

2020 • 2021

Faculteit Industriële Ingenieurswetenschappen
master in de industriële wetenschappen: elektronica-ICT

Masterthesis

Visualisatie van het menselijk lichaam in virtuele realiteit binnen
een verkeerssituatie voor personen na een beroerte

PROMOTOR :

Prof. dr. Kris AERTS

PROMOTOR :

ing. Marc GERAERTS

COPROMOTOR :

Prof. dr. Pieter MEYNS

BEGELEIDER :

Prof. dr. Wim SAEYS

Florian Coenen, Jonas Henkens

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de industriële wetenschappen: elektronica-ICT

Gezamenlijke opleiding UHasselt en KU Leuven



KU LEUVEN



KU LEUVEN

2020 • 2021

Faculteit Industriële Ingenieurswetenschappen
master in de industriële wetenschappen: elektronica-ICT

Masterthesis

Visualisatie van het menselijk lichaam in virtuele realiteit binnen een verkeerssituatie voor personen na een beroerte

PROMOTOR :

Prof. dr. Kris AERTS

PROMOTOR :

ing. Marc GERAERTS

COPROMOTOR :

Prof. dr. Pieter MEYNS

BEGELEIDER :

Prof. dr. Wim SAEYS

Florian Coenen, Jonas Henkens

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de industriële wetenschappen: elektronica-ICT



KU LEUVEN

Woord vooraf

De uitvoering van deze masterproef is gestart met Jonas Henkens en Florian Coenen. Vanwege persoonlijke redenen heeft Florian deze masterproef niet mee afgewerkt. Op het moment van schrijven ben ik bezig aan mijn laatste jaar in de opleiding industriële ingenieurswetenschappen elektronica ICT en bijna klaar om in de arbeidswereld te springen. Om studenten hiervoor zo optimaal mogelijk voor te bereiden, gaat ieder masterjaar natuurlijk gepaard met een masterproef. Het onderwerp van onze masterproef bestaat eruit om de technologie rond virtuele realiteit brillen te combineren met het herstelproces van patiënten binnen een revalidatiecentrum. Waarbij het voornamelijk gaat over patiënten na een cerebrovasculair accident, ook gekend als een beroerte. De aanleiding hiervoor is ontstaan doordat uit de praktijk bleek dat patiënten positieve reacties hadden op gamificatie, het implementeren van gametechnieken in verschillende oefeningen van het revalidatieproces en dit bijgevolg ook een positieve invloed heeft op het herstelproces.

Het realiseren van deze masterproef is in hoofdzaak vooral mijn taak, maar uiteraard was dit allemaal niet mogelijk geweest zonder de hulp van enkele mensen. Daarom zou ik via deze weg graag deze mensen willen bedanken. Als eerste natuurlijk de mentoren: prof. dr. Kris Aerts, prof. dr. Pieter Meyns en ing. Marc Geraerts, zij hebben mij doorheen deze masterproef steeds ondersteund en begeleid waarvoor ik hun dankbaar ben. Alsook mij steeds kritisch te laten zijn maar mij hierbij toch steeds blijven motiveren. Daarnaast wil ik ook prof. dr. Wim Saeys bedanken, voor het ter beschikking stellen van dit onderwerp en om de mogelijkheid te geven om doorheen het hele jaar gebruik te maken van de virtuele realiteit brillen. Ook wil ik prof. dr. ir. Ronald Thoelen bedanken voor de meetings die hij heeft gepland om op te volgen hoe het met het onderzoek is gesteld evenals het welzijn van de studenten op te volgen wat in deze bijzondere tijden toch niet onderschat mag worden. Verder wil ik ook nog de docent communicatie, dr. Bart Dreesen, bedanken voor de begeleiding doorheen het masterproefseminarie. Ten laatste wil ik ook nog mijn gezin en vrienden bedanken die mij niet enkel dit academiejaar, maar doorheen mijn volledige opleiding steeds ondersteund hebben en hielpen waar nodig.

Graag bedank ik ook Florian voor het mee uitwerken van het project. Tijdens onze samenwerking bestond de basisomgeving uit de verkeersoefening met verkeerslichten. Collisies werden ook al gebruikt voor het detecteren van botsingen. Vervolgens was de indicator die naar de botsing wijst al ontworpen en is achteraf verder in het project geïntegreerd. Florian hield zich ook bezig met de HTC Vive, terwijl ik mij op de Oculus Quest focuste. Dit heeft tot gevolg dat het project enkel voor de Oculus Quest is uitgewerkt. Ten slotte was de scriptie in verband met de hierboven vermelde onderdelen al uitgeschreven.

Ik heb de omgeving uitgebreid en een tweede omgeving met fietsers ontworpen. Daarnaast heb ik de feedback voor het succesvol of gefaald uitvoeren van de oefening geïmplementeerd. Daarna is het derde persoons-perspectief toegevoegd. Doorheen afgelopen stappen heb ik de scriptie verder uitgeschreven.

Inhoudsopgave

Woord vooraf	1
Lijst met figuren	5
Abstract	7
Abstract in English	9
1 Inleiding	11
1.1 Situering	11
1.2 Probleemstelling	11
1.3 Doelstellingen	12
1.4 Methode	13
1.5 Vooruitblik	14
2 Bronnenstudie	15
2.1 Inleiding	15
2.2 Stand van technologie	15
2.3 Bewegingsvolging.....	17
2.4 Platformen.....	18
3 Resultaten en uitvoering	19
3.1 Opstelling en integratie in Unity	19
3.1.1 Xsens MTw Awinda	19
3.1.2 Opstelling MTw Awinda	20
3.1.3 Integratie MTw Awinda in Unity	21
3.1.4 Virtuele realiteit perspectief	22
3.2 Opbouw van de virtuele omgeving	23
3.2.1 Omgeving	24
3.2.2 Verkeer	26
3.2.3 Collisies in Unity	28
3.3 Uitvoering van de verkeersoefening	31
4 Beperkingen en toekomst perspectieven	33
5 Discussie en conclusie	35
Referentielijst	37

Lijst met figuren

Figuur 1: Plaatsen van trackers	20
Figuur 2: Avatar in MVN studio bij geslaagde setup.....	21
Figuur 3: Vooraanzicht van de avatar in Unity	22
Figuur 4: Omgeving verkeerslichten in Unity.....	24
Figuur 5: Uitgebreidere omgeving verkeerslichten.....	25
Figuur 6: Omgeving verkeerslichten met bergen	25
Figuur 7: Omgeving met fietspaden.....	26
Figuur 8: Flowchart van verkeerslicht toestanden	27
Figuur 9: Kubus object met box collider ernaast geplaatst	29
Figuur 10: De verschillende meshes van de avatar	30
Figuur 11: Colliders zichtbaar op avatar	30

Abstract

Het revalidatieziekenhuis RevArte begeleidt personen na een beroerte. Resterende hersenschade kan leiden tot motorische, sensorische en cognitieve stoornissen. Deze thesis focust op een cognitieve stoornis genaamd neglect. Patiënten worden begeleid met fysieke- en denkoefeningen, maar deze missen situaties uit het dagelijkse leven.

De onderzoeksvraag “Hoe kan het menselijk lichaam worden gevisualiseerd in virtuele realiteit, ten voordele van personen na een beroerte” werd gesteld. Deze masterproef creëert een activiteit uit het dagelijkse leven in virtuele realiteit, namelijk een verkeersoefening. Dit project combineert verschillende technologieën. Zo is de virtuele omgeving ontworpen op het Unity platform. Verder zijn bewegingen vastgelegd met de Xsens MTw Awinda bewegingsvolgers. Ten slotte plaatst de virtuele realiteit bril Oculus Quest de persoon in de omgeving.

De verkeersoefening bestaat uit 2 versies voor variërende moeilijkheidsgraden. Zo beschikt versie 1 over verkeerslichten die het verkeer tegenhouden en versie 2 over fietsers waar de persoon zelf bepaalt wanneer het veilig is. Na uitvoering van de oefening krijgt de patiënt visuele, auditieve en haptische feedback in de vorm van tekst, een rem of succes geluid en trillingen op de controllers.

Het resultaat is visualisatie van het lichaam geïntegreerd in een verkeerssituatie met feedback. Verder onderzoek naar gebruiksvriendelijkheid en aanvullende functionaliteit is vereist om integratie in het klinische werkveld te faciliteren.

Abstract in English

The rehabilitation hospital RevArte supports individuals after a stroke. Lasting brain damage can lead to motor, sensory and cognitive disorders, among others. This thesis focuses on a cognitive disorder called neglect. Patients are assisted using physical and thinking exercises, but these lack situations from everyday life.

The research question “How can the human body be visualised in virtual reality to benefit individuals after a stroke” was posed. This thesis recreates an activity from everyday life in virtual reality, specifically a traffic exercise. The project combines several technologies, starting with the Unity platform for developing the virtual environment. Furthermore, the Xsens MTw awinda provides motion tracking of the patient’s body. Finally, the virtual reality headset Oculus Quest immerses the individual in the environment.

There are two versions of the traffic exercise with varying degrees of difficulty. For example, version 1 features traffic lights with the ability to stop traffic while version 2 features cyclists so the person has to decide themselves whether it is safe to cross. After performing the exercise, the patient receives visual, auditory and haptic feedback in the form of text, a brake or success sound and vibration in the controllers.

The result is a visualization of the human body integrated in a traffic situation with feedback. Further research on usability and additional functionality is required to facilitate integration into the clinical field.

1 Inleiding

1.1 *Situering*

Deze masterproef is een samenwerking tussen masterstudenten van de gezamenlijke opleiding industriële wetenschappen van de UHasselt en KU Leuven, de onderzoeksgroep Revalidatiewetenschappen van UHasselt en de opdrachtgever prof. Wim Saeys wie geaffilieerd is met UA Antwerpen en het revalidatieziekenhuis RevArte. RevArte is gespecialiseerd in het herstel van jongeren boven de 16 jaar, maar alsook van oudere mensen na een beroerte.

Cerebrovasculair accident (CVA), ook gekend als een beroerte, is een verzameling van permanente aandoeningen met plots optredende neurologische uitvalsverschijnselen als gevolg [1]. De oorzaak van CVA is een aandoening van de bloedvaten in de hersenen. Alhoewel er geen volledig herstel mogelijk is, kunnen de verschijnselen wel verbetering tonen. Deze verschijnselen worden onderverdeeld in verschillende stoornissen:

- cognitieve stoornissen (gedragsveranderingen, geheugenstoornissen, enzovoort);
- motorische stoornissen (verlamming, spasticiteit, enzovoort);
- sensorische stoornissen (gevoelsstoornissen);
- visuele stoornissen (verminderd gezichtsvermogen, dubbelzien, enzovoort);
- spraakstoornissen (bijvoorbeeld een taalstoornis);
- algemene stoornissen (moehed, traagheid, enzovoort).

Deze masterproef focust op een cognitieve stoornis genaamd neglect. Bij personen met deze stoornis worden informatie en stimuli genegeerd of niet correct waargenomen. Dit neglect gebeurt aan één kant van het lichaam en komt in verschillende vormen voor zoals geluid, gevoel, de ruimte, enzovoort [2]. Een voorbeeld van neglect is het niet herkennen of opmerken van personen die aan de verwaarloosde kant praten of in het zicht komen.

1.2 *Probleemstelling*

Personen met neglect symptomen worden begeleid met fysieke- en denkoefeningen. Deze oefeningen bestaan bijvoorbeeld uit het midden aanduiden van een lijn. Ze zijn niet altijd even effectief en worden door de patiënt al snel als repetitief ervaren, waardoor de motivatie om de oefeningen te blijven uitvoeren daalt. Daarnaast zijn deze oefeningen beperkt in omvang. Zo is het niet praktisch om verschillende activiteiten uit het dagelijkse leven te organiseren. Activiteiten zoals de straat oversteken en autorijden zijn bovendien niet veilig om door een patiënt uit te laten voeren.

Bij RevArte en UAntwerpen hopen ze het aanbod aan oefeningen te vergroten met behulp van virtuele realiteit (VR). In een VR omgeving lopen de patiënten geen risico bij het uitvoeren van oefeningen uit het dagelijkse leven en kunnen meerdere oefeningen in de zelfde opstelling worden uitgevoerd.

1.3 Doelstellingen

Deze thesis heeft als doel de volgende onderzoeksvraag te beantwoorden:

“Hoe kan het menselijk lichaam worden gevisualiseerd in virtuele realiteit, ten voordele van personen na een beroerte.”

Deze kan worden onderverdeeld in enkele deelvragen:

- hoe kan het menselijk lichaam worden gemeten en gevisualiseerd;
- hoe kan een persoon in virtuele realiteit worden geplaatst;
- hoe kan de visualisatie van het lichaam en de virtuele realiteit worden geïntegreerd in een virtuele omgeving;
- hoe kan dit project mensen met een beroerte ondersteunen?

De eerste twee doelstellingen vereisen onderzoek naar bestaande hardware. Ten eerste wordt er gezocht naar systemen die de bewegingen van een persoon kunnen volgen. Hierbij wordt gekeken naar functionaliteit en beschikbaarheid van de systemen. Vervolgens is er nood aan een VR-bril om de persoon in virtuele realiteit te plaatsen.

De derde deeldoelstelling impliceert onderzoek naar mogelijke platformen waar de omgeving op ontworpen kan worden. Hier zal ten eerste gekeken worden naar ondersteuning van het gekozen systeem voor bewegingsvolging en het systeem voor virtuele realiteit. Vervolgens zal gekeken worden naar de complexiteit om een omgeving te ontwerpen. Dit omvat de gebruikte programmeertaal en bestaande hulpbronnen die het ontwerpproces vereenvoudigen.

Voor de laatste doelstelling is de uitwerking van een oefening vereist. Hiervoor wordt ten eerste gezocht naar een oefening die niet praktisch is om met de huidige technieken uit te voeren. Tijdens de implementatie van de oefening wordt gekeken welke functionaliteit en motiverende factoren voordelig zijn voor personen met neglect symptomen

1.4 Methode

Voor aanvang van het project is onderzoek gedaan naar al bestaande toepassingen om de stand van technologie vast te stellen. Vervolgens wordt een studie gedaan naar systemen voor het volgen van lichaamsbewegingen. Dit systeem samen met het virtuele realiteit systeem zijn de twee fysieke componenten die samengevoegd worden met behulp van software om de doelstellingen te behalen. Ten slotte wordt er een studie gedaan naar de verschillende platformen om een omgeving te ontwerpen. Hierbij is het noodzakelijk dat het platform compatibel is met het gekozen systeem van bewegingsvolging.

De uitwerking van het project start met een simpele omgeving waar enkel de bewegingsvolging en virtuele realiteit aan wordt toegevoegd. Dit staat toe om de integratie van deze twee systemen op elkaar af te stellen.

wanneer de systemen geïntegreerd zijn in een omgeving, kan deze verder ontwikkeld worden. Er is begonnen met een basis versie van een oefening uit te werken. Deze bevat het minimum omtrent details en functionaliteit. Hierop volgen verschillende iteraties om telkens te evalueren welke aanpassingen kunnen gebeuren voor een realistischere omgeving en welke functionaliteit toegevoegd of verbeterd kan worden in het voordeel van personen met neglect.

Eenmaal de omgeving en functionaliteit is uitgebreid volgt er een tweede versie van de oefening om verschillende moeilijkheidsgraden te creëren. Bij het verder itereren van de omgeving worden de componenten uit de omgeving gelijk gehouden, terwijl de ontwikkeling van aparte functionaliteit apart verloopt.

Als laatste volgt een studie naar de beperkingen en het toekomstig potentieel van de applicatie. Deze zal de gebruikte systemen en omgeving beoordelen op basis van functionaliteit en gebruiksvriendelijkheid. Hierbij worden oplossingen gezocht voor de mogelijke beperkingen. Hiernaast worden volgende stappen voor onderzoek uitgewerkt.

1.5 Vooruitblik

In de volgende hoofdstukken gaan we dieper in op de verschillende onderdelen van onze masterproef. Zo overlopen we eerst kort de setup van de XSens en hoe we deze succesvol hebben geïntegreerd in het Unity platform. Vervolgens bespreken we het opstellen van de werkelijke omgeving omtrent: de straat, de bomen, de verkeerslichten, de passerende auto's, enzovoort. Daarop volgend verduidelijken we hoe collisions in Unity werken en hoe we deze hebben aangewend in onze omgeving. Hierna geven we een overzicht van onze omgeving wanneer al deze elementen hierin verwerkt zijn en dus hoe een patiënt de oefening zal ervaren. Om te eindigen met het besluit waarin we de belangrijkste conclusies trekken, enkele beperkingen bespreken en vooruitblikken naar mogelijk verder onderzoek.

2 Bronnenstudie

2.1 Inleiding

In industriële landen is CVA de meest voorkomende oorzaak van langdurige arbeidsongeschiktheid onder volwassenen. Dit omwille van de brede waaier aan problemen die het cognitieve, visuele en motorische systeem van de getroffen personen beïnvloedt [3]. Een veelvoorkomende stoornis na CVA is neglect. Dit is een stoornis waar patiënten met eenzijdige hersenschade de informatie en stimuli van tegenovergestelde kant negeren of niet correct waarnemen [4]. Ook na een verblijf in het ziekenhuis door CVA hebben veel patiënten nog resterende beperkingen, zoals problemen met de balans en mobiliteit. Dit leidt tot verminderde lichamelijke activiteit en verminderde activiteit in het dagelijkse leven en de maatschappij [5]. Als gevolg wordt een verslechtering van de levenskwaliteit waargenomen [6]. Om revalidatie gericht op het verbeteren van de balans en mobiliteit te faciliteren worden virtuele realiteit technologieën gezocht. A. Darekar et al. geeft aan dat intensieve, taak specifieke en gevarieerde oefeningen in verrijkte omgevingen aanvullende feedback geeft over het motorisch leren van de patiënten [7]. Door middel van de verschillende taken kunnen patiënten trainen in een maatschappelijke maar risicovrije omgeving, die bijgevolg kan bijdragen tot de zelfstandigheid in zulke situaties.

De verdere bronnenstudie van deze masterproef is opgedeeld in drie onderdelen. Het eerste onderdeel gaat over de huidige stand van technologie. Het tweede onderdeel gaat over onderzoek naar bestaande systemen voor bewegingsvolgving. In het laatste onderdeel gebeurt onderzoek naar de verschillende platformen waarop een omgeving kan worden ontworpen.

2.2 Stand van technologie

Ondanks dat deze nieuwe technieken nog niet worden aangewend in huidige revalidatiecentra, bleek uit [8] dat experts die al met verschillende patiënten met neglect hebben gewerkt dit toch liever hebben dan andere behandelingen zoals bijvoorbeeld langdurige aandacht oefeningen of ook ‘active limb activation’. Zo bevond virtuele realiteit zich in de top 5 van ideale behandelingen in subacute en chronische fasen van het herstelproces. Waaruit blijkt dat experts VR een gepaste behandeling vinden, maar dit niet meteen toepassen door het gebrek aan onderzoek hiernaar.

H. Huygelier et al. heeft een VR spel ontwikkeld voor revalidatie van neglect. Dit spel bestaat uit drie omgevingen, namelijk een moestuin, een meer en een bos. In het spel was een verhaal ontworpen waarin de persoon een boer moest helpen met verschillende taken, zoals de moestuin onderhouden of op zijn kinderen letten. Het spel is ontwikkeld in Unity 3D en ze gebruiken de Oculus Rift headset [9]. Er is met 7 patiënten gewerkt die elk 6 VR sessies hebben gespeeld. Uit de studie is niet meteen gebleken of de VR sessies het revalidatieproces beter stimuleren, maar deze sessies werden wel altijd als positief ervaren door de patiënten. Er werd ook vastgesteld dat het aanpassen van de sessies naargelang de noden en de prestaties van de patiënten een positieve impact heeft.

Een studie door G. Alankus et al. onderzocht de noden bij integratie van spellen in de revalidatie van een hersenletsel [3]. Hierbij werden spellen ontworpen aan de hand van goedkope apparaten die thuisgebruik haalbaar maken en toch technologisch geavanceerd genoeg zijn om bewegingen die door therapeuten zijn voorgeschreven te detecteren. Wii-afstandsbedieningen en webcams dienden als hardware om dit te realiseren. De gebruikte spellen testten sociale contexten, motorische types en cognitieve uitdagingen. Het onderzoek toonde aan dat enkele aanpassingen nodig zijn om de spellen bruikbaar te maken voor individuele gebruikers met verschillende types hersenletsel. Zo moet ervan uitgegaan worden dat het gebruik van de handen niet altijd mogelijk is. Het is dan ook nodig om verschillende methodes voor gebruiksinvoer te ondersteunen. Ook is het kalibreren van voorbeeldbewegingen nodig en moeten de bewegingen van de gebruiker volledig overeenkomen met de digitale voorstelling. Door het volledig bereik van de bewegingen van de gebruiker te betrekken, compenserende bewegingen te detecteren en gecoördineerde bewegingen toe te staan, geven deze games waardevolle informatie voor de therapeutische context. Tot slot is het ook belangrijk om deze spellen uitdagend en leuk te maken voor de gebruiker, waarbij audio en beeld van groot belang zijn. Automatische moeilijkheidsaanpassingen geven voldoende uitdaging, maar ook verhaallijnen en computer-gecontroleerde avatars zijn aantrekkelijk [3].

Recent is er nog een soortgelijk project gerealiseerd, namelijk het creëren van een virtuele omgeving waarin industriële processen worden gesimuleerd en interactie wordt voorzien van hoe mensen deze soms wel gevaarlijke machines moeten bedienen. [10] De doelstelling was dan ook om mensen op een veilige manier met nieuwe industriële machines in contact te brengen en aanleren hoe ze ermee moeten werken. Om dit te realiseren hebben ze gebruik gemaakt van het Unity platform, de Xsens MTw Awinda en de HTC Vive als VR headset. Vervolgens zijn er ook nog andere technologieën gehanteerd zoals bijvoorbeeld de Leap Motion Controller om zeer accuraat handbewegingen te kunnen traceren. Uiteindelijk bleek dat de simulaties in VR beter geschikt waren voor het aanleren dan de normale desktop gebaseerde digitale simulaties die voorheen steeds gebruikt werden. Zo was het onder andere makkelijker om cruciale fouten aan te kaarten die gebeurden in de virtuele omgeving. Maar het belangrijkste was dat de gebruiker ook meteen feedback kreeg wanneer deze een foute handeling beging.

2.3 Bewegingsvolging

De Mtw Awinda is een bewegingsvolger van XSens die is ontworpen voor *real-time* toepassingen [11]. Deze maakt gebruik van draadloze *tracker* modules die aangebracht worden op het lichaam en hun data doorsturen naar een Awinda Station. Elk van deze modules bezit 5 sensoren, namelijk een gyroscoop, versnellingsmeter, magnetometer, thermometer en barometer [12]. De gyroscoop voorziet de verandering in oriëntatie. Vervolgens meet de versnellingsmeter de verdraaiing van de module. De magnetometer voorziet dan de richting. De thermometer is een hulpmiddel om de temperatuurafhankelijkheid van andere sensoren te compenseren en de barometer is een hulpmiddel om hoogte informatie te verkrijgen. Een Awinda Station kan tot 20 modules tegelijk synchroniseren waarbij de update frequentie minimum 60Hz is. De Mtw Awinda vereist kalibratie elke keer de modules aangebracht worden. Deze kalibratie vereist dat een pose die gekozen is in de software enkele seconden aangehouden moet worden.

De Teslasuit is een pak dat niet alleen de beweging van een persoon kan tracken, maar ook haptische feedback in de vorm van elektrostimulatie kan geven [13]. Het pak bezit over 10 beweging trackers en 80 elektrostimulerende kanalen. Elk van deze kanalen kan een haptische feedback creëren tot 300Hz. Aangezien de sensoren in een pak verwerkt zijn, is het eenvoudiger om deze aan te brengen bij een patiënt. Net zoals de Mtw Awinda vereist de Teslasuit kalibratie door het aanhouden van een pose die gekozen is in de software.

Uit de bovenstaande systemen is in dit onderzoek verder gewerkt met de Xsens Mtw Awinda. Deze keuze is gebaseerd op het al beschikbaar zijn van dit systeem waardoor geen extra aankopen vereist zijn. De kalibratie die nodig is bij dit systeem is een drempel voor een deel van de patiënten aangezien niet iedereen de vereiste pose kan aannemen. Hiervoor bestaat een mogelijke oplossing die nog niet beschikbaar was bij de start van dit onderzoek, maar interessant is voor vervolgonderzoek, namelijk de DepthAI OAK-D.

De DepthAI OAK-D is een product ontworpen door Luxonis. Deze kan gebruikt worden voor *real-time* spatiale artificiële intelligentie (AI) toepassingen dankzij zijn 3 camera's en DepthAI module [14]. Eén van deze toepassingen is het bepalen van de pose van een persoon. In tegenstelling tot de Mtw Awinda, heeft de OAK-D geen kalibratie nodig om de pose van een persoon te bepalen. Dit zou in het voordeel zijn van patiënten die na een CVA moeilijkheden ondervinden met aannemen van bepaalde posities vereist voor kalibratie.

2.4 Platformen

De Unreal Engine is een 3D platform dat ontwikkeld is door Epic Games [15]. Deze heeft een *publishing* licentie en een *creators* licentie. De *publishing* licentie is voor spel ontwikkeling en heeft een 5% royalty op inkomsten na de eerste \$1 miljoen bruto inkomst van het product. De *creators* licentie is volledig gratis, maar is enkel toegestaan voor lineaire inhoud zoals films of applicaties specifiek ontworpen voor een klant. Unreal Engine is in C++ geschreven en is volledig *open source*. Integratie van de MTw awinda is mogelijk via de “MVN Live Link” plug-in ontwikkeld door Xsens Technologies BV. Functionaliteit kan aan een project worden toegevoegd aan de hand van hun C++ API. Het nadeel van C++ is dat dit een complexe programmeertaal is in vergelijking met andere talen. Dit verhoogt de drempel om er als beginner mee te werken. Er kunnen ook *blueprints* worden gecreëerd van bepaalde functionaliteit zodat deze als bouwblokken worden gebruikt in het project. Dit zorgt voor een visuele manier van programmeren, maar voor ons met ervaring in tekstueel programmeren gaat de voorkeur naar niet visuele programmeertalen.

Unity is een populair platform voor spel ontwikkeling [16]. Deze heeft 2 soorten licenties namelijk: individueel en teams. De individuele licentie is gratis te gebruiken voor individuen en kleine bedrijven met minder dan \$100K inkomsten in de afgelopen 12 maanden. De team licentie heeft een vaste kost per maand per persoon die afhankelijk is van het gekozen plan. Gelijkaardig aan Unreal Engine is integratie van de MTw awinda mogelijk met “MVN Live Animation” plug-in die ook is ontwikkeld door Xsens Technologies BV. In de Unity editor worden C# scripts gebruikt om functionaliteit toe te voegen aan een project. In vergelijking met C++ waar Unreal Engine gebruik van maakt, is het minder complex om met C# te programmeren. Daarnaast bestaat er een grote gemeenschap rond Unity met veel hulpbronnen. Deze twee factoren produceren een lage drempel om als beginner met Unity te leren werken.

CRYENGINE is een *open source* spel ontwikkeling platform [17]. Er is een 5% royalty van toepassing na publicatie van een project. De royalty is pas van toepassing na de eerste \$5000 omzet van het jaar. Voor CRYENGINE is er geen bestaande plug-in om de MTw awinda te integreren, wat zou betekenen dat deze zelf geschreven moet worden. CRYENGINE kan zowel C++ als C# gebruiken om functionaliteit te creëren in een project. Daarnaast kunnen scripts geschreven in Lua opgeroepen worden vanuit beide programmeertalen. Deze verscheidenheid aan programmeertalen maakt CRYENGINE toegankelijk voor personen met verschillende programmeer achtergronden. Het nadeel is dat er ten opzichte van Unity een minder grote gemeenschap rond CRYENGINE is.

Wij hebben de keuze van platformen beperkt tussen Unity en CRYENGINE vanwege de bestaande plug-ins om de MTw Awinda te integreren. Er is gekozen om met Unity te werken om de omgeving te ontwikkelen. Dit is vanwege de voorkeur naar een niet visuele programmeertaal en de uitgebreide gemeenschap die zorgt voor een lage drempel om met Unity te leren werken.

3 Resultaten en uitvoering

Dit hoofdstuk bespreekt de verschillende stappen voor het bekomen van de virtuele verkeersoefening. Het eerste onderdeel bespreekt de verschillende componenten waaruit de opstelling bestaat en hoe deze is geïntegreerd in Unity. Het tweede onderdeel bespreekt de opbouw van de omgeving, waaronder de uitwerking van de verkeersoefening en de implementatie van interactiviteit. Het laatste onderdeel bespreekt de uitvoering van de verkeersoefening en de feedback die de patiënt krijgt bij succesvolle of gefaalde uitvoering.

3.1 Opstelling en integratie in Unity

De opstelling bestaat uit 2 onderdelen, namelijk de Xsens MTw Awinda voor bewegingsvolging en de VR-bril om de patiënt in de virtuele omgeving te plaatsen. Voor de VR headset is er van twee opties gebruikgemaakt, namelijk de Oculus Quest en de HTC Vive. De Quest is een draadloze VR headset die geen externe computer vereist, terwijl de Vive via kabel is verbonden met een computer die alle rekenkracht moet uitvoeren.

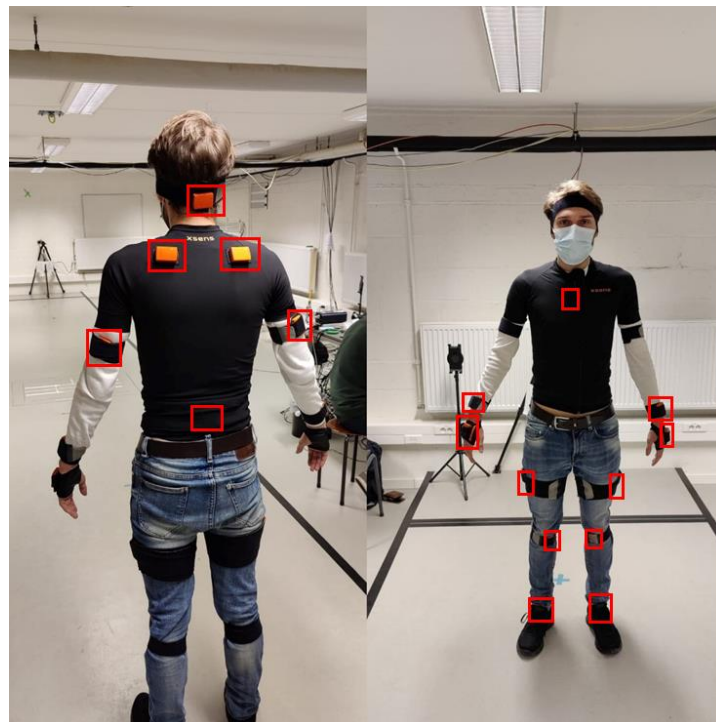
3.1.1 Xsens MTw Awinda

Als bewegingsvolger wordt er gebruik gemaakt van de MTw Awinda die ontwikkeld is door XSens. Deze voorziet draadloze tracking hardware die het lichaam en de bewegingen van de persoon in *real-time* volgt, en waaruit een model gegeneerd kan worden. Een kenmerk van de MTw Awinda is dat het met zijn radioprotocol toelaat om te communiceren via de standaard 2.4GHz ISM band. Dit is de band in het radiospectrum die gereserveerd is voor industriële, wetenschappelijke en medische doeleinden. Dit protocol staat toe dat er in totaal 20 tracker modules synchroon met elkaar in werking kunnen zijn met een vertraging van maximaal 10 μ s.

3.1.2 Opstelling MTw Awinda

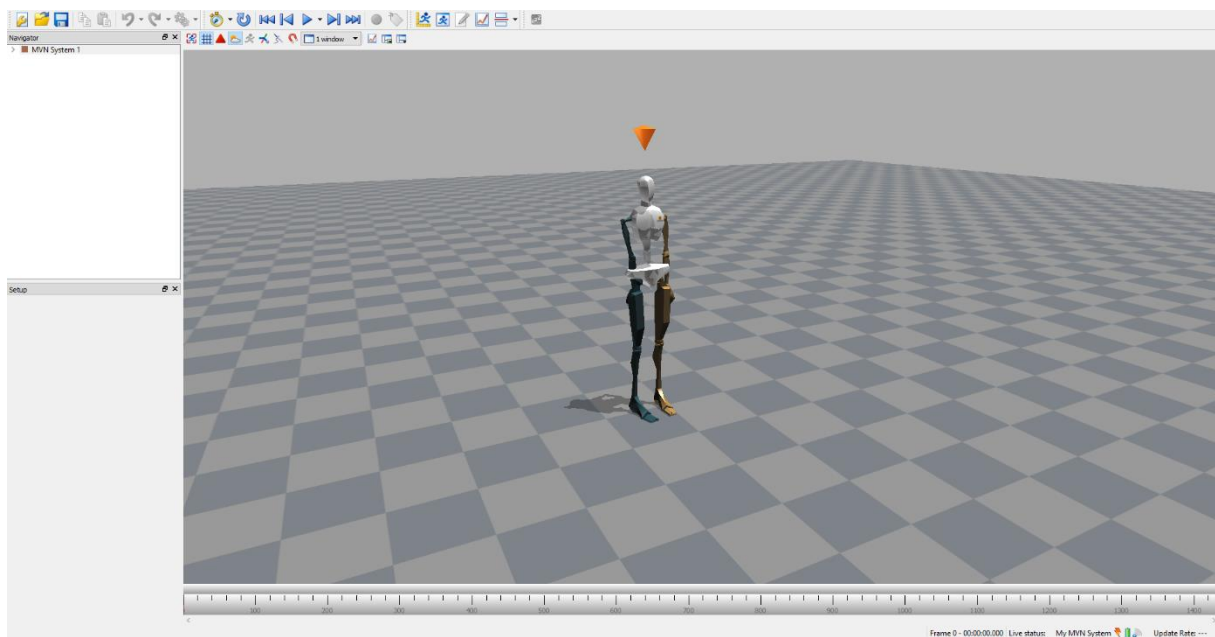
Voordat het pak van XSens gebruikt kan worden, moet deze eerst correct geïnstalleerd en gekalibreerd worden. Dit houdt in dat de gepaste software is geïnstalleerd en dat de gebruikte tracker modules correct in het Awinda Station worden geplaatst. Dit station is een apparaat waarin de verschillende modules met elkaar automatisch gesynchroniseerd worden en dat de ontvangen gegevens van deze modules verwerkt. Voor de software is MVN studio vereist. Dit is het programma dat de verwerkte gegevens van het Awinda Station kan uitlezen. Vervolgens moeten ook bepaalde afmetingen van de persoon die het pak gaat dragen, opgenomen worden. Dit zijn: de lengte, voetgrootte, spanwijdte van de arm, enkelhoogte, heuphoogte, heupbreedte, kniehoogte, schouderhoogte en als laatste de hoogte van de schoenzool.

Eens deze gegevens zijn ingegeven in de software, kunnen de trackers op de persoon geplaatst worden. In totaal zijn er 17 trackers die moeten geplaatst worden: 2 voor iedere arm, 2 voor ieder been, 1 op elke schouder, 1 voor elke voet, 1 voor elke hand, 1 op de borst, 1 op de onderrug en ten laatste 1 voor het hoofd (Figuur 1).



Figuur 1: Plaatsen van trackers

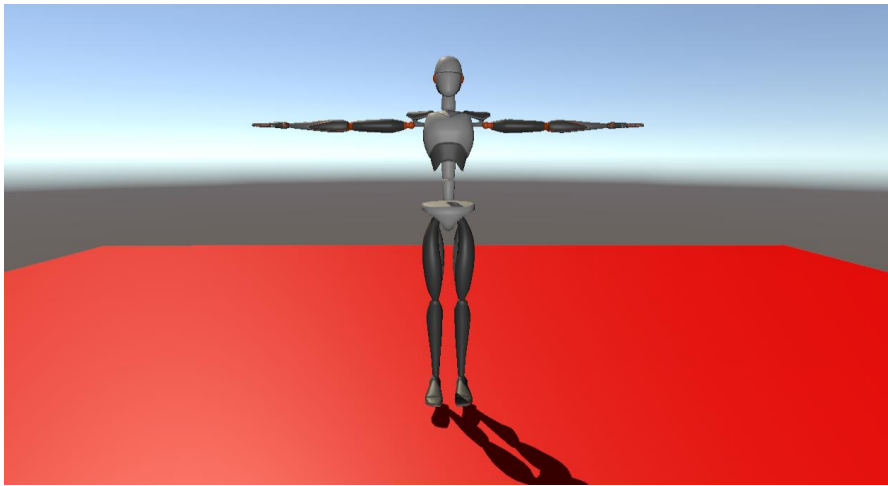
Om de setup uiteindelijk te voltooien moeten de trackers gekalibreerd worden. Dit wordt gedaan aan de hand van een zogenaamde T-pose, armen horizontaal uitgestrekt, ofwel ook met een N-pose, armen neutraal naast het lichaam. Bij ons bleek een N-pose betere kalibratieresultaten te geven. Dit kwam doordat na het uitvoeren van een kalibratie met een T-pose, de bewegingen van het gegenereerde model niet overeenkwamen met de bewegingen die de persoon aan het uitvoeren was, terwijl dit probleem zich niet voor deed bij het gebruiken van een N-pose. Vervolgens is deze laatste genoemde steeds verder gebruikt voor volgende kalibraties. Nadat de N-pose is aangenomen, moet de persoon een stukje naar voren wandelen en vervolgens terugkeren naar de positie waar men gestart is. Als deze kalibratie goed is uitgevoerd, zal de setup voltooid zijn en is een voorbeeld van de lichaamsbewegingen zichtbaar in MVN studio (Figuur 2).



Figuur 2: Avatar in MVN studio bij geslaagde setup

3.1.3 Integratie MTw Awinda in Unity

Om de data van de MTw Awinda uiteindelijk in Unity te verkrijgen, is er gebruik gemaakt van een door Xsens ontworpen plug-in in het Unity platform zelf. We kunnen namelijk vanuit MVN Studio data versturen via een lokaal netwerk met behulp van de ingebouwde netwerk *streamer*. Eens deze streamer correct is opgezet, kan de verstuurd data met behulp van de plug-in in Unity worden ontvangen. Deze data wordt verder gelinkt aan een avatar in Unity (Figuur 3), die dan al de bewegingen van het model in MVN Studio zal volgen.



Figuur 3: Vooraanzicht van de avatar in Unity

Het nuttige hierbij is dat MVN Studio het mogelijk maakt om de bewegingen op te nemen en later opnieuw af te spelen. Bijgevolg kan deze opgenomen data verstuurd worden naar Unity. Dit laat ons toe om deze opgenomen data te testen in Unity zonder nood te hebben aan de volledige setup van de XSens, zodat we hier thuis ook aan kunnen verder werken.

3.1.4 Virtuele realiteit perspectief

Met de Xsens geïntegreerd in Unity, is de volgende stap om virtuele realiteit toe te voegen aan het project. De Oculus Quest en HTC Vive zijn ontwikkeld door twee verschillende bedrijven, waardoor het instellen van het project verschillend is. Om voor de Oculus Quest te ontwikkelen in Unity wordt de Oculus Integration plug-in gebruikt. Aangezien de Oculus Quest een Android besturingssysteem gebruikt, wordt het project ook gecompileerd voor het Android platform. De ontwikkeling van de HTC Vive verloopt via de SteamVR plug-in. Deze versie compileert voor het Windows besturingssysteem.

De Oculus Integration plug-in heeft een component genaamd “OVRCameraRig” dat eenvoudig een beeld in de VR headset toevoegt. De SteamVR plug-in heeft een gelijkaardige component genaamd “[CameraRig]”. Standaard staat deze camera vast op één punt. Het script genaamd “Calibration” positioneert de camera relatief ten opzichte van het hoofd van de avatar. Dit script beschikt over de functionaliteit om meerdere perspectieven te creëren. Standaard is een eerste persoons-perspectief in effect dat de gebruiker kan wisselen naar een derde persoons-perspectief.

Het eerste persoons-perspectief geeft een realistische weergave van het lichaam in virtuele realiteit. Hierbij is de camera geplaatst aan de ogen van het hoofd. Om deze verplaatsing te realiseren wordt ten eerste een vector in het sagittale vlak gecreëerd die de verplaatsing van het midden van het hoofd naar de ogen voorstelt. Op deze vector is vervolgens de rotatie van het hoofd toegepast. Ten slotte wordt de positie van de camera verzet naar de som van de hoofdpositie en de gecreëerde vector.

Een derde persoons-perspectief is geïmplementeerd zodat de persoon zijn eigen bewegingen kan zien. Dit kan in het voordeel zijn van neglect patiënten die bewegingen verkeerd uitvoeren, zonder dat ze dit zelf weten. De implementatie is gelijkaardig aan die van het eerste persoons-perspectief waarbij een vector in het sagittale vlak de verplaatsing van het midden van het hoofd naar een positie achter het hoofd voorstelt. Deze wordt echter enkel een rotatie rond de longitudinale as meegegeven. Dit creëert het effect dat de camera altijd op dezelfde hoogte is en geeft het gevoel dat de persoon achter zichzelf wandelt.

3.2 Opbouw van de virtuele omgeving

De omgeving bestaat uit visuele stimulaties voor zowel de linkerkant van het zicht als de rechterkant. Voor deze oefening is de uitwerking van een verkeerssituatie gekozen waarbij de patiënt een straat moet oversteken. Deze keuze is gemaakt omdat het een alledaagse situatie is die gevaarlijk kan zijn om op een echte straat uit te voeren. Zo kan bijvoorbeeld de patiënt een straat willen oversteken, maar als deze een auto niet gezien heeft, kan dit een botsing veroorzaken en fatale gevolgen hebben. Daarnaast bevat een verkeerssituatie een verscheidenheid aan moeilijkheidsgraden namelijk, de snelheid en het aantal van de voertuigen, de aanwezigheid van fietsers, de aanwezigheid van verkeerslichten, enzovoort.

3.2.1 Omgeving

De omgeving is ontworpen in de Unity editor en de modellen zijn verkregen uit de Unity asset store. Om de omgeving realistisch te laten overkomen is er aan één kant van de weg een park gecreëerd en zijn aan de andere kant huizen gezet (Figuur 4). Er zijn twee versies van deze omgeving uitgewerkt. Versie 1 is uitgewerkt met verkeerslichten. In versie 2 zijn de verkeerslichten weggelaten en zijn fietspaden met fietsers toegevoegd. Versie 1 is origineel gecreëerd waarop aanpassingen zijn gedaan om versie 2 te bekomen.

Als basis van versie 1 is er gebruik gemaakt van een voorgebouwde weg met gebouwen aan één zijde (Figuur 4). In het midden van de weg ligt een zebrapad waar de patiënt kan oversteken. Naast dit zebrapad zijn verkeerslichten geplaatst zodat de patiënt kan zien of hij/zij mag oversteken. Op de weg zijn twee auto's geplaatst die het verkeer op de weg voorstellen.

Aan de tweede zijde van de weg is een park ontworpen. Hierin is een pad met zitbanken aangelegd dat naar een fontein gaat. In de omliggende omgeving is een verscheidenheid aan bomen en struiken geplaatst om het gevoel van een echt park te creëren. Aan de park-kant van de weg wordt de avatar van de XSens geplaatst, waar de patiënt de oefening begint.



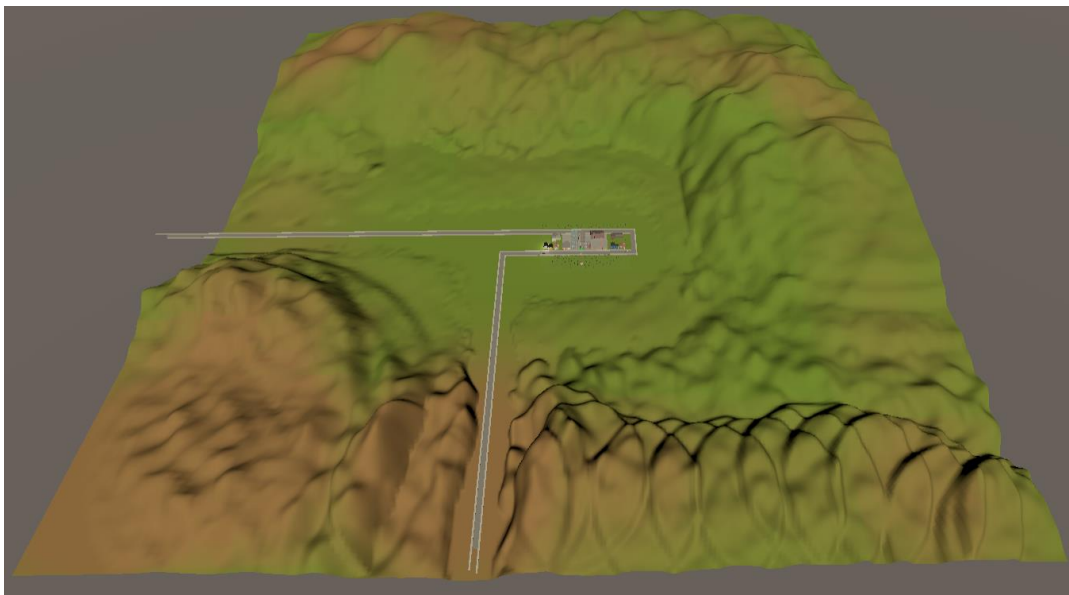
Figuur 4: Omgeving verkeerslichten in Unity

Deze basis is verder uitgebreid om een realistischer gevoel te geven. Achter de bestaande gebouwen is er een variatie aan gebouwen en een straat aangelegd om de lege ruimte die zichtbaar is tussen de gebouwen te verminderen (Figuur 5). Daarnaast creëert dit een steegjeseffect tussen de twee appartementsgebouwen die tegenover het startpunt liggen. Aan het einde van dit steegje is ook een aanplakbord toegevoegd wat deze lege ruimte nog extra verbergt.



Figuur 5: Uitgebreidere omgeving verkeerslichten

De uitgebreide verkeerssituatie verbetert de lege ruimte op korte afstanden, maar geeft de indruk dat de omgeving stopt buiten dit klein gebied. Een terrein met bergen en verlengde wegen verbergen de lege ruimte voor langere afstanden (Figuur 6).



Figuur 6: Omgeving verkeerslichten met bergen

Versie 2 van de omgeving heeft als doel een moeilijkere situatie te creëren om aan te tonen dat een gelijkaardige oefening op verschillende moeilijkheidsgraden kan geïmplementeerd worden. In de eerste versie weet de patiënt dat hij kan oversteken wanneer het voetgangerslicht groen is. Door de verkeerslichten weg te halen, is het aan de patiënt zelf om te bepalen of het al dan niet veilig is om over te steken. De toevoeging van een fietspad met fietsers zorgt eveneens voor een extra variabele waar de patiënt op moet letten (Figuur 7).



Figuur 7: Omgeving met fietspaden

3.2.2 Verkeer

Om een patiënt het oversteken van een straat te laten oefenen, is er een interactieve omgeving nodig. Beide omgevingen beschikken over auto's die over de weg rijden. Voor de situatie met verkeerslichten betekent dit ook dat de auto's stoppen wanneer het licht rood is. Daarnaast heeft de omgeving met fietspaden een bijkomende nood voor fietsers die hierop rijden.

3.2.2.1 Omgeving met verkeerslichten

Om de oversteekplaats interactief te maken zijn er verschillende componenten vereist, namelijk auto's die over de straat rijden, een zebrapad en verkeerslichten die de auto's laten stoppen. De functionaliteit van deze componenten is gecreëerd met behulp van scripts in de Unity editor. Een overkoepelend script genaamd "TrafficLightsManager" is gecreëerd om de individuele componenten aan te sturen. De werking van dit script komt verder in deze paragraaf aan bod.

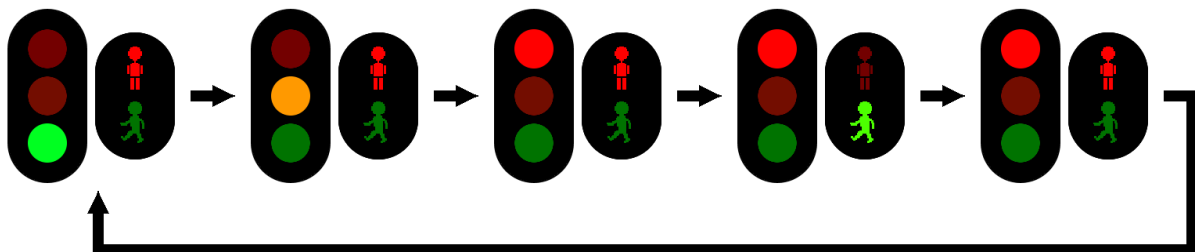
Een auto moet zich van één uiteinde van de weg naar het andere uiteinde van de weg verplaatsen. Aangezien in onze opstelling een rechte weg is gebruikt, krijgt de auto een eindpunt meegegeven waar hij met een bepaalde snelheid naartoe rijdt. Wanneer het verkeerslicht oranje of rood is moet de auto stoppen voor het verkeerslicht. Hiervoor wordt een tussenpunt meegegeven waar de auto zal stoppen. Om dit realistischer over te laten komen wordt een 'SmoothDamp' functie gebruikt voor de afremming van de auto. Eenmaal de auto het einde van de weg heeft bereikt, wordt deze hergebruikt en terug aan het begin van de weg geplaatst.

Er zijn twee soorten verkeerslichten gebruikt, namelijk die voor de voetgangers en die voor de auto's. Ze werken met hetzelfde basisprincipe dat ze van kleur moeten veranderen wanneer het "TrafficLightsManager" script hierom vraagt. Doordat deze uit verschillende *asset packs* komen, moesten ze verschillend worden aangestuurd.

Voor de voetgangerslichten worden *shaders* gebruikt om de kleur aan te passen. Dit is een script dat, afhankelijk van de lichtinval en het materiaal, de berekeningen doet om de kleur van elke pixel te bepalen. De shader van elke lamp wordt vervangen naar een aan-shader of een uit-shader. Bij de auto-verkeerslichten worden emissie kleuren gebruikt en wordt de emissie aan of uitgeschakeld.

De verkeerslichten kunnen op twee manieren bestuurd worden, namelijk volledig automatisch of met een knop die de patiënt kan indrukken om de auto's te laten stoppen. Voor de tweede optie wordt, met behulp van collisies (zie volgende paragraaf) een knop gecreëerd die het "TrafficLightsManager" script laat weten wanneer er op gedrukt wordt. Daarnaast verandert deze van kleur om aan te geven aan de patiënt dat hij is ingedrukt.

Alle voorgaande componenten worden in het overkoepelend "TrafficLightsManager" script samengebracht. Voor de aansturing van het verkeer wordt met verschillende toestanden (Figuur 8) gewerkt die in sequentiële volgorde worden uitgevoerd, namelijk verkeer groen, verkeer oranje, alles rood, voetgangers groen en alles rood. Tussen elke toestand wordt een verschillende tijdsperiode voorzien. Bij volledig automatische aansturing van de verkeerslichten worden deze toestanden constant doorlopen. Als er gekozen is om met de voetgangersknop te werken, dan staan de lichten in de eerste toestand tot er op deze knop wordt gedrukt. De toestanden worden dan één keer overlopen waarna ze terug in de eerste toestand blijven staan.



Figuur 8: Flowchart van verkeerslicht toestanden

3.2.2.2 *Omgeving met fietspaden*

Ten opzichte van de omgeving met verkeerslichten, heeft de omgeving met fietspaden geen nood dat de auto's stoppen voor een verkeerslicht. Hierdoor bestaat het verkeer van deze omgeving uit een script genaamd "VehicleController" voor de besturing van individuele auto's en fietsers en een script genaamd "TrafficManager" dat deze voertuigen beheert.

Voor het besturen van een individueel voertuig is, gelijkaardig aan de omgeving met verkeerslichten, gebruik gemaakt van een eindpunt waar het voertuig met een bepaalde snelheid naartoe rijdt. Eenmaal dit eindpunt is bereikt zal deze hier blijven stilstaan. Deze functionaliteit is geïmplementeerd in het "VehicleController" script.

Het "TrafficManager" script plaatst nieuwe voertuigen op de weg en verwijdert deze eenmaal ze hun eindpunt bereiken. Om realistischer verkeer te verkrijgen worden er meerdere auto's en fietsers op de weg geplaatst met een willekeurige afstand tussen twee voertuigen. Deze auto's worden in een lijst bijgehouden waardoor het script kan bijhouden welke auto's hun eindpunt hebben bereikt en deze dan verwijderen. Daarnaast geeft dit het script de mogelijkheid om al het verkeer te pauzeren.

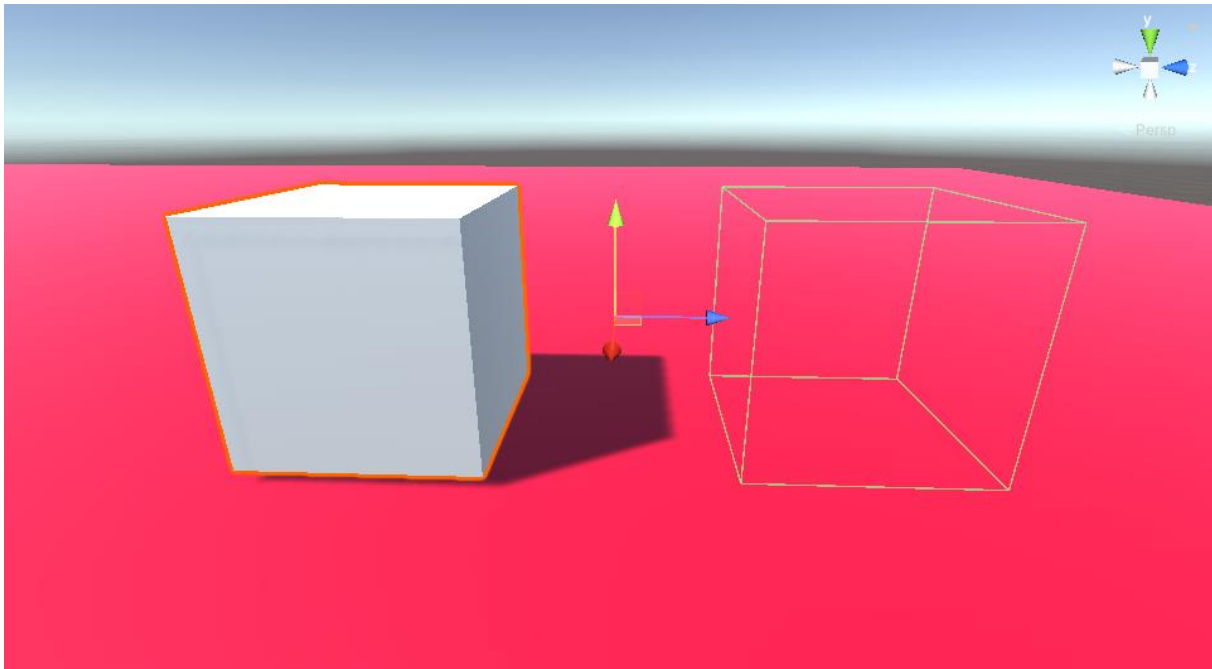
Bij het plaatsen van een voertuig op de weg of het fietspad bevestigt het "TrafficManager" script verschillende componenten aan het voertuig, namelijk het "VehicleController" script, het collision-detectiescript, een *box collider* en een *rigidbody*. Het "VehicleController" script zorgt, zoals eerder uitgelegd, dat de auto rijdt. Het collision-detectiescript, de *box collider* en de *rigidbody* zorgen er samen voor dat een collision met de patiënt gedetecteerd wordt. Het collision-detectiescript pauzeert de verkeersoefening en speelt een remgeluid af wanneer de *box collider* een collision detecteert. De werking van (box) colliders en rigidbodies is verder uitgelegd in de volgende paragraaf.

3.2.3 *Collisies in Unity*

Om onze omgeving zo realistisch mogelijk over te laten komen voor de patiënt, is het belangrijk dat iemand in onze virtuele omgeving kan rond bewegen en kan interageren met objecten zoals dat ook in de werkelijke wereld zal gebeuren. Gelukkig maakt het Unity-platform het makkelijk om dit te realiseren.

Ten eerste zullen we aan de avatar een rigidbody component toevoegen. Dit houdt in dat ons object, namelijk de avatar, meteen zal reageren volgens de fundamentele natuurkrachten. Meer specifiek kan er aan de avatar een massa worden toegekend, waardoor deze vervolgens ook beïnvloed wordt door de zwaartekracht of ook moment- en duwkrachten wanneer deze in contact komt met andere objecten. Dit wordt allemaal behandeld door de *game-engine*, zonder zelf code te hoeven schrijven [18].

Om te voorzien dat botsingen kunnen gebeuren, moeten de objecten nog voorzien worden van een collider. In principe zijn dit onzichtbare componenten, die de vorm van een object definiëren die instaat voor de fysieke botsingen tussen objecten. Figuur 9 geeft als voorbeeld een kubus met zijn overeenkomstige collider ernaast geplaatst voor de duidelijkheid. Wanneer een collider van een object in aanraking komt met een andere collider van een ander object, zal de game engine de botsing simuleren zoals die ook zou gebeuren in de werkelijke wereld.



Figuur 9: Kubus object (wit) met box collider (groen) ernaast geplaatst

Er bestaan verschillende soorten colliders die allemaal een andere vorm hebben. Een ruwe benadering van de vorm meestal al voldoende en onder andere ook het meest efficiënt. Het is bijgevolg ook niet noodzakelijk dat deze colliders steeds dezelfde vorm hebben als het object waaraan ze toegekend zijn. Dit houdt in dat simpele, of zoals in Unity vermeld primitieve, colliders het minste rekenkracht vergen van de processor. Primitieve colliders zijn diegene die de meest simpele vorm hebben, met name een box collider, een bolvormige collider en een capsule vormige collider [19].

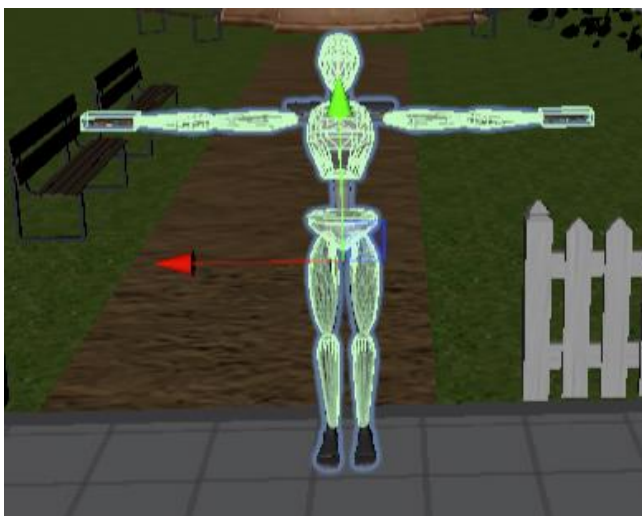
Voor de avatar is er gewerkt geweest met *mesh* colliders. Dit zijn colliders die zeer specifieke vormen kunnen hebben en dus ook meer intensief voor de processor is.

De gebruikte avatar bestaat onder andere uit verschillende meshes. Dit zijn 3D modellen die de vorm en structuur van een werkelijke persoon zullen nabootsen. Figuur 10 toont de aparte mesh van het hoofd, de meshes van het linker onderbeen en voet samen en de meshes van de volledige avatar samen.



Figuur 10: De verschillende meshes van de avatar (a) Hoofd; (b) Linker onderbeen + voet; (c) Volledige avatar

Er is hiervoor gekozen omdat het belangrijk is om pas interactie te voorzien eens de avatar ook daadwerkelijk in contact met iets zal komen en bijvoorbeeld niet dat er al iets zou gebeuren als deze nog enkele centimeters van elkaar verwijderd zijn. De moeilijkheidsgraad zat er echter in dat onze avatar zich zal bewegen en bijgevolg ook roteren in de omgeving en onze colliders deze bewegingen ook mee moeten volgen. Dit is opgelost door aan verschillende *child*-objecten, waaruit onze avatar is opgebouwd, onzichtbare objecten toe te kennen. In deze nieuwe objecten wordt dan telkens een nieuwe mesh collider toegevoegd en in deze collider kennen we dan telkens de gepaste mesh toe die kan gehaald worden uit de avatar van de Xsens plug-in. Aangezien de colliders onzichtbaar zijn tijdens uitvoering van een oefening zijn deze visueel gerepresenteerd in Figuur 11. In principe kan dit toegepast worden op elk object van onze avatar, maar aangezien het dan gaat over 60 verschillende colliders is het enkel toegepast op de in onze ogen belangrijkste delen, namelijk het hoofd, de armen, het torso, de pelvis en de benen (Figuur 11). Daarnaast hebben we op de handen een box collider geplaatst aangezien de vingers niet specifiek getracted worden door de XSens. Deze box collider zorgt ervoor dat in plaats van de specifieke componenten van de vingers collisie hebben, deze nagebootst wordt door een box die rond de handen zit zoals zichtbaar in Figuur 11.



Figuur 11: Colliders zichtbaar op avatar

3.3 *Uitvoering van de verkeersoefening*

Opdat onze virtuele oefening de patiënt kan helpen, is het natuurlijk ook belangrijk om feedback te geven wanneer ze ofwel iets verkeerd hebben gedaan of wanneer ze de oefening succesvol hebben uitgevoerd. Deze feedback bestaat uit drie sensorische modaliteiten, namelijk visuele, auditieve en haptische componenten. Naast feedback moet er ook een stimulerende factor aanwezig zijn om de patiënt zijn motivatie te behouden. Dit is gerealiseerd met behulp van een puntensysteem.

De detectie van een botsing is geïmplementeerd met behulp van collisies. Voor de auto's is er gekozen voor een rechthoekige collider. Dit omdat een specifieke mesh collider zoals bij de avatar weinig extra voordelen met zich meebrengt. Eens dus de rechthoekige collider van een bepaalde auto in contact komt met de mesh collider van de avatar wordt de oefening gepauzeerd en wordt er feedback gegeven. Deze feedback maakt gebruik van de drie sensorische modaliteiten om dit over te brengen op de patiënt. Ten eerste bestaat de auditieve component uit het geluid van een remmende auto. Vervolgens is de haptische component gerealiseerd door de controllers van de VR headset te laten trillen. Ten laatste bestaat de visuele component uit twee delen, namelijk een pijl die naar de plaats van botsing wijst en de score die tevoorschijn komt in rode tekst. Na de uitvoering van de oefening kan de persoon vrij rondkijken waar de botsing gebeurde.

Om aan te geven dat de avatar de overkant succesvol heeft bereikt, wordt een gelijkaardig model gebruikt. Het zal echter gaan over een bepaalde zone die aan de andere kant van de straat ligt, die de avatar moet bereiken om de oefening succesvol uitgevoerd te hebben. Dit is opnieuw geïmplementeerd met behulp van collisies. Zo is er een rechthoekig platform met een andere kleur aan de overkant aangelegd. Vervolgens is de collider van dit platform verplaatst zodat deze enkele centimeters boven de grond uitkomt. Dit zodat wanneer de avatar op het rechthoekig platform komt te staan, er opnieuw feedback wordt gegeven. Gelijkaardig als bij een botsing, bestaat de auditieve feedback hier uit een fanfare die een triomfantelijk geluid spelen. Voor de haptische feedback wordt opnieuw een trilling op de controllers gezet, maar met een andere frequentie. Ten laatste bestaat de visuele component uit de score die tevoorschijn komt in groene tekst.

4 Beperkingen en toekomst perspectieven

Deze masterproef heeft gefocust op de technische aspecten rond het implementeren van de visualisatie van het lichaam en de verkeersoefening. Dit vormt een fundamentele basis voor verder onderzoek naar implementatie in het klinisch werkveld.

Een belangrijk aspect voor verder onderzoek is gebruiksvriendelijkheid. Een ideaal systeem heeft een minimale voorbereiding nodig en vereist geen voorkennis voor ingebruikname. Zo is er nood aan een gebruiksvriendelijke interface. In de huidige stand van de applicatie worden verschillende parameters in Unity veranderd voor bijvoorbeeld wijzigingen van oefening of van de moeilijkheidsgraad. Een eerste mogelijke stap is het uitwerken van een interface in virtuele realiteit waar de patiënt of therapeut deze parameters kunnen wijzigen. Een volgende stap is om deze parameters te kunnen wijzigen vanuit een externe plaats, zoals op een computer. Dit vermijdt dat de therapeut de VR bril moet opzetten voor het wijzigen van parameters.

Een ander onderdeel in verband met gebruiksvriendelijkheid is onderzoek naar mogelijkheden in bewegingsvolging. In deze masterproef is de Xsens MTw Awinda gebruikt vanwege beschikbaarheid, maar heeft verschillende gebreken. Ten eerste neemt het plaatsen van de sensoren kostbare tijd in beslag, zelfs als je vertrouwd bent met het systeem. Daarnaast kan de kalibratie enkel gebeuren door middel van een T- of N-pose. Deze poses zijn ingewikkeld of onmogelijk om aan te houden voor patiënten met motorieke stoornissen of andere blessures. Een mogelijk alternatief is de DepthAI OAK-D dat de mogelijkheid heeft om bewegingen te volgen via ingebouwde camera's. Dit systeem vereist geen kalibratie, wat dit ideaal maakt voor een gebruiksvriendelijke ervaring zonder extra tijdsverlies in voorbereiding.

Een ander aspect voor verder onderzoek is extra functionaliteit in het voordeel van de patiënt. Een eerste post is het opnemen van de bewegingen en de mogelijkheid om de oefening opnieuw af te spelen. Tijdens de oefening staat de focus van de patiënt op het succesvol uitvoeren van de oefening. Als de oefening opnieuw afgespeeld kan worden, dan kan de patiënt zich focussen op welke aspecten goed of slecht lopen. Een mogelijke implementatie voor de MTw awinda is om de bewegingen via MVN Studio op te nemen en achteraf af te spelen. Dit is een eenvoudige manier van opnemen, maar vereist communicatie tussen het project en MVN studio om dit in een gebruiksvriendelijke manier te implementeren. Een andere optie voor de MTw awinda is het opnemen in Unity van de netwerkstream die MVN Studio over het lokaal netwerk verstuurd. Deze stream kan dan achteraf terug gestuurd worden naar het script dat de animatie voorziet.

5 Discussie en conclusie

In dit onderzoek is gezocht naar een oplossing op de vraag: “Hoe kan het menselijk lichaam worden gevisualiseerd in virtuele realiteit, ten voordele van personen na een beroerte?” waarbij de focus is gelegd op personen met neglect symptomen. Hiervoor is een VR-applicatie uitgewerkt met twee verkeerssituaties als oefeningen waarbij het lichaam weergegeven wordt.

Uit het onderzoek naar huidige platformen om een spel op te implementeren is gebleken dat Unity een beginnersvriendelijke omgeving is met een uitgebreide gemeenschap. Op dit platform is de omgeving uitgewerkt die bestaat uit een verkeersoefening. Een verkeerssituatie maakt een risicovolle activiteit die in het dagelijkse leven voorkomt, veiliger om te oefenen met een verscheidenheid aan moeilijkheidsgraden. Zo heeft versie 1 een verkeerslicht waarbij de auto's stoppen, wat tot een veilige oversteek leidt. In versie 2 is gebruikgemaakt van een fietspad, waardoor de persoon moet uitkijken of er een auto of fietser aankomt. Verder kan de hoeveelheid aan auto's en fietsers gevarieerd worden om meer variatie in moeilijkheden te creëren.

Een VR-bril plaats de patiënt in de virtuele omgeving. De Oculus Quest is een draadloze VR-bril die het spel op zijn Android besturingssysteem uitvoert. Een eerste persoonsperspectief is gerealiseerd door de camera in Unity voor de ogen van de avatar te plaatsen.

Na een beroerte heeft de persoon niet altijd door welke bewegingen hij verkeerd maakt. Een hulpmiddel hiervoor is om, naast het standaard zicht door de ogen, ook een perspectief op afstand te kunnen tonen. De camera is in dit geval op ooghoogte geplaatst achter de persoon. Dit geeft de persoon het gevoel dat deze achter zichzelf is aan het wandelen.

De Xsens Mtw Awind is gebruikt om de bewegingen van een persoon te volgen. Deze is geïmplementeerd met behulp van een Unity plug-in die over een lokale internetverbinding de bewegingsdata ontvangt. In het geval van de Oculus Quest kan deze over een wifi verbinding gebeuren, wat tot gevolg heeft dat deze VR-bril volledig draadloos werkt.

Voortgaand op dit project dient nog verder onderzoek te gebeuren en uitbreidingen worden gemaakt ter vergemakkelijking van de integratie in het klinisch werkveld. Dit vereist uitwerking van een gebruiksvriendelijke interface. Hierbij moet rekening gehouden worden met de noden van patiënten.

Referentielijst

- [1] „Cerebrovasculaire aandoeningen,” STECR, [Online]. Available: https://www.stecr.nl/default.asp?page_id=215&name=Cerebrovasculaire%20aandoeningen. [Geopend 15 Augustus 2021].
- [2] Hartstichting, „Na een beroerte...,” [Online]. Available: <https://www.hartstichting.nl/getmedia/61cfa136-4de1-4b2c-9b39-1c85c316784f/brochure-hartstichting-na-een-beroerte-pz07-nov2019.pdf>. [Geopend 15 Augustus 2021].
- [3] G. Alankus, A. Lazar, M. May en C. Kelleher, „Towards Customizable Games for Stroke Rehabilitation,” in *Therapy and Rehabilitation*, Atlanta, GA, USA, 2010.
- [4] K. M. Heilman, D. Bowers, E. Valenstein en R. T. Watson, „Hemisphere and hemispatial neglect.,” *Advances in Psychology*, vol. 45, pp. 115-150, 1987.
- [5] K. M. Michael, J. K. Allen en M. Richard, „Reduced ambulatory activity after stroke: the role of balance, gait, and cardiovascular fitness,” *Archives of physical medicine and rehabilitation*, vol. 86, nr. 8, pp. 1552-1556, 2005.
- [6] D. Rand, J. J. Eng, P.-F. Tang, J.-S. Jeng en C. Hung, „How active are people with stroke?: use of accelerometers to assess physical activity,” *Stroke*, vol. 40, nr. 1, pp. 163-168, Januari 2008.
- [7] A. Darekar, B. J. McFadyen, A. Lamontagne en J. Fung, „Efficacy of virtual reality-based intervention on balance and mobility disorders post-stroke: a scoping review.,” *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, vol. 12, nr. 46, pp. 1-14, 2015.
- [8] P. Chen, M. Pitteri, G. Gillen en H. Ayyala, „ Ask the experts how to treat individuals with spatial neglect: a survey study.,” *Disability and rehabilitation*, vol. 40, nr. 22, pp. 2677-2691, 2018.
- [9] H. Huygelier, B. Schraepen, C. Lafosse en N. Vaes, „An immersive virtual reality game to train spatial attention orientation after stroke: A feasibility study,” *Applied Neuropsychology: Adult*, pp. 1-21, 2020.
- [10] M. Perizzini, G. Fabio, S. Cavallaro en M. Pellicciari, „Using virtual manufacturing to design human-centric factories: an industrial case.,” *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, pp. 1-15, 2021.
- [11] „Mtw Awinda,” XSens Technologies, [Online]. Available: <https://www.xsens.com/products/mtw-awinda>. [Geopend 19 Mei 2021].
- [12] M. Paulich, M. Schepers, N. Rudigkeit en G. Bellusci, „Xsens MTw Awinda: Miniature Wireless Inertial-Magnetic Motion Tracker for Highly Accurate 3D Kinematic Applications,” XSens Technologies, Enschede, 2018.
- [13] „TESLASUIT,” VR Electronics Ltd, [Online]. Available: <https://teslasuit.io/the-suit/>. [Geopend 19 Mei 2021].

- [14] „DepthAI OAK-D (LUX-D) with Onboard Cameras and Enclosure (USB3C),” Luxonis, [Online]. Available: <https://shop.luxonis.com/collections/all/products/1098obcenclosure>. [Geopend 19 Mei 2021].
- [15] „Unreal Engine,” Epic Games, [Online]. Available: <https://www.unrealengine.com/en-US/>. [Geopend 19 Mei 2021].
- [16] „Unity Real-Time Development Platform,” Unity Technologies, [Online]. Available: <https://unity.com/>. [Geopend 19 Mei 2021].
- [17] „CRYENGINE,” Crytek GmbH, [Online]. Available: <https://www.cryengine.com/>. [Geopend 19 Mei 2021].
- [18] „Unity - Manual: Rigidbody,” Unity Technologies, 06 Augustus 2021. [Online]. Available: <https://docs.unity3d.com/Manual/class-Rigidbody.html>.
- [19] „Unity - Manual: Colliders,” Unity Technologies, 6 Augustus 2021. [Online]. Available: <https://docs.unity3d.com/Manual/CollidersOverview.html>.