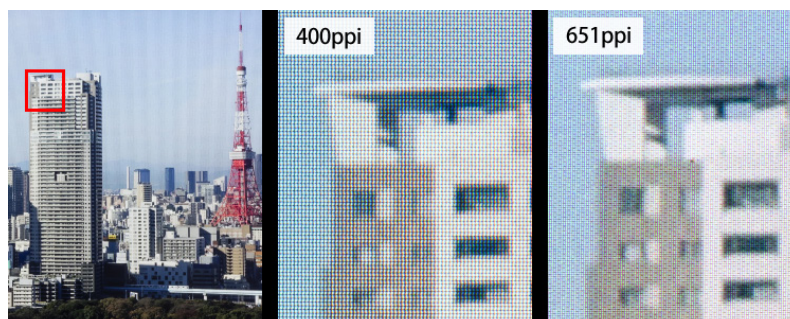
Zoals hierboven al kort benoemd, is er een groot verschil tussen de hardware prestaties van de tethered VR headsets en de standalone headsets^[1]. Dit heeft implicaties voor de vormgeving van de virtuele wereld. Waar tethered headsets met PC prestaties door de aanwezigheid van een sterke videokaart de mogelijkheid bieden tot het vormgeven van een hoog realistische ervaring met veel details, moet voor standalone headsets rekening gehouden worden met de beperkte prestaties. Voor mobiele prestaties is daarom een vereenvoudigde vormgeving noodzakelijk, zoals minder complexe scènes, versimpelde vormen en minder gedetailleerde texturen.



Vergelijking van graphische prestaties tussen PC en standalone headset Oculus Quest in het spel Arizona Sunshine^[2].

1.3.03 Resolutie

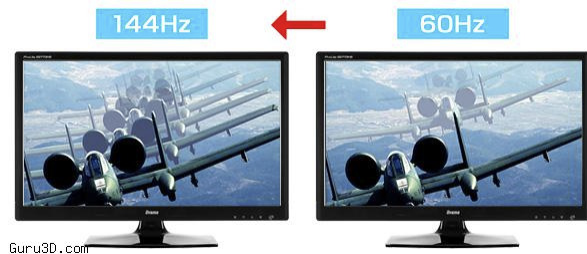
Elke VR headset gebruikt een scherm om de virtuele wereld weer te geven aan de gebruiker. De resolutie van het scherm bepaalt mede hoe scherp het beeld wordt weergegeven. Als de resolutie hoog genoeg is, ziet de gebruiker de individuele beeldpunten niet meer, wat de scherpte van het beeld verhoogt.



Daarnaast hebben VR headsets te maken met een screendoor effect^[3]. Doordat de ogen zich zeer dichtbij het scherm van de VR headset bevinden, is de kleine ruimte tussen de individuele punten zichtbaar in het beeld. Dit geeft een zwart raster effect over het beeld. Headsets met zogenaamde subpixel improvement vertonen dit effect vele malen minder.

1.3.04 Verversingssnelheid

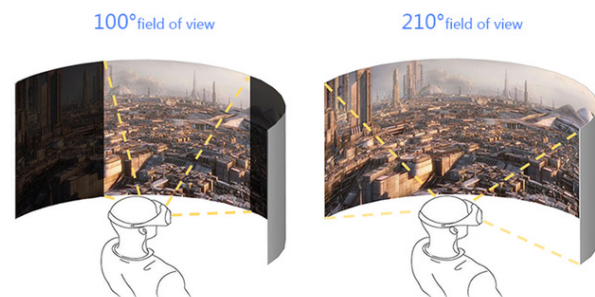
De verversingssnelheid, of de refreshrate, van het scherm bepaalt hoe snel bewegingen van de sensoren worden omgezet in bewegingen van het beeld. Bij snelle hoofdbewegingen is een hoge verversingssnelheid cruciaal voor het accuraat weergeven van de beweging in de virtuele wereld.



Bij een lage verversingssnelheid, kunnen snelle bewegingen haperen, of stroperig aanvoelen en duizeligheid veroorzaken bij de gebruiker^[4].

1.3.05 Beeldhoek

De beeldhoek van het scherm bepaalt hoeveel de gebruiker kan zien van het scherm^[5]. Bij een grote beeldhoek vult het scherm de gehele visie van de gebruiker, tot aan de ooghoeken, wat een hoger realisme biedt.



Bij een kleine beeldhoek is het meer alsof de gebruiker door een koker naar de wereld kijkt. Dit kan afbreuk doen aan het realisme van de ervaring.

1.3.06 Gewicht

Het gewicht van de headset bepaalt mede hoe comfortabel de headset om het hoofd zit. Een lichtere headset biedt een groter gemak bij snelle hoofdbewegingen, lange sessies en bij transport.

1.3.07 Tracking technologie

Om de locatie en oriëntatie van de headset ten opzichte van de virtuele wereld te bepalen maakt elk VR systeem gebruik van tracking technologie. Tracking is het volgen van positie en oriëntatie in een omgeving, door middel van sensoren. De tracking technologie die toegepast wordt op VR is op te delen in twee categorieën. Elke categorie komt met haar voordelen en nadelen.



De eerste categorie is de zogenaamde outside in tracking^[6]. Voor deze techniek zijn naast de headset 2 base stations nodig. De base stations worden aan de randen van het speelveld opgesteld op statieven en schijnen infrarood licht dat de sensoren van de VR headset opvangt. Aan de hand van deze herkenningpunten kan de positie en oriëntatie van de VR headset worden bepaald. Dit is de traditionele techniek en is over het algemeen het meest stabiel en accuraat. Een nadeel is de verminderde portabiliteit door de benodigde basisstations. Om deze reden vinden we deze techniek ook vooral bij bedrade VR systemen terug, die van een semi-permanente aard zijn.

De tweede categorie is inside out tracking^[6]. Dit is een nieuwere technologie waar geen base stations voor nodig zijn. Het headset bepaald zelf door middel van sensoren en camera's de positie en oriëntatie in de ruimte. Inside out tracking staat bekend als minder nauwkeurig, maar de tracking die we vinden in de Oculus VR systemen bewijst dat deze technologie ook zeer accuraat en betrouwbaar kan werken. Een groot voordeel van inside out tracking is de verhoogde portabiliteit door het ontbreken van de base stations. Als deze tracking methode gecombineerd wordt met standalone hardware is zijn de headset en controllers volledig vrij te gebruiken.

1.3.08 Besturingssysteem

Het besturingssysteem waar de VR systemen gebruik van maken hebben implicaties voor het ontwikkelen van de benodigde software. De bedrade systemen maken gebruik van het besturingssysteem van de host computer, ofwel de computer waarmee de headset verbonden is. Dit zal in de meeste gevallen het Windows 10 besturingssysteem zijn. De draadloze systemen maken gebruik van een besturingssysteem dat op ingebouwde hardware werkt. Dit zal in de meeste gevallen het mobiele besturingssysteem Android zijn.

1.3.09 VR Framework

De meerderheid van bedrade VR headsets maakt gebruik van het VR framework SteamVR^[7]. Headsets en controllers die gebruik maken van SteamVR zijn vaak te combineren met elkaar. Daarnaast zijn vele accessoires op de markt die werken met SteamVR. Kijkend naar de toekomst van VR (zie ook 2.5), is SteamVR ook zeer toekomstbestendig. Sommige VR systemen maken gebruik van de Oculus API^[7]. Het Oculus ecosysteem is kleiner dan het SteamVR ecosysteem en er zijn minder accessoires voor op de markt.



1.3.10 Privacy policy

De fabrikant van het VR systeem kan een punt van zorg zijn wat betreft de privacy policy. Er zijn zorgen rondom de dataverzameling van sommige VR systemen, met name het Oculus systeem van Facebook^[8]. Het VR systeem moet in veel gevallen verbonden zijn met het netwerk, heeft een begeleidende applicatie nodig op een computer of smartphone en heeft veel soorten sensoren, waaronder camera's en microfoons. Dit kan daarom een punt van zorg zijn op gevoelige locaties.

1.3.11 Batterijduur

Voor draadloze VR systemen is batterijduur ook een punt van aandacht. Waar bij bedrade headsets de voeding via de draad loopt, heeft een standalone headset een eigen batterij. De sessietijd is daarom beperkt. Wel is er, afhankelijk van de headset, soms de mogelijkheid om een externe powerbank aan te sluiten, zodat de headset gebruikt kan worden tijdens het opladen.

1.3.12 Prijs

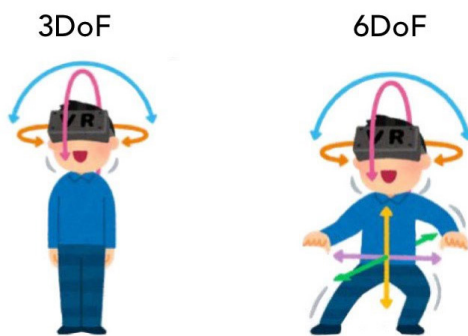
Uiteraard is de prijs van de VR systemen een factor die niet buiten beschouwing moet worden gelaten. Bij bedrade systemen moet bovendien de prijs van de vereiste computer in de overweging meegenomen worden.

1.4 Knock-out criteria

Waar de hierboven genoemde criteria de doorslag kunnen geven om voor het ene of andere VR-systeem te kiezen, zijn er ook diverse criteria die noodzakelijk zijn voor projecten bij 038games. In dit onderdeel kijken we nader naar wat deze zogenoemde knock-out criteria zijn en welke headsets niet mee worden genomen in onze vergelijking.

1.4.1 Tracking in 6 Degrees of Motion

De tracking technologie die bij headsets wordt gebruikt wordt ook wel uitgedrukt in degrees of motion. In de basis heeft iedere VR headset 3 Degrees of Motion (3DoF). Dit houdt in dat met sensoren op de headset de oriëntatie van de headset wordt bepaald op 3 assen^[9]. Geavanceerde headsets bepalen naast de oriëntatie ook de positie van de headset op 3 assen. Als deze twee methodes van tracking wordt toegepast wordt er gesproken van 6DoF^[9].



Voor de projecten van 038games moet de positie van gebruikers in de virtuele wereld kunnen worden getrackt. Om deze reden valt een groot gedeelte van de headsets die enkel 3DoF trackt af in deze vergelijking.

Ook voor de hand controllers van VR systemen worden beide methodes van tracking toegepast. Omdat ook de positie van de handen in onze projecten moet worden getrackt, vallen de systemen die enkel 3DoF motion tracking gebruiken voor de controllers af.

1.4.2 Controllers

Geavanceerdere VR systemen bestaan naast een headset uit hand controllers. Naast de beweging

van het hoofd, wordt de beweging van de handen op deze manier getrackt. Dit maakt interactie mogelijk tussen handen en objecten in de virtuele wereld. Het VR systeem geeft deze controllers in de virtuele wereld weer, en de gebruiker ziet zo waar zijn handen zich bevinden ten opzichte van het hoofd. De controllers worden in virtuele ervaringen gebruikt om objecten aan te wijzen, te grijpen, te slaan, te drukken of te slingeren.

De eigenschappen van de controllers verschillen per VR systeem, zowel in vorm als functionaliteit. Per systeem staan we hieronder apart stil bij welke knoppen, thumbsticks, of andere invoermethodes beschikbaar zijn. In 2.5 bekijken we de limitaties van huidige VR controllers en hoe daarmee om kan worden gegaan.

In onze serious games moet de locatie van de handen kunnen worden vastgesteld en moeten objecten in VR kunnen worden gemanipuleerd. Hierdoor vallen VR systemen zonder controllers af in onze vergelijking.

1.5 Validiteit en betrouwbaarheid

Om meetfouten te voorkomen zullen wij de validiteit en betrouwbaarheid zo goed mogelijk waarborgen binnen het onderzoek. Dit doen we door de criteria die we op de VR-apparaten stellen af te stellen op de eisen van onze opdrachtgevers, waarbij ook de knock-out criteria worden opgesteld. Hiernaast nemen we de specificaties van de headsets van de officiële websites. Deze zijn uiteraard betrouwbaar. Hoe een VR systeem ervaren wordt door de gebruiker kan verschillen per persoon en is daarom voor een deel subjectief. Omdat we al toegang hebben tot verschillende headsets bij 038games, kunnen we een aantal van deze headsets zelf testen, om te kijken waar onze voorkeur naar uitgaat.

2. Systeemvergelijking

In dit gedeelte kijken we naar enkele van de populaire VR systemen van dit moment en vergelijken we deze met het huidige VR systeem dat voor veel projecten van 038games gebruikt wordt: de HTC Vive Pro. Dit doen we aan de hand van de criteria die we hiervoor hebben besproken.

● Groot voordeel
 ● Voordeel
 ● Nadeel
 ● Groot nadeel

Systemnaam	HTC Vive Pro ^{[10][1]}	Valve Index ^{[11][1]}	Oculus Rift S ^{[12][1]}	Oculus Quest ^{[13][1]}
Type systeem	● Bedraad	● Bedraad	● Bedraad	● Draadloos
Graphische prestaties	● PC prestaties	● PC prestaties	● PC prestaties	● Mobiele prestaties
Resolutie	● 1440 x 1600 pixels per oog	● 1440 x 1600 pixels per oog + subpixel improvement	● 1280 x 1440 pixels per oog + subpixel improvement	● 1440 x 1600 pixels per oog
Verversingsnelheid	● 90 Hz	● 120-144 Hz	● 80 Hz	● 72 Hz
Beeldhoek	● 110 °	● 130 °	● 90 °	● 90 °
Gewicht	● 850 gr	● 809 gr	● 560 gr	● 570 gr
Tracking technologie	● Outside in (met 2 stations)	● Outside in (met 2 stations)	● Inside out	● Inside out
Besturings-systeem	Windows 10 (host)	Windows 10 (host)	Windows 10 (host)	Android (of Windows 10 via Oculus Link)
VR framework	● Steam VR	● Steam VR	● Oculus PC	● Oculus Mobile
Privacy policy	HTC	Valve	● Facebook	● Facebook
Batterijduur	● nvt	● nvt	● nvt	● 2,5 uur (Uitbreidbaar via powerbank)
Prijs	● v.a. € 1.199*	● v.a. € 1079*	● v.a. € 622,55*	● v.a. € 519,70

* exclusief de benodigde PC

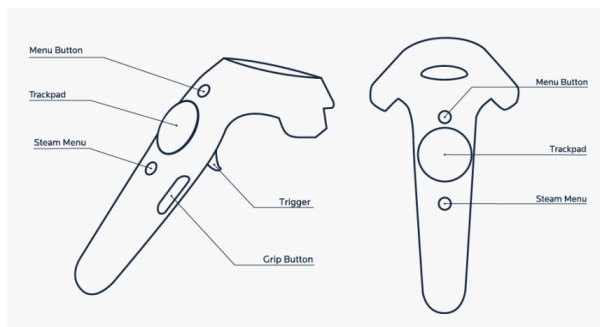
2.1 HTC Vive Pro



Het oudste systeem in onze vergelijking en het huidige systeem dat gebruikt wordt voor veel projecten bij 038games is de HTC Vive Pro. Dit is een traditionele headset dat via een draad verbonden wordt met de pc. Met twee base stations die kunnen worden opgehangen, of op statieven kunnen worden geplaatst, wordt de positie en rotatie van de headset en de twee controllers gevolgd.^[10]

Controllers

De controllers van de HTC Vive Pro beschikken over 5 knoppen waaronder een "trigger" knop, die met de wijsvinger kan worden bediend en een trackpad die gebruikt kan worden door erover te bewegen met de duim, of erop te drukken.



Accessoires

De Vive Pro is al langer op de markt en heeft een groot aanbod van accessoires van derden beschikbaar. Zie ook 2.5 over enkele van deze accessoires.



Daarnaast kunnen optionele Vive trackers worden toegevoegd aan het systeem^[14]. Deze kunnen op andere objecten worden geplaatst, zodat ook deze objecten worden getrackt en gemanipuleerd kunnen worden in de virtuele omgeving.

Ecosysteem

Voor de prijs van de HTC Vive Pro zijn op dit moment krachtigere VR systemen verkrijgbaar voor een lagere prijs. Wel is door de ondersteuning van het SteamVR framework^[15] het ecosysteem van accessoires nog steeds relevant. Zo kunnen controllers en base stations van de Vive gebruikt worden voor verschillende andere systemen in het SteamVR ecosysteem en vice versa. De Valve Index controllers kunnen bijvoorbeeld gebruikt worden met de HTC Vive Pro headset en de Vive base stations met de Index headset.

2.2 Valve Index

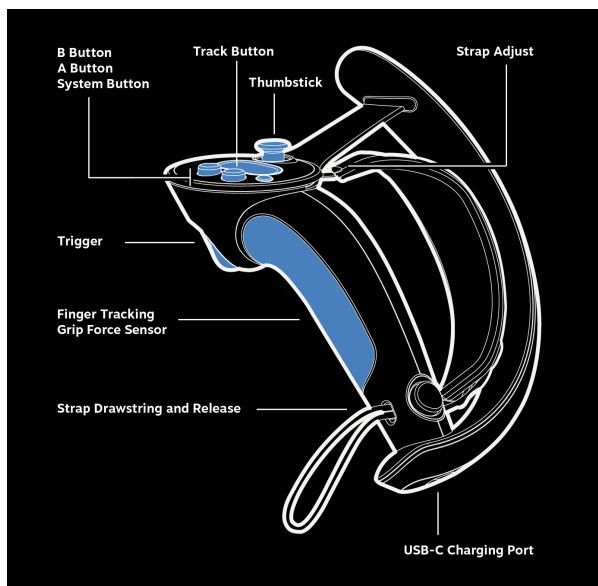


De Valve Index is zo mogelijk het beste VR systeem van dit moment. Vooral door de wijde beeldhoek en de hoge refreshrate biedt de headset de beste beleving. Wel is door de hoge refreshrate een computer nodig die grote prestaties kan leveren. Daarnaast maken de vereiste base stations dat het systeem niet bepaald makkelijk verplaatsbaar is.

Een groot voordeel van dit systeem is dat het naadloos in het SteamVR ecosysteem past. Accessoires voor de Vive kunnen daarom ook met dit systeem worden gebruikt.

Controllers

De controllers van de Valve Index zijn uniek op de markt door het gebruik van geavanceerde vinger tracking, die de controller in staat stelt de positie van de vingers te bepalen.^[11]



Daarnaast wordt de controller aan de hand bevestigd, door middel van een bandje, waardoor de controller niet expliciet vastgehouden hoeft te worden. Dit stelt de gebruiker in staat zijn handen en vingers relatief vrij te gebruiken. Als de controller wordt

vastgepakt, houden drukgevoelige sensoren bij hoe hard er in de controllers worden geknepen. Deze kenmerken maken de Index controllers de meest geavanceerde controllers op de markt buiten de zeer specialistische controllers gericht op de industrie (zie ook 2.5). De controllers zijn daarbij te gebruiken met andere headsets in het SteamVR ecosysteem.

Op de controller zijn naast de sensoren zes knoppen aanwezig. Een trigger aan de voorkant van de controller kan worden gebruikt met de wijsvinger. Met de duim kunnen vijf knoppen bovenop de controller worden bediend, waaronder een trackpad en een thumbstick.

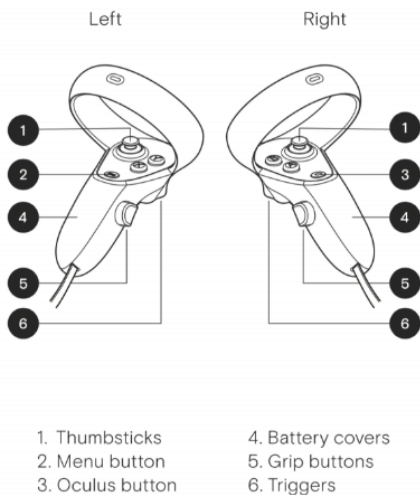
2.3 Oculus Rift S



De Oculus Rift S is een bedrade headset, maar werkt met inside out tracking, waardoor geen base stations nodig zijn voor het gebruik. Dit maakt dat de headset het voordeel heeft van hoge PC prestaties, maar minder moeilijk is te verplaatsen dan traditionele headsets. Aan de andere kant is de headset nog steeds afhankelijk van de aanwezigheid van een computer.

Controllers

De controllers van de Rift S beschikken elk over zes knoppen. Aan de voorkant van de controller bevindt zich de trigger die met de wijsvinger bediend kan worden. Aan de zijkant, naar binnen richtend, bevindt zich een knop die met de middelvinger ingedrukt kan worden. Dit is de manier van de Oculus controllers om het stevig vastgrijpen van de controllers te meten. Vier knoppen bovenop de controller kunnen met de duim worden bediend.



De thumbstick kan bewogen worden in iedere richting en kan ook als digitale knop worden gebruikt door er op te drukken. Alle knoppen van de Oculus controller kunnen daarnaast de aanraking van een

vinger voelen. Dit maakt dat de controllers een basale vorm van vinger tracking ondersteunen.

Accessoires en ecosysteem

Oculus maakt in tegenstelling tot veel andere VR systemen geen gebruik van het SteamVR ecosysteem, maar werkt in plaats daarvan met Oculus' eigen API. Hierdoor worden SteamVR accessoires niet ondersteund en kan de Oculus geen gebruik maken van andere SteamVR controllers of headsets. Dit beperkt de aanpasbaarheid van Oculus systemen en als gevolg daarvan zijn er weinig accessoires op de markt voor de Oculus VR systemen.

2.4 Oculus Quest



De Oculus Quest is bij uitstek de standalone headset van dit moment. De mobiele hardware en 6DoF inside out tracking maken dit systeem een zeer complete draadloze ervaring. Mobiliteit en vrijheid zijn daarom de grootste voordelen van de Oculus Quest. Een nadeel van het systeem zijn de beperkte hardware prestaties. Daarnaast is de net als de hierboven besproken Rift S beperkt wanneer het komt tot beschikbare accessoires.

Controllers

De Oculus Quest gebruikt dezelfde controllers als de Oculus Rift S. Zie daarom 2.3 voor meer informatie over de controllers van de Quest.

Naast de controllers kan de Oculus Quest met behulp van de ingebouwde camera's de handen tracken zonder dat controllers worden vastgehouden^[16].



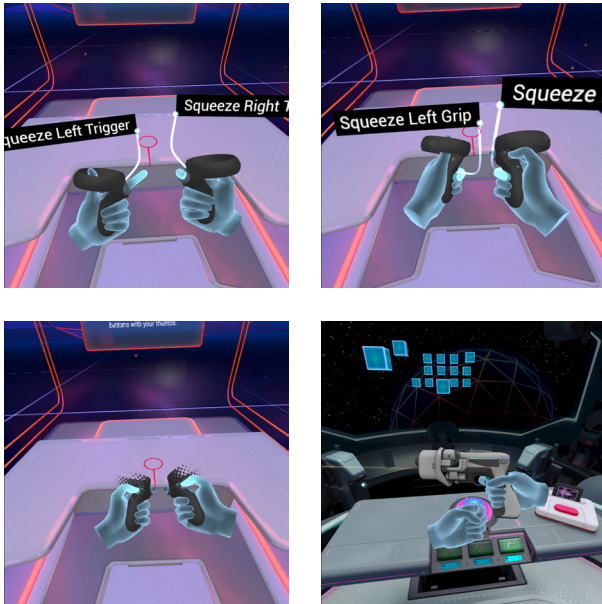
Dit is Beta technologie, dus de functie is nog in ontwikkeling. Intelligente software analyseert de beelden van de camera's om de handen te detecteren in beeld. De hand tracking werkt zolang de handen herkend worden door de software. Deze technologie brengt limitaties met zich mee. Wanneer een fysiek object wordt vastgepakt herkent de software de handen niet meer en werkt de tracking niet meer. Daarnaast kan de gebruiker geen knoppen indrukken, dus moet de virtuele wereld met gebaren bediend worden. Door de afwezigheid van controllers mist handtracking ook de feedback door trilling die controllers wel biedt.

2.5 Mogelijkheden en limitaties controllers

Omdat het controller aanbod per systeem zo verschillend is verdient dit onderwerp wat extra aandacht. In dit onderdeel kijken we wat wel en niet mogelijk is met de VR hand controllers die nu op de markt zijn.

2.5.1 Controller als hand-extensie

Controllers van VR systemen hebben als hoofddoel het tracken van oriëntatie en positie van de handen in de virtuele wereld. Voor de tracking van de handen is het nodig om de controller vast te houden in de hand. Als de controller wordt losgelaten, kan de hand niet verder gevolgd worden. Daarom kunnen de controllers van huidige VR systemen het beste gezien worden als extensie van de hand. De meeste controllers hebben een vorm van basale finger tracking. Het meten van de positie van de vingers.



Oculus Quest controllers met knoppen en virtuele handen in VR. De controllers tracken de positie van de duim, middelvinger en wijsvinger door middel van de knoppen op de controller.

Om een object in de virtuele wereld te kunnen grijpen hebben controllers een knop die ingedrukt kan worden door het handvat van de controller stevig te grijpen. Het virtuele object kan losgelaten worden door het loslaten van de knop, maar de controller moet vastgehouden blijven worden.

De Valve Index controllers lossen dit op door be-

vestiging aan de hand door middel van een bandje. Zo kunnen de vingers daadwerkelijk vrij bewegen worden zonder dat de controller ten alle tijden vastgehouden hoeft te worden. Vastgrijpen werkt op dezelfde manier als bij reguliere controllers. Door middel van sensoren in het handvat kunnen de controllers bepalen wanneer de hand het handvat vastgrijpt.

2.5.2 Object als controller

Een andere benadering van controllers in VR systemen is een object uit de echte wereld in de virtuele wereld brengen door er een tracker aan toe te voegen. Dit verhoogt het realisme omdat het object in de virtuele wereld daarbuiten daadwerkelijk kan worden gevoeld. Zo kan een controller in de vorm van een pistool worden gemaakt, om het realisme van schieten in VR te verhogen^[17].



BeswinVR pistool controller voor SteamVR met fysiek terugslag effect. Het pistool wordt getrackt door de Vive tracker die bovenop bevestigd moet worden.

Het nadeel is dat tracking van de handen alleen kan plaatsvinden zolang het object wordt vastgehouden. Als het object wordt losgelaten wordt de positie en oriëntatie van de handen niet langer getrackt. Dit beperkt de mogelijkheden van objecten als controllers significant.

2.5.3 Volledige hand tracking

Het ideaal van hand tracking in VR is volledige hand tracking zonder controller. Voor de consumentenmarkt is dit nog toekomstmuziek, maar voor zakelijke markt zijn er oplossingen.



VR gloves zoals de Manus VR voor SteamVR volgt de positie en oriëntatie van de hand en van alle vingers^[18]. In theorie zou dit gecombineerd kunnen worden met object tracking, zoals beschreven in 2.5.2, om een zo realistisch mogelijke ervaring te bieden, zowel in VR als erbuiten. Nu heeft deze oplossing nog een flink prijskaartje, maar in de toekomst is dit wellicht een goede oplossing voor VR training.

2.5.4 De toekomst voor controllers

In huidige VR toepassingen worden de positie en oriëntatie van hoofd en handen gevolgd. In de toekomst kan dit uitgebreid worden, zodat ook voeten en de rest van het lichaam in VR getrackt kunnen worden.



Een demo van ManusVR laat zien dat door middel van 5 Vive trackers het hele lichaam overgebracht kan worden naar VR^[19]. Met deze oplossing is het in de toekomst wellicht mogelijk ook lichaamshouding of voetpositie te integreren in VR trainingen.

3. Eindconclusies en advies

Zoals we gezien hebben in dit onderzoek zijn er vele parameters bij het bepalen van een geschikt VR systeem voor de ontwikkeling van serious games. In dit onderdeel trekken we conclusies en doen enkele adviezen op basis van gebruiksscenario's.

3.1 Eindconclusie

Als conclusie van het onderzoek kunnen we stellen dat elk VR systeem komt met bepaalde voordelen en nadelen. Zoals we hebben gezien staan kwaliteit, prestaties en aanpasbaarheid tegenover gebruikersgemak en mobiliteit. Dit maakt de afweging moeilijk om te maken. De politie zal de afweging moeten maken of kwaliteit, prestaties en aanpasbaarheid zwaarder wegen, of dat mobiliteit de doorslag moet geven.

3.2 Advies

3.2.1 Het best presterende VR systeem

Valve Index



De Valve Index biedt de beste prestaties en de meest geavanceerde controllers van de vergeleken VR systemen. Net als de HTC Vive Pro is de Valve Index SteamVR compatibel, wat de transitie gemakkelijk maakt en toekomstbestendigheid garandeert.

- + Hoge kwaliteit headset
- + Hoge prestaties
- + Geavanceerde controllers
- + SteamVR compatibiliteit

- Prijs
- Mobiliteit

3.2.2 Het meest mobiele VR systeem

Oculus Quest



De Oculus Quest is het meest complete mobiele VR systeem van dit moment. De Quest scoort hoog op gebruikersgemak en is eenvoudig te transporteren. Wel moet rekening gehouden worden met beperkte prestaties en het gebrek aan accessoires. Geen SteamVR compatibiliteit maakt dat toekomstbestendigheid niet gegarandeerd is.

- + Prijs
- + Mobiliteit

- Mobiele prestaties
- Geen SteamVR compatibiliteit

4. Bronnen

- [1] "Comparison of virtual reality headsets - Wikipedia."
https://en.wikipedia.org/wiki/Comparison_of_virtual_reality_headsets. Geopend op 3 mrt.. 2020.
- [2] "Arizona Sunshine PC vs. Oculus Quest Graphic."
<https://www.youtube.com/watch?v=c8d-KBKRZcY>. Geopend op 3 maart.. 2020.
- [3] "What Is the "Screen Door Effect" in VR? - How To Geek."
<https://www.howtogeek.com/404491/what-is-the-screen-door-effect-in-vr/>. Geopend op 3 maart.. 2020
- [4] "Why Does the 90 HZ Refresh Rate Matter for Virtual Reality? - The VR Soldier."
<https://thevrsoldier.com/why-does-the-90-hz-refresh-rate-matter-for-virtual-reality>. Geopend op 3 maart.. 2020
- [5] "Field of View for Virtual Reality Headsets Explained - VR Lens Lab."
<https://vr-lens-lab.com/field-of-view-for-virtual-reality-headsets/>. Geopend op 3 maart.. 2020
- [6] "Inside-out v Outside-in: How VR tracking works, and how it's going to change - Wearable"
<https://www.wearable.com/vr/inside-out-vs-outside-in-vr-tracking-343>. Geopend op 3 maart.. 2020
- [7] "Best virtual reality SDKs to build VR apps - Thinkmobiles"
<https://thinkmobiles.com/blog/best-vr-sdk/>. Geopend op 3 maart.. 2020
- [8] "Oculus brings real (and pervasive) data-mining to virtual reality - Ars Technica."
<https://arstechnica.com/tech-policy/2016/04/oculus-brings-real-and-pervasive-data-mining-to-virtual-reality/>. Geopend op 3 maart.. 2020
- [9] "Degrees of freedom - Google Developers"
<https://developers.google.com/vr/discover/degrees-of-freedom>. Geopend op 3 maart.. 2020
- [10] "Vive Pro Product Description -Vive"
<https://www.vive.com/nz/product/vive-pro/>. Geopend op 3 maart.. 2020
- [11] "Valve Index Product Description - Wikipedia."
<https://www.valvesoftware.com/nl/index/headset>. Geopend op 3 maart.. 2020
- [12] "Oculus Rift S Review: First-Gen VR Gets a Reboot - Tom's Hardware"
<https://www.tomshardware.com/reviews/oculus-rift-s-vr-headset,6148.html>. Geopend op 3 maart.. 2020
- [13] "Oculus Quest: The Best Standalone VR Headset - Forbes."
<https://www.forbes.com/sites/solrogers/2019/05/03/oculus-quest-the-best-standalone-vr-headset>. Geopend op 3 maart.. 2020
- [14] "Vive Tracker Product Description - Vive."
<https://www.vive.com/eu/vive-tracker>. Geopend op 3 maart.. 2020
- [15] "OpenVR - Wikipedia."
<https://en.wikipedia.org/wiki/OpenVR>. Geopend op 3 maart.. 2020
- [16] "The Oculus Quest is getting controller-free hand tracking this week - The Verge."
<https://www.theverge.com/2019/12/9/21003333/oculus-quest-vr-headset-hand-tracking-controller-2020-update-launch>. Geopend op 3 maart.. 2020
- [17] "PistolVR HTC Vive 2.0 product page - Beswin"
<https://www.beswinvr.com/product/pistolvr-htc-vive-2-0>. Geopend op 3 maart.. 2020
- [18] "Prime One Gloves product page - ManusVR"
<https://manus-vr.com/prime-one-gloves>. Geopend op 3 maart.. 2020
- [19] "ManusVR | Introducing Polygon - YouTube"
<https://www.youtube.com/watch?v=r3GvNkSafAw>. Geopend op 3 maart 2020