

Ville Koskinen

3D-tulosteiden hyödyntäminen virtuaalitodellisuudessa



Insinööri (AMK)
Tieto- ja viestintätekniikka
Kevät 2020



**KAMK • University
of Applied Sciences**

Tiivistelmä

Tekijä: Koskinen Ville

Työn nimi: 3D-tulosteiden hyödyntäminen virtuaalitodellisuudessa

Tutkintonimike: Insinööri (AMK), tieto- ja viestintätekniikka

Asiasanat: virtuaalitodellisuus, 3D-tulostus, ohjelmistokehitys

Työn toimeksiantajana toimi Kajaanin ammattikorkeakoulun kehitysyksikkö Clever Simulation Entertainment (CSE). CSE on erikoistunut virtuaalitodellisuuteen (VR) pohjautuviin ratkaisuihin koulutus- sekä hyötykäytössä. Viime aikoina yksikkö on ottanut tutkintaan 3D-tulosteiden yhdistämisen virtuaalitodellisuusprojekteihin.

Työn tavoitteena oli tutkia 3D-tulosteen yhdistämistä virtuaalitodellisuusympäristöön käyttäjän uppouttamisen avustamiseksi ja luoda sopiva ympäristö tulosteen testaamiseen. Tuloste luotiin VR-ohjainlaitteen toiminnallisuuden monipuolistamiseksi.

3D-tulostaminen mahdollistaa uusien kappaleiden ja prototyyppien nopean luomisen rajoitetuissa tiloissa. Tulosteita voidaan luoda esimerkiksi tukemaan käyttäjän uppoutumista virtuaalitodellisuusympäristöön.

Työssä suunniteltiin ja luotiin VR-ympäristö pilkkimistilanteen simuloimiseksi. Testiympäristössä pelaajan on mahdollista liikuttaa ohjainlaitetta sekä käyttää luotua tulostetta pilkkivavan tavoin. Sen lisäksi työssä suunniteltiin ja luotiin 3D-tuloste tukemaan pilkkimisen simulaatiota. Tulosteen seurannan apuna käytettiin HTC Vive Tracker -seurantalaitetta.

Lopputuloksena syntyi yksinkertaisesti replikoitava ja kestävä tuloste. Tulosteita on mahdollista hyödyntää monin tavoin virtuaalitodellisuudessa seurantalaitteiden sekä mekaanisten lisälaitteiden kanssa.

Abstract

Author: Koskinen Ville

Title of the Publication: Utilizing 3D Printing in Virtual Reality

Degree Title: Bachelor of Engineering, ICT Engineering

Keywords: virtual reality, 3D printing, software development

This Bachelor's thesis was commissioned by Clever Simulation Entertainment (CSE), a development unit of Kajaani University of Applied Sciences. CSE specializes in virtual reality (VR) based solutions for training and utilization purposes. Recently, the unit has started investigating the integration of 3D printed objects into virtual reality projects.

The objective of the project was to investigate the possibilities of utilizing 3D printing to further aid in the immersion with a virtual reality environment. The 3D printed object was created to diversify the functionality of the VR controller.

Utilizing 3D printing allows the possibility of creating complex prototypes in a relatively short time span and low resource cost.

The VR environment was designed and created to simulate an ice fishing situation. In the test environment, it is possible for the player to move the control device and utilize the printed object in to simulate ice fishing mechanics. Along with the environment, a 3D printed object was designed and created to support the simulation. A 3rd party tracking device, HTC Vive Tracker, is utilized during the process to allow external object tracking.

The result of this project was an easily replicable and durable print.

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Virtuaalitodellisuus	2
2.1	VR-laitteisto	2
2.2	Virtuaalitodellisuuden hyötykäyttö	3
3	3D-tulostaminen	5
3.1	Käyttötarkoitukset	5
3.2	Tekniikat	6
4	Kehitysympäristö ja kappalemalli	7
4.1	Kehitysympäristö	7
4.2	Sovellus	8
4.3	3D-tuloste	8
5	Ohjainlaite	10
5.1	Mallinnus	10
5.2	Tulostus	12
6	Ympäristö	14
6.1	Alustus	15
6.2	Ohjain	17
6.3	Kampi	19
6.4	Viimeistely	19
7	Yhteenveto	21
	Lähteet	23

Symboliluettelo

Blueprint	Unreal Enginen visuaalinen skriptauskieli
CAD	Computer-aided Design, tietokoneavusteinen suunnittelumalli
CSE	Clever Simulation Entertainment
HMD	Head Mounted Display, virtuaalitodellisuuskypärä
OBJ	Object file, standardi 3D-malliformaatti
VR	Virtual Reality, virtuaalitodellisuus

1 Johdanto

Virtuaalitodellisuus (engl. Virtual Reality, VR) on nopeasti suosiota kerännyt simulaatiotekniikka, jolla on mahdollista uppouttaa käyttäjä keinotekoiseen ympäristöön. Uppouttaminen tapahtuu VR-lasien sekä mahdollisesti muiden aistiärsykkeiden, kuten haptisen palautteen, avulla. Markkinoilla on saatavilla yhä enemmän ratkaisuja käyttäjän uppouttamiseen, mutta useimmille nämä kehitysaallon harjalla kulkevat ratkaisut ovat liian kalliita tai monimutkaisia. Tämä työ tutkii 3D-tulostuksella toteutettavia ratkaisuja VR-projekteihin.

Työn tilaaja on Clever Simulation Entertainment (CSE), noin 15 henkilöä työllistävä virtuaalitodellisuuslaboratorio Kajaanin ammattikorkeakoulussa. CSE tuottaa virtuaalitodellisuusratkaisuja teollisuus- sekä koulutuskäyttöön. [1.]

Hankkeessa tuotetaan virtuaalitodellisuussimulaatiota tukeva 3D-tuloste. Hankkeen tavoitteena on tutkia 3D-tulosteiden hyötykäyttöä VR-ympäristössä ja liittämistä virtuaalitodellisuuslaitteiston ohjaimiin. Tuloste suunnitellaan mahdollisimman yksinkertaiseksi ja helposti replikoitavaksi. Tuottaminen ja testaus tapahtuu Kajaanin ammattikorkeakoulun tiloissa.

Tulosteen testaamistarkoitukseen luodaan peliprojekti virtuaalitodellisuusympäristössä. Projekti luodaan testiympäristöksi, joten testaamisen kannalta ylimääräiset asiat joko poistetaan projektista tai jätetään huomioimatta.

Työssä tutkitaan myös virtuaalitodellisuuden sekä 3D-tulostamisen hyötykäyttöä teollisuudessa sekä koulutuksessa. Tulosteen ja ohjelmiston testauksessa sekä laitteiston käyttöönotossa on avustanut henkilöstöä CSE:ltä sekä Kajaanin ammattikorkeakoululta.

2 Virtuaalitodellisuus

Virtuaalitodellisuus on simuloitun ympäristön toteuttamista tietotekniikan avulla, ja se eroaa perinteisestä käyttäjärajapinnasta. Sen sijaan että käyttäjä katsoisi näyttöä edessään, hän voi uppoutua kokemukseen ja olla vuorovaikutuksessa simuloitun 3D-ympäristön kanssa. [2.]

Tällä hetkellä virtuaalitodellisuus on toteutettavissa erilaisten virtuaalitodellisuuskypärien, haptisten ohjainlaitteiden tai moninäyttöympäristöjen avulla, jotka simuloivat käyttäjälle kuvaa, ääniä tai tunnetta upottaakseen käyttäjän simulaatioon.

Virtuaalitodellisuuden tärkein ominaisuus on siis käyttäjän uppoutuminen kokemukseen. Pelikäytössä VR on erinomainen ympäristö juuri tämän ominaisuuden takia, mutta myös opetuskäytössä siitä on hyötyä. Monet oppivat juuri tekemällä harjoitteita omin käsin lukemisen sijaan, ja virtuaalitodellisuudessa on mahdollista simuloida lähes minkälaisia tilanteita tahansa.

2.1 VR-laitteisto

VR-toiminallisuus perustuu pelaajan sijainnin sekä käsien seurantaan, joiden avulla voidaan vuorovaikuttaa virtuaalitodellisuuskokemukseen. Pelaajan toimien seurantaan on kaksi vaihtoehtoista menetelmää. Ensimmäinen vaihtoehto on käyttää pelialueen reunoille sijoitettavia majakoita, jotka seuraavat käytössä olevien laitteiden sijaintia jatkuvasti. Toinen vaihtoehto on kypärään sisäänrakennettu seuranta, joka laskee pelaajan sekä peliohjaimien sijaintia suhteessa huoneen seiniin ja lattiaan.

Virtuaalitodellisuuskokemuksen toteuttamiseen vaadittavien laitteistojen kehitystyö on painottunut pääasiassa kypäriin sekä haptisen palautteen eli tuntoaistimuksen tuottamiseen. Virtuaalitodellisuuskypärät antavat käyttäjälle stereoskooppisen kuvan simulaatiosta kahden silmien tasolle sijoitetun näytön avulla.

Vuorovaikutus virtuaalitodellisuudessa tapahtuu erilaisilla ohjaimilla, jotka ovat joko analogisia tai haptisia. Analogisilla ohjaimilla tarkoitetaan ”perinteisiä” ohjainmalleja, joita pidetään kädessä ja vuorovaikutetaan ympäristöön ohjaimessa olevien näppäimien avulla. Haptiset ohjaimet vuorostaan antavat tuntopohjaista palautetta käyttäjälle tämän vuorovaikuttaessa ympäristöönsä. Haptiset laitteet voivat olla esimerkiksi hanskoja, jotka luovat erittäin

immersiivisen kokemuksen antamalla tuntopalautteen kämmeniin pelaajan koskettaessa VR-ympäristössä jotain esinettä.

2.2 Virtuaalitodellisuuden hyötykäyttö

Virtuaalitodellisuudella on monia käyttökohteita koulutuksessa, sillä sen avulla on mahdollista simuloida lähes kaikkia tilanteita ilman ulkoisia resursseja tai riskejä. Käyttömahdollisuuksia löytyy esimerkiksi lääketieteen alalta, jossa opiskelijat voivat harjoitella riskittömästi erilaisia toimenpiteitä lähes identtisellä tavalla kuin käytännössä. Kuvassa 1 on esimerkki sairaanhoidon opiskelijoille suunnatusta VR-koulutusympäristöstä.



Kuva 1. Simppeli CPR, Clever Simulation Entertainment. Ote harjoitusta seuraavan opettajan näytöltä. [3]

Tekniikan alalla on mahdollista hyödyntää virtuaalitodellisuutta esimerkiksi metallisorvin turvallisessa käyttöönotossa. Sorvin käytön kouluttaminen oikealla laitteella voi aiheuttaa vaaratilanteita ja johtaa jopa henkilövahinkoihin väärinkäytön sattuessa. Hyödyntämällä virtuaalitodellisuussimulaatiota koulutuksessa voidaan välttää näitä riskejä. Kuvassa 2 on esitetty näkymä tekniikan alan opiskelijoille rakennetusta metallisorvin VR-simulaatiosta.



Kuva 2. Metal Workshop VR, Clever Simulation Entertainment. Metallisorvin harjoitusympäristö.
[4]

Virtuaalitodellisuuden kehitys on ollut suuressa kasvussa 2010-luvulla, kun teknologia nousi suosioon kuluttajakäytössä. Tekniikka kehittyy jatkuvasti kohti soveltuvuutta tarkkaan oikean elämän simuloimiseen. Merkittävimpiä teknologisia kehitysaskelaita ovat olleet kasvanut kuvaresoluutio, tarkempi seuranta ja realistisempi haptinen palaute.

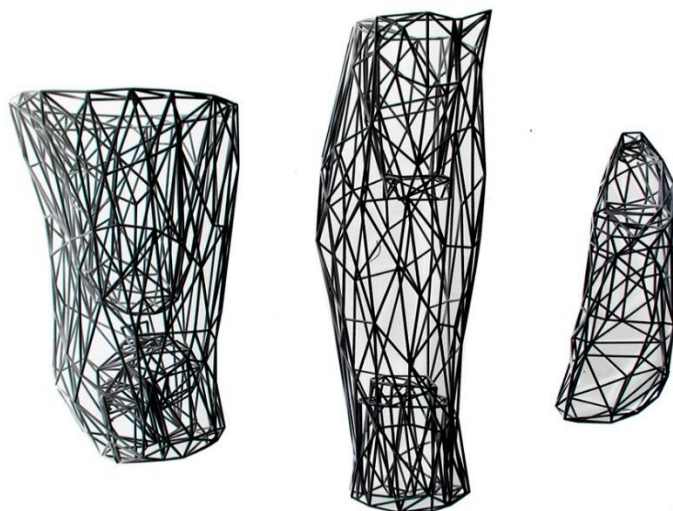
3 3D-tulostaminen

3D-tulostaminen on kappaleiden luontia tulostamalla kerroksittain erilaisia materiaaleja. Se on siis vastakohta perinteiselle tuottamiselle, jossa valmiista raaka-aineesta poistetaan turhaa materiaalia, kunnes saavutetaan haluttu lopputulos. Toteutukseen on monta tapaa, ja jokaista tulostettavaa esinettä voidaan muokata ohjelmiston avulla, mikä tekee siitä hyvän valinnan mm. prototyyppien luomiseen. [5.]

3.1 Käyttötarkoitukset

3D-tulostaminen on monikäyttöinen työkalu, jonka avulla voidaan luoda nopeasti fyysisiä mallikappaleita erilaisista tuotteista. Sen lisäksi menetelmällä kyetään valmistamaan proteeseja erilaisiin vammoihin, lisälaitteita jo olemassa oleviin käyttökohteisiin tai henkilökohtaisia asusteita, kuten koruja ja silmälasirunkoja. [6.]

3D-tulostusta on hyödynnetty jo pitkään tuotannon aloilla prototyyppien nopeaan luomiseen. Menetelmän käyttö lääketieteessä on niin ikään yleistynyt tukilaitteiden ja proteesien, jopa kudostenkin, luomisessa. [7.] Kuvassa 3 on esitetty CAD-malli esteettisesti miellyttäväksi suunnitellusta jalkaproteesista. 3D-tulostuslaitteiden saatavuuden kasvaessa on amputaatiopotilailla parempi mahdollisuus suunnitella ja tulostaa mieleisiään proteeseja.



Kuva 3. Esteettinen ja toimiva jalkaproteesi. William Root, EXO Prosthetic Leg. [8]

Myös rakennusalalla tulostamisesta on hyötyä, sillä sen avulla voidaan suunnitella ja tuottaa jopa kokonaisia elementtejä tulostusmateriaalista ja itse tulostimesta riippuen [2]. Tekniikan kehittyessä ei ole mahdotonta ajatella tulevaisuutta, jossa 3D-tulostus ei olisi arkipäivää jokaisella alalla ja kotona.

3.2 Tekniikat

3D-tulostamisen toteutus voidaan jakaa ISO/ASTM International Standard -määritelmän mukaan [9] seitsemään kategoriaan:

- Astiassa valopolymerointi
- Materiaalin suihkutetus
- Sidosaineen suihkutetus
- Jauhefuusio
- Materiaalin puristaminen
- Suunnattu energiakerrostuma
- Levylaminointi

Näistä metodeista tämä projekti on toteutettu materiaalin suihkutuksella, joka toimii samalla peruseriaatteella kuin 2D-tulostus. Materiaalin suihkutuksella tuloste luodaan suihkuttamalla tulostusainetta kerroksittain, kunnes kappale on valmistunut. Tulostusaineena voidaan käyttää montaa erilaista materiaalia, mm. ABS-muovia, kumia tai läpinäkyvää muovia. [10.]

Jotkin tulostinmallit mahdollistavat kappaleiden tulostamisen harvatäytöllä, jolloin tulosteen sisärakenne luodaan verkkomaisesti kokonaisen tiiviin tulostamisen sijaan. Tämä on hyvä vaihtoehto prototyyppikappaleiden luontiin, sillä se säästää tulosteainetta runsaasti. On kumminkin huomioitava, että harvatäyttöinen tuloste ei ole yhtä kestävä kuin kokotäytöllä tulostettu kappale, vaikka ulkoisesti ne näyttävätkin samalta. [11.]

4 Kehitysympäristö ja kappalemalli

Lähtökohta projektille on simuloitavan ympäristön suunnittelu, johon rakennetaan ohjainlaitteita tukeva 3D-tulostettu kappale. Simulaatioympäristöksi tehdään pilkkimistilanne, jossa pelaaja simuloi pilkkivavan käyttöä tulostettavalla lisäkappaleella. Tilanne on valittu sen yksinkertaisen mutta mielenkiintoisen toteutusmahdollisuuden takia.

Tavoite projektille on tutkia 3D-tulostamisen hyötykäyttömahdollisuuksia virtuaaliodellisuussimulaatioissa sekä suorittaa tulostamisen hyöty- ja arvovertailua kaupallisesti tuotettaviin vaihtoehtoihin.

Tulostettavana kappaleena käytetään yksinkertaistettua versiota kaupallisesti saatavilla olevasta pilkkivavasta, johon lisätään ominaisuudet seurantalaitteen kiinnittämiseen. Laite seuraa kappaleen x-, y- ja z-akselien suuntaisia liikkeitä sekä kunkin akselin suhteen tapahtuvia pyörimisliikkeitä. Kuuden vapausasteen liikedatan avulla on mahdollista toteuttaa virtuaaliodellisuudessa realistinen kuvaus kappaleen liikeradoista.

Virtuaaliodellisuuden toteutus tapahtuu Unreal Engine 4 -pelimoottorilla, jolla toteutetaan liikedatan replikointi. Virtuaaliodellisuusprojektissa voi liikuttaa ja pyörittää kappaletta vapaasti sekä tutkia liikedatan täsmällisyyttä verrattuna oikeaan kappaleeseen.

4.1 Kehitysympäristö

Virtuaaliodellisuusympäristön kehitysalustana toimi HTC VIVE VR-laitteisto sekä HTC VIVE Tracker -lisälaitte. Projekti on toteutettu VIVE Pro VR-kypärällä sekä -ohjaimilla, mutta testattu toimivaksi myös vanhemmalla HTC Vive -virtuaalilaitteistolla. Muita VR-laitteistoja ei ole testattu yhteensopivaksi projektin kanssa, sillä tämä olisi vaatinut uuden ohjainmallin toteuttamista.

HTC VIVE ja HTC VIVE Pro ovat virtuaaliodellisuuskypäriä, jotka vaativat toimiakseen Steam VR -ohjelmiston [12]. Kypärien erot näkyvät eniten linssien resoluutiassa, joista uudempi VIVE Pro on tarkempi resoluution ollessa 1440 x 1600 pikseliä per linssi [13]. Vanhemmassa VIVE:n versiossa resoluutio on ainoastaan 1080 x 1200 pikseliä per linssi [14].

4.2 Sovellus

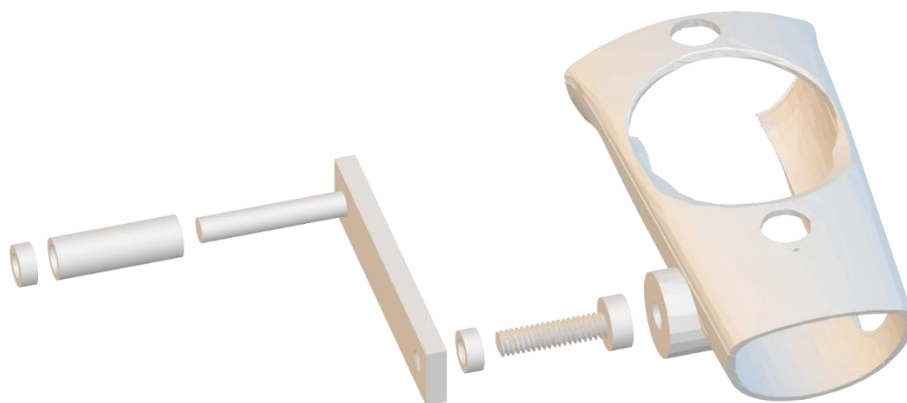
Testiympäristönä käytetty sovellus on toteutettu Unreal Engine 4 -pelimoottorilla [15]. Unreal Engine on ilmainen ja moneen käyttötarkoitukseen soveltuva pelimoottori. Unreal Engine valittiin tähän projektiin sen sisäänrakennetun virtuaaliodellisuustuen vuoksi. Moottori hyödyntää Forward Render -menetelmää, joka esilaskee kuvaa taustalla ja piirtää sen tarkasti vain näkökentän alueella mahdollistaen sujuvan VR-kokemuksen [16].

Projektin testiympäristössä on mahdollista liikuttaa tulostettua kappaletta halutulla tavalla sekä pyörittää kampea, jolloin virtuaalisesti toteutettu kappale tekee samoin. Testiympäristössä on myös mahdollista poimia virtuaalikappaleella esineitä maasta eli pilkkiä, joskin yksinkertaisesti.

4.3 3D-tuloste

Projektissa käytettävä tulostekappale on suunniteltu yksinkertaisella Windows 3D Builder -mallinnusohjelmalla [17]. Mallinnuksen tärkeimpiä vaatimuksia olivat kappaleen helppo replikointi, resurssisäästeliäs tulostus sekä kestävä tulostuksen jälkeinen kokoaminen.

Kuvassa 4 näkyy tulostettavan kappaleen kaikki komponentit räjäytyskuvana. Se koostuu kuudesta yhteensopivasta osasta, jotka kiinnittyvät toisiinsa kitkan avulla, jolloin ulkoisia kiinnikkeitä, kuten liimaa, ei tarvita. Kappaleeseen kuuluu seurantalaitteen kiinnittämiseen suunniteltu 6.35 millimetrin ruuvi ($\frac{1}{4}$ " standardi kameraruuvi), joka voidaan myös korvata metallisella versiolla sen ollessa saatavilla.



Kuva 4. Räjätyskuva tulosteesta

Kappaleen tulostukseen valittiin käytettäväksi Kajaanin ammattikorkeakoulun tiloissa sijaitseva Dimension SST 768 -tulostin [18]. Tulostin käyttää kestäväää mutta joustavaa ABS-kuitumuovia tulosteen aineena, joka antaa ohjainkappaleelle kevyen painon ja pitkän käyttöiän. Ohjelmistona kappalemallin siirtämiseen tulostimelle on käytössä CatalystEX [19]. Ohjelma hyväksyy STL-mallitiedostoja ja laskee tulosteen koon, tulosteaineiden käytön sekä asettelee ne tulostettavaan asentoon. Ohjelmiston avulla on mahdollista säätää tulostustiiviyyttä, -tarkkuutta, -asentoa ja -kokoja manuaalisesti. Kappaleen tulostustarkkuudeksi on asetettu .330 mm parhaimman lopputuloksen saavuttamiseksi.

5 Ohjainlaite

Ohjainlaite pohjautuu pilkkimisessä käytettyyn vapamalliin, jonka toiminnallisuuden jäljittelyä varten on mahdollistettava erillinen seuranta vavan ja kammen sivuittais- ja pyörimisliikkeille. Vavan liikettä kuvataan VIVE-ohjaimella ja kammen liikettä HTC VIVE Tracker -seurantalaitteella [20]. Seurantalaitetta kuvataan simulaatioympäristössä Vive Tracker 3D-mallilla, joka on esitetty kuvassa 5. Mallin käyttö on sallittu CC BY 4.0 -lisenssillä [21], joka vaatii käyttäjän esittämään mallin alkuperäisen tekijän.



Kuva 5. Vive Tracker 3D-malli, Romero M. [22]

Ohjainlaite kokonaisuudessaan seuraa vain kappaleiden liikedataa, mutta siihen on mahdollista lisätä toiminnallisuutta ottamalla käyttöön molempien HTC VIVE -laitteiden sisäänrakennetut näppäimet. Tässä hankkeessa painikkeille ei ole tarvetta, eikä niille siksi ole implementoitu toiminnallisuutta.

5.1 Mallinnus

Mallinnusohjelmana on käytetty Windows 10 -käyttöjärjestelmän valmiiksi asennettua 3D Builder -ohjelmaa [17], joka valittiin sen helppokäyttöisyyden ja 3D-tulostuksen yhteensopivuuden takia. Muita monikäyttöisempiä mallinnusohjelmia ovat mm. Blender [23] sekä Autodesk 3ds Max [24].

Tulosteen rungon pohjana on käytetty HTC VIVE -ohjainlaitteen vapaasti käytettävissä olevaa 3D-mallia, joka ovat saatavilla Steam VR -ohjelmiston asennusjuuresta muodossa .OBJ. Kuvassa 6 näkyy suunniteltu ohjainkappale sekä alkuperäinen ohjainlaitteen malli rinnakkain. Ohjainlaitteen sekä muiden Steam VR -laitteiden mallit löytyvät kansiolusta “Steam/steamapps/common/SteamVR/resoruces/rendemodels”.

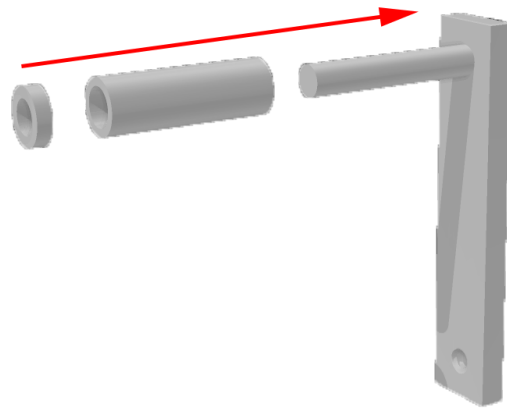


Kuva 6. Tulostettava ohjainkappale sekä HTC VIVE -ohjainlaitteen malli

Pyöritettävä osa kappaleesta, kampi, koostuu litteästä suorakulmiosta sekä kädensijan muodostavista lieriöistä. Kaikki toisiinsa kiinnittyvät kohdat kappaleista on suunniteltu tiiviisti istuviksi, joten käytössä olevasta tulostimesta riippuen tulostustarkkuutta joutuu mahdollisesti säätämään tulostamisen yhteydessä. Tässä hankkeessa tuotettu kappale on tulostuksen yhteydessä säädetty 2 millimetriä suuremmaksi kompensoimaan tulostustarkkuutta.

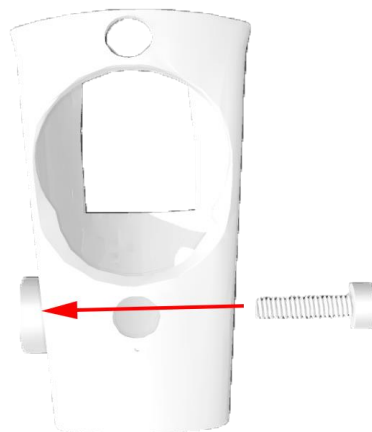
5.2 Tulostus

Kappaleen runko on suunniteltu istumaan VIVE- sekä VIVE Pro -ohjaimen päälle napakasti muttei liian vaikeasti poistettavasti. Ennen kappaleen kiinnitystä ohjaimen se tulee koota käyttövalmiiksi. Kuva 7 havainnollistaa pyöritettävän kampiosan kokoamisvaihetta. Pyöritettävä lieriöosa jää vapaaseen liikkeeseen, mutta sitä paikallaan pitävä levy pysyy napakasti kiinni.



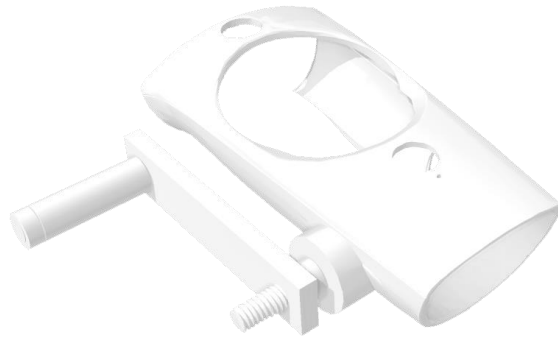
Kuva 7. Pyöritettävän kampiosan kokoaminen

Ohjaimen kiinnittyvään runkoon tulee lisätä pyöritettävää osaa sekä seurantalaitetta tukeva ruuvi. Ruuvi on mahdollista työntää paikoilleen runko-osassa olevasta aukosta kuvan 8 mukaisesti.



Kuva 8. Ruuvin kiinnitys runko-osaan

Lopuksi tulee pyörittää kappiosa kuvan 9 mukaisesti paikoilleen niin, että se on tarpeeksi lähellä runko-osaa pysyäkseen tukevasti kiinni. Se ei kuitenkaan saa olla liian lähellä, jotta käyttäjän sormet mahtuvat tukemaan runko-osaa. Lisäksi ruuvista täytyy jäädä tarpeeksi ylimääräistä pituutta seurantalaitteen kiinnittämiseen.



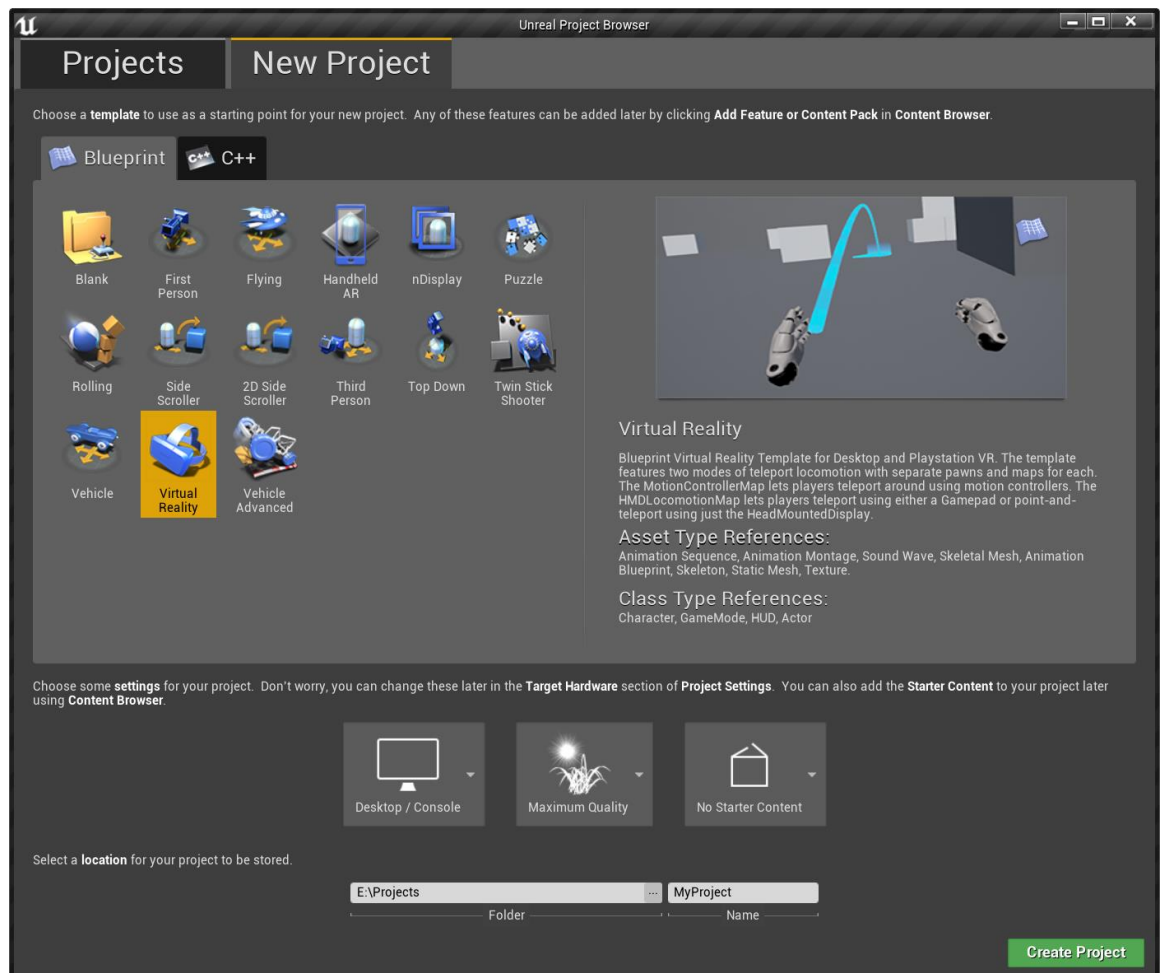
Kuva 9. Kappale koottuna ja käyttövalmiina

Kappaletta tulostaessa kappalemalli on annettava tulostimelle yksi objekti kerrallaan. Objektit täytyy asetella tulostumaan niin, etteivät ne kosketa toisiaan, jotta vältetään yhteen liimautuneilta osilta. Koska kappale on suunniteltu napakasti istuvaksi, tulostustarkkuus tulisi pitää mahdollisimman korkeana parhaimman tuloksen saavuttamiseksi. Kappale on mahdollista myös tulostaa vajaatäytöllä tulostusmateriaalin säästämiseksi. Jatkuvaa käyttöä kestävä rakenteen takaamiseksi täystulostus on kumminkin suotavaa.

6 Ympäristö

Käyttöympäristöksi valittu Unreal Engine 4 tukee versiosta 4.17 ylöspäin sisäänrakennetusti seuraavia virtuaalitodellisuuslaitteistoja: Google VR, Oculus Rift, Samsung Gear VR, Windows Mixed Reality sekä SteamVR [25].

Hyödynnettäessä moottorin sisäänrakennettua virtuaalitodellisuustukea on mahdollista luoda projekti, jossa on valmiina VR-laitteen tunnistus, liikkuminen sekä ohjainlaitteiden käyttö vaikuttamiseen ympäristön kanssa. Kuvassa 10 on esitetty uuden projektin luominen sisäänrakennettua tukea hyödyntäen.

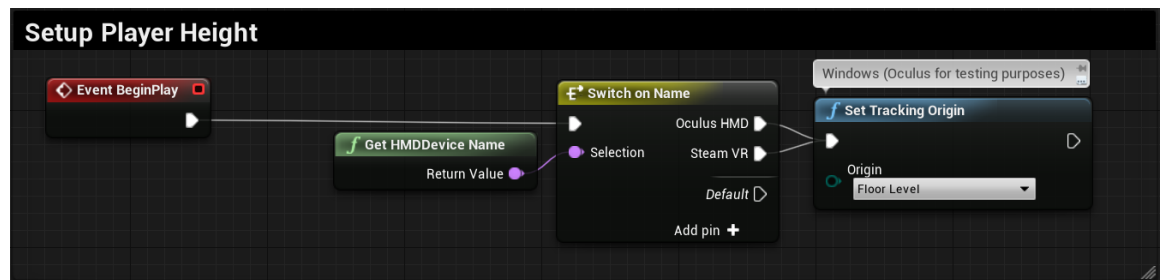


Kuva 10. VR-tuetun projektin luonti

6.1 Alustus

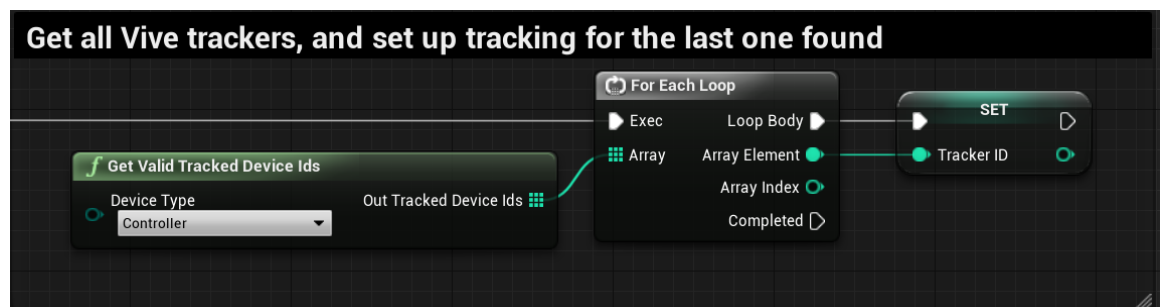
Kun uusi projekti on luotu, ensimmäisenä tehtävänä on turhan sisällön poistaminen projektista, eli valmiiksi luodut kartat eri VR-ominaisuuksien testaamista varten sekä ylimääräinen, projektin kannalta turha toiminnallisuus pelaajahahmolta.

Kuvassa 11 näkyy pelaajahahmon alustus, jossa hahmolle jätetään ainoastaan HMD-alustus, joka löytää sillä hetkellä käytössä olevan virtuaalitodellisuuskypärän ja antaa tiedon siitä eteenpäin. Set Tracking Origin asettaa pelaajan pituuden automaattisesti lattiasta katsottuna.



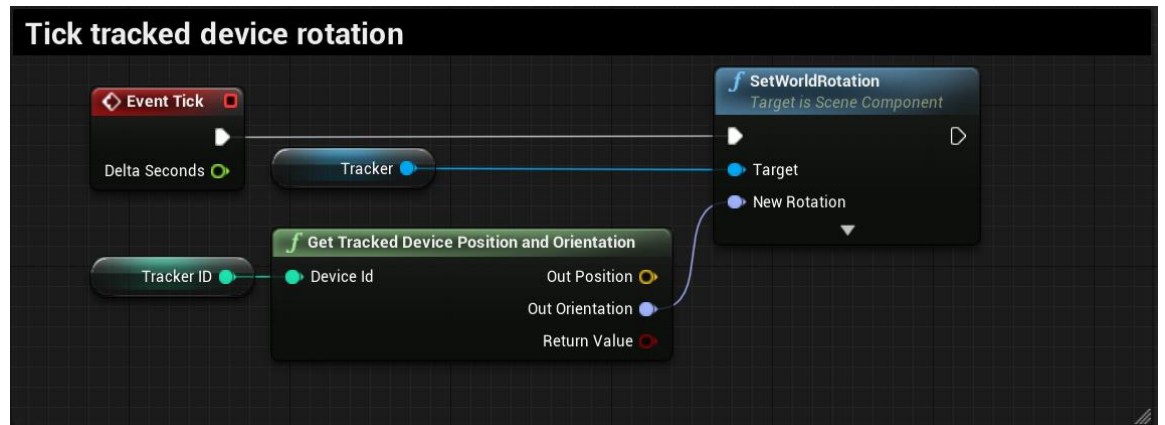
Kuva 11. Lopullinen pelaajahahmon alustus

Seuraavaksi pelaajahahmon tulee löytää Vive Tracker -lisälaite ja asettaa se seurattavaksi, kuvan 12 mukaisesti. Get Valid Tracked Device Ids -funktio etsii kaikki valitun tyyppin laitteet. Tässä tapauksessa funktio etsii Controller-tyypin laitteet, minkä jälkeen ohjelma tallentaa viimeiseksi löydetyn laitteen ID:n seurattavaksi. Vive Tracker on löydettyistä ohjainlaitteista viimeinen, sillä ennen seurantalaitetta ohjelma löytää ohjaimet.



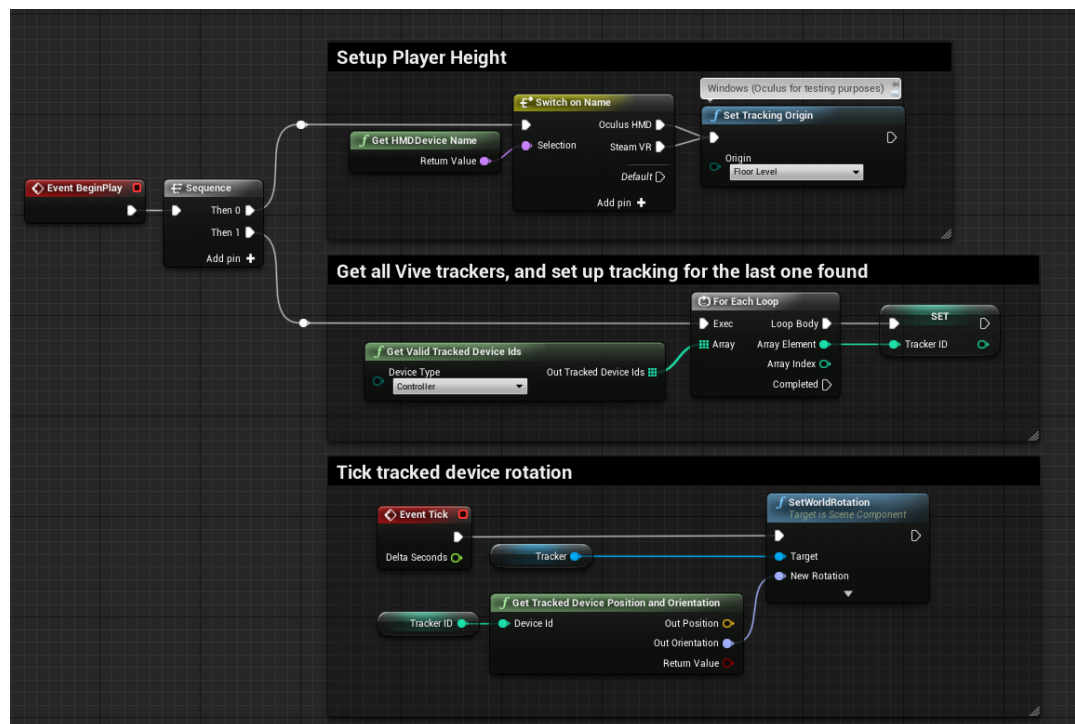
Kuva 12. Seurantalaitteen alustus

Viimeiseksi pelaajalle lisätään Tick-tapahtuma (kuva 13), joka ajaa itsensä läpi säännöllisin väliajoin. Tämä tapahtuma hakee edellä löydetyn laitteen ID:n perusteella kyseisen kappaleen pyörimisliikkeen ja asettaa sen pelimaailmassa vastaavaksi. Näin virtuaalitodellisuudessa oleva kampi pyörii samaa tahtia kuin kädessä pyöritettävä kappale.



Kuva 13. Tick-tapahtuma, joka päivittää kameran pyörysiikkettä

Pelaajahahmolle on siis lisätty ainoastaan kuvan 14 mukaisesti pelin alussa korkeuden mittaus lattiasta VR-laseihin, VIVE Tracker -laitteen määritys kaikista löydettyistä laitteista sekä jatkuva rotaatioliikkeen seuranta Trackerille.



Kuva 14. Pelaajahahmon Blueprint kokonaisuudessaan

6.2 Ohjain

Edellä alustettu pelaajahahmo vastaa siis ohjauslaitteen seurannasta peliohjaimen avulla, mutta täyden simulaation aikaansaamiseksi tarvitaan vielä muita seurattavia kappaleita. Näissä muissa kappaleissa on määritelty malleille origo sekä tarvittava toiminallisuus.

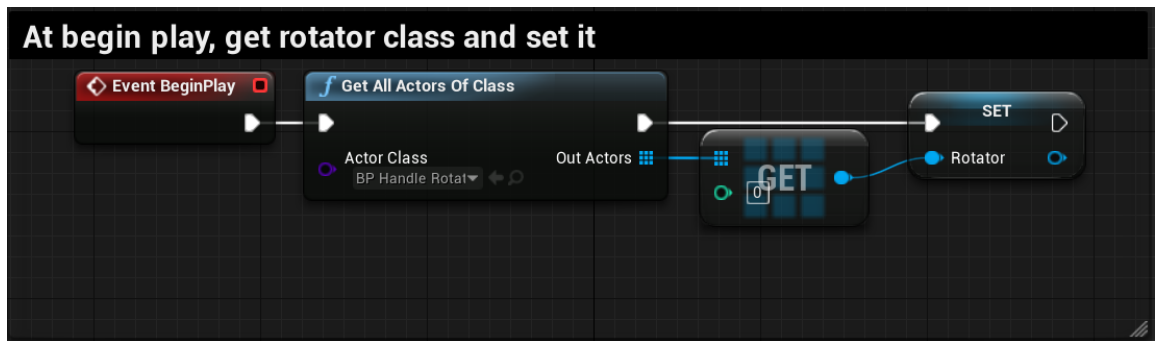
VIVE-peliohjain on määritelty pelaajahahmolle oikean käden ohjaimeksi virtuaalitodellisuustilan ollessa päällä. Tälle ohjaimelle on annettu näkyväksi malliksi peliohjain, johon on kiinnitetty sekä tulosteen rungon malli että ohjaimen eteen asetettu siima, josta roikkuu koukku pilkkimisen simuloimiseksi (kuva 15).



Kuva 15. Ohjaimen sivuprofiili

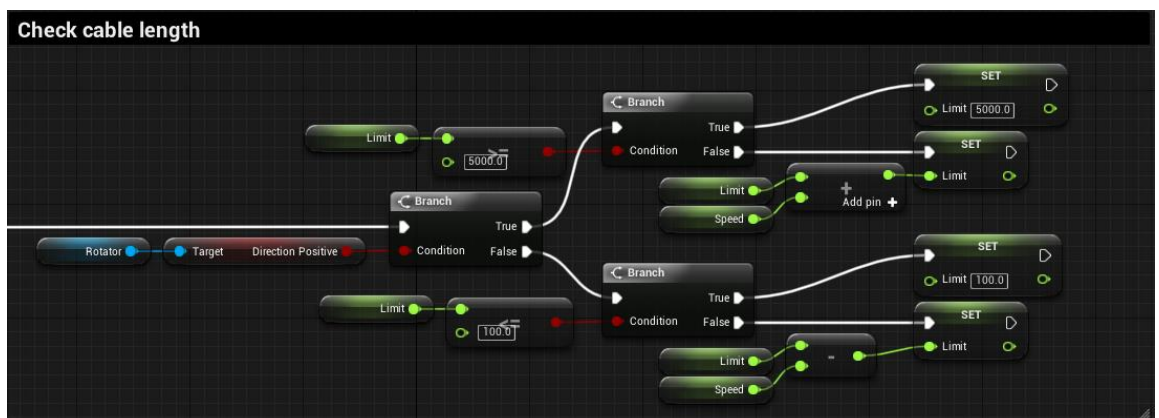
Ohjain hakee pelin alkaessa kampsian tiedot ja asettaa sen seurantaan, jotta kammien antamaa suuntaa ja nopeutta voidaan seurata ohjelman suorittamisen aikana (kuva 16).

Koska kampikappaleita on projektissa vain yksi, voidaan hakea kaikki sen luokkatunnusta vastaavat kappaleet ja seurata niistä ensimmäistä `Get All Actors Of Class` -funktion avulla.



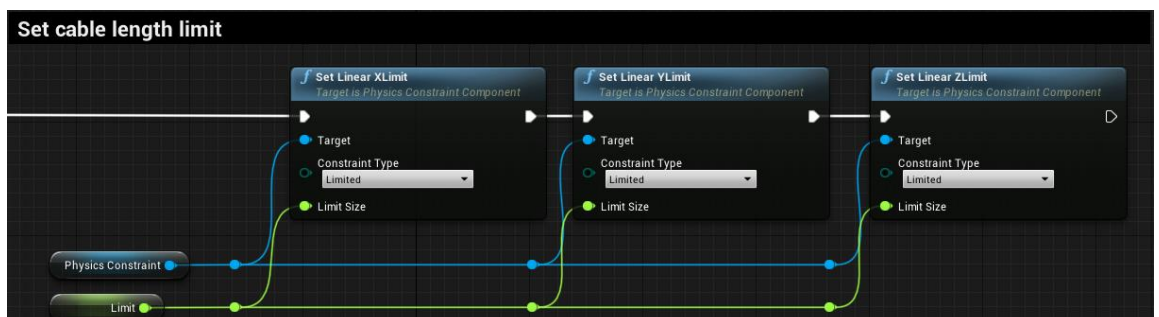
Kuva 16. Ohjain hakee seurantalaitteen ja asettaa sen seurattavaksi

Ohjaimen Blueprint seuraa edellä löydetyltä kammelta saatua pyörimisliikkeen suuntaa ja määrittää sen mukaan siiman pituuden käyttäen Physics Constraint -toiminnallisuutta. Tämä sallii kappaleiden, kuten siiman ja koukun, vapaan liikkumisen tiettyjen kriteerien sisäpuolella. Siiman kelausnopeus on muutettavissa säätämällä Speed-arvoa. Kuvassa 17 on esitetty pyörimisliikkeen seurannan ja siiman pituuden säätämisen toimintaperiaate.



Kuva 17. Pyörimisliikkeen seuranta ja siiman pituuden säätäminen

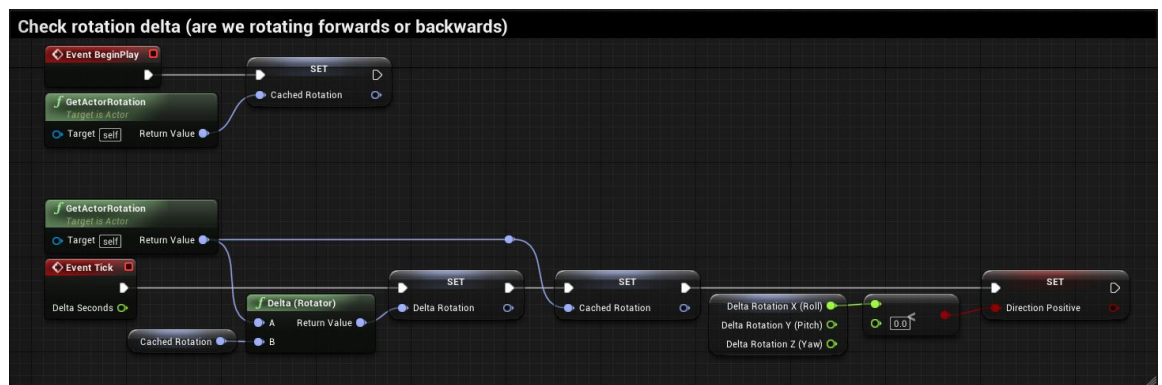
Viimeisenä ohjainkappale antaa Physics Constraint -toiminnolle juuri saadut päivitettyt arvot, muokaten koukun liikevapautta x-, y- ja z-akseleilla (kuva 18).



Kuva 18. Arvojen säätäminen, ylärajana 5000 ja alarajana 100

6.3 Kampi

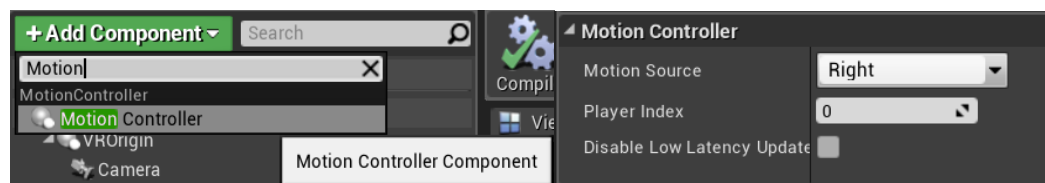
Kampiosan Blueprint seuraa VIVE Trackerilta saatua liikedataa ja päivittää sen avulla pyörytysliikkeen suuntaa simulaatiossa. Simulaation alkaessa kampi tunnistaa nykyisen asentonsa ja asettaa sen nollakohdaksi. Päivityksen aikana kampi seuraa pyörytysliikkeestä aiheutuvaa asentonsa muutosta, vertaa uusinta asemaa edelliseen arvoon ja määrittää tämän perusteella suuntansa positiiviseksi tai negatiiviseksi. Viimeisin asento asetetaan vertailukohdaksi seuraavalle arvolle. Kuvassa 19 esitetään logiikka, jolla pyörytysliikkeen päivittyessä kampi tietää pyörytysuuntansa ja voi ilmoittaa siitä ohjaimelle.



Kuva 19. Liikeseurannan alustus sekä pyörytysuunnan tunnistus

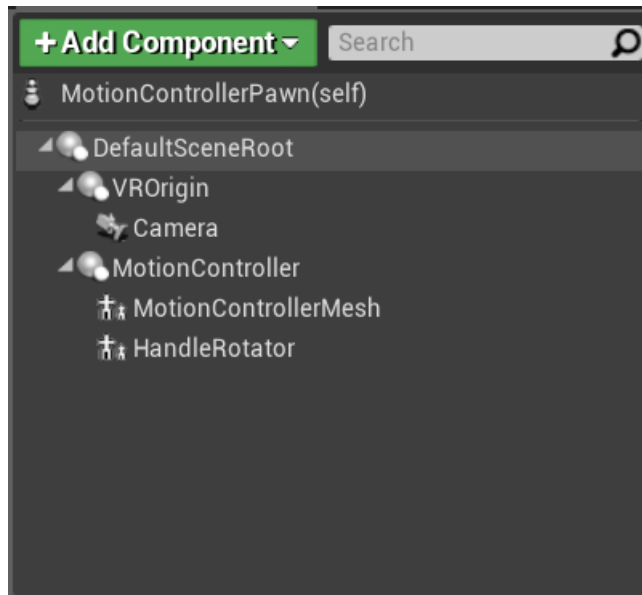
6.4 Viimeistely

Jotta edellä mainitut osat saadaan projektiin mukaan, täytyy ne liittää pelaajahahmolle. Ensimmäiseksi on kuvan 20 mukaisesti pelaajahahmon Blueprinttiin luotava ohjaimen juurena käytettävä Motion Controller -komponentti ja määriteltävä se oikean käden ohjaimeksi.



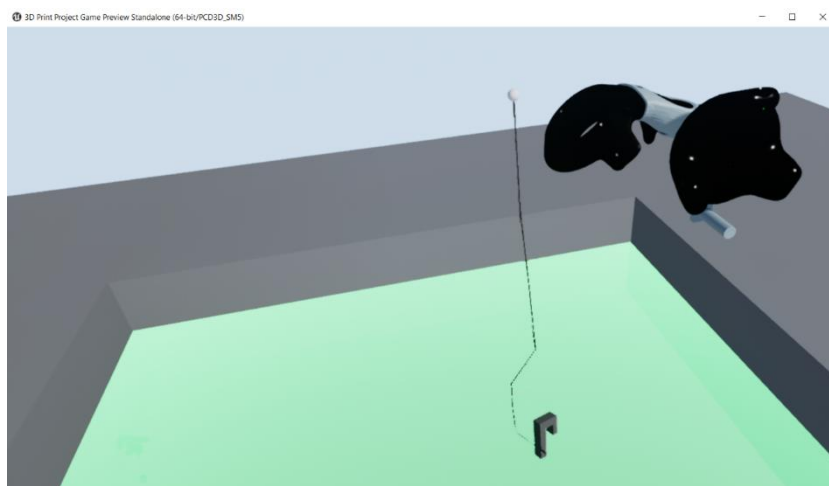
Kuva 20. Komponentin luonti sekä oikean käden määrittäminen

Luodun komponentin mallijuurena käytetään sen ensimmäistä lasta. Toiminnallisuuden saavuttamiseksi on ensimmäisen lapsen oltava aikaisemmin luodun ohjaimen Blueprint, joka on mahdollista lisätä hakemalla Child Actor -komponentti. Tämän jälkeen lisätään myös kameran Blueprint samalla tavalla, jolloin kambi seuraa ohjaimen liikettä, mutta voi kuitenkin pyöriä siitä irrallaan. Kuvassa 21 näkyy pelaajahahmon lopullinen komponenttilistaus.



Kuva 21. Pelaajahahmon komponenttilistaus

Pelaajahahmo sekä ohjainkappale ovat nyt alustettuja oikein, eli ohjainlaitteiden sekä tulosteiden seuranta toimii virtuaaliodellisuudessa. Käyttäjä voi lisätä projektiin pelillistä toiminnallisuutta eri tavoin ja kehittää siitä esimerkiksi kalastussimulaattorin. Hankkeen aikana toteutettiin yksinkertainen pilkkimissimulaatio VR-ympäristössä (kuva 22).



Kuva 22. Projekti testausympäristössä

7 Yhteenveto

Hanke oli toteutettavissa saatavilla olevilla laitteistoilla vähillä vaivoilla. Vaikka laitteiston hyödyntäminen kotikäytössä ja arkiolosuhteissa on vielä vähäistä, uskon 3D-tulostuksen yleistyvän ajan kuluessa. Yksinkertaisia malleja sekä luovuutta hyväksi käyttäen on mahdollista luoda paljon VR-simulaatioita tukevia kappaleita, myös varsin vähällä tiedolla ja taidolla. Kuvassa 23 on valokuva lopullisesta tulosteesta, jossa on havaittavissa muutama terävä kulma ja esteettinen haitta. Kappaleen toiminnallisuus on kumminkin suunnitellun sujuvaa.



Kuva 23. 3D-tulostetun lisäosan ja HTV VIVE -ohjaimen yhdistelmä

Tämän hankkeen pohjalta on helppo sanoa, että 3D-tulosteiden sekä virtuaalitodellisuuden yhdistämisessä haastavinta on luovuus, sillä toteutus itsessään ei ole mahdotonta. Tulostettavien mallien ja VR-ympäristön alustava toteutus onnistuu melko vähäisillä resursseilla, mutta mielikuvitusta tarvitaan hyödynnettävien lisälaitteiden suunnitteluun. Tulostus mahdollistaa lisälaitteiden ohella myös käyttöä helpottavien osien, kuten esimerkiksi kuvassa 24 näkyvien seinäkiinnikkeiden, tai kypäräsuojien ja muiden vastaavien pienten osien luomisen. Tulostusmateriaalien monipuolisuuden ansiosta 3D-tulostuksen käyttömahdollisuudet ovat lähes rajattomat.



Kuva 24. HTC Vive controller wall mount, SG-O. Mallikuva seinäkiinnikkeen tulosteesta. [26]

Lähteet

- 1 CSE – KAMK Game Development / Previously CSE Center. Saatavilla: <https://cse.fi/>. Viitattu 12.04.2020.
- 2 Bardi, J. (07.03.2019). What is Virtual Reality? [Definition and Examples]. Saatavilla: <https://www.marxentlabs.com/what-is-virtual-reality/>. Viitattu 27.06.2019.
- 3 Clever Simulation Entertainment (2020). Simppeli CPR. Saatavilla: <https://www.cleversimulation.com/simppeli-cpr>. Viitattu 13.04.2020.
- 4 Clever Simulation Entertainment (2020). Metal Workshop VR. Saatavilla: <https://www.cleversimulation.com/metal-workshop-vr>. Viitattu 13.04.2020.
- 5 The Economist (05.09.2013). 3D printing scales up. Saatavilla: <https://www.economist.com/technology-quarterly/2013/09/05/3d-printing-scales-up>. Viitattu 20.10.2019.
- 6 The Economist (10.2.2011). Print me a Stradivarius. Saatavilla: https://www.economist.com/leaders/2011/02/10/print-me-a-stradivarius?story_id=18114327. Viitattu 13.11.2019.
- 7 PubMed Central (Lokakuu 2014). Medical Applications for 3D Printing; Current and Projected Uses. Saatavilla: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4189697/>. Viitattu 08.11.2019.
- 8 William Root (22.09.2014). Exo Prosthetic Leg. Saatavilla: <https://www.behance.net/gallery/20696469/Exo-Prosthetic-Leg>. Viitattu 13.04.2020.

- 9 "Additive manufacturing — General Principles — Overview of process categories and feedstock". ISO/ASTM International Standard. 17296-2:2015(E). 2015.
- 10 Bournias Varotsis, A. (2019). Introduction to Material Jetting 3D Printing. Saatavilla: <https://www.3dhubs.com/knowledge-base/introduction-material-jetting-3d-printing/>. Viitattu 25.10.2019.
- 11 Studio Fathom (25.01.2016). Top Advantages – FDM Sparse Fill. Saatavilla: <https://studiofathom.com/blog/top-advantages-fdm-sparse-fill>. Viitattu 13.11.2019.
- 12 Valve Corporation (2019). Steam VR. Saatavilla: <https://store.steampowered.com/steamvr>. Viitattu 18.08.2019.
- 13 HTC Corporation (2011-2019). VIVE Pro. Saatavilla: <https://www.vive.com/us/product/vive-pro/>. Viitattu 20.10.2019.
- 14 HTC Corporation (2011-2019). VIVE VR System. Saatavilla: <https://www.vive.com/us/product/vive-virtual-reality-system/>. Viitattu 20.10.2019.
- 15 Epic Games, Inc. (2004-2019). Unreal Engine. Saatavilla: <https://www.unrealengine.com/en-US/>. Viitattu 02.10.2019.
- 16 Epic Games, Inc. (2004-2019). VR Performance Features. Saatavilla: <https://docs.unrealengine.com/en-US/Platforms/VR/DevelopVR/VRPerformance/index.html>. Viitattu 02.10.2019.
- 17 Microsoft (15.11.2013). 3D Builder. Saatavilla: <https://www.microsoft.com/fi-fi/p/3d-builder/9wzdnrcfj3t6>. Viitattu 05.09.2019.

- 18 Stratasys, Incorporated (Maaliskuu 2007). Dimension BST 768, SST 768, and Elite User Guide. Saatavilla: <http://fab.cba.mit.edu/content/tools/dimension/Dimension%20768%20Elite%20User%20Guide.pdf>. Viitattu 14.04.2020.
- 19 3division (08.04.2009). Explaining Catalyst EX build properties. Saatavilla: <https://www.cati.com/blog/2009/04/explaining-catalyst-ex-build-properties/>. Viitattu 14.04.2020.
- 20 HTC Corporation (2011-2019). Vive Tracker. Saatavilla: <https://www.vive.com/us/vive-tracker/>. Viitattu 05.09.2019.
- 21 creative commons (29.04.2019). Attribution 4.0 International (CC BY 4.0). Saatavilla: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>. Viitattu 20.09.2019.
- 22 Romero M. (18.04.2017). HTC Vive Tracker. Saatavilla: <https://sketchfab.com/3d-models/htc-vive-tracker-4bcb460ac22248f7abf4beeacae954e3>. Viitattu 20.09.2019.
- 23 Blender (2019). Saatavilla: <https://www.blender.org/>. Viitattu 05.09.2019.
- 24 Autodesk, Inc. (2019). Overview. Saatavilla: <https://www.autodesk.fi/products/3ds-max/overview>. Viitattu 05.09.2019.
- 25 Epic Games, Inc. (2004-2019). Virtual Reality Development. Saatavilla: <https://docs.unrealengine.com/en-US/Platforms/VR/index.html>. Viitattu 07.10.2019.
- 26 SG-O (14.04.2016). HTC Vive controller wall mount. Saatavilla: <https://www.thingiverse.com/thing:1491610>. Viitattu 14.04.2020.