



Sina Aho

## Virtuaaliavatari reaaliaikaista suoratoistoa varten

3D hahmon ilmeet omilla kasvoilla ohjattuna

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Medianomi

Viestintä

Opinnäytetyö

28.11.2022

## Tiivistelmä

Tekijä(t):	Sina Aho
Otsikko:	Virtuaaliavatari reaaliaikaista suoratoistoa varten
Sivumäärä:	28 sivua + 1 liite
Aika:	28.11.2022
Tutkinto:	Medianomi
Tutkinto-ohjelma:	Viestintä
Suuntautumisvaihtoehto:	3D-animointi ja -visualisointi
Ohjaaja(t):	lehtori Peke HUUHTANEN

---

Tämä opinnäytetyö käsittelee erilaisia liikkeenkaappauksen tapoja ja historiaa, ja keskittyy sen myötä enemmän kasvojen liikkeenkaappaukseen. Opinnäytetyössä käsitellään myös reaaliaikaista kasvojen liikkeenkaappausta käyttävät virtuaaliset avatarit sekä videotehosteissaan lisättyä todellisuutta hyödyntävät sosiaalisen median sovellukset.

Opinnäytetyön projektiosassa käydään läpi 3D hahmon luominen reaaliaikaista suoratoistotilannetta varten. Hahmon visuaalinen luomisprosessi on toissijainen ja ensisijaisesti keskitytään topologiaan, rigaamiseen, BlendShape muotojen tekoon ja hahmon lisäämiseen VRM muunnosohjelman kautta kasvojen liikkeenkaappausohjelmaan.

Avainsanat: kasvojen liikkeenkaappaus virtuaaliavatarit

## Abstract

Author(s): Sina Aho  
Title: Virtual avatar for live streaming  
Number of Pages: 28 pages + 1 appendice  
Date: 28 November 2022

Degree: Bachelor of Media  
Degree Programme: Media  
Specialisation option: 3D-animation and -visualisation  
Instructor(s): lecturer Peke Huuhtanen

---

This thesis deals with different ways of motion capture and its history and through that focuses more on facial motion capture. The thesis also deals with virtual avatars using real-time facial motion capture, and social media applications which use augmented reality in their video effects.

The project part of this thesis, we go through the process of creating a 3D character for real-time streaming situation. The visual creation aspect of the character will be secondary, and the main focus will be in the character's topology, rigging, Blend-Shapes and how process the character through VRM exporting program and into into a facial motion capture program.

Keywords: facial motion capture virtual avatars

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	Liikkeenkaappaus yleisesti	2
2.1	Liikkeenkaappauksen historia	3
3	Kasvojen liikkeenkaappaus	5
3.1	Mobiililaitteiden 3D kamerat	7
4	Kasvojen liikkeenkaappauksen tavat ja käyttäjät	9
4.1	Liikkeenkaappaus elokuvatuotannossa	9
4.2	liikkeenkaappaus sosiaalisessa viihteessä	10
5	Virtuaaliavatarien aikakausi	10
5.1	Erilaiset kasvojen liikkeentunnistusta tukevat ohjelmat	12
5.1.1	VRM tiedostomuoto	13
5.1.2	Unity-pohjaiset ohjelmat	13
5.1.3	Animaze	15
5.1.4	VTube Studio	15
6	Projekti: 3D virtuaalihahmo	16
6.1	Hahmon luonti konseptista kolmiulotteiseksi	16
6.2	Rigaus käyttötapaa varten	20
6.3	BlendShape muunnosten luonti	21
6.4	Mallin muuttaminen VRM muotoon	23
6.5	Hahmon lisääminen liikkeenkaappausohjelmaan	25
6.5.1	Hahmo VSeeFace ohjelmassa	26
6.5.2	Hahmo Animaze ohjelmassa	27
7	Pohdinta	28
	Lähteet	29
	Kuvalähteet	30
	Liitteet	31

# 1 Johdanto

Liikkeenkaappaus on aina ollut ison budjetin investointi. Elokuviissa, kuten Taru sormusten herrasta ja Avatar, näyttelijät ovat pukeneet päälleen ihonmyötäiset puvut täynnä heijastavia pisteitä ja näyttelleet roolinsa ilman oikeita lavasteita ja puvustusta. Vasta digitaalisessa muodossa nämä roolisuoritukset pääsevät oikeuksiinsa digitaalisen 3D hahmon päällä näyttelijöiden liikkeenkaappauksen ansiosta. Etenkin kasvojen liikkeenkaappaukseen kiinnitetään nykyään enemmän huomiota ja tämän avulla fantastiset hahmot vaikuttavatkin paljon realistisemmilta.

Mutta mitä jos haluaisin kotona esiintyä fantastisena olentona ilman isoa liikkeenkaappausstudiota?

VRM on kehitetty käytettäväksi virtuaalisen todellisuuden tilanteissa ja sitä voidaan käyttää ohjelmissa, jotka tukevat kameran kautta pisteetöntä kasvojen liikkeenkaappausta. VRM on alustasta riippumaton tiedostomuoto, joka pystyy pitämään sisällään 3D hahmon muodon lisäksi luut, tekstuurit ja BlendShape muutokset.

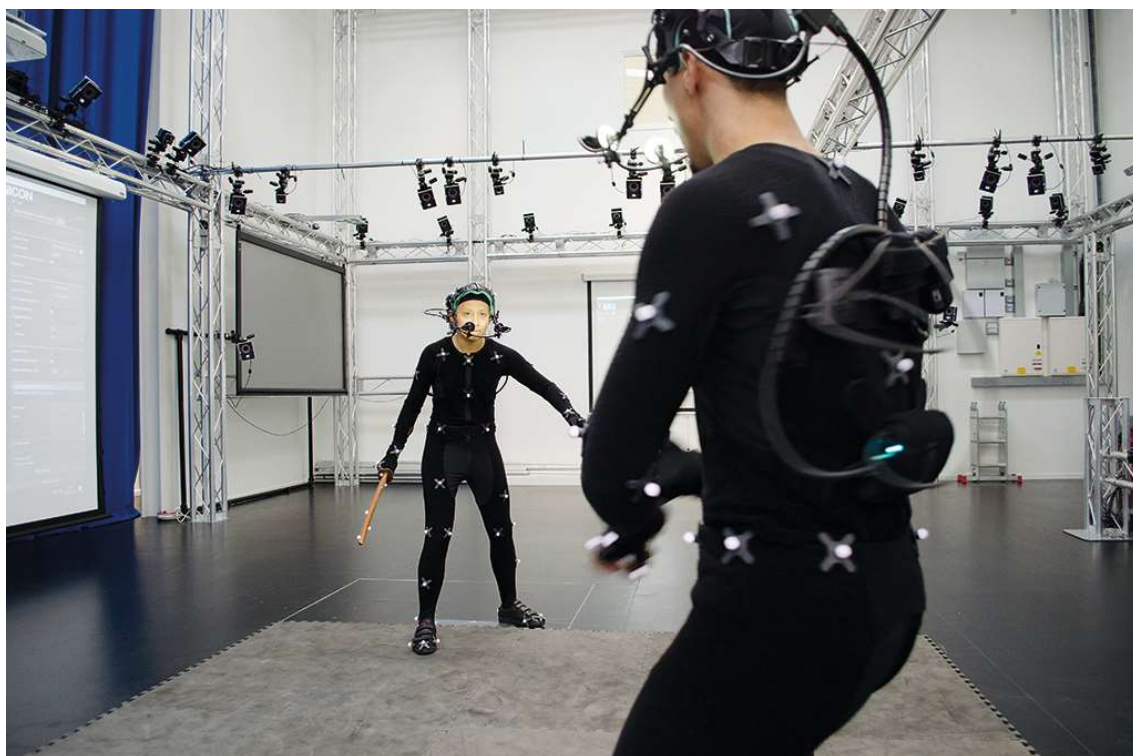
Tässä opinnäytetyössä käydään liikkeenkaappauksen historiaa, miten tämä tekniikka on kehittynyt 1910-luvulta tähän päivään, ketkä käyttävät nykyaikaista liikkeenkaappausta ja millaisia laitteita siihen tarvitsee. Myös kuinka VTuber esiintyjät viihteen muotona nousivat räjähdysmäisesti vasta vuonna 2020, vaikka se oli jo ollut olemassa vuosia aikaisemmin.

Projektiosuus koostuu virtuaalihahmon luomisesta luonnoksen pohjalta 3D mallintamiseen, rigaamiseen ja sen asettelusta valmiiksi kahta liikkeentunnistusohjelmaa varten.

## 2 Liikkeenkaappaus yleisesti

Liikkeenkaappaus (en. motion capture) on tekniikka, jossa näyttelijän tai esineen liike tallennetaan dataksi digitaaliseen muotoon. Tätä tekniikkaa tukevia teknologioita on kahdenlaista: optinen ja ei-optinen liikkeenkaappaus.

Optinen liikkeenkaappaus on kameran avulla kuvattavaa liikettä, jossa liikkeenkaappausjärjestelmissä toiminnan alueen reunoille on aseteltu monta kameraa eri kohtiin, jotka kaikki kuvaavat keskellä tapahtuvaa toimintaa. Jos kuvattava kohde on näyttelijä, hänellä on päällään ihonmyötäinen puku, jossa on pieniä heijastavia pisteitä, joiden kautta kamerat osaavat lukea näyttelijän paikan toiminnan alueella.



Kuva 1. Optinen liikkeenkaappaus. Näyttelijöillä heijastinpisteelliset puvut päällä ja toiminnan ala merkittynä lattiaan.

Ei-optinen, tai inertiaalinen, liikkeenkaappaus ei vaadi kameroita eikä heijastavia pisteitä. Näyttelijän päälle puettava puku tai erilliset puvun osat lukevat liikkeen ja paikan henkilön omien liikkeiden perusteella. Näissä puvuissa tai puvun

osissa on sisään rakennetut kiihtyvyyssanturit ja gyroskoopit. Inertiaalinen liikkeenkaappaus ei ole yhtä tarkkaa kuin optinen liikkeenkaappaus ja se voi paikka paikoin jäädä vajaaksi. Tämän takia tarkemman liikkeen tunnistamiseen käytetään algoritmeja, jotka lasketaan useammasta malliliikkeestä.



Kuva 2. Ei-optinen Xsens puku, joka ei tarvitse kameroita liikkeen tunnistamiseen.

## 2.1 Liikkeenkaappauksen historia

Liikkeenkaappausta on tehty analogisesti jo vuodesta 1915 alkaen kun animaattori Max Fleischer käytti sitä animaatiosarjassaan *Out of The Inkwell* (1918–1927). Tämän ajan tekniikkaa ei kuitenkaan kutsuttu termillä *motion capture*, vaan *rotoscoping* - rotskooppaus. Ennen tätä animaatioelokuvat olivat hyvin kankeita ja epärealistisia. Vaikka rotskooppaus ei ehkä taannut animaation sulavuudesta realistista, se teki animaatioissa nähdystä liikkeestä paljon uskottavamman.

Rotoskooppaus muutti animaatioalan lopullisesti, kun Walt Disney iski silmänsä tähän mullistavaan tekniikkaan. Disneyn animaatiostudion artistit käyttivät rotskooppausta hyödyksi (Kuva 2) maailman ensimmäisessä kokopitkässä animaatioelokuvassa, Lumikki ja seitsemän kääpiötä (1937).



Kuva 3. Lumikki ja seitsemän kääpiötä elokuvan tanssikohtaus, jossa näyttelijöiden tanssimista käytettiin mallina animaatiolle.

Tämä takasi, että liikkeet näyttivät realistisilta ja sulavilta. Vaikka mallista piirtäminen ei ole täysin sama asia kuin digitaalinen liikkeenkaappaus, periaate on sama. Valmiita mallipohjia pystyi myös käyttämään uudestaan. Tätä onkin tehty muutamassa myöhemmässä Disneyn animaatiostudion elokuvassa, jossa samoja animoituja liikeratoja on käytetty hyödyksi toisilla hahmoilla kulujen ja ajan säästämisen vuoksi.

Rotoskooppauksesta lähemmäs nykypäivän liikkeenkaappaukseen päästiin 1970-luvulla animaattori Lee Harrison III:n visualisointianimaatioon tarkoitetun Scanimate tietokoneen avulla ja kehitysvaiheessa olevan ensimmäisen liikkeenkaappauspuvun ansiosta. (Kuva 3) Tämä puku antoi mahdollisuuden tallentaa näyttelijän liikkeet reaaliaikaisesti tietokoneelle. (Sieg n.d.) Puvun avulla tallennettu liike oli vielä todella karkeaa, eikä se soveltunut suuren yleisön katsottavaksi samaan tapaan kuin sen ajan suosittu piirrosanimaatio.





Kuva 4. Lee Harrison III:n liikkeenkaappauspuku näyttelijän päällä.

Tästä lähtökohdasta saatiin kuitenkin työskennellä ainakin kaksikymmentä vuotta, että liikkeenkaappaus, jollaisena se nykyään tunnetaan, olisi mahdollista.

### 3 Kasvojen liikkeenkaappaus

Liikkeenkaappaus, joka kohdistuu kasvoihin, on paljon nuorempaa teknologiaa kuin vartalon liikkeenkaappaus. Kasvojen liikkeenkaappaukseen käytetään vain optista liikkeenkaappausta, koska ilmeet luetaan kameran kautta pisteiden avulla tai ilman pisteitä.

Vuonna 2002 ensi-iltansa saaneen Taru sormusten herrasta: Kaksi tornia -elokuvassa nähty Gollum hahmo oli näyttelijäsuoritus, joka saatiin aikaiseksi kokonaan raajojen ja kasvojen liikkeenkaappausta hyödyntäen. Andy Serkis teki roolisuorituksen Gollumina liikkeenkaappauspuvussa ja naama täynnä pisteitä.



Kuva 5. Näyttelijä Andy Serkis motion capture puku päällä ja seurauspisteet kasvoilla, sekä 3D generoitu Gollum hahmo.

Puku mahdollisti raajojen ja ruumiin liikkeen realistisen tunnistamisen, ja pisteet naamassa kasvon pienimpienkin liikkeiden vaihtelut ja suun tarkan muodon tallentamisen puheen aikana. Kasvojen liikkeen kaappausta pisteiden avulla on käytetty monessa elokuvatuotannossa tämän jälkeen. Kun teknologia kehittyy, myös kasvojen liikkeenkaappaus kehittyy tarkemmaksi ja sen myötä kasvojen inhimilliset vivahteet saadaan siirrettyä digitaaliseen muotoon.

Vuonna 2009 julkaistu elokuva Avatar hioi tekniikkaa, jota aikaisemmin mainittu Taru sormusten herrasta -elokuva hyödynsi. Avatar elokuvan ohjaaja James Cameron käytti hyödyksi heidän kutsumaansa Performance Capture (esityksen kaappaus) tekniikkaa, jossa näyttelijän työ on pääosassa. Tämän vuoksi vain liike ei ollut tallennettava osuus, vaan koko näyttelijän roolisuoritus. (AvatarOfficial 2010)



Kuva 6. Näyttelijä Zoe Saldañan kasvon ilme kuvattuna performance capturen avulla Neytiri hahmolla elokuvasta Avatar.

Avatar elokuvan kasvojen liikkeenkaappauksessa käytettiin näyttelijöillä tietynlaisia kypäriä tai huppua, johon on liitetty naaman eteen pieni kamera, joka tallentaa kasvoilla olevien pisteiden liikkeitä tarkemmin kuin normaali, kauempana oleva kamera. Tämän kameran avulla näyttelijä pystyi vaivattomammin esittämään hahmonsa ilmeet, ja ne saatiin selkeämmin tallennettua digitaaliseen muotoon. Naaman lähellä oleva kamera myös takasi kasvojen selvän näkyvyyden joka hetki. Tämän voi katsoa ensiaskeleena teknologiaan ja tekotapaan, jota nykypäivänä yksityishenkilötkin pystyvät käyttämään älypuhelimien ja tietokonekameroiden avulla.

### 3.1 Mobiililaitteiden 3D kamerat

Mobiililaitteilla 3D kameroita on ollut jo vuodesta 2016 asti, ja suurempaan suosioon se nousi vuonna 2017 kun Apple julkaisi heidän iPhone X älypuhelimensa, jossa oli puhelimen etupuolella TrueDepth kamerajärjestelmä. TrueDepth kamerajärjestelmässä pelkän yksittäisen HD kameran tilalle on laitettu kuusi erilaista kameraa tai sensoria: Infrapunakamera, infrapunavalot, etäisyyden tunnistin, ympäristön valoisuuden tunnistin, kamera ja pisteprojektori. (Kuva 7) Näiden

sensorien ansiosta iPhone X ja sitä uudemmat laitteet, joissa on TrueDepth kamerajärjestelmä, mahdollistavat tarkemman kasvojen liikkeenkaappauksen.



Kuva 7. iPhone X puhelimen etupuolen kamerat ja sensorit. (Lehtiniitty 2018)

Tämä kamerajärjestelmä piirtää kameran näkevän henkilön kasvoille 30000 paljalle silmälle näkymätöntä infrapunapistettä, jotka infrapunakamera lukee ja laskee digitaalisesti 3D pinnaksi. Tämä 3D pinta toimii alustana useissa mobiilisovelluksissa, joissa kasvojen päälle voi asettaa naamioita tai muita visuaalisia efektejä. (Lehtiniitty 2018)

Apple lisäsi puhelimiinsa TrueDepth kamerajärjestelmän ensisijaisesti heidän FaceID henkilöllisydentunnistussovellusta varten, jonka avulla pystyi esimerkiksi aukaisemaan puhelimen lukituksen tai maksamaan puhelimella tehtyjä ostoksia.

Googlen Android käyttöliittymää tukevat puhelimet ovat myös koettaneet tehdä omia 3D kamerajärjestelmiään henkilöllisyyden tunnistamista varten. Vuonna 2018 puhelinvalmistajat Oppo, Huawei ja Xiaomi julkistivat puhelimissaan etukameran, joka luki 3D syvyyttä samaan tapaan kuin iPhone X, mutta huono käyttäjäkokemus ja kallis hinta pakotti nämä valmistajat kokeilemaan muita henkilöllisyyden tunnistamisen vaihtoehtoja. (Liu 2022)

## 4 Kasvojen liikkeenkaappauksen tavat ja käyttäjät

### 4.1 Liikkeenkaappaus elokuvatuotannossa

Yksi näkyvimmistä liikkeenkaappauksen käyttäjistä on elokuvateollisuus, jossa ammattilaisten näyttelijäsuoritukset saadaan tallennettua animaatioksi 3D hahmoille. Aikaisemmin mainitut Taru sormusten herrasta -elokuvasarja ja Avatar, ovat vain kaksi esimerkkiä elokuvissa käytetystä liikkeenkaappauksesta. Tässä liikkeenkaappauksessa dataa saadaan kuvattua talteen, ja sen jälkeen liikedatata voidaan hioa ja siistiä. Harvoin raaka liikedatan tallennus on valmis käytettäväksi sellaisenaan.

Digitaalinen liikkeenkaappaus on antanut elokuvantekijöille paljon uusia mahdollisuuksia luoda inhimillisiä ja samaistuttavia hahmoja, jotka eivät ehkä näytä normaalisti samanlaisilta kuin me. James Cameronin Avatar -elokuvassa liikkeenkaappaus oli todella suuressa osassa, koska elokuva sijoittuu toiselle planeetalle, missä ihmiset eivät näytä samalta kuin oikeassa elämässä. Kasvojen ilmeiden digitaalinen tallentaminen myös on toiminut elokuvissa, joissa näytetty hahmo ei olekaan ihminen. Näin tehtiin elokuvassa Hobitti – Smaugin autioittama maa, jossa näyttelijä Benedict Cumberbatch esitti liikkeenkaappauksen avulla Smaug lohikäärmeen roolin. Näyttelijän kasvojen liikkeitä ja puheen maneereja kuvattiin tarkasti, jotta lohikäärmeahmosta saatiin uskottava.



Kuva 8. Näyttelijä Benedict Cumberbatch esittämässä roolihahmoaan Smaug lohikäärmettä.



## 4.2 liikkeenkaappaus sosiaalisessa viihteessä

Sosiaalisessa mediassa kasvojen liikkeenkaappaus on näkynyt enemmän mobiililaitteiden kautta toimivana lisättynä todellisuutena (eng. augmented reality), jossa kameran kautta kuvattuna oikean maailman päälle saadaan mobiililaitteen ruudulla näkymään digitaalisia elementtejä.

Lisätyn todellisuuden teknologiaa käyttävät monet sosiaalisen median viestitelypalvelut ja kameratehosteita tarjoavat ohjelmat. Esimerkkinä Snapchat viestitelypalvelu, joka tarjoaa tietynlaisia digitaalisia linssejä, eli toimintoja, joiden kautta puhelimen kameraa käyttämällä kasvoille saa näkyviin 3D elementtejä esimerkiksi naamioita tai keijupölyä.



Kuva 9. Snapchat palveluun luotuja lisätyn todellisuuden tehosteita ihmiskasvojen ja kissan päällä.

## 5 Virtuaaliavataarien aikakausi

Vtuberit (eng. VTuber, Virtual YouTuber) käsitteenä tarkoittaa henkilöitä, jotka tuottavat videoita YouTube videopalveluun, tai samankaltaisille sivustoille ja käyttävät omien kasvojensa sijasta piirrettyä tai mallinnettua hahmoa kuvaamaan omia ilmeitä ja liikkeitä. Näistä videopersonista osa ottaa hyvin erilaisen persoonan hahmon roolia varten, toiset taas käyttävät hahmoa vain avatarina,

ja esiintyvät muuten täysin omana itsenään. Avatarin kautta esiintymisen houkuttelevuuteen on monia syitä, mutta yleisin syy näyttää olevan anonymiteetin säilyttäminen. Hahmon takaa esiintyminen voi olla monelle vapauttavampaa, kuin omana itsenä omien kasvojen kanssa. (Nagata 2018)

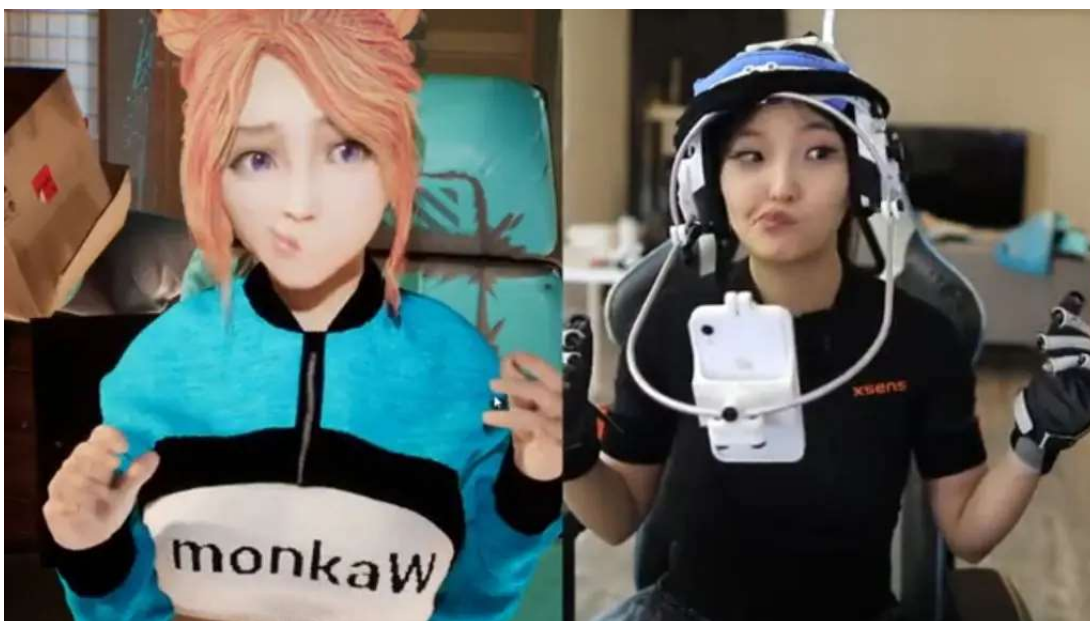
Tarkkaa vuotta tämän ilmiön alulle on vaikea löytää, mutta moni yhdistää sen vuoteen 2016, kun Kizuna Ai niminen persoona alkoi tekemään videoita, joissa hän reagoi erilaisiin asioihin käyttäen animehahmoa avatarinaan. Ensimmäisessä videossaan hän käyttää termiä "virtual YouTuber" jonka hän määritteli tarkoittamaan virtuaalista henkilöä YouTube videolla. Siitä lähtien tätä termiä on käytetty kuvaamaan videolla esiintyviä digitaalisia hahmoja tai persoonia, jotka ovat suorassa vuorovaikutuksessa katsojien kanssa. Sittemmin termi Virtual YouTuber on lyhennetty sanaksi VTuber, joka on noussut suosituimmaksi termiksi tätä ilmiötä kutsuttaessa.

Vuoden 2020 pandemian aikana moni joutui viettämään paljon aikaa kotona eristyksissä, ja voi olla, että juuri siksi monen huomio kohdistui uudenlaiseen viihteeseen videopalveluissa. Aikaisemmin virtuaalisia videontuottajia oli jo ollut olemassa, mutta monen ihmisen vapaa-ajan lisääntyminen, ja sen kautta uuden viihteen etsiminen, nosti heidät suurempiin parrasvaloihin ja sitä kautta moni esiintyjä löysi siitä itselleen uuden ammatin. Esiintyjien lisäksi töitä syntyi myös hahmomallien tekijöille.

Suosituin virtuaaliavataarien tyyli on vielä kaksiulotteinen piirretty hahmo, koska se vaatii tietokoneilta vähemmän käsittelytehoja. Mutta on olemassa myös niitä, jotka haluavat mieluummin kolmiulotteisen version.

Yksi tunnetuimmista uranuurtajista kolmiulotteisen Vtuber avatarin teossa ja käytössä on hahmon CodeMiko tekijä, Youna Kang. Pelkän kameran sijaan hän käyttää ei-optista liikkeenkaappauspukua hahmon raajojen realistiseen liikuttamiseen ja elokuvatuotannossakin nähtyä kasvokameralla varustettua kypärää, johon on kiinnitetty TrueDepth kamerajärjestelmällä varustettu iPhone. Näiden

laitteiden avulla kolmiulotteisen hahmon ilmeet ja liikkeet ovat paljon tarkemmat ja realistisemmat.



Kuva 10. CodeMiko hahmo ja tekijä Kang vierekkäin.

Alun perin reaaliaikaisen animaation parissa työskennellyt Kang on maininnut, että haluaa toimia uranuurtajana kolmiulotteisten virtuaaliavataarien teossa ja interaktiivisten kanssakäymisten mahdollistamisessa. (Grayson 2021)

## 5.1 Erilaiset kasvojen liikkeentunnistusta tukevat ohjelmat

Kasvojen liikkeenkaappausta hyödyntäviä ohjelmia on monia ja jokaiseen tarkoitukseen on omansa. Esimerkkejä yksittäisten toimijoiden ja harrastelijoiden käytössä olevista ohjelmista ovat Unity pohjaiset ohjelmat, jotka tukevat VRM tiedostoja ja varta vasten kasvojen liikkeenseurantaan kehitelty Animaze, entseltä nimeltä FaceRig. Näistä erottuvana ohjelmana on myös suosituin kaksikulotteisten mallien ajamiseen tarkoitettu VTube Studio.

Nämä esitellyt ohjelmat ovat käsittelyssä vain niiden reaaliaikaisen toimivuuden kannalta ja käyn läpi tiedostotyyppejä ja ohjelmia, joita voisi käyttää esimerkiksi videopuhelussa kamerakuvan sijaan.



### 5.1.1 VRM tiedostomuoto

VRM on tiedostomuoto, joka on kehitetty toimimaan alustasta riippumattomasti 3D hahmoilla ja avatareilla nykyaikaisissa virtuaalisen todellisuuden tilanteissa. Tämä tiedostomuoto on kehitetty kaikille ilmaiseen käyttöön. (VRM Consortium 2019)

VRM pystyy sisällyttämään itseensä tekstuureiden ja luiden lisäksi ensimmäisen persoonan avatarien informaatiota, kuten silmien katseen sijainnin. Tiedostomuoto sisällyttää myös lisenssit ja käyttöluvat tekijänoikeuksien suojelemista varten. (VRM Consortium 2019)

Tämän opinnäytetyön projektiosiossa lopullinen 3D hahmo tehdään tähän tiedostomuotoon.

### 5.1.2 Unity-pohjaiset ohjelmat

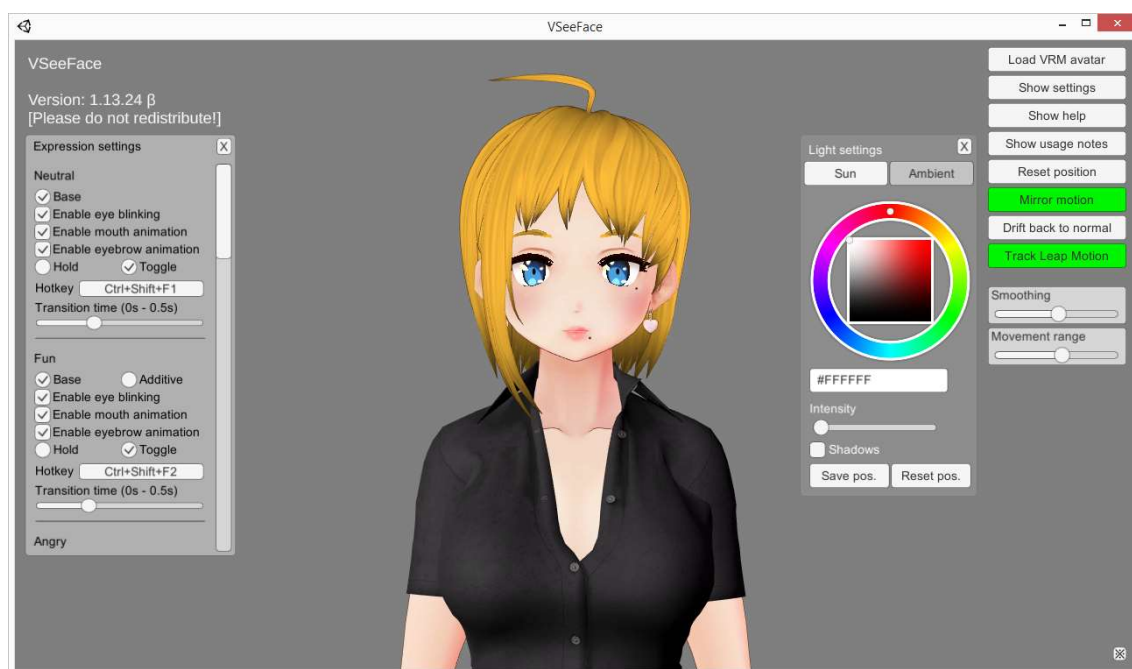
Unity alustalle on kehitetty useampi ohjelma tukemaan VRM-tiedostomuodossa olevia ihmismallisia hahmoja. Projektiosuutta varten testattavina oli reaaliaikaiseen suoratoistotilanteeseen tarkoitettut VDRAW ja VSeeFace ohjelmat. Näihin ohjelmiin lisätään VRM hahmotiedosto ja se toimii ohjelmassa ilman suurempia muutoksia.

VDRAW on ohjelma, joka asettaa hahmosi tekemään aktiviteetteja tietokoneella tekemiesi toimintojen perusteella. Piirtämistä varten hahmosi seisoo tilassa ja pitää kädessään kynää, joka seuraa tietokoneen hiiren sijaintia. Kirjoittamista varten hahmon saa istumaan ja kirjoittamaan digitaalisella näppäimistöllä. Pelitilanteeseen hahmolle saa peliohjaimen käteen, joka lukee reaaliaikaisesti napin painalluksia. Tämä ohjelma lukee VRM tiedostoja, mutta ei käytä kasvojen liikkeenkaappausta.



Kuva 11. VDRAW ohjelman kolme erilaista tilaa.

VSeeFace on ilmaisohjelma, joka tukee VRM avatar tiedostoja ja keskittyy kasvojen liikkeentunnistamiseen normaalin tietokonekameran kautta. Ohjelmassa on paljon asetuksia ja muuntajia kasvojen liikkeenkaappausta varten. VSeeFace tukee myös erillisen LeapMotion laitteen avulla käsien liikkeenkaappausta.



Kuva 12. VSeeFace normaalinäkymä.

### 5.1.3 Animaze

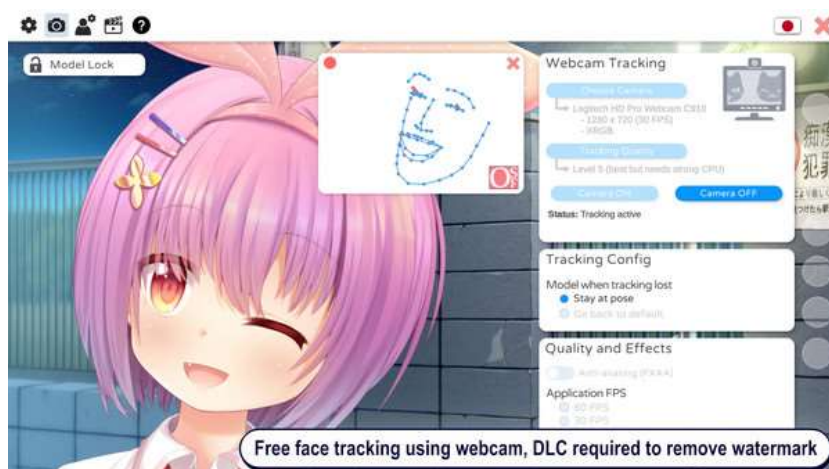
Animaze on Holotech Studiosin virtuaaliavatariohjelma, joka on paranneltu versio heidän aikaisemmasta FaceRig ohjelmasta. Tämä, vuonna 2014 aloitettu projekti halusi selvittää, miten voisimme viettää enemmän aikaa hahmojen kanssa, joita näemme peleissä. FaceRig tarjosi kirjastossaan valmiita hahmoja, joita pystyi ajamaan tietokoneen kameran avulla kasvojen liikkeenkaappauksella.

Vuonna 2021 FaceRig muutti nimensä Animazeksi ja samalla sovellus sai isoja parannuksia. Nyt hahmoja pystyi kustomoimaan ja liikkeentunnistus kameran avulla on tarkempi. Animazessa, kuten myös aikaisemmin FaceRigissä, voit lisätä omatekoisen hahmon ohjelman mukana tulevan editorin avulla.

Toukokuussa 2021 Holotech Studios julkaisi päivityksen, joka lisäsi VRM tiedostojen tuen. (The Holotech Team 2021)

### 5.1.4 VTube Studio

VTube Studio on tietokoneella ja mobiilissa toimiva sovellus, joka internetverkon kautta pystyy reaaliajassa toistamaan mobiililaitteen kameran lukemaa liikedattaa. Kasvojen seuranta tapahtuu vain mobiililaitteella, josta se langattoman yhteyden kautta tuodaan tietokoneen sovellukseen.



Kuva 13. VTube Studion ulkoasu tietokoneella käytettynä.

Muiden tässä opinnäytetyössä käsiteltyjen alustojen sijaan VTube Studio tukee vain Live2D Cubism ohjelmalla rakennettuja kaksiulotteisia malleja.

## 6 Projekti: 3D virtuaalihahmo

Projektina tein kevytmuotoisen asiakastyön, jossa haluttiin 3D hahmo reaaliaikaista suoratoistoaktiiviteettia varten. Tämän takia hahmo ei voinut olla suurikokoinen tiedostokooltaan, mutta siinä täytyi olla tarpeeksi yksityiskohtia kasvoissa, jotta ilmeistä saa selvää ja niitä on miellyttävä katsoa. Asiakkaan kanssa pohdimme, tuleeko hahmo käytettäväksi Animaze vai VSeeFace ohjelmassa. Projektin alkuvaiheessa päädyimme tekemään hahmon VRM muotoon, jota VSeeFace osaa lukea, mutta projektin edetessä Animaze julkaisi päivityksen, jossa ohjelmaan lisättiin VRM tiedostojen tuki. Päädyimme sitten lopputulokseen, että teen hahmon yleisesti VRM muotoon, jota voi käyttää haluamassaan ohjelmassa.

### 6.1 Hahmon luonti konseptista kolmiulotteiseksi

Hahmon alkuperäinen konsepti tuli projektin tilaajalta. Ideana oli tehdä androidimainen ja androgyyninen hahmo, jossa on kissamaisia elementtejä. Suurimpana toiveena oli saada hahmoon enemmän Disney elokuvien ilmettä. Projektin ideointivaiheessa oli jo olemassa VRoid ohjelma, jolla pystyy tekemään oman 3D virtuaaliavataarin valmiin mallin pohjalta tekstuureita muokkaamalla, mutta tyyliään se on hyvin animemainen, josta haluttiin tietoisesti erkaantua.



Kuva 14. 3D hahmon konseptikuva. Tekijä Nonps.

Keskustelu projektin etenemisestä sujui hyvin ja sain vapaat kädet tehdä muutoksia hahmon ulkonäköön niissä aspekteissa, jotka eivät toimisi 3D maailmassa. Joitain elementtejä jätettiin pois tai niitä muutettiin. Esimerkiksi suunnitelmassa ollut häntä jätettiin kokonaan pois, koska sitä ei loppujen lopuksi tulisi edes näkymään.

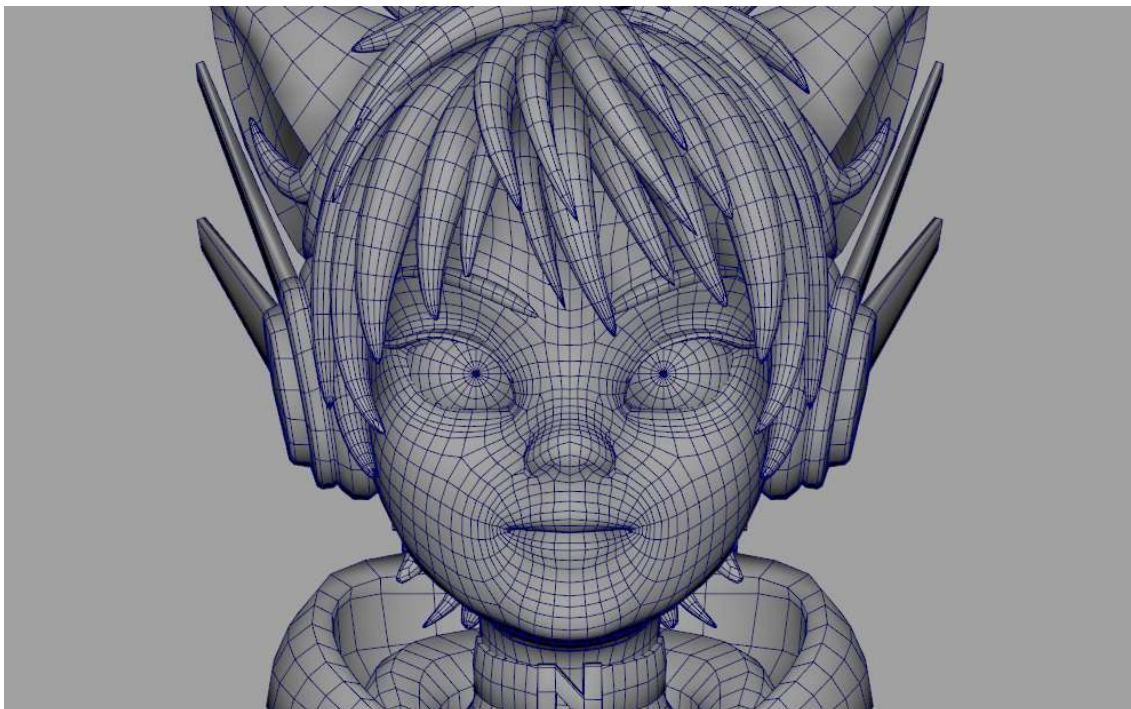
Hahmon 3D luomisprosessi tapahtui todella suoraviivaisesti. Käytin itselleni tuttua työskentelytapaa, aloittaen tarkan 3D mallin veistelystä. Tässä vaiheessa täytyi ottaa jo huomioon mitkä hahmon osat tulevat liikkumaan ja kuinka paljon. Tiesin, että haluan paidan siniset nauhat (Kuva 11) liikkumaan reaaliaikaisten fysiikoiden mukaan, joten tein ne tasaisiksi. (Kuva 12)



Kuva 15. Hahmo valmiiksi veisteltynä.

Saatuani tarkan, vesitetyn mallin valmiiksi, vein sen Mayaan ja tein uuden topologian mallin päälle. Tämä topologia ei saanut olla liian raskas, koska käyttötarkoitus tulee olemaan reaaliaikaisessa tilanteessa, ja mahdollisesti samanaikaisesti toisen tietokoneen tehoja vievän ohjelman kanssa. Koska kasvot tulevat olemaan tärkeimmässä osassa, kiinnitin sen topologiaan eniten huomiota. Seurasin silmien ja suun ympärillä siistejä polygon silmukoita ja pidin huolta, että kasvoilla oli tarpeeksi polygoneja liikkua ja muodostaa ilmeitä ilman, että mikään yksittäinen polygon venyy liikaa.





Kuva 16. Hahmo uuden topologian kanssa. Lähikuvassa kasvojen topologia.

Teksturointia ja sen lopullista ilmettä mietimme tilaajan kanssa, haluammeko PBR tekniikalla vai pelkän väritekstuurin. PBR tekniikalla saisimme halutessa 3D tilaan valoja ja materiaalit reagoimaan realistisesti haluttuihin valoihin, kun taas pelkällä väritekstuurilla, jossa on varjot maalattuna kuvaan mukaan, saamme tarkemmin halutun ilmeen hahmolle. Loppujen lopuksi päädyimme kummankin sekoitukseen, ottaen huomioon miten lopullinen hahmo halutaan näyttää.



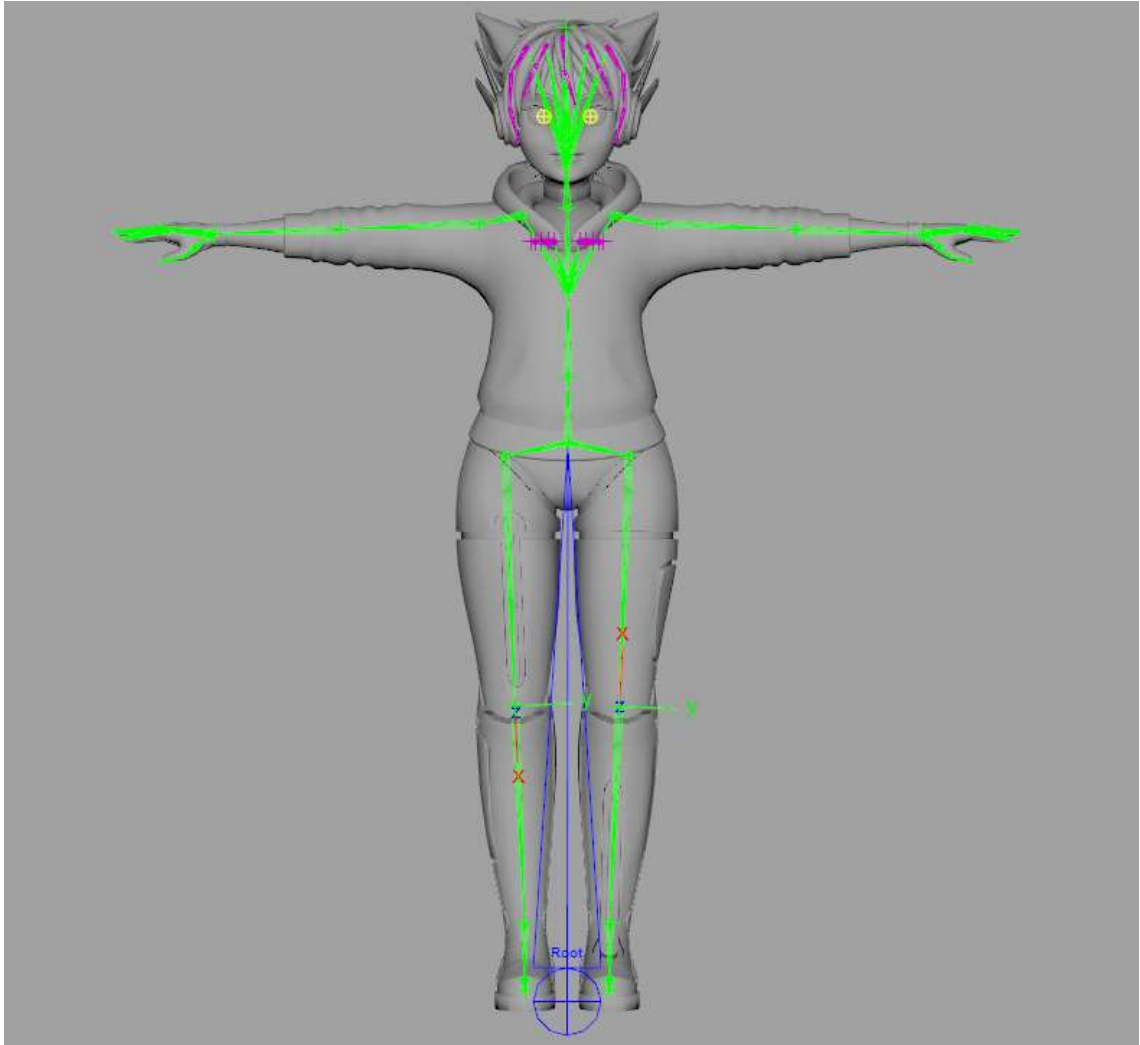
Kuva 17. Teksturoitu hahmo kasvoista. Varjot maalattuina väritekstuuriin vasemmalla, PBR materiaaleilla olevat tekstuurit oikealla.

## 6.2 Rigaus käyttötappaa varten

Hahmon rigin teko onnistui suhteellisen helposti seuraamalla yleisintä tekotappaa. Rigi, joka koostuu kolmen nivelen selkärangasta, jaloista, käsistä, sormista ja päästä. Näiden lisäksi tarvitaan Root nivel kertomaan hahmon sijainti maailmassa, joka yhdistetään hahmon Hips niveleen. Ainoat luut, joita kasvoille tarvittiin, oli kummallekin silmämunalle oma nivel. Nämä lisättiin kasvojen liikkeenkaappauksen katseen seurantaan varten.

Näiden lisäksi lisäsin hiuksiin ja paidan nauhoihin luita, jotka tulevat toimimaan reaaliaikaisella fysiikkasimulaatiolla Unityssä SpringBone skriptin avulla.





Kuva 18. Hahmon rigi. Vihreällä ruumiin luut, sinisellä maailman sijainnin lukeva Root luu ja violetilla luut, joihin myöhemmin lisätään SpringJoint skripti.

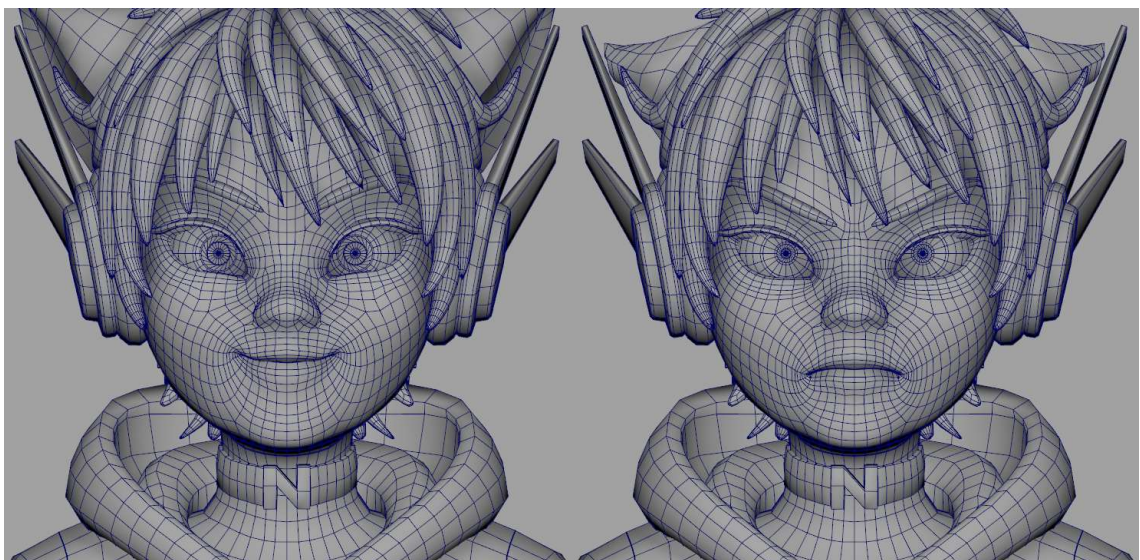
### 6.3 BlendShape muunnosten luonti

VRM tiedostoihin annettavat ilmeet, suun asennot ja silmien räpäytykset toimivat BlendShape muunnoksilla ja luita ei tehdä kasvojen ilmeiden ajamiseen ollelukaan. BlendShape on topologian muunnostyökalu, jossa yksittäisiä topologian muunnoksia voi tallentaa erillisiin ryhmiin. Tätä menetelmää on käytetty usein animaatioissa ilmeiden luomiseen, sama periaate pätee myös VRM tiedostoihin. Mayan puolella voi tehdä kuinka monta BlendShape kohdetta kuin ilmeen luomiseen tarvitsee. Tässä projektissa lisäsin hahmon kissamaiset korvat myös ilmeiden mukaan.

Tuleva hahmo tulee käyttämään suppeaa BlendShape clip listaa, johon kuuluu yhteensä 17 BlendShape clippä, eli useammasta topologian muunnoksesta koostuvaa sarjaa, ilmeiden esittämiseen.

Taulukko 1. Suppea BlendShape clip lista VRM hahmolle

BlendShape clip	Selitys
Neutral	Kasvojen perusilme.
A, E, I, O, U	Vokaaliäännähdykset. Audion äänentunnistusta varten.
Blink	Silmät suljettuna.
Blink_L, Blink_R	Vasen ja oikea silmä erikseen suljettuna.
Joy, Angry, Sorrow, Fun	Tunnistettavien ilmeiden paikat.
LookUp, LookDown, LookLeft, LookRight	Silmien katse ylös, alas, vasemmalle ja oikealle. Silmien seuranta lukee näiden paikkoja xy koordinaateissa.



Kuva 19. BlendShape muutoksilla tehty kaksi erilaista ilmettä, Joy ja Angry.

Tämän suppean BlendShape clip listan lisäksi on toinen, suurempi lista, jonka avulla saadaan tarkemmat animaatiot kasvoille, ja liikkeet eivät mene binäärisesti päälle tai pois, vaan liukuvat ilmeestä toiseen neutraalimmin. Tätä versiota normaali kamera ei kuitenkaan tue, vaan siihen tarvitaan kamera, joka osaa lukea kolmiulotteista tilaa, esimerkkinä uudemmat iPhone:t, jossa on TrueDepth kamera.

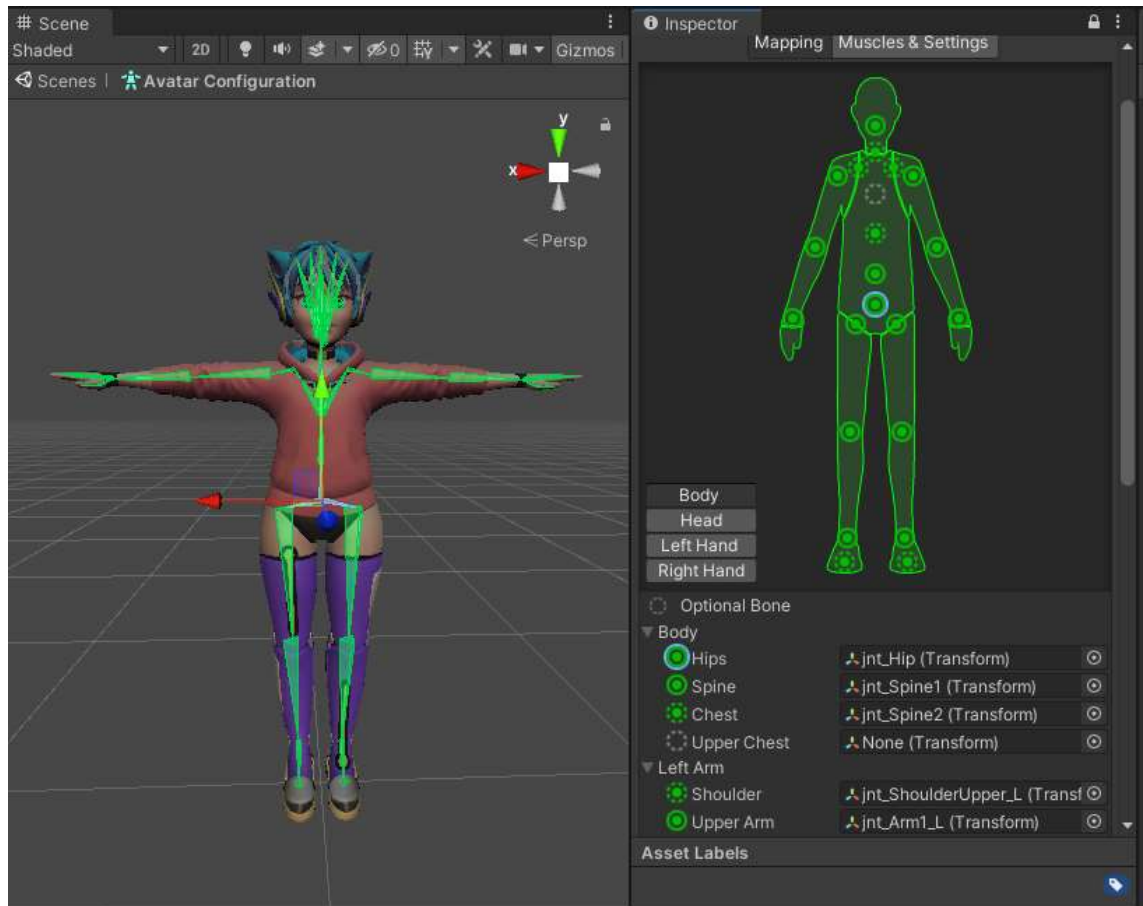


Kuva 20. Suurempi BlendShape lista Unityssä.

## 6.4 Mallin muuttaminen VRM muotoon

VRM muunnosta varten täytyi tehdä tyhjä Unity projekti, johon asennetaan UniVRM muunnospaketti. Tämän paketin kautta muuntaminen täytyy tehdä vielä tällä hetkellä mutkien kautta, mutta tulevaisuudessa se toivottavasti tulee suoraviivaisemmaksi.

Hahmo tuodaan tähän projektiin FBX muodossa, jotta luut ja BlendShape muunnokset säilyvät mukana. Aivan aluksi tulee hahmon rigi muuttaa Humanoid muotoon ja tarkistaa, että kaikki luut ovat oikeilla paikoillaan.



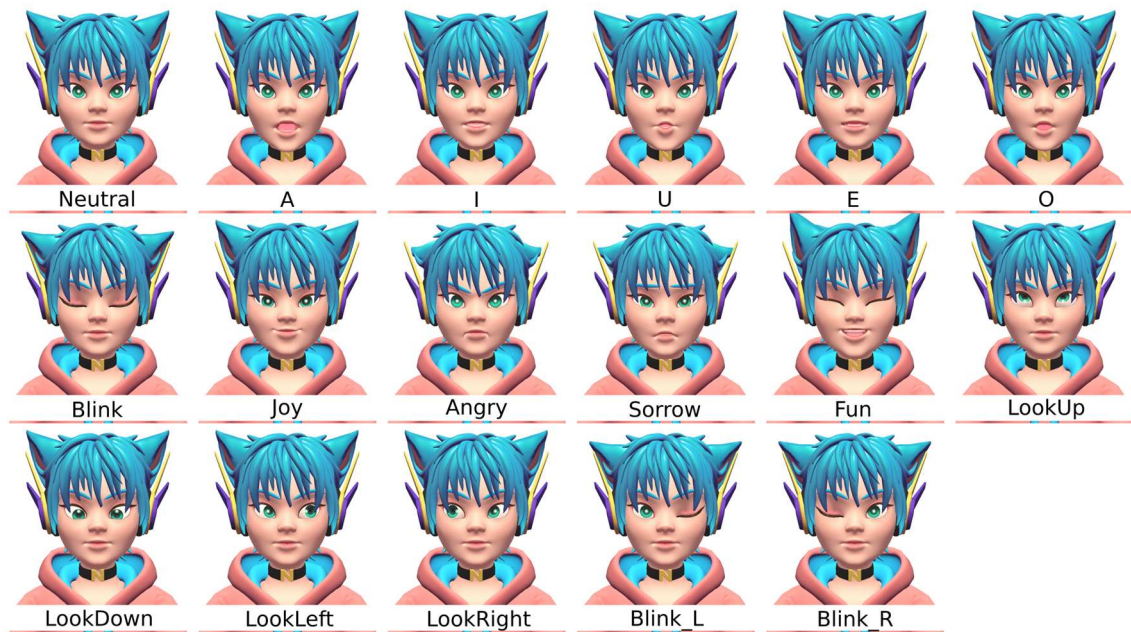
Kuva 21. Humanoid Rig asetus Unityssä.

Tämän jälkeen hahmolle asetetaan materiaalit haluamallaan tavalla. VRM tiedostot tukevat PBR, UniUnlit ja MToon shadereita, ja tämän hahmon materiaalit on tehty MToon muotoon.

Kun hahmon rigi ja materiaalit ovat kunnossa, on aika viedä se ensimmäisen kerran VRM muotoon. Tämä vaihe täytyy tehdä, että hahmon BlendShape clipit voi asetella paikoilleen ja halutessaan luille asettaa SpringBone skriptit. Tässä vaiheessa hahmolle voidaan antaa nimi ja kirjata hahmon metadataan mitä käyttöoikeuksia hahmon mukana tulee.



Viemällä hahmon VRM tiedostoksi ja tuomalla sen takaisin Unityyn, hahmon mukana tulee nyt monta kansiota, jotka kaikki ovat tärkeitä hahmon toiminnan kannalta. BlendShape clippien tekoon tarvitsee etsiä .BlendShape loppuinen kansio, ja sen sisällä on kaikki clipit mitä hahmo tarvitsee. Näiden sisällä on Mayassa tehdyt BlendShape säädökset. Tämän kansion sisällä oleva BlendShape tiedosto sisältää valikkona kaikki clipit ja halutessa siihen voi lisätä uusia sarjoja.



Kuva 22. BlendShape clipit hahmon kasvoilla.

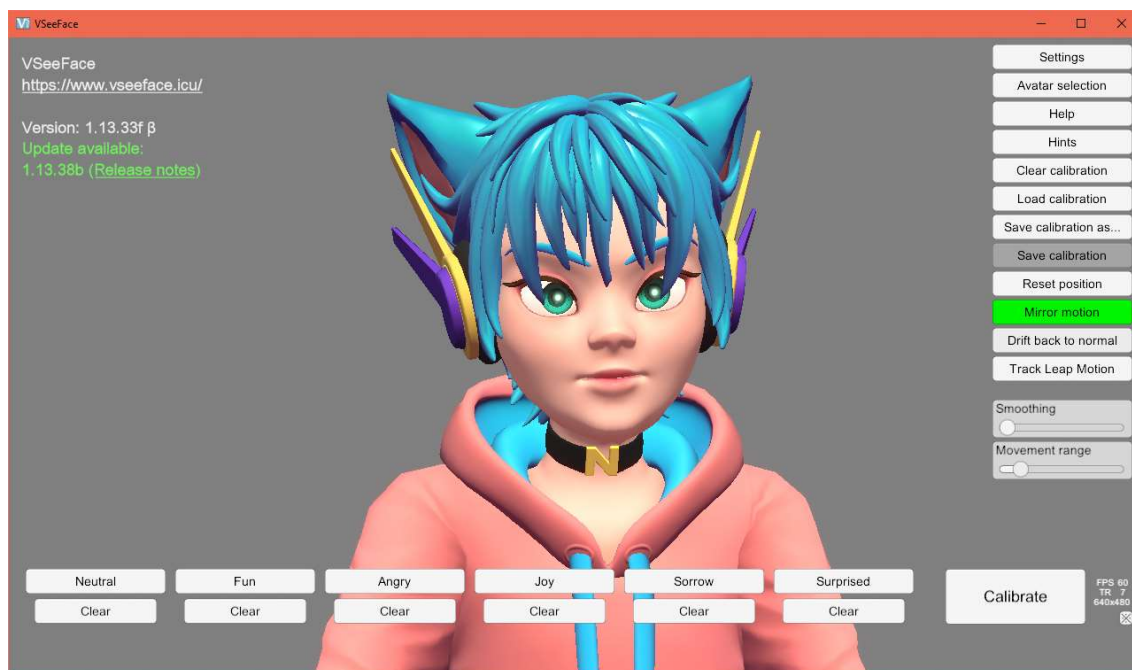
## 6.5 Hahmon lisääminen liikkeenkaappausohjelmaan

Kun hahmo on valmis Unityn puolella, luut paikoillaan, BlendShape clipit asetettuna oikein ja tekstuurit päällä, se viedään uudestaan ulos UniVRM valikon kautta. Tässä vaiheessa hahmon vientiä kannattaa tarkistaa, että kaikki hahmon tiedot ja käyttöoikeudet ovat oikein.

VRM tiedostoksi tallennettu hahmo voidaan nyt lisätä haluttuun ohjelmaan. Tämän projektin teossa kokeilin sitä VSeeFace ja Animaze ohjelmissa. Videokamerana on käytössä Microsoft LifeCam HD-3000 ja mikrofona Blue Snowball.

### 6.5.1 Hahmo VSeeFace ohjelmassa

Ennen ohjelman aukaisemista, varmista että haluamasi videokamera ja mikrofoni on yhdistettynä tietokoneeseen. Näitä käytetään hahmon ajamiseen. Mikrofoni tulee liikuttamaan suuta äänentunnistuksen avulla ja kamera liikuttamaan päätä, silmiä ja tunnistamaan ilmeitä.



Kuva 23. VSeeFace ulkoasu ja hahmo asetettuna ohjelmaan

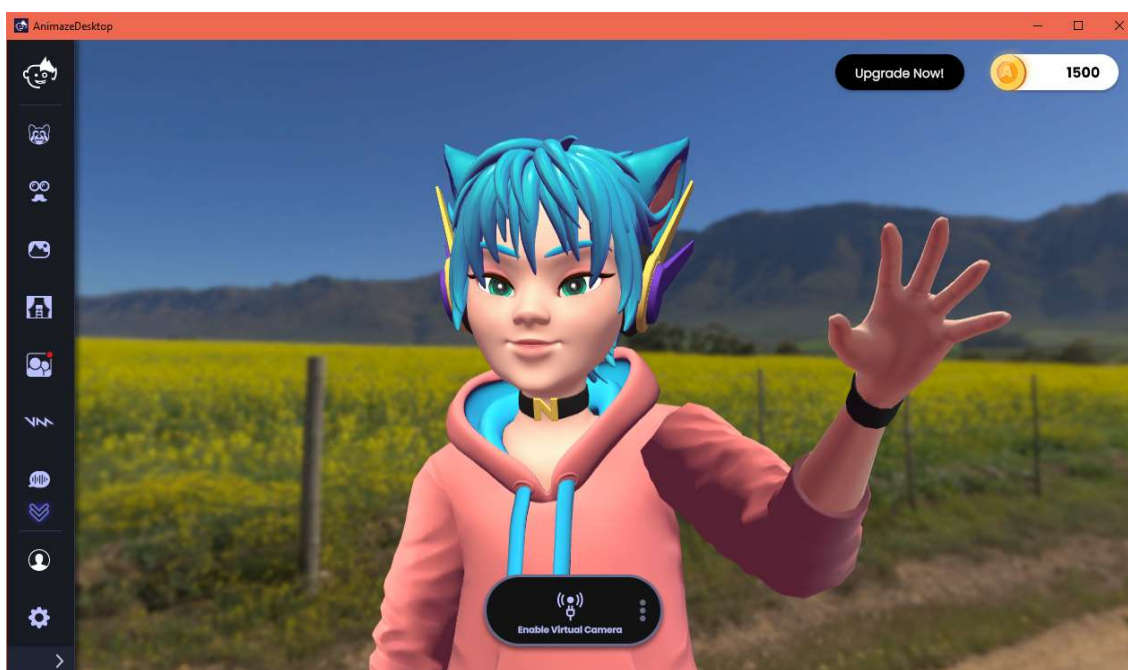
Kun hahmo on tuotu näkyviin ohjelmaan, se ei ole vielä käyttövalmis. Tässä vaiheessa täytyy sille tallentaa ilmeiden tunnistukset. Se tapahtuu kalibroimalla jokaisen ilmeen setin yksi kerrallaan. Esimerkiksi Neutral ilmeen kalibrointi tapahtuu painamalla sen ilmeen nimeä, ja tallennuksen aikana kääntäen kasvoja omalla neutraalilla ilmeellä kaikkiin kulmiin mihin saattaisit kameran edessä sitä kääntää. Sama menetelmä toistuu lopuille ilmeille. Nämä kalibroidut ilmeet voi myös tallentaa käytettäväksi muilla 3D hahmoilla, tai jos useampi ihminen käyttää samaa hahmoa, täytyy jokaisen henkilön kalibroida omat ilmeet hahmolle käytettäväksi.

Tämän jälkeen ohjelmassa on vielä muitakin asetuksia, joita voi hioa oman mielen mukaiseksi ja mikä vastaa omia tarpeita.

Kun kaikki asetukset ovat omaan mieleen valmiina, on hahmo valmiina esittämään suorassa videossa tai videopuhelussa.

### 6.5.2 Hahmo Animaze ohjelmassa

Animaze ohjelmaan VRM hahmon lisääminen tapahtuu helpolla menetelmällä yhden valikon kautta. Ohjelman ikkunan sivussa olevasta avatars valikosta etsitään My Avatars osio, jonka kautta saa etsittyä omista kansioista sen VRM tiedoston, jonka haluaa ohjelmaan lisätä. Ohjelma prosessoi tiedoston ja muutamman minuutin kuluttua hahmo on valmiina käytettäväksi.



Kuva 24. Hahmo lisättynä Animaze ohjelmaan.

Hahmon raajojen luut pääsevät Animaze ohjelmassa käyttöön, koska se sisältää valmiita animaatioita, joita omalle hahmolleen voi asettaa, esimerkiksi vilkuksia tai tansseja.

## 7 Pohdinta

Tämän opinnäytetyön tekeminen kesti kauemmin kuin sen piti, ja sen takia myös tekstit muuttuivat moneen otteeseen. Vuonna 2022 on tullut paljon tutkimuksia ja teknologia kehittynyt, kuin mitä se oli vuosi sitten. Vtuber ilmiö jatkaa kasvamistaan ja yksittäisten esiintyjien lisäksi koko ajan tulee enemmän kaupallisia ryhmiä, joilla on isommat panokset käytössä ja resursseja kehittää juuri tällaisen kasvojen liikkeenkaappauksen teknologiaa.

Projektin tekovaiheessa huomasin monta ongelmaa, josta kasvojen liikkeenkaappaus kärsii. Itse olen silmälasillinen henkilö, ja kasvojen liikkeentunnistus ei huomaa silmien liikkeitä linssien läpi, joten hahmon silmät eivät oikein koskaan ole auki eivätkä kiinni. Ainoa tapa saada silmien katseen seuranta toimimaan, oli olla itse näkemättä mitään. Tämän kyllä saa myös hoidettua käyttämällä piilolinssijä. Myös oma kamerani oli hyvin vanha ja varmasti kuvan laatu vaikutti kasvojen tunnistukseen ja sen myötä hahmon liikkeiden tarkkuuteen.

Animaze ohjelma oli minulla projektiosioista otettuna kokonaan pois, koska sitä varten olisi täytynyt tehdä hahmomalli toiseen kertaan uudestaan. Mutta VRM päivityksen myötä otinkin sen takaisin projektiin mukaan.

Näin 3D hahmoartistina nautin tämän projektin teosta, etenkin kun pääsin oppimaan uusia tekotapoja BlendShape muunnosten avulla ja rigaus, joka itselle on vieläkin suhteellisen tuntematonta, ei ollutkaan niin vaikea työvaihe. Vaikka projektissa tuli useita ongelmia vastaan, esimerkiksi en aluksi saanut silmien katsetta toimimaan, tekisin mielelläni samanlaisen projektin uudestaan. Minulla on vahva usko siihen, että virtuaaliavatarien tekijöille on tulevaisuudessa töitä ja niitä tullaan käyttämään erilaisissa mediatapahtumissa.



## Lähteet

Acuna, Kirsten. 2014. Here's How 'The Hobbit' Dragon Looks Without Visual Effects. <<https://www.businessinsider.com/hobbit-benedict-cumberbatch-motion-capture-smaug-2014-12?r=US&IR=T>>

Anthony Singleton. 2009. Scanimate News Report. <<https://www.youtube.com/watch?v=SGF0Okaee1o>> - (katsottu 2022)

AvatarOfficial. 2010. Avatar Featurette: Performance Capture. <<https://www.youtube.com/watch?v=OJ1JzYPj0>> - (Katsottu 2022)

Failes, Ian. 2019 What Mocap Suit Suits You? <<https://www.vfxvoice.com/what-mocap-suit-suits-you>>

Grayson, Nathan. 2021. CodeMiko Is The Future Of Streaming, Unless Twitch Bans Her First <<https://kotaku.com/codemiko-is-the-future-of-streaming-unless-twitch-bans-1846349881>>

Lehtiniitty, Markus. 2018. Snapchat saa erikoismaskeja iPhone X:llä – näyttävät huomattavasti todellisemmilta. <<https://mobiili.fi/2018/04/06/snapchat-saa-erikoismaskeja-iphone-xlla-nayttavat-huomattavasti-todellisemmilta>>

Liu, Richard. 2022. Will 3D depth cameras return to Android phones? <<https://www.i-micronews.com/will-3d-depth-cameras-return-to-android-phones>>

Motion Analysis. 2020. Motion capture for animation: the fascinating history behind the movies we know today <<https://motionanalysis.com/blog/an-evolution-of-motion-capture-the-fascinating-history-behind-the-movies-we-know-today>>

Nagata, Kazuaki. 2018. Japan's latest big thing: 'virtual YouTubers' <<https://www.japantimes.co.jp/news/2018/07/17/national/japans-latest-big-thing-virtual-youtubers>>

Rasmussen, Makena 2022. Who Were the First VTubers and Virtual Streamers? <<https://www.virtualhumans.org/article/who-were-the-first-vtubers-and-virtual-streamers>>

Sieg, Dave. n.d. Scanimation in the Analog Days. <<http://www.scanimate.net/article.html>>

The Holotech Team. 2021. <<https://store.steampowered.com/news/app/1364390/view/3038219232658195708>>

VRM Consortium. What is VRM? What can VRM do? <[https://vrm.dev/en/vrm/vrm\\_about.html](https://vrm.dev/en/vrm/vrm_about.html)>

## Kuvalähteet

Failes, Ian. 2019. What Mocap Suit Suits You? <<https://www.vfxvoice.com/what-mocap-suit-suits-you>>

Xsens. How does Optical Motion Capture work? <<https://www.xsens.com/a-history-of-motion-capture>>

BMCC's OpenLab. ROTOSCOPING <<https://openlab.bmcc.cuny.edu/mes152-samplesite/rotoscoping/>>

Smith, Ernie. 2017. This Is What 1970s Motion Capture Tech Looked Like <<https://www.vice.com/en/article/wnkbzz/this-is-what-1970s-motion-capture-tech-looked-like>>

Rawat, Kshitij. 2020. On Andy Serkis' birthday, let's take a look at his top 10 films <<https://indianexpress.com/article/entertainment/hollywood/andy-serkis-birthday-top-10-films-6370742>>

Datuin, Sage. 2021. CodeMiko, the most unique streaming experience <<https://esports.gg/news/gaming/codemiko-the-most-unique-streaming-experience>>

## **Liitteet**

Kasvojen liikkeentunnistus VSeeFace ohjelmassa

<https://www.youtube.com/watch?v=rfR91alqWG8>

Kasvojen liikkeentunnistus Animazessa

<https://www.youtube.com/watch?v=Opi08CVvWbw>