

EDUCATIEVE MOGELIJKHEDEN VOOR DE MICROSOFT HOLOLENS

Onderzoeksrapport mogelijkheden HoloLens



Wouter Vos
HBO-ICT Game Development
Stagiair
9 februari 2017

Inhoudsopgave

1. Samenvatting.....	2
2. Inleiding.....	3
3. Methode & Technieken.....	3
4. Deskresearch.....	4
4.1 De Microsoft HoloLens.....	4
4.2 Functionaliteiten.....	5
4.3 Ontwikkelen voor de HoloLens.....	9
4.4 Sociaal leren.....	11
5. Conclusie.....	12
6. Bronnenlijst (APA).....	15

1. Samenvatting

Eind maart vorig jaar is de Microsoft HoloLens op de markt gekomen, het veel te bieden, ook in de wereld van educatie. De headset werkt doormiddel door middel van 6 camera's en een light engine. Het is hiermee heel makkelijk om iets te simuleren, een 3D model te maken en bekijken, complexe structuren nabootsen en deze van dichtbij bekijken.

Deze technieken kunnen goed gebruikt worden in het onderwijs. Maar om deze functies te kunnen benutten moeten er applicaties ontwikkelt worden speciaal voor de HoloLens om specifieke situaties na te bootsen om er ook echt van te kunnen leren. Dit kan het beste gedaan worden met Unity en Visual Studio. Unity omdat het de meest toegankelijke engine is op de markt. Visual Studio en de HoloLens werken perfect samen omdat ze allebei van Microsoft zijn.

Nu heeft een school natuurlijk niet het budget om voor elke leerling een HoloLens aan te schaffen en moet hier dus een oplossing voor gezocht worden. Gelukkig heeft de HoloLens een stream functie die gebruikt kan worden om met minimaal 0,5 tot 1 seconde vertraging het beeld wat de gebruiker ziet te streamen naar een scherm wat de hele klas dan kan zien indien nodig.

De Microsoft HoloLens biedt vele mogelijkheden zoals visuele ondersteuning, betere manieren van het vertellen van verhalen, nieuwe vormen van communicatie en het visualiseren van data. Dit kan allemaal in het onderwijs gebruikt worden alleen wordt dit nog niet in het praktijk gedaan.

2. Inleiding

De Microsoft HoloLens, uitgekomen in maart 2016. De eerste compleet draadloze, onafhankelijke holografische computer op de markt. Simpel gezegd, het projecteert beelden over je eigen zicht heen en die zie je dus als hologrammen, wat meer informatie over de wereld om je heen kan geven en het beeld van de ruimte om je heen kan veranderen (Highfield, 2017). Het is dus een augmented-reality (Toegevoegde realiteit of TR (Engels: augmented-reality of AR) is een live, direct of indirect, beeld van de werkelijkheid waaraan elementen worden toegevoegd door een computer) headset. De HoloLens is relevant voor mijn stage bedrijf omdat zij continu opzoek zijn naar nieuwe technieken en mogelijkheden.



3. Methode en Technieken

Om een goed onderzoek te doen heb je vooraf een duidelijk en goed plan nodig. Hoe ga je het aanpakken? Wat wil ik allemaal te weten komen? Ik heb voor dit verslag zoektermen gebruikt zoals: HoloLens, HoloLens classroom en HoloLens education. Hiermee heb ik naar originele bronnen gezocht om in mijn verslag te gebruiken. Deze bronnen zijn genoteerd in APA. Deze methoden en technieken zijn gekozen omdat dit de richtlijnen van het stage verslag van de Hogeschool van Amsterdam zijn en ik vanuit hun deze stage doe. Ook heb ik een hoofdvraag en aantal deelvragen bedacht om in het verslag te beantwoorden en uiteindelijk in de conclusie in het kort te beantwoorden.

Hoofdvraag: Wat voor functionaliteiten heeft de HoloLens en hoe kunnen deze gebruikt worden in het onderwijs?

Deelvragen:

- Welke functionaliteit heeft de Microsoft HoloLens?
- Welke van deze functionaliteit kunnen toegepast en gebruikt worden in het onderwijs?
- Hoe kunnen deze functionaliteiten gebruikt worden in het onderwijs?
- Wordt de HoloLens al gebruikt in het onderwijs?
- Hoe ontwikkel je iets voor de HoloLens?

4. Deskresearch

4.1 De Microsoft HoloLens

De Microsoft HoloLens, uitgekomen in eind maart 2016, is de eerste compleet draadloze, onafhankelijke holografische computer op de markt. Simpel gezegd, het projecteert beelden over je eigen zicht heen en die zie je dus als hologrammen, wat meer informatie over de wereld om je heen kan geven en het beeld van de ruimte om je heen kan veranderen (Highfield, 2017). Het is dus een augmented-reality (Toegevoegde realiteit of TR is een live, direct of indirect, beeld van de werkelijkheid waaraan elementen worden toegevoegd door een computer) headset.



Hoe de headset simpel gezegd werkt: In de headset zitten 2 doorzichtbare holografische lenzen die beelden projecteren doormiddel van de twee high definition “light engines”. Combineer dit met 4 “omgeving begrijpende camera’s”, een diepte camera, een interne meeteenheid unit, en een ambient light sensor. Zo geven zij beelden die reageren op de omgeving. In definitie zijn dit dus eigenlijk geen hologrammen, maar het is heel dicht bij (Highfield, 2017). Door de 4 omgeving



begrijpende camera’s die je omgeving scannen, kan de HoloLens bewegingen registreren en zo het beeld daarop afstellen. Als je dus wegdraait van een object blijft hij staan op zijn originele plaats, waardoor het net echt lijkt alsof hij er staat. Zo worden de beelden dus ‘echt’ 3D gemaakt. In het midden van de headset, boven je ogen zit de diepte camera die je hand, en hand gebaren kan detecteren. Zo wordt de HoloLens dus bestuurd door de gebruiker (Warren, 2016).

Misschien nog wel het indrukwekkendste aan de hardware van de HoloLens is het moederbord omdat hij zo klein is vergeleken met normale moederborden. Ook alle componenten zoals CPU, GPU, flash geheugen, RAM geheugen, Wi-Fi chip en Bluetooth chip zitten hierbij ingegrepen. De HoloLens heeft ook nog een tweede processor genaamd de HPU (HoloLens Processing Unit) die eigenlijk al het zware werk verricht zodat de CPU en GPU kunnen focussen op apps runnen en de hologrammen visualiseren.

De HoloLens heeft zelf een computer aan boord met Windows 10. Dit betekent dat het device los van een computer kan functioneren, wat vele Virtual Reality devices niet hebben (Warren, 2016).

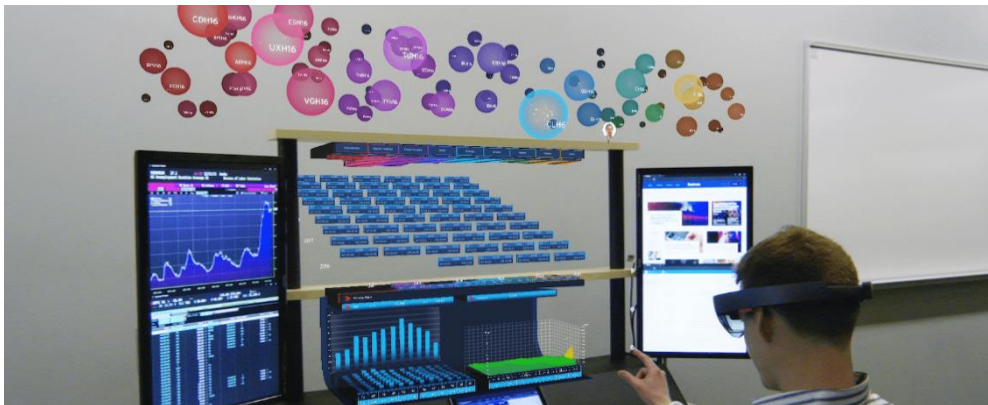
Met deze revolutionaire headset zijn er veel mogelijkheden. Het is nu heel makkelijk om iets te simuleren, een 3D model te maken en te bekijken, complexe structuren na te bootsen en deze van dichtbij te bekijken. Al deze functionaliteit kunnen goed gebruikt worden in het onderwijs, en dat is ook waar dit onderzoek over gaat. In dit onderzoek wordt gekeken naar de functionaliteiten van de Microsoft HoloLens, hoe deze passen in het onderwijs, en of dit ook al gebruikt wordt in het onderwijs.

4.2 Functionaliteiten

De HoloLens heeft veel te bieden, ook in de wereld van educatie. Meerdere artikelen zeggen dat de headset een revolutionair apparaat is wat het onderwijs gaat ondersteunen. Om dit punt te kunnen bewijzen moet er naar de functionaliteiten gekeken van de HoloLens, wat kan de headset allemaal en hoe gaat dat het onderwijs precies ondersteunen. Op de website van Microsoft vermelden ze 6 punten over hun visie over wat de HoloLens kan gaan betekenen voor het onderwijs. Deze punten zijn:

1. Data visualization

Door middel van mixed reality kunnen grote datasets makkelijker begrepen worden en studenten helpen visualisatie te krijgen bij onderwerpen die moeilijk voor te stellen zijn zoals bijvoorbeeld scheikunde of bijvoorbeeld business modellen zoals hieronder is weergegeven.



Voorbeeld visualisatie business model (Kar, 2016)

Een ander voorbeeld is dat je door het te gebruiken van windows 10 apps met de HoloLens beelden kunt streamen naar een virtuele TV in je HoloLens. Een toekomst waar niemand meer een TV heeft, zegt Highfield (2017).

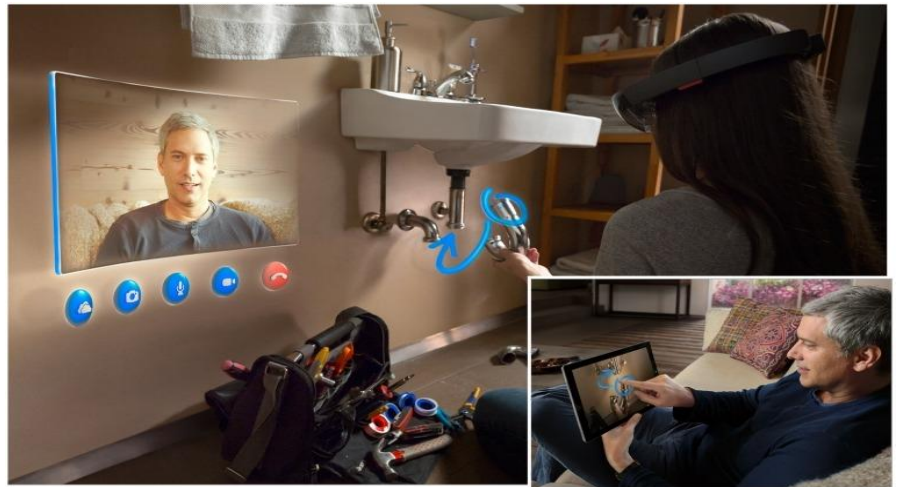
2. Evolution of pedagogy in STEM, medical, and design education

Natuurlijk dient de HoloLens als een hulpmiddel voor het onderwijs. Door dit hulpmiddel kunnen op veel gebieden de leer hiervan gestimuleerd en verbeterd worden. Met beta vakken (STEM in het engels) heb je vaak dat de theorie niet visueel te representeren is. Dit kan problemen veroorzaken bij leerlingen omdat het gewoon moeilijk te visualiseren is. De HoloLens is een perfecte oplossing

hiervoor. Je kan alle bedenkbare situaties simuleren en hierdoor dus wel een beeld generen voor de leerlingen, en omdat het AR is en niet VR wordt je nooit helemaal uit het klaslokaal gehaald.

3. Future of communication and distributed collaboration

Hulp verlening en trainingen kunnen van afstand gegeven worden. Dit is natuurlijk zeer handig als je iets moet uitvoeren waar je geen tot weinig ervaring mee hebt en daar hulp bij nodig hebt. Nu kan je met de HoloLens een verbinding opzetten om zo visueel contact te hebben. Zie de afbeelding hiernaast als voorbeeld (Cassidy, 2015). Een



ander goed voorbeeld is als de stroom uitvalt thuis of op kantoor en er is niemand aanwezig die het op kan lossen. Kan een expert, zonder naar jouw locatie te komen, jou instructies geven terwijl hij of zij meekijkt en visuele beelden en voorbeelden kan laten zien van hoe het opgelost kan worden.

Foto (wsb-solutions, 2016)

4. Interactive art and experimental media

Verhalen vertellen met beelden, nieuwe vormen van artistieke expressies en interactieve journalistiek. Je kan een gevecht nabootsen uit de tweede wereld oorlog, een sabeltand tijger laten zien en zelfs evolutie visueel maken. Met hologrammen kan je het net echt laten lijken alsof Napoleon voor de klas staat en over zijn 10 jaar keizerschap over Frankrijk verteld.

5. Psychology-related topics

Ook kan de HoloLens iets goeds betekenen voor de Artificial Intelligence wereld. Vaak zie je met AI dat iedereen meteen ziet dat het een computer of een robot is. Maar met de HoloLens kan er nu een levens echt person geprojecteerd worden en een gesprek met je aan gaan. Cortana, de ingebouwde AI van Microsoft heft al gesprekken met je en helpt je via voice commands informatie te verzamelen vanaf het internet, apps te openen en settings aan te passen. Nu kan je aan dit persona een beeld geven (wat ze eigenlijk al heeft omdat Cortana van het spel Halo afkomt waar ze ook een AI is een desbetreffende hologram heeft. Ook wordt de menselijke perceptie van de wereld om ons heen verbreed door de mogelijkheden die de HoloLens biedt.



Hologram van een person. (Hachman, 2016)

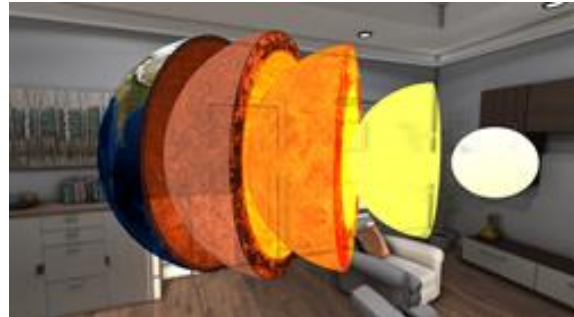
6. Solving difficult problems and contributing new insights that are specific to the applicant's field

Door de visuele mogelijkheden van de HoloLens kunnen moeilijke onderwerpen gevisualiseerd worden en van andere hoeken en kanten bekeken worden. Je kan bijvoorbeeld een cylinder blok hologram neerzetten en op deze inzoomen, uit elkaar halen en op de onderdelen inzoomen.

Dit zijn 6 uitstekende punten die Microsoft noemt. Er zijn vele aspecten in vele onderwerpen op school waarmee de HoloLens kan ondersteunen. Van visuele ondersteuning, hulp van een expert er bijhalen terwijl die thuis aan de koffie zit, naar verschillende karakters tot leven brengen. Vooral het eerste punt komt veel aan bod bij leraren die zich verdiept hebben in de HoloLens dat zie je aan de volgende twee leraren uit Engeland.

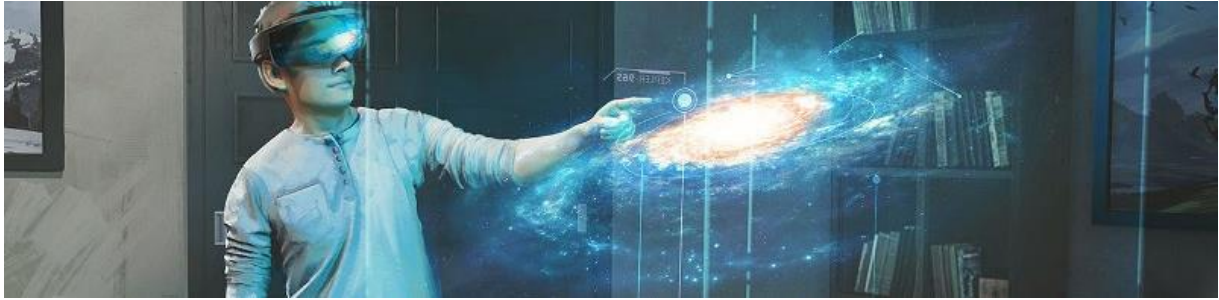
Volgens Mike Tidd Geography teacher, Dorset (Cain, J 2015) is het als aardrijkskunde leraar altijd al moeilijk geweest om verschillende omgevingen zoals een gletsjer, de woestijn of een regenwoud uit te leggen en te laten zien doormiddel van clips en plaatjes. Maar met de Microsoft HoloLens kunnen ze virtuele field trips maken, letterlijk langs een gletsjer lopen, Uitzoeken hoe de wind de woestijn vormt. Echt rondkijken in dit soort omgevingen zal aardrijkskunde tot leven laten komen voor studenten.

Een leraar die dol enthousiast is over wat de HoloLens voor mogelijkheden gaat geven in zijn vak. Bij meerdere vakken op school komt het voor dat stof gewoon moeilijk uit te leggen is, door gebrek aan beeld en visualisatie. Denk hieraan aan scheikunde, waar het zo diep op deeltjes ingaat dat het eigenlijk niet meer te begrijpen is hoe het er nou eigenlijk uit ziet als er twee stoffen samen komen om een nieuwe stof te maken.



geologie app voor de HoloLens (prweb, 2016)

Volgens Adam Speight Computer Science teacher, Cardiff (Cain, J 2015) zal de HoloLens leren tot leven brengen door de mogelijkheid om situaties te visualiseren. In zijn vak heeft hij vaak leerlingen die moeite hebben met het theorie gedeelte, niet omdat ze iets niet begrijpen, maar omdat ze het zich niet voor hun kunnen zien. De HoloLens zal hun de mogelijkheid geven om visueel en kinesthetisch te leren. Ook hier wordt er het voorbeeld gegeven dat met de HoloLens je iets kan visualiseren wat in de praktijk niet mogelijk is en hierdoor het beter te kunnen begrijpen. Hieruit blijkt dat het dus echt als een hulpmiddel kan dienen in het onderwijs en ook zeer effectief kan zijn bij leerlingen die daar moeite mee hebben.



Galaxy Explorer app voor de HoloLens (Torres, 2016)

Naast het tot leven brengen van situaties, biedt de HoloLens ook mogelijkheden om collaboratief leren laten plaats te vinden binnen het klaslokaal. Collaboratief leren is één van de grootste skills die werknemers en de academische wereld willen zien van hun leerlingen en de HoloLens kan hier heel goed bij helpen. Bijvoorbeeld als een leerling een specifiek probleem heeft, kan deze met een HoloLens anders studenten en professionals van buiten erbij halen om hiermee te helpen, zei Adam Speight Computer Science teacher, Cardiff (Cain, J 2015)

Na velen artikelen te hebben gelezen over de educatieve mogelijkheden van de HoloLens heb ik nog geen geval gevonden waar de HoloLens ook daadwerkelijk al gebruikt is in het onderwijs en de ervaringen in artikel vorm gedeeld worden. Als iedereen zo positief erover is, waarom zijn er dan geen gevallen waar het ook daadwerkelijk getest is? Hoogstwaarschijnlijk komt dit door de gelimiteerde beschikbaarheid en de prijs van de HoloLens. Scholen hebben meestal een strikt budget en een device van 3000 dollar is nou niet iets wat daarin past. Ook is de HoloLens eigenlijk een developers device op het moment en dus niet voor commercieel gebruik.

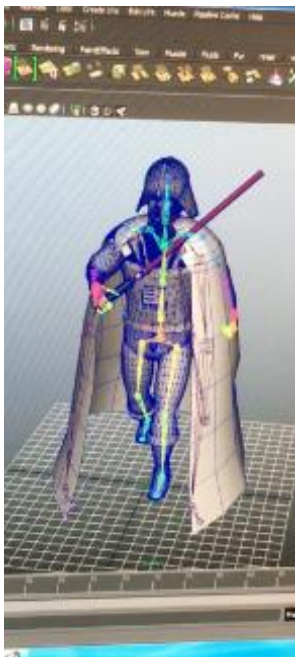
Een aardrijkskunde les over verschuivende aardplaten kan drastisch veranderd worden als er een HoloLens gebruikt kan worden. Omdat dit fenomeen niet in real-time vastgelegd kan worden omdat dit heel langzaam gebeurt en net zo groot is als hele continenten is de HoloLens hier perfect voor. Er kan een simulatie gemaakt worden die dit verkleint en versnelt en zo is het opeens echt. Als hier veel tijd ingestoken wordt kan het ook nog eens levens echt lijken.

Natuurlijk zijn er leerlingen die bij een onderwerp zoals dit zich het meteen voor kunnen stellen, maar er zullen ook leerlingen zijn die het gewoon niet voor hun kunnen zien en precies voor die leerlingen is de HoloLens zo geweldig in de klas.

4.3 Ontwikkelen voor de HoloLens

Als een school dan een HoloLens gekocht heeft moeten er natuurlijk wel applicaties gemaakt worden om hun studies het beste te ondersteunen, deze komen niet inbegrepen bij de headset. Er moet gekeken worden naar wat er precies nodig is en op die basis moet dan een applicatie gemaakt worden die precies de situatie kan simuleren die nodig is.

Tijdens het project Interactive Game Design aan de CART (Center for Advanced Research and Technology) zijn een aantal studenten aan de slag gegaan om met de HoloLens een game te maken om over het maken van digitale content, coderen, 3D games en simulatie te leren. Het resultaat van dit project ziet er als volgt uit:

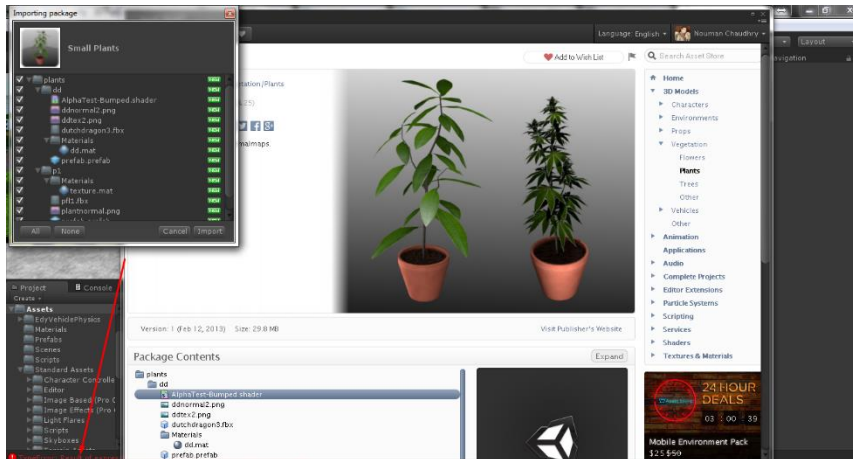


De studenten hebben succesvol gedemonstreerd dat ze de skills hadden om interactieve content te maken in de vorm van een game. (3D modellen maken, texturing, programmeren). Wel werken ze nog aan hun bekwaamheid om effectief gebruik te maken van de HoloLens. Na afloop van het project was het ze gelukt om de game te starten, rond te lopen in de scene, en objecten reageren op de omgeving. Echter zijn de studenten nog steeds bezig om de gebruikers interactie van de HoloLens een wat betere ervaring te laten worden. Nu werkt dat nog een beetje stroef.

(Hodge, 2017)

Twee afbeelding van het project. (Hodge, 2017)

Het moeilijkste deel van het ontwikkelen voor de HoloLens is om goede 3D modellen te krijgen. Vooral als je geen 3D artist bent, of er geen ervaring mee hebt. Om overtuigende hologrammen van goede kwaliteit wilt maken moet je een vorm van 3D skills nodig. Deze skills kunnen uiteraard ook van een ander komen (Klint, 2016). Om een goede app te maken voor de HoloLens zijn 3D model skills dus cruciaal. Als je hier geen ervaring in hebt kun je altijd modellen importeren vanuit de Unity Asset Store. Er zijn mooie gratis modellen te vinden, maar aan de beste modellen met ook animaties hangen een prijsje. Als dit in je budget zit kan je altijd deze modellen gebruiken.



Voorbeeld Unity Asset Store (Nomibuilder, 2014)

Unity is de meest toegankelijke engine die goed samenwerkt met Visual Studio (Integrated development environment, ook wel IDE van Microsoft) en de HoloLens, en daarom gaat deze dus ook verreweg het meeste gebruikt worden voor het ontwikkelen van apps voor de HoloLens. Daarom wordt het sterk aangeraden om Unity en de bijbehorende programmeertaal C# te leren (Klint, 2016).

Unity is zo toegankelijk omdat het een heel veel gebruikte open source 3D engine is. Er wordt veel mee gewerkt en er staat heel veel over online. Van forums waar developers vragen kunnen stellen aan andere developers als ze ergens mee vast lopen, tot tutorial's over hoe je een eigen game bouwt.

Om dit zelf te kunnen doen moet je in Unity een 3D project aanmaken, de camera zo instellen dat deze op de positie 0,0,0 staat in de wereld. Daarna moet de kwaliteit setting op 'snelst' gezet worden, dit wordt gedaan zodat de HoloLens een hoge framerate kan behouden. Daarna moet je bij render settings zorgen dat Virtual Reality Supported (Windows Holographic) aan staat. Daarna moet je het project compileren in een Visual Studio bestand via het Windows Store platform. Nu kan je met het Visual Studio project het programma opstarten via kabel of WiFi op de HoloLens. De uitgebreide uitleg hiervan is te vinden op de officiële developers website van Microsoft en wordt vermeld in de bijlage van dit verslag.

4.4 Sociaal leren

Nu is het ook van noodzaak dat de HoloLens goed gebruikt kan worden. Een school heeft het niet in het budget om voor een hele klas laat staan de hele school een HoloLens te kopen. Er zijn verschillende manieren om het beeld van de HoloLens te streamen (streamen is het afspelen van (internet)content zonder downloaden en/of uploaden) aan de rest van de klas. Zo kan de hele klas precies zien wat het individu met de HoloLens ook kan zien. Op deze manier hoeft een school niet voor iedereen een peperduur apparaat aan te schaffen. Daarnaast kan er op die manier door de hele klas gebruik gemaakt worden van de HoloLens, in plaats van maar 1 iemand, wat bijvoorbeeld het geval is bij een Virtual Reality device.



Beeld van de HoloLens (Hanselman, 2015)

Hiervoor moet natuurlijk wel de juiste techniek gebruikt worden. Als je de ingebouwde stream functie van de HoloLens gebruikt zit er 5 tot 7 seconde achterstand tussen de HoloLens en het beeldscherm waarop het gestreamd wordt. In het artikel van Bandi, 2016 legt hij uit dat je via een aantal simpele stappen een live feed kan opzetten meet minder dan 1 seconde achterstand. Dit wordt gedaan doormiddel van een mobiele hotspot aan te zetten op de pc waar het beeld getoond gaat worden. Zodra de HoloLens op de hotspot aangesloten is moet je de device portal functie gebruiken (ingebouwde stream functie) en kies je de HoloLens om aan te sluiten en ben je klaar om een de hele klas mee te laten kijken. Dit kan natuurlijk eenvoudig opgezet worden door een IT professional van de school zodat de leraar het met een aantal kliks voor elkaar heeft.

Het enige nadeel van deze methode is dat de connectie die je legt tussen de computer en de HoloLens wireless is. Hierdoor kan packet loss (data die niet aankomt door een onstabiele connectie) een probleem veroorzaken doordat er alsnog vertraging is tussen de twee. Na dit getest te hebben is de vertraging tussen de 1 en 0,5 seconde, dit is ideaal om een te gebruiken als je een demo geeft aan een grote groep. Niet iedereen kan hem daadwerkelijk opzetten, maar in ieder geval wel meekijken.

5. Conclusie

Hoofdvraag: Wat voor functionaliteiten heeft de HoloLens en hoe kunnen deze gebruikt worden in het onderwijs?

Deelvragen:

- Welke functionaliteit heeft de Microsoft HoloLens?
- Welke van deze functionaliteit kunnen toegepast en gebruikt worden in het onderwijs?
- Hoe kunnen deze functionaliteiten gebruikt worden in het onderwijs?
- Wordt de HoloLens al gebruikt in het onderwijs?
- Hoe ontwikkelen je iets voor de HoloLens?

Door middel van mixed reality kunnen grote datasets makkelijker begrepen worden en studenten helpen visualisatie te krijgen bij onderwerpen die moeilijk voor te stellen zijn, hulp verlening en trainingen kunnen van afstand gegeven worden, verhalen kunnen verteld worden met beelden die normaal niet gegenereerd konden worden. Ook wordt de menselijke perceptie van de wereld om ons heen verbreed door de mogelijkheden die de HoloLens biedt.

Toch is het raar dat er met deze mogelijkheden in gedachten vanaf 2015 verschillende artikelen geschreven zijn over hoe de HoloLens het onderwijs gaat veranderen en iedereen er zo positief over doet, maar na een jaar na de release er nog steeds geen gevallen zijn geweest waar de headset ook daadwerkelijk gebruikt en getest is in het onderwijs. Het vermoeden is dat de prijs en de versheid van het product hier een factor van kunnen zijn geweest, ook dat het device nog in een developers fase, en dus niet goed toegankelijk is voor de commerciële gebruiker is, kan een reden zijn. Wel zijn er enkele gevallen waarbij de HoloLens gebruikt wordt in het onderwijs, maar niet als hulp tool, maar als apparaat om iets voor te ontwikkelen, wat dus laat zien dat het nog een developers device is. Dit is dus niet het soort gebruik waar er naar gezocht wordt in dit onderzoek.

De beste manier om iets te ontwikkelen voor de HoloLens is om Unity en Visual Studio te gebruiken. Unity is de meest toegankelijke engine die goed samenwerkt met Visual Studio en de HoloLens, en daarom gaat deze dus ook verreweg het meeste gebruikt worden voor het ontwikkelen van apps voor de HoloLens.

Omdat de HoloLens een duur apparaat is en een school niet zomaar een aantal kan kopen is er de optie om het beeld van de gebruiker te live streamen met minimaal een 0.5 tot 1 seconde achterstand. Zo kan de hele klas meekijken indien nodig en zijn er dus niet meerdere nodig.

De HoloLens is nog een redelijk nieuw developers device dat nog niet beschikbaar is voor commercieel gebruik. Er is veel gepraat over de mogelijkheden van de HoloLens in het onderwijs maar daar zijn we nog net niet met het device.

6. Bronnenlijst (APA)

- Highfield, V (2017, Januari). "Microsoft HoloLens release date, price and specs: Your burning HoloLens questions answered." Geraadpleegd op 7 februari 2017, van <http://www.alphr.com/microsoft/microsoft-hololens/1000431/microsoft-hololens-release-date-price-and-specs-your-burning>
- Warren, T (2016, april). "Inside Microsoft's HoloLens" Geraadpleegd op 15 mei 2017, van <https://www.theverge.com/2016/4/6/11376442/microsoft-hololens-holograms-parts-teardown-photos-hands-on>
- Warren, T (2016, augustus). "Microsoft reveals secret HoloLens processor specs" Geraadpleegd op 15 mei 2017, van <https://www.theverge.com/circuitbreaker/2016/8/23/12602516/microsoft-hololens-holographic-processing-unit-specifications>
- Kar, I (2016, maart). [Foto] Geraadpleegd op 7 februari 2017, van <https://qz.com/650872/citigroup-wants-to-bring-microsofts-hololens-and-augmented-reality-to-stock-trading/>
- wsb-solutions (2016, augustus). [Foto] Geraadpleegd op 9 februari 2017, van <http://www.wsb-solutions.nl/blog/waarom-de-hololens-onze-wereld-gaat-veranderen/>
- Hachman, M (2016, februari). [Foto] Geraadpleegd op 9 februari 2017, van <http://www.pcworld.com/article/3038227/hardware/here-are-the-first-amazing-games-and-apps-for-microsofts-hololens.html>
- Cassidy, D (2015, juli). [Foto] Geraadpleegd op 7 februari 2017, van <https://makerclub.org/blog/2015/07/14/how-will-the-microsoft-hololens-affect-education/>
- Cain, J (2015, Maart). "What can the Microsoft HoloLens offer education?" Geraadpleegd op 7 februari 2017, van <http://www.innovatemy school.com/ideas/what-can-the-microsoft-hololens-offer-education>
- prweb (2016, september). [Foto] Geraadpleegd op 8 februari 2017, van <http://www.prweb.com/releases/2016/09/prweb13655526.htm>
- Torres, JC (2016, Februari). [Foto] Geraadpleegd op 8 februari 2017, van <https://www.slashgear.com/microsoft-hololens-team-teases-more-galaxy-explorer-pieces-15426865/>
- Hodge, M (2017, februari). "CART WARS The Microsoft HoloLens Project" Geraadpleegd op 8 februari 2017, van <http://www.step2digital.com/cart-wars/>
- Hodge, M (2017, februari). [Foto] Geraadpleegd op 8 februari 2017, van <http://www.step2digital.com/cart-wars/>
- Nomibuilder (2014, oktober). [Screenshot] Geraadpleegd op 8 februari 2017, via <http://answers.unity3d.com/questions/817147/unable-to-open-asset-store.html>
- Klint, L (2016, mei). "Holographic programming: a HoloLens how-to in a mixed reality world" Geraadpleegd op 7 Februari 2017, van <https://www.pluralsight.com/blog/software-development/holographic-programming-hololens>

Hanselman, S (2015, januari). [Foto] Geraadpleegd op 7 februari, via <http://www.hanselman.com/blog/RollupMicrosoftHoloLensSurfaceHubWindows10XboxOneGameStreamingAndMore.aspx>

Bandi, V (2016, augustus). "HoloLens Mixed Reality Streaming Done Right". Geraadpleegd op 7 februari 2017, van <https://vbandi.net/2016/08/18/hololens-mixed-reality-streaming-done-right/>

7. Bijlage

https://developer.microsoft.com/en-us/windows/mixed-reality/holograms_100

Op deze website wordt uitgebreid uitgelegd hoe je een Unity 3D project klaar maakt voor het gebruik voor de Microsoft HoloLens.