

Justus Järnefelt

Hyperrealistisen CGI-kasvokuvan mallintaminen pistepilven avulla

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Medianomi (AMK)

Viestinnän koulutusohjelma

Opinnäytetyö

24.11.2014

Tekijä(t) Otsikko Sivumäärä Aika	Justus Järnefelt Hyperrealistisen CGI-kasvokuvan mallintaminen pistepilven avulla 37 sivua + 1 liitettä 21.11.2014
Tutkinto	Medianomi (AMK)
Koulutusohjelma	Viestinnän koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	3D-animointi ja visualisointi
Ohjaaja(t)	Luento-opettaja Ale Torkkel Lehtori Pasi Kaarto
<p>Tutkielmassani jäsenän tilannetta, jossa olemme nyt kaupallisen kuvan tekemisen kehityksessä. Heijastan tilanteen vaikutusta perinteisen ja CGI-kuvien käyttöön nykymainonnassa. CGI-kuvien käyttäminen yleistyy ja virstapylväänä pidetty hyperrealistinen mallinnus ihmisestä tietokonegrafiikan avulla on muuttunut mahdolliseksi. Outolaakso-hypoteesi ei enää päde hyvin tehtyyn CGI-ihmiseen. Pohdin miksi CGI-ihmiskuvaa ylipäättänsä tarvitaan ja miten se tehdään. Käyn läpi ongelmia ja rajoitteita, joita keinotekoisesti luodun ihmisfiguurin ympärillä on. Käyn myös läpi yksityiskohtaisesti sen prosessin, jolla valmistan apuohjelmia hyödyntäen hyperrealistisen mallinnuksen ihmisen kasvoista.</p> <p>Opinnäytetyöni toiminnallisessa osiossa teen apuohjelmien avulla keinotekoisien ihmisen kasvokuvamallin pistepilveä hyväksikäyttäen. Tutkielmani kirjallinen osuus on toimintatutkimus. Aineistoni koostuu muistiinpanoistani sekä kuvakaappauksia tutkimusprosessin eri vaiheista. Parempaa visualisointia varten teen tarkan kuvakoosteen prosessin työvaiheista. Työssäni käytän Agisoftin Photoscan-ohjelmaa pistepilven generoimiseen. Mallin siistimiseen ja yksityiskohtien muokkaamiseen käytän Pixologyn Zbrush-ohjelmaa.</p> <p>Työni toimii ohjemateriaalina valokuvaajille ja ammattilaisille, jotka haluavat lisää tietoa CGI-kuvasta ja murroksesta kuvantuottamisen ympärillä. Tutkimukseni palvelee yrityksiä, jotka ovat tekemisissä visuaalisen suunnittelun, hahmottamisen sekä mallintamisen parissa. Työni muuttaa käsityksiä toimintamallien koskemattomuudesta ja auttaa lukijoita ymmärtämään, miten nopeatempoisesti kehitys alalla kulkee. Tavoitteeni on, että tutkimukseni tukee täydennyskoulutusta sekä tutkintoon johtavaa koulutusta tarjoavia opetuksenjärjestäjiä vastaamaan alan ja asiakkaiden alati muuttuviin tarpeisiin.</p>	
Avainsanat	Mainosvalokuvaus, pistepilvi, outo laakso, mallinnus, CGI, virtuaalikuvaus

Author(s) Title	Justus Järnefelt Creating a hyperrealistic CGI facial portrait utilizing point cloud
Number of Pages Date	37 pages + 1 appendices 21 November 2014
Degree	Bachelor of Culture and Arts
Degree Programme	Media
Specialisation option	3D Animation and Visualisation
Instructor(s)	Ale Torkkel, Lecturer Pasi Kaarto, Senior Lecturer
<p>The use of computer-generated imagery (CGI) has become increasingly common in the advertising industry. Today digital artists are able to create highly detailed models of everything one can imagine, even photorealistic humans. The uncanny valley hypothesis is no longer applicable to CG human images. In this thesis the author discusses the ongoing development in the commercial image-making industry. The author relates this development to the current state of both CGI and traditional photography and debates the necessity of computer-generated human images. The author also discusses the limitations of CG human figures and the industries that use CG human figures widely. Finally, the process of creating a photorealistic model of a human face is detailed by the author.</p> <p>The photorealistic model of a human face that was created was done using a process the author became acquainted with through a talented character designer Marco Di Lucca of Industrial Light & Magic. Di Lucca created a CGI “selfie” with the method used in this thesis. By this method, The author creates the model using a point cloud generated from photographic images taken around the modeled object, in this case a human face. Photoscan from Agisoft will be used for generating the base mesh and software called Zbrush to sculpt the mesh into a highly detailed model.</p> <p>This thesis is a guide for photographers and other professionals in the industry to gain basic knowledge of CGI. It helps the reader realize the revolution facing the image-making industry. The thesis also serves companies who work in the field of visual design, visualization and modeling and want to re-assess their possibilities of expression in our digitally oriented world of constant commercial stimulus. This thesis challenges the perception that operating procedures of the industry are immune to change and helps the reader to understand the constant and rapid technical development of this industry. My hope is that this thesis helps graduate schools and institutions offering continuing education to reflect the rapidly changing needs of advertising and the image making industry in their curriculums.</p>	
Keywords	pointcloud, uncanney valley, mesh, CGI, virtualphotography

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Työn tavoitteet	4
2.1	Toiminnallisen osuuden tekninen toteutus	4
2.2	Odotetut tulokset	4
2.3	Työn rajaukset	5
3	Keinotekoisten hyperrealististen ihmiskuvan kehitys	6
3.1	Analogisesta valokuvasta digitaalisen kautta täysin synteettiseen	6
3.2	Hahmosuunnittelu	7
3.3	Digital Emily	8
3.4	CGI hahmojen historia elokuvateollisuudessa	10
3.5	Outo laakso eli uncanny valley	13
4	Hyperrealistisen kasvokuvan kahden ensimmäisen vaiheen toteutus	17
4.1	Meshin luominen	17
4.1.1	Kuvaaminen	17
4.1.2	Photo alignment eli kuvien koostaminen	21
4.1.3	Point Cloud eli pistepilvi ja sen generoiminen	23
4.1.4	Meshin rakentaminen	28
4.2	Mallin muokkaaminen Zbrushilla eli skulptaaminen	30
4.2.1	Topologian korjaaminen	31
4.2.2	Kohinan poistaminen mallista	32
4.3	Yhteenveto prosessista	34
5	Yhteenveto	36
	Lähteet	38
	Liitteet	41

1 Johdanto

Opinnäytetyöni aiheeksi olen valinnut alueen, josta minulla on entuudestaan käytännön kokemusta. Opinnäytetyössäni mallinnan ihmisen kasvot, eli teen synteettisen kasvokuvan. Viidentoista vuoden työkokemus ammattivalokuvauksesta mainosalalla antaa minulle valmiuden tarkastella työtäni perinteisen valokuvan näkökulmasta. Tuoreet opintoni taas antavat minulle asiaintuntemusta synteettisesti tehtyjen kuvien puolelta.

Valokuvausala on kokenut suuria mullistuksia viidentoista viime vuoden aikana. Tässä ajassa on siirrytty lähes kokonaan filmille kuvaamisesta sähköisesti tallennettaviin tiedostoihin. Ennen kuvien tallentamiseen käytettiin valoherkkää, emulsiopohjaista materiaalia, kuten filmiä ja paperia ja kuva koostui pienistä hopean palasista, joita kutsuttiin rakeiksi. Nykyään elektroniset sensorit tallentavat kuvat suoraan sähköiseksi tiedostoksi ja kuva koostuu pikseleistä. Seuraava murros kuvan tekemisessä on synteettisesti tuotettu kuva. Tällöin kuva luodaan tyhjästä tietokoneella, suoraan sähköiseksi tiedostoksi ilman kuvankaappauslaitteita. Digitaalisella kuvalla voi kymmenen vuotta korvata perinteinen valokuvaus. Miten kauan kestää, että synteettisesti tehty, virtuaalisesti luotu kuva syrjäyttää digitaalisen kuvan? Artikkelissaan ”Hyper-Realistic CGI is Killing Photographers, Thrilling Product Designers” Joseph Flahetry pohtii, miten teknologia, joka jokin aika sitten oli vain halpojen scifielokuvien efekteissä, löytyy nyt useiden tuotesuunnittelijoiden käytöstä (Flahetry 2013).

Lyhenne CGI tulee englanninkielisistä sanoista computer-generated imagery. Suomeksi tämä tarkoittaa tietokoneella luotuja kuvia. Joseph Flahetry pohtii juuri ammattivalokuvaajien tulevaisuuden näkymiä tämän uuden murroksen alkumetreillä. Hänen mukaansa CGI-kuvat ovat valtaamassa kauppojen hyllyjä sekä katalogien sivuja. Ne eivät ole enää löydettävissä vain scifi-elokuvien erikoistehosteissa. (Ingersoll 2013.)

Uusien mallinnusohjelmien avulla teolliset muotoilijat ja suunnittelijat voivat visualisoida luomuksiaan fotorealistisen tarkasti suhteellisen vaivatta. KeyShot-ohjelma on yksi monista mallinnusohjelmista, jotka käyttävät global illumination teknologiaan pohjautuvia renderöinti ohjelmia. Global illumination –teknologian avulla 3D-mallista

voidaan renderöidä hyperrealistinen mallinnus, teksturointia ja todellisen oloista valaisua käyttäen. Muita vastaavia ohjelmia ovat muun muassa 3DMax, Maya, Cinema4, Softimage, Blender ja Modo. Nämä ohjelmat simuloivat valon fotoneja, niiden heijastumisia ja käyttäytymistä erilaisissa materiaaleissa. Oscar-palkitun tietokonegrafiikan tohtorin ja Keyshotin edeltäjän Luxionin kehittäjän Henrik Wann Jensenin mukaan näillä ohjelmilla simuloidaan onnistuneesti valon käyttäytymistä.

“The rendering engine in KeyShot is the only one that has been verified by the International Commission on Illumination (CIE) as computing the scattering of light correctly (CIE 171:2006). We have been careful in ensuring that the physics is correct and this is one of the main reasons why we can simplify the interface and focus on the key parameters such as the color of the materials.” (Flaherty 2013.)

Wann Jensen toteaa, että KeyShot on ainoa renderöintiohjelma, joka laskee valon heijastavuuden oikein kaikkien fysiikan lakien mukaan. KeyShot-ohjelma pystyy Jensenin mukaan simuloimaan todellisesti valoa ja on ainoana ohjelmalla saanut siihen kansainvälisen valaisukomission (CIE) vahvistuksen. CIE eli International Commission on Illumination, on kansainvälinen organisaatio, joka kehittää standardeja väreihin ja valaistukseen liittyen.

Olemme menossa siis suuntaan, jossa CGI-kuvat valtaavat alaa perinteisiltä valokuvilta. On muistettava, että valokuvaus alana jakautuu moneen eri jaokseen ja alajaokseen. Mainoskuvaus edustaa yhtä alajaosta, joka todennäköisesti tulee olemaan eniten vaikutuksen alaisena CGI-murroksessa. Robert Bradley (2013) uskoo, että tämä digitaalinen vallankumous tulee vaikuttamaan vain pieneen osaan valokuvaajista, nimenomaan mainoksia ja tuotteita kuvaaviin kuvaajiin.

Esimerkkinä CGI-kuvan tulemisesta voidaan mainita Microsoft, joka teetti koko Surface-tablettikampanjansa kuvamateriaalin KeyShot-ohjelman avulla ilman kameralla otettuja valokuvia. Skullcandyille töitä tekevä Dave Vogt kertoo KeyShot-ohjelman tehokkaan nopeuden hyödyntävän suunnittelu prosessia suuresti. “Se, että voin renderöidä viidessä minuutissa näyttävän kuvan suunnittelemani tuotteesta, on todella vakuuttavaa”, sanoo Dave Vogt Wired-lehden nettiartikkelissa. (Flaherty 2013.)

Olemme siis jo hyperrealististen CGI-kuvien ympäröimiä. Mainoskampanjoita, joita päivittäin näemme, tehdään jo täysin synteettisistä kuvista. Aion tässä tutkielmassa

käydä läpi, mikä on CGI-ihmiskuvan tilanne. Pohdin miksi CGI-ihmiskuvaa ylipäättänsä tarvitaan ja miten se tehdään. Käyn läpi ongelmia ja rajoitteita, joita keinotekoisesti luodun ihmisfiguurin ympärillä on. Tutkin yksityiskohtaisesti sen prosessin jolla valmistetaan apuohjelmia hyväksikäyttäen hyperrealistisen mallinnuksen ihmisen kasvoista.

2 Työn tavoitteet

2.1 Toiminnallisen osuuden tekninen toteutus

Tutkielmani on toimintatutkimus. Aineistonhankintamenetelmänä käytän muistiinpanoja sekä kuvakaappauksia prosessistani. Vertaan aineistoa ja tuloksia jo olemassa oleviin aihetta koskeviin tutkimuksiin ja asiakirjoihin. Raportoin koko työprosessini virtuaalikuvauksen osalta. Teen kuvakaappauksista liitteeksi kuvasarjan CGI-kasvon tuottamisprosessista.

Rakennan kolmen kameran rakennelman, rigin, jolla kaappaan kasvojen perusmuodon. Kuvattaessa käytän kolmea Canonin 5D mark3 -kameraa sekä Adobe Photoshop CC -ohjelmaa. Polygonimeshin tekoprosessiin käytän kolmea ohjelmaa: Agisoftin PhotoScania, Pixologicin Zbrushia sekä Maxonin Cinema 4D:tä. PhotoScan on ohjelma, jonka avulla on mahdollista rakentaa 3D-materiaalia stillkuvista. Zbrush on digitaalinen kuvanveisto- ja maalausohjelma. Cinema 4D on monipuolinen 3D-mallinnus,- visualisointi- ja animointi -ohjelma. Ohjelmista minulle uusi on PhotoScan. Sen sijaan Zbrush ja Cinema 4D ovat minulle entuudestaan tuttuja.

2.2 Odotetut tulokset

Työstäni tulee tutkielma fotorealistisen synteettisen kuvan tekemiseen. Parempaa visualisointia varten teen tarkan kuvakoosteen prosessin työvaiheista. Toivoisin, että työni toimisi myös helposti ymmärrettävänä ohjemateriaalina valokuvaajille, jotka haluavat lisää tietoa CGI-kuvasta ja murroksesta kuvan tuottamisen saralla. Haluan tutkimukseni antavan arvokasta tietoa muillekin alan ammattilaisille ja alalle aikoville. Tutkimukseni palvelee myös kaikkia yrityksiä, jotka ovat tekemisissä visuaalisen suunnittelun, hahmottamisen, mallintamisen sekä tallentamisen parissa. Toivon, että työni auttaa muuttamaan käsityksiä toimintamallien koskemattomuudesta ja auttaa lukijoita tajuamaan, miten nopeatempoisesti kehitys alalla kulkee. Ammattitaitomme ja osaamisemme on ajan tasalla vain hetken, ellemme sitä jatkuvasti kehitä. Uuden oppimisesta on tullut henkiinjäämisväline.

2.3 Työn rajaukset

CGI-kuvan tekeminen on monimutkainen prosessi. Se on karkeasti jaoteltavissa kolmeen osaan; meshin generoimiseen sen muokkaamiseen ja sen teksturoimiseen. Opinnäytetyöni toiminnallisessa osassa aion keskittyä prosessin kahteen ensimmäiseen osioon; meshin rakentamiseen ja sen muokkaamiseen, jota kutsun vastaisuudessa skulptaamiseksi. Materiaalien tekeminen 3d-tuotoksille on oma erikoistumisalueensa. Animaatioelokuvia ja elokuvien erikoisefektejä tekevissä yrityksissä materiaalien tekijät ovat erikoistuneet työtehtäviinsä vuosia. Valokuvarealistisen ihon sekä karvoituksen tekeminen kustannustehokkaasti vaatii pitkää kokemusta sekä erityisosaamista, jota minulla ei vielä ole. Aloittaessani tutkimustani en omannut laajaa tietämystä ihmisen mallintamisesta. Nyt kun olen siihen tarkemmin tutustunut, olen huomannut, että prosessi jolla hyperrealistinen ihmisenkuva tehdään, on erittäin monimutkainen ja vaatii niin paljon erityisosaamista. Kyseisen mallinnuksen perusteellinen tekeminen tähän opinnäytetyöhön varatuilla resursseilla on mahdotonta toteuttaa. Tämän vuoksi rajaan materiaalien tekemisen kokonaan työstäni pois ja keskityn polygonimeshin tekemiseen.

3 Keinotekkoisten hyperrealististen ihmiskuvan kehitys

3.1 Analogisesta valokuvasta digitaalisen kautta täysin synteettiseen

Mainosvalokuvauksen alalla olemme kokeneet suuren murroksen analogisen filmin käytöstä 2000-lukua edeltävältä ajalta digitaalisen kuvan totaaliseen dominointiin vuoteen 2010 tultaessa. Milloin on synteettisen kuvan aika syrjäyttää fyysisellä kameralla kohteesta otettu, pikseleistä koostuva kaksiulotteinen bittikarttakuva? Minua eritoten kiinnostaa miten analogisen kuvaamisen ja synteettisen kuvaamisen tekoprosessi eroavat toisistaan. Miten synteettinen kuva rakennetaan? Minulla on 14 vuoden kokemus kameralla kuvaamisesta. Mainoskuvan luomisen kokonaisuus sekä prosessin osa-alueet ovat minulle tutut. Mainoskuva tai kaupallinen kuva eroaa muotokuvasta ja kuvajournalismista suuremmin kuin moni osaa ajatella. Ero on se, että mainoskuvan tekeminen aloitetaan tyhjästä. Kun maalari aloittaa valkoisesta kankaasta, kuvaaja aloittaa valkoisesta Photoshop-ruudusta. Uutiskuvassa ja muotokuvassa on olemassa oleva kuvan kohde, henkilö tai tapahtuma. Mainoskuvassa ei ole mitään muuta kuin idea. Idean ympärille pitää kaikki tavalla tai toisella luoda. Tässä mielessä synteettisen kuvan luomisteoria on hyvin samanlainen kuin perinteisen fyysisellä kameralla kuvattavan. Analogisesti fyysisen kameran kanssa kuvatessa esimerkiksi aiheen valaisu toteutetaan oikeilla valoilla, jotka kaikki noudattavat tietysti fysiikan lakeja. Virtuaalikameralla kuvatessa käytämme virtuaalivaloja, jotka simuloivat oikean valon käyttäytymistä. Valoilla on samojen fysiikan lakien mukaiset asetukset, jotta ne voivat toimia tavalla, jolla silmämme on tottunut näkyvän valon havaitsemaan. Valon käyttäytymisen kokonaisuus pitää ennalta ohjelmoida. Valaisua lähestytään tavallaan eri suunnalta.

Global Illumination –teknologian kehityksen myötä, virtuaalivalaiseminen on helpottunut huomattavasti perinteiseen valokuvaukseen tottuneen käyttäjän näkökulmasta. Termiä käytetään kuvaamaan teknologiaa, jossa 3D-grafiikassa käytettävillä algoritmi ryhmillä, pystytään luomaan realistisempia valaisu olosuhteita. Teknologia osaa simuloida valofotonien käyttäytymistä, kuten esimerkiksi suoran valon (direct illumination) ja siitä aiheutuvan heijastavan valon (indirect illumination) käyttäytymistä erilaisissa olosuhteissa. (Wikipedia 2014.) Tämä tekee asiasta mielenkiintoisen sekä myöskin haastavan perinteiselle valokuvaajalle. Virtuaalikuvaaminen sekä valaiseminen antaa kuvaajalle mahdollisuudet tehdä asioita, joita on aikaisemmin ollut mahdotonta toteuttaa.

Virtuaalisen kuvaamisen pioneeri Paul Debevec on kehittänyt oman tapansa valaista. Hän on luonut Light Stagen, jossa esineestä pystytään tallentamaan kaikki heijastava valo. Tämän avulla sama esine voidaan rekonstruoida synteettisesti ja valaista kaikilla mahdollisilla valoilla sekä väreillä ja mistä suunnasta tahansa. ”Vähän niin kuin ääniä nauhoitetaan kontrolloidusti äänistudiossa, Light Stagella nauhoitetaan kontrolloidusti esineiden näkyvän valon heijastukset” (Debevec 2012). Menetelmät keinotekoisien ja perinteisen kuvan tekotavoissa, eroavat tietenkin muunkin kuin valaisun toteutustavassa. Tässä työssä syvennyn nimenomaan tietokoneella mallinnettuun, vektorigrafiikkaan perustuvaan kolmiulotteiseen ihmiskasvoon sekä sen mallintamiseen. Perinteisestä kuvaamisesta saamalla kokemuksella kykenen tarkastelemaan tekomenetelmiä omalta kantilta. En omaa entuudestaan kokemusta käyttämistäni ohjelmista, joten perehdyn niihin töiden edetessä.

3.2 Hahmosuunnittelu

Opinnäytetyöni idean sain mestarilliselta hahmosuunnittelijalta, Marco Di Luccalta. Hän on luennoinut aiheesta CGI-selfie. Marco Di Luccalla on pitkä kokemus hahmojen mallintamisessa. Hän on työskennellyt mm. Industrial Light & Magicilla (ILM), Digital Domainilla ja Pixarilla. Hän on harrastuksenaan kehittänyt menetelmää synteettisesti tehdystä henkilökuvasta. (Di Lucca 2014.)



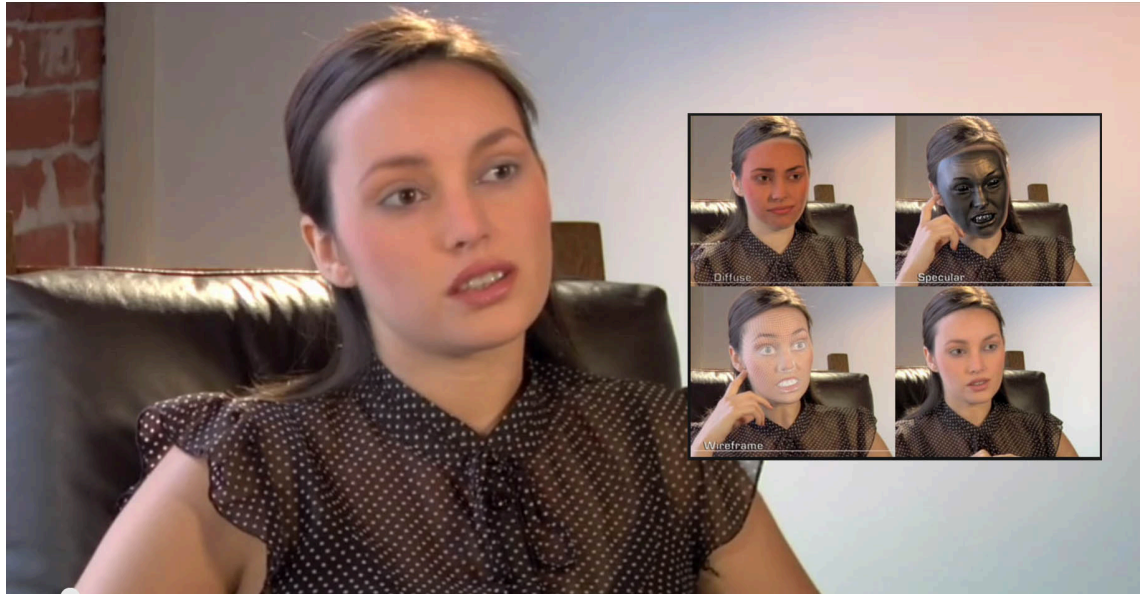
Kuvio 1. Marco Di Luccan CGI-selfieitä. Keskimmäinen on materiaaliton kuva viimeistellystä mallista.

Osallistuin B'ars-seminaariin Barcelonassa kesällä 2014. Siellä kahden päivän aikana esiintyivät kansainväliset VFX-ammattilaiset maailman suurimmista alan yrityksistä, kuten Digital Domain, ILM ja Pixar. Pääsin seminaarissa seuraamaan, miten Industrial

Light and Magicillä hahmosuunnittelusta vastaavana työskentelevä Marco Di Lucca esitteli, miten hän oli mallintanut CGI-selfien. Hänen tekniikkaansa koostuu kolmesta osa-alueesta; kuvaaminen, skulptaaminen ja materiaalit. Jokainen näistä jakautuu omiin osa-alueisiin, joista kerron enemmän kappaleessa neljä. Marco Di Lucca käytti oman selfiensä tekemisessään kolmea ohjelmaa, Agisoftin PhotoScania raaka-meshin luomiseen, Mudboxia meshin skulptaamiseen ja yksityiskohtien luomiseen, Mayaa topologian uudelleen rakentamiseen sekä KeyShot4:ää materiaalien luomiseen. (Di Lucca 2013.) Aion käyttää skulptaamisen Zbrushia, koska se on minulle tutumpi. Meshin raakakoostamiseen käytän samaa ohjelmaa kuin hän.

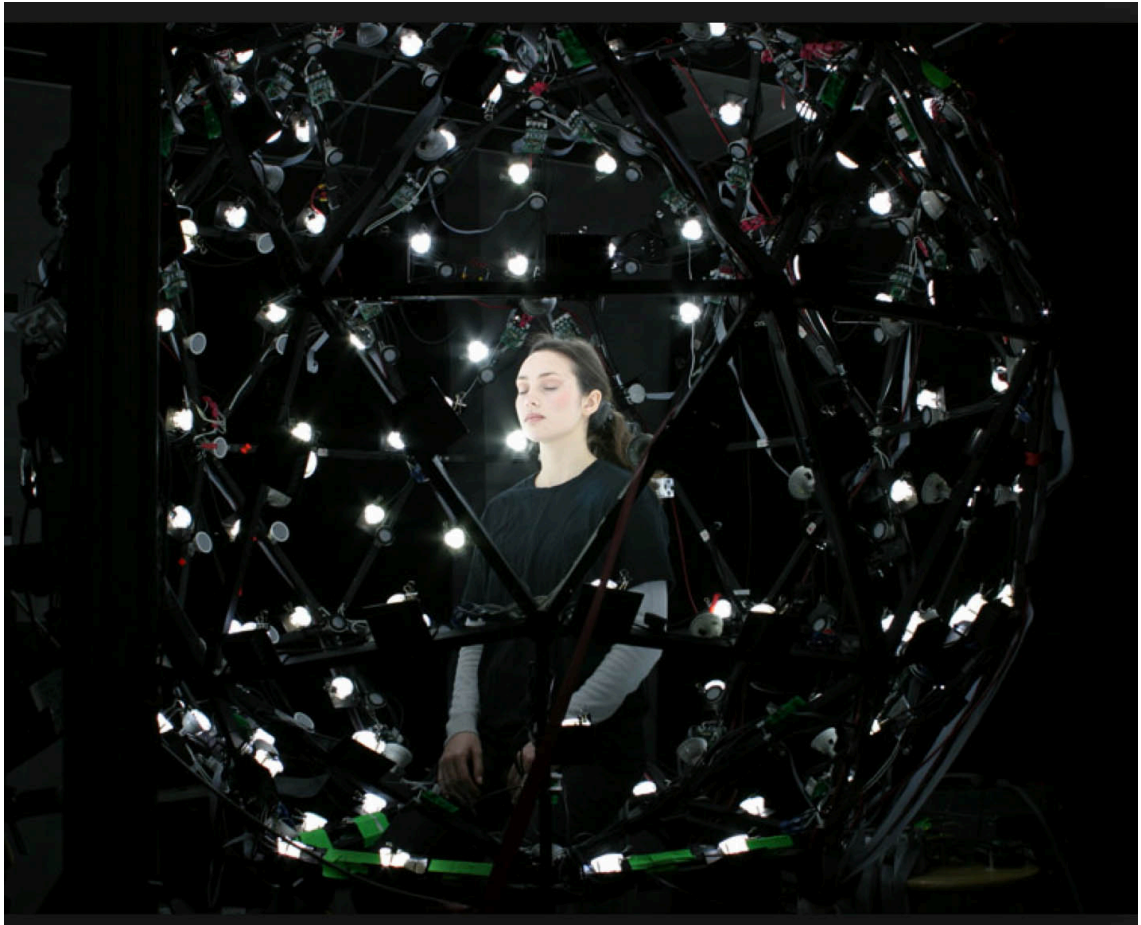
3.3 Digital Emily

Valaisu on olennainen asia hyperrealistisen ihmiskuvan luomisessa. Paul Debevec on kehittänyt teknologiaa mallinnetun ihmiskasvon mahdollisimman realistiselle valaisulle. Digital Emily on Paul Debevecin tekemä virtuaali-näyttelijä. Debevec on vuosikymmenen ajan tutkinut University of Southern California Institute for Creative Technologiesissa ihmisen ihon heijastuskentän (reflectance field) tallentamisesta Light Stage -rakennelman avulla. Normaalilla kameralla otetuista kuvista saadaan tarpeeksi informaatiota, jonka pohjalta voidaan generoida realistisia kasvo-renderöintejä. Kuvista saadaan tekstuurimappit, joissa on ihon hajoavan ja heijastavan valon heijastussuhde. Kun käytämme tekstuurimappeja, global illumination -renderöintiä ja subsurface scattering –simulaatiota yhdessä, realistinen ihmiskasvo voidaan generoida. (Debevec 2012.)



Kuvio 2. Digital Emily on hyperrealistinen digitaalinen näyttelijä jonka ovat luoneet ryhmä opiskelijoita USC Institute for Creative Technologies yliopistosta sekä Image Metrics niminen yritys. (Alexander, Rogers, Lambeth, Chiang, Ma, Wang, Debevec 2009.)

”Light Stage on työkalu, jonka avulla kohde voidaan valaista kontrolloidusti. Laitteen avulla kohde voidaan luoda tai simuloida muunneltavilla valon väreillä, voimakkuuksilla ja suunnilla simuloiden kaikkia mahdollisia valon lähteitä ja suuntia.” (Debevec 2012.)

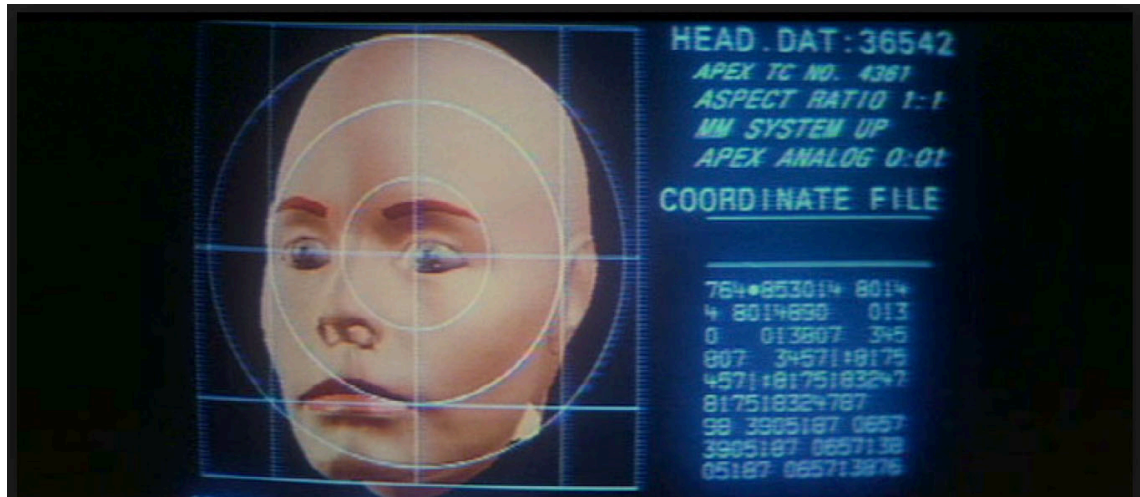


Kuvio 3. Light Stagella pystytään valaisemaan kohde kaikista suunnista.

Light Stagen tarkoitus oli kehittää menetelmä, jolla saadaan tallennettua kasvojen valon data tehokkaasti. Menetelmää käytettiin 2000-luvun alussa mm. Spiderman 2, King Kong sekä Superman 2 -elokuissa. Light Stagen avulla näyttelijöistä luotiin virtuaalistunt-hahmot toimintakohtauksiin. Prosessin avulla hahmot pystyttiin renderöimään suoraan monimutkaisiin valaisuolosuhteisiin, jotka virtuaalikohtauksissa vallitsivat.

3.4 CGI hahmojen historia elokuvateollisuudessa

Elokuvan historiassa 3D-grafiikkaan perustuvat ihmishahmot ovat suhteellisen uusia. Ensimmäinen 3D-grafiikkaan perustuva CGI-ihmishahmo Cindy, esiintyi elokuvassa *Looker* vuonna 1981. (amc filmsite 2014.)



Kuvio 4. Elokvassa *Looker* (1981) esiintyi ensimmäinen 3D-grafiikkaan perustunut ihmishahmo Cindy.

Tämän jälkeen Hollywood-tuotannossa alkoi esiintymään enemmän ja enemmän CGI-hahmoja. Vuonna 1985 LucasFilm kehitti ensimmäisen valokuvarealistisen hahmon ”Stained glass knightin” elokuvaan *Young Sherlock Holmes*.



Kuvio 5. Stained glass knight –hahmo elokuvassa *Young Sherlock Holmes* (1985) oli LucasFilmin kehittämä ensimmäinen valokuvarealistinen CGI-hahmo.

Pixarin ensimmäinen lyhytelokuva *Luxo Jr.* ansaitsi Oscar-ehdokkuuden vuonna 1986. Elokvassa käytettiin ensimmäistä kertaa varjoja CGI-kuvissa ja Pixar kehitti elokuvaa varten Renderman-ohjelman. Vuonna 1992 elokuvassa *Death Becomes Her* nähtiin

ensimmäinen CGI-ihmisiho ja vuonna 1994 *The Flintstones* nimisessä elokuvassa ensimmäinen renderöity karva.(Wikipedia 2014.)

Vuonna 2001 kunnianhimoinen japanilainen ohjaaja Hironobu Sakagi teki ensimmäisen valokuvarealistisen pitkän CGI-elokuvan itse luomansa pelin tarinaan pohjautuen. Elokuva *Final Fantasy: The Spirits Within* kesti neljä vuotta valmistua ja sen tuotanto budjetti oli huikat 139 miljoonaa dollaria. Elokuva oli ensimmäinen, jossa käytettiin motion capturea eli liikkeen tallentamista, kokonaisen yksityiskohtaisen digitaalisen ihmisen tekemiseen. Päähenkilö Aki Rossilla on ihossaan maksaläiskiä, ryppejä, pullistuneita suonia käsissään ja jopa 60 000 hiusta. (amc filmsite 2014.)



Kuvio 6. Final Fantasy: The Spirits Within (2001) –elokuvan päähenkilö Aki Rossilla oli päässään jopa 60 000 hiusta. Elokuvalla kesti neljä vuotta valmistua.

Viimeisin merkittävä virstapylväs CGI-hahmojen kehityksessä ajoittuu vuoteen 2009 ja elokuvaan Avatar. Avatarissa käytettiin performance capture -menetelmää, jonka avulla luotiin valokuvarealistiset 3D-hahmot. Avatarissa oli myös täysin mallinnettu valokuvarealistinen maailma. Elokuvassa oli myös ensimmäistä kertaa VAD, virtual art department. Elokuvan ohjaaja James Cameron kehitti tiiminsä kanssa myös virtual production pipeline, työskentelyprosessin tai järjestelmän, jonka avulla elokuva oli mahdollista kuvata reaaliajassa. (Newton 2012.)

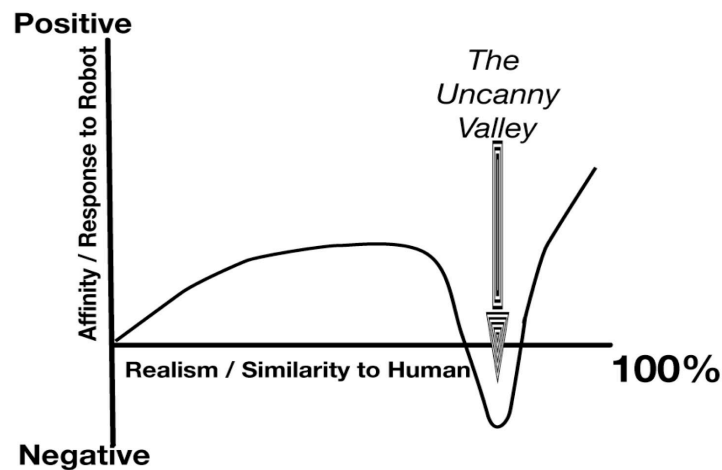


Kuvio 7. Virtual production avulla virtuaalihahmojen liikkeitä voidaan kuvata virtuaalilavasteissa reaaliajassa. Kuva elokuvasta Avatar (2009).

Virtuaalikuville on siis löytynyt hyvin käyttöä elokuvateollisuuden erikoistehosteista sekä animaatioelokuvissa. Käyttö on monipuolistunut ja lisääntynyt räjähdysmäisesti ja on nykyään huomattavissa melkein jokaisessa elokuvassa. Usein vaaralliset toimintakohtaukset tehdään CGI-hahmoilla. Päänäyttelijöistä tehdään virtuaalikopiot, joita voidaan animoida toiminta- ja CGI-kohtauksissa sekä muissakin kohtauksissa, joissa muuten jouduttaisiin käyttämään bluescreeniä ja avaintamistekniikkaa (keying).

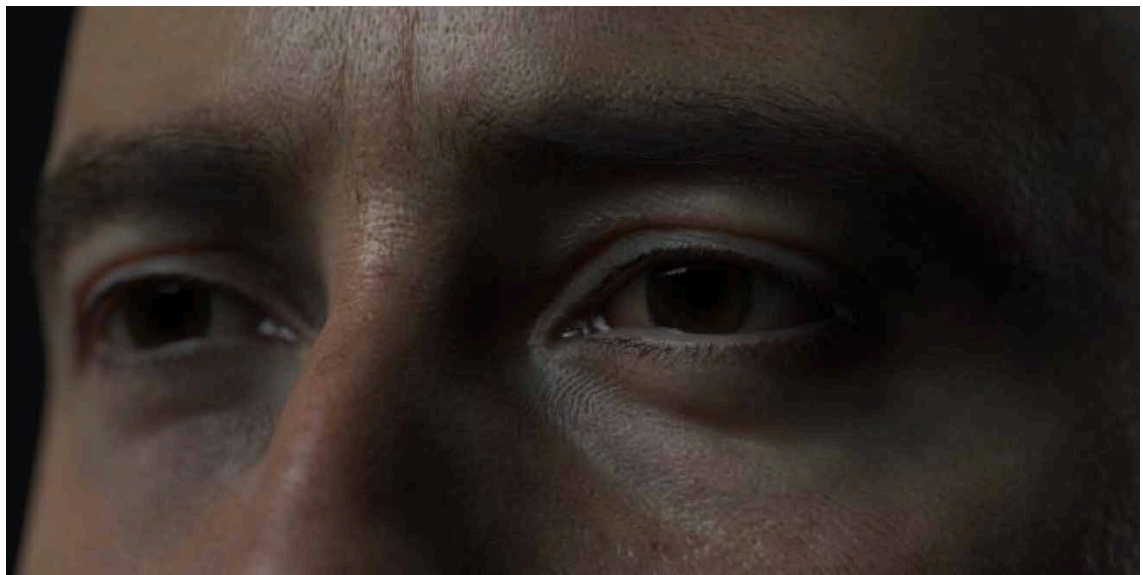
3.5 Outo laakso eli uncanny valley

Tämän kappaleen viimeisenä asiana haluan käydä läpi hypoteesin, joka on olennaisesti esillä aina kun puhutaan keinotekoisista ihmisfiguureista. Uncanny valley, suomeksi outo laakso on Masahiro Morin esittämä hypoteesi. Mori esitti 1970-luvulla, että on olemassa piste, jolloin ihmisen suhtautuminen keinotekoisesti luotuun ihmiseen muuttuu kielteiseksi. Ihmiset pitävät karrikoidusti tehdyistä keinotekoisista ihmisen muodoista, mutta kun piirteet alkavat muistuttaa liikaa oikeata ihmistä, katsojan suhtautuminen muuttuu torjuvaksi. Melkein ihmisen näköinen robotti tai animaatiohahmo näyttää silmään oudolta (Mori 2012.)



Kuvio 8. Yksinkertaistettu kaavio outolaakso hypoteesista, jolla kuvataan kohtaa, missä keinotekoisesti luodusta ihmiskuvasta tulee uhkaava ja epämiellyttävä katsojalle. (Oxford Dictionaries 2014).

Animaatio teknologia on tällä hetkellä tilassa, jossa kolkutamme tämän hypoteesin perustaa. Mielestäni olemme jo nähneet keinotekoisesti tehtyjä hahmoja, joita ei voi erottaa aidoista valokuvista. ”Key Shot -ohjelman avulla CGI-taiteilijat murtavat käsitykset uncanny vallestä” (Flahetry 2013).



Kuvio 9. Lähikuva Marco Di Luccan CGI-selfien silmistä.

Muun muassa ohjaaja Steven Spielberg on leikitellyt hypoteesin kanssa muutamaa otteeseen. 2001 tehdyssä elokuvassa A.I.: Artificial Intelligence hän käsittelee aihetta

näyttelijöiden avulla. Elokvassa näyttelijät näyttelevät androideja. Ohjaaja selkeästi pyrkii luomaan outo laakso tunnelmaa valaisulla, maskeerauksella, puvustuksella sekä näyttelijöiden maneeereilla, liikkeillä ja puhetavalla, korostaakseen hahmojen uskottavuutta androideina. Kaikki nämä ovat perinteisiä elokuvakerronnan keinoja ja tässä tapauksessa auttavat luomaan hahmoista oikeanlaista tunnelmaa. Elokvassa Tintin seikkailut (The Adventures of Tintin, USA 2011) ohjaaja Steven Spielberg käsittelee toistamiseen outo laakso -hypoteesia. Elokuva perustuu ensimmäistä kertaa vuonna 1929 julkaistun belgialaisen taiteilijan Georges Remin, taiteilijanimeltään Hergen, Tintti sarjakuvan hahmoon. Spielberg lähestyy teemaa tällä kertaa teknisesti täysin vastakkaiselta puolelta. The Adventures of Tintin on kokonaan CGI-animoitu elokuva. Elokvassa pyritään hyperrealistiseen maailmaan. Hahmot, jotka on mallinnettu viimeiseen yksityiskohtaan asti realistisiksi, epäonnistuvat olemaan pidettäviä, inhimillisiä hahmoja. Mielestäni Spielberg törmää outoon laaksoon Tintin kanssa. Hahmot eivät ole tarpeeksi aitoja. Outo laakso -hypoteesissään Mori nimenomaan määrittää tämän kohdan, jossa ihmistä melkein muistuttava hahmo herättää katsojassa levottomuutta ja vastenmielisyyttä. (Oxford Dictionaries 2014.)



Kuvio 10. Kuvakaappaus elokuvasta Tintin seikkailut (The Adventures of Tintin, USA 2011). Elokuva on jakanut mielipiteitä oudon laakson kannalta.

On vaikea uskoa, että ohjaaja olisi tarkoituksellisesti luonut hahmot kaukaisiksi, huonosti samaistuttaviksi ja vastenmielisiksi. Hyvä esimerkki kehityksen nopeudesta

alalla on kolme vuotta myöhemmin julkaistu elokuva Maleficent (2014). Tässä elokuvassa onnistutaan paremmin selättämään outo laakso -hypoteesi kolmen hyvän haltijan kanssa, jotka ajoittain esiintyvät elokuvassa kokonaan CGI-animoiduissa kohtauksissa.

Mielestäni outo laakso -hypoteesia voidaan pitää oleellisena vedenjakajana puhuttaessa keinotekoisien ihmisfiguurin mallintamisessa. On totta, että animaatio ja liikkuva kuva vaativat hahmolta erilaista yksityiskohtiin syventymistä kuin stillkuva. Ihminen on tottunut seuraamaan toista ihmistä ja erottaa helposti normaalista käyttäytymisestä eroavat yksityiskohdat. Stillkuvaa taas katsotaan huomattavasti pidempään. Pysähtyneessä kuvassa yksityiskohtien on oltava huomattavasti tarkemmalla tasolla. Stillkuvauksessa olemme siirtyneet oudon laakson toiselle puolelle ja emme enää pysty erottamaan CGI-kuvaa analogisesta kuvasta. Kiitos tästä kuuluu taitaville hahmomallintajille, kuten Marco Di Luccalle. Liikkuvan kuvan puolella käännekohta tulee hieman jälkikäteen, johtuen suuremmasta riippuvuudesta teknologiseen kehitykseen, lähinnä tietokoneiden laskunopeuteen. Hyperrealistisen animaation tekeminen vaatii moninkertaisen määrän laskentatehoa stillkuvaan verrattuna ja näin ollen suuremmat rahalliset resurssit.

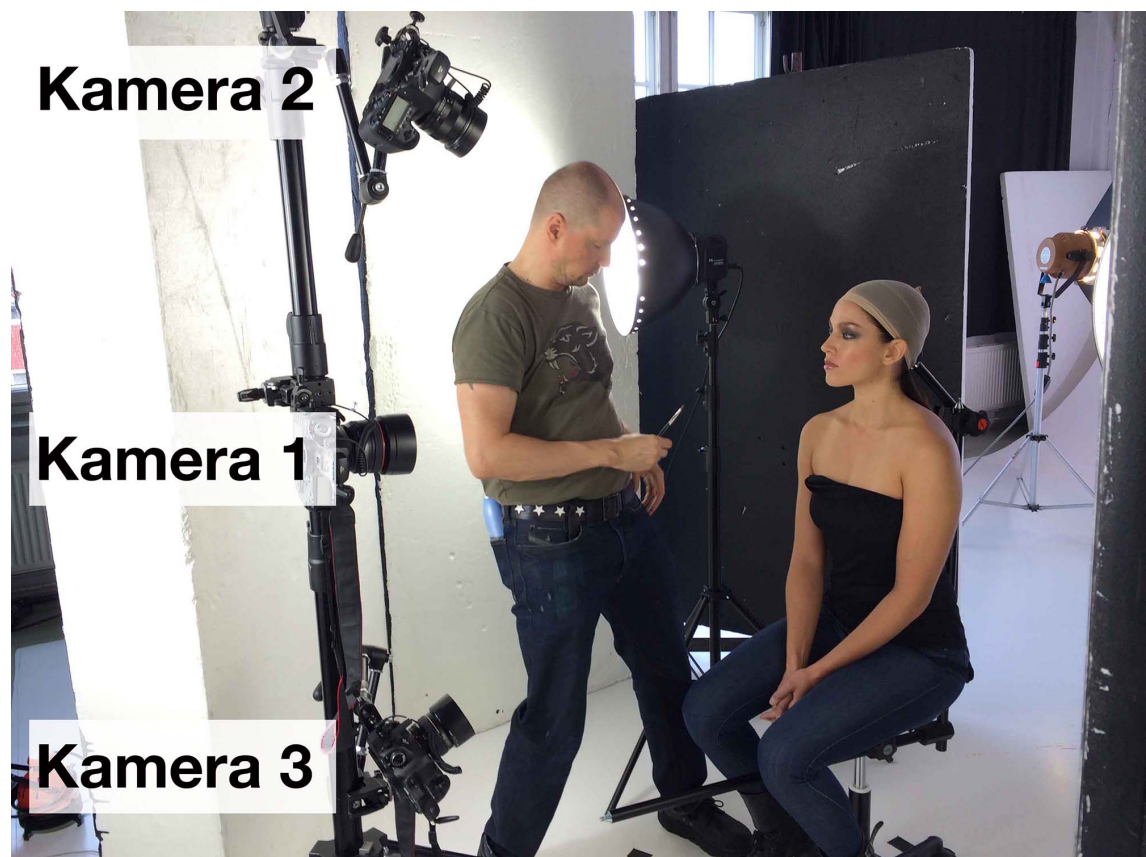
4 Hyperrealistisen kasvokuvan kahden ensimmäisen vaiheen toteutus

4.1 Meshin luominen

Tässä luvussa käsittelen yksityiskohtaisesti prosessia, jolla stillkuvien avulla tehdystä pistepilvestä muodostetaan 3D-malli. Tämä malli työstetään skulptaus-ohjelmassa yksityiskohtaiseksi malliksi kohteesta.

4.1.1 Kuvaaminen

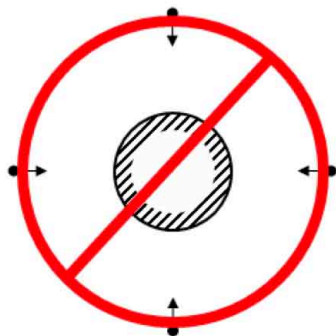
Käytin kuvaamiseen kolmea Canon 5d mark3 -kameraa. Kamera 1 oli asemoituna suoraan kohteen eteen, kamera 2 samoin, mutta metrin kamera ykköstä korkeammalla, suunnattuna kohtisuoraan kohteeseen. Kamera 3 oli metrin kamera ykköstä alempana, myös kohtisuoraan kohteeseen suunnattuna. Kameroiden tallennuspinnat muodostivat näin kaaren kohteen ympärille olemalla kaikki yhtä kaukana kohteen keskipisteestä.



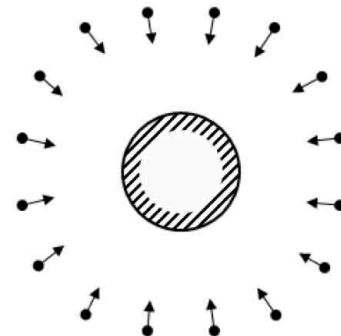
Kuvio 11. Kolmen kameran rigin avulla kohteen kuvaus sujui kolminkertaisella nopeudella.

Ensimmäisten testieni avulla olin havainnut, että on mahdollista kuvata kohde paikallaan olevilla kameroilla pyörittäen kohdetta. Marco Di Lucca teki omassa selfiessään toisin. Hänen kollegansa kuvasi häntä useasta eri suunnasta. Tässä tapauksessa kohde oli paikallaan. Hän kuvasi kohdetta yhdellä kameralla kolmelta eri korkeudelta sekä suoraan ylhäältä. Ongelma tässä kuvaamistavassa on sen pitkä kesto. Kun kuvataan elävää kohdetta, on erittäin tärkeää, että se pysyy mahdollisimman liikkumattomana. Di Luccan menetelmällä kuvien ottoon kuluu useita minutteja. Rakennelmassani kuvaan kolme kuvaa kerrallaan. Pelkästään se lyhentää kuvausaikaa kolmannekseen. Lisäksi menetelmässäni pyöritän kohdetta ja kamerani pysyvät paikallaan. Rakensin kohteen tuoliin niskatuen, jonka avulla kohteen oli helppo pitää päätään liikkumatta. Lisäsin tuoliin myös tangon, jonka avulla oli helppo pyörittää rakennelmaa. Asetin lattiaan asteikon noin 25 asteen välein. Kuvasin kohteen etupuolelta 180 asteen sektorin 25 asteen välein. Alla kuva Photoscanin manuaalista, josta näkyy oikea tapa ottaa kuvat.

Isolated Object (Incorrect)

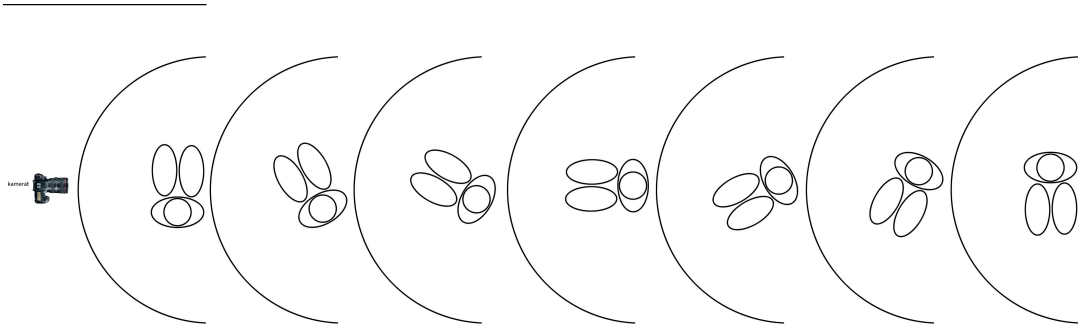


Isolated Object (Correct)



Kuvio 12. Photoscanin manuaalin mukainen tapa kuvata. Kuvia tarvitaan erisuunnista tarpeeksi, jotta yksityiskohtainen meshi voidaan generoida.

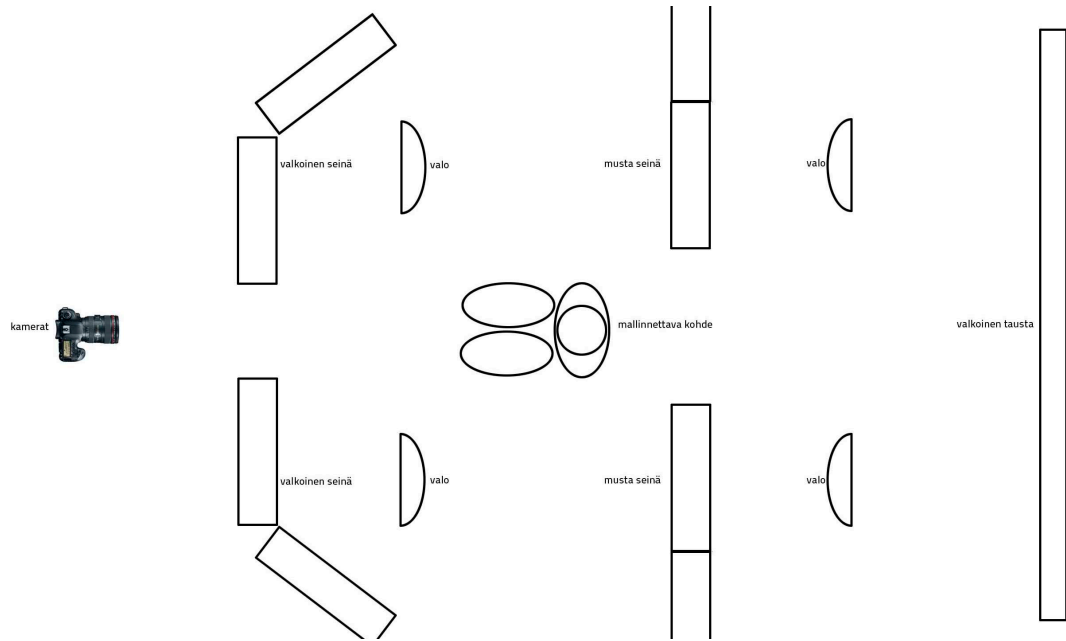
Aloitin kuvaamisen kohteen oikeasta profiilista. Tämän jälkeen käänsin tuolia 25 astetta kerrallaan, kunnes saavutimme vasemman profiilin. Näin sain tallennettua kohteen seitsemästä suunnasta kolmelta korkeudelta kohteen profiilista profiiliin. Itse kuvien tallentamiseen kului aikaa noin 10 sekuntia. Tämä aika elävän kohteen on huomattavasti helpompi olla liikkumatta verrattuna tilanteeseen, jossa kuvataan vain yhdellä kameralla.



Kuvio 13. Seitsemän kulmaa joista kuvattiin kohdetta ylhäältä esitettynä.

Toinen etu menetelmässäni verrattuna Marco Di Luccan menetelmään on kuvieni taustattomuus. Testivaiheessa tein kokeita erilaisilla esineillä ja erilaisilla taustoilla. Kuvista on ehdottoman tärkeää rajata kaikki, mitä ei haluta mallinnettavan. Tämän ylimääräisen datan saa pois joko kuvaamalla kuvat tasaisella valkoisella taustalla tai poistamalla sen maskaamalla myöhemmin. Maski pitää tehdä jokaiseen kuvaan erikseen joko Photoscanissa tai Photoshopissa.

Kuvien valaisussa käytin suunnitelmasta poiketen jatkuvaa valoa. Testivaiheessa kuvasin elottomia esineitä ja käytin kuvaamiseen salamavalvoja. Niillä saan huomattavasti enemmän tehoja sekä puhtaamman ja hallitumman valon. Meshin tallentamisessa on Di Luccan mukaan käytettävä mahdollisimman vähän heijastavaa valoa. Siksi testivaiheessa salamavalvoilla tekemäni kaappaukset toimivat upeasti. Valot suuntasin siten, ettei kohteeseen tulisi turhia varjoja tai kiiltoja. Asetin valot oheisen kaavion mukaisesti.

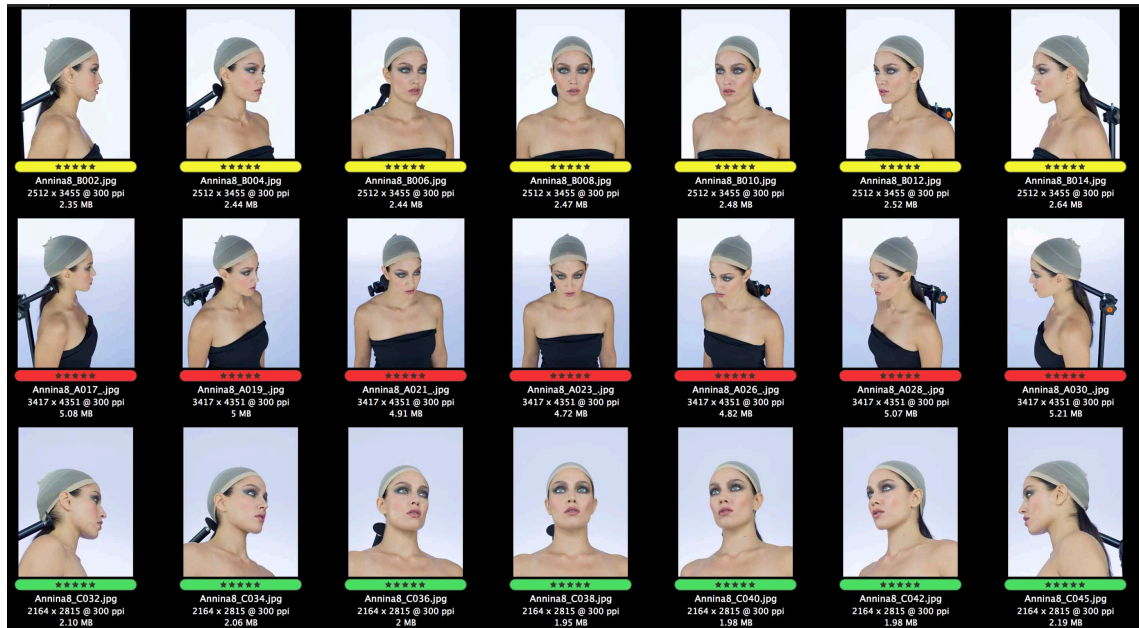


Kuvio 14. tämä kaavio esittää valaisimien paikkaa ylhäältä katsottuna.

Yhdestä pienikokoisesta valonlähteestä tuleva suora valo on erittäin jyrkkä. Tämä aiheuttaa jyrkkiä varjoja sekä voimakkaita kiiltoja. Pehmeän valon saa esimerkiksi heijastamalla suoran valon mahdollisimman suuren pinnan kautta. Tämän avulla valonlähteen luonne muuttuu suureksi valaisevaksi pinnaksi. Tämä valo on luonteeltaan silti terävää ja hyvin yksityiskohtia piirtävää. Toinen mahdollisuus valon pehmentämiseksi on asettaa valonlähteen ja kohteen väliin valoa hajottava kangas tai muovi. Tämä tosin pehmentää valon luonnetta ja näin myös heikentää kohteen yksityiskohtien erottuvuutta. Taustaksi asetin valkoisen kartongin ja valaisin sen tasaisen valkoiseksi. Mustat seinät kohteen ja valkoisen taustan välissä estävät taustasta kohteeseen vuotavaa valoa aiheuttamasta pehmeyttä kuvaan.

Kolmen kameran rigissäni salamot osoittautuivat ongelmaksi. Rakensin telineen, jossa kaikki kolme kameraa laukesivat samanaikaisesti radio synkronointilaitteella. Asensin kaikkiin kameroihin vastaanottimen ja laukaisin kamerat lähettimestä. Salamavalloilla kuvatessa kameran valotusaikana voidaan yleisesti pitää noin 1/125 sekuntia. Salaman välähdys aika on noin 1/20000 sekuntia. Salamot laukaistaan yleensä kamerasta radiolähettimeillä tai synkronointijohdolla. Rigissäni kamera 1 oli yhteydessä valoihin. Kun annoin lähettimelläni kameroille signaalin laukaista, kamera 1 laukaisi salamot sekunnin tuhannesosassa. Kaksi muuta kameraa eivät ehtineet avata sulkimiaan ajoissa ja salamien nopea välähdys jäi niiltä tallentumatta. Näin ollen kamerat 2 ja 3

eivät tallentaneet kuvaa. Jouduin korvaamaan salamat yleisesti videokuvauksessa käytetyillä jatkuvilla valoilla. Tämä tietenkin muutti valaisuani sekä muuta pystyttämäni rakennelmaa. Salamavalojen suuremman tehon avulla olisin saanut kuviin suuremman syvyyserävyuden, joka olisi auttanut kuvien myöhemmässä käytössä. Pistepilveä generoidessa kuvista tarvitaan mahdollisimman paljon pikseli-informaatiota.



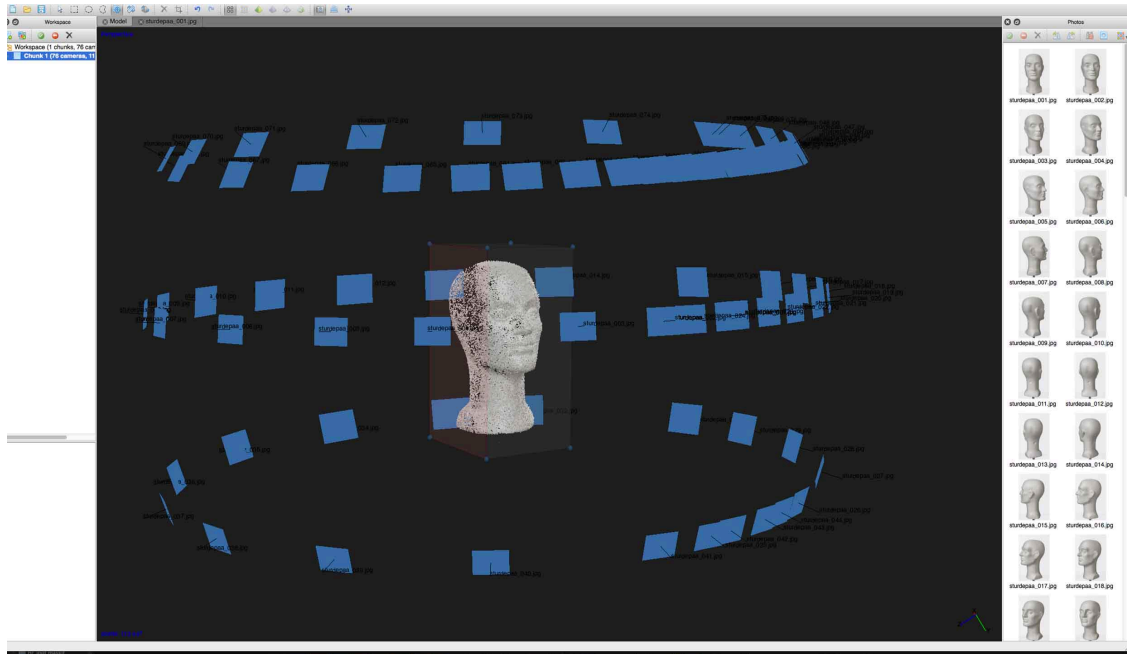
Kuvio 15. Pinnakkainen kuvista, joista pistepilvi koostetaan.

Kuvasin kohteen kahdella eri tavalla meikattuna. Pyrkimyksenä oli tallentaa ihon pinta mahdollisimman vähällä heijastumalla. Hyvin meikattu iho ei heijasta ja ihon sävy on tasaisempi. Toivoin tämän myös nopeuttavan pistepilven generointia.

4.1.2 Photo alignment eli kuvien koostaminen

Mielestäni mielenkiintoisin prosessin vaihe on meshin luominen. Photoscanin kehittäjien tavoite on saada rakennettua teksturoituja 3D-malleja valokuvien avulla. Kuvien koostamisvaiheessa ohjelma etsii kuvista yhtäläisiä pisteitä. Ohjelma määrittää niiden avulla jokaiselle kuvalle kameran paikan ja määrittää kameran kalibrointiparametrit (Agisoft 2014). Kuvien koostamista on pitkään käytetty esimerkiksi karttoja tehtäessä ilmakuvista. Ilmakuvista ollaan pystytty tekemään laajoja kuvamosaiikkeja yhdistelemällä useita ilmakuvia ja kohdistamalla niitä kuvissa olevien yhtäläisten pisteiden avulla. Kuvien koostamista käytetään myös usein panoraamakuvissa sekä liikkuvan kuvan tärinän stabiloinnissa. (Szeliski 2006.)

Työssäni ohjelma luo sparse point cloudin, karkean pistepilven mallinnettavasta kohteesta. Tässä prosessissa näistä kuvista käytetään nimeä kamera.

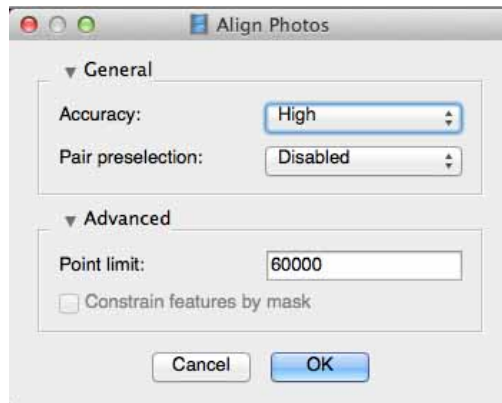


Kuvio 16. Kuvassa siniset nelikulmiot ovat kameroita, joista ohjelma generoi keskellä olevan pistepilven.

Agisoftin manuaalin mukaan kuvatessa on huomioitava useita asioita, mitkä saattavat vaikeuttaa ohjelman algoritmien kykyyn mallintaa kohdetta. Tallennettavien kuvien resoluution pitää olla tarpeeksi suuri, mielellään suurempi kuin 5 MPix. Kuvien on suositeltavaa olevan osittain päällekkäin tai limittäin, jotta ohjelma löytää kuvista yhtäläisyyksiä. Lisäksi tärkeimmästä kulmasta olisi syytä kuvata monista eri suunnista, vähintään kolmesta. (Agisoft 2014.)

Ohjelma pyytää tekijää määrittämään muutaman parametrin kuvien koostamisvaiheessa. Ohjelma pyytää valitsemaan tarkkuuden (accuracy), jolla se määrittää kameroille paikat. Korkeampi tarkkuus määrittää paikan yksityiskohtaisemmin. Runsaan kuvamateriaalimäärän käsittely vaatii tehokasta tietokonetta toimiakseen nopeasti. Suurimman osan kuluva ajasta ohjelma käyttää yksityiskohtien etsimiseen kuvissa. Image pair preselection -vaihtoehdon tarkoitus on nopeuttaa yksityiskohtien löytymistä. Toiminnolla ohjelma valitsee kuvista osajoukkoja, kuvapareja, joita se sovittaa yhteen. Generic preselection -tilassa kuvapareja etsitään yhteen sovittamalla kuvia ensin pienemmällä tarkkuudella. Ground control preselection-

tilassa kuvaparit etsitään suoraan niiden mitattujen kameran paikkojen perusteella. Lisäksi ohjelma tiedustelee, mikä on yläraja pisteille, jotka lasketaan mukaan kuvien koostamiseen. Valikosta voi myös valita, halutaanko maskien ulkopuolista dataa käyttää ryhmittämissä laskemiseen. Tämä saattaa olla hyödyllistä, jos itse kohteessa on vähän yksityiskohtia.



Kuvio 17. Kuvien koostamisvaiheessa valitsin kuvan mukaiset vaihtoehdot.

Kokemukseni kuvien ryhmittämisestä ovat hieman ristiriitaiset. Tuntuu, että ohjelma ei aina toimi täysin loogisesti. Testeissäni huomasin, että sama kuva saattoi olla eri paikassa toistamiseen tehdyssä ryhmittämisessä. Huomasin useaan otteeseen, että kuvien välimatkat toisistaan vaihtelivat liikaa. Toki kamerarigini ei ollut matemaattisen tarkasti mitattavissa, mutta silmämääräisesti havaitsin huomattavaa epäsäännöllisyyttä. Tämä saattaa johtua tavastani kuvata. Kuvatessani kohde liikkuu ja kamera pysyy paikallaan, toisin kuin Photoscanin manuaalissa ehdotetaan tekemään.

4.1.3 Point Cloud eli pistepilvi ja sen generoiminen

Pistepilvi, point cloud, on kuvien koostamisen tulos. Pistepilvi voidaan tallentaa Photoscanista toisiin formaatteihin, kuten .obj, muissa ohjelmissa käytettäväksi. Kokeillessani erilaisia vaihtoehtoja pistepilven tekemiseen huomasin, että pistepilvi voi mennä sekavaksi oletettavasti monesta eri syystä. Heijastuvat esineet eivät esimerkiksi toistu hyvin. Pintojen heijastuneisuus luo ohjelman laskentamalleille vaikeasti suoritettavia tehtäviä ohjelman yrittäessä löytää kuvista yhteneviä pisteitä. Vaikuttaa siltä, että peilaavat pinnat toistavat itse kuvan tunnistettavia pisteitä. Suurikokoiset mattapinnat aiheuttavat ohjelmalle vaikeuksia löytää toistuvia, yhtäläisyyksiä kuvista. Lisäksi kuvatessa olisi syytä mahdollisuuksien mukaan rajata kaikki ei haluttu pois.

Toki kuvista voi maskata tarpeettomat yksityiskohdat pois Photoscanin käyttöliittymässä tai Photoshopissa. Yksittäisiä kuvia ei tulisi rajata, eikä mittasuhteita sekä perspektiiviä tulisi erikseen muokata. Alla olevassa kuvassa on esimerkki hyvin ja huonosti generoidusta point cloudista.



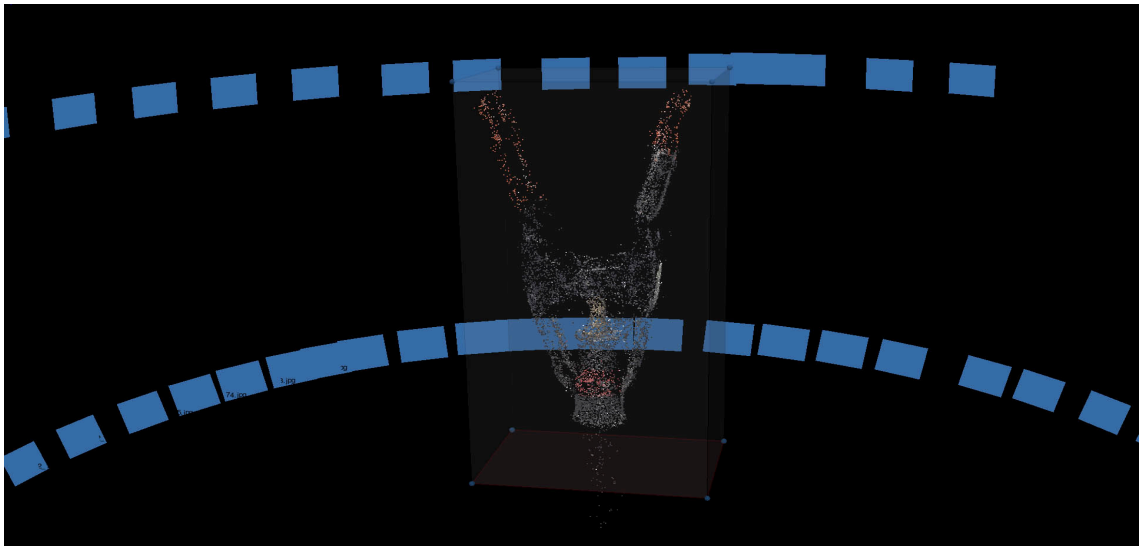
Kuvio 18. Vasemmalla sekava pistepilvi ja oikealla siisti pistepilvi.

Photoscan luo siis kuvista löyhän piste pilven eli sparse point cloudin. Tämän lisäksi ohjelma määrittää kameroille paikat ja kuviin syvyyttiedot. Kameroille määriteltyjen paikkoihin perustuen ohjelma laskee jokaiseen kameraan perustuvan tiedon ja muodostaa tiheän pistepilven, dense point cloud. (Agisoft 2014.)

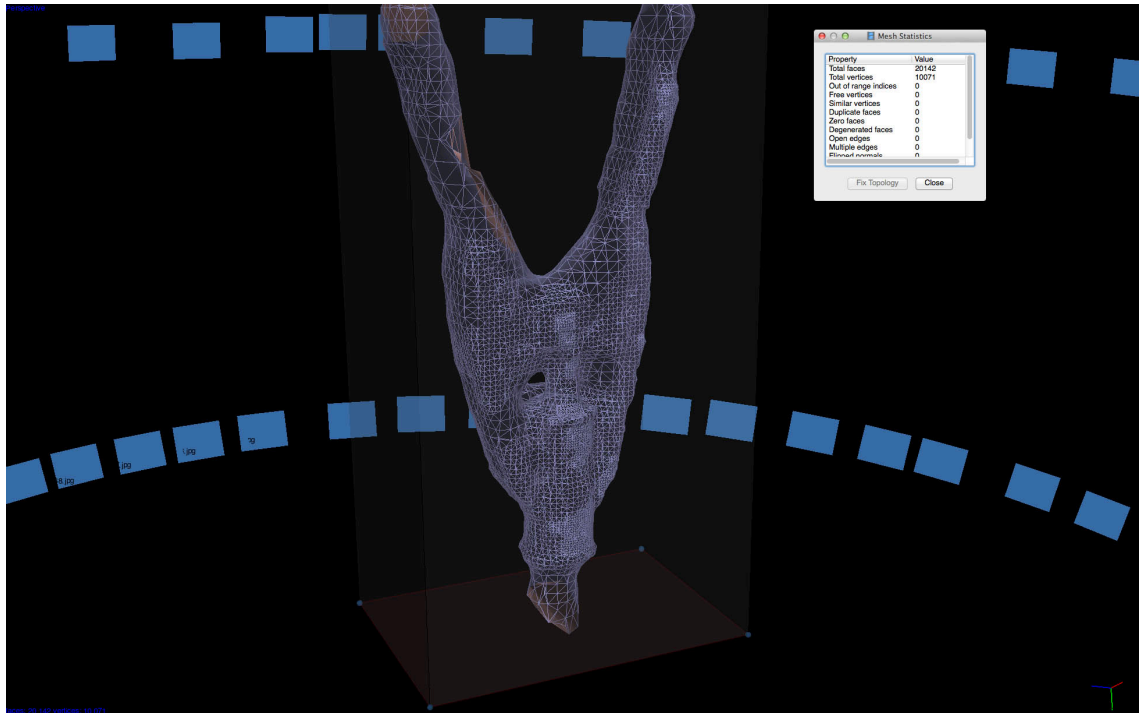
Tiheään pistepilveen muodostuu usein paljon ylimääräisiä pisteitä. Nämä pisteet tulee siistiä pois ohjelmassa. Tiheää pistepilveä luodessa on valittavan muutamia parametreja kuvien laatuun riippuen sekä luotavan mallin yksityiskohtaisuuden tason määrittämiseksi. Muutamia teknisiä heikkouksia kuvassa vaikeuttavat tiheän pistepilven generointia. Jos kuvat ovat esimerkiksi epäteräviä tai niissä on runsaasti kohinaa, saattaa syrjässä olevia pisteitä tulla paljon. Jotta näiltä ulkopuolisilta pisteiltä vältyttäisiin, suosittelee PhotoScan manuaalissaan valitsemaan kolmen vaihtoehdon väliltä. Nämä vaihtoehdot ovat mild, moderate ja aggressive depth filtering mode. Mild depth filtering modea suositellaan käytettäväksi, jos mallinnettavassa kohteessa on runsaasti yksityiskohtia. Aggressive depth filtering modea suositellaan manuaalin

mukaan käyttämään, jos kohteessa ei ole merkittävästi yksityiskohtia. Moderate depth filtering mode on vaihtoehto näiden kahden välimaastosta. (Agisoft 2014.)

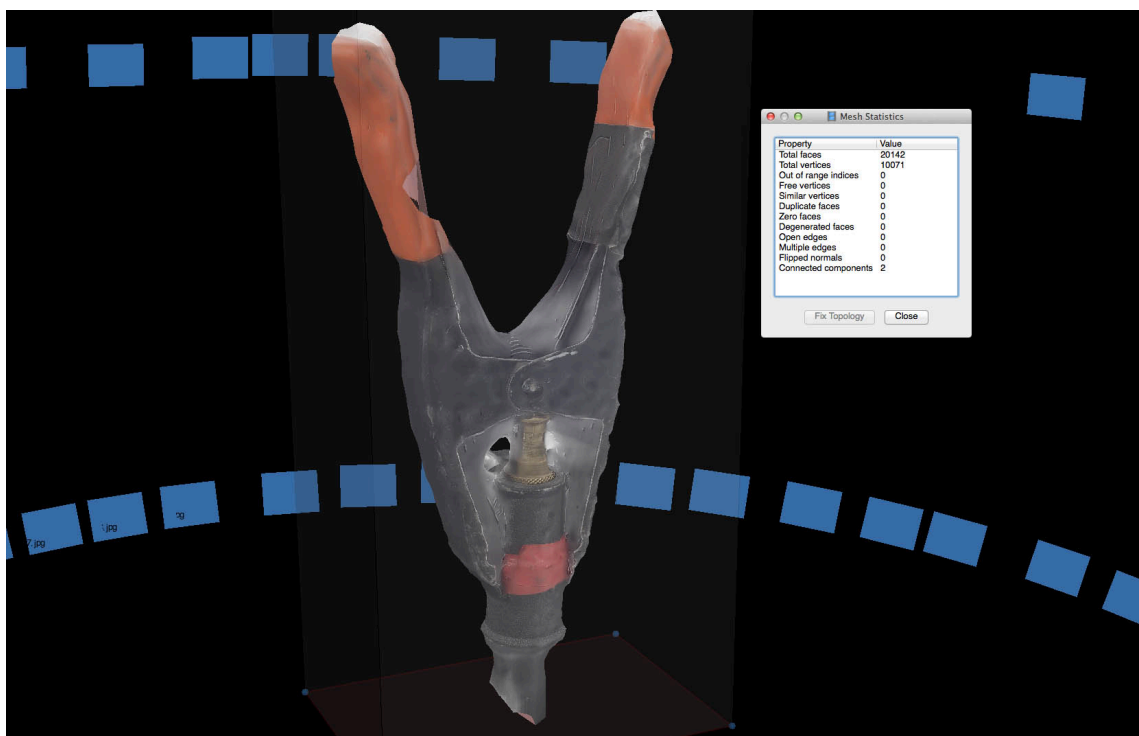
Testivaiheessa kokeilin prosessia ensiksi pienellä puristimella ja toiseksi mallinuden styroksipäällä. Näiden molempien kanssa sain aikaan erittäin ehjän pistepilven, jota piti manuaalisesti siistiä hyvin vähän. Alla olevissa esimerkki kuvissa on havaittavissa, kuinka tehokkaasti testiprosessi eteni pistepilvestä meshin generoimiseen ja aina materiaaleihin asti.



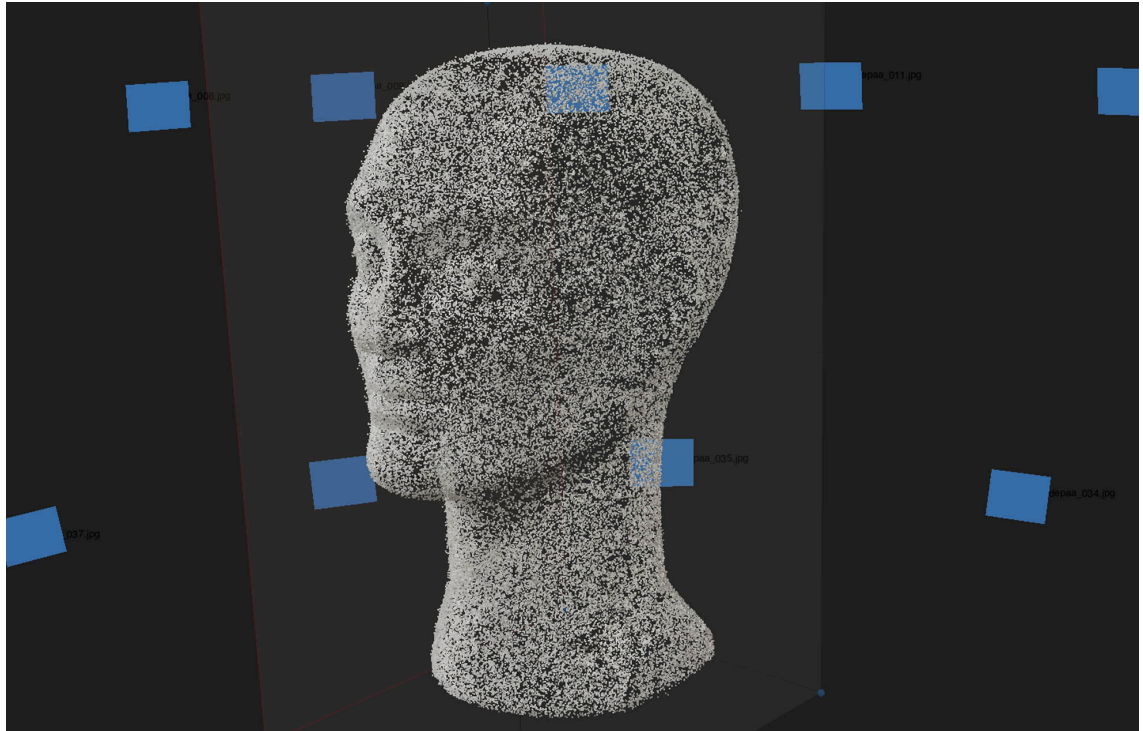
Kuvio 19. Puristimen tiheäpistepilvi oli siisti ja hajallaan olevia pisteitä oli vähän.



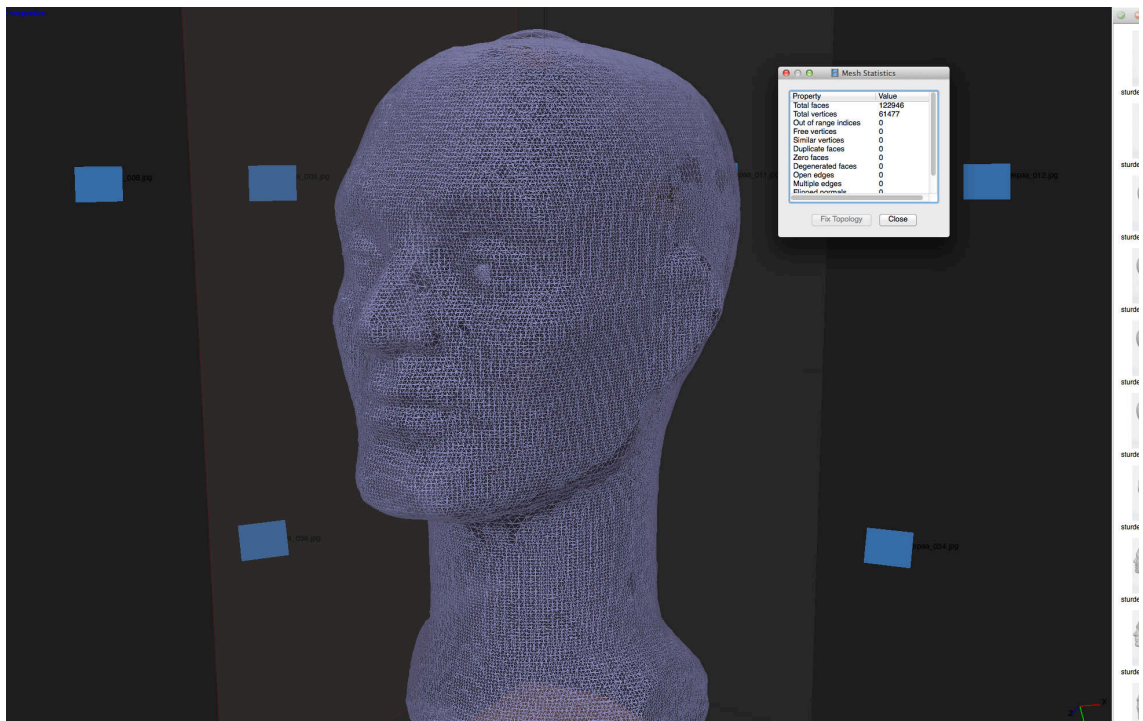
Kuvio 20. Puristimen muoto tallentui suhteellisen helposti ja tarkasti.



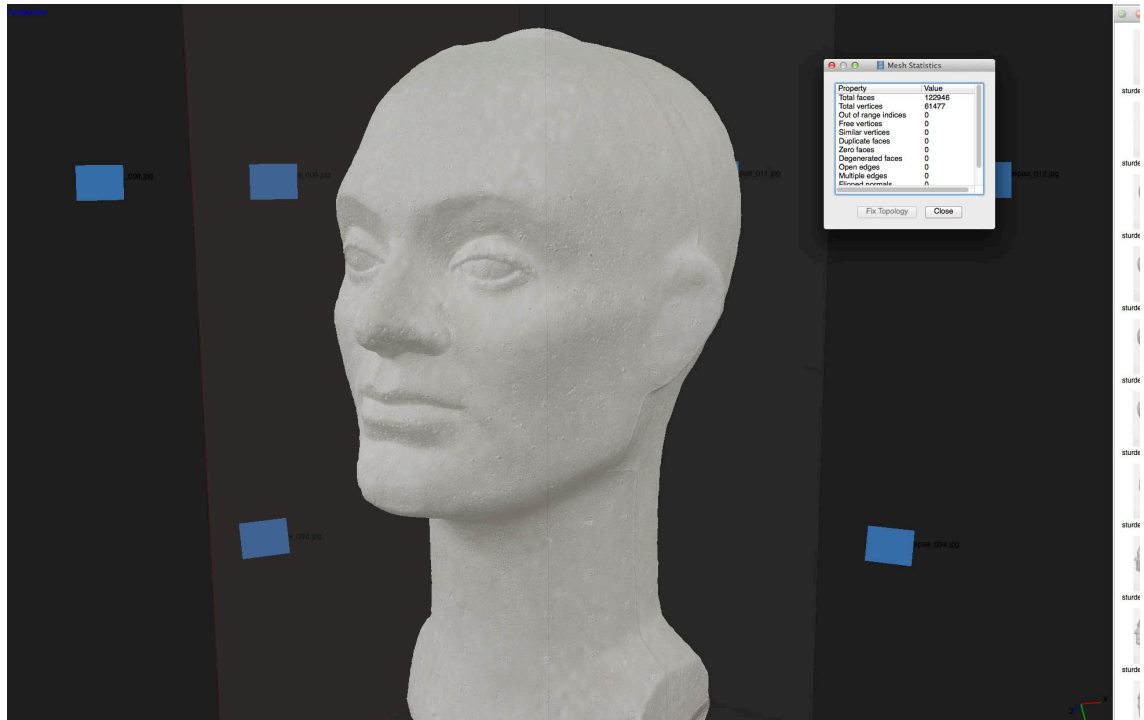
Kuvio 21. Photoscanin oma materiaalien kartoitus toimi puristimessa suhteellisen hyvin



Kuvio 22. Styroksipään pistepilvi oli lähes moitteeton. Käytin useita tunteja aikaa siistiäkseeni hajallaan olevia pisteitä pois.



Kuvio 23. Styroksipään mesh generoitui myös mallikkaasti muutamaa omituista painauma lukuun ottamatta.



Kuvio 24. Styroksipään materiaalien kartoitus sujui myöskin mallikkaasti Photoscanin automaation avulla.

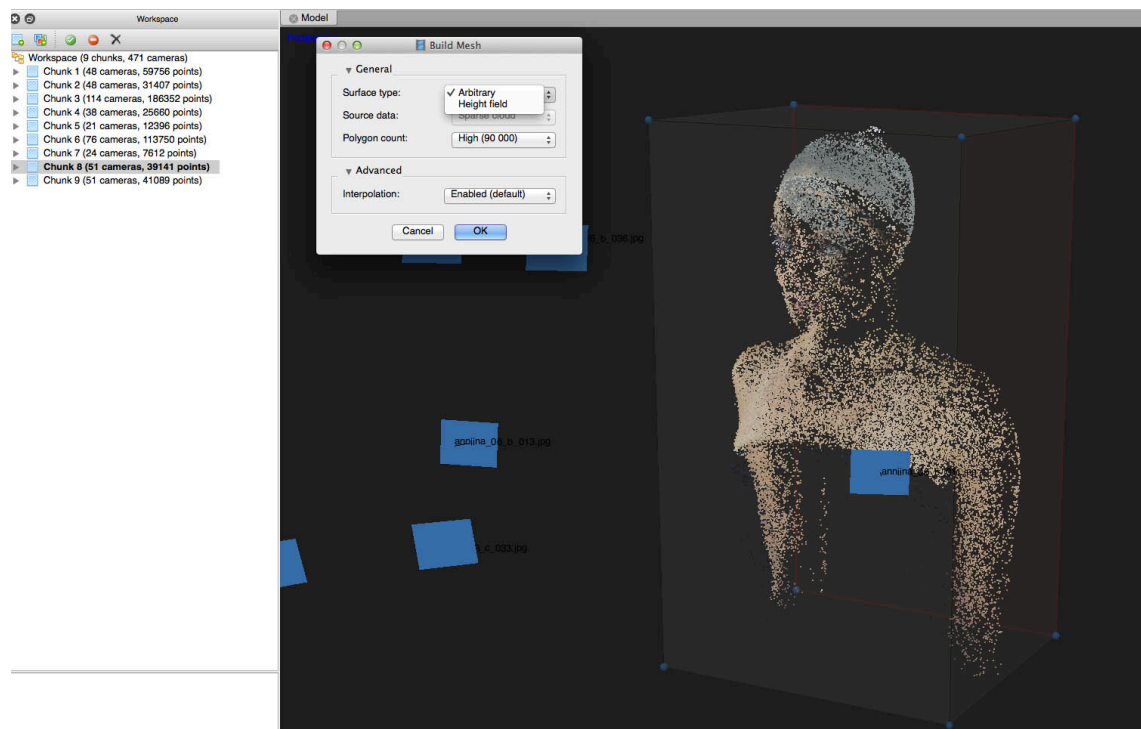
Ihmismallin kanssa päädyn käyttämään kuvien löyhän pistepilven generoimisen kohdassa tarkkuutena tarkinta mahdollista asetusta eli high -asentoa. Pair preselectionin -vaihtoehdon pidin poissa päältä. Pistemäärän katoksi (point limit) asensin 60 000. Halusin mallista mahdollisimman tarkan, ja minulla oli aikaa antaa koneen generoida pistepilveä yön yli. Dense cloudin rakentamisessa minun tapauksessani oli Mild depth filreting mode ehdottomasti paras vaihtoehto, koska kohteeni on todella yksityiskohtainen. Tarkkuuden laaduksi valitsin ultra high. Lopullisen mallinnukseen tiheän pistepilven pistemääräksi sain 23 579 132 pistettä. Generoidussa meshissä oli runsaasti kohinaa (noise), josta koitin päästä eroon muuttamalla generointiparametreja. Tarpeeksi kokeiltuani, aikatauluni ei antanut enempää periksi ja jouduin tyytymään malliin, jossa oli kohinaa jonkin verran. Kohinasta kerron enemmän luvussa 4.2.

4.1.4 Meshin rakentaminen

Kun hyvälaatuinen pistepilvi on saavutettu, seuraava vaihe on geometrian rakentaminen. Photoscan rakentaa 3D polygonimeshin laskettujen kamerapaikkojen ja kuvissa toistuvien yhtäläisyyksien avulla. Photoscan tarjoaa neljää eri laskentamallia

3D-meshin luomiseen. Nämä ovat arbitrary – smooth, arbitrary – sharp, height field – smooth ja height field –sharp. Lisänä vielä pistepilveen perustuva metodi nopeaan generointiin. (Agisoft 2014.)

Geometrian rakentaminen on laskennallisesti suuri operaatio. Työnkulun nopeuttamiseksi on parasta aloittaa sen tekeminen ensin pienemmällä tarkkuudella. Tarkkuutta kannattaa lisätä vähän kerrallaan, kunnes saavutetaan haluttu taso.

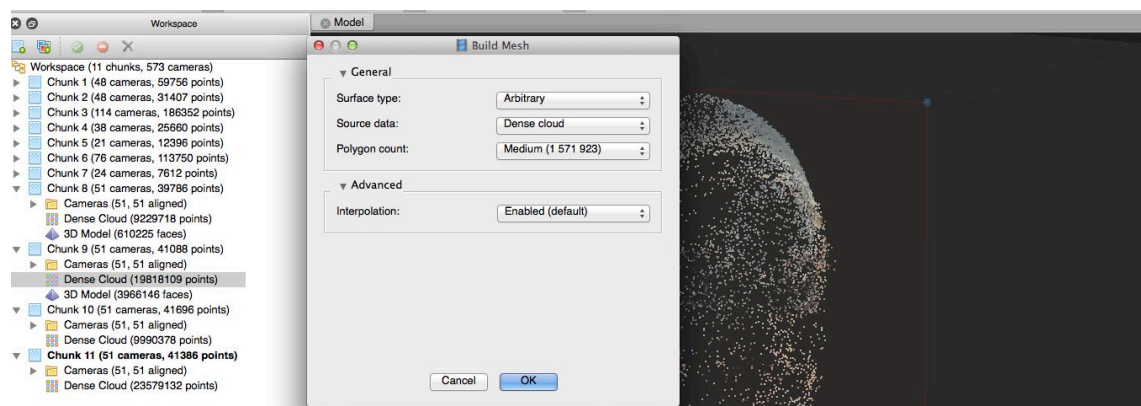


Kuvio 25. Meshin generoimisen parametrit valitaan Build Mesh –ikkunasta.

Ennen kun meshiä voidaan alkaa rekonstruoidaan, on syytä käydä läpi muuttuvien parametrien vaihtoehdot ja valittava niistä oikeat. Pistepilveä käytettäessä on se siistittävä turhista pisteistä. Se onnistuu joko seulomalla tietynlaisia pisteitä pois automaattisesti tai manuaalisesti. Joissain tapauksissa projisointivaiheessa pisteen sijoitustarkkuus ei ole tarpeeksi tarkka vastatakseen sen todellista paikkaa. Tämä aiheuttaa virheen, jota kutsutaan nimellä reprojection error. Toinen mahdollinen virhe, joka kannattaa välttää ennen meshin generointia, on reconstruction uncertainty. Tämä voi olla havaittavissa pisteissä, jotka ovat muodostuneet kahdesta lähemmäs olevasta kuvasta, joissa on vähän yhtäläisyyksiä. Tällaiset pisteet voivat ponnahtaa huomattavasti irti kohteen pinnasta ja aiheuttaa kohinaa pistepilvessä. Selkeästi

kohteesta eroavista pisteistä on mahdollista päästä eroon manuaalisesti. Se on mahdollista käyttäen perinteisiä neliö-, ympyrä- ja lassotyökaluja, jotka löytyvät edit-valikosta. Testieni mukaan seuraavat valinnat tuottivat parhaan mahdollisen tuloksen tapauksessani.

Surface type: Arbitrary
Source data: Dense cloud
Polygon count: Medium
Interpolation: Enabled



Kuvio 26. Meshin generoimisessa minun valitut parametrit.

Poistin ylimääräiset pisteet manuaalisesti ja rajasin rajauslaatikon kattamaan vain kohteen. Photoscan laski kohteestani meshin, jossa oli 1 571 693 polygonia. Tämän tallensin .obj-muotoon jatkotyöskentelyä varten.

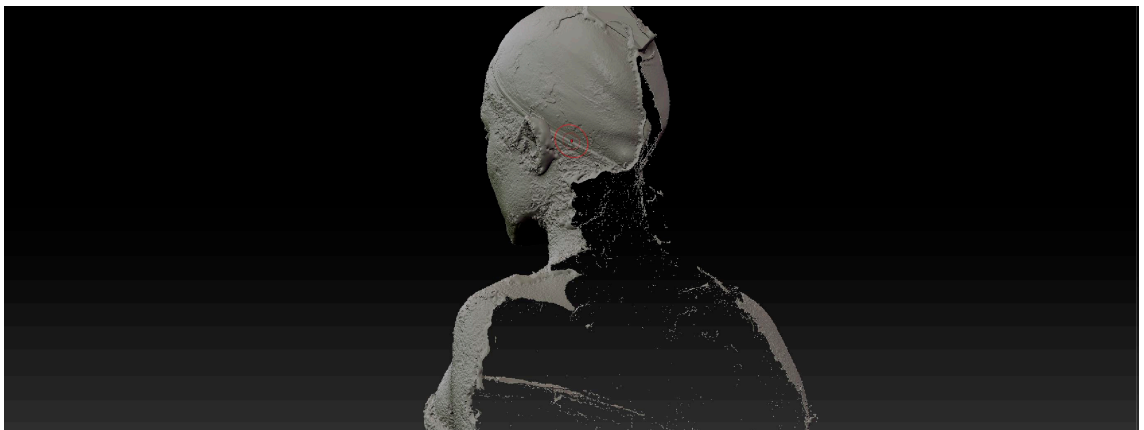
4.2 Mallin muokkaaminen Zbrushilla eli skulptaaminen

Skulptaamisen eli sähköisen kuvanveistämisen tein Zbrush-ohjelmalla. Tässä luvussa käyn läpi toiminnot joilla, malli saadaan viimeisteltyä yksityiskohtaiseksi. Di Lucca kertoi luennollaan muutamia suhdelukuja geometrian suuruudesta hänen selfiessään. Hänen selfiessään Photoscanista generoidussa meshissä oli noin 2 000 000 polygonia. Skulptaamisvaiheessa määrä oli 13 000 000 ja lopullisessa hyperrealistisessa lopputuloksessa polygoneja oli 40 000 000. Minun mallissani oli meshin generoimisen jälkeen polygoneja noin 1 500 000 miljoona. Zbrush-ohjelmassa tiedoston voi avata vain jos se on tallennettu oikeaan muotoon. Zbrush-ohjelma ei alkuperäistilassa käytä .obj formaattia, mutta sellainen on mahdollista avata ohjelmassa. Photoscanin

generoimassa mallissa on paljon epätäydellisyyksiä. Näistä helposti huomattavimmat ovat noise eli kohina sekä suuret aukot topologiassa.

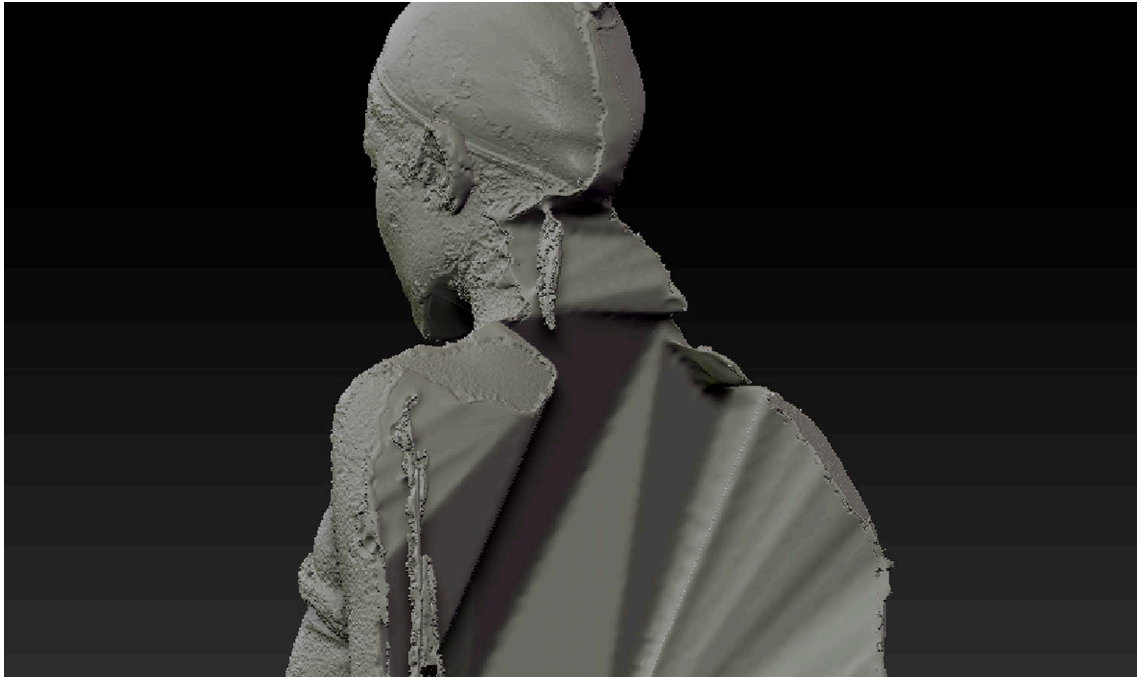
4.2.1 Topologian korjaaminen

Mallin työstäminen on helpointa aloittaa korjaamalla topologiasta suuret aukot. Tämä on helppo tehdä dynamesh-toiminnon avulla. Dynamesh on työkalu, jolla voidaan luoda matala- ja keskiresoluutioisia malleja. Näitä malleja on mahdollista muokata rajattomasti, ilman siteitä mihinkään tiettyyn perusmuotoon. (Pixologic 2014.)



Kuvio 27. Photoscanista tuodussa mallissa on suuria aukkoja kohdissa, joissa kuvatussa materiaalissa oli puutteita. Tässä tapauksessa selän ja niskan kohdassa oli tuki joka piti kohteen päätä paikallaan.

Mallista tehdään duplikaatti, joka muokataan dynameshin avulla matalapolygonimalliksi. Resoluution kannattaa pienenä, jos topologiassa on suuria aukkoja kuten mallissani oli. Matalapolygonimalli pitää kasvattaa korkeatasoisemmaksi divide-komennon avulla. Tämä on hyvä tehdä 3-4 kertaa. Tämän jälkeen project all -komenolla Zbrush yhdistää mallit ja luo mallille reiättömän topologian. (Josie 2013.)



Kuvio 28. Kuvassa näkyy miten dynamesh on täyttänyt takana olleen aukon.

4.2.2 Kohinan poistaminen mallista

Mallissani oli edelleen paljon kohinaa Photoscan-ohjelman epäpuhtaasta generoinnista johtuen. Uskon että kohinan suuren määrän aiheutti muutama tekijä. Ensinnäkin ihmisiho on sävyiltään erittäin vaikeasti hallittavissa. Kuvien koostamisvaiheessa uskon, että Photoscanin on vaikea luoda tarkkaa pistepilveä tämän takia. Ohjelman on vaikea löytää ihosta tarkkoja yhtäläisyyksiä päällekkäin menevissä kuvissa, koska ihossa nämä yhtäläisyydet ovat niin heikkoja. Tämän vuoksi uskon, että pistepilvestä ei tule tarpeeksi tarkka ja sen takia meshiin tulee kohinaa. Mahdollisesti Photoscanin tarkempi tutkiminen parantaisi generoidun pistepilven laatua ja näin vähentäisi kohinaa. Agisoft on ladannut Vimeoon videon, missä näytetään lyhyesti prosessi heidän tekemänä. Siinä esimerkki polygonimesh on miltei kohinaton. Video on katsottavissa osoitteessa: <https://vimeo.com/55019228>



Kuvio 29. Kohinan määrä Photoscanin generoimassa meshissä oli runsas.

Zbrush tarjoaa mallin pinnan tasoittamiseen monta vaihtoehtoa. Dynameshillä voi tasoittaa suurempia pintoja kuten posket sekä otsa. Alueet, jotka sisältävät enemmän yksityiskohtia, dynamesh tasoittaisi liikaa meshiä ja näin ollen saattaisi hukata yksilökohtaisia kasvonpiirteitä. Erityisesti nenän, korvien ja silmien alueella dynamesh saattaisi tuhota mallin yksityiskohtaisia piirteitä muuttaen sen tunnistamattomaksi. Nämä alueet on syytä tasoittaa manuaalisesti esimerkiksi smooth- ja planar-työkaluilla. Tämä työvaihe vaatii paljon kärsivällisyyttä. Koko iho on käytävä työkalulla läpi ja tasoitettava sileäksi suhteellisen pienellä siveltimellä sekä pienellä siveltimen paineella. Liian suuri sivellin tai liian kova paine muokkaa mallia liikaa. Tämä työvaihe ei ole teknisesti kovinkaan monimutkainen. Se on hidasta puurtamista ja varovaista käsityötä. Sen avulla meshistä saadaan kohinaton, siisti ja tasainen.



Kuvio 30. Malli josta kohina on täysin poistettu

4.3 Yhteenveto prosessista

Hyperrealistisen ihmisen kasvokuvan tekeminen pitää sisällään monta työvaihetta. Karkeasti ne voidaan jaotella kolmeen:

1. Perusmuodon eli meshin tekeminen menetelmällä, jossa valokuvista saatua informaatiota käytetään pistepilven generoimiseen. Pistepilven avulla Photoscan-ohjelma laskee pistepilven avulla mallinnettavalle kasvolle polyginimeshin.
2. Tämän jälkeen Photoscanin generoima malli tuodaan Zbrush-ohjelmaa, jossa sen topologia korjataan ja mahdollinen kohina tasoitetaan. Tämän jälkeen, yksityiskohdat muokataan.
3. Teksturointi. Tämän työvaiheen rajasin pois tästä opinnäytetyöstäni.

Teksturointi, tai englanniksi texture mapping, tarkoittaa bittikarttakuvien asemoimista 3D-mallin päälle (Wikipedia 2014). Teksturointi pitää sisällään useita laajoja mallintamisen erikoistumisalueita ja työkulullisesti monimutkaisia toimintoja. Esimerkkinä uv-kartoitukset eli mapit, eritoten displacement map sekä diffuse map.

Nämä ovat Di Luccan mukaan tärkeimmät mapit hyperrealistisen ihon tekemisessä. (Di Lucca 2014.)

Toisena esimerkkinä teksturoinnin monimuotoisuudesta voidaan mainita subsurface scattering. Se on esimerkillinen valon fotonien erityispiirre. Se määrittää miten ja millä volyyymillä valo läpäisee ja heijastuu takaisin erilaisista materiaaleista. Tämän simuloiminen CGI-kuvaan on tärkeää. B'ArS VFX 2014 seminaarissa Stefano Giorgetti Maleficient (2014) elokuvan hahmosuunnittelija esitti luomisteoriansa hyperrealistisille hiuksille. Grooming eli hiusten ja karvojen hyperrealistinen mallintaminen on perinteisillä mallintamisohjelmilla työlästä, niihin käytetään erikoisohjelmia kuten Peregrine labsin Yeti jne. Ihokarvoitus ja Peachfuss, eli ohuen ohut nukka iholla, ovat erittäin oleellisia yksityiskohtia valokuvarealistisessa kuvassa. Stefanon mukaan työnkulku on seuraava. Ensin hiukset tehdään nurkseilla ja niille määritetään paksuus. Ne texturoidaan kevyesti ja värjätään. Tämän jälkeen ne simuloidaan ja lopuksi valaistaan ja renderöidään. (Giorgetti 2014.)

5 Yhteenveto

Tässä työssä halusin löytää ihmisen kasvokuvan tekemiseen täysin uuden lähestymistavan aikaisempaan työkokemukseeni verrattuna. Ajatus keinotekoisien hyperrealististen kasvojen tekemisestä kasvoi halusta kehittyä ja tehdä jotain uutta. Kiinnostus aiheeseen koki lopullisen sysäyksen huomattessani, että hahmosuunnittelijat maailmalla tekevät jo täysin uskottavia ja valokuvarealistisia mallinnuksia ihmisistä. Eritoten Industrial Light & Magicin hahmosuunnittelijan Marco Di Luccan CGI selfiet vakuuttivat minut realistisuudellaan.

Olemme saapuneet kaupallisen kuvan tekemisen alalla, digitaalisen murroksen kautta käännekohtaan, joka uskoakseni tulee olemaan yhtä merkittävä kuin valoherkänfilmin keksiminen. Olen elänyt murroksen, jossa analogisesta filmille kuvaamisesta sekä perinteisestä painoteknologiasta on siirrytty sähköiseen, tietokoneella ohjattuun toimintaan. Tässä murroksessa on ollut monia välivaiheita. Oli aika, jolloin valokuvat skannattiin sähköiseen muotoon ja tulostettiin takaisin filmille painolevyjä varten. Skannerit tulivat ja menivät ja nyt kuvat tallennetaan suoraan kameralla sähköiseen muotoon ja painolevyt tulostetaan. Tänä päivänä ihmiset lukevat tableteista kaiken sen informaation, jota varten kymmenen vuotta sitten vaadittiin erillinen painoteollisuus.

Onko fyysinen kamera enää välttämättömyys jos ilman sitä pystymme tuottamaan saman kuvan tehokkaammin, pienemmillä kustannuksilla ja kykenemme vielä välittämään saman informaation paremmin? Virtuaalikameroilla ja 3D-mallintamisella voimme tänä päivänä luoda miltei mitä vain täysin valokuvarealistisesti. Parhaimman laadun ja realistisuuden saavuttaminen on työlästä ja se vaatii monia omiin alueisiinsa erikoistuneita ammattilaisia. Viimeisen kolmen ja puolen vuoden aikana ihmisen mallintamisen kehitys on mennyt suurin harppauksin eteenpäin. Metropoliasa aloittaessani ajatuskin hyperrealistisen ihmisen tekemisestä oli minulle vielä kaukainen. Stillkuvissa mielestäni on jo nähtävissä eräänlainen outo laakso -hypoteesin selättäminen. Elokuviissa esiintyy täysin tietokoneella mallinnettuja hahmoja, usein näyttelijöiden digitaalisia kaksoisolentoja, nekin täysin uskottavia. Teknologinen kehitys tarjoaa uusia ulottuvuuksia ja mahdollisuuksia valokuvauksen saralla. Se muuttaa alaa ja esimerkiksi virtuaalikuvaaminen yleistyy kaupallisella puolella. Ammattilaisten tulisi tarttua mahdollisuuteen, kehittää ja kouluttaa itseään eikä suhtautua muutokseen välinpitämättömästi.

Tämän työn tekeminen on antanut minulle lisää intoa perehtyä virtuaalikuvaamiseen syvemmin. Aionkin kehittää taitojani ja laajentaa osaamistani muun muassa pistepilven avulla generoidun mallin tekemiseen. Haluan hioa toimintaa niin tehokkaaksi ja tarkaksi, että skulptaamiseen menevä aika pienenee huomattavasti. Tavoitteenani on kehittää metodia siten, että pystyn tuottamaan tehokkaasti erilaisia mallinoksia asiakkaan tarpeisiin. Aikomukseni on myös perehtyä teksturointiin syvemmin. Teksturointi on oleellinen osa mallinnusta ja useisiin useissa tapauksissa sen teko on huomattavasti yksinkertaisempaa kuin ihmisen kasvojen teksturointi. Tavoitteeni on integroida CGI-kuvat työhöni mainosvalokuvaajana. Työssäni minulle tulee eteen usein tilanteita, joissa oppimisillani tekniikoilla olisi suuri apu toteuttaessani asiakkaiden toiveita. En myöskään sulje pois ajatusta jatkaa aiheen tutkimista jatko-opintojen avulla. Virtuaalikuvaaminen on tullut jäädäkseen ja haluan antaa panokseni alan kehitykseen.

Lähteet

Agisoft PhotoScan. 2014. User Manual Professional Edition, Version 0.9.0
Agisoft

Ten 24. 2014.
AGI Soft
Vmeo
<https://vimeo.com/55019228>
(21.11.2014)

Alexander, Oleg. Rogers, Mike. Lambeth, William. Chiang, Jen-Yuan. Ma, Wan-Chun.
Wang, Chuan-Chang & Debevec, Paul 2008.
The Digital Emily Project: Achieving a Photoreal Digital Actor
USC Institute for Creative Technologies & Image Metrics
SIGGRAPH 2008 Expo
<http://gl.ict.usc.edu/Research/DigitalEmily/> (17.11.2014)
https://www.youtube.com/watch?list=UUOgm-72B_tibAM2I5j-mBiQ&v=HJSw5gGYW6A (17.11.2014)

Amc filmsite
Greatest Visual and Special Effects (F/X) - Milestones in Film
<http://www.filmsite.org/visualeffects19.html>. (17.11.2014)

Avatar. 2009. James Cameron. James Cameron. USA & UK. Lightstorm
Entertainment, Dune Entertainment, Ingenious Film Partners. 161 min.

Bradley, Robert 2013. CGI vs. Photography – The Great Image Debate.
Photodoto. photodoto.com/cgi-vs-photography/ (17.11.2014)

Death Becomes Her. 1992. Matrin Donovan, David Koepp. Robert Zemeckis. USA:
Universal Pictures. 104 min.

Debevec, Paul 2012. The Light Stages and Their Applications to Photoreal Digital
Actor. University of Southern California Institute for Creative Tchnologies. Siggraph
Asia 2012

Di Lucca, Marco 2013. Self Portrait by Marco Di Lucca. CGsociety.
<http://evilmaul.cgsociety.org/art/maya-mudbox-self-portrait-3d-1100008>
(17.11.2014)

Di Lucca, Marco 2014. Senior Artist. Industrial Light & Magic
B'Ars seminaari. Barcelona, Spain. 5-6.6.2014.

Final Fantasy: The Spirits Within 2001. Hironobu Sakaguchi, Al Reinert & Jeff Vintar.
Hironobu Sakaguchi. USA. Square Pictures. 106 min.

Flaherty, Joseph 2013. Giorgetti, Stefano VFX Technical Director. Digital Domain B'Arts seminaari. Barcelona, Spain 5.-6.6.2014

Hyper-Realistic CGI is Killing Photographers, Thrilling Product Designers. Wired. <http://www.wired.com/2013/03/luxion-keyshot/> (17.11.2014)

Ingersoll, Thomas 2013. You Might Want To Start Learning CGI, Wired.com Explains Why. Fstoppers. <https://fstoppers.com/news/you-might-want-start-learning-cgi-wiredcom-explains-why-3581> (17.11.2014)

Josie 2013. Zbrush Fill Holes. University of Michigan 3D Lab Youtube <https://www.youtube.com/watch?v=I420vDeIY98> (17.11.2014)

Looker.1981. Michael Crichton. Michael Crichton. USA: Howard Jeffrey. 93 min.

Luxo Jr. 1986. John Lasseter. John Lasseter. USA: Disney Pixar. 2 min.

Maleficent. 2014. Linda Woolverton. Peter Stromberg. USA: Walt Disney Pictures, Roth Films. 97 min.

Mori, Masahiro 2012. The Uncanny Valley. IEEE SPECTRUM <http://spectrum.ieee.org/autoton/robotics/humanoids/the-uncanny-valley> (17.11.2014)

Newton, Randal 2012. Autodesk developing virtual production with James Cameron and Weta Digital. GRAPHIC SPEAK <http://gfxspeak.com/2012/08/17/autodesk-developing-virtual-production-with-james-rameron-and-weta-digital/> (17.11.2014)

Oxford Dictionaries 2014. Definition of uncanny walley in english. <http://www.oxforddictionaries.com/definition/english/uncanny-valley> (17.11.2014)

Pixologic, 2014. DynaMesh. Zbrush 4R6 Online documentation <http://docs.pixologic.com/user-guide/3d-modeling/modeling-basics/creating-meshes/dynamesh/> (17.11.2014)

Szeliski, Richard 2006. Image alignment and stitching. Foundation and Trends in Computer Graphics and Vision Vol.2. Microsoft Research, USA

The Adventures of Tintin. 2011. Herge, Steven Moffat, Edgar Wright & Joe Cornish. Steven Spielberg. USA: Paramount Pictures, Columbia Pictures, Nickelodeon Movies, Amblin Entertainment, The Kennedy/Marshall Company, WingNut Films. 107 min.

The Flintstones. 1994. Tom S. Parker, Jim Jennewein, Steven E de Souza. Brian Levant. USA: Amblin Entertainment, Hanna-Barbera Productions. 91 min.

Wikipedia 2014. Global Illumination

http://en.wikipedia.org/wiki/Global_illumination
(27.11.2014)

Wikipedia 2014. Timeline of computer animation in film and television
http://en.wikipedia.org/wiki/Timeline_of_computer_animation_in_film_and_television
(17.11.2014)

Wikipedia 2014. Teksturointi
<https://fi.wikipedia.org/wiki/Teksturointi>
(18.11.2014)

Young Sherlock Holmes. 1985. Arthur Conan Doyle & Chris Columbus. Barry Levinson. USA: Amblin Entertainment. 109 min.

Liitteet

Liite 1. Hyperrealistisen kasvokuvan kahden ensimmäisen vaiheen toteutus