

Opinnäytetyö (AMK)

Tietotekniikka

2018

Jami Ojala

# VUOROVAIKUTTAMINEN VIDEOPELEISSÄ JA VIRTUAALITODELLISUUDESSA

– Case: CryoSelf to Sleep

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Tietotekniikka / Peliteknologia

2018 | 31

Ohjaaja: Yliopettaja Mika Luimula, dos.

Jami Ojala

# VUOROVAIKUTTAMINEN VIDEOPELEISSÄ JA VIRTUAALITODELLISUUDESSA

- Case: CryoSelf to Sleep

Tämän opinnäytetyön aiheena on pelaajan vuorovaikutusmenetelmät videopelimaailmaan. Opinnäytetyö käy läpi peliohjaimien historiaa sekä esittää, kuinka peliteknologiat erityisesti peliohjaimien osalta ovat kehittyneet vuosien saatossa. Opinnäytetyö tarkastelee tarkemmin virtuaalitodellisuuden historiaa ja sitä, miksi virtuaalitodellisuus on tullut viimeisen muutaman vuoden aikana takaisin pelaajien puheenaiheeksi. Teknologia on kehittynyt hyvin paljon pöydällä telineessä pidettävästä konsolista.

Opinnäytetyössä esitellään myös, kuinka ohjelmoida virtuaalitodellisuusvideopeliin vuorovaikutussysteemin, eli kuinka saada HTC Vive -virtuaalitodellisuuslasit ja sen ohjaimet toimimaan Unityssa. Mikäli ohjelmoija kehittää tämän itse, niin hän saattaa törmätä useampiin pelin fysiikoihin liittyviin ongelmiin. Tässä työssä esitellään avoimeen lähdekoodiin perustuva NewtonVR-kirjasto, joka on yksi ratkaisu näihin edellä mainittuihin ongelmiin.

ASIASANAT:

Virtuaalitodellisuus, Unity, HTC Vive, ohjelmistokehitys

BACHELOR'S THESIS THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Information Technology / Game Technology

2018 | 31

Supervisor: Principal Lecturer Mika Luimula, Adj.Prof.

Jami Ojala

# INTERACTIONS WITHIN VIDEOGAMES AND IN VIRTUAL REALITY

- Case: CryoSelf to Sleep

The subject of this thesis addresses the interaction methods in video games. The thesis goes through the history of game controllers and shows how game technologies has improved over the years, especially when inspecting it from the controller perspective. A special look is taken at the history of virtual reality and why it has been such a hot topic among gamers over the past few years.

It also demonstrates how to program an interaction system to a virtual reality game, or in other words, how to get HTC Vive virtual glasses and its controllers to work with Unity. If the programmers decide to develop it themselves, they might run into some unforeseen problems related to physics. This thesis also takes a look at NewtonVR, an open source library that is one solution to the aforementioned problems.

KEYWORDS:

Virtual Reality, Unity, HTC Vive, Software Development

# SISÄLTÖ

<b>KÄYTETYT LYHENTEET</b>	<b>6</b>
<b>1 JOHDANTO</b>	<b>1</b>
<b>2 VUOROVAIKUTUSMENETELMÄT VIDEOPELEISSÄ</b>	<b>3</b>
<b>3 VIRTUAALITODELLISUUDEN KEHITYS</b>	<b>7</b>
3.1 Pelimaailmaan liittyvän virtuaalitodellisuuden kehityksen historia lyhyesti	7
3.2 Tulevaisuus	10
3.3 Lääketieteelliset haasteet	13
3.4 Käyttöjä virtuaalitodellisuusteknologialle	14
3.4.1 Lääketiede	14
3.4.2 Kouluttaminen	14
3.4.3 Viihde	15
<b>4 OHJELMISTOTYÖKALUJA HTC VIVELLE JA UNITYLLE</b>	<b>17</b>
4.1 SteamVR ja OpenVR	17
4.2 NewtonVR	17
4.3 Open Source Virtual Reality (OSVR)	17
<b>5 CRYOSELF TO SLEEP -PELI</b>	<b>19</b>
<b>6 TYÖN TOTEUTUS</b>	<b>21</b>
6.1 Työkalut	21
6.1.1 Trello ja Scrum	21
6.1.2 Versionhallinta	22
6.1.3 Unity	22
6.2 Objektivuorovaikutuksen kehittäminen HTC Vive laitteelle Unityssa	22
6.2.1 CryoSelf to Sleep pelin mekaniikat	22
6.2.2 Kuinka vuorovaikutus virtuaalitodellisuuspelissä on erilaista perinteiseen peliin verrattuna	23
6.2.3 Perusvuorovaikutus pelimaailman objektien kanssa	24
<b>7 TULOKSET</b>	<b>27</b>
<b>8 JOHTOPÄÄTÖKSET</b>	<b>28</b>

**KUVAT**

Kuva 1. Nintendo Power Glove (Wikimedia 2011)	4
Kuva 2. Vertailukuva. Ylemmässä kuvassa Varjon VR demosta otettu kuva ja alemmassa samasta demosta otettu kuva Oculus Riftillä (Varjo Technologies 2018)	12
Kuva 3. Sotilas kouluttautumassa laskuvarjohyppääjäksi virtuaalitodellisuuden avulla (Wikimedia 2006)	15
Kuva 4. Pelin ensinäkymä sekä teleportaatiosteemi	19
Kuva 5. Näkymä pelaajan astuttua ulos omasta aluksesta	20
Kuva 6. Esimerkki pelaajan pelimaailmaan syventämisestä. Mikroaaltouuni menee päälle nappia painamalla ja sen kello näyttää pelaajan tietokoneen aikaa	20

**TAULUKOT**

Taulukko 1. Tunnetuimpien VR-laitteiden erot	10
--	----

## KÄYTETYT LYHENTEET

EDSAC	Electronic Delay Storage Automatic Calculator, ensimmäinen Von Neumannin arkkitehtuuria käyttävä tietokone (Computer History Museum )
HMD	Head Mounted Display: päähine, jossa on näytöt toisen tai molempien silmien edessä
OSVR	Open Source Virtual Reality, avoimeen lähdekoodiin perustuva virtuaalitodellisuus ohjelmisto
VR	Virtual Reality, virtuaalitodellisuus

# 1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä selvitetään, kuinka videopeleissä pelaaja voi olla vuorovaikutuksessa eri objekteihin. Työssä tarkastellaan videopelien historiaa vuorovaikuttamisen näkökulmasta ja perehdytään erityisesti, kuinka vuorovaikutus on erilaista virtuaalitodellisuuspeleissä. Työssä esitellään kuinka pelaajan ja pelissä olevien objektien välinen vuorovaikutus on muuttunut vuosien saatossa ohjainten kehittyessä kiertonupeista valoaseisiin ja liikkeentunnistusta hyväksikäyttävästä Power Glovesta HTC Viveen.

Opinnäytetyössä perehdytään myös, kuinka Unity-pelimoottorille kehitetään oma vuorovaikutussysteemi. Työssä on keskitytty erityisesti virtuaalitodellisuuspelein kehityksessä ilmeneviin fysiikkoihin liittyviin ongelmiin ja haasteisiin. Haasteiden ratkaisuun löydettiin muun muassa avoimeen lähdekoodiin perustuva ohjelmistokirjasto NewtonVR, joka on erityisesti Unityssa esiintyviin fysiikkoihin liittyviin ongelmiin virtuaalitodellisuuspeleissä.

Aihe on ajankohtainen, sillä virtuaalitodellisuuden suosio on kasvanut viime vuosien ajan huomasti. Markkinoille on ilmestynyt useita kuluttajille tarkoitettuja virtuaalitodellisuuslaitteita, joskin ne ovat vielä melko hintavia. Seuraava virtuaalitodellisuuden sukupolvi tulee olemaan merkittävässä roolissa siinä, mihin suuntaan peliteknologia on kehittymässä. Useat journalistit sanovat, että virtuaalitodellisuus tulee olemaan tulevaisuuden pelaamisen normi.

Peliohjaimien kehitys on ollut melko aktiivista koko pelaamisen historian ajan. Tässä opinnäytetyössä esitellään erilaisia tapoja olla vuorovaikutuksessa videopelien kanssa. Peliohjaimien kehittäjät etsivät jatkuvasti uusia tapoja parantaa pelaajien immersiota videopeleihin ja eräs esimerkki tästä on omni-suuntainen juoksumatto, jonka päällä kävellessä pelaaja liikuttaa omaa pelihahmoaan. Yhdistämällä sen ja virtuaalitodellisuuden pelaaja saattaa tuntea itsensä olevan pelin sisällä.

Virtuaalitodellisuus on melko vanha käsite videopeleissä. Moderni virtuaalitodellisuustrendi alkoi, kun Oculus aloitti rahoituksen keräämisen Oculus Rift virtuaalitodellisuuslasihin Kickstarter-palvelussa. Tämän jälkeen on tullut myös muutamia kilpailijoita markkinoille. Näistä merkittävimmät ovat HTC, Sony ja Samsung. HTC Vive -virtuaalilasit olivat ensimmäiset, jotka oli suunniteltu käytettäväksi huoneen kokoisella alueella. Sony PlayStation VR on halvin korkealaatuisista lasista, mutta se toimii vain PlayStation 4 -

konsolissa ja se on myös PlayStation 4 -konsolin heikompien tehojen vuoksi myös hie-  
man kilpailijoitaan huonolaatuisempi tehoiltaan. Samsung Gear VR on vain teline ja se  
vaatii Samsung Galaxy -puhelimien toimiakseen, toisin Google Cardboard, joka toimii  
kaikilla Android-älypuhelimilla.

Opinnäytetyössä esitellään myös, kuinka virtuaalitodellisuutta hyödynnetään muillakin  
tieteen aloilla. Virtuaalitodellisuutta käytetään useilla eri toimialoilla muun muassa kou-  
lutuksessa tuomaan lisämotivaatiota erinäisin immersiota parantavin ratkaisuin. Sitä käy-  
tetään myös apuna hoitamaan muun muassa fobioita ja traumaperäistä stressihäiriötä.

Opinnäytetyön tavoitteena on esittää erinäisiä vuorovaikutusmenetelmiä videopeleissä  
vuosien varrelta. Työssä paneudutaan erityisesti virtuaalitekniikan kehityksen histori-  
aan ja siihen, miksi virtuaalitodellisuuden suosio on ollut viime vuodet nousussa ja miten  
virtuaalitodellisuustekniikkaa käytetään muillakin, kuin pelitekniikan aloilla. Virtuaali-  
todellisuuden antama immersio on niin suuri, että sitä on alettu käyttää muun mu-  
assa konserttien ja urheilutapahtumien katsomiseen.

Opinnäytetyö esittelee myös, kuinka CryoSelf to Sleep -virtuaalitodellisuuspeleihin kehitet-  
tiin vuorovaikutussysteemi ja mitä työkaluja sen kehittämisessä käytettiin. Virtuaalitodel-  
lisuuspeleiden fysiikat poikkeavat perinteisistä peleistä virtuaalitodellisuuden vuorovaiku-  
tustyylien vuoksi, joten kehittäjät saattavat törmätä pieniin odottamattomiin ongelmiin pe-  
lin fysiikoissa. Opinnäytetyö esittelee NewtonVR-ohjelmakirjaston, joka on yksi ratkaisu  
näihin edellä mainittuihin ongelmiin. Työn tavoitteena on esittää lukijalle mahdollisia fy-  
siikoihin liittyviä ongelmia ja auttaa lukijaa päättämään kehittäisikö hän vuorovaikutus-  
systeemin itse, vai käyttäisikö hän jotain valmista kirjastoa, kuten NewtonVR.



## 2 VUOROVAIKUTUSMENETELMÄT VIDEOPELEISSÄ

Videopelien sekä muun median ero on se, että videopelien tapahtumiin voi vaikuttaa. Ensimmäisissä videopeleissä vuorovaikutus on erittäin yksinkertaista, kuten Alexander Douglasin ristinollapelissä EDSAC-tietokoneelle (Electronic Delay Storage Automatic Calculator), jota pelattiin käyttämällä mekaanista puhelimen numeronvalitsinta (Winter 2013a). Toinen varteenotettava esimerkki on Atarin ensimmäinen kolikkopeli PONG, jossa kaksi pelaajaa ohjasivat oman puolen mailaansa pyörittämällä kiertonuppia (Winter 2013b).

Näiden aikaisten tietokonepelien jälkeen teknologia lähti kehittymään nopeasti. Kehittäjät alkoivat kehittää erilaisia tyylejä vuorovaikuttaa videopeleissä. Eräs suosittu ohjainlaite on valoase. Ensimmäinen kotikonsolille ilmestynyt valoase oli Magnavox Odyssey -kotikonsolille ilmestynyt Shooting Gallery (Langshaw 2014). Valoaseet toimivat niin, että kun pelaaja painaa liipaisinta, niin pelinäyttö välähtää yhden pysäytyskuvan ajaksi mustaksi ja alue johon pelaajan kuuluu osua, muuttuu valkoiseksi. Valoaseessa oleva sensori lähettää sen jälkeen signaalin, joka sanoo videopelille, osuiko pelaaja kohteeseen, eli valkoiselle alueelle.

Nintendo Entertainment System -kotikonsolille vuonna 1989 ilmestynyt kuvassa 1 oleva Power Glove oli ensimmäinen kotikonsoleille ilmestynyt liikkeentunnistusta käyttävä ohjain. Sillä pystyi pelaamaan kaikkia NES:lle ilmestyneitä pelejä, mutta erityisesti Power Gloven teknologiaa käyttäviä pelejä ilmestyi vain kaksi. Tämä oli kuitenkin varhaista teknologiaa ja toimi erittäin huonosti ja tuote vedettiin pois myynnistä suhteellisen nopeasti. (GoodGameTV 2008)



Kuva 1. Nintendo Power Glove (Wikimedia 2011)

PlayStation 2 -laitteille ilmestyi lokakuussa 2003 liikkeentunnistusta hyväksikäyttävä EyeToy-kamera. Kameraa käyttäessä pelaaja ei tarvitse ohjaimia ollenkaan, vaan se lukee pelaajan liikkeitä kameran edessä. Sony päätti käyttää tätä samaa teknologiaa myös myöhemmillä konsolisukupolvilla PlayStation 3 -konsolille ilmestyneellä PlayStation Eye -kameralla, sekä PS4-konsolilla PlayStation Cameralla. PS Eye oli tarkempi ja tehokkaampi laite EyeToyhin verrattuna ja PS Camera toi mukaan kolmiulotteisen skannauksen.

Nintendo Wiin ilmestyttyä ja mullistaessa konsolimarkkinoita sen liikkeentunnistavalla ohjaimella Sony ja Microsoft kehittivät myös omat versionsa tällaisista ohjaimista. Wiin ohjain käytti infrapunasensoreita tunnistamaan missä ohjain on ja miten se liikkuu. Tämän teknologian hyväksikäyttö nosti Wiin myyntiä roimasti ja Wii myi reilusti eniten kyseisestä konsolisukupolvesta, missä mukana oli myös PlayStation 3 ja Xbox 360. Edellä mainitulle PlayStation Eyelle ilmestyi PlayStation Move -ohjaimet, jotka käyttävät valoa tunnistamaan missä ohjain on ja miten se liikkuu. Ohjaimen toisessa päässä oli iso väripallo, mitä kamera seurasi. Xbox 360:lle ilmestynyt Kinect käytti EyeToysta tuttua ohjaimetonta seuraamista, mutta kolmiulotteisessa ympäristössä.

Puhelimilla pelaaminen oli ennen teknologian kehittymistä hyvin yksinkertaista. Puhelimeissa oli hyvin paljon nappeja, mutta näyttöjen koot olivat suhteellisen pieniä ja niiden tarkkuus oli hyvin pieni. Nokia yritti päästä kannettavien konsolien markkinoilla julkaisemalla N-Gage puhelimen, mutta se oli suuri epäonnistuminen markkinoilla myydessään vain kolme miljoonaa laitetta.

Älypuhelinien yleistyessä pelinkehittäjät kehittivät nerokkaita ratkaisuja ottaa kaikki hyöty irti älypuhelimien teknologiasta. Älypuhelimissa on muun muassa liikkeentunnistimet, paikannus, sekä suuri kosketusnäyttö. Fyysisten näppäinten puuttuminen hankaloittaa perinteisten pelien kehittämistä, sillä kosketusnäytöstä puuttuu perinteisissä ohjaimissa oleva palaute, eli se tunne, kun sitä nappia painaa ja siitä pääsevä ääni.

Älypuhelimet ovat erityisen hyviä käyttämään hyödyksi täydennettyä todellisuutta. Koska suurimmassa osassa älypuhelimista on GPS, niin ohjelmat voivat käyttää hyödykseen pelaajan sijaintia oikeassa maailmassa. Tätä voidaan käyttää hyödykseen muun muassa käyttäjän sijainnin antamiseen tietyn tapahtuman sisällä. Suosituin laajennettua todellisuutta käyttävä peli on Pokémon GO, jolla on yli kaksisataamiljoonaa latausta iPhone ja Android laitteilla. Siinä pelaaja kävelee oikeassa maailmassa etsimässä Pokémon-hahmoja. Pelaajan täytyy myös mennä PokéStopeille, jotka ovat oikeassa maailmassa jonkinlaisella maamerkillä, täydentämässä inventaariotaan, jotta hänellä on työkalut kaapata kyseiset hahmot.

Tietokoneella pelaaminen on perinteisesti tapahtunut lähellä näyttöä näppäimistöllä ja hiirellä. Valve julkaisi marraskuussa 2015 Steam Controllerin, joka suunniteltiin erityisesti sohvalta pelaamista varten. Ohjain on perinteisestä poikkeava siten, että siinä on kaksi kosketuslevyä. Valve on myös kehittänyt sille erittäin kattavan ominaisuuden Steamiin, jolla käyttäjä voi muokata jokaisesta napista ja kosketuslevystä haluamansalaisen. Ohjaimessa on myös liikkeentunnistus ja tätä voi käyttää muun muassa kursorin liikuttamiseen. Myöhemmin erään päivityksen myötä tätä nappienmuokkausominaisuutta on pysynyt käyttämään myös DualShock 4, Xbox One ja Nintendo Switch Pro -ohjaimille. Toukokuussa 2018 he myös päivittivät ohjaimen laiteohjelmiston niin, että sen voi yhdistää Bluetooth-laitteisiin, kuten älypuhelmiin. (Wikipedia 2018 b)

Virtuaalitodellisuuslaitteilla on kehitetty omat ohjaimet. Niitä on mahdollista käyttää perinteisillä ohjaimilla (Oculus Riftin mukana tulee Xbox One -ohjain), mutta peliin on helpompi syventyä virtuaalitodellisuuspelejä varten tehdyillä erikoisohjaimilla. Nämä ohjaimet toimivat niin, että niitä seuraa jokin laite, jonka avulla peli tai ohjelma tietää missä kyseinen ohjelma on kolmiulotteisessa avaruudessa. Vive ja Rift käyttävät infrapunateknologiaa käyttäviä majakoita, kun taas PlayStation VR käyttää kameraa, jolla se seuraa kahta valopalloa PS VR:n ohjaimien päässä. Vive ja PSVR (PlayStation VR) käyttävät perinteisiä nappeja, mutta Vivessä on tikun sijaan Steam Controllerista tuttu kosketuslevy. Rift Touch -ohjain sidotaan pelaajan ranteeseen kiinni ja siinä on jokaiselle sormelle

oma sensori, joilla ohjain tietää milloin pelaajan käsi on nyrkissä. Pelaajan ei siis tarvitse puristaa ohjainta ollenkaan pitääkseen siitä kiinni.

Virtuaalitodellisuuspeleihin kehitetään laitteita, jotka edistävät todentuntuisuutta entisestään. Virtuix Omni juoksumatto on omni-suuntainen juoksumatto, jonka päällä pelaajan on käveltävä saadakseen pelihahmon liikkumaan. Omni-suuntainen tarkoittaa, että se toimii jokaiseen suuntaan. Laite rahoitettiin Kickstarterissa kesällä 2013 ja he onnistuivat nostamaan 1,1 miljoonaa Yhdysvaltain dollaria. Tukijat alkoivat saada laitteitaan vuoden 2016 alussa, mutta loppuvuonna he joutuivat antamaan kansainvälisille tukijoilla rahat takaisin, sillä heillä oli hankaluuksia lähetysten kanssa. (Wikipedia 2018 c)

Toinen ohjain, joka parantaa virtuaalitodellisuuden immersiota on Leap Motion. Se on ohjaimeton sensori, joka on kehitetty seuraamaan käyttäjän sormia. Siinä on kaksi infrapunakameraa ja itse laite seuraa sormia ottamalla kaksisataa kuvaa sekunnissa ja käyttäen algoritmeja se osaa laskea missä käyttäjän sormet ovat kolmiulotteisessa ympäristössä.

## 3 VIRTUAALITODELLISUUDEN KEHITYS

### 3.1 Pelimaailmaan liittyvän virtuaalitodellisuuden kehityksen historia lyhyesti

Ensimmäinen virtuaalitodellisuuslaite on 60-luvulla ilmestynyt Morton Heilig'n kehitetty Sensorama. Sensorama on suuri mekaaninen laite, jonka ruudulla voidaan esittää viisi eri lyhytelokuvaa ja laite antaa käyttäjälle impulsseja haju-, tunto-, näkö- ja kuuloais-teille ja siitä syystä käyttäjä pystyi syventymään lyhytelokuviin paremmin. (Brockwell 2016)

Muutama vuosi myöhemmin ilmestyi ensimmäinen HMD-tekniikkaa (engl. Head Mounted Display, päähän asetettava silmien edessä oleva näyttö) käyttävä virtuaalitodellisuuslaite The Sword of Damocles. Sen kehitti Ivan Sutherland, jota pidetään myös tietokonegrafiikoiden isänä. Tämä oli kuitenkin aikaista teknologiaa ja laite oli niin suuri ja painava, että sen käyttämiseen vaati sen, että se roikkui katosta käyttäjän yläpuolella. (Hämäläinen 2016)

Atari perusti oman virtuaalitodellisuustutkimuslaboratorion vuonna 1982, mutta vuoden 1983 videopelimarkkinoiden romahdus kaatoi Atarin ohella myös kyseisen laboratorion. Entiset työntekijät kuitenkin perustivat VPL Research yhtiön, joka 80-luvulla kehitti monenlaista VR-teknologiaa, joista tunnetuin tuote on vuonna 1989 ilmestynyt Nintendo Power Glove. VPL Researchin perustajan sanotaan myös kehittäneen termin ”virtual reality” – virtuaalitodellisuus. (Hämäläinen 2016)

90-luvun alussa ilmestyi Amiga 3000:lle Virtuality-laitteet. Nämä käyttävät päähineitä, joissa on kaksi LCD-näyttöä, kaiuttimet ja mikrofoni. Virtuality-laitteella oli kaksi mallia: istuttava ja seistävä. Istuttavassa mallissa ohjain oli kiinni istuimessa ja seisovassa mallissa on erillinen ohjain, jonka sijaintia seurataan magneettisesti.

Vuonna 1991 Sega julkisti aikeensa julkaista kolme eri VR-laitetta: Sega Genesisikselle, Sega Saturnille sekä arcade-halleihin. Näistä vain arcade-versio päätyi markkinoille asti ja Sega sanoi syyn olevan käyttäjille aiheutunut päänsärky ja matkapahoinvointi. (Hämäläinen 2016)

Nintendo Virtual Boy ilmestyi vuonna 1995, ja sitä markkinoitiin ensimmäisenä kannettavana pelikonsolina. Siinä oli kaksi erillistä näyttöä laitteen sivuilla ja kummallekin sil-

mille peilattiin oma kuvansa. Pitääkseen laitteen hinnan alhaisena Nintendo päätyi käyttämään Game Boy -käsikonsolistaan tuttua väritekniologiaa, mutta väreinä oli harmaan ja vihreän sijaan punainen ja musta. Laite ei myöskään ollut HMD-tyylinen vaan sitä kuului käyttää telineellä pöydällä. Virtual Boy oli suuri epäonnistuminen markkinoilla ja sen kehitys loppui vain kuusi kuukautta myöhemmin, eikä laite ikinä ilmestynyt Euroopassa. Käyttäjät valittivat päänsärystä, joka alkoi vain muutaman minuutin pelaamisen jälkeen ja ohjekirjassa oli varoitus mahdollisista ongelmista lasten silmien kehitykseen, mikä pelotti vanhempia ja antoi Virtual Boylle huonon maineen. (Hämäläinen 2016)

Pelimaailmassa 2000-luvulla virtuaalitodellisuutta ei kehitetty. 2007 vuonna ilmestynyt Google Street View laajeni stereoskooppiseksi vuonna 2010. Samana vuonna Palmer Lucky kehitti ensimmäisen prototyypin vuonna 2016 ilmestyneestä Oculus Riftista (Hämäläinen 2016). Oculus Rift on ensimmäinen suurta huomiota saanut virtuaalitodellisuuslaite nykyteknologialla. Oculus julkisti Kickstarter-sivustolla joukkorahoituskampanjansa elokuussa 2012 ja ne onnistuivat keräämään kolmessakymmenessä päivässä lähes kaksi ja puoli miljoonaa Yhdysvaltain dollaria (Oculus Rift 2012). Maaliskuussa 2014 Facebook osti Oculus-yhtiön kahdella miljardilla Yhdysvaltain dollarilla (Lowe 2014).

Ensimmäisenä virtuaalitodellisuustrendiä seurasi Google, joka julkaisi Google Cardboard -projektinsa kesällä 2014. Google Cardboard on nimensä mukaisesti pahvista taitettavat virtuaalitodellisuuslasit, joidenka sisälle laitetaan älypuhelin. Älypuhelimet eivät tietenkään ole yhtä tehokkaita kuin pöytätietokoneet, joten sovellusten laatu ei yllä lähellekään samalle tasolle (Hämäläinen 2016). Vuoden 2015 lopussa Samsung kehitti Oculusin kanssa omille Galaxy puhelimilleen oman korkealaatuisen Samsung Gear VR telineen. Tämä ei ollut ensimmäinen kerta, kun Oculus ja Samsung tekivät yhteistyötä, sillä Oculus Riftin toinen kehitysversio käytti muokattua Samsung Galaxy Note 3 näyttöä (Galan 2014). Kaikkien Oculus Riftien mukana tulee myös Xbox One ohjain, mutta joulukuusta 2016 lähtien sille on saatava myös liiketunnistusta käyttävät Oculus Touch ohjaimet.

Oculus Rift julkaistiin maaliskuun 28. päivä vuonna 2016, ja vain kahdeksan päivää myöhemmin Oculusin suurin kilpaileva tuote - HTC:n ja Valven yhteistyössä kehittämä HTC Vive ilmestyi myös markkinoille. Kumpikin laite vaatii erittäin tehokkaan tietokoneen toimiakseen ja maksavat satoja euroja. Teknologioissakin on eroja: Oculus Rift on tehty käytettäväksi paikallaan seisten tai istuen, kun taas HTC Viveä voi käyttää ison huoneen

kokoisella pelialueella. Vive vaatii minimissään 2 m x 1,5 m kokoisen alueen ja maksimietäisyys kahden infrapunasensorin välillä on viisi metriä. Viveä voi käyttää myös pienemmällä alueella seisten, kuten Oculus Riftiä (Valve 2017).

Lokakuussa 2016 ilmestyi viimeinen kolmesta suuresta VR-laitteesta, PlayStation VR. Riftistä ja Vivestä poiketen tämä laite ei ole PC yhteensopiva, vaan se toimii vain PlayStation 4 konsolilla. Laitteen teknologia poikkeaa myös muista, sillä infrapunan sijaan PlayStation Camera seuraa lasien ympärillä olevia LED valoja. Tämän vuoksi laite on myös huomattavasti halvempi. Laite on myös yhteensopiva PlayStation 3 laitteelle ilmestyneelle PlayStation Move ohjaimille, jotka toimivat samalla tekniikalla kuin itse lasit. Ohjain näyttää kapulalta, jonka päässä on valaistu pallo, muistuttaa hieman ylisuurta tikkaria. Käytetyn teknologian vuoksi on suositeltavaa olla kääntämättä selkää PlayStation Cameraa kohti, sillä pelaajan kroppa voi estää PlayStation Cameraa näkemästä ohjainten valopalloja. (Sony 2018)

Taulukossa 1 käydään läpi tarkemmin tunnetuimpien VR-laitteiden eroja. Siitä näkee, kuinka samanlaisia kolme kalliimpaa laitetta ovat. Kehittämisen suunnitteluvaiheessa tulee ottaa huomioon laitteiden käyttötavat. Kehittäjien on muun muassa päätettävä, onko peli pelattavissa istuen vai seisten, ja mille alustalle peli kehitetään.

Taulukko 1. Tunnetuimpien VR-laitteiden erot

	Oculus Rift	HTC Vive	PlayStation VR	Samsung Gear	Google Cardboard
<b>Hinta (Verkko-kauppa.com 28.5.2018)</b>	494,99 €	699,90 €	315,90 € (vaatii myös PlayStation Cameran, hinta 59,90 €)	149,90 €	Cardboardista riippuvainen, Googlen omasta kaupasta halvin 5 USD
<b>Julkaisupäivä</b>	28.3.2016	5.4.2016	13.10.2016	27.11.2015	25.6.2014
<b>Alusta</b>	PC	PC	PlayStation 4	Tietyt Samsung Galaxy -puhelimet (Galaxy S6 tai uudempi)	Lähes kaikki älypuhelimet
<b>Liikkeen- tusta käyttävät ohjaimet</b>	Ostettava erikseen (mukana tulee Xbox One ohjain)	Sisältyy pakkaukseen	Ostettava erikseen	Sisältyy pakkaukseen	Ei saatavilla virallisesti
<b>Näytön koko pikseleinä (per silmä) ja virkistystaajuus</b>	2160x1200 (1080x1200) @ 90 Hz	2160x1200 (1080x1200) @ 90 Hz	1920x1080 (960x1080) @ 90-120 Hz	Puhelimesta riippuvainen	Puhelimesta riippuvainen
<b>Näkökentän leveys asteina</b>	110	110	100	101	Cardboardista riippuvainen
<b>Käyttötapa</b>	Istuen tai seisten paikallaan	Istuen tai seisten huoneen kokoisella alueella	Istuen tai seisten pienellä alueella	Istuen tai seisten paikallaan	Istuen tai seisten paikallaan

### 3.2 Tulevaisuus

On varmistunut, että Oculus ja HTC ovat jo kehittämässä seuraavia versioita omista laitteistaan. Oculus on ostanut useita eri prototyyppisiä, jotka tarjoaisivat ohjaimetonta pelaamista, eli laseihin kiinnitetään eräänlainen kameralaitte, joka seuraa tarkasti käsien liikkeitä. Pelaaja voisi laittaa käden nyrkkiin ja tarttua esineeseen, sen sijaan että hän painaa nappia ohjaimessa. He ovat myös kehittämässä erikoisia hanskoja, jotka ajavat saman asian, mutta ilman edellä mainitun kameran teknologisia haasteita, kuten kameran epätarkkuutta, kun sormet ovat lähellä toisiaan. (London 2017)

Oculus on myös maininnut tutkivansa silmäseurantateknologian soveltamista VR-tekniologian kanssa. Koska laite ei tiedä, mitä pelaaja on oikeasti katsomassa HMD:n näytöltä, niin kaiken täytyy koko ajan olla täydessä tarkkuudessa. Pelaaja ei tätä huomaa, koska hänen silmät keskittyvät vain tähän yhteen pisteeseen, mutta jos laite tietäisi mitä pistettä



pelaaja katsoo, niin peli voisi pudottaa muiden kohtien tarkkuutta, pudottaen samalla pelin tehovaatimuksia. (London 2017)

HTC on myös selventänyt tulevaisuuden suunnitelmiaan. He eivät ole ilmoittaneet kehittävänsä Oculuksen tavoin täysin ohjaimetonta VR-teknologiaa. Sen sijaan he ovat päätyneet muokkaamaan nykyistä ohjaintaan niin, että se sidotaan jyrkästi ranteeseen kiinni, jolloin pelaaja voi päästä ohjaimesta kokonaan irti, ilman että se tippuu tai jää roikkumaan rannehihnasta. Ei ole kuitenkaan vielä varmuutta, ilmestyvätkö nämä uudet ohjaimet nykyiselle vai seuraavalle Vivelle. Kesäkuussa 2017 Vivelle ilmestyi myös erikoishihna, joka sisältää Riftin tavoin kuulokkeet. Tätä ennen pelaajat ovat joutuneet käyttämään omia kuulokkeitaan Viven kanssa ja se kasvattaa johtojen määrää tietokoneeseen. (Porter 2017)

Huhtikuussa 2018 ilmestyi Vive Pro -lasit, joka on tarkempi ja korkealaatuisempi päivitys alkuperäisestä Vivestä. Niissä on tarkempi 2880x1600 resoluutioinen näyttö (1440x1600 per silmä) ja niiden uuden designin vuoksi ne on helpompi asettaa päähän. Vanhassa Vivessä on pään yli vedettävä venyvä hihna, kun taas Vive Prossa rullalla kiristettävä teline, tehden siitä helpomman kiristää omaan päähän sopivaksi. Nämä lasit maksavat yli 800 euroa ja sisältävät vain kyseiset lasit. Ohjaimet ja majakat on ostettava erikseen. (Vive 2018)

Myös Google on kehittämässä omaa VR-valikoimaansa. Google Cardboardin lisäksi nykyään on saatavilla Google Daydream, joka Googlen oma VR-alusta. Periaate vastaa hyvin paljon Samsungin Gear VR:a, eli telineen sisään laitetaan puhelin, joka toimii näyttönä. Tämä kuitenkin toimii vain hyvin pienellä osalla Android puhelimista. Google on myös julkistanut kehittävänsä HTC:n ja tietokonevalmistaja Lenovon kanssa omia täysin itsenäisiä VR-laseja, jotka eivät vaadi puhelinta tai johtoja. (Google 2017)

Sony ei ole myöskään paljoa sanonut PlayStation VR:n tulevaisuudesta. Vuoden alussa he patentoivat teknologian, joka muistuttaa hyvin paljon Viven teknologiaa siitä, miten he hoitavat ohjainten ja HMD:n seurannan tietyllä alueella. Tämä mahdollistaisi huoneen kokoisen pelialueen ja korjaisi myös sen ongelman, että PS Cameran tulee aina nähdä ohjainten valopallot, eikä pelaaja voi täten olla selkä PS Cameraa kohti. (Mallinson 2016)

Seuraava askel VR-lasien parannuksessa olisi resoluution kasvattaminen ja laitteen muokkaaminen langattomaksi. Ikävä kyllä nämä kaksi ongelmaa ovat nykyteknologialla hankalia ratkaista samaan aikaan. Näyttöjen nykytarkkuuksilla kuvan laatu tulee heikke-

nemään, jos kuvasignaali lähetetään langattomasti ja jos tarkkuutta parannetaan entisestään, niin signaalin täytyy olla todella vahva ja nopea jotta kuvanlaatu pysyy hyvänä. Suomalainen yhtiö Varjo on kehittämässä erästä ratkaisua tarkkuuden parantamiseksi. Siinä on huomattavasti tarkempi näyttö ja käyttäen silmäseurantaa se käyttää peilejä tarkentamaan juuri sitä kohtaa ruudusta jota pelaaja on katsomassa. Tätä laitetta ei suunnitella kuluttajamarkkinoille, sillä laite tulee maksamaan tuhansia euroja. Laitteen hintaa nostaa muun muassa itse näytöt, jotka ainoastaan maksavat jo yli tuhat euroa ja tämä laite tarvitsee niitä kaksi. Kuvasta 5 näkee hyvin, kuinka paljon laitteen tarkkuus on parempi Oculus Riftiin verrattuna. (Rubin 2017)



Kuva 2. Vertailukuva. Ylemmässä kuvassa Varjon VR demosta otettu kuva ja alemmassa samasta demosta otettu kuva Oculus Riftillä (Varjo Technologies 2018)

### 3.3 Lääketieteelliset haasteet

Yli puolet ihmisistä jotka ovat kokeilleet VR-laitteita ovat kokeneet matkapahoinvointia jo 15 minuutin pelaamisen jälkeen. Tämä niin sanottu VR-sairaus (sanotaan myös virtuaalisairaudeksi tai kybersairaudeksi) huomattiin jo 80-luvulla, kun Yhdysvaltain armeija huomasivat koulutettavien pilottien potevan pahoinvointia lentosimulaattoreissa. Tätä ongelmaa ei ole saatu kokonaan vieläkään korjattua, sillä useat kokevat pahoinvointia pelatessaan nykyaikaisilla VR-laitteilla. (Mason 2016)

Matkapahoinvoinnin tutkija ja kinesiologi Thomas Stoffregen teki kaksi tutkimusta Oculus Riftillä. Ensimmäisessä testissä pelaajat ohjasivat pelissä marmorikuulaa labyrintissä käyttäen pään liikkeitä ja toisessa pelissä he pelasivat kauhupeliä, jossa hahmoa liikutettiin perinteistä ohjainta käyttäen. Ensimmäisen testin aikana 22 % kokivat pahoinvointia ensimmäisen viidentoista minuutin aikana ja toisessa jopa 56 prosenttia. Sukupuolten välinen ero oli myös suuri, sillä toisessa testissä vain kolmasosa miehistä koki pahoinvointia, kun taas naisista lähes neljä viidestä ilmoitti voivansa pahoin. Tämä tulos tukee muita tutkimuksia, joiden mukaan naiset ovat enemmän alttiita matkapahoinvoinnille. Matkapahoinvointi johtuu ristiriidasta ihmisen aisteissa. Stoffregenin testin peleissä koehenkilö näki silmillään liikkuvan, mutta muu ruumis pysyi paikallaan, aiheuttaen huonovointisuutta. (Mason 2016)

VR-sairauden suurin aiheuttaja on viive pelaajan liikkeessä, siihen nähden mitä hän näkee. Viiveen tulisi olla vain viidestä kymmeneen millisekuntiin siitä, kun pelaaja liikuttaa päätä siihen, kun pelaaja näkee VR-laseissa pään liikuttamisen. Pienikin ylimääräinen viive voi aiheuttaa pahoinvointia. Kaikissa kolmessa suurissa VR-laseissa on suuret virkistystaajuudet, mikä auttaa viiveen alentamisessa. (Caddy 2016)

Toinen tapa vähentää VR-sairautta on pienentää näkökentän leveyttä. Jos pienennetään liikaa, se vaikuttaa negatiivisesti peliin syventymiseen, joten kehittäjien on pääteltävä mikä olisi sopiva suhde näiden kahden ongelman välillä. Oculus Rift ja HTC Vive ovat 110°:n näyttöjä, kun taas PlayStation VR -laseissa on 100°:n asteen näyttö. (Evarts 2016)

Eräs vähän erikoisempi tapa vähentää VR-sairautta on lisätä jotain staattista ruudulle, kuten auton kojelauta tai avaruusaluksen ohjaamo. Purduen yliopiston tutkijat kuitenkin huomasivat, että pelkästään nenän lisääminen näytölle vähentää huonovointisuutta. Tämä kuitenkin vain lykkäsi huonoa vointia, eikä estänyt sitä kokonaan. Pelissä, jossa

liikutaan itse ohjaimella kävellen, alkoi keskimäärin 94 s myöhemmin ja vuoristoratapelissä (lyhyt demonstraatio, jossa pelaaja vain istuu eräässä nopeassa vuoristoradassa) nenä lykkäsi huonoa vointia vain keskimäärin 2 s. (Venere 2015)

### 3.4 Käyttöjä virtuaalitodellisuusteknologialle

#### 3.4.1 Lääketiede

Lääketieteelliset hyödyt virtuaalitodellisuudessa ovat jo nyt huomattavia. VR-aplikaatioita on käytetty leikkauksien aikana tapauksissa, joissa potilasta ei ole voinut nukkua. Potilaalle annettiin pelattavaksi ohjelma, jossa hän pääsi tutkimaan Machu Picchun maisemia kolmiulotteisena. Potilas oli niin syventynyt pelin maailmaan, että hänen verenpaine jopa laski leikkauksen aikana. (Marchant 2017)

Toinen tapaus, missä virtuaalitodellisuus on hyödyllinen lääketieteen kannalta, on kuvassa 6 esitettyä oleva kroonisen kivun lievittäminen. Kun potilas pelasi SnowWorld-peliä, mikä on kehitetty juuri tätä tarkoitusta varten, hänen huomionsa siirtyi peliin ja potilas ikään kuin unohti kipunsa. (Skytt 2016)

#### 3.4.2 Kouluttaminen

Peliteollisuutta on käytetty armeijakoulutukseen jo 80-luvulta lähtien, mutta virtuaalitodellisuuden antama immersio on edistänyt koulutuksen laatua. Immersiolla tarkoitetaan sitä, kuinka todentuntuista pelikokemus tuntuu pelaajalle ja kuinka syventynyt hän on peliin (Dictionary.com 2018). Sotilaita koulutetaan mm. laskuvarjohyppyihin, tarkka-ampumiseen ja lääkintämieskoulutukseen. Kuvassa 7 esitettyssä laskuvarjokoulutuksessa sotilas laitetaan roikkumaan katosta valjailla antamaan todentuntuisen laskuvarjohypyn tunteen ja sotilaan pitää ohjata itseään vetämällä sivulla olevista naruista, kuten oikeata laskuvarjoa. Tarkka-ampujat kouluttautuvat menemällä makuulle pallonmuotoiseen huoneeseen, jonka seinille heijastetaan kaupunkinäkömää. Tähtytäjän tehtävä on laittaa kiikareina toimivat Oculus Rift -lasit silmille ja antaa ampujalle kohteita. (Parkin 2015)



Kuva 3. Sotilas kouluttautumassa laskuvarjohyppäjäksi virtuaalitodellisuuden avulla (Wikimedia 2006)

Virtuaalitodellisuutta käytetään myös muunlaiseen koulutukseen. Historiaa voidaan opettaa laittamalla VR-lasit päähän, ja kun hänelle näytetään jokin historiallinen rakennus tai tapahtuma, niin se tuntuu kuin oppilas oikeasti olisi paikan päällä. Koulut voivat suurentaa laboratoriodensa kokoa tekemällä niistä virtuaalisia. Kuvaamataitokurssilla voidaan kaivertaa isompia taideteoksia käyttämällä virtuaalitodellisuutta. Mekaanikot voivat opetella laitteiden osia ja toimivuutta virtuaalitodellisuutta ilman pelkoa siitä, että mikään menee oikeasti rikki, ja kirurgit voivat oppia leikkausten toimenpiteitä ilman minäänlaista vaaraa ihmisille. Tässä on vain muutama esimerkki mihin kaikkeen opetukseen virtuaalitodellisuutta voidaan käyttää, mahdollisuudet ovat rajattomat. (Badich 2018)

### 3.4.3 Viihde

Viihdekäytössä virtuaalitodellisuus on nyt suosittuumpaa kuin koskaan. Kaikkia suurimpia VR-laseja markkinoidaan peleillä, mutta niitä voidaan käyttää myös muuhun viihteeseen. YouTube on tukenut 3D-videoita jo vuosia (YouTube 2009) ja niitä voi katsella VR-lasien kanssa. YouTube on mainostanut tätä teknologiaa muun muassa musiikkivideoilla ja ne antavat täysin uuden kokemuksen musiikkivideoiden katselemiseen (YouTube 2016).

Virtuaalitodellisuutta on kokeiltu myös live-esityksiin. VR-laseilla konserttiesitykset ovat niin mukaansatempaavia, että se tuntuu kuin olisit itse siellä ja siitä saattaa tulla tulevaisuudessa yksi suurimmista tulonlähteistä musiikin alalla. Tähän on vielä kuitenkin aikaa, sillä VR-lasti ovat edelleen todella kalliita ja painavia. (Smith 2017)

## 4 OHJELMISTOTYÖKALUJA HTC VIVELLE JA UNITYLLE

### 4.1 SteamVR ja OpenVR

OpenVR on Valven kehittämä virtuaalitodellisuuden ohjelmointirajapinta. OpenVR on kirjasto, joka on kehitetty olemaan se ohjelma, joka juttelee eri virtuaalitodellisuuslaitteiden kanssa. OpenVR ei kuitenkaan toimi yksin, vaan se vaatii Valven kehittämän SteamVR:n eräänlaisena välikätenä. Kaikki ohjelmien ja OpenVR:n väliset kommunikaatiot menevät SteamVR:n kautta. OpenVR on yhteensopiva kaikkien VR-laitteiden kanssa, mutta tois- taiseksi vain SteamVR on ainoa ohjelma, joka osaa hyväksikäyttää tätä kirjastoa. Tämän vuoksi kaikki HTC Vivelte ohjelmoidut ohjelmat toimivat suoraan myös muilla VR-laitteilla. (Barth 2016)

### 4.2 NewtonVR

NewtonVR on Tomorrow Today Labsin kehittämä SteamVR ohjelmistoa hyväksikäyttämä ohjelmakirjasto, joka antaa valmiit fysiikkatyökalut. Sen mukana tulee valmiiksi kehitetyt työkalut kaikenlaisesta pelaajan ja pelin välisestä vuorovaikutuksesta. NewtonVR on kehitetty avoimena lähdekoodina, joten kehittäjä voi vapaasti muokata sen koodia saadakseen vuorovaikutuksesta haluamansa laisen. Kehittäjät voivat muokata mm. näppäinasettelua niin, että pelaaja käyttää liipaisinta tarttuakseen esineisiin. Oletuksena pelaajan pitää käyttää ohjaimen kyljessä olevaa nappia. (TomorrowTodayLab 2018)

### 4.3 Open Source Virtual Reality (OSVR)

OSVR on suunniteltu olemaan avoimeen lähdekoodiin perustuva kirjasto ja suora kilpailija HTC Vivelte ja Oculus Riftille. Toisin kuin Oculusin käyttämä Gear VR ja Valven kehittämä SteamVR, OSVR on aidosti täysin avointa lähdekoodia. OSVR-kirjasto ei kuitenkaan ole yhteensopiva suositumpien lasien kanssa, vaan se vaatii omat VR-lasit. Nämä lasit ovat Razerin kehittämät ja ne ilmestyivät kaikille kehittäjille marraskuussa 2015. Lasit eivät ole vielä virallisesti markkinoilla ja saatavilla olevat laitteet ovat kehittäjille tarkoitettuja kehitysversioita.

Valve on myös sanonut tukevansa OSVR:ää, mutta tästä sopimuksesta ei ole annettu julkisuuteen mitään yksityiskohtia. OSVR:lle kehitetyt pelit ovat toimineet marraskuusta 2016 lähtien Steamissa. Tämä ei kuitenkaan tarkoita, että kaikki HTC Vivelle kehitetyt pelit toimisivat OSVR-laitteella, sillä sitä ei ole suunniteltu Viven tavoin huoneen kokoisella alueella pelattavaksi, eikä sen mukana tule ohjaimia. (OSVR 2018)



## 5 CRYOSELF TO SLEEP -PELI

CryoSelf to Sleep on tuntemattomalle planeetalle sijoittuva peli, jossa päämääränä on päästä pois planeetalta. Pelaaja herää cryounesta huomatakseen, että hänen aluksensa on materialisoitunut itsensä salaisen tutkimuslaitoksen sisälle. Pelaajan täytyy saada lähetettyä hätäsanoma, jotta hänet voidaan pelastaa. Samalla hän selvittää miksi tämä kyseinen tutkimuslaitos on salainen, mitä siellä tutkittiin, ja miksi se on hylätty. Pelaajalla on apunaan tekoäly, joka osaa hakkeroida laitokselta löytyviä tietokoneita. Pelin voidaan ajatella olevan yksi vähän isommalla mittakaavalla oleva escape room -peli.

Peliin suunniteltiin paljon erilaisia asetuksia, jotta peli on jokaiselle pelaajalle sopiva. Pelaaja voi valita liikkumisen juuri sellaiseksi kuin haluaa. Pelissä voi liikkua Viven ohjaimen tasohiirtä koskettamalla ja/tai käyttäen useasta muusta pelistä tuttua teleportaatiota. Pelaaja painaa tasohiirtä alaspäin ja tähtää mihin hän haluaa pelaajahahmon liikkuvan (Kuva 8). Mikäli pelaaja haluaa, niin teleportaation voi vaihtaa syöksyyn, joka on parempi syventämään pelaajaa pelimaailmaan, mutta saattaa aiheuttaa pahoinvointia varsinkin niille, jotka eivät ole tottuneet virtuaalitodellisuuteen. Tekoäly ”puhuu” pelaajalle esittämällä tekstiä pelaajan toiselle silmälle ja pelaaja voi itse valita kummalle silmälle teksti näytetään.



Kuva 4. Pelin ensinäkymä sekä teleportaatiosteemi



Kuva 5. Näkymä pelaajan astuttua ulos omasta aluksesta



Kuva 6. Esimerkki pelaajan pelimaailmaan syventämisestä. Mikroaaltouuni menee päälle nappia painamalla ja sen kello näyttää pelaajan tietokoneen aikaa

## 6 TYÖN TOTEUTUS

### 6.1 Työkalut

#### 6.1.1 Trello ja Scrum

Projektinhallintaan käytettiin Trello-verkkosivustoa, joka on ikään kuin virtuaalinen ilmoitustaulu, johon käyttäjät voivat lisätä omia korttejaan. Sitä voi käyttää scrum-tyylisesti, eli käyttäjät voivat listata kaikki peliin tehtävät asiat eri kategorioihin ja antaa jollekin ryhmän jäsenelle tämän asian tehtäväksi. Kun kyseinen jäsen on saanut tämän asian tehtäväksi, niin kyseinen kortti siirretään erilliseen kategoriaan, johon on listattu kaikki valmiiksi saadut asiat. Käyttäjien on hyvä pitää aika-ajoin kokouksia, joissa pohditaan yhdessä, mitä peliin lisätään ja onko joitakin asioita missä joku tarvitsisi apua tai mahdollisesti jopa poistaa suunnitelmasta.

Scrum on projektinhallintaan käytettävä kehitystyyli, jossa kaikilla ryhmän jäsenillä on oma rooli ja tehtävänanto. Yhteen scrumtiin kuuluu tuotteen omistaja, scrummaster ja kehitystiimi. Tuotteen omistaja vastaa tuotteen laadusta ja scrummaster vastaa siitä, että kehitystiimi seuraa scrumin periaatteita. Scrumtiimi kokoontuu säännöllisin väliajoin (1-4 viikon) keskustelemaan mitä on saanut edellisessä sprintissä aikaseksi ja keskustelevat mitä ajattelevat saavan aikaan seuraavan sprintin aikana. Tuotteen kehitysjonosta (Product Backlog) vedetään ominaisuuksia, joita lopullinen tuote vaatii, ja ne sijoitetaan sprintin tehtävälistaan (Sprint Backlog). Sprintti on näiden kokousten välinen aika, missä kehitystiimi suorittaa itselleen annettuja tehtäviä. Scrumtimillä on myös päivittäinen päiväpalaveri (Daily Scrum), missä palaveriin osallistujat keskustelevat mitä ovat saaneet aikaan. Tähän osallistuminen ei ole kaikille pakollista, mutta on suositeltavaa, että kehitystiimin jäsenet osallistuvat siihen. Mikäli näyttää siltä, että joku ei ehdi tekemään kaikkea sovittua, niin scrummaster sopii tuotteen omistajan kanssa, mitä asian kanssa tehdään.

### 6.1.2 Versionhallinta

Versionhallintaan projektissa käytetään Git-ohjelmistoon perustuvaa BitBucketia. Git on Linus Torvaldsin kehittämä versionhallintatyökalu, ja BitBucket on tähän perustuva palvelinsysteemi (Wikipedia 2018 b). BitBucket on sopiva tähän tarkoitukseen, sillä se on ilmainen pienille ryhmille ja projektin jäsenillä on jo aikaisempaa kokemusta sen käytöstä. Toinen vartenotettava vaihtoehto olisi ollut GitHub, mutta se ei kuitenkaan ole ilmainen, paitsi jos tekee projektista julkisen. BitBucketin lisäksi käytössä on apuna Sourcetree-ohjelmaa, joka on graafinen Git-käyttöliittymä, mikä on tehty erityisesti BitBucketin käyttöä helpottamaan.

Git on versionhallintatyökalu, joka tallentaa kaikki projektiin tehdyt muutokset muistiin. Sitä käyttämällä on lähes mahdotonta hajottaa koko projektia, sillä se mahdollistaa myös edelliseen versioon palaamisen. Sen käyttö vaatii hieman opettelua, sillä se itsessään ei sisällä minkäänlaista graafista käyttöliittymää, vaan se on täysin komentorivipohjainen. Sille on olemassa myös graafisia käyttöliittymiä, kuten aiemmin mainittu Sourcetree.

### 6.1.3 Unity

Projektia kehitetään käyttämällä Unitya, sillä projektin jäsenillä on eniten kokemusta kyseisestä ohjelmasta ja sen käyttämästä C#-ohjelmointikielestä. Käytössä on projektin aloitushetkellä ollut uusin Unityn versio 5.4.1.

## 6.2 Objektivuorovaikutuksen kehittäminen HTC Vive laitteelle Unityssa

### 6.2.1 CryoSelf to Sleep pelin mekaniikat

Pelin mekaniikat sovittiin pitämään mahdollisimman yksinkertaisina. Pelaaja liikkuu rajatussa ympäristössä ohjainta käyttämällä. Yleisölle esitetyssä demossa päädyttiin käyttämään teleportaatiota pelaajahahmon liikuttamiseen, mutta valmiissa pelissä pelaaja saisi itse valita Viven ohjaimen tasohiirellä liikkumiseen (kuten normaalilla peliohjaimella), te-

leportaation ja syöksymisen välillä. Teleportaatioon päädyttiin, sillä analogisesti liikkuminen ja syöksyminen saattavat aiheuttaa pahoinvointia, varsinkin kokemattomille pelaajille.

Pelaajalla on apunaan AI, joka antaa pelaajalle apua. AI esittää apunsa tekstinä pelaajan ruudulla. Ääninäyttelystä ei ole vielä tehty lopullista päätystä. Mikäli sellaiseen päädytään, niin se tulee olemaan jokin yksinkertainen teksti puheeksi algoritmi.

Pelaaja on jumissa tuntemattomalla planeetalla eräänlaisella tutkimusasemalla ja pelaajan on ratkaistava pieniä ongelmia päästäkseen pois. Peliin on suunniteltu muun muassa painovoiman manipulaatiota ja pelaajan kutistamis-mekaniikka. Nämä mekaniikat on saatu toimimaan pelistä erillisessä Unity skenessä, jota käytämme pelimekaniikoiden kehittämiseen sekä ongelmankorjaamiseen.

#### 6.2.2 Kuinka vuorovaikutus virtuaalitodellisuuspelissä on erilaista perinteiseen peliin verrattuna

Perinteisissä peleissä vuorovaikutus tapahtuu nappia painamalla. Pelaaja nappaa objektin pelimaailmassa nappia painamalla ja päästää siitä irti nappia painamalla. Lukuun ottamatta erikoisia kolikkopelejä, vuorovaikutus on tapahtunut edellä mainitulla tavalla vuosien ajan.

Virtuaalitodellisuuspeleissä vuorovaikutus voi olla hieman erilaista. Kaikkia virtuaalilaseja voi käyttää perinteisillä ohjaimilla, mutta HTC Viveä, PlayStation VR:a ja Oculus Riftiä on mahdollista käyttää myös erikoisilla langattomilla ohjaimilla, joita pidetään käsissä. Kun käyttäjä liikuttaa fyysisesti käsiään, niin sensorit tunnistavat, kuinka ohjaimet liikkuvat ja tämä heijastuu pelimaailmaan. Esimerkiksi sen sijaan, että pelaaja painaa nappia ja pelihahmo kyykistyy nostamaan tavaran lattialta, pelaaja joutuu kyykistymään fyysisesti itse, liikuttamaan ohjaimen kädellään nostettavan tavaran kohdalle pelimaailmassa, painamaan nappia tarttuakseen kyseiseen objektiin ja nostamaan kätensä. Tämä auttaa pelaajaa syventymään pelimaailmaan, koska hän voi suoraan vaikuttaa siihen mitä hän näkee. Tämä täytyy ottaa huomioon myös pelin immersiota luodessa, sillä pelaaja tulee pettymään, mikäli suurin osa pelimaailman objekteista ei vastaa pelaajan asettamiin tosimaailman odotuksiin. Pelaaja saattaa pettyä, mikäli jokin objekti ei olekaan tartuttavissa.

### 6.2.3 Perusvuorovaikutus pelimaailman objektien kanssa

#### Vuorovaikutusmenetelmän päättäminen

1. Pelkästään HMD-laite. Ohjaaminen ja tavaroihin tarttuminen tapahtuisi vain katsomalla objektia. Tällä tyylillä peli olisi yhteensopiva kaikkien VR-laitteiden kanssa, sitä voisi pelata jopa älypuhelimilla, mutta pelimekaniikoiden tulisi olla hyvin yksinkertaisia.
2. HMD ja perinteinen ohjain. Hyvin yleinen tapa ohjata pelaajaa VR-peleissä. Oculus Rift -laite on alun perin suunniteltu tätä tyyliä käyttämään ja sen mukana tulee myös Xbox One -ohjain. Objekteihin tarttuminen ja liikkuminen tapahtuisivat ohjaimella. Tämän myös saisi yhteensopivaksi älypuhelimien kanssa, mutta se vaatisi, että pelaajalla on ohjain, jonka saa yhdistettyä puhelimeen. Pelimekaniikoiden tulisi olla melko perinteiset, eikä ne hyväksikäyttäisi VR-laitteiden täyttä potentiaalia.
3. HMD ja perinteinen ohjain, mutta pelaaja käyttäisikin pelin sisällä ohjainta. Pelaaja voisi ohjata robottia pelissä, samalla kun hän istuu paikallaan. Tällä tyylillä pelistä saisi hyvin todentuntuisen, koska pelihahmon asento vastaisi pelaajan omaa asentoa.
4. HMD ja liikkeentunnistusta hyväksikäyttävät ohjaimet. Laitteiden yhteensopivuus rajoittuisi roimasti, mutta pelin immersio ottaisi huiman harppauksen eteenpäin, koska pelaajan tulee itse kurkottaa ja tarttua objekteihin. Projekti päättyi käyttämään tätä tyyliä, sillä laitteisto vastasi tätä menetelmää ja projektin jäsenien kokemattomuuden vuoksi virtuaalitodellisuuden alalla projektista ei voinut tehdä liian kunnianhimoista.
5. HMD ja tarttumista parantavat ohjaimet. Oculus Touch -ohjaimissa on jokaiselle sormelle oma sensori, jolla ohjain tunnistaa mitkä sormet ovat koukussa. Tällä ohjaimella immersio olisi vielä parempi, sillä pelaajan tulee puristaa käsi nyrkkiin tarttuakseen objektiin, sen sijaan että hän vain painaa nappia objektin kohdalla. HTC on myös kehittämässä samanlaista teknologiaa.
6. HMD ja Leap Motion. Leap Motion -teknologiaa käyttämällä pelaaja ei käyttäisi ohjaimia ollenkaan, vaan erillinen sensori seuraa pelaajan sormia. Tämä olisi myös ollut varteenotettava vaihtoehto meidän projektiin, mutta päätimme kokemattomuuden vuoksi olla hyväksikäyttämättä tätä teknologiaa. Jos olisimme

käyttäneet tätä, niin pelaajilla olisi pitänyt myös olla Leap Motion, joten markkinat pelille olisivat olleet hyvin pienet.

### **Painikkeiden asettaminen ja objekteihin tarttuminen**

HTC Viven ohjaimilla on useita eri tapahtumia, joita Unitylla voi tarkastella. Suurimmalla osalla napeista on oma tapahtuma napin painamiselle, mutta ohjaimen liipaisimella on tapahtumat myös sille, että onko pelaaja vetämässä sitä, löysäämässä sitä ja onko se puristettuna pohjaan. Nämä tiedot voi myös tuoda suoraan Unityn, jolloin virheiden paikantaminen ja korjaaminen helpottuvat.

Projektissa päädyttiin tekemään objekteihin tarttumisen yksinkertaisesti niin, että kun pelaaja puristaa ohjaimen liipaisimen pohjaan, niin objektista tulee ohjaimen lapsiobjekti. Tällöin objekti perii kaikki pelaajan ohjaimella tekemät liikkeet ja se pyörii todentuntuisesti pelaajan kädessä.

### **Objektien heittäminen**

Mikäli asialle ei ole vielä tehty mitään, niin kun objektista päästää irti virtuaalitodellisuuspelissä se tippuu suoraan alas. Objekti kadottaa kaiken liikemäärän, minkä pelaaja objektille ohjaimillansa sille antaa, joten objektin pitää saada jotenkin perimään ohjaimien liikemäärä. Viven ohjaimissa on sisäänrakennetut liikkeentunnistimet ja näitä tietoja voi käyttää hyödyksi muun muassa tähän tarkoitukseen. Se ei ole ainoa tapa toteuttaa tämä ratkaisu, mutta me päädyimme käyttämään sitä.

### **Fysiikoihin liittyviä ongelmia**

Tässä vaiheessa ongelmia alkoi ilmenemään objektien fysiikoissa. VR peleissä objekteja voi liikuttaa todella nopeasti, koska käsien nopeutta ei voi rajoittaa. Unity laskee kosketukset tietyin väliajoin ja tämän vuoksi, mikäli objekti liikkuu tarpeeksi nopeasti, niin nämä objektit voivat mennä toisensa läpi. Tämä on iso ongelma, erityisesti jos pelaaja yrittää pompotella kahta objektia, kuten tennispalloa tennismailalla. Toinen samasta syystä tapahtuva ongelma on, että jos objektit menevätkin toisensa sisälle, niin ne kimpoavat todella suurella nopeudella toisistaan.

Ongelmien ratkaisuksi löytyi avoimeen lähdekoodiin perustuva ohjelmakirjasto NewtonVR. Projektien jäsenien kokeiltua sen mukana tullutta demoa, päätös käyttää sitä on yksimielinen. Se korjaa ongelmat niin tehokkaasti, että projekti aloitettiin kokonaan alusta. Ohjelmoijien pitää myös opiskella miten uusi koodi toimii, mikä vie hieman aikaa.

NewtonVR esittää pelaajan käsinä oletuksena Viven ohjaimia ja niiden vaihtaminen omiin malleihin tuottaa ongelmia.



## 7 TULOKSET

Meillä oli aluksi hankaluuksia saada fysiikoita toimimaan oikein ja HTC Viven ohjainten näppäimien määrittäminen tuotti hankaluuksia, mutta NewtonVR:n löytymisen jälkeen asiat nopeutuivat huomattavasti. Sen jälkeen piti vain opetella, miten NewtonVR toimii ja selvittää kuinka vaihtaa sen mukana tulleet oletusmallit sellaisiksi miksi me itse ne halusimme. Tämä oli myös ensimmäinen VR-projekti kaikille projektia työskennelleille ja osalle myös ensimmäinen kosketus VR-peleihin yleensä.

Esittelimme projektista pienen demon yleisölle Turun korkeakoulujen järjestämässä ICT Showroom tapahtumassa. Demossa pelaaja herää omasta aluksesta ja AI pyytää pelaajaa nostamaan AI sylinteri ylös aluksen lattialta. Tämän jälkeen aluksen sivuoven voi avata ja pelaaja pääsee astumaan hylätyn tutkimuslaitoksen sisälle. Pelaajan tulee asettaa AI eräälle alustalle, jotta se voi avata seuraavan oven, jossa pelaajalle esitetään teksti, joka kiittää pelaamasta peliä. Laitoksella on myös useita pienempiä objekteja, joiden kanssa pelaaja voi olla vuorovaikutuksessa. Esimerkiksi mikroaaltouuni menee päälle nappia painamalla ja jääkaapissa menee valo päälle, kun sen aukaisee. Nämä pienet yksityiskohdat ovat tärkeitä korottamaan pelin immersiota.

ICT Showroomissa on kaikkien Turun korkeakoulujen opiskelijoiden esittelemiä innovaatioita ja se on osa vuosittaista ICT Week -tapahtumaa. Vuonna 2017 Showroomiin osallistui yli viisikymmentä opiskelijaryhmää, joista tuomaristo palkitsi parhaat. Saimme yleisöltä paljon positiivista palautetta, varsinkin niiltä henkilöiltä joille tämä oli ensimmäinen kokemus virtuaalitodellisuudesta. Projektimme voitti myös parhaan virtuaalitodellisuussovelluksen palkinnon. (Turun Ammattikorkeakoulu 2017)

Pian ICT Showroomin jälkeen projektin kehitys kuitenkin keskeytyi, sillä projektissa käytetyn HTC Viven omistaja poistui theFIRMAsta, eikä siellä ollut toista. Projektin kehittämistä ei ole tämän jälkeen jatkettu.

## 8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Virtuaalitodellisuuden teknologia on ollut huimassa nousussa muutaman viime vuoden ajan. Virtuaalitodellisuuslaitteiden seuraava askel on tehdä niistä vieläkin enemmän todentuntuisia ja ainakin Oculus on ilmoittanut kehittävänsä erikoishanskoja, joilla saada vuorovaikutus tuntumaan erittäin todenmukaiselta. Myös laitteiden tarkkuus parantaa todentuntuisuutta ja Suomalainen yhtiö Varjo on kehittämässä teollisuustarkoitukseen omaa erittäin tarkkaa VR-laitettaan. Tästä päätellen on turvallista sanoa, että virtuaalitodellisuuden historia näyttää valoisalta. Odotan innolla, miten teknologia parantuu tulevaisuudessa. En usko, että ainakaan lähitulevaisuudessa tulemme näkemään kuluttajille suunnattua kineettistä pukua, joka reagoi tarkasti pelien tapahtumiin.

Myös normaaleilla ohjaimilla on tapahtunut muutosta viime aikoina. Steam Controllerin kaikki näppäimet ovat täysin käyttäjän itsensä muokattavissa ja kommuuni on tehnyt erittäin monipuolisia asetuksia moniin peleihin. Valve ei ole ilmoittanut mitään Steam Controllerin seuraajasta, mutta uskon sen olevan tulossa. Toivottavasti Sony ja Microsoft ottavat mallia sen muokattavuudesta seuraaviin konsoleihin, sohvalta pelaamista voi aina parantaa. DualShock 4 ja Steam Controllerista löytyvä liikkeentunnistus on hyvä lisä ensimmäisestä persoonasta pelattaviin peleihin, muttei se yllä lähellekään hiiren tarkkuuteen.

Projektissa meidän piti tehdä peli HTC Vive -laitteelle ja esittää sitä ICT Showroomissa. Aluksi oli vaikeuksia saada fysiikoita kuntoon, mutta NewtonVR:n löytymisen jälkeen saimme fysiikat kuntoon, kunhan vain opettelimme käyttämään sitä oikein. Ja tulokset näkyivät, sillä saimme parhaan VR-ohjelman diplomin ICT Showroomissa. Mikäli tulen ikinä kehittämään toista virtuaalitodellisuuspelejä, niin tulen ainakin ehdottamaan ryhmälle NewtonVR:n käyttöä. Opin tätä työtä tehdessäni paljon pelikehityksestä ja virtuaalitodellisuuspeleistä yleisesti.

Jatkotutkimusta aiheesta voisi tehdä syvemmältä kannalta. Joku voisi tutkia miksi Unityn objektit käyttäytyvät niin kuin ne nyt tekevät, kun ne liikkuvat todella nopeasti. Joku voisi tutkia olisiko nämä mahdollisesti korjattavissa muokkaamalla sitä, miten Unity käsittelee nopeasti liikkuvia objekteja. Jos tämä korjautuisi, niin tulevien projektien ei tarvitsisi käyttää NewtonVR:ää muuhun tarkoitukseen, kuin valmiiseen ohjelmakirjastoon, jossa kaikki näppäimet ja VR:ään liittyvät asetukset ovat jo kohdillaan.

## LÄHTEET

BADICH, N. 2018. *How Virtual Reality Will Change How We Learn and How We Teach*. Viitattu 28. Huhtikuuta 2018. <https://theblog.adobe.com/virtual-reality-will-change-learn-teach/>

BARTH, Z., 2016. *Using Unity at Valve*. Saatavilla: <https://www.youtube.com/watch?v=4Gs5k2Fti1U>

BROCKWELL, H., 2016, *Forgotten genius: the man who made a working VR machine in 1957*. Viitattu 20. Huhtikuuta 2017. <http://www.techradar.com/news/wearables/forgotten-genius-the-man-who-made-a-working-vr-machine-in-1957-1318253>

CADDY, B., 2016, *Vomit Reality: Why VR makes some of us feel sick and how to make it stop*. Viitattu 9. Toukokuuta 2017. <https://www.wearable.com/vr/vr-headset-motion-sickness-solution-777>

COMPUTER HISTORY MUSEUM, N.D., *EDSAC - CHM Revolution*. Viitattu 3. Huhtikuuta 2017 <http://www.computerhistory.org/revolution/birth-of-the-computer/4/95>

DICTIONARY.COM, N.D, *Immersion | Define Immersion at Dictionary.com*. Viitattu 24. Toukokuuta 2018. <http://www.dictionary.com/browse/immersion>

EVARTS, H., 2016, *Fighting Virtual Reality Sickness*. Viitattu 26. Toukokuuta 2017 <http://engineering.columbia.edu/fighting-virtual-reality-sickness>

GALAN, W., 2014, *Oculus Rift Development Kit 2 Teardown*. Viitattu 23. Toukokuuta 2017 <https://www.ifixit.com/Teardown/Oculus+Rift+Development+Kit+2+Teardown/27613>

GOODGAMETV, 2008, *Good Game Stories - Backwards Compatible - The Power Glove*. Viitattu 3. Huhtikuuta 2017 <http://www.abc.net.au/tv/goodgame/stories/s2248843.htm>

GOOGLE, N.D, *Daydream*. Viitattu 25. Toukokuuta 2017 <https://vr.google.com/daydream/>

HÄMÄLÄINEN, T., 2016, *Virtuaalitodellisuus tulee taas: Katsaus VR-laitteiden hulluun historiaan*. Viitattu 20. Huhtikuuta 2017 <https://muropaketti.com/artikkelit/virtuaalitodellisuus-tulee-taas-katsaus-vr-laitteiden-hulluun-historiaan/>

LONDON, A., 2017, *Oculus Rift 2: release date, news and rumors*. Viitattu 25. Toukokuuta 2017 <http://www.techradar.com/news/oculus-rift-2-release-date-news-and-rumors>

LOWE, S., 2014, *Facebook to Acquire Oculus VR for \$2 Billion*. Viitattu 23. Toukokuuta 2017 <http://www.ign.com/articles/2014/03/25/facebook-to-acquire-oculus-vr-for-2-billion#>

US 20170039959. 2016 SYSTEMS AND METHODS FOR USING MULTIPLE MEMS PROJECTORS TO DETERMINE A POSITION OF A PHOTSENSOR OF AN HMD OR ANOTHER CONTROLLER. Sony Interactive Entertainment Inc. Tokio, Japan. (Mallison, D) US 15/199944, 30.6.2017 julk. 9.2.2017. 55 s.

MARCHANT, J. 2017, *Virtually painless – how VR is making surgery simpler*. Viitattu 26. Toukokuuta 2017 <https://mosaicscience.com/story/virtual-reality-VR-surgery-pain-mexico>

LANGSHAW, M. 2014, *A look back at the Magnavox Odyssey*. Viitattu 3. Huhtikuuta 2017 <http://www.digitalspy.com/gaming/retro-gaming/feature/a616235/magnavox-odyssey-retrospective-how-console-gaming-was-born/>

MASON, B., 2016, *Virtual reality raises real risk of motion sickness*. Viitattu 7. Toukokuuta 2017 <https://www.sciencenews.org/article/virtual-reality-raises-real-risk-motion-sickness>

OCULUS RIFT, 2012, *Oculus Rift: Step Into the Game*. Viitattu 13. Maaliskuuta 2017 <https://www.kickstarter.com/projects/1523379957/oculus-rift-step-into-the-game>

PARKIN, S., 2015, *How VR is training the perfect soldier*. Viitattu 28. Huhtikuuta 2018 <https://www.wearable.com/vr/how-vr-is-training-the-perfect-soldier-1757>

PORTER, J., 2017, *HTC Vive 2: Release date, news and rumors*. Viitattu 25. Toukokuuta 2017 <http://www.techradar.com/news/htc-vive-2-release-date-news-and-rumors>

RUBIN, P., 2017, *A company called Varjo has possibly solved vision-quality VR*. Viitattu 23. Toukokuuta 2018 <https://www.wired.com/story/varjo-vr-microdisplay/>

SKYTT, L., 2016, *Virtuaalitodellisuuden ABC*. Viitattu 26. Toukokuuta 2017 <http://tieku.fi/teknologia/vempaimet/virtuaalitodellisuus>

SMITH, N., 2017, *How virtual reality is shaking up the music industry*. Viitattu 27. Huhtikuuta 2018 <http://www.bbc.com/news/business-38795190>

SONY, N.D., *Tech Specs*. Viitattu 23. Toukokuuta 2017 <https://www.playstation.com/en-us/explore/playstation-vr/tech-specs/>

TOMORROWTODAYLAB, N.D., *NewtonVR*. Viitattu 12. Maaliskuuta 2017 <https://newtonvr.readme.io/v0.9/>

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU, 2017, *Opiskelijaprojektit loistivat ICT Cityssä*. Viitattu 25. Huhtikuuta 2018 <https://www.turkuamk.fi/fi/ajankohtaista/1380/opiskelijaprojektit-loistivat-ict-talossa/>

VALVE, N.D., *HTC Vive Installation Guide*. Viitattu 23. Toukokuuta 2017 [https://support.steampowered.com/steamvr/HTC\\_Vive/](https://support.steampowered.com/steamvr/HTC_Vive/)

VARJO TECHNOLOGIES, N.D., *Media - Varjo*. Viitattu 24. Toukokuuta 2018 <https://varjo.com/media/>

VENERE, E., 2015, '*Virtual nose*' may reduce simulator sickness in video games. Viitattu 26. Toukokuuta 2017  
<http://scholar.aci.info/view/1440d5c126e0f0c0104/14e50eefa4700010005>

VIVE, N.D., VIVE Pro | *The professional-grade VR headset*. Viitattu 23. Toukokuuta 2018 <https://www.vive.com/eu/product/vive-pro/>

WIKIPEDIA, N.D. a, *Git*. Viitattu 30. Toukokuuta 2018 <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Git&oldid=843622974>

WIKIPEDIA, N.D. b, *Steam Controller*. Viitattu 23. Toukokuuta 2018 [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Steam\\_Controller&oldid=841031978](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Steam_Controller&oldid=841031978)

WIKIPEDIA, N.D. c, *Virtuix Omni*. Viitattu 23. Toukokuuta 2018 [https://en.wikipedia.org/wiki/Virtuix\\_Omni](https://en.wikipedia.org/wiki/Virtuix_Omni)

WINTER, D., 2013a, *Pong-Story : A.S. Douglas' 1952 Noughts and Crosses game*. Viitattu 3. Huhtikuuta 2017 <http://www.pong-story.com/1952.htm>

WINTER, D., 2013b, *Pong-Story : Atari PONG*. Viitattu 3. Huhtikuuta 2017  
<http://www.pong-story.com/atpong1.htm>

YOUTUBE, 2016. *YouTube VR: A whole new way to watch... and create*. Viitattu 27. Huhtikuuta 2018 <https://youtube.googleblog.com/2009/07/now-in-3d-join-experiment-with-us.html>

YOUTUBE, 2009. *Now in 3D: Join the Experiment With Us!* Viitattu 27. Huhtikuuta 2018 <https://youtube.googleblog.com/2016/11/youtube-vr-whole-new-way-to-watch-and.html>