

TEKSTIILIT 3D-MALLINNUKSESSA JA -ANIMAATIOSSA

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Mediatekniikan koulutusohjelma
Teknisen visualisoinnin suuntautumisvaihtoehto
Opinnäytetyö
14.5.2007
Toni Lahti

Lahden ammattikorkeakoulu
Mediatekniikan koulutusohjelma

LAHTI, TONI: Tekstiilit 3d-mallinnuksessa ja -animaatiossa

Teknisen visualisoinnin opinnäytetyö, 40 sivua, 1 liitesivu

Kevät 2007

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia tekstiilien 3D-mallinnusta ja animaatiota. Hahmon vaatetus on työn pääroolissa ja esimerkit liittyvät useimmiten vaatekappaleisiin. Vaatteet ovat mielenkiintoisimpia ja vaikeimmin toteutettavia tekstiilejä.

Alkuun täytyi tutustua tekstiilien luonteeseen. Tekstiilien erilaiset rakenteet vaikuttavat siihen kuinka tekstiili käyttäytyy. Tämän takia työssä esitellään kudotun ja neulotun tekstiilin valmistus ja niiden perusrakenteet.

3D-mallinnettujen tekstiilien historia on varsin lyhyt. Ensimmäistä kertaa 3D-tekstiilejä esiintyi elokuvissa noin kymmenen vuotta sitten, jonka jälkeen virtuaalihahmot vaatteineen ovat vakiinnuttaneet paikkansa elokuvissa. Peleissä erillisenä kappaleena liikkuvat vaatteet eivät edelleenkään ole kovin yleisiä.

Teoriaosiossa käydään läpi kaksi perus tapaa mallintaa tekstiilikappale. Partikkelimalli on edistyneempi tapa, joka yhdistää geometrisen ja fysikaalisen tavan osia ja pystyy myös tunnistamaan törmäyksiä. Materiaaliosiossa esitellään heijastusten ja kohoumien esittämistekniikoita.

Casessa demonstroidaan virtuaalisen hahmon vaatteiden tekemistä ja animointia lyhyellä videolla. Animaatio demonstroi onnistuneesti kolmen vaatekappaleen ulkonäköä ja liikkumista 3D-maailmassa.

Avainsanat: 3D-mallinnus, animaatio, vaatetus

LAHTI, TONI: 3D Modelling and animation of textiles

Bachelor's Thesis in Visualisation Engineering, 40 pages, 1 appendix

Spring 2007

ABSTRACT

The objective of this thesis was to study the 3D modelling and animation of textiles. The main focus of the study was in clothing worn by a character, which is the most challenging and most interesting part of 3D modelling and animating textiles.

It was necessary to start by investigating textiles. There is a huge amount of different kinds of textiles. It was useful to understand the different structures of textiles before proceeding to study modelled textiles. Weaving and knitting, which are the basic processes of making textiles, are introduced in the beginning of the thesis.

3D modelling of textiles has quite a short history. It was introduced to feature films about ten years ago. Since then virtual characters and their clothing have become very common in movies. In games, separately moving clothing is not yet common.

The theory section deals with two basic methods of modelling a cloth. Particle representation is a more advanced method, which combines parts of geometry approach and physically based approach. It can also handle collision detection. The section on materials introduces techniques of reflection and bumpiness on the surface of 3D modelled textile.

A short animation was made for the case section to demonstrate how to create clothing and to animate it for a virtual character. The animation successfully demonstrates the appearance and motion of three pieces of clothing in a virtual world.

Keywords: 3D modelling, animation, cloth, textiles

SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO	1
2 TEKSTIILIT	2
2.1 Tekstiili materiaalina	2
2.1.1 Yleistä	2
2.1.2 Tekstiilin kutominen	3
2.1.3 Kudotun tekstiilin kuvio ja rakenne	4
2.1.4 Tekstiilin neulominen	6
2.2 Tekstiilit 3d-maailmassa	7
2.2.1 3D-tekstiilien historia	7
2.2.2 Käyttökohteita 3D-tekstiileille.....	7
2.2.3 3D-tekstiilit elokuvissa	8
2.2.4 Tekstiilit Peleissä.....	10
3 TEKSTIILIEN SIMULAATIO	11
3.1 Geometrinen tapa	11
3.2 Fysikaalinen tapa	12
3.3 Partikkelimalli	14
3.4 Törmäystarkastelu	15
4 MATERIAALIT	17
4.1 Johdanto materiaaleihin	17
4.1.1 Materiaalin tarkoitus.....	17
4.1.2 Mittakaava	17
4.2 Heijastuvuus	18
4.2.1 Diffuse ja specular	18
4.2.2 BRDF.....	19
4.3 Töyssyt.....	21
4.3.1 Pinnan normaalien manipulointi	21
4.3.2 Bump map.....	21
4.3.3 Normal map.....	22
5 MALLINNUKSEN- JA ANIMAATION TYÖKALUT	23
5.1 3ds Max:in työkalut	23
5.1.1 Garment Maker.....	23
5.1.2 3ds Max Cloth	24

5.1.3 Reactor Cloth	25
5.2 Pluginit	25
5.2.1 ClothReyes	25
5.2.2 SimCloth	26
6 CASE: VAATTEET HAHMOANIMAATIOSSA.....	27
6.1 Lähtökohdat.....	27
6.2 Hahmon animaatio	27
6.2.1 Hahmon valmistelu.....	27
6.2.2 Hahmon askeleet	29
6.2.3 Hahmon eleet	30
6.3 Vaatteiden valmistus.....	30
6.3.1 Tekstiilien kaavat	30
6.3.2 Tekstiilien osat.....	31
6.3.3 Tekstiilien materiaalit	32
6.3.4 Tekstiilien simulaatio	34
6.4.5. Animaation renderöinti	36
6.4 Animaation lopputulos.....	36
7 YHTEENVETO.....	37
LÄHTEET	38
LIITTEET	40

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena on tekstiilien mallintaminen ja animaatio kolmiulotteisessa maailmassa. Tekstiilit ovat jokapäiväinen osa ihmisen elämää. Hahmomallinnuksia ja -animaatioita tehtäessä on siis välttämätöntä ymmärtää näiden monimuotoisten ja vaikeasti ennakoitavien kappaleiden luonnetta. Jatkuvasti realistisemmalta näyttäviin kuviin kehittyvä tietokonegrafiikka antaa vaatimukset myös tekstiilien simulaatiolle. Enää emme voi tyytyä jäykästi hahmon osana liikkuviin vaatteisiin, vaikka monessa yhteydessä sellainenkin lähestyminen on edelleen yleistä. Ihmishahmot olivat 3D-animaatioelokuvan historian alkuvaiheilla harvinaisia. Ihmisen kasvojen vaikea animaatio oli luultavasti suurin syy, mutta osaltaan vaikutti myös se, että vaatteita ei osattu toteuttaa niiden vaatimalla näyttävyydellä. Animaatioissa esiintyviä eläimiä ja leluhahmoja, jotka eivät vaatteita tarvinneet tai niiden vaatteet olivat yksinkertaisia.

Kuinka tekstiilit valmistetaan? Millainen on tekstiilien rakenne ja luonne? Erilaisia ja eritavoin käyttäytyviä tekstiilejä on uskomaton määrä. Tekotavat ja kuitutyypit määrittelevät, millainen lopullisesta tekstiilistä muotoutuu. Nykyään ei riitä, että 3D-tekstiili näyttää tekstiililtä. Sen on osattava käyttäytyä kuin tarkalleen määritelty esikuvansa. Silkin täytyy käyttäytyä kuin silkki, farkkukankaan kuin farkkukangas. Simulaatioon täytyy sisällyttää paljon tietoa siitä, millainen materiaali kyseessä on.

Tekstiilisimulaation historia esitellään yleiseltä tasolta. Simulaatiotyökalut esitellään 3ds Maxiin liittyen. Tekstiilin käyttäytymisen ja muodon ohella materiaalin täytyy näyttää oikealta. Pinta ei ole koskaan täysin tasainen, vaan siinä on enemmän tai vähemmän töyssyjä. Pienet töyssyt toteutetaan 3D-materiaalin ominaisuuksina, samoin kuin pinnan heijastuvuus.

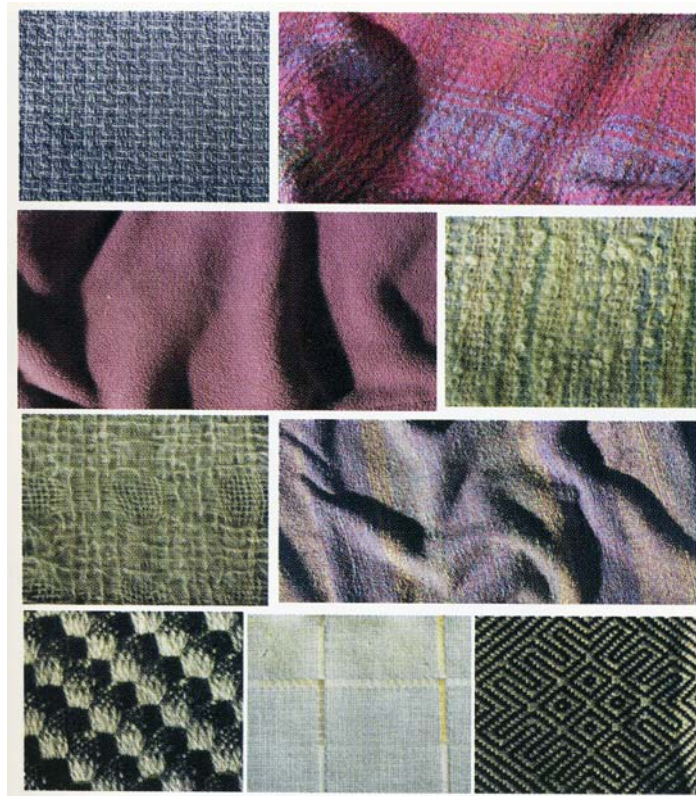
Casessa toteutetaan hahmoanimaatio mallinnus- ja animaatioohjelmalla. Työhön soveltuu Autodeskin 3ds Max. Casessa tutustutaan animaattorin näkökulmaan. 3ds Maxin valmiilla työkaluilla tekstiilien toteutus on melko vaivatonta ja yksinkertaista. Tekstuurien maalaamiseen käytetään Adobe'n Photoshop-kuvankäsittelyohjelmaa.

2 TEKSTIILIT

2.1 Tekstiili materiaalina

2.1.1 Yleistä

Tekstiili on materiaali, joka on valmistettu kuiduista tai muusta vastaavasta materiaalista. Kuidut ja valmistustapa yhdessä määrittelevät, millainen tekstiilistä syntyy. Tekstiilin ominaisuudet vaihtelevat tekotavasta ja kuidun materiaalista riippuen. Kuidut jaetaan luonnonkuituihin ja tekokuituihin. Eloperäiset luonnonkuidut jakautuvat edelleen eläinkuituihin, joihin kuuluvat silkki, villa ja erilaiset eläinten karvat sekä kasvikuidut, kuten puuvilla, pellava ja hamppu. Tekokuidut ovat elottomasta materiaalista. Tekokuituja ovat esimerkiksi nailon, polyesteri ja viskoosi. Tekstiili valmistetaan kuiduista kutomalla, virkkaamalla, solmimalla tai huovuttamalla. Tekstiilille saadaan paksuutta punomalla kuituja ensin langaksi, josta tekstiili sitten valmistetaan.



Kuva 1. Erilaisia tekstiilejä (House, Breen, 2000, 3)

Tekstiilit voivat olla niin jäykkiä, että ne pysyvät muodossa itsestään tai niin taipuisia, että ne kaatuvat täysin muodottomaksi kasaksi. Ne voivat tuntua kovalta tai pehmeältä, karhealta tai sileältä, painavalta

tai kevyeltä. Tekstiilit ovat niin arkipäiväisiä, että niiden monimuotoisuus jää useimmilta huomaamatta. Kuidun tai langan paksuus vaikuttavat tekstiilin painavuuteen ja taipuuteen. Kuitujen joustavuus vaikuttaa siihen, kuinka tekstiili joustaa kuitujen suuntaisesti, mutta suurempi tekijä joustavuuteen on kutomistiheys tai muulla tavalla tehtäessä kuitujen tiheys. Harvaan kudottu tekstiili joustaa ja taipuu eritavalla kuin tiheään kudottu tekstiili. Kudottu tekstiili ei ole ilmatiivistä. Kutomistiheys vaikuttaa siis myös siihen, kuinka hyvin tai huonosti ilma läpäisee tekstiiliä. Tekstiilejä voidaan käsitellä jälkikäteen, jotta tekstiilistä saataisiin täysin ilmatiivis tai vedenpitävä.

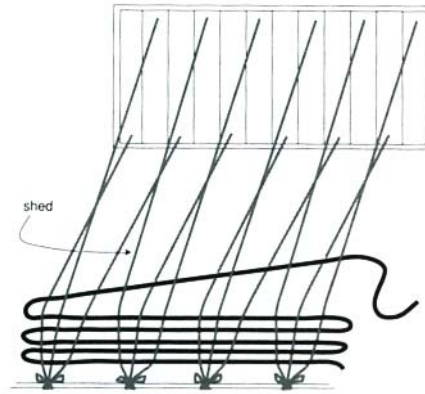
Täysin samanlaista kutomistiheyttä ei esiinny, joten kudotut tekstiilit eivät koskaan käyttäydy täysin samalla tavalla. Kaksi samannäköistä paitaa maahan tiputtamalla voidaan havaita, että paidat eivät käyttäydy samalla tavalla. Tekstiileiden käyttäytymistä fyysisten voimien vaikutuksessa on erittäin vaikea ennustaa ja tulkita.

Tekstiilejä valmistetaan pääsääntöisesti kahdella tavalla. Tässä työssä erittelen valmistustavat kutomiseen ja neulomiseen, vaikka molemmista tavoista käytetäänkin arkikielessä samaa ilmaisua: kutomista. Kudotussa tekstiilissä on kahden suuntaisia lankoja, kuteita ja loimia. Neuleessa kulkee vain yksi lanka, yhdensuuntaisina kertautuvina kerroksina, joissa lanka kiertyy itsensä ympäri kerroksittain silmukoiksi. (Wikipedia a. 2007.)

2.1.2 Tekstiilin kutominen

Kutominen on varhaisimmillaan jo kivikaudella käytetty keino tekstiilin valmistamiseen. Kudottu kangas tehdään kangaspuilla tai niistä kehitetyillä kutomakoneilla, jotka nykyään hallitsevat tekstiiliteollisuutta. Kangas muodostuu pystysuuntaisista ja vaakasuuntaisista langoista.

Kangaspuut olivat kivikaudella yksinkertaisimmillaan kaksi vaakasuoraa keppiä, joiden varaan rakennettiin kankaan loimi. Nykyisen muotonsa kangaspuut saivat noin 700 vuotta sitten. Kangaspuissa on kaksi lankaryhmää: pitkittäiset langat eli loimet ja poikittaiset langat eli kuteet. Kutomisessa näitä lankoja yhdistetään erilaisilla rytmeillä eli sidonnoilla. Viriö on loimilankojen väliin jäävä v:n muotoinen rako. Viriö saadaan aikaiseksi niisivarsilla, jotka nostavat toisia loimilankoja ylös ja laskevat toisia alas kankaan suunnittelijan haluamalla tavalla.



Kuva 2. Kutominen (House, 2000, 10)

Niisivarsien rytmitys vaikuttaa tulevan kankaan kuvioon. Perinteisissä kangaspuissa niisivarsien toimintaan vaikutetaan polkimilla. Kudelanka solmitaan kiinni sukkulaan, joka on sopivan muotoinen kapula. Sukkulalla kudelanka pujotetaan loimien välistä viriön läpi, jolloin kudelanka sitoo loimet yhteen. Kun kudelanka loppuu, laitetaan uutta lankaa samaan viriöön edellisen kanssa vähän matkaa rinnakkain. Polkimilla liikutetaan niisivarret päinvastoin edellisestä ja sukkalalla pujotetaan kudelanka taas viriön läpi, sitoen loimet yhteen. Tätä jatketaan, kunnes loimilankojen pituus, kangaspuiden koko tai halutun kankaan koko saavutetaan. (House, Breen, 2000, 10-12; Wikipedia b. 2007.)

2.1.3 Kudotun tekstiilin kuvio ja rakenne

Kudottaessa voidaan tekstiilille määrittellä tietty kuvio. Kuvio tarkoittaa tekstiilin rakennetta, eli miten loimilangat ja kudelangat lomittuvat toistensa kanssa. Kankaan suunnittelijalla on paljon vaihtoehtoja, joista valita. Kuvio määrittelee tekstiilin luonteen. Erilaiset kuviot käyttäytyvät hyvinkin eri tavoin. Joissakin tapauksissa tekstiilin nimi määräytyy tekstiilin kuvion mukaan. Rakenteessa käytetään pääsääntöisesti kolmea peruskuvioa: yksinkertainen, twill ja satiini.



Kuva 3. Kolme erilaista rakennetta: yksinkertainen, twill ja satiini (House, 2000, 15)

Yksinkertainen kuvio on tavallisin, käytetyin ja varmasti vanhin. Kuvio muistuttaa shakkilautaa, koska kuviossa joka toinen lanka menee päältä ja joka toinen lanka alta. Tämä kuvio muodostaa vahvan ja kovan luonteen. Tätä kuviota käytetään kaikenlaisten kuitujen kanssa. Raskaat kuidut ja tiukka kutomistiheys yhdistämällä voidaan tehdä kestäväää ja niin jäykkää purjekangasta, että se ikään kuin seisoo omilla jaloillaan. Päinvastoin hienoa puuvillakuitua ja löysää kutomistiheyttä yhdistämällä saadaan aikaiseksi tekstiiliä, joka on kevyttä ja laskostuu hyvinkin helposti. Yksinkertaiseen kuviointiin kuuluu paitsi suurin osa kaikista tekstiileistä myös erikoistekstiilejä, kuten sifonki.

Jos tekstiilin halutaan poimuuntuvan, on mieluummin käytettävä twill-kuviota. Twill-kuvio muodostuu yksinkertaisimmillaan niin, että lanka menee kahden langan päältä ja kahden langan alta samalla muodostaen vinoa linjaa, koska seuraava rivi siirretään aina yhdellä eteenpäin. Vaikka twill-rakennetta pidetään löysempänä kuin yksinkertaista rakennetta, voidaan kuitutyypillä ja kutomistiheydellä vaikuttaa tekstiilin luonteeseen ja tehdä vahvaakin twill-kuviota. Farkkukangas, chinokangas ja gabardiini ovat esimerkkejä twill-kuvioisista tekstiileistä. Ne ovat kaikki hyvin kestäviä materiaaleja.

Kolmas peruskuvioityyppi on satiini, josta myös satiinitekstiilin nimi tulee. Toisin kuin kahdessa muussa peruskuviossa, satiinissa sitovia kohtia tulee mahdollisimman vähän. Esimerkiksi neljän langan alta ja yhden päältä on tyypillinen satiinikuvio. Kuten twill-kuviossakin, seuraava rivi siirretään yhdellä eteenpäin muodostaen vinoa linjaa. Satiinille on tyypillistä sen kiiltävyys, joka johtuu siitä, että kuidut kulkevat pitkiä matkoja samansuuntaisina ennen sitovaa kohtaa loimilangan kanssa. Tällöin tekstiilin pinta säilyy mahdollisimman sileänä toisin kuin yksinkertaisessa kuviossa ja twill-kuviossa. Tyypillinen kiiltävä satiinitekstiili tehdään hienoista silkki-, nylon- tai polyesterikuiduista.

Puuvillakuiduista satiinikuviolla tehtyä tekstiiliä sanotaan sateeniksi. (House, 2000, 14-16.)

2.1.4 Tekstiilin neulominen

Neulonnan varhaisin alkuperä on luultavasti Egyptissä. Egyptistä on säilynyt noin 600-800 luvulta peräisin olevat kirjoneuleiset sukat. Sukkiin oli kuvioitu lintuja ja erilaisia symboleita. Historioitsijat arvelevat arabien omaksuneen neulomisen egyptiläisiltä ja levittäneen sen Eurooppaan 700-luvulla, arabien valloittaessa Espanjan. Neulomistaito yleistyi Euroopassa kuitenkin vasta keskiajalla, jolloin silkki- ja pellavalangasta tehdyt neuleet olivat ylellisyystuotteita. Keskiajalla neulonta oli yleensä miesten työtä. Myöhemmin neulontaa on alettu pitää naisten harrastuksena.

Neulomiseen ei tarvita muuta kuin lankaa ja puikot. Puikkoja on paljon eripaksuisia ja eripituisia. Puikot on valmistettu tavallisesti alumiinista, bambusta tai muovista, ja niiden paksuus vaihtelee tavallisimmin kahdesta millimetristä kahteentoista millimetriin.

Neule voidaan tehdä tasoneuleena tai pyöröneuleena. Tasoneuleessa työtä käännetään aina kerroksen jälkeen. Pyöröneuleessa aloituskerros yhdistetään renkaaksi, ja sen neulomista jatketaan kokoajan samalta puolelta neuloen. Pyöröneuleella saadaan aikaiseksi valmista putkimaista neuletta, kuten sukat. Neuleet koostuvat silmukoista, joita muodostuu, kun lanka vedetään edellisen kerroksen ja aloituskerroksen lankalenkin lävitse. Neuletta voidaan muotoilla kaventamalla tai lisäämällä silmukoita. Lopuksi neuleen silmukat päätellään, jotta neule ei lähde purkautumaan. Neulomisen eri osa-alueisiin on monia eri tekniikoita.

Neulomalla tuotetuista vaatekappaleista yleisimpiä ovat villapaita, sukat, lapaset, kaulaliinat ja pipot. Sukkiin ja sormikkaisiin neulominen sopii hyvin, koska neulomalla voidaan tehdä kolmiulotteisia muotoja ilman paksuja saumoja ja neuleet ovat joustavampia kuin kutomalla tuotettu kangas. (Wikipedia c. 2007.)

2.2 Tekstiilit 3D-maailmassa

2.2.1 3D-tekstiilien historia

Tekstiiliteollisuus on yrittänyt ymmärtää ja mallintaa tekstiilien käyttäytymistä jo 1930-luvulta alkaen. Tietokonegrafiikka yhteisöjen kiinnostus tekstiilien rakenteeseen, mallintamiseen ja animaatioon alkoi 80-luvun puolivälin aikoihin. Lähtökohdat näillä kahdella ryhmällä ovat varsin erilaiset. Tekstiiliteollisuus pyrkii ymmärtämään tekstiiliä mekaanisena materiaalina. Heidän tavoitteensa on laskemalla ja mittaamalla saada tarkkoja malleja tekstiilin käyttäytymisestä, jotta he voisivat soveltaa tätä tietoa mallinnuksiin ja edelleen ennakoida oikeiden tekstiilien käyttäytymistä.

Grafiikkayhteisöt sen sijaan olivat kiinnostuneita yhä monimutkaisemmista geometrisista muodoista kuvissa. Heidän lähtökohdansa on se, että tekstiilit näyttävät oikealta, ei niinkään realistisesti laskettu fysiikka. Sen lisäksi, että kuvassa tekstiilin täytyy näyttää oikealta, pidetään laskentatehokkuutta tärkeänä. Grafiikkayhteisö pyrkii mahdollisimman hyvään lopputulokseen, mahdollisimman yksinkertaisilla malleilla. Yksinkertaisuus on tärkeää, jotta tuloksia voidaan tarkastella mahdollisimman nopeasti, jopa reaaliaikaisesti. Animaatioita tehtäessä reaaliaikaisuus ei ole kuitenkaan välttämättömyys. Reaaliaikainen laskenta on peleissä välttämätöntä. (House, 2000, 19-20.)

2.2.2 Käyttökohteita 3D-tekstiileille

3D-mallinnettuja tekstiilejä käytetään animaatioelokuviissa, erikoistehosteina elokuvissa, peleissä ja yksittäisissä kuvissa. Lähtökohdat tekstiilien mallintamiseen voivat olla hyvinkin erilaiset riippuen käyttökohteesta. Yksittäisiin kuviin voidaan tekstiilit mallintaa samaan tapaan kuin muutkin geometriset kappaleet. Animaatioissa sen sijaan täytyy ottaa huomioon tekstiilin liikkuminen fysiikan mukaisesti. Tekstiili törmää kappaleisiin ja itseensä. Maan vetovoima vetää sitä alaspäin, tuuli työntää haluamaansa suuntaan ja kiinnityskohdat pitävät tekstiilin ripustettuna. Tekstiilikappaleen muodon lisäksi myös kappaleen materiaali täytyy saada näyttämään oikealta. Oikeanlainen heijastuvuus, väri, kuvat ja kohoumat saadaan aikaiseksi 3D-materiaaleilla.

2.2.3 3D-tekstiilit elokuvissa

Kolme ensimmäistä pitkää tietokoneanimaatioelokuva, Toy Story – leluelämää (1995), Antz - Muurahaizet (1998) ja Ötökän elämää (1998), sisälsivät hahmoja, jotka eivät käytä vaatteita tai joiden vaatteet on mahdollista mallintaa ja simuloida ilman monimutkaista fysiikan mallinnusta. Tämä ei ole sattumaa. 90-luvun puolivälissä tekstiilin simulointitavat olivat vielä liian hitaita tai vaikeasti käsiteltäviä. Vaikka Toy Story oli ensimmäinen uudella tekniikalla tehty animaatio, menestyi niin taiteelliselta kannalta kuin lipputuloja laskettaessa, sitä kritisoitiin erityisesti ihmishahmojen esittämisestä. Osa syynä oli ihmisten päällä olevien vaatteiden epärealistinen käyttäytyminen.

Pixarilla oli selkeä tavoite: ihmismallinnuksen tuli kehittyä selkeästi. Vuonna 1997 Pixar julkaisi lyhytelokuvan näyttääkseen uusia kehittyneitä tekniikoita. Geri's Game esitteli yhden ihmishahmon, jota näytettiin lähikuvissa. Kasvojen, hiusten ja vaatteiden mallinnus oli tärkeitä uusia tekniikoita tietokoneanimaatioiden tulevaisuutta ajatellen. Pixar lunasti elokuvalla Oscar-palkinnon parhaan animoidun lyhytelokuvan kategoriassa.



Kuva 4. Oscarilla palkittu Geri's Game (1997) (House, 2000, 330)

Star wars: Episodi I - Pimeä uhka (1999) oli läpimurto elokuva virtuaalihakmojen elokuvissa esiintymiselle. Jar Jar Binks oli elokuvassa tärkeässä sivuroolissa. Virtuaalihakmo tarvitsi virtuaalivaatteet. Vaikka hahmon vaatteet olivat nahkaa eivätkä varsinaisesti tekstiiliä, on vaateen simulointiin käytetty varmasti hyvin samanlaisia metodeja kuin

tekstiilienkin simulointiin. George Lucasin oma erikoistehoste ryhmä Industrial Light and Magic oli Star Warsin virtuaalimaailman takana. Virtuaalivaatteiden simulointitekniikat Star Warsissa ovat edelleen yhtiön salaisuus.



Kuva 5. Star wars: Episodi I – Pimeä uhka (1999) (House, 2000, 331)

Pienemmillä yhtiöillä ei ole varaa kehittää omia työkaluja virtuaalimaailman luomiseen toisin kuin suurilla, kuten Pixar ja Industrial Light and Magic. Tällöin yhtiöiden täytyy luottaa valmiisiin työkaluihin, joita 3D-animaatio ohjelmat tarjoavat. Yleisimmin elokuvissa käytetty 3D-ohjelma Maya ja sen Maya Cloth työkalu on ollut käytössä esimerkiksi elokuvassa Stuart Little - Pieni suuri hiiri (1999) ja uudemmassa elokuvassa Spider-Man 2 - Hämähäkkimies 2 (2004). (House, 2000, 328-332.)



Kuva 6. Stuart Little – Pieni suuri hiiri (1999) (House, 2000, 333)

2.2.4 Tekstiilit Peleissä

Peleissä kaikkien kappaleiden on oltava kevyempiä, jotta kappaleiden liikkumista voidaan katsoa reaaliajassa. Tekstiilimalleihin ei voi uhrata yhtä paljon pintoja kuin animaatioita tehtäessä. Tämän takia vaatteet ovat pitkään olleet peleissä osa hahmon geometriaa eivätkä irrallinen osa pelimaailmaa. Tämä tarkoitti siis sitä, että vaatteet oli toteutettu pelkästään tekstuuroimalla vaateen kuva hahmogeometrian pintaan. Vasta 2000-luvulla vaatteet ovat alkaneet elämään pelihahmojen päällä, mutta edelleenkin ne eivät ole kovin yleisiä.



Kuva 7. Max Payne 2 (2003) (Max Payne 2, 2003, kuvankaappaus pelistä)

Suomalainen Remedy Entertainment oli yksi ensimmäisiä pelitaloja, jotka pukivat pelihahmon liikkuvaan vaatteeseen vuonna 2001. Max Payne on pelihahmo samannimisestä pelistä, jonka nahkatakkin helma liehui tyylikkäästi hahmon juostessa ympäri New Yorkin katuja. Takki ei ollut täysin dynaaminen. Helma liehui vain hahmon liikkuessa, joten vaikuttaa siltä, että se oli osa hahmon animaatiota, ei erikseen simuloitu. Tämän kaltaiset uudet tekniikat ovat pitkään yhtiöiden liikesalaisuuksia, joten niistä ei ole mahdollista saada tietoa. Vain takin helma liikkui kuin vaatekappale, mutta tämäkin antoi pelaajalle lisää mielikuvaa elävästä hahmosta. Muu osa takkia oli hahmogeometriaa.

3 TEKSTIILIEN SIMULAATIO

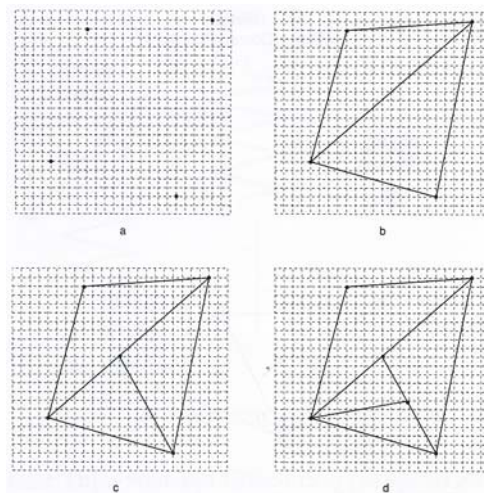
3.1 Geometrinen tapa

Weil oli vuonna 1986 ensimmäisiä yrittäjiä tekstiilien 3D-simuloinnissa tietokonegrafiikan piireistä. Hänen näkemyksensä on pohjana melkein kaikille muille tekniikoille. Hänen lähestymistapansa oli kaksivaiheinen prosessi. Tarkoituksena oli mallintaa nelikulmainen vaatekappale roikkumassa useista kiinnityskohdista.

Vaatekappale on mallinnettuna nelikulmaiselle kaksiulotteiselle ruudukolle kolmiulotteisista kiinnityskohdista. Ensimmäisessä vaiheessa kiinnityskohdat yhdistetään muodostaen kappaleen roikkumiskaarteet alkuasennossa. Kaarteille saadaan tällöin muoto

$$y = \frac{a}{2}(e^{x/a} + e^{-x/a}) = a \cos\left(\frac{x}{a}\right).$$

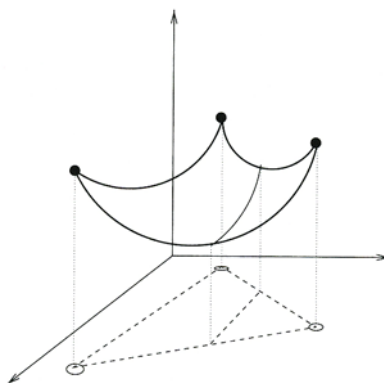
Ruudukon pisteet, jotka ovat kiinnityskohtien välissä, asetetaan kolmiulotteiselle roikkumiskaarteelle. Kun kaksi kaarretta kohtaa samassa pisteessä avaruutta, mutta eivät risteä, alempi kaarre poistetaan. Uusia kiinnityskohtia ja kaarteita lisätään kunnes kaikki pisteet on sijoitettu kuperaan muotoon.



Kuva 8. Vaatekappale mallinetaan aluksi kaksiulotteiselle ruudukolle (House, 2000, 37)

Toinen vaihe on kiristää kiinnityskohtien välistä linjaa lisäten tekstiilin kaltaisuutta. Koska ensimmäisessä vaiheessa monet pisteet karkasi-

vat paikkoihin, jotka eivät olisi tekstiilillä mahdollisia, toisessa vaiheessa pisteet sijoitetaan niin, että niiden suhteellinen etäisyys pysyy suunnilleen samassa kuin lähtötilanteessa. Weilillä oli mallilleen myös renderöintitekniikka, jossa hän jakoi tekstiilipinnan sylinterijoukkoihin. Weil saavutti tällä tekniikalla hyvin lähelle tekstiilin näköisiä 3D-kappaleita.



Kuva 9. Weil in mallinnettu vaatekappale (House, 2000, 36)

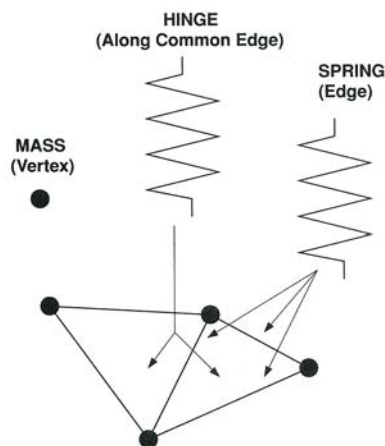
Muutamaa vuotta myöhemmin löydettiin myös muita geometriatekniikoita. Rudominin tekniikka yhdisti geometristä ja fysikaalista lähestymistapaa. Hänen mallissaan geometrialle laskettiin suurpiirteinen arvio kiinnityskohdista roikkuvasta vaatekappaleen muodosta. Rudominin malli tuotti joukon polygoneja, joista vaatekappale muodostui. Hänen mielestään tekniikka soveltui fysikaalisen tekstiilimallin alkutilanteen muodostamiseen. Kunii ja Gotoda esittelivät rypytyvän tekstiilikappaleen mallin. Sekin oli sekoitus geometristä ja fysikaalista tapaa. Kuniilla ja Gotodalla oli valmiina tekstiilin rypyttymismalleja, joita he käyttivät animaatioissa. Erilaisten rypyttymismallien sopivuus kuhunkin tilanteeseen laskettiin tietokoneella. Se oli käytännöllinen tapa luoda rypyjä animaatioon, mutta se ei tarjonnut täsmällistä mallia tekstiilien rypytyemisestä.

(Babic, 1999; House, 2000, 35-38.)

3.2 Fysikaalinen tapa

Vuonna 1988 Haumann ja Parent simuloivat yksinkertaisen tekstiilimäisen kappaleen. He olivat kiinnostuneita kuinka monimutkaisen ilmiön he saisivat yhdistettyjen, yksinkertaisten, fysikaalisten muuttujien vuorovaikutuksesta. He kehittivät oman ympäristönsä ja kirjastonsa

näille fysikaalisille muuttujille. Heidän muuttujansa olivat pistemäinen massa, ympäristön voimat, jousi, sarana, ilmanvastus ja tuuli. Jousi yhdisti kaksi pistemäistä massaa. Sarana yhdisti kaksi kolmiota, jotka muodostuivat neljästä pistemäisestä massasta. Polygoni malliin muuttajat soveltuivat hyvin. Pistemäinen massa tarkoittaa verteksiä. Jokainen reuna tarkoittaa jouta. Polygonit jaetaan kolmioksi ja vierekkäiset kolmiot muodostavat saranan.



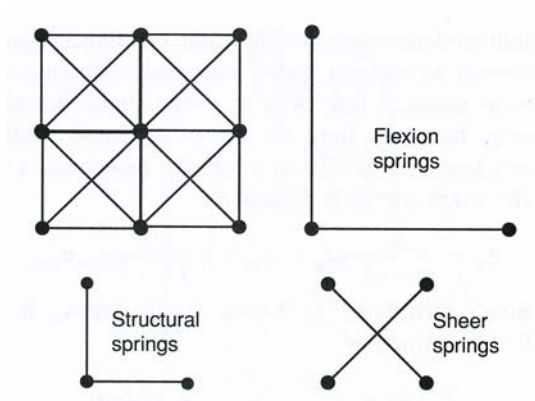
Kuva 10. Massa, sarana ja jousi (House, 2000, 38)

Muuttujille annetaan alkutilanne ja ympäristön voimat, joista fysiikkaan perustuva liike voidaan laskea lopputilanteen voimiin ja momenttiin, kun muuttujien annetaan reagoida Newtonin liikelakien mukaan. Haumannin ja Parentin tekniikka ei niinkään mallintanut täsmällisesti kudottua tekstiiliä, vaan sen kaltaista muuntuvaa pintaa. He tekivät kuitenkin monia animaatioita tekniikallaan, kuten tuulussa liehuva lippu tai verhot.

Muutamaa vuotta vuotta myöhemmin Thingvold ja Cohen esittelivät mielenkiintoisen laajennuksen Haumannin ja Parentin simulaatioon. Heillä oli samanlaiset muuttajat, mutta verteksien ja polygonien sijaan, heidän mallissaan käytettiin nurbs-objektia ja massapisteitä olivat b-splinen kontrollipisteet. He kehittivät myös tavan jakaa pinta pienempiin osiin, jotta myös hyvin jyrkät kaarteet olivat mahdollisia. Metodi tuotti tekstiilinkaltaisen pinnan, mutta kärsi samoista vajavaisuuksista. Se ei myöskään simuloinut varsinaisesti kudottua tekstiiliä.

Vuonna 1995 Provot kehitti samankaltaisen massapisteisiin ja jousiin perustuvan systeemin, joka oli suunniteltu erityisesti tekstiilien simulaatioon. Tässä mallissa massapartikkelit olivat järjestäytyneet neli-

kulmائيiin ruutuihin. Partikkeleja yhdistivät kolmenlaiset jouset. Rakennejouset yhdistivät lähimmät vierekkäiset partikkelit lankojen suuntaisesti. Toiset jouset yhdistivät partikkeleja lävistäjän suuntaisesti. Taivutusjouset yhdistivät toiseksi lähimmät partikkelit lankojen suuntaisesti.

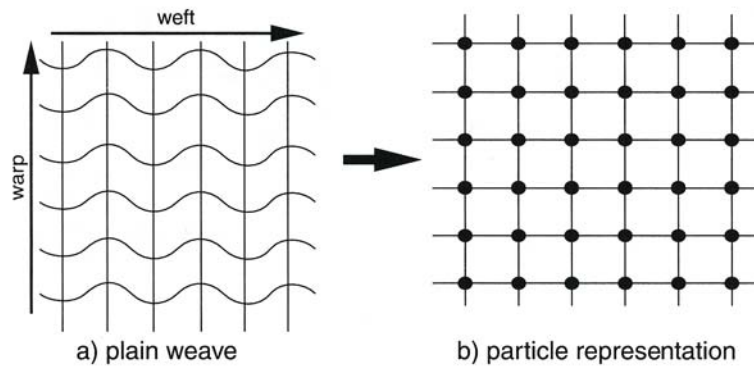


Kuva 11. Jouset Provotin mallissa (House, 2000, 39)

Provot laski jousien käyttäytymisen simulaatiossa, jossa objekti oli kiinnitetty kahdesta pisteestä ja lepatti tuulessa kuin lippu. Simulaatiosta poistettiin venymät, joita herkästi syntyy kiinnityskohtien lähettävillä elastisissa malleissa. Tämä tarkoitti, että malli venyi vähemmän ja vaikutti täten enemmän tekstiililtä. (Babic, 1999; House, 2000, 38-39.)

3.3 Partikkelimalli

Vuonna 1992 Breen ja House kehittivät tekstiilipinnasta partikkelimallin, joka ilmentää tekstiilin mikromekaniikkaa vuorovaikutteisen partikkelisysteemin kautta. Heidän mallinsa perustui siihen, että tekstiili kuvataan parhaiten vuorovaikutteisista mekaanisista osista perustuvana systeeminä, eikä yhtäjaksoisesta aineesta. He kuvasivat yksittäisten lankojen sekä loimi- ja kudelankojen vuorovaikutusta. Partikkelit tarkoittivat loimilankojen ja kudelankojen risteymäkohtia.



Kuva 12. a) Yksinkertainen tekstiilirakenne b) Partikkelimalli (House, 2000, 57)

Jokaisen risteyskohdan mallintaminen partikkeleina ei ole kuitenkaan käytännöllistä eikä mahdollista, joten malli perustuu partikkelien vuorovaikutuksen lisäksi välttämättömiin arvioihin. Partikkeleita olisi yksinkertaisesti liikaa, jos jokainen risteyskohta mallinnettaisiin partikkeleina. Sen sijaan kuvittelemme tekstiilipinnan jaettuna ruudukkoon, jossa partikkeli sijoittuu nelikulmioiden keskelle. Jokaisen partikkelin massa on sama kuin nelikulmion paikallinen massa.

Partikkelimalli ilmentää tekstiiliä melko hyvin, mikäli oletamme, että rakenne on riittävän tiukka ja tekstiilin kuorma on tarpeeksi kevyt, jotta luisumista ei tapahtuisi lankojen risteyskohdissa. Oletuksia voidaan pitää hyvinä suurimmassa osassa erilaisia tekstiileitä ja käyttötarkoituksissa, joissa tekstiilejä esiintyy. Risteyskohtien välillä langoissa tapahtuu vuorovaikutuksia, kuten puristus, venyminen, taittuminen ja vääntyminen.

Vuonna 1994 Breen ja House osoittivat, kuinka tämä malli pystyy toistamaan hyvinkin tarkasti erilaisia tekstiilejä. Tämä tekniikka tuotti tekstiiliä taipuneena erilaisiin muotoihin, mutta sillä ei pystynyt simuloimaan lainkaan tekstiilin liikettä. Lisäksi se oli kovin hidas. Myöhemmin Breenin ja Housen mallista toteutettiin monia jatkokehitelmiä, jotka paitsi simuloivat tekstiilin liikkeen, laskivat myös tekstiilin muodon huomattavasti alkuperäistä nopeammin. (House, 2000, 45, 56-57.)

3.4 Törmäystarkastelu

Törmäystarkastelu on tärkeä osa tekstiilisimulaatiota etenkin hahmon vaatteiden kanssa. Jos vaate ei törmäisi kantajaansa tai maahan, se jatkaisi putoamistaan äärettömyyteen. Muihin kappaleisiin törmäämi-

sen lisäksi, tekstiilille on notkeutensa takia tärkeää myös itseensä törmääminen. Erityisen vaikeaa törmäystarkastelu on silloin, kun tekstiili kappale osuu muuhun kappaleeseen useammasta kohdasta tai liukuu toisen kappaleen pintaa pitkin.

Törmäystarkasteluun soveltuu parhaiten partikkelimalli, jossa pinta on jaettu kolmioihin. Törmäystarkastelu vaikuttaa simulaation nopeuteen merkittävästi, koska törmäviä osia täytyy etsiä simulaation jokaisessa askeleessa ja jokainen törmäysmahdollisuus on otettava huomioon, vaikka joidenkin pisteiden törmääminen olisi epätodennäköistä. Törmäystarkastelun täytyy huomioida myös kappaleiden välinen kitka, joten tarkastelussa täytyy ottaa huomioon kappaleiden erilaiset ominaisuudet.

Yksinkertaisin törmäystarkastelu tutkii jokaisen kolmioparin mahdollisen törmäämisen geometrisessa mallissa. Ulkopinnan ja sisäpinnan tunnistaminen on avainasia, jotta partikkeli tietää kummalla puolella se milläkin hetkellä sijaitsee. Pinnalle ei voi kuitenkaan määrätä ulkopintaa ja sisäpintaa alkuasetelmassa, koska tekstiili saattaa taittua ja törmätä itseensä kummalta puolelta vain. Pinnan suuntausta täytyy päivittää jatkuvasti simulaation ollessa käynnissä. Ulkopinnan ja sisäpinnan suuntausta ei tarvitse tietää jokaisella simulaation askeleella, kaikissa kolmioissa. Riittää kun suuntaus tiedetään silloin, kun partikkeli lävistää pinnan. (House, 2000, 197-201.)

4 MATERIAALIT

4.1 Johdanto materiaaleihin

4.1.1 Materiaalin tarkoitus

Geometrian mallinnus ei ole ainoa asia, jolla 3D-tekstiilistä tehdään aidon näköinen. 3D-tilassa käytetään valaistusta ja pinnoilla materiaalia. Valaistuksen, materiaalin ja geometrian vuorovaikutus luo kappaleen ulkonäön. Ulkonäköön vaikuttaa suuresti se, kuinka kappaleen pinta heijastaa valoa. Kappaleiden pinnat ovat harvoin täysin tasaisia, joten ne heijastavat valoa eri tavoin eri kohdista. 3D-Tekstiiliin ei yleensä mallinneta yksittäisiä kuituja tai lankoja. Niin mikroskooppinen mallinnus on ainakin vielä mahdotonta, eivätkä tietokoneiden laskentatehot vielä riitä.

Mallinnetun tekstiilin geometriassa on tasainen pinta. On kuitenkin mahdollista luoda illuusio langoista koostuvasta, epätasaisesta pinnasta. 3D-Maailmassa kappaleille on mahdollista antaa yksilöllisiä materiaaleja. Materiaaliin saamme tietoja esimerkiksi kappaleen väristä, pinnalla olevasta kuvasta, kappaleen heijastuvuudesta, läpinäkyvyydestä tai pienistä töyssyistä kappaleen pinnassa. Voimme projisoida nämä tiedot haluamallamme tavalla kappaleen pintaan, jolloin saamme pinnan näyttämään oikealta.

4.1.2 Mittakaava

Materiaalivalintoihin vaikuttaa paljon, kuinka kaukaa tekstiiliä katsotaan. Jos kamera on lähellä kappaletta, täytyy materiaalissa käyttää sellaista tarkkuutta, että kappale näyttää uskottavalta. Jopa yksittäisten lankojen täytyy erottua. Jos kamera on sijoitettu kauemmas kappaleesta, voi materiaalin tarkkuudesta karsia yksityiskohtia ja tarkkuutta. Tällöin esitetään vain arvio pinnasta, miltä se luultavimmin näyttäisi esitetyllä etäisyydellä.

Koska materiaalin ominaisuuksia ilmennetään kuvatiedostoja apuna käyttäen, tarkkuuteen vaikuttaa paljon käytettävän kuvatiedoston tarkkuudesta. Kuvan toteutus voi olla suurpiirteisempää kaukaa katsotuisissa kappaleissa.

Mallinnus- ja renderöintitekniikat on jaettu suuresta pieneen tarkkuuteen ja yleensä kolmeen tasoon. Makroskooppisella tasolla on mallin geometria, kuten polygonit. Mesoskooppisella tasolla esiintyy joitakin tekniikoita, joilla voidaan vaikuttaa pinnan normaaleihin, kuten displacement maps ja bump maps. Mikroskooppisella tasolla esitetään heijastuvuuden käyttäytymistä. Renderöinnissä tätä paikallista heijastuvuutta ilmaisee bidirectional distribution function (BRDF). (House, 2000, 243-244.)

4.2 Heijastuvuus

4.2.1 Diffuse ja specular

Tavallisesti heijastuvuutta ilmennetään kahdella erillisellä heijastuvaa valoa kuvaavalla komponentilla: diffuse ja specular. Diffuse ottaa huomioon valon, joka heijastuu paikallisesti saman pinnan elementeistä ja uudelleen säteilee lähes tasaisesti kaikkiin suuntiin. Diffuse näyttää lähes samalta, vaikka valon, pinnan ja näkökulman välinen kulma vaihtelisikin. Specular-komponentti laskee vahvasti suuntaherkän heijastuksen. Specular eli pinnan kiilto vaihtelee pinnan materiaalin ja epätasaisuuden vuoksi. Specular on hyvin riippuvainen valon, pinnan ja näkökulman välisistä kulmista. (House, 2000, 244.)

Käytännössä näitä komponentteja käytetään seuraavasti. Diffuse kertoo pinnan värin tai kuvion. Tähän komponenttiin sisällytetään perustieto siitä, miltä pinta näyttää. Esimerkiksi paidan väri, kuva ja likataharat kuuluvat Diffuse-komponentin tietoihin. Joskus pinnan epätasaisuutta korostetaan diffuse-kanavassa sisällyttämällä tietoja varjoista. Näin varsinkin silloin, jos erillisiä epätasaisuuksia kuvaavia komponentteja ei materiaalissa käytetä.

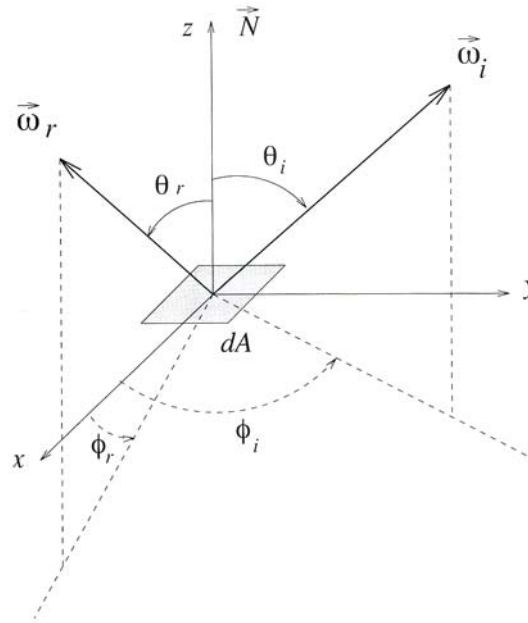
Specular tarkoittaa valon heijastumisen kärkikohtia. Tähän komponenttiin sisällytetään tietoa erityisen kiiltävistä kohdista kappaleen pinnassa, kuten myös kohdista, jotka eivät heijastu lainkaan. Epätasaisella pinnalla esimerkiksi pinnasta eniten kohonneet kohdat näyttävät kiiltävämmiltä kuin pinnan syvimvät kuopat. Myös materiaalin vaihtelut kannattaa ottaa huomioon. Esimerkiksi musta t-paita ei heijasta valoa lähes ollenkaan, mutta valkoinen painatus heijastaa hyvinkin voimakkaasti. Specular-tekstuuriksi sopii parhaiten mustavalkoinen kuva,

koska heijastuvuus katsotaan vaalean ja tumman sävyeroista. Valkoinen tarkoittaa tekstuurissa eniten heijastavaa kohtaa. Musta tarkoittaa kohtaa, joka ei heijasta lainkaan.

4.2.2 BRDF

BRDF eli bidirectional reflectance distribution function on funktio, jota tietokonegrafiikassa käytetään realististen kuvien renderöimiseen. Sen määritteli ensimmäisen kerran F. Nicodemus vuonna 1970 ja sen yksikkö on sr^{-1} . BRDF määrittelee pinnalta poistuvan heijastuksen suunnan suhteen pinnalle tulevan valon suuntaan tietyllä taajuudella. Funktio muodostaa katsojan havainnon värin vivahteista ja kirkkaudesta kappaleen pinnalla perustuen molempien valon ja katsojan suunnasta. Pinnan ollessa tasainen, BRDF:n arvo on sama molempiin suuntiin: katsojasta valoon tai valosta katsojaan. Tämä ei kuitenkaan päde epätasaisella pinnalla. (Wikipedia d. 2007.)

BRDF voidaan havainnollistaa geometriakuvalla. BRDF käyttää xyz-koordinaattisysteemiä. Pinnan elementtiä kuvataan dA :lla. Kuvassa pinnan normaalivektori on suuntaan \vec{N} . Z-Akseli on pinnan normaalivektorin suuntaan \vec{N} . Tällöin x-akseli on pinnan suuntainen. Sen suunta pinnalla voidaan määrittellä vapaasti, mutta tekstiilikappaletta käsiteltäessä x-suuntana voidaan käyttää loimilankojen suuntaa. Y-Akseli on kohtisuorassa xz-tasoa vasten ja tarkoittaisi siis kudelankojen suuntaa. \vec{w}_i on tulevan valon suunta ja \vec{w}_r on heijastuvan valon suunta. Nämä suunnat voidaan määrittellä kahdella kulma-arvolla suuntaa kohden. Yleisimmin käytetään θ kuvaamaan kulmaa z-akselin ja suunnan välisenä kulmana ja ϕ x-akselin ja suunnan xy-tasolla olevan projektion välisenä kulmana. Tällöin \vec{w}_i arvo on (θ_i, ϕ_i) ja \vec{w}_r arvo on (θ_r, ϕ_r) .



Kuva 13. BRDF geometriakuvana (House, 2000, 245)

Oletetaan, että valo L_i valaisee tasoa dA suunnasta $\vec{\omega}_i$ ja heijastuneen valon osuus L_r jatkaa suuntaan $\vec{\omega}_r$. BRDF:n kuvaukseen käytämme tulevan valon säteilyvoimakkuutta E_i , joka määritellään energia/pinta-ala. Yksikkönä säteilyvoimakkuudella on wattia per neliometri (W/m^2) (Wikipedia e. 2007). Kun otamme huomioon valon aallonpituuden, voimme käyttää laskuissa arvoja $E_i(\lambda)$ ja $L_i(\lambda)$, jossa λ tarkoittaa aallonpituutta. Tällöin valaistusyhtälö voidaan kirjoittaa muotoon

$$L_r(\lambda) = f(\vec{\omega}_i, \vec{\omega}_r, \lambda) E_i(\lambda),$$

jossa f on BRDF, joka muodostetaan suhteesta

$$f(\vec{\omega}_i, \vec{\omega}_r, \lambda) = \frac{L_r(\lambda)}{E_i(\lambda)}.$$

Mittakaavassa, jossa voimme tehokkaasti määrittellä ja laskea BRDF:n, on BRDF:n arvo enemmän tai vähemmän arviota. Vaikka BRDF:n arvot voivat vastata pinnan rakennetta hyvinkin tarkasti, on järkevää pysytellä tarkkuuksissa, jotka ovat näkyviä renderöinnissä. Tekstiilin pienimpiä rakenteita harvoin näkyy renderöinnissä. BRDF voidaan selvittää kokeellisesti erilaisille teksteille tai materiaaleille

yleisesti, mutta lasketuille BRDF-arvoille on kerätty myös tietopankkia. (House, 2000, 245-248.)

4.3 Töyssyt

4.3.1 Pinnan normaalien manipulointi

Pinnan normaali tarkoittaa pintaa kohtisuorassa olevaa suuntavektoria. Mallinnetussa kappaleessa tämä tarkoittaa polygonia kohtisuorassa olevaa suuntaa. Pinnan normaalin tietoja voidaan muunnella erilaisista komponenteista muokkaamatta itse mallin geometriaa. Koska pienten yksityiskohtien mallinnus aiheuttaa suuren polygonimäärän kasvun ja mallin raskauden, voidaan normaaleja manipuloimalla saada pinta näyttämään monimuotoisemmalta kuin mitä se todellisuudessa on. Normaalien manipuloinnista on hyötyä varsinkin silloin, kun mallit tahdotaan pitää mahdollisimman kevyinä, mutta ulkonäöltä vaaditaan mahdollisimman tarkkaa lopputulosta. Näin esimerkiksi peligrafiikassa.

Pinnan normaaleihin vaikuttavia komponentteja on esimerkiksi perinteisen bump mapin lisäksi normal map, parallax map ja relief texture map. Komponentit eroavat toisistaan tekniikaltaan ja tarkkuudeltaan. Komponentteja voi myös yhdistellä. Hyvin usein samaan objektiin laitetaan sekä bump map, että normal map. Ne ovat tällä hetkellä yleisimmin käytössä olevia komponentteja kuvaamaan pinnan korkeuseroja.

4.3.2 Bump map

Bump map on yksinkertaisin ja yleisimmin käytössä oleva pinnan normaaleja muokkaava tekniikka. Bump mapin avulla voidaan vaikuttaa pinnan normaalin korkeuteen ennen kuin objektiin vaikuttava valaistus lasketaan ja renderöidään. Ensimmäisen kerran bump mapin esitteli Blinn-varjostustekniikka, ja sen jälkeen se on ollut yleisesti käytössä 3d-objekteissa. (House, 2000, 249.)

Bump map -komponentissa käytetään yleensä mustavalkoista tekstuuria. Komponentti pystyy muuntamaan minkä tahansa kuvan korkeustekstuuriksi, mutta koska bump map hyödyntää vain vaalean ja

tumman sävyeroja, on mustavalkokuva paras vaihtoehto parhaan kontrastieronsa takia. Bump map –tekstuurissa valkoinen vastaa pinnan korkeinta kohtaa ja musta pinnan matalinta kohtaa. Asteittainen vaihtuminen valkoisesta mustaan tai mustasta valkoiseen nähdään viistona korkeuserona.

Bump map soveltuu hyvin pienien töyssyjen kuvaamiseen. Bump map toteutetaan piirtämällä tekstuuri vastaamaan mallin uvw-koordinaatteja. Bump map on käytössä kevyt. Se soveltuu malleihin, joita katsotaan kaukaa tai keskietäisyyksiltä. Läheltä katsottaessa bump mapin heikkoudet näkyvät. Läheltä katsottaessa bump map soveltuu silloin, kun pinnan töyssyt ovat pieniä.

4.3.3 Normal map

Normal map on edistyneempi komponentti bump mapista. Normal mapilla on mahdollista saada hyvinkin voimakas illuusio pinnan korkeuden muutoksista. Normal map ei muuta vain normaalin korkeutta, vaan muokkaa koko pinnan normaalin suuntaa. Bump map pystyi havaitsemaan vain tumman ja vaalean sävyerot, mutta normal map käyttää hyväkseen koko RGB-väriskaalaa (red, green, blue; punainen, vihreä, sininen). Normal mapista on yleisesti käytössä kaksi vaihtoehtoa, kappaleen tilaan ja tangentin tilaan perustuvat normal mapit. Niiden erona on koordinaattisysteemi, jolla normaali lasketaan ja tallennetaan. Yhteistä on kuitenkin se, että värikanavat, punainen, vihreä ja sininen, vastaavat kukin yhtä ulottuvuutta (x, y ja z).

Toisin kuin bump map, normal map toteutetaan yleensä yksityiskohteisesta mallista karkeampaan malliin. Normal mapilla voidaan yksinkertainen malli saada näyttämään monimuotoisemmalta. Tietokone tekee vaikeimman työn vertaillessaan kahden kappaleen koordinaatteja ja normaaleja sekä piirtämällä tekstuurin valmiiksi. Kappaleeseen ei välttämättä tarvitse laittaa uvw-koordinaatteja valmiiksi, koska ohjelmat osaavat myös itse tuottaa järkevät koordinaatit normal mappia varten. (Wikipedia f. 2007.)

5 MALLINNUS- JA ANIMAATIO TYÖKALUT

5.1 3ds Max:in tekstiilityökalut

5.1.1 Garment Maker

Garment Maker on komponentti, jonka avulla virtuaalivaatteita voi suunnitella samaan tapaan kuin oikeita vaatteita suunnitellaan. Garment Maker oli alkuun Stitch-nimisen maksullisen työkalun osakomponentti. Toisen osan ollessa nykyinen Stitch, joka nykyään vastaa Cloth-komponenttiä. Tämän takia Garment Maker toimii vain Cloth -komponentin kanssa yhteistyössä. Ennen kuin työkalu integroitiin osaksi 3ds Max:ia versiossa seitsemän, tunnettiin se väliin myös maksullisena työkaluna nimeltä Clothfx.

Garment Maker:ia varten vaatekappaleen kaavat suunnitellaan viivamuodoista. Työ muistuttaa vaatteiden räätälöintiä osa kerrallaan. Garment Maker:illä kaavat rakennetaan paneeleiksi. Paneelin polygonitiheyden voi säätää haluamukseen. Realistisempaan lopputulokseen päästään tekemällä paneeleista tiheitä, mutta tiheys tarkoittaa polygonimäärän kasvamista, joka hidastaa mallin kanssa työskentelyä. Garment Maker rakentaa paneelit sattumanvaraisesti levitellyistä ja sattumanvaraisen kokoisista kolmioista. Tämän ansiosta simuloitu kappale käyttäytyy sattumanvaraisemmin ja näin ollen enemmän tekstiilin kaltaisesti. Tasaisesti nelikulmioihin jaettu polygonipinta aiheuttaa epärealistisia rasituslinjoja ja säännöllistä käyttäytymistä. Garment Maker osaa myös asettaa paneelit ihmismäisen kappaleen ympärille kertomalla sille tiettyjä pisteitä kappaleesta ja paneelien halutun sijainnin. Tämä on kuitenkin vain ohjelman arvio, joten paneelien sijain- teja joutuu yleensä säätämään tarkemmin.

Itse vaateen koostamiseen Garment Maker käyttää saumoja, joilla paneelit kiinnitetään toisiinsa. Saumat toimivat oikeiden ommeltujen saumojen tapaan pitämään paneeleita kiinni toisissaan. Saumat voidaan tarvittaessa myös rikkoa, koska niiden kiinnittymiselle voidaan määritellä voimakkuus. Kun paneelit ovat kohdallaan ja saumat määriteltä, siirrytään Cloth -komponentin puolelle, jossa paikallisessa simulaatiossa saumat vetävät itsensä kiinni ja muodostavat vaateen. (Hessler, 2003.)

5.1.2 3Ds Max Cloth

Cloth tunnettiin alun perin maksullisena Stitch-työkaluna, jonka kehitti Size8software ja julkaisi Digimation. Size8software aloitti Stitchi:n kehittämisen vuonna 2000 ja keskittyi vain tekstiilityökaluunsa. Garment Makerin kanssa yhdessä komponentit muodostivat työkalun, jonka monipuoliset ominaisuudet olivat hintansa arvoisia. Uudistusten ja kehittämisen myötä työkalu sai nimen Clothfx. Clothfx integroitiin osaksi 3ds Maxin versiota seitsemän. Nykyään 3ds Max Cloth:ille ei ole varteenotettavia vastustajia. Cloth on vakaa, monipuolinen, nopea ja realistista simulaatiota tuottava työkalu. Koska vaatemallinnus tarvitsee yleensä paljon polygoneja, on Cloth ollut yhdessä ClothReyes:in kanssa ainoa työkalu, joka on ollut sopiva siihen.

Tekstuuriin uvw-koordinaatit kannattaa säätää ennen cloth-komponentin asettamista, jolloin paneelit ovat vielä tasomaisia. Näin tekstuurien asettaminen onnistuu parhaiten. Cloth:illa voi jatkaa siitä, mihin vaatteiden tekeminen Garment Makerillä jäi tai simuloida muulla tavalla tehtyä tekstiilimuotoa. Parhaiten oikeuksiinsa Cloth pääsee Garment Makerin kanssa. Garment Makerillä tehdyt paneelien väliset saumat voi Cloth:illa nyt ”neuloa” kiinni paikallisessa simulaatiossa. Cloth vetää paneelien reunat yhteen mahdollisimman tarkasti, noudattaen törmäyskappaleita ja tekstiilikappaleen venymistä. Sauman voima, eli kuinka paljon sauma venyy, voidaan myös määrittellä.

Tekstiilisimulaation vaikein osa-alue, erilaisten materiaalien simulointi, on Cloth:issa toteutettu varsin hyvin. Materiaalia voi hallita yli kahdenkymmenen ominaisuuden osalta, kuten tekstiilin venyminen, taipuminen, tiheys, kosteus, plastisuus, paksuus, ilmanvastus sekä dynaaminen kitka ja staattinen kitka. Uusia materiaaleja ei tarvitse myöskään muokata tyhjästä, sillä Cloth:ista löytyy perusmateriaalien ominaisuudet valmiina asetuksina, joita voi muokata haluamaansa suuntaan. Valmiiksi asetettuja materiaaleja ovat muun muassa kasmirvilla, puuvilla, flanelli, raskas nahka, polyesteri, kumi, satiini, silkki, elastaani, tärkätty puuvilla, kostea vaate ja villa. Nämä ominaisuudet vaikuttavat vain kappaleen simulaatioon. Materiaaliasetukset on säädettävä erikseen.

Cloth:ssa on paljon verteksiipisteisiin perustuvia komentoja. Verteksi-valinnassa voidaan käyttää polygonin muokkauksesta tuttua pehme-

ää valintaa. Kappale voidaan kiinnittää vertekseistä muihunkappaleisiin tai niiden pintaan, myös toiseen tekstiilikappaleeseen. Verteksivallinnalla voidaan myös sulkea animaatiosta pois kappaleen osa tai osia. (Hessler, 2003.)

5.1.3 Reactor Cloth

Reactor on Havokin kehittämä dynamiikkasysteemi 3ds maxille. Reactor on kuulunut 3ds Max:iin ilmaisena osana versiosta viisi lähtien. Reactorin etuna on se, että se yhdistää kovat ja pehmeät kappaleet, narut sekä tekstiilit samaan fysiikkamoottoriin. Havokin kehittämiä fysiikkamoottoreita on käytetty paljon myös peleissä. 3ds Maxin versioon yhdeksän Havok on uudistanut ja parantanut Reactoria entisestään. Reactor pystyy käsittelemään yhä monimutkaisempia ja laajempia ympäristöjä reaaliajassa. Animaattorille on suuri hyöty, kun työn tulokset on mahdollista nähdä heti.

Tekstiilejä varten Reactorissa on kaksi erilaista fysiikkamallia. Yksinkertainen malli simuloi nopeasti, mutta tulokset ovat heikkoja. Mallin luoma fysiikka muistuttaa enemmän kumimaista pintaa eikä niinkään kudottua tekstiiliä. Monimutkainen malli laskee simulaatiota pidempään, mutta myös parantaa tuloksia. Liikkuminen lasketaan tarkemmin ja tulokset muistuttavat jo tekstiiliä. Reactorilla voidaan säätää myös tekstiilin itseensä törmäämistä ja rypyttymistä. Verteksipisteisiin perustuvat komennot ovat hyödyllisiä mutta rajoittuneempia kuin Cloth työkalussa. Tekstiilikappaleen kiinnittäminen verteksipisteistä kuitenkin onnistuu. Tekstiilimallin tarkkuus riippuu myös polygonien määrästä. (Hessler, 2003.)

5.2 Pluginit

5.2.1 ClothReyes

ClothReyes oli ensimmäinen ja ainoa tekstiilisimulaatiotyökalu ilmestyessään markkinoille vuonna 1997. ClothReyes on Reyes Infografica tuoteperheen osa. Reyes Infografica on espanjalainen yritys, joka on kehittänyt työkaluja 3ds Maxille. ClothReyes toimii maksullisena työkaluna 3ds Maxin versioon kuusi asti.

Cloth:in tavoin myös ClothReyes:issä käytetään mieluiten epäsäännöllisesti kolmioihin jaettua pintaa. ClothReyes:in mukana tulee tätä varten oma Hexa-kappale, joka näyttää samalta kuin Garment Maker:illä tehty paneeli. Sen mullistavin ominaisuus on repeytyvä tekstiilikappale. Animaatiossa repeytyminen näyttää melko realistiselta. ClothReyes on oikeastaan Cloth:in lisäksi ainoa työkalu, joka pystyy simuloimaan monimutkaisia tekstiilikappaleita, kuten hahmon päällä kulkevia vaatteita. (Hessler, 2003.)

5.2.2 SimCloth

SimCloth on ilmainen työkalu, jonka julkaisi Chaos Group. Ohjelman kehitti vapaa-aikanaan Vladimir Koylazov, joka on yksi V-Rayn kehittäjistä. Ohjelman kehittäminen alkoi tammikuussa vuonna 2000. Sen viimeisin versio SimCloth3 julkaistiin vuonna 2002, ja se päivitettiin toimimaan aina 3ds Max:in versioon seitsemän asti. Ennen Reactor Cloth:ia 3ds Max 5:ssä SimCloth oli ainoa ilmainen tekstiilityökalu, joka osasi simuloida tekstiiliä edes etäisesti muistuttavia kappaleita.

SimCloth:in käyttöliittymä oli yksinkertainen ja helppokäyttöinen, mutta myös rajoittunut muihin verrattuna. Ilmanvastusta ei huomioida lainkaan simuloinnissa, mikä vie pois realismia lopputuloksesta. SimCloth on työkaluista hitain heti, kun polygonimäärä nousee tuhansiin, vaikka pienet polygonimäärät se simuloikin melko nopeasti ja yksinkertaisesti. SimCloth:in lopputulos näyttää kumilta. Myös SimCloth:in vakaus on ongelma.

SimCloth:in etu muihin työkaluihin on vapaa ohjelmakoodi. Ohjelmakoodia voi vapaasti muunnella omiin tarkoituksiinsa. Muunneltuja ohjelmia saa vapaasti levittää sillä ehdolla, että ohjelmakoodi julkaistaan kaikkien SimCloth:iin perustuvien ohjelmien mukana. Suurille yrityksille, jotka kirjoittavat itse ohjelmat, SimCloth on hyvä pohja uusille virityille ohjelmille.

(Hessler, 2003.)

6 CASE: VAATTEET HAHMOANIMAATIOSSA

6.1 Lähtökohdat

Casen lähtökohtana oli näyttää, kuinka 3ds Max:in työkalut auttavat animaattoria tekstiilien mallintamisessa ja animaatioissa. 3ds Maxin Garment Maker:iä ja Cloth:ia käytetään tekstiilien mallinnukseen ja simulaatioon. Tekstuurien tekemiseen käytettiin lisäksi Adoben Photoshop-kuvankäsittelyohjelmaa. Tekstiileistä mielenkiintoisimmat eli vaatteet olivat pääosassa casea tehtäessä. Vaatteet liittyvät yleensä jonkinlaiseen hahmoon, joten case sisältää pienen hahmoanimaation. Hahmo on ihminen, jolle casessa yritettiin luoda uskottavat vaatteet.

Animaation on tarkoitus muistuttaa muotinäytöstä, jossa virtuaalimalli kävelee korotetulla näyttämöllä. Hahmo ilmestyy esiin verhojen takaa siirtäen verhoa syrjään kädellään. Hahmo kävelee näyttämön toiseen pätyyn ja pysähtyy hetkeksi esittelemään vaatteita. Hän kääntyy ja kävelee toiseen päähän jälleen verhojen suojaan. Animaatio toteutetaan 3ds Max:in Character Studio:lla.

Toteutettavat vaatteet valittiin saatavuuden mukaan, koska tekstuurit toteutettiin valokuvien pohjalta. Hahmon vaatteiksi valittiin farmarihousut eli farkut, vihreä puuvilla t-paita ja farkkutakki. Vaikka kaksi vaatekappaletta onkin tehty samasta materiaalista, niiden käyttäytyminen eroaa toisistaan.

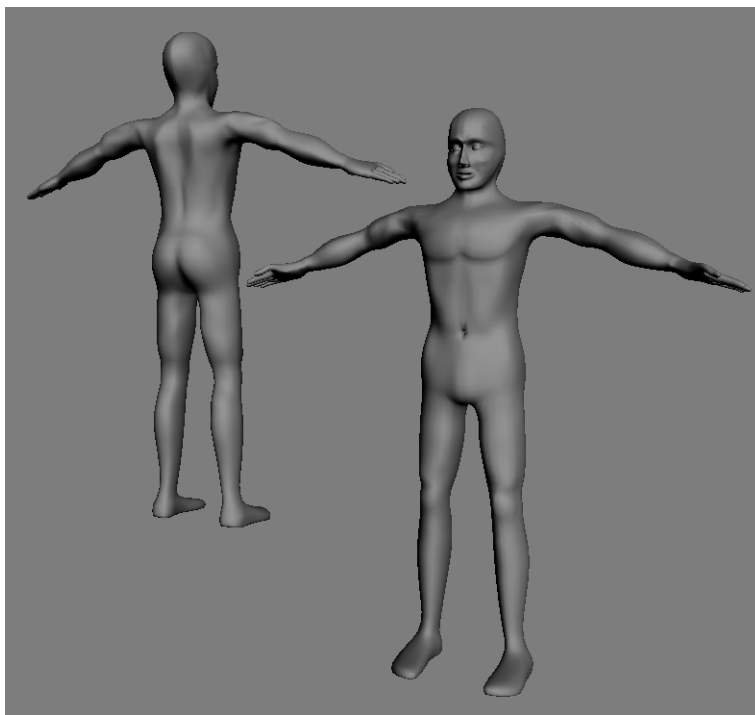
6.2 Hahmon animaatio

6.2.1 Hahmon valmistelu

Animaatio tarvitsee hahmon, jonka päällä vaatteet tulevat olemaan. Animaatioissa käytettiin muihin käyttötarkoituksiin aikaisemmin tehtyä miestä esittävää mallia. Mallille tehtiin pieniä muutoksia, kuten mittasuhteiden korjausta ja optimointia. Hahmon mittasuhteiden pohjana käytettiin Leonardo Da Vincin piirustusta Vitruvian mies. Kuva tuotiin tasokappaleelle 3ds Max:iin ja sijoitettiin mallin taakse. Tarvittavat korjaukset tehtiin mittasuhteisiin kuvan avulla.

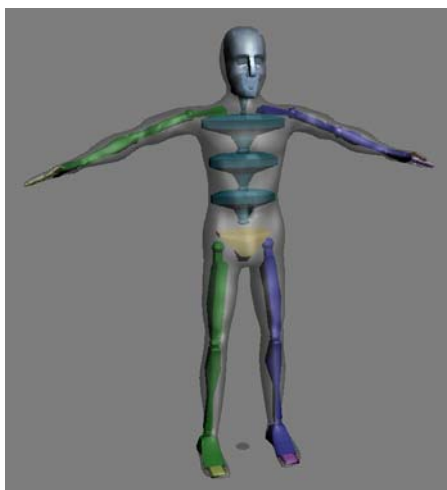
Mittasuhteiden ollessa kohdallaan mallille tehtiin pientä optimointia.

Tämä tarkoittaa että mallia yksinkertaistetaan ja siitä poistetaan tarkoituksettomia yksityiskohtia. Polygonimäärän väheneminen vaikuttaa ruudunpäivityksen paranemiseen ohjelman sisällä. Ruudunpäivityksen paraneminen helpotti työskentelyä ja animaation katsomista. Kuvassa 13 valmis hahmomalli näytetään kahdesta eri suunnasta.



Kuva 14. Animaatiossa käytettävä hahmomalli (Lahti, 2007)

Polygonihahmo ei vielä liikkunut muuten kuin jäykkänä kappaleena. Hahmo tarvitsi luurangon. Luurankona käytettiin Character Studio:n valmista biped-luurankoa. Luuranko täytyi saada samaan asentoon ja mittasuhteeseen kuin hahmomalli. Luurangon asemointi ja skaalaus tarvitsi tehdä vain toiselle puolelle, koska symmetriatyökalulla voitiin peilata muutokset toiselle puolelle.

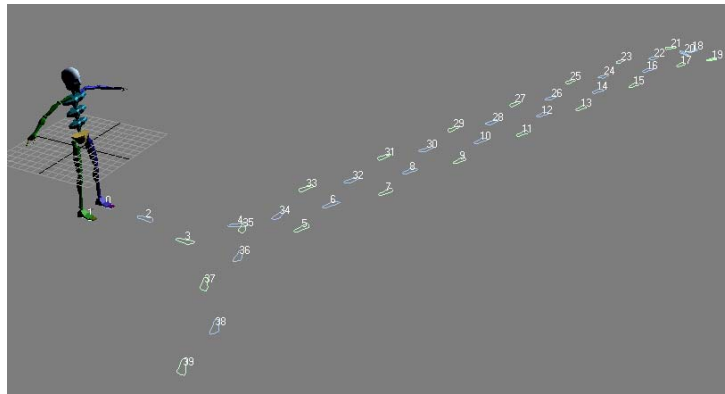


Kuva 15. Biped-luuranko asemoituna hahmomalliin (Lahti, 2007)

Jotta luuranko saatiin vaikuttamaan polygonimallin liikkeisiin, mallille täytyi antaa iho. Tähän oli vaihtoehtoina joko skin-työkalu tai physique-työkalu. Koska physique-työkalu on suunniteltu toimimaan character studio:n kanssa, työssä käytettiin physique-työkalua. Physique-työkalu asennettiin polygonimallin ominaisuuksiin. Tällöin geometrian oli oltava valmis, koska geometriaa ei pysty jälkikäteen muokkaamaan. Physique-työkalusta valittiin biped-luuranko. Physique tekee yleensä automaattisesti melko hyvät luurangon ja mallin väliset vaikutussuhteet. Vaikutussuhteita hienosäädettiin envelopes-valikosta. Nyt hahmomalli liikkui luurangon mukaisesti.

6.2.2 Hahmon askeleet

Hahmon kävelyanimaatio tehtiin Character Studion footsteps-ominaisuuden avulla. Footsteps tekee kävelyanimaation vapaasti aseteltavien jalanjälkien avulla. Automaattisesti tehty kävelyanimaatio vaati pientä hienosäätöä, mutta nopeutti animointia huomattavasti. Askeleiden pituuksia ja suuntia voi säätää suoraan siirtämällä jalanjälkiä. Askeleiden käyttäytymistä aikajanalla voidaan säätää Dope Sheet-valikosta. Tästä valikosta täytyi säätää hahmon pysähtyminen näyttämön päädyssä. Valikossa jokaiselle askeleelle annetaan aika, jonka jalka käyttää kyseisen askeleen kohdalla maassa olemiseen.



Kuva 16. Hahmon askeleista muodostunut reitti (Lahti, 2007)

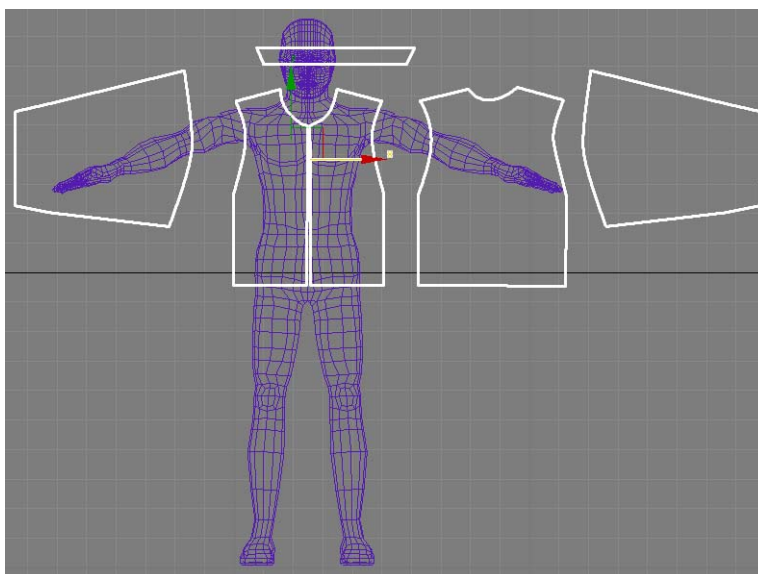
6.2.3 Hahmon eleet

Ilman hahmolle lisättäviä eleitä kävelyanimaatio näytti kovin tylsältä. Hahmon animaatiota voi kehittää avainkuviin tehdyillä muutoksilla. Askelanimaatio luo aikajanelle avaimia, joita voi vapaasti lisätä tai muokata. Hahmon ensimmäisen kuvan asento täytyi korjata askeleiden jäljiltä, jotta vaatteet oli helpompi pukea. Kädet kannattaa levittää sivuille ja jalkojakin korjata hieman leveämpään asentoon. Hahmolle lisättyjä eleitä tässä tapauksessa olivat poseeraus näyttämön päädyssä ja käden liike, joka siirtää verhoa syrjään sekä animaation alussa että lopussa. Kävelytyyliin on myös mahdollista vaikuttaa avainkuvien muokkaamisella. Käsien animaatio tehtiin perusasetuksia leveämmäksi, jotta vaatteiden kanssa ei tule suuria ongelmia kainaloiden alla. Kainalot ovat usein ongelmakohtia vaateanimaatioita tehtäessä.

6.3 Vaatteiden mallinnus

6.3.1 Tekstiilien kaavat

Virtuaalivaatteiden suunnittelu aloitettiin kaavoista, kuten oikeidenkin vaatteiden suunnittelu. Vaatteista otetun valokuvan käyttäminen kaavoja tehtäessä on suositeltavaa. Vaatteista otettiin valokuvia, joissa ne ovat mahdollisimman litteässä tasossa. Valokuvista näkee kuinka vaate on muodostunut erilaisista osista. Farkkuihin tehtiin neljä osaa: edestä vasemmalta, edestä oikealta, takaa oikealta ja takaa vasemmalta. T-paitaan tehtiin myös neljä osaa: etuosa, takaosa, sekä molemmat hihat. Takki muodostui kahdesta etuosasta, yhdestä takaosasta, molemmista hihoista ja erillisestä kauluksesta.



Kuva 17. Farkkutakin kaavat (Lahti, 2007)

Kaavat suunniteltiin viivamuodoista. Valokuvan asettaminen hahmollin taakse auttoi hahmottamaan kaavojen oikeita mittasuhteita. Sopivat kaavat saatiin aikaiseksi kokeilemalla, kuinka lopullinen vaate istuu ja palaamalla tähän vaiheeseen yhä uudelleen. Kaavoja tehdessä suunniteltiin vaatteiden saumojen paikkoja ja sopivuutta muihin osiin. Saumakohdat täytyi hajottaa yksittäisiksi viivoiksi. Helpointa oli hajottaa koko kappale yksittäisiksi viivoiksi. (Kulagin, Morozov, 2004, 139-140.)

6.3.2 Tekstiilien osat

Kaavoille annettiin seuraavaksi pinta Garment Maker –työkalulla. Pinnan tiheys eli polygonimäärä oli tärkeä ottaa huomioon. Tiheämpi pinta tuottaa paremman lopputuloksen simulaatiossa, mutta hidastaa las-kutoimituksia. Tiheys valittiin sen mukaan kuinka pieniin ryppyihin kappaleen halutaan taittuvan. Farkkukangas on melko jäykkä taipumaan, joten sille voitiin antaa melko pieni tiheys. Puuvillakangas taipuu jyrkemmin, mutta ei juuri näy farkkutakin alta, joten myös sille käytettiin melko pientä tiheyttä.

Tässä vaiheessa osat aseteltiin oikeille paikoilleen hahmon ympärille mahdollisimman lähelle hahmoa. Tarvittaessa osia voi taittaa paremman yhteensopivuuden saavuttamiseksi. Hihoille taittaminen oli välttämätöntä, koska ne olivat yksiosaisia. Kauluksen taittaminen auttoi

hahmottamaan sen paikkaa takissa.

Seams-työkalulla luotiin vaatteen saumat. Saumana voi toimia yksittäinen viiva tai useampia viivoja yhdistettynä, mutta yhtä viivaa ei voinut enää tässä vaiheessa rikkoa useammaksi saumaksi. Sauman pystyi kääntämään ympäri, jos sauma näytti kiertyvän väärin päin. (Kulagin, 2004, 140-141)

6.3.3 Tekstiilien materiaalit

Materiaalit otettiin huomioon ennen simulaatioita, koska vaatteen osat olivat vielä tasomaisia. Garment Maker:in jälkeen kappaleeseen laitettiin Unwrap UVW -työkalu, jolla vaatteen kaavat levitettiin tasoksi tekstuurointia varten. Kaavojen kokoa tai paikkaa pystyi vapaasti muokkaamaan. Kun kaavat olivat miellyttävästi tasossa, renderöitiin mallikuva, jonka avulla tekstuurit saatiin haluttuihin kohtiin vaatteissa. Mallikuva renderöitiin kokoon 1024 pikseliä kertaa 1024 pikseliä. Yleensä käytetään neliökuvia, jotka ovat kahden potensseja, koska pelimootorit ymmärtävät vain tällaisia kuvia (esim. 256*256, 512*512...). Kuvien ei tarvitse olla toisen potenssin kuvia, jos mallia ei käytetä peleissä.

Kuvankäsittelyohjelmaa hyväksikäyttäen mallikuvasta poistettiin kaikki muu paitsi kaavojen ääriviivat. Tekstuurit maalattiin kuvaan erilliselle tasolle. Kaavat pidettiin päällimmäisenä, jotta näimme koko ajan, kuinka sijoitamme vaatteen osat kuvaan. Kaavataso suljettiin lopuksi pois, kun kuva tallennettiin tekstuuriksi.

Valokuvista leikattiin eri osiin parhaiten sopivia kohtia ja liitettiin mallikuvaan kaavoihin sopivaksi. Monipuolisilla kuvankäsittelyohjelmilla, kuten käytössä olleella Photoshopilla, kuvien sovittaminen käy melko kätevästi. Eri valokuvista otettujen osien värit täytyi säätää yhteensopiviksi. Perustekstuuri oli valmis. Se tallennettiin halutussa kuvamuodossa ja asetettiin 3ds Max:issa materiaalin diffuse-kanavaan.



Kuva 18. Farkkutakin diffuse-tekstuuri (Lahti, 2007)

Samaa kuvaa käytettiin kohokuvan lähtökohtana, koska valokuvissa tummat kohdat olivat tekstiilin matalimpia kohtia. Kohokuvaa varten kuva muunnettiin mustavalkoiseksi. Vaalentamalla kohoumakohtia ja tummentamalla matalia kohtia voitiin kohokuvan voimaa tehostaa. Esimerkiksi farkkujen ja farkkutakin taskut vaalennettiin, jolloin ne saatiin kohoamaan muusta pinnasta. Tämä kuva kelpaisi 3ds Maxin bump map -kanavaan, mutta tehokkaamman tehosteen saamme, jos muutamme kuvan normal map yhteensopivaksi. Tähän soveltuu NVIDIA Normal Map Filter. Suodattimella kuva muunnettiin normal mapin ymmärtämään tangenttimuotoon. Kuvan muuntui sinisen sävyiseksi. 3ds Max:issa bump -kohtaan valittiin ensin normal bump, jonka normal -kohtaan etsittiin tehty kuva. Kohoumien voimakkuus säädettiin kohdalleen ja normal mapin tavaksi valittiin tangenti. Specular-kanavaan tehtiin mustavalkoinen kuva, jossa korostettiin tekstiilin kiiltävimpiä kohtia, kuten farkkujen metallisia nappeja ja paidan valkoista painatusta.



Kuva 19. Farkkutakin normal map -tekstuuri (Lahti, 2007)



Kuva 20. Farkkutakin specular-tekstuuri (Lahti, 2007)

6.3.4 Tekstiilien simulaatio

Simulaatioon käytettiin Cloth-työkalua. Ensimmäiseksi halutut kappaleet määriteltiin tekstiiliksi tai törmäyskappaleeksi. Tekstiilikappaleelle määriteltiin ominaisuuksia valmiisiin materiaaleihin perustuen. Farkuille ja farkkutakille annettiin painavan tekstiilin ominaisuudet (generic heavy). Paidalle annettiin puuvillan ominaisuudet. Molemmat materiaalit käyttäytyivät halutulla tavalla ilman muutoksia. (Kulagin, 2004, 141-151.)

Saumat ommeltiin kiinni käyttämällä paikallista simulaatiota. Tällöin kappaleen simulaatio tapahtui ensimmäisessä kuvassa. Jos saumat asettuvat halutulla tavalla, saumat voidaan yhdistää pysyvästi simuloimalla uudelleen ilman use sewing springs –valintaa, kunnes saumat ovat täysin yhdistyneet. Mikäli vaate ei pysy hahmon päällä, vaate voidaan kiinnittää hahmoon verteksimpisteistä. Farkkujen vyökohta kiinnitettiin hahmoon kiinni verteksivalinnoilla, jotta housut eivät tippuisi jalasta. Kun vaatteen haluttu alkuasento saavutettiin, se asetettiin alkuasennoksi. (Kulagin, 2004, 141-151.)

Simulaation järjestys oli tärkeä, koska hahmolla oli useampia vaatteita. Farkuille ainoa törmäyskappale oli hahmo, joten sen simulointi suoritettiin ensimmäiseksi. Paita törmäsi hahmoon ja farkkuihin. Farkkutaikin oli tarkoitus törmätä hahmoon ja paitaan, mutta t-paidan hihat muodostuivat ongelmaksi, joka vääristi takin ulkonäköä. Koska t-paidan hihat eivät näkyisi takin alta, hihat päätettiin poistaa.



Kuva 21. Vaatteet simuloituna alkuasentoon (Lahti, 2007)

Alkuasentoon saadut vaatekappaleet simuloitiin hahmoanimaation mukaiseksi. Tässä animaatiossa on kuusisataa kuvaa, joiden simulointiin meni melko paljon aikaa. Paidan simulointiin meni aikaa noin puoli tuntia ja takin simulointiin noin tunti. Farkkujen simulointiaika jäi näiden kahden väliin.

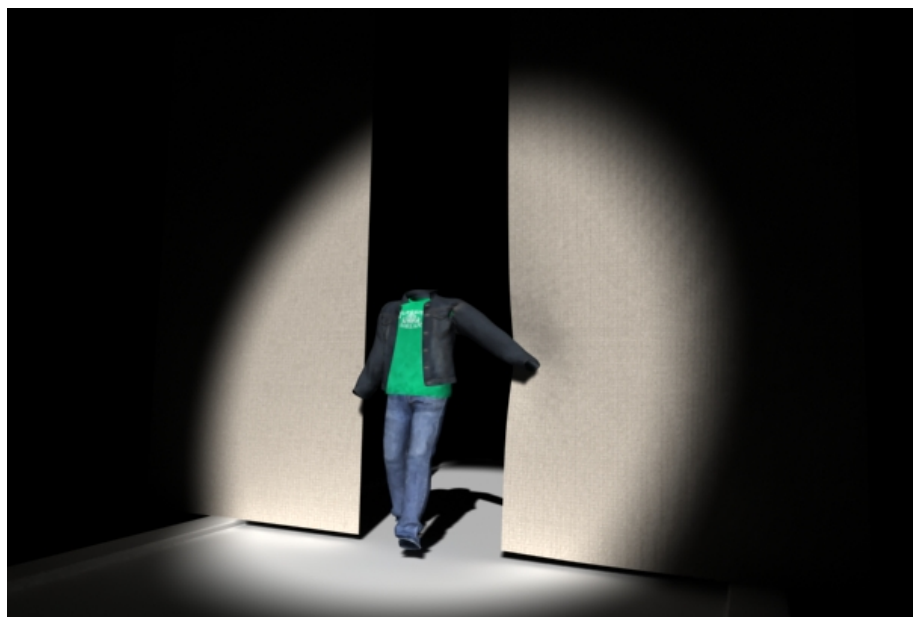
6.4.5. Animaation renderöinti

Renderöintiin käytettiin V-Ray:tä. Animaatiota renderöitäessä nopeus on suuri etu. V-Ray voittaa nopeudessa sekä Scanline- että Mental Ray-renderöintiohjelmat. Animaatiossa käytettiin yhtä valoa. Tarkoituksena oli simuloida hahmoa seuraavan valonheittimen luoma valo-keila. Animaation taustaväri oli musta. Epäsuoralla valaistuksella ympäristöä saatiin esiin hieman valokeilaa pidemmälle.

Animaatioon tehtiin myös verhot, jotka valmistettiin samaan tapaan kuin vaatekappaleet. Lisäksi animaatioon mallinnettiin pieni näyttämö. Hahmo jätettiin renderöinnistä pois, jotta katsoja keskittyy olennaiseen. Olennaista animaatiossa on vaatteiden ulkonäkö ja niiden liikuminen.

6.4 Animaation lopputulos

Animaatiosta tuli varsin onnistunut. Virtuaaliset vaatteet tunnistaa esikuvikseen. Tekstiilit näkyvät joissakin kohdissa toisistaan läpi, mutta jo hieman vanhentuneella pc-koneella laskenta-ajat olisivat karanneet liian pitkiksi, jos simulaatioasetuksia olisi nostanut paremmiksi. Työkälut ovat kehittyneet varsin nopeasti niin hyväksi, että niiden aikaansaannoksia voi parhaassa tapauksessa erehtyä luulemaan oikeiksi, vaikka tässä animaatiossa ei aivan niin pitkälle päästä.



Kuva 22. Pysäytyskuva lopullisesta animaatiosta (Lahti, 2007)

7 YHTEENVETO

Tekstiilien mallinnus ja animaatio ovat nopeasti kehittyneet realistiselle tasolle. Tekstiilianimaatiota on elokuvissa esiintynyt vasta noin kymmenen vuoden ajan, mutta jo nyt animaattorit saavat aikaan täysin videokuvaan verrattavaa animaatiota. Tämän myötä virtuaalisten hahmojen käyttäminen elokuvissa on yleistynyt. Sijaisnäyttelijöitä korvataan virtuaalikaksoisolennoilla, jolloin ihmisten ei tarvitse riskeerata terveyttään elokuvan takia. Virtuaalihahmot vievät työpaikkoja myös näyttelijöiltä. Tehosteiden tekijöille työpaikkoja sen sijaan tulee lisää.

Mallinnus- ja animaatio-ohjelmien tekstiilityökalut ovat jo riittävän hyviä, ettei tuotantoyhtiöiden tarvitse tehdä uusia ohjelmia toteuttaakseen realistista tekstiilianimaatiota. Esimerkiksi Autodesk Maya:n tekstiilityökalua käytetään suurissakin elokuvatuotannoissa sellaisenaan. Autodesk Maya:n asema elokuvateollisuudessa on ylivertainen. Maya:a käytetään sekä animaatioelokuvien että elokuvien tehosteiden tekemiseen lähes poikkeuksetta.

Työkalut, joita työssä esiteltiin, ovat melko hitaita verrattuna esimerkiksi Maya:n vastaaville. 3ds Max:in vahvuudet ovat tuote- ja arkkitehtuurivisualisoinnissa. Näihin tarkoituksiin 3ds Max:in työkalut soveltuvat mainiosti. Mayan vahvuudet taas ovat nimenomaan animaatio-ominaisuuksissa.

LÄHTEET

Babic, Kristopher, Cloth Modeling [Verkkodokumentti]. 1999 [viitattu 12.3.2007]. Saatavissa: <http://davis.wpi.edu/~matt/courses/cloth/>

Hessler, A. Cloth Simulators in 3ds max? [Verkkodokumentti]. 2003 [viitattu 7.3.2007]. Saatavissa: <http://alexhessler.com/projects/cloth-simulators-in-3ds-max%E2%84%A2.htm>

House, Donald H., Breen, David E. 2000. Cloth modelling and animation. USA.

Kulagin, B., Morozov, D. 2004. 3DS Max 6 Animation with Character Studio 4 and Plug-ins. USA.

SimCloth3 plugin for discreet 3dsmax(tm) [Verkkodokumentti], [viitattu 10.3.2007]. Saatavissa: <http://www.spot3d.com/simcloth/>

Wikipedia tietosanakirja [verkkodokumentti], Hakusana: BRDF, 2007 [viitattu 27.2.2007]. Saatavilla: <http://en.wikipedia.org/wiki/BRDF>

Wikipedia tietosanakirja [verkkodokumentti], Hakusana: Bump_map, 2007 [viitattu 1.3.2007]. Saatavilla: http://en.wikipedia.org/wiki/Bump_map

Wikipedia tietosanakirja [verkkodokumentti], Hakusana: kutominen, 2007 [viitattu 12.1.2007]. Saatavilla: <http://fi.wikipedia.org/wiki/Kutominen>

Wikipedia tietosanakirja [verkkodokumentti], Hakusana: Säteilyvoimakkuus, 2007 [viitattu 7.3.2007]. Saatavilla: <http://fi.wikipedia.org/wiki/S%C3%A4teilyvoimakkuus>

Wikipedia tietosanakirja [verkkodokumentti], Hakusana: tekstiili, 2007 [viitattu 8.1.2007]. Saatavilla: <http://fi.wikipedia.org/wiki/Tekstiili>

Kuvalähteet

Kuva 1: House, Donald H., Breen, David E. 2000. Cloth modelling and animation. USA.

Kuva 2: House, D. 2000. Cloth modelling and animation. USA.

Kuva 3: House, D. 2000. Cloth modelling and animation. USA.

Kuva 4: House, D. 2000. Cloth modelling and animation. USA.

Kuva 5: House, D. 2000. Cloth modelling and animation. USA.

Kuva 6: House, D. 2000. Cloth modelling and animation. USA.

Kuva 7: Max Payne 2, 2003, kuvankaappaus pelistä

Kuva 8: House, D. 2000. Cloth modelling and animation. USA.

Kuva 9: House, D. 2000. Cloth modelling and animation. USA.

Kuva 10: House, D. 2000. Cloth modelling and animation. USA.

Kuva 11: House, D. 2000. Cloth modelling and animation. USA.

Kuva 12: House, D. 2000. Cloth modelling and animation. USA.

Kuva 13: House, D. 2000. Cloth modelling and animation. USA.

Kuva 14: Lahti, T. 2007.

Kuva 15: Lahti, T. 2007.

Kuva 16: Lahti, T. 2007.

Kuva 17: Lahti, T. 2007.

Kuva 18: Lahti, T. 2007.

Kuva 19: Lahti, T. 2007.

Kuva 20: Lahti, T. 2007.

Kuva 21: Lahti, T. 2007.

Kuva 22: Lahti, T. 2007.

LIITTEET

1. Liite-cd

Opinnäytetyö pdf-muodossa

Vaatteet hahmoanimaatiossa -videoleike