

Lauri Komulainen

3D-ROBOTTIHAHMON SUUNNITTELU JA ANIMOINTI

Opinnäytetyö
Kajaanin ammattikorkeakoulu
Tradenomikoulutus
Tietojenkäsittely
Syksy 2013



Koulutusala Tradenomikoulutus	Koulutusohjelma Tietojenkäsittely
Tekijä(t) Lauri Komulainen	
Työn nimi 3D-robottihahmon suunnittelu ja animointi	
Vaihtoehtoiset ammattiopinnot	Ohjaaja(t) Raimo Mustonen
	Toimeksiantaja
Aika Syksy 2013	Sivumäärä ja liitteet 44 + 3
<p>Tämän opinnäytetyön tavoite oli oppia ymmärtämään pelihahmosuunnittelun periaatteita ja keinoja. Toisena tavoitteena oli opetella käyttämään Character Animation Toolkit eli CAT-työkaluja. Opinnäytteellä ei ollut erillistä tilaajaa, vaan se tehtiin täysin tekijän oman oppimisen tukemiseksi.</p> <p>Opinnäytetyö käy läpi kolmiulotteisen pelihahmon suunnittelu, mallinnus ja animaatiovaiheet. Työnteoriaosuudessa tutkitaan hahmosuunnittelun historiaa ja merkitystä peleissä. Hahmosuunnittelussa huomattiin olevan monia hahmon uskottavuuden ja toiminnan kannalta tärkeitä yksityiskohtia niin hahmon visuaalisessa suunnittelussa kuin hahmon taustatekijöiden suunnittelussa.</p> <p>Työssä tarkastellaan myös 3D-mallintamisen ja -animaation periaatteita sekä siihen saatavilla olevia työkaluja sekä niiden eroavaisuuksia. Työkaluissa ja ohjelmistoissa on pieniä eroja, sillä osalla ohjelmistoista voidaan tehdä asioita mitä muilla ei. Loppujen lopuksi ohjelmistovalinta riippuu artistin työtottumuksista ja taidoista. Yksi tekijä on myös käytettävissä olevan rahan määrä sillä moni alalla käytetty ohjelmisto on varsin kallis.</p> <p>Robottihahmon 3D-malli luotiin käyttäen Autodesk 3DS Max 14 -ohjelmistoa. Yksi opinnäytteen tarkoituksista oli oppia käyttämään 3DS Max:in sisältämiä CAT-animaatiotyökaluja ja robottihahmo rigattiin ja animoitiin käyttämällä näitä työkaluja. Robottihahmon teksturointi luotiin käyttäen Adobe Photoshop CS2 -ohjelmistoa.</p> <p>Tuloksena voitiin todeta, että hyvän pelihahmon luominen vaatii paljon pohtimista ja suunnitelmallisuutta niin luonnosvaiheessa kuin mallinnettaessakin. CAT-työkalujen huomattiin olevan monin verroin käytännöllisemmät käyttää kuin Biped vaikka vaativatkin hieman enemmän opettelua.</p>	
Kieli	Suomi
Asiasanat	Pelihahmo, 3DS Max, Character Animation Toolkit
Säilytyspaikka	<input type="checkbox"/> Verkkokirjasto Theseus <input type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun kirjasto



School Kajaani University of Applied Sciences	Degree Programme Business Information Technology
Author(s) Lauri Komulainen	
Title The Designing and Animating of a 3D-Robot Character	
Optional Professional Studies	Instructor(s) Raimo Mustonen
	Commissioned by
Date Fall 2013	Total Number of Pages and Appendices 44 + 3
<p>The point of this thesis was to try and understand the basic principles of game-character design. The other goals were to learn how to use the Character Animation Toolkit(CAT)-animation tools found in Autodesk 3DS MAX.The thesis was made to only support the writers own learning and know-how of the subjects at hand.</p> <p>This thesis goes though the design-process of a 3D-game character, including the modelling and animation phases. Designing of a working game-character is a complicated process involving many important details that determine the many background attributes of the character.</p> <p>The thesis observes the principles of 3D-modelling and -animation. This thesis also studies the modelling and animation tools and software available in the market, including some free-to-use programs. The available 3D-modelling and -animation programs have small functional differences compared to each other, but in the end the used software depends on the artist and his/her working habits. The available money also determines the usable software as the high-end professional software-packages can be very expensive for a freelance artist.</p> <p>The robot character was modelled using Autpdesk 3DS Max 14 -software and rigged and animated with the CAT-tools found within the software. Texturing of the robot character was made using Adobe Photoshop CS2 software.</p> <p>At the end of the thesis it can be said that character designing of a good game character is a thought-requiring process that requires hard-planning throughout the entire process from the drawing-table into the final version in the game. For their versatility, the CAT-tools were found to be a very powerful tool to know for any artist interested in 3D-character animation. It could be suggested that the UAS includes this in their learning curriculum for game-artists.</p>	
Language of Thesis	Finnish
Keywords	Autodesk 3DS Max, Game-character, Character Animation Toolkit.
Deposited at	<input type="checkbox"/> Electronic library Theseus <input type="checkbox"/> Library of Kajaani University of Applied Sciences

ALKUSANAT

Kiitokset perheenjäsenille, sukulaisille ja tuttaville jotka auttoivat minua jaksamaan työn loppuun saakka.

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	2
2 HAHMOSUUNNITTELU	3
2.1 Yleistä hahmosuunnittelusta	3
2.2 Hahmosuunnittelu peleissä	4
2.3 3D-hahmossa huomioitavaa	4
2.4 Pelihahmon luomisprosessi	5
3 ANIMAATIO	9
3.1 Piirrosanimaatio	9
3.2 3D-animaatio	10
3.3 3D-animaation työvaiheet	10
4 3D-MALLINNUS JA OHJELMISTOT	12
4.1 Ohjelmistot ja niiden ominaisuudet sekä eroavaisuudet	12
4.2 Ilmaiset ohjelmistot	13
5 CAT-TYÖKALUT	15
5.1 Työkalujen historia	15
5.2 Ominaisuudet ja käyttö	15
5.3 CAT ja Character Studio	18
6 3D-ROBOTTIHAHMON SUUNNITTELUPROSESSI	19
6.1 Hahmon tarina	19
6.2 Siluettisuunnittelu	20
6.3 Hahmoluonnos	22
7 ROBOTTIHAHMON MALLINNUS	24
8 ROBOTTIHAHMON ANIMOINTI	26
8.1 Hahmon valmistelu animointia varten	26
8.2 Hahmon varsinainen animointi	30
8.3 Hahmon animointi aseiden kanssa	33
8.4 Animaatioiden testaus Unity3D-pelimoottorissa	34

9 TEKSTUROINTI	36
9.1 Diffuse-kartan luominen	38
9.2 Bumpmap -kartan luominen	39
10 POHDINTA	40
LÄHTEET	42
LIITTEET	

SYMBOLILUETTELO

Verteksi	Engl. Vertex. Kolmiulotteisessa avaruudessa sijaitseva data- tai kulmapiste joka toimii reunaviivojen risteysenä ja yhtenä monikulmaisen polygonin kulumista. 3D-mallien pienin yksittäinen komponentti. Ilman verteksejä, ei mallissa voisi olla reunaviivoja, eikä siten myöskään tasoa tai polygoneja.
Reunaviiva	Engl. Edge. Reunaviiva muodostuu yleensä kahden verteksin välille. Tasolla on vähintään kolme reunaviivaa. Kaksi vierekkäin olevaa tasoa muodostavat reunaviivan, kun taas reunaviiva johon ei liity toista tasoa, kutsutaan avoimeksi reunaksi.
Taso	Engl. Face. Taso on verteksin ja reunaviivojen välille syntyvä pinta, joka yhdistää nämä komponentit toisiinsa. Yleisimmin tasot muodostetaan kolmen tai neljän verteksin ja reunaviivan välille, mutta teoriassa sama taso voi yhdistää kymmeniä verteksejä ja reunaviivoja. Mitä useamman verteksin taso yhdistää, sitä useampaan kolmioon ohjelmiston jakaa.
Polygoni	Engl. Polygon. Tunnetaan myös monikulmiona. Tietokonegrafiikassa polygonit ovat useimmiten kolmiomaisia, jokainen kulma yhdistyy verteksiin. 3DS Max -ohjelmistossa nämä tunnetaan myös nimellä triangle tai lyhennettynä tri.

CAD

Johdetaan sanasta Computer-Assisted Design, eli tietokoneavusteinen suunnittelu. Käytetään työstettävien, valettavien tai muiden teollisuudessa tarvittavien kappaleiden suunnitteluun ja testaukseen. Yleisesti käytetään esimerkiksi koneistuksessa ja arkkitehtuurillisissa töissä.

Rig

3D-hahmoanimaatiossa sana rig tarkoittaa hahmolle luotua luurankoa tai muunlaista runkoa ja ohjaimia joiden avulla hahmo saadaan liikumaan halutulla tavalla. yksi hahmo voi sisältää monta erillistä rigiä, kuten esimerkiksi kasvojen animointiin tarkoitettu facial-rig.

Forward Kinematics/FK

Tietokoneanimaatiossa käytetty tekniikka, jossa raajan ääripäiden asemoiminen lasketaan koko raajan nivelten kulmilla. Esimerkiksi hahmon peukalon asema laskettaisiin olkapään, kyynärpään, ranteen ja rystysten nivelien kulmista.

Inverse Kinematics/IK

Animoinnissa käytetty tekniikka, jossa hahmo animoidaan liikuttamalla raajojen ääripäitä. Esimerkiksi käden liikuttaminen tapahtuisi liikuttamalla kämmentä. Raajoihin muodostetaan eräänlainen IK ketju, joka kulkee koko raajan mitalla kaikkien nivelien kautta.

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tutustua kolmiulotteisen robottihahmon koko tuotantoprosessi ideasta suunnittelun kautta mallintamiseen, animointiin ja viimein pelimoottoriin asti. Animoinnissa käytettiin aiemmin vähemmälle huomiolle jääneitä Character Animation Toolkit, eli CAT-työkaluja. Näihin työkaluihin tutustuminen on yksi opinnäytteen pää tavoitteista.

Hahmosuunnittelussa sovellettiin alan ammattilaisten käyttämiä keinoja hyvän hahmon suunnittelemiseksi. Tällaisia keinoja ovat muun muassa suunniteltavan hahmon persoonallisuuden, historian ja tehtävän suunnittelu. Kaikki nämä osa-alueet ovat tärkeitä ja tarpeellisia toimivan ja uskottavan hahmon luomiseksi.

Työssä tarkastellaan hahmosuunnittelun periaatteita. Hahmosuunnittelun voidaan katsoa alkaneen jo ensimmäisten antiikin näytelmien aikaan, jolloin fiktiivisten roolihahmojen kirjoittaminen aloitettiin. Peleissä tämä tarkoittaa yleensä mitä tahansa pelaajan tai tietokoneen kontrolloimaa entiteettiä jolla on joku pelin kannalta tärkeä tehtävä. Kolmiulotteisten hahmojen suunnittelussa on tärkeää suunnitella hahmon käytettävyys muiden hahmojen kanssa ja toimivuus kolmiulotteisessa pelimaailmassa.

Työn käytännönoisuudessa tapahtuvassa hahmosuunnittelussa käytetään alalla yleistä siluetti-pohjaista suunnittelua luomaan helposti tunnistettava hahmo. Hyväksi todetun siluetin pohjalta luotiin värillinen ja yksityiskohtaisempi luonnos, jota käytettiin apuna robottihahmon 3D-mallin luomisessa.

Työssä kartoitettiin erilaisia markkinoilla olevia 3D-mallinnus- ja -animaatio-ohjelmistoja sekä vertailtiin niiden ominaisuuksia. Mukana oli myös ilmaisohjelmistoja. Itse mallinnus ja animaatiotyö tehtiin kuitenkin tutulla Autodesk 3DS Max ohjelmiston 14-versiolla.

Robottihahmo saatiin pienin takaiskuin mallinnettua ja animoitua onnistuneesti. CAT-työkalut paljastuivat monipuolisuutensa vuoksi myös monimutkaisiksi käyttää Character Studioon ja Biped:iin tottuneelle. Käytännön työn jälkeen jäi ylimääräistä aikaa sen verran, että hahmo päätettiin myös teksturoida diffuse-, specular- ja bump-tekstuurikartoin.

2 HAHMOSUUNNITTELU

Hahmosuunnittelu käsittää yleisesti minkä tahansa fiktiivisen hahmon suunnittelua. Suunnittelu kattaa kaiken toimivan hahmon tarvitsemat ominaisuudet ja sen yksityiskohdat. Hahmosuunnittelu on käsitteenä hyvin vanha, yltäen antiikin historiallisiin näytelmiin ja muihin kaunokirjallisuuden tuotoksiin saakka, ellei jopa kauemmaksikin. (Robbins. 2009.)

Nykyaikana hahmosuunnitelmia ei tehdä pelkästään näytelmiin, elokuviin ja kirjoihin, vaan myös video- ja tietokonepeleihin. Pelien hahmosuunnittelun voidaan katsoa alkaneen jo Pong-nimisestä konsolipelistä. Pelihahmojen ominaisuudet ovat kehittyneet vuosien varrella yksinkertaisesta edestakaisesta liikkeestä monimutkaisempaan liikehdintään kuten kiipeilyyn, hyppimiseen ja työkalujen käyttöön. Tämä kehitys jatkuu samalla, kun pelien kehitys monipuolistuu. (Robbins. 2009.)

2.1 Yleistä hahmosuunnittelusta

Hahmosuunnitteluprosessissa on monia huomioitavia asioita ja hahmon ominaisuuksia, jotka vaikuttavat hahmon toimintaan, ulkonäköön ja luonteenpiirteisiin. Jokainen hahmon ominaisuus voi kertoa oman tarinansa hahmon historiasta ja muista taustatekijöistä. (Robbins, 2009.)

Hahmon visuaalinen ilme välittää paljon tietoa hahmon olemuksesta ja oletetuista luonteenpiirteistä. Monesti lasten piirretyissä tv-sarjoissa sankarin virkaa hoitaa salskea nuori mies tai kaunis nainen, kun taas tarinan ilkimys on ulkonäöltään huomattavasti rujompi. Nämä visuaaliset ratkaisut saavat katsojassa aikaan erilaisia tunnetiloja, jopa samaistumista tarinan hahmoon. Samaistumisen aikaansaamisella voidaan mitata suunnitellun hahmon onnistuneisuutta. (Robbins. 2009.)

Hahmosuunnittelun pohjana toimii hahmon taustana toimiva kertomus. Hahmon visuaalisen tyylin on hyvä tukea tätä kertomusta. Sama toimii myös toisinpäin. Taustakertomuksessa olevat asiat kuten taudit, vammat, henkiset traumat, kaikki vaikuttavat hahmoon ja sen olemukseen, ulkomuotoon ja käyttäytymiseen. Taustatarina antaa hahmolle myös motiivin sille, mitä hahmo tekee tarinassa. (Petroc, Lanning & Baysal. 2007. 142.)

Mikäli hahmon halutaan olevan uskottava ja realistinen, on suunnittelijan opittava tuntemaan hahmonsä. Tämä toimii keksimällä ja esittämällä kysymyksiä hahmosta vaikkapa luonnokseen pohjaten. Kysymyksiä voivat olla esimerkiksi hahmon asuinpaikkaan, menneisyyteen tai jopa vaatetuksen yksityiskohtiin, kuten saappaisiin, kohdistetut kysymykset. Näin toimimalla voidaan varmistaa, että hahmo on uskottava eikä vaikuta liian epärealistiselta. (Gahan 2011, 332 - 333.)

2.2 Hahmosuunnittelu peleissä

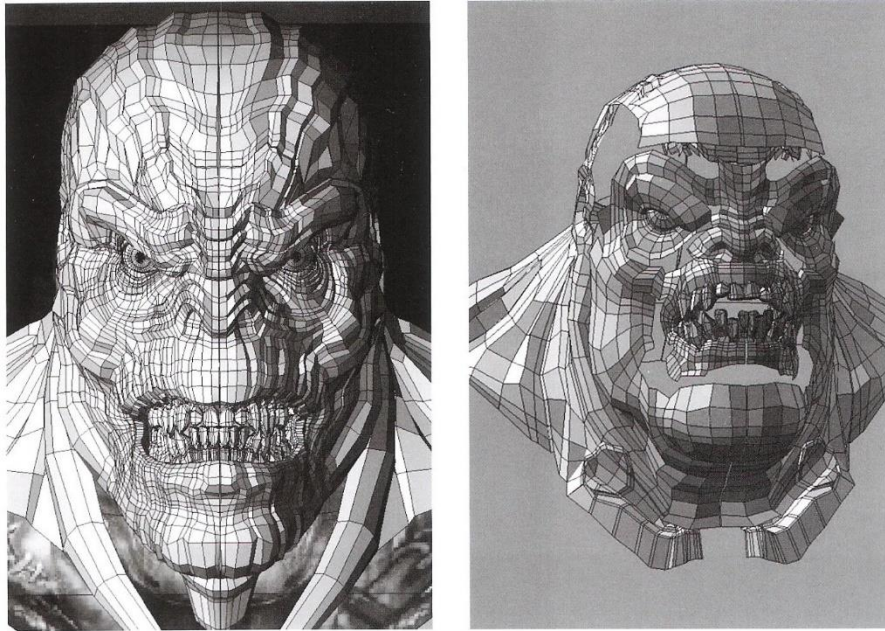
Pelien hahmosuunnittelu ei paljoakaan poikkea esimerkiksi piirroshahmon suunnittelusta. Kuten piirretyissä, ensin hahmo on ideoitava loppuun saakka. Hyvin ideoitu hahmo on jo puoliksi suunniteltu. Normaalisti, kun hahmon idea on saatu valittua, alkaa hahmon luonnostelu. Luonnosvaihe hahmosuunnittelussa yleensä näyttää, onko hahmo todella toimiva. (Gahan 2011, 330 - 331.)

Useimmissa pelistudioissa hahmosuunnitelmien luonnosteluun on aivan oma taiteilijansa, joka on erikoistunut juuri tähän työkuvaan. Ajan säästämiseksi pelialalla pyritään luomaan samasta hahmosta monta nopeaa, löyhää ja mahdollisimman erilaista luonnosta kunnes hahmotaiteilija on tyytyväinen lopputulokseen ja hahmon haluttu ulkonäkö on saavutettu. Loppupeleissä pelin, tai yrityksen art-director eli taiteellinen ohjaaja, hyväksyy luonnoksen jatkotuotantoa varten. (Gahan 2011, 330 - 331.)

2.3 3D-hahmossa huomioitavaa

Ennen hahmon 3D-mallin työstämistä, on hahmosuunnitelman oltava valmis. Koska pelihahmon valmiiksi asti tekeminen vie useita viikkoja, ei keskeneräisen hahmoluonnoksen pohjalta mallintamisessa ole mitään järkeä. Tämä johtuu siitä, että muutosten ja erilaisten vaihtoehtoisten yksityiskohtien kokeileminen on huomattavasti nopeampaa paperilla kuin 3D-mallissa. (Gahan 2011, 330 - 331.)

3D-pelihahmon mallintamisvaihetta voidaan nopeuttaa suunnittelemalla hahmo siten, että se käyttää samoja kehonosia muiden hahmojen kanssa. Näin voidaan säästää paljon aikaa muutenkin pitkästä mallinnusprosessista käyttämällä jo luotuja hahmoja ja niiden osia uudelleen uusien hahmojen perustana. (Petroc, Lanning & Baysal 2007, 22 - 25.) Kuviossa 1 nähdään, miten artisti Kevin Lanning käyttää tätä Kit-Bashing -tekniikkaa uuden hahmon pään suunnitteluun entisen pohjalta.



Kuvio 1. Jo olemassa olevan hahmomallin pään 3D-malli paloitellaan uudelleenkäytettäväksi uuden hahmon pään mallintamiseksi. (Petroc, Lanning & Baysal 2007, 24.)

2.4 Pelihahmon luomisprosessi

Kuten aikaisemmin kerrottiin, uuden pelihahmon luominen alkaa ideasta, roolista, jonka tämän hahmon halutaan täyttävän. Tämän idean pohjalta aletaan luonnostelemaan hahmoa. Luonnosteluvaiheeseen on olemassa kymmeniä erilaisia lähestymistapoja ja usein nämä vaihtelevat taiteilijoittain. Yhä suosituimpi tapa lähestyä hahmon ulkonäön luonnostelua on pyrkiä luomaan hahmolle mahdollisimman helposti tunnistettava siluetti. (Mithcell, Franke & Eng. 2007.)

Hyvänä esimerkkinä tällaisesta siluettisuunnittelusta on pelitalo Valve:n tuottama peli Team Fortress 2 ja sen yhdeksän hahmoluokkaa joilla jokaisella on oma, uniikki siluettinsa. Kuviossa 2 nähtävien hahmojen siluetti muodostuu hahmojen vaatetuksesta, kuten kengistä ja hatuista sekä heidän kantamistaan aseista. Nämä hahmot ovat pelin hektiseen tyyliin ja pelattavuuteen vedoten pyritty pitämään mahdollisimman erilaisina ja siluettien avulla luotu siten, että pelaaja voi yhdellä vilkaisulla tunnistaa hahmon ja sen edustaman osapuolen. (Mithcell, Franke & Eng, 2007.)



Kuvio 2. Team Fortress 2 hahmoluokat ja niiden siluetit. (Deugan. 2012.)

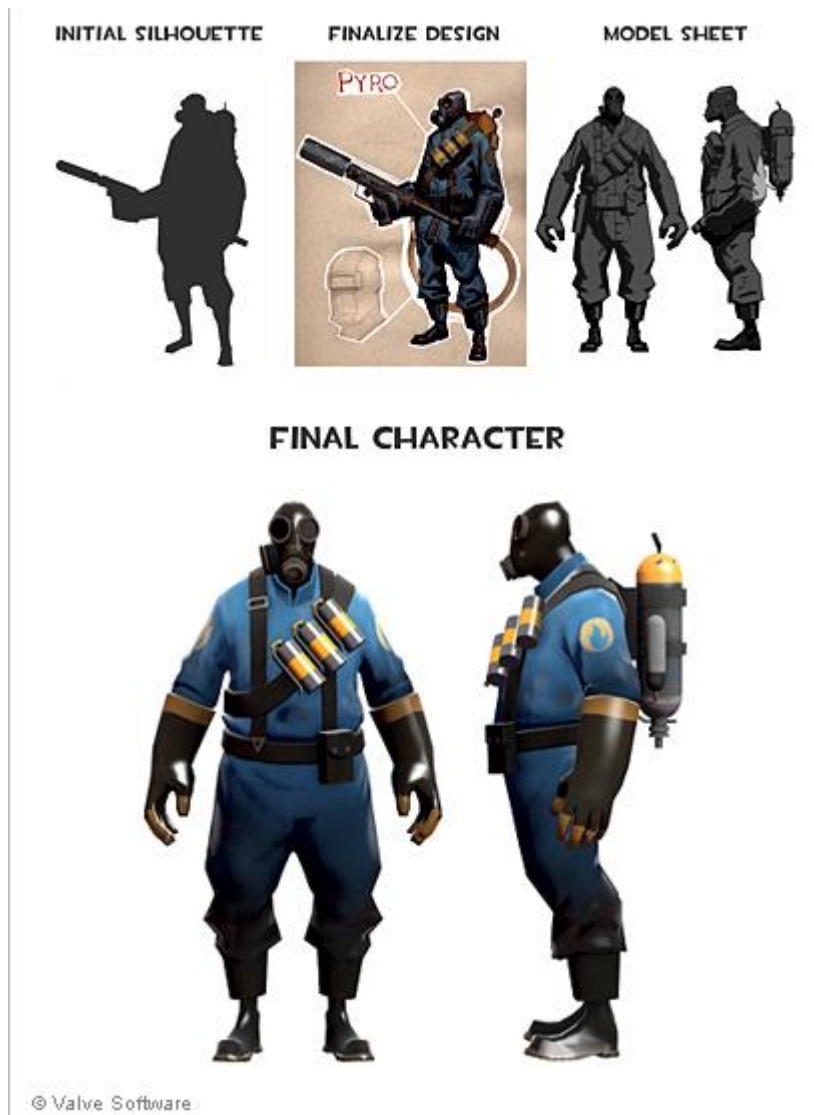
Kuvion 2 hahmot ovat hyvin erilaisia ja erimuotoisia jo malliltaan, mutta siluettien huomiointi korostaa tätä erilaisuutta niin, että vaikka pelissä hahmoista näkyisi vain ääriviivat, voisi pelaaja helposti tunnistaa kyseessä olevan hahmoluokan. (Deugan. 2012.)

Kun siluetin iteroinnilla on saavutettu tavoitteena olleet hahmon piirteet, voidaan alkaa kehittämään hahmon varsinaista luonnosta. Tässä luonnosvaiheessa määritellään hahmon ulkonäön yksityiskohdat, kuten kasvonpiirteet, ihon väri ja siluettiin vaikuttamattomat vaateuksen yksityiskohdat. Joskus on kumminkin hyvä mennä takaisin siluetin ääreen tekemään tarvittavia muutoksia, jotta jokin haluttu yksityiskohta voitaisiin lisätä siihen ja testata sen toimivuutta. Kuviossa 3 taiteilija Mike Yamada on ottanut yhden parhaaksi valitsemistaan silueteista ja alkanut työstämään tähän lisää yksityiskohtia ja näin kehittää hahmon ulkoista olemusta. (Khang, Yamada, Yoon & Robertson. 2011.)



Kuvio 3. Vasemmalla pienempänä näkyvästä siluetista on luotu kaksi tai useampia erilaisia, yksityiskohtaisempia hahmotelmia. (Khang, Yamada, Yoon & Robertson. 2011. 28.)

Koko hahmosuunnittelun kaari on siis seuraava; ensin luodaan siluetti, sitten viimeistellään hahmoluonnos siluetin pohjalta. Kun hahmoluonnos on valmis ja hyväksytty, luodaan hahmosta luonnoksen pohjalta kuva, jossa näkyy hahmo edestä, takaa ja sivusta. Tätä niin sanottua mallikarttaa käytetään apuna hahmon 3D-mallintamisessa, jolloin hahmosta saadaan tehtyä juuri sellainen kun on suunniteltukin. Kuviossa 4 havainnollistuu tämä edeltä mainittu prosessi ja hahmona toimii Team Fortress 2 -pelin Pyro-hahmoluokka. (Hellard. 2007.)



Kuvio 4. Tämä hahmosuunnittelutapa on toiminut hyvin Team Fortress 2 -pelissä luomaan sille sen tunnettu ja muistettava taiteellinen tyyli. (Hellard. 2007.)

3 ANIMAATIO

Kautta historian, animaatiot ovat koostuneet useista peräkkäin toistuvista kuvista. Jokainen toistettava kuva esittää pientä asennon muutosta ja nopeaan tahtiin peräkkäin näytettynä nämä luovat illuusion liikkeestä. Filmitteollisuudessa, tämä tarkoittaa usean peräkkäisen kuvan ottamista näyttelijän liikkeistä tähän soveltuvalla kameralla. Animaatioita käytetään siis luomaan elämän tai sen illuusion, objekteille, ihmisille tai eläimille nauhoittaen ne filmille ja toistaen siten, että uskottava illuusio saadaan aikaiseksi. (Miller. 2003.)

3.1 Piirrosanimaatio

Piirroshahmojen animointi on vähän toisenlainen prosessi kuin elävien ihmisten filmaaminen. Kun ihmisen tai eläimen elkeet voidaan vain kuvata filmille tai muulle tallennusmedialle, ei niiden työstämiseen tarvita juurikaan näyttelijäntaitoja ja kamerankäsittelykykyä enempää. Piirroshahmoissa jokainen hahmon liikettä kuvaava kuvasarja on piirrettävä, tai muuten luotava lähes täysin tyhjästä. (Lipitz. 2010.)

Perinteisin keinoin tuotetussa piirroselokuvassa hahmojen animointiin käytetään usein frame-by-frame -tekniikkaa, eli kuva-kuvalta -tekniikkaa jossa animaatio koostuu keyframeista ja tweeneista. Keyframe tarkoittaa hahmon tai muun objektin lähtö- ja pääteasentoa sekä yleisiä suuria muutoksia asennossa tai muodossa eli ääripäitä. Esimerkiksi tällainen voi olla ympyrän liikkuminen ruudulla vasemmalta oikealle. Ensimmäinen keyframe esittää ympyrän lähtöpistettä ja toinen keyframe taas päätepistettä. Tween, johdetaan sanasta inbetween. Tarkoittaa näiden kahden keyframen välillä tapahtuvaa muutosta ja sen eri asteiden esittämistä. (Blair. 1989. 5.)

3.2 3D-animaatio

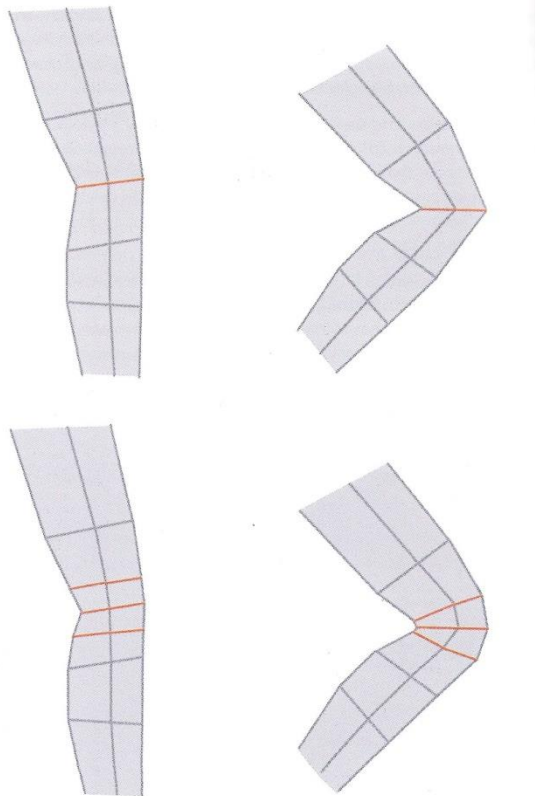
3D-animaation luominen tapahtuu lähes samalla tavalla kuin aikaisemmin kuvailtu frame-by-frame animaatio. Keyframejen luominen tapahtuu käytössä olevan 3D-ohjelman avulla ja ohjelma itse interpoloi, eli laskee keyframejen välillä tapahtuvat muutokset kuten asennonvaihdokset sekä koon ja ulkomuodon muutokset. 3D-ohjelmistojen sisältämissä animaatio-työkaluissa on mahdollisuus säätää myös animaation ajoituksia ja nopeuksia halutulla tavalla. Tietokoneanimaatio eroaa perinteistä animaatiosta myös siten, että animaattori voi palata animaatioissa taaksepäin korjatakseen animaation alkupään virheitä. (Lipitz. 2010.)

Nykyään, tietokoneella tehtävät animaatiot ovat yleistyneet niiden helppouden ja mukautuvuuden vuoksi. Tietokoneanimaatioita käytetään myös tehostamaan filmattua animaatiota ja luomaan siihen näyttäviä erikoistehosteita. Tietokoneavusteinen animaatio on myös usein halvempaa kuin täysin käsin piirretty animaatio, sillä moni piirrostyön vaihe kuten värit voidaan toteuttaa tietokoneella eikä erillistä värittäjää tarvita. (Lipitz. 2010.)

3.3 3D-animaation työvaiheet

Hahmon, tai muun animoitavan objektin animoitavuus on otettava huomioon jo objektin mallintamisvaiheessa. Mikäli animoitava asia on orgaaninen, kuten ihminen, on otettava mallintamisessa huomioon paikat, joissa tapahtuu muodon muuttumista hahmon liikkuessa. Tällaisia alueita ovat kaikki nivelten seudut sekä selkä- ja kaularankojen alueet. (Gahan. 2011. 421 - 422.)

Nämä alueet on huomioitava hahmon 3D-mallissa niin että näille alueille luodaan tarpeeksi monta edge-looppia, eli reunaviivoja jotka kiertävät koko mallin ympäri renkaana. Pyrkimyksenä on siis saada aikaan ihmiskehelle luontaisen näköistä taipumista ja kiertymistä ilman epäluonnollisen näköisiä teräviä kulmia kuten kuviossa 5 on havainnollistettu. Helpoin tapa kohdata nämä yksityiskohdat on hahmon skinnaamisvaiheessa jossa hahmoon asetetaan sille luotu luuranko. (Gahan. 2011. 241 - 422.)



Kuvio 5. Kynärpään tai vaikka polven luonnollisennäköisen taipumisen saa aikaan niinkin yksinkertaisesti kuin luomalla kolme edge-looppia nivelen kohdalle. (Gahan. 2011. 422.)

Skinnaamisessa hahmoa varten tehty, liikkeen mahdollistava luuranko kiinnitetään hahmon 3D-malliin. Kiinnittäminen tapahtuu asettamalla hahmon luiden ja 3D-mallin verteksien välille eräänlainen painotus, jonka mukaan verteksit seuraavat luun liikkeitä. Verteksipainot ovat numeerisia arvoja välillä 0.0-1.0 jossa 1.0 on niin sanottu kiinteä paino, jolloin tällä arvolla painotettu verteksi seuraa luun liikkeitä täysin. Yksi verteksi voi olla kiinni useassa luussa, jolloin painoarvoilla voidaan määrittää eri luiden vaikutus tähän verteksiin. (Murdock. 2012. 677 - 680.)

4 3D-MALLINNUS JA OHJELMISTOT

3D-mallintamisella käsitetään prosessia, jossa usein 3D-mallintajaksi tituleerattu artisti luo kolmiulotteisen mallin esimerkiksi henkilöstä, tai muusta objektista. Objekti voi olla joko elävä kuten kissa tai liikkumaton kuten kivi. Mallinnettavasta kohteesta riippumatta kaikki kolmiulotteiset objektit koostuvat samoista komponenteista, eli kolmiulotteisessa avaruudessa olevista pisteistä joita yhdistävät reunaviivat ja viivojen välille piirtyvät tasot. Nämä pisteet tunnetaan paremmin vertekseinä, tai kulmapisteinä. (Wisegeek.com, 2013.)

Mallinnusprosessia voidaan lähestyä usealta eri suunnalta ja erilaisin työtavoin sekä mallinnusmetodein. Yleisin mallinnusmetodi on niin sanottu polygonimallinnus, jossa kulmapisteitä, eli verteksejä, yhdistetään toisiinsa viivoin. Viivojen välille voidaan haluttaessa piirtää taso, jolle voidaan asettaa tekstuuri. Polygonimallit ovat helposti muokattavissa ja nopeita työstää, mutta niillä ei voi saada aikaan tarkkoja kaarevia muotoja sillä reunaviivojen ja tasojen on oltava aina suorina, eikä niissä voi olla kaarevuutta. (Wisegeek.com, 2013.)

3D-mallintaminen tapahtuu käyttäen tätä tarkoitusta varten luotua ohjelmistoa kuten Autodesk -yhtiön tuottamat Maya ja 3DS Max ohjelmistot. Useimmat mallinnusohjelmistot ovat kaupallisia ja hinnaltaan usein liian kalliita yksityiskäyttöön. Markkinoilla on kumminkin ilmaisia, vapaan lähdekoodin ohjelmistoja kuten Blender. On olemassa myös insinööri- ja suunnittelutarkoitukseen luotuja mallinnusohjelmia eli niin sanottuja tietokoneavusteisia suunnitteluohjelmia. Nämä ohjelmat tunnetaan yleisimmin nimellä CAD-ohjelmat. (Wisegeek.com, 2013.)

4.1 Ohjelmistot ja niiden ominaisuudet sekä eroavaisuudet

Vaikka 3D-mallinnusohjelmistot ovat toimintaperiaatteiltaan samanlaisia, löytyy niistä kumminkin käytännön eroavaisuuksia. Tällaisia eroja ovat käyttöliittymän eroavaisuudet ja käytettävissä olevat ominaisuudet. Viime kädessä käytettävän ohjelmiston valinta on taiteilijalla itsellään, sillä ei ole olemassa yhtä oikeaa ohjelmistoa. Taiteilija itse määrittää haluamansa ohjelmiston pohjautuen hänen olemassa olevaan tietämykseen ja alan tuntemukseen. Mikäli taiteilija on uusi 3D-mallintamisen alalla, on hänen hyvä valita jokin helposti lähestyttävä ja ilmainen ohjelmisto. (Lambert, 2011.)

Autodesk on yksi suuri 3D-mallinnusohjelmien tuottaja jonka tuotteet ovat laajasti käytettyjä ja tunnettuja. Yksi tällainen ohjelmisto on 3DS Max joka on ehkä alan tunnetuin mallintamiseen, animointiin ja teksturointiin käytetty ohjelma. Tämä ohjelma sisältää melkein kaikki tarvittavat toiminnallisuudet ja taitava käyttäjä voi myös luoda omia työkalujaan käyttäen ohjelman sisältämää ohjelmointikieltä, MAXScript:iä. 3DS Maxiin on saatavilla myös laaja valikoima lisäosia, joilla käyttäjä voi laajentaa ohjelman ominaisuuksia. (Lambert, 2011.)

3DS Maxin sisarohjelma Maya on hintaansa myöten lähes samankaltainen kuin 3DS Max. Eroavaisuutena voidaan mainita täysin erilainen käyttöliittymä ja laajemmat animointityökalut. Mayaa käytetäänkin enemmän animointiin kuin mallintamiseen. Jotkut artistit ja alan yritykset ovat mukauttaneet työprosessinsa niin, että varsinainen mallintaminen tapahtuu 3DS Max:ssa ja animointiin liittyvät toimenpiteet Mayan puolella. (Lambert, 2011.)

DAZ 3D -yrityksen tuottama Hexagon eroaa kahdesta edellisestä ohjelmasta siinä määrin, että se on täysin mallintamiseen erikoistunut ohjelma. Hexagon tarjoaa kaikki mallintamiseen tarvittavat ominaisuudet ja työkalut sekä sisältää myös UV kartoitukseen ja perustason teksturointiin tarvittavat toiminnot. Ohjelma ei kuitenkaan sisällä minkäänlaisia animointi- tai renderöintiominaisuuksia. (Lambert, 2011.)

4.2 Ilmaiset ohjelmistot

Maksullisten ohjelmien lisäksi markkinoilla on myös ilmaisia mallinnusohjelmia. Nämä ovat yleensä suosittuja aloittelevien 3D-artistien tai harrastelijoiden suosiossa, sillä ne eivät vaadi kaupallista panostamista muuten kuin tarpeeksi tehokkaan tietokoneen. (Lambert, 2011.)

Ehkäpä tunnetuin ja laajimmin käytössä oleva ilmaisohjelma on Blender. Tämä vapaan lähdekoodin ohjelma on luotu ilmaiseksi vastineeksi Autodeskin ja muiden suurten ohjelmistovalmistajien ohjelmille. Blender sisältää samat ominaisuudet kuin esimerkiksi 3DS Max. Ohjelmassa on myös mukana oma sisäänrakennettu pelimoottorinsa. Blender ei ole vielä minikään suuren studion käytössä, ja täten sillä on edelleen maine harrastajaohjelmana joka on hyvä valinta aloittelevalle taiteilijalle joka ei halua sijoittaa rahaa 3D-ohjemaansa. (Lambert, 2011.)

Hakukonejätti Google on myös julkaissut oman 3D-mallinnusohjelmansa, Google Scetchupin. Sketchup on äärimmäisen helppokäyttöinen ja perusversioltaan ilmainen mallinnusohjelma. Ohjelman ilmaisversio sisältää kaikki 3D-mallintamiseen tarvittavat työkalut ja ominaisuudet. Ilmaisversiosta kumminkin puuttuvat kaikki vientiominaisuudet, tarkoittaen ettei käyttäjä voi viedä tekemiään 3D-malleja toiseen ohjelmaan tallentamalla ne universaaliin tiedostomuotoon. Tämä ominaisuus kumminkin löytyy ohjelman maksullisesta versiosta. Sketchup on tarkoitettu pääasiassa arkkitehtuurillisten mallien luomiseen, joten sillä on hankala luoda orgaanisia malleja ja -muotoja. (Lambert, 2011.)

5 CAT-TYÖKALUT

CAT-työkalut, tarkemmin nimettynä Character Animation Toolkit, on 3DS Maxin lisänä toimiva hahmoanimaatiojärjestelmä jolla voidaan animoida minkälaisia hahmoja tahansa. CAT on ollut osana 3DS Maxia vuoden 2011 versiosta alkaen. Tätä työkalua on käytetty jo ennen sen sisällyttämistä 3DS Maxiin monissa peleissä ja sen käyttäjäkunta laajenee päivä päivältä. Peleissä CAT:ia on käytetty hahmojen animointiin esimerkiksi seikkailupeli Hellgate: London:ssa, Neverwinter Nights 2 -roolipelissä ja toiseen maailmansotaan sijoittuvassa Company of Heroes -strategiapelissä.

5.1 Työkalujen historia

CAT-työkalut kehitti amerikkalainen Philip Taylor insinööriurallaan vuonna 2009. CAT olikin heidän yrityksensä Character Animation Technologiesin ensimmäinen kaupallinen tuote ja sitä markkinoitiin silloisen 3DS Maxin kaupallisena lisäosana. (Taylor. 2013.)

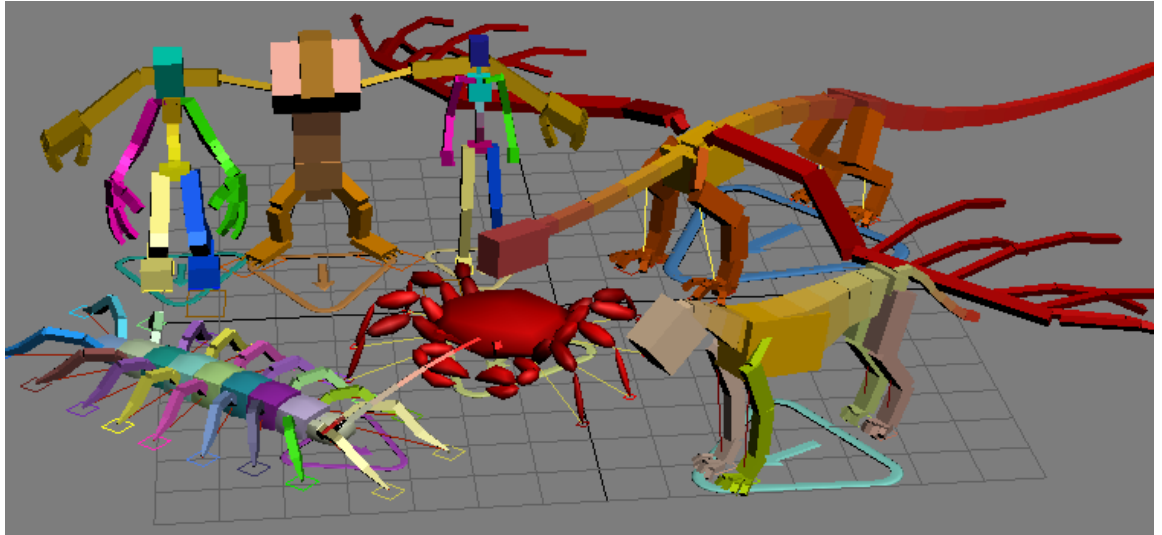
Vuonna 2006 AVID-niminen ohjelmistovalmistaja osti oikeudet Taylorin yritykseen ja sai näinollen oikeudet myös CAT:iin. AVID lisäsi työkalut osaksi heidän omaa 3D-mallinnusohjelmistoaan Softimage 3D:tä. (Taylor. 2013.) Näihin aikoihin CAT oli maksullinen lisäosa jonka hinta oli suhteellisen korkea, \$995. (Ball. 2008.)

Ajan kuluessa Autodesk osti AVID:in ja sen mukana myös tämän ohjelmiston ja CAT:in. Eikä kulunut kauaakaan ennen kuin Autodesk sisällytti CAT:in 3Ds Maxiin jo olemassa olevan Character Studio -animaatiojärjestelmän rinnalle. (Taylor. 2013.)

5.2 Ominaisuudet ja käyttö

CAT-työkalut sisältävät monia hahmon animointia ja riggaamista helpottavia ominaisuuksia. Hahmon luuranko voidaan luoda nopeasti ilman minkäänlaista ohjelmointi ja skriptustietämystä joka mahdollistaa sen, että käyttäjä voi luoda minkälaisen hahmon ja luurangon tahansa. (3DS Max Help a. 2013.)

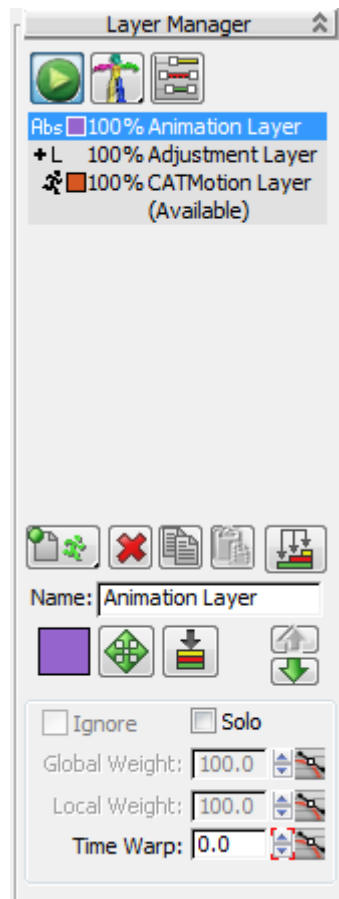
Tämä kaikki toimii, koska CAT pyrkii pitämään rigin, eli hahmon luurangon, rakenteen mahdollisimman yksinkertaisena. CAT-rigien modulaarinen rakenne mahdollistaa luiden lisäämisen ja poistamisen lähes mihin kohtaan tahansa. CAT-rig ei myöskään erittele lantioita tai rintakehiä toisistaan, vaan ne tunnetaan paremminkin keskuksina tai hubeina joihin liitetään valmiina olevia käsiä, jalkoja ja selkärankaa kuvaavia luu-objekteja. Kuviossa 6 näkyy, miten CAT sisältää jo valmiina olevia, hyvin erilaisia luurankoja. (3DS Max Help a. 2013.)



Kuvio 6. CAT-rigit voivat olla hyvin erilaisia, eivätkä aina humanoidejakaan. Kaikki kuvassa olevat ritit löytyvät työkalusta itsestään ja ovat täysin käyttäjän muokattavissa. (3DS Max j. 2013.)

CAT-rigin animoiminen tapahtuu eräänlaisella kerrostekniikalla jossa hahmon rigiin luodaan jokaiselle animaatiolle oma kerroksensa. Tämä CAT:in oma epä-lineaarinen animaatiojärjestelmä mahdollistaa animaatioiden muuttamisen suoraan omalla kerroksellaan ilman, että tätä edeltävään kerrokseen tarvitsisi koskea. Hahmoa animoitaessa käyttäjä voi vain vedellä hahmon haluamaansa asentoon järjestelmässä olevien forward- ja inverse-kinematic -toimintojen avulla. (3DS Max Help b. 2013.)

Kerroksittaisessa animaatiojärjestelmässä kaikki animaatiot tehdään omalle kerrokselleen. Näitä kerroksia on neljää erilaista tyyppiä, joista jokainen toimii hieman eri tavalla suhteessa toisiinsa. Kaikkia animaatiokerroksia voidaan hallita käyttäen kuviossa 7 näkyvää CAT-työkalujen omaa Layer manager -työkalua. Järjestelmä käsittelee animaatiokerrokset aina ylhäältä alaspäin, joten tietynlaisiin kerroksiin tehdyt muutokset vaikuttavat vain niiden päällä olevan kerroksen sisältämiin animaatioihin. (3DS Max Help c. 2013.)

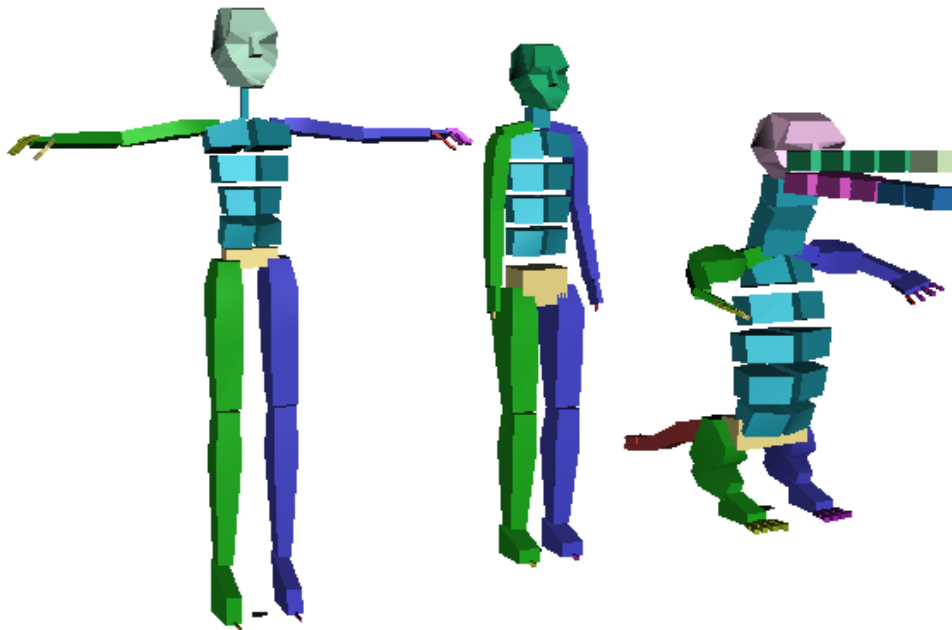


Kuvio 7. CAT-animaatiotyökalujen Layer manager, jolla hallitaan animaatioita sisältäviä kerroksia, luodaan uusia kerroksia ja vaikutetaan niiden keskinäiseen kommunikointiin. (3DS Max help d. 2013)

Näiden neljän animaatiokerroksen erikoisin kerrostyyppi lienee CATMotion-kerros. Tämä kerros mahdollistaa luontevien, saumattomasti uudelleentoistettavien eli looppaavien animaatioiden kuten kävelyn ja juoksun tekemisen. CATMotion mahdollistaa animaatioiden mukautumisen liikkeen nopeuteen, suuntaan ja alustaan. Näin vältetään ikäviltä luisuvilta askeleilta jopa epätasaisella pinnalla kuljettaessa. (3DS Max Help e. 2013.)

5.3 CAT ja Character Studio

Toisin kuin CAT, Character Studio ei tarjoa käyttäjälle mahdollisuutta luoda täysin omaa rigiä, vaan käyttäjän on käytettävä työkaluun kuuluvaa ihmismäistä Biped-rigiä. Bipediiä voidaan kumminkin muokata rajatusti kuten kuviossa 8. Käyttäjä voi määrittää selkä- ja kaularankojen nikamien määrän, muuttaa raajojen pituuksia ja lisätä rigiin hännän, taikka korvien ja leukojen animointiin soveltuvat, poninhänniksi kutsutut luut. (3DS Max Help f. 2013.)



Kuvio 8. Lievästi muokattuja biped, eli character studio -rigejä. Keskellä näkyy muokkaamaton Classic-tyypin biped-rig. (3DS Max Help i. 2013.)

Character studion Biped-rig on tarkoitettu pääasiassa kaksijalkaisten hahmojen animointiin. Bipediiä voidaan kumminkin käyttää myös neljäjalkaisiin hahmoihin muuntamalla sen kämmenet etujaloiksi ja kääntämällä takajalkojen polvinivelet ympäri sekä lisäämällä takajalkoihin yhden luun jotta rig olisi anatomisesti oikein. (3DS Max Help g. 2013.)

Character Studio sisältää CAT:in tavoin automaattisen kävelyanimaation luontiominaisuuden. Character Studiossa tämä perustuu tasolle, tai muulle pinnalle piirrettäviin jalanjälkiin joihin hahmon jalat kohdistetaan painovoiman, nopeuden ja tasapainon mukaan luoden luontevan näköisen kävelyn. Jalanjälkianimointia voidaan käyttää kävelyn, juoksun tai vaikkapa tanssimisen animointiin ja se on tarkoitettu lähinnä kaksijalkaisten hahmojen animointiin. (3DS Max Help h. 2013.)

6 3D-ROBOTTIHAHMON SUUNNITTELUPROSESSI

Suunnittelu aloitettiin pelihahmolle tyypilliseen tapaan ensin suunnittelemalla hahmon taustatarina, johon pohjautuen itse hahmon ulkonäköä alettiin suunnitella. Robottihahmon ulkonäkösuunnittelu aloitettiin piirtämällä muutamia siluettiluonnoksia jotta hahmon ulkomuoto saadaan selkeytettyä mahdollisimman varhaisessa vaiheessa.

Hahmosuunnittelussa pyrittiin noudattamaan samaa tapaa, jota Valve käytti suunnitellessaan Team Fortress 2 -pelin hahmoja. Tämä tapahan siis oli ensin luoda hahmon siluetti, sitten siluettiin pohjautuen luotiin hahmosta yksityiskohtaisempi luonnos ja viimeiseksi mallinnettiin 3D-malli hahmosta.

6.1 Hahmon tarina

Alkuperäisessä suunnitelmassa robottihahmon suunniteltiin olevan peräisin ulkoavaruudesta ja päätynyt tavalla tai toisella maahan. Hahmon ajateltiin olevan olemukseltaan sympaattinen, mutta silti kykeneväinen saamaan aikaan tuhoa aseistuksellaan.

Suunnitelmien edetessä ajateltiin, että robottihahmo voisi olla peräisin ihan kotiplaneetaltaamme ja omaavan suuremman tarkoituksen kuin vain paikkojen tuhoaminen. Taustatarina muuttuikin siten, että robotti onkin yksinäisen, hieman sekavan, tiedemiehen rakentama seuralais- ja suojelijarobotti. Tiedemies on suunnitellut robotin kykeneväiseksi puolustamaan niin itseään kuin luojaansa ja samalla olemaan hyvää seuraa poistamalla tiedemiehen yksinäisydentunnetta.

Robotti olisi siis älykäs ja näin pystyisi esittämään tieteellisiä argumentteja ja tekemään päätelmiä. Tiedemies olisi myös ohjelmoinut robotin luonteen vastaamaan omaansa, eli olemaan stereotyyppisen tiedemiehen tapaan hyvin omaperäinen ja joidenkin mielestä jopa hieman hullu.

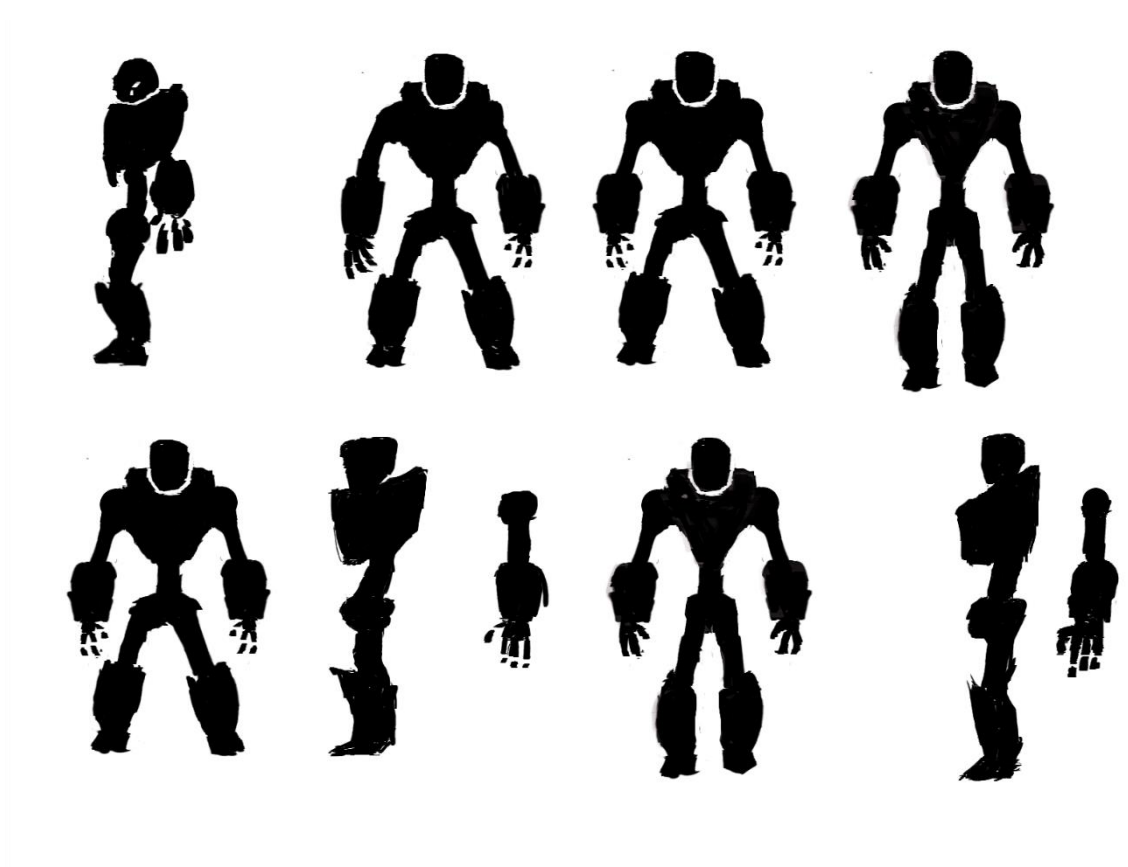
6.2 Siluettisuunnittelu

Robottihahmon ulkonäköä lähdettiin suunnittelemaan siluettipohjalta. Osviittaa siluettisuunnitteluun otettiin *The Skillful Huntsman* -kirjasta ja sen taiteilijoiden tekemistä hahmoluonnoksista. Kirjassa kuvailtiin siluettipohjaisen suunnittelun periaatteet ja sen tuomat helpotukset. Helppoutena siluettien suunnittelussa on se, ettei perspektiiviin ja täydelliseen anatomiaan tarvitse kiinnittää niin paljon huomiota, vaan taiteilijalla on täysi vapaus toteuttaa mielikuvituksensa tuotteita.

Robottihahmosta tehtiin useita erilaisia siluetteja, pyrkien mahdollisimman suureen erilaisuuteen. Alkuperäisessä suunnitelmassa oli jo päätetty, että hahmon kädet ja sääret olisivat liioitellun suuret ja tämä otettiin huomioon siluetteja tehtäessä. Kuviossa 9 näkyvistä silueteista valittiin niin sanotusti paras jota lähdettiin jatkotyöstämään ja iteroimaan kuvioon 10.



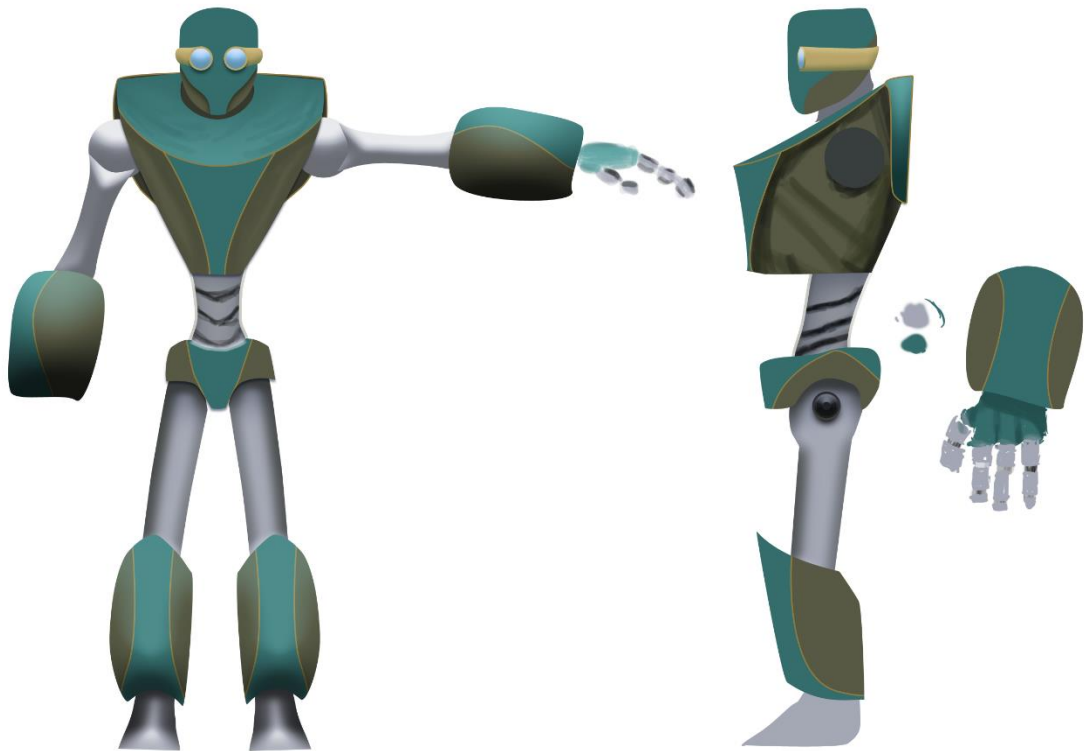
Kuvio 9. Sarja siluetteja, joista oikealla alakulmassa näkyvä siluetti valittiin jatkotyöstämistä varten.



Kuvio 10. Kuvioista 9 valitusta siluetista luotiin myös etukuvakulman versio. Siluettia siistittiin ja siihen tehtiin erilaisia muutoksia ja korjauksia.

6.3 Hahmoluonnos

Valitusta siluetista tehtiin myös mallinnusvaiheessa hyödynnettävä, tarkempi värillinen luonnos. Tähän kuviossa 11 näkyvään luonnokseen hahmosta tehtiin myös etu- ja sivukuvakulmat. Ennen kuin luonnos määriteltiin valmiiksi, siihen jouduttiin tekemään muutamia korjauksia ja muita muutoksia, kuten yksityiskohtien lisääminen ja mittasuhteiden korjailu. Normaalisti hahmosta olisi voitu tehdä myös kuvakulma takaapäin, mutta se päätettiin jättää pois. Hahmon selkämyksessä ei ole sellaisia yksityiskohtia jotka ovat tärkeitä saada myös 3D-malliin.



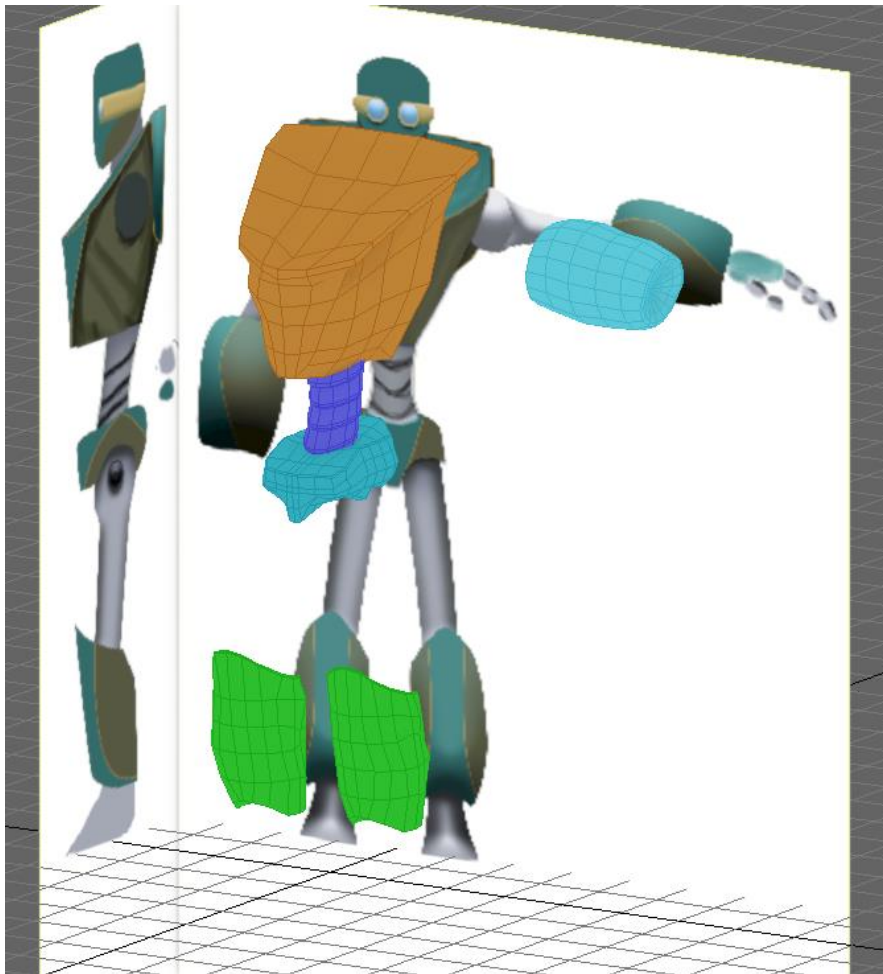
Kuvio 11. Väritetty hahmoluonnos jota käytetään mallina hahmon 3D-mallin luomisessa. Väreihin ja raitoihin käytettiin referenssinä 70-luvun automaaleja ja niiden väriyhdistelmiä.

Luonnosteluun käytetyt ohjelmat vaihtelivat prosessin aikana. Aluksi yritettiin käyttää ilmaisia piirto-ohjelmia kuten GIMP ja Paint.Net. Näissä ilmenneiden teknisten ongelmien ja käytön hankaluuden vuoksi siirryttiin kumminkin käyttämään nykyään ilmaisena olevaa Adobe Photoshop CS2 -ohjelmaa. Hahmoluonnosta varten ei koettu tarpeelliseksi opetella täysin uutta ohjelmaa, joten siirryttiin tutumpaan Photoshopiin.

Luonnos itsessään tehtiin käyttämällä Photoshopin vektorimuotoja ja niitä muokkaamalla. Vektorimuodot luodaan käyttäen Pen-työkalua ankkuripisteiden luomiseen. Näiden pisteiden välille ohjelma luo viivan jonka kaarevuutta voidaan hallita ankkuripisteiden kahvoilla. Näiden vektorimuotojen käyttö mahdollistaa niin sanotusti notkean luonnostelun ja erilaisia muotoja voitiin kokeilla vain muotoja säätelämällä. Pienemmät yksityiskohdat ja kämmenet tehtiin kuitenkin aivan tavallisella pensselityökalulla.

7 ROBOTTIHAHMON MALLINNUS

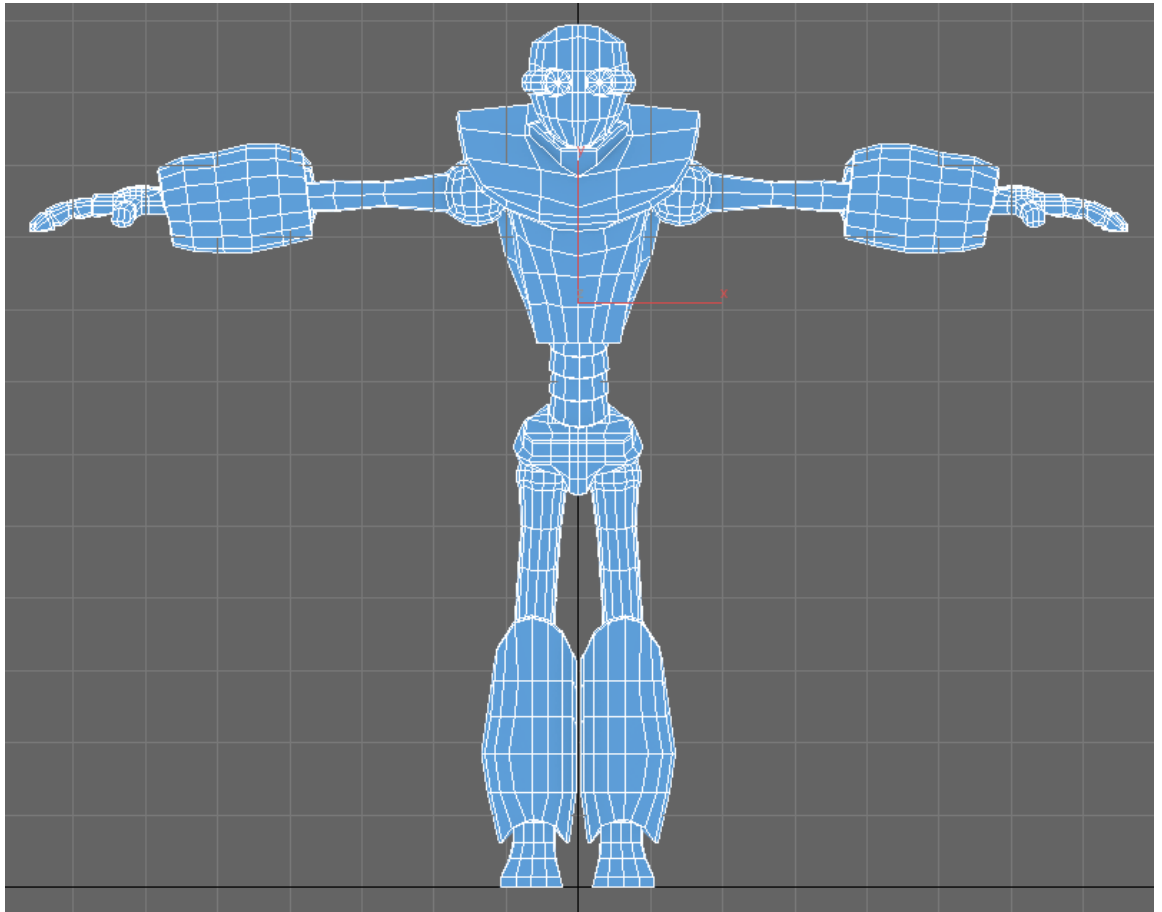
Hahmon mallintaminen aloitettiin rakentamalla 3DS Maxin sceneen tarvittavat apuobjektit. Tässä tapauksessa nämä apuobjektit ovat kaksi yksinkertaista planea joihin on asetettu aiemmin luotu hahmoluonnos. Kuviossa 12 näkyy mainittu asetelma ja luonnoksia apuna käyttäen luodut hahmon osat.



Kuvio 12. Mallintamista auttamaan on luotu kaksi planea joihin on asetettu hahmoluonnos. Tässä hahmon osat ovat vielä täysin erillisinä objekteina jotka tulevat myöhemmin liittämiin yhteen, muodostaen yhden objektin.

Hahmo luotiin ensin osista käyttäen niin sanottua box-modelling, eli laatikkomallinnustekniikkaa. Tämä tarkoittaa sitä, että mallin ja sen osien lähtömuotona on laatikko jossa on yksi tai useampi polygoni. Hahmon osien mallinnuksessa lähtömuotona käytettiin myös muita ohjelmasta löytyneitä primitiivejä, kuten sylintereitä ja palloja.

Vaikka alun perin niin ajateltiin, ei robottihahmon mallintaminen ollutkaan helpompaa kuin yleisimpien orgaanisten hahmojen. Mallinnuksessa oli kiinnitettävä huomiota osien toimivuuteen ja liikeratojen mahdollisuuksiin. Esimerkiksi oli mietittävä, miten olkavarsi kiinnittyy kyynärvarteeseen niin että siihen syntyy mekaaninen liitos. Kuviossa 13 nähdään yhdeksi objektiiksi sulautettu hahmomalli.



Kuvio 13. Yhtenäinen hahmomalli. Malli ei tule muuttumaan tästä juurikaan mikäli animointivaiheessa ei ilmene muutoksia vaativia komplikaatioita. Tämän mallin polygonimäärä on 3 580 polygonia.

Ennen varsinaisen riggaamisen aloittamista hahmon mesh, eli kuviossa 13 näkyvä kokonaisuus tarkastettiin käyttäen 3DS Max:in xView-toimintoa. Tällä toiminnolla löydetään hahmomalliin mahdollisesti jääneet epäkohdat kuten avoimet reunat tai päällekkäiset verteksit. Avoimien reunojen kohdalla osa voi olla toivottuja, mutta osa myöskin vahingossa syntyneitä jotka voivat aiheuttaa ongelmia tulevaisuudessa.

8 ROBOTTIHAHMON ANIMOINTI

Hahmon animointiin ei ole juurikaan helppoja oikoteitä. Varsinkaan jos haluaa, että hahmo toimii ja liikkuu myös pelissä. Suurimmassa osassa pelejä hahmot animoidaan samalla tavalla, eli luiden kautta.

Luodun robottihahmon animointiin käytettiin myöskin luita. Tässä hyödynnettiin pelialalla jo laajassa käytössä olevaa, mutta koulussamme vähemmälle huomiolle jäänyttä CAT-animaatiotyökaluja joiden toimintaa kartoitettiin työn teoriaosuudessa. Tämän työn yksi suurimmista tavoitteista oli näiden työkalujen käytön opettelu tulevaisuutta varten.

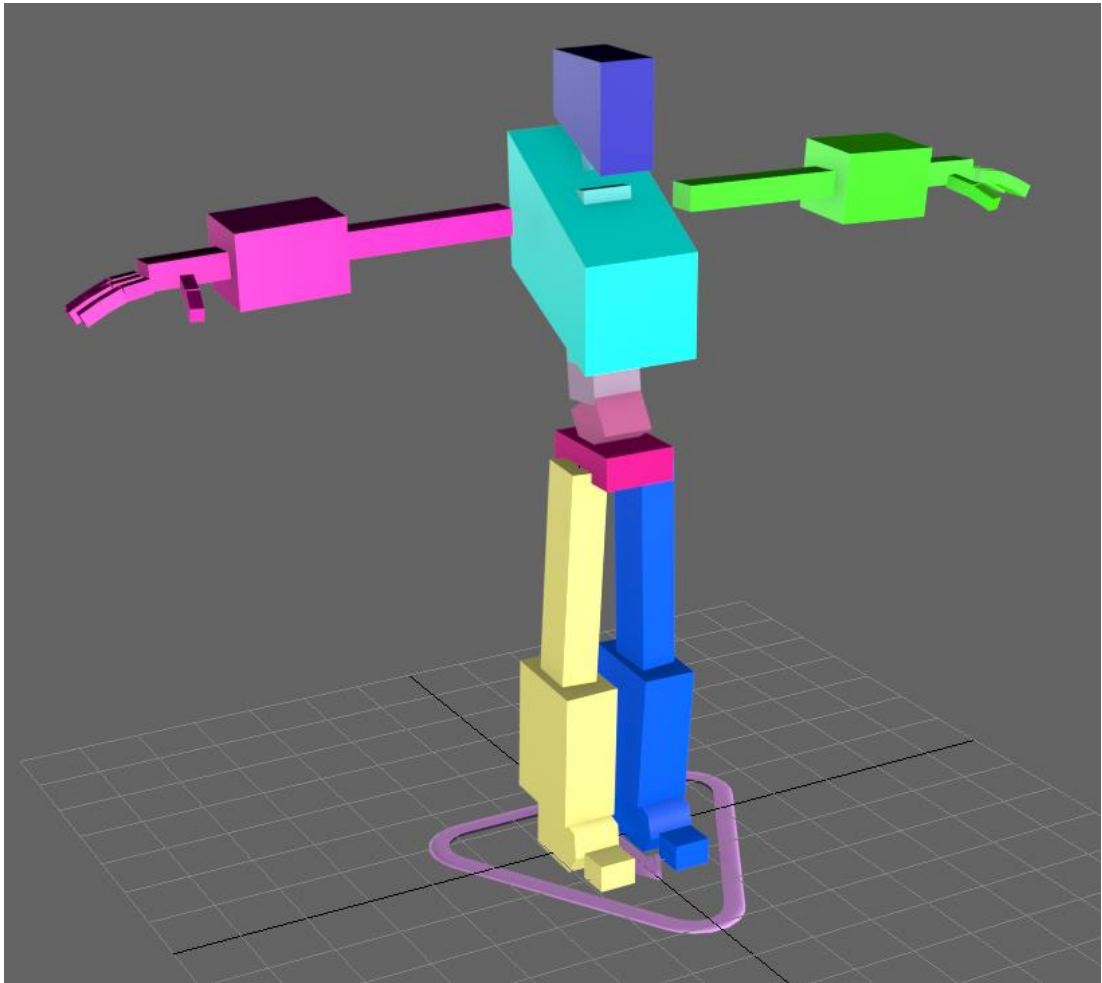
8.1 Hahmon valmistelu animointia varten

Jotta hahmo saataisiin animoitua, on hahmon 3D-malliin asetettava objektit jotka sitä liikuttavat. Kuten aiemmin mainittiinkin, tähän käytetään yleisimmin luu-objekteja. Luiden asettelua hahmomalliin kutsutaan sekä riggaamiseksi että skinnaamiseksi. Näistä moni mieltää riggaamisen olevan enemmänkin prosessi, jossa luodaan hahmon luuranko ja skinnaaminen taasen työvaihetta jossa luut kytketään hahmomallin vertekseihin käyttäen Skin-muunninta.

Robottihahmon valmistelu animointia varten alkoi itse asiassa jo hahmon mallinnusvaiheessa. Kuten teoriassa mainittiin, mallintamisessa on otettava huomioon hahmon muuntuvat kohdat, kuten nivelet. Näihin muunnoskohtiin on sitten luotava tarpeeksi monta verteksiä ja edge-looppia jotta hyvännäköinen animaatio ja muodonmuutos olisivat mahdollisia.

Koska hahmo on robotti ja koostuu useasta elementistä yhtenäisen meshin sijaan, voidaan useimmille vertekseille asettaa painoksi absoluuttinen, tai rigid-paino. Tällöin nämä verteksit seuraavat täysin vain yhden luun liikkeitä ja saavat niiden muodostaman pinnan näyttämään jäykältä ja kovalta.

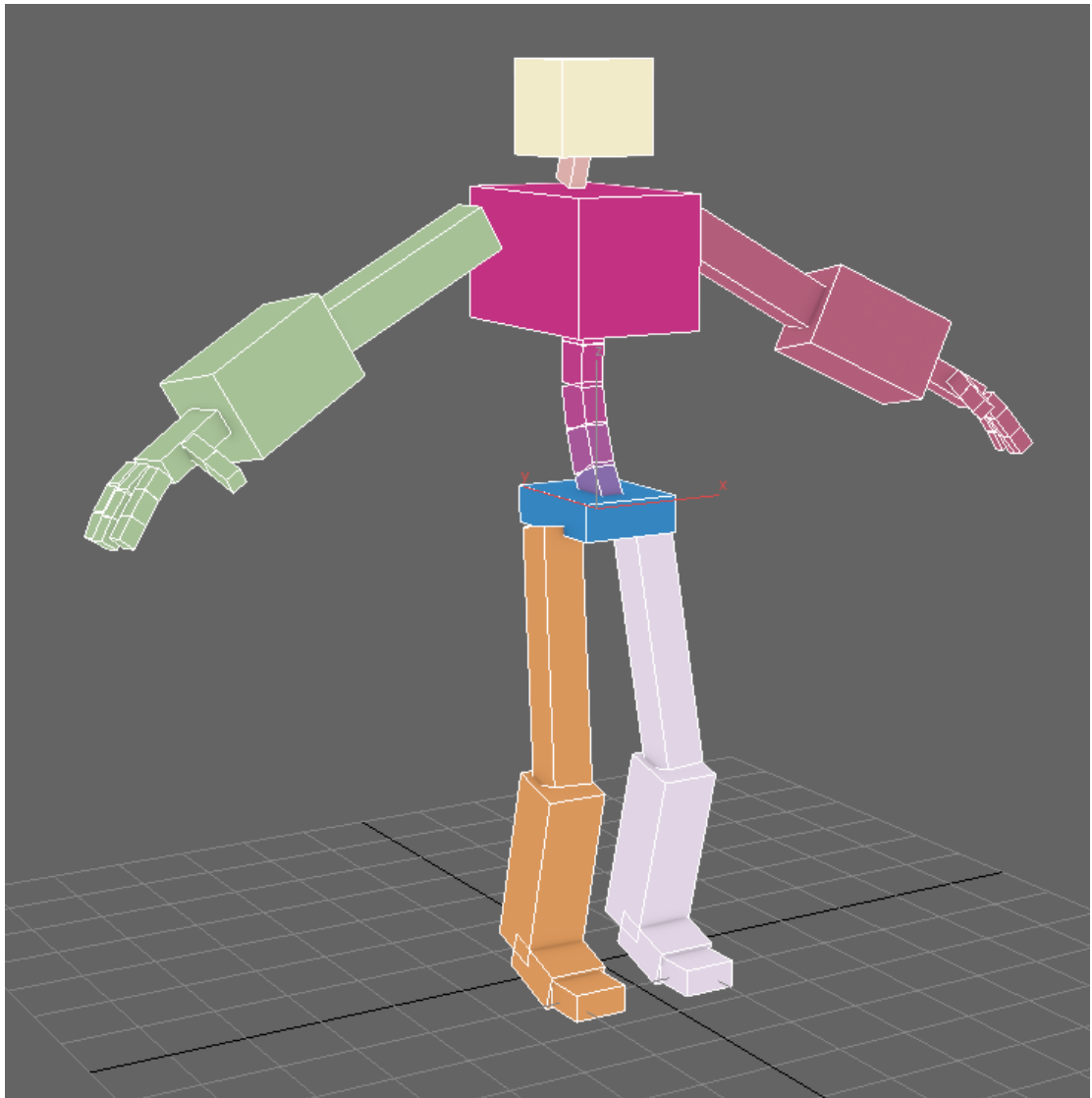
Robottihahmon riggaaminen siis aloitetaan luomalla tälle luuranko. Koska käytössämme on CAT-työkalut, voimme oikaista tässä kohdassa valitsemalla jonkin työkaluissa olevista valmiista luurangoista ja muokata sitä tarpeisiin sopivaksi. Tässä käytettiin CAT:in ”Base Human” -luurankoa ja muokattiin se robottihahmon malliin ja animaatiotarpeisiin sopivaksi. Kuviossa 13 näkyy muokattu luuranko jota käytettiin hahmon skinnaamiseen ja animointiin.



Kuvio 13. Valmiista luurangosta robottihahmoon mukautettu rigi. Alkuperäisestä rigistä on poistettu tarpeettomia luita ja lisätty uusia luita kuten sormet ja varpaat.

Valmiista luurangosta mukautettu rigi kuitenkin todettiin toimimattomaksi, kun luurangon animaatiokäyttäytymistä testattiin käyttämällä CAT-työkalujen valmista CATMotion-kävelyä. Huomattiin, että jostain syystä hahmon polvet taipuivat sivusuunnassa täysin luonnottomasti. Ongelmaa ei saatu korjattua luiden pituuksia ja asentoja säätämälläkään.

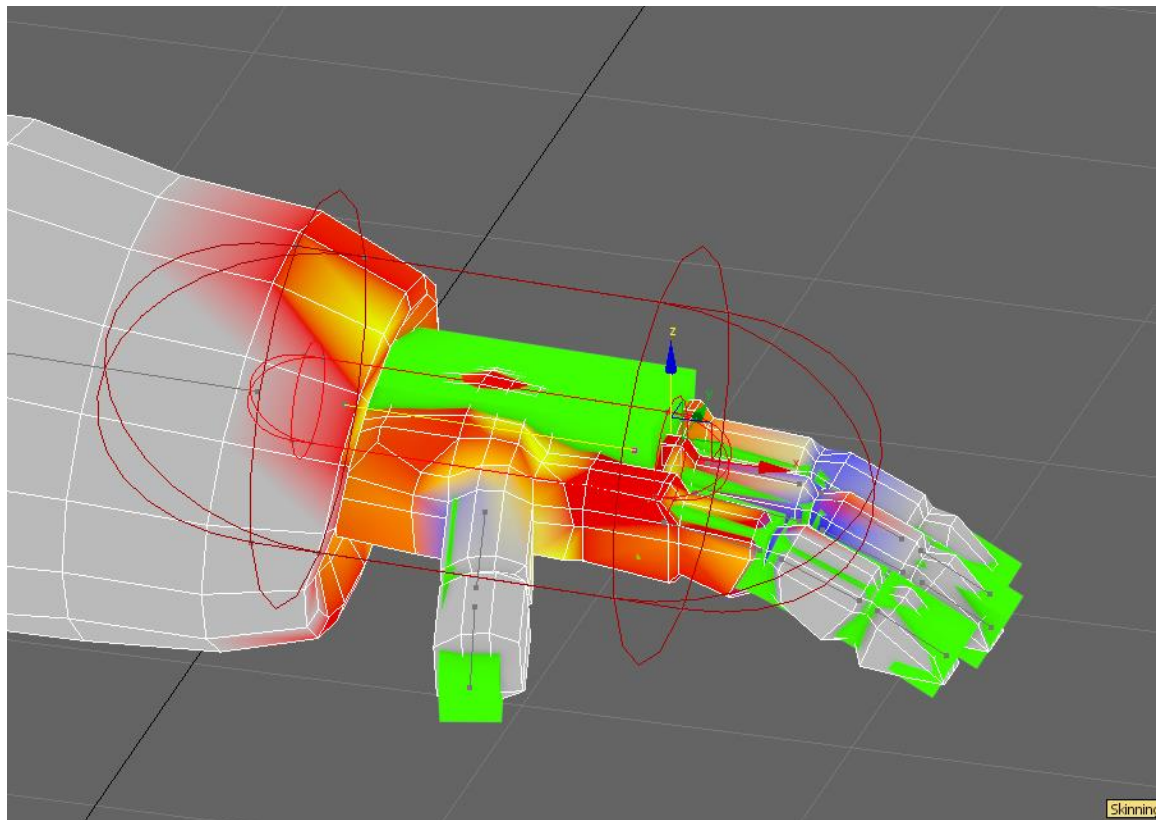
Kun muokattu luuranko todettiin käyttökeltottomaksi, käytiin etsimässä netistä vinkkiä ongelman selvittämiseksi. Youtube-nettisivulta löytyi Autodeskin virallisia opetusvideoita CAT luurankojen käyttöön ja muokkaamiseen. Videoissa kerrottiin, että normaalista poikkeavien hahmojen animointiin on usein parempi luoda täysin oma luuranko. Tästä oppineena palattiin prosessissa taaksepäin ja luotiin robotille kuviossa 14 näkyvä, täysin omatekoinen luuranko.



Kuvio 14. Itsetehty CAT-luuranko robottihahmoa varten.

Uuden luurankon luominen CAT-työkaluilla on kumminkin hyvin yksinkertainen ja nopea prosessi, eikä vaatinut paljoa aikaa. 3D-tilaan ja osittain hahmon sisään luotiin vain aluksi lantiota kuvastava objekti, josta koko muu luuranko alkoi rakentumaan.. Luut saatiin asetettua hahmoon vain vetelemällä nivelet kohdilleen, jolloin luiden pituudet muuttuivat automaattisesti.

3DS Max:ssa luiden asettaminen objektiin tapahtuu useimmiten käyttäen Skin-muunninta. Skin-muuntimessa valitaan hahmoon vaikuttavat luut ja määritetään niiden vaikutusalueet ja -voimakkuudet. Kuviossa 15 näkyy hahmon käsi ja sen luut sekä luun vaikutusalueita kuvaava envelope. Envelopeilla suoritetaan luiden painoalueiden eräänlainen raakasäätäminen. Tarkemmat painotukset voidaan tehdä verteksikohtaisesti tarpeen niin vaatiessa.



Kuvio 15. Kämmenten luit ja sen envelope

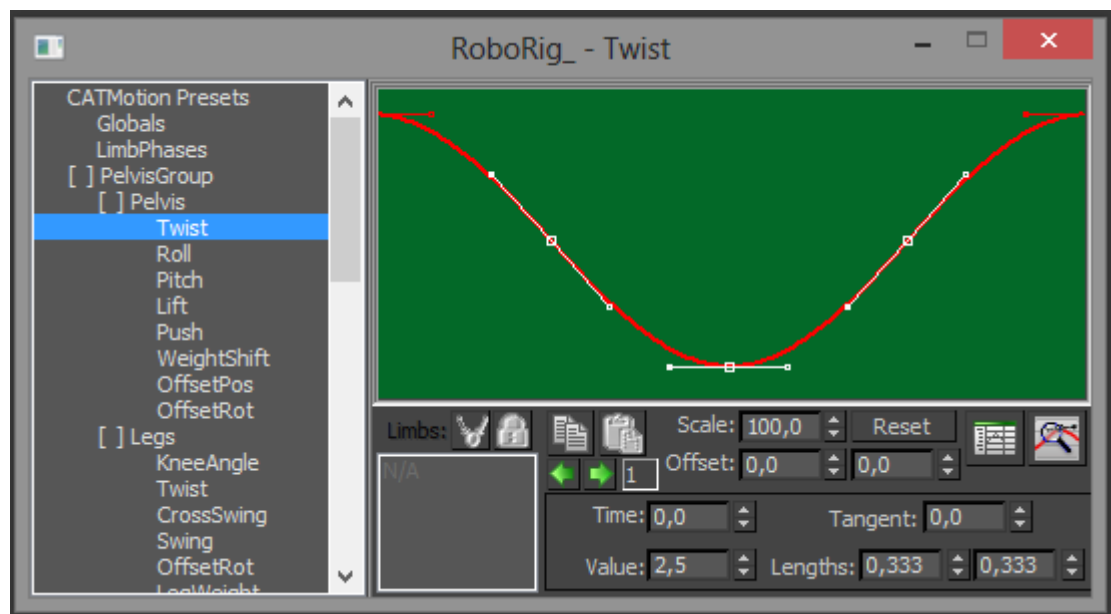
Kuviossa 15 luurankon luut näkyvät vihreänä ja itse hahmomallin polygonit harmaana. Kämmenten luun envelope on valittuna ja kuvassa olevat värit sinisestä punaiseen kuvastavat luun vaikutusalueita ja vaikutuksen voimakkuutta. Tässä vielä muokkaamattomassa envelopeissa kämmenluuta liikuttaessa esimerkiksi osa kyynärvarren verteksistä liikkuisi mukana niiden ollessa merkattu punaisella. Luiden ei ole pakko sopia meshin sisään toimiakseen.

8.2 Hahmon varsinainen animointi

Kun robottihahmo on viimeinkin saatu rigattua, alkoi hahmon animointiprosessi. Ennen kuin itse animointiin päästiin käsiksi, koettiin tarpeelliseksi tutkiskella käsillä olevia animointityökaluja, etenkin CAT:in animaatioissa käytettyjä animaatiotasoja ja niiden käyttötapoja.

Robottihahmolle haluttiin tehdä sopiva kävelyanimaatio. Animaatiota lähdettiin työstämään lisäämällä CAT:in layer manageriin CATMotion-taso. Tässä tasossa on valmiina kävelyanimaatio jota käyttäjät voivat muokata tarpeittensa mukaan. Tämä valmis animaatio sisältää aivan liian paljon kaikenlaista huojuntaa ja heilumista, joten animaation muokkaus oli todella tarpeen.

CATMotion-tason sisältämää kävelyanimaatiota muokattiin sen omalla editointityökalulla, jossa lähes kaikkien luurangon osien animaatiokäyttäytymistä voidaan muokata käyrien avulla. Tällä kuviossa 16 näkyvällä editointityökalulla voidaan esimerkiksi muuttaa hahmon lantion heiluntaliikettä samalla kun animaatio toistuu.



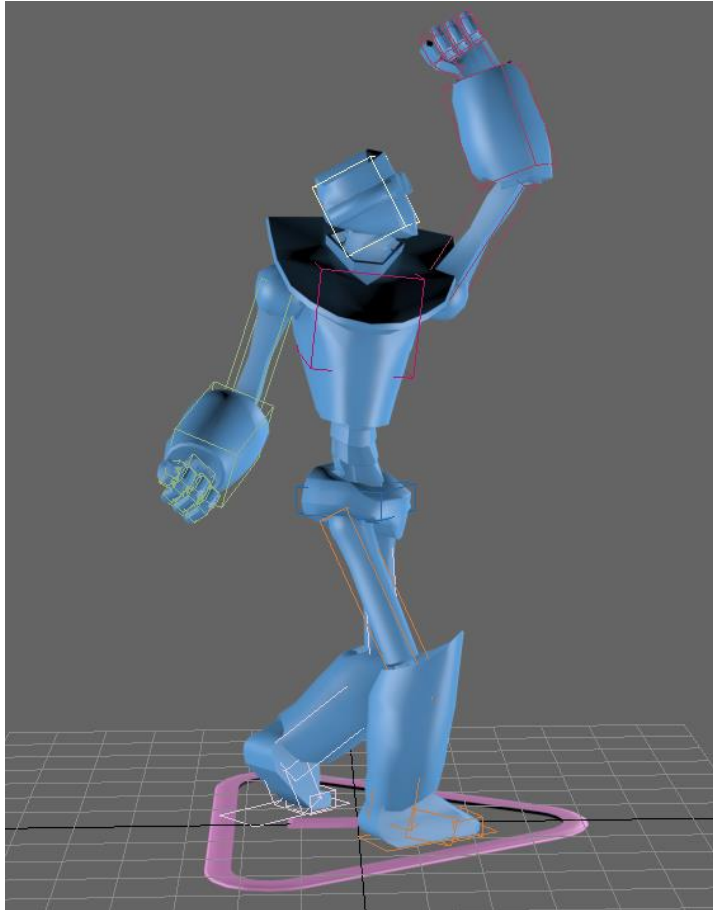
Kuvio 16. CATMotion Editor. Kuvassa näkyy robottihahmon lantion animaationaikaiseen kiertymään vaikuttava käyrä.

Tämän editorin avulla animaatiosta saatiin muokattua varsin robottimainen. Animaatiota hienosäädettiin vielä käyttäen niin sanottua säätötasoa, joka lisää keyframeja edellisen tason päälle. Näin saatiin korostettua osaa robottihahmon kävelyanimaatiosta ja korjattua sellaisia osia animaatiosta joita CATMotion editorilla ei pystytty korjaamaan. Tällaisia korjauksia olivat esimerkiksi lantion ylös-alas liike kävellessä sekä kantapäiden pysyminen maassa.

Samaan tapaan kuin kävelyanimaatio, robottihahmolle luotiin myös juoksuanimaatio. Pohja tällekin animaatiolle löytyi CATMotion tason valmiista animaatioista. Tähän pohjaan tehtiin muutoksia samaan tapaan kuin kävelyanimaatiossakin, eli käyriä säätämällä ja säätötasoa apuna käyttäen.

Kävely- ja juoksuanimaatioiden lisäksi robottihahmolle haluttiin tehdä myös taistelu- ja idle-, eli niin sanottu seisoskeluanimaatio jota hahmo käyttäisi silloin kun se vaan seisoo paikallaan. Taisteluanimaatioksi hahmolle luotiin yksinkertainen nyrkkeilyanimaatio johon sisältyy kaksi suoraa lyöntiä ja yksi alakoukku. Tämä animaatio luotiin käyttämällä CAT:in Absolute-tasoa, joka mahdollistaa perinteisen keyframe, tai pose-to-pose eli asennosta-asentoon animaatioiden luomisen.

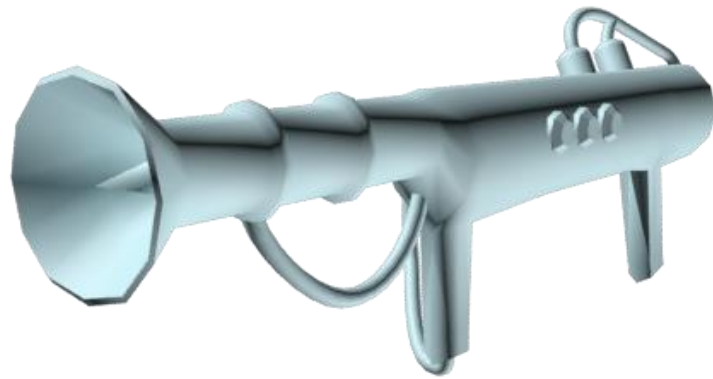
Absoluuttisen-tason animaatiotyökalut eivät alkuun oikein istuneet Biped:iin tottuneelle, sillä ne eivät sisältäneet perinteistä TCB-kontrolleria jolla raajojen liikeitä olisi voitu hienosäätää ja ajoittaa paremmin. Työkalujen ominaisuuksia tutkimalla löytyi mahdollisuus vaihtaa eri luihin ja niiden liikkeisiin vaikuttavat kontrollerit. Täältä hahmon käsivarsien ja nyrkkien rotaatio- ja asento-kontrolleriksi vaihdettiin perusasetuksena olevan Eulerin sijaan aikaisemmin mainittu TCB-kontrolleri. Kuviossa 17 näkyy taisteluanimaation alakoukun loppuvaihe.



Kuvio 17. Alakoukku.

8.3 Hahmon animointi aseensa kanssa

Pelihahmolla on hyvä olla myös sellaisia animaatioita, jossa hahmo kantaa tai käyttää jotain esinettä. Tässä tapauksessa robottihahmoa varten luotiin kuviossa 18 näkyvä sädekivääri, jota hahmo voisi käyttää aseenaan.



Kuvio 18. Robottihahmoa varten luotu sädekivääri.

Robottihahmon haluttiin kävelevän ase kädessään. Tätä animaatiota lähdettiin lähestymään ensin tuomalla sädekiväärin samaan 3DS Max -tiedostoon, jossa hahmo itse on. Kivääri skaalattiin hahmoon suhteutettuna oikean kokoiseksi ja asetettiin haluttuun kohtaan hahmon oikean käden kämmentä. CAT-luurankoon lisättiin CATMotion-taso, johon ladattiin aiemmin luotu kävelyanimaatio. Lisäksi luurankoon luotiin Local Adjustment -taso johon luotiin kaikki aseenkantamisen vaatimat toimenpiteet ja tarvittavat animaation säädöt.

Käyttäen 3DS Max:in link-ominaisuutta, sädekivääri linkitettiin robottihahmon luurangon kämmenluuhun jolloin kivääri seuraisi tämän luun liikkeitä ja pysyisi myös aina samalla etäisyydellä luusta.

Kun ase oli onnistuneesti sovitettu robottihahmon oikeaan käteen, oli vasemman käden vuoro. Vasen käsi liikutettiin kiväärin etukahvaan ja sormet taivuteltiin niin, että hahmolla on ote aseesta. Toisin kuin oikeassa kädessä, vasemman käden kohdalla käden kämmenluu linkitettiin aseeseen, jolloin käden kuuluisi seurata aseensa liikkeitä pysyen samalla etukahvalla. Toimenpide ei sujunutkaan aivan näin helposti.

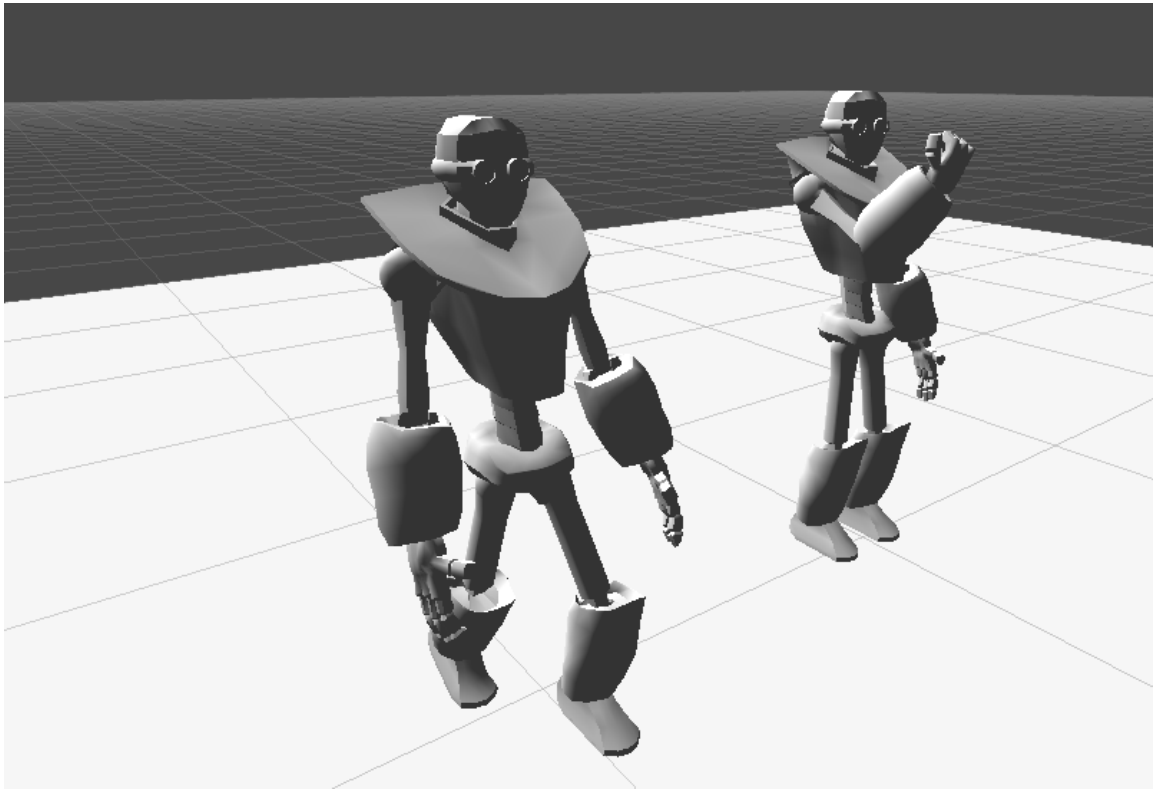
Robottihahmon vasen käsi ei suostunut seuraamaan aseensa liikkeitä, vaan se heilui mielipuolisesti kävelyanimaatiota toistettaessa. Kokeilujen kautta päädyttiin testaamaan CAT-järjestelmässä olevaa IKtarget, eli Inverse Kinematics target -toimintoa. Tämä loi hahmon vasemman käden päähän IKTarget-nimisen apuobjektin, jota vasemman käden luut seuraavat noudattaen IK-periaatetta, jossa raajan liikkeitä kontrolloidaan sen ääripäiden mukaan. Tämä IKtarget-apuobjekti linkitettiin sädekiväärin 3D-malliin, jolloin robottihahmon vasen käsi viimeinkin pysyi aloillaan ja seurasi aseensa liikkeitä kuten kuuluukin.

8.4 Animaatioiden testaus Unity3D-pelimootorissa

Kun animaatiot oli saatu tyydyttävään vaiheeseen, on ne hyvä testata kuvitteellisissa kohdepelimootorissa. Tässä tapauksessa testaukseen käytettiin pelialalla suureen suosioon nousutta Unity3D-pelimootoria ja sen pelinteko-ohjelmaa. Käytetyn ohjelman versio oli 4.1.5f1.

Ennen kuin animaatioita voitiin testata Unityssä, on ne exportattavat 3DS Max:sta. Exporttaaminen tarkoittaa tiedoston viemistä ulos ohjelmasta sellaiseen muotoon, jota kohdeohjelmisto ymmärtää. Tässä tapauksessa animaatiot exportattiin, 3DS Maxin rajoitteista johtuen, yksitellen fbx-tiedostomuotoon.

Testausta varten Unity3D:hen luotiin uusi projekti johon animaatiot ja hahmomallin sisältävät fbx-tiedostot tuotiin. Unitya vähän käyttäneenä oli hankalaa saada animaatiot toistumaan myös Unityn tilaruudussa ja peliruudussa. Pienen Internet-etsinnän ja luokkatovereilta avunpyytelyn jälkeen animaatiot saatiin näkymään myös näissä ruuduissa, kuten kuvioista 18 ilmenee.



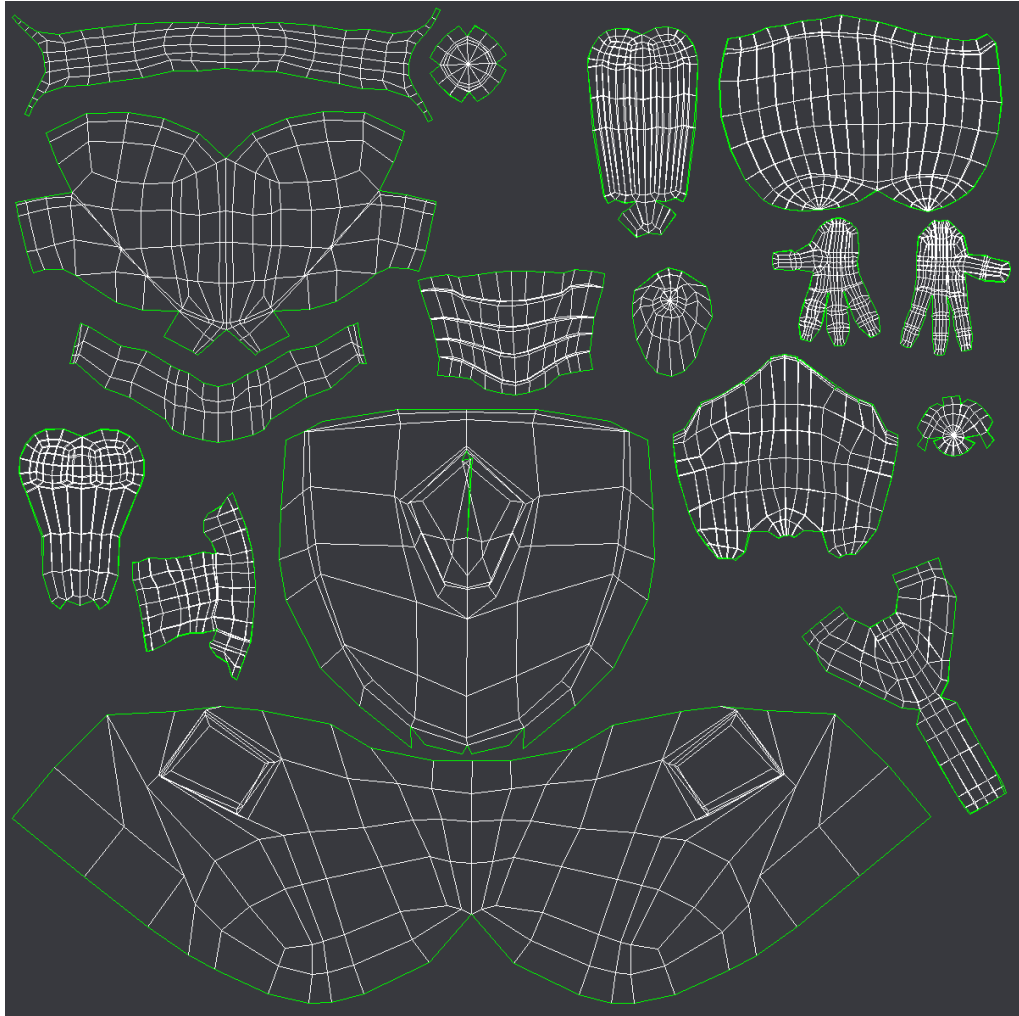
Kuvio 18. Robottihahmot animoituina Unity3D:n testiscenessä. Kuvankaappaus on otettu Unityn Game-ikkunan kautta. Vasemmanpuoleinen hahmo toistaa kävelyanimaatiota ja oikeanpuoleinen puolestaan idle-animaatiota.

9 TEKSTUROINTI

Robottihahmoa ei alkujaan ollut tarkoitus teksturoida. Animaatioiden luomisen ja testaamisen jälkeen kuitenkin jäi aikaa, joka voitiin hyötykäyttää hahmon tekstuurien luomiseen. Teksturoidi suoritettiin ensin avaamalla hahmon UVW-tekstuurikoordinaatisto 3DS Max:ssa käyttäen Unwrap UVW -muunninta.

Unwrap UVW mahdollistaa 3D-mallin kuvitteellisen avaamisen kaksiulotteiseksi kuvaksi, kuten esimerkiksi kuutio voidaan avata niin että jokainen sivu on samalla tasolla muiden sivujen kanssa. 3D-malleissa tämä käy pääasiassa samalla tavalla. Mallista valitaan joko halutut pinnat tai kokonaiset elementit jotka halutaan projisoida UVW-koordinaatistoon. Valittu projektiomuoto määrittää saumat, josta valitut 3D-mallin palat aukaistaan. Nämä saumat pyritään yleensä piilottamaan 3D-mallin taka- ja sivupintoihin, tai paikkoihin joista ne eivät näkyisi kovin selvästi.

Kuviossa 19 näkyy robottihahmon kaikkien osien UVW-koordinaatistot. Hahmon rintakehä jaettiin kahteen osaan tekstuurienvenyymisen vähentämiseksi ja avaamisen helpottamiseksi. Kädet, lantio ja jalat haluttiin tekstuureiltaan symmetrisiksi joten niiden koordinaatit sovitettiin päällekkäin niin, että sama tekstuuri toistuu molemmissa symmetrisinä. Rintakehän ja pään osat haluttiin saada yksityiskohtaisemmiksi, joten niiden UVW-koordinaatteja ei peilattu taikka asetettu päällekkäin.



Kuvio 19. Robottihahmon tekstuurienvenyymisen UVW-koordinaatisto renderöitynä ulos 3DS Max:sta.

9.1 Diffuse-kartan luominen

Diffuse-kartta kietoo bittikartalla tai muulla kuvaformaatilla olevan kuvan 3D-objectin ympärille ja näyttää sitä pikseleiden alkuperäisen värin. Tämä voidaan siis käsittää eräänlaisena perustekstuurikarttana, jolla määritetään objektin tasoille piirrettävät kuviot ja niiden värit.

Värikartta luotiin Adobe Photoshop CS2 -ohjelmalla. Bittikartan koko on 1800 pikseliä, eli resoluutio on 1800x1800. Värikartasta haluttiin tehdä iso, jotta kaikki siihen luodut yksityiskohdat ja kuviot näyttäisivät hyvältä ja teräviltä 3D-mallin pinnalla. Muotojen ja kuvioiden luomiseen käytettiin Photoshopin sisältämää pen-työkalua jolla on mahdollista luoda vektoripohjaisia muotoja. Valmis diffuse-värikartta on nähtävillä kuviossa 20.



Kuvio 20. UVW-koordinaatiston mukaan piirretty Diffuse-tekstuurikartta.

Kuviossa 20 näkyvästä värikartasta tehtiin myös niin sanottu kiiltävyyskartta eli specular-map. Yksinkertaisin ja ehkä nopein tapa tehdä tämä kartta on ottaa värillinen diffuse-map ja muuntaa se mustavalkoiseksi ja leikkiä hieman kontrastisäädöillä. 3DS MAX ymmärtää specular-map:in siten, että mitä valkoisempi alue on, sitä kiiltävämpi se kohta on tekstuurissa. Pehmeäreunaisella pensselillä ja valkoisella värillä korostettiin kuvion 20 kullanvärisiä kohtia saaden ne kiiltävämmiksi. Ympäri specular-mappia piirrettiin myös satunnaisempia kuvioita jotta hahmosta saataisiin mielenkiintoisempi.

9.2 Bumpmap -kartan luominen

Robottihahmolle haluttiin myös luoda Bumpmap -kartta, jolla hahmoon saataisiin lisättyä pieniä yksityiskohtia 3D-mallin geometriaan vaikuttamatta. Bumpmap vaikuttaa valon käyttäytymiseen mallin pinnalla, saaden aikaan erilaisia kuvioita ja saaden 3D-mallin näyttämään monimutkaisemmalta ja yksityiskohtaisemmalta kuin se oikeasti onkaan.

Tämä yritettiin saada toteutettua Autodesk Mudbox -veisto-ohjelmalla jossa on mahdollista piirtää kuvioita ja syvennyksiä suoraan 3D-mallin pintaan. Ohjelmalla luodut yksityiskohdat voidaan tallentaa ohjelmaan tuodun 3D-mallin UV-koordinaatistoon ja exportata ne bittikarttoina myöhempää käyttöä varten.

Normal Bump -kartan luominen kuitenkin kariutui kun robottihahmon 3D-mallissa olleet geometriset virheet ja epäkohdat estivät sen muokkaamisen Mudboxissa. Geometriassa olevien virheiden korjaus olisi vaatinut kokonaisten pintojen ja renaviivojen poistamista 3D-mallista ja tämä puolestaan olisi aiheuttanut niille luotujen UVW-koordinaatistojen tuhoutumisen. Tämä puolestaan olisi aiheuttanut turhaa asioiden uudelleentekemistä, joten Mudboxin käyttö hahmon muokkaamiseen jätettiin toiseen kertaan.

10 POHDINTA

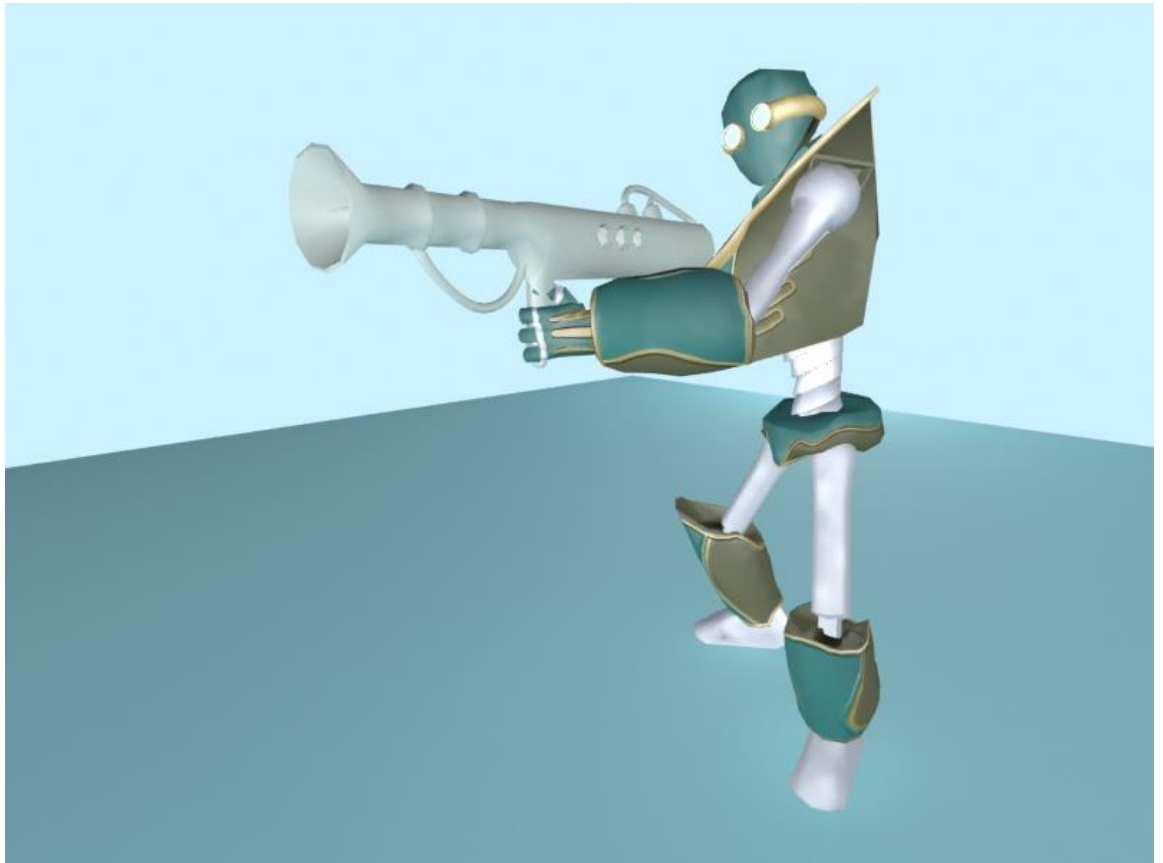
Kolmiulotteisen pelihahmon luominen on pitkä ja ajattelua vaativa prosessi. Kuten teoriassa kerrottiin, hahmon on oltava hyvin ja pitkälle suunniteltu ennen kuin sen tekemistä voidaan edes harkita. Tätä työtä tehtäessä orastavasta hahmosuunnitelmasta tuli huomattavasti konkreettisempi ja toimivampi kuin mitä se oli ollessaan vasta aivojen perällä lojuva idea mahdollisesta hahmosta.

Suunnittelu oli itse mallintamisen ohella ehkäpä yksi vaikeimmista työvaiheista, sillä hahmosta haluttiin tehdä toimiva ja visuaalisesti omaperäinen. Robottihahmolle asetetut tavoitteet nostalgisesta muotoilusta ja vanhasta scifi-tyylistä täyttyivät osittain, sillä hahmosta haluttiin tehdä artikuloidumpi ja virtaviivaisempi kuin useimmat 50-70 -lukujen tieteisfiktiossa näkyvät robotit todellisuudessa olivat.

Hahmon mallinnusprosessi sujui pitkälti rutiinilla. Todelliset ongelmat nostivat päätään vasta riggausvaiheessa. Riggaaminen jouduttiin tekemään uudelleen kun hoksattiin, ettei käytetty luuranko soveltunutkaan hahmoon ja luuranko täytyi luoda uudestaan. Valmiista luurangosta muokatun rigin polvinivel nimittäin taipui sivusuunnassa sen normaalin liikeradan sijaan.

Character Animation Toolkitin, eli CAT:in opettelu onnistui tyydyttävästi. Kokeilujen ja tutoriaalien katselun kautta opittiin muuntamaan valmiista animaatioista haluttuja, kuten robottihahmon tapauksessa kävely- ja juoksuanimaatiot. Huomattiin, että CAT:in monipuolisuus ja mukautuvuus ovat tuoneet siihen myös lisää monimutkaisuutta verrattuna Character Studioon ja sen Biped-animaatiojärjestelmään. CAT:in kyky luoda ja animoida miltei minkälaisia luurankoja tahansa on tehnyt siitä aloittelijan kannalla hankalan lähestyä. Tällaiset epäkohdat kuitenkin voidaan kiertää syvemmällä perehtymisellä CAT:in saloihin ja ominaisuuksiin.

Animointiprosessi sujui pienen opettelun jälkeen varsin jouhevasti. Varsinkin looppaavien kävely- ja juoksuanimaatioiden kohdalla. Käyrien avulla tapahtuva animaation muokkaaminen nopeuttaa animaation säätämistä kun muokkauksia ei tarvitse tehdä keyframe kerrallaan koko animaation ajalle. Kuviossa 21 näkyvässä kuvassa robottihahmo on täysin teksturoitu ja kuvassa näkyy aikaisemmin näytetty sädease hahmon käytössä.



Kuvio 21. Viimeistelty robottihahmo käsissään sädease.

Lopuksi sanottakoon, että jokaisen peli-animaation erikoistuvan tai siitä kiinnostuneen 3D-taiteilijan olisi hyvä opetella Character Animation Toolkit ja sen ominaisuudet sekä sen tarjoamat mahdollisuudet. Työkalu on kumminkin varsin laajassa käytössä pelialalla.

LÄHTEET

3DS Max Help a. 2013. Url: <http://docs.autodesk.com/3DSMAX/16/ENU/3ds-Max-Help/files/GUID-BB87B15F-7A2C-4C6F-AADF-3A5F2962549E.htm> (luettu: 11.6.2013)

3DS Max Help b. 2013. Url: <http://docs.autodesk.com/3DSMAX/16/ENU/3ds-Max-Help/files/GUID-55060A51-4C7A-4A51-B2D0-DC3F87C80784.htm> (luettu: 11.6.2013)

3DS Max Help c. 2013. Url: <http://docs.autodesk.com/3DSMAX/16/ENU/3ds-Max-Help/files/GUID-BD290586-C012-437A-A60B-7CEA426E5095.htm> (luettu: 11.6.2013)

3DS Max Help d. 2013. Url: <http://docs.autodesk.com/3DSMAX/16/ENU/3ds-Max-Help/files/GUID-26323F8D-3CC2-4918-A60D-C9D6C558584E.htm> (luettu: 11.6.2013)

3DS Max Help e. 2013. Url: <http://docs.autodesk.com/3DSMAX/16/ENU/3ds-Max-Help/files/GUID-50C3DCED-65F6-40B7-ACF7-689F82A5E9E1.htm> (luettu 11.6.2013)

3DS Max Help f. 2013. Url: <http://docs.autodesk.com/3DSMAX/16/ENU/3ds-Max-Help/files/GUID-2F6BC5D1-DD45-4C2E-AC3A-D8C6E0F5DEB1.htm> (luettu: 11.6.2013)

3DS Max Help g. 2013. Url: <http://docs.autodesk.com/3DSMAX/16/ENU/3ds-Max-Help/files/GUID-AF8CC92C-F9F7-4F26-ACA7-C0C41694C59B.htm> (luettu: 11.6.2013)

3DS Max Help h. 2013. Url: <http://docs.autodesk.com/3DSMAX/16/ENU/3ds-Max-Help/files/GUID-174895A4-9F03-4D36-8479-9A48AF7BD7D0.htm> (luettu: 17.6.2013)

3DS Max Help i. 2013. Url: <http://docs.autodesk.com/3DSMAX/16/ENU/3ds-Max-Help/files/GUID-AF8CC92C-F9F7-4F26-ACA7-C0C41694C59B.htm> (luettu: 17.6.2013)

3DS Max Help j. 2013. Url: <http://docs.autodesk.com/3DSMAX/16/ENU/3ds-Max-Help/files/GUID-EA1D6D09-A2CD-4204-8093-A7AE5EC5E333.htm> (luettu: 17.6.2013)

Ball, R. 2008. Softimage CAT Url:

http://www.animationmagazine.net/tech_reviews/softimage-cat-3-0/ (luettu: 11.6.2013)

- Blair, P. 1989. How to Animate Film Cartoons. Url: <http://livlily.blogspot.fi/2010/10/preston-blair-how-to-animate-film.html> (luettu 13.6.2013)
- Deugan, R. 2012. Iconic Simplicity: How Silhouettes, 8 Bit, and the Synopsis Create Memorable Design. Url: <http://ryandeugan.com/archives/387> (luettu: 12.6.2013)
- Gahan, A. 2011. 3Ds Max Modeling for Games, second edition, volume one. Iso-Britannia: Focal Press.
- Hellard, P. 2007. Team Fortress 2, Visual Design, Comic Game Action, with a purpose. Url: http://www.cgsociety.org/index.php/CGSFeatures/CGSFeatureSpecial/team_fortress_2 (luettu: 12.6.2013)
- Khang, L. Yamada, M. Yoon, F. Robertson, S. 2011. The Skillful Huntsman. USA: Design Studio Press.
- Lambert, P. 2011. Comparison of 10 popular 3D modeling software. Url: <http://tideart.com/?id=4e26f595> (luettu: 10.6.2013)
- Lipitz, N. 2010. The Chicago School of Media Theory, Animation 2. Url: <http://lucian.uchicago.edu/blogs/mediatheory/keywords/animation-2/> (luettu 13.6.2013)
- Miller, M. 2003. The Chicago School of Media Theory, Animation 1. Url: <http://lucian.uchicago.edu/blogs/mediatheory/keywords/animation/> (luettu 13.6.2013)
- Mitchell, J. Francke, M. & Eng, D. 2007. Illustrative Rendering in Team Fortress 2.
- Murdock, K. 2012. 3DS Max 2013 Bible. Yhdysvallat: John Wiley & Sons Inc.
- Petroc, Z. Lanning, K. & Baysal, T. 2007. D'Artiste: Character Modeling 2. Koonnut: Wade, D. Australia: Ballistic Publishing.
- Robbins, N. 2009. What is Character Design? Url: http://www.ehow.com/about_5340687_character-design.html (luettu: 3.6.2013)
- Taylor, P. LinkedIn-profiili. <http://ca.linkedin.com/pub/philip-taylor/9/a17/828> (luettu: 11.6.2013)

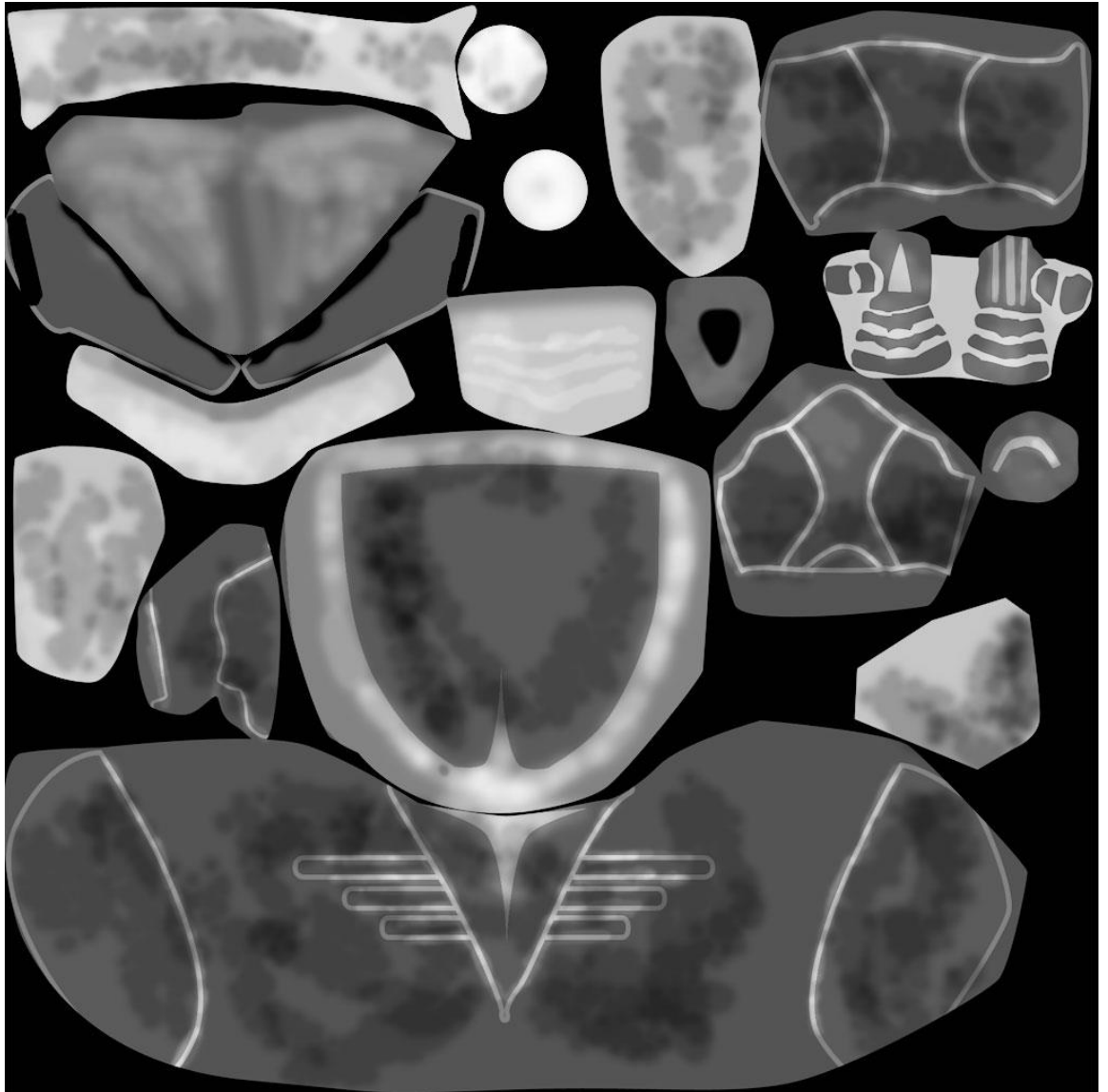
WiseGeek.com. Url: <http://www.wisegeek.com/what-is-3d-modeling.htm> (luettu: 6.6.2013)

LIITTEET

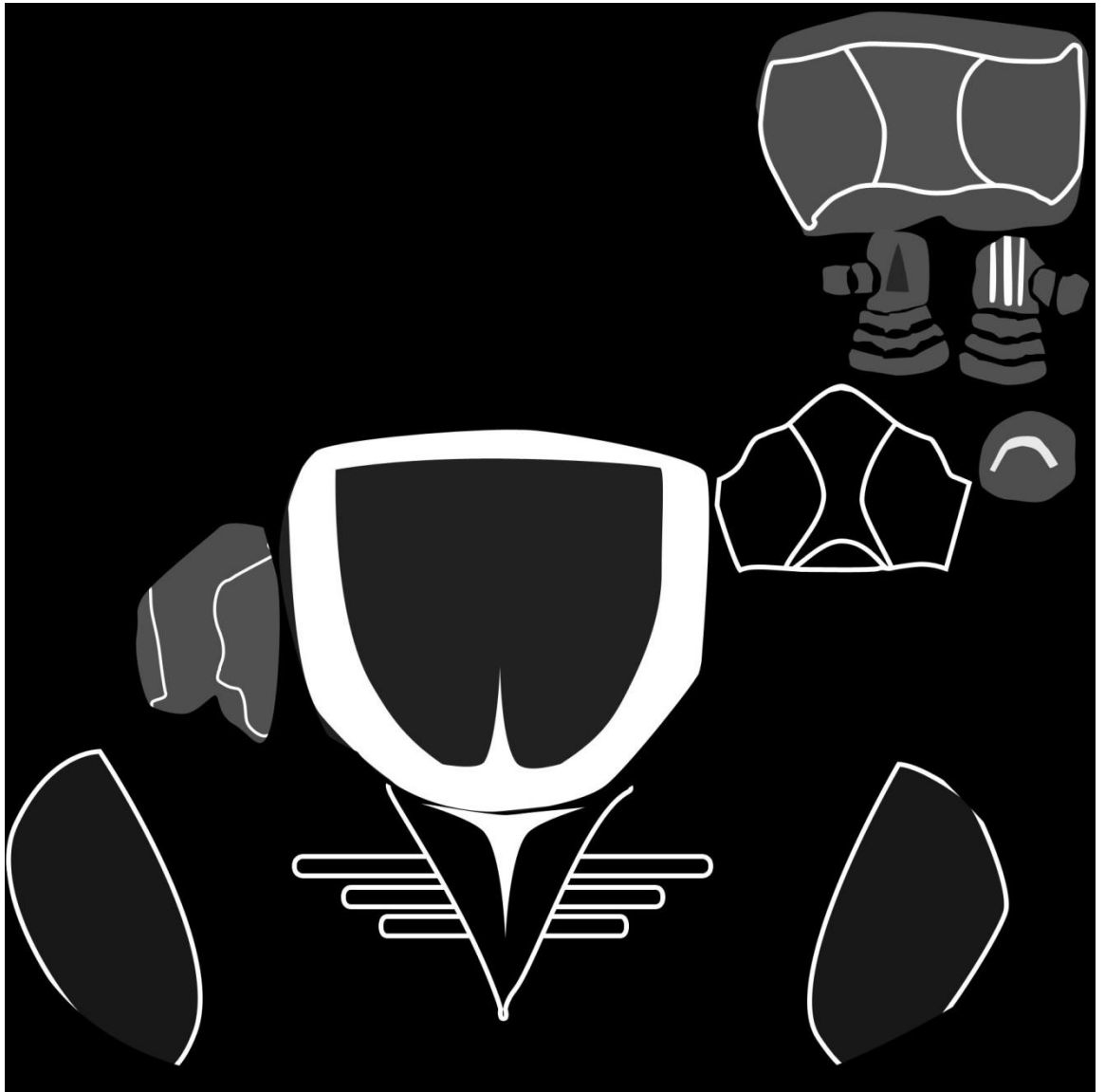
TEKSTUURIKARTAT



Diffuse-tekstuuri



Specular-tekstuuri



Bump-tesktuuri

