

# LIIKKEENKAAPPAUSTEKNOLOGIAN HYÖDYNTÄMINEN JOUKKUEMAILAPELIEN TAITOHARJOITTELUSSA

## Tiivistelmä

Tekijä(t) Kuparinen, Johan	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Valmistumisaika Kevät 2019
	Sivumäärä 38	
Työn nimi <b>Liikkeenkaappausteknologian hyödyntäminen joukkuepelien taitoharjoittelussa</b>		
Tutkinto Tieto- ja viestintätekniikan insinööri (AMK)		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyössä tutkittiin liikkeenkaappausteknologian hyödyntämistä datan keräämisessä joukkuepelien taitoharjoittelusta. Toimeksiantajana oli Lahden ammattikorkeakoulu Oy. Opinnäytetyö toteutettiin osana Lahden ammattikorkeakoulun hanketta ”Joukkuepelien taitoharjoittelun anturi- ja datankeräysteknologian kehittäminen”.</p> <p>Toteutuksessa käydään läpi liikkeenkaappausta yleisesti sekä tutkitaan sen historiaa ja käyttökohteita. Työssä paneudutaan liikkeenkaappauksen suurimpiin käyttökohteisiin ja tarkastellaan niiden taustaa. Lopuksi otetaan käyttöön liikkeenkaappausjärjestelmä ja tutkitaan sen hyödyntämismahdollisuuksia.</p> <p>Työn tuloksena on pohja liikkeenkaappauksen käytölle toimeksiantajan jatkoprojekteissa. Työn perusteella voidaan koota ohjeet saatavilla olevan liikkeenkaappauspuvun käytöstä jatkon helpottamiseksi.</p>		
Asiasanat liikkeenkaappaus, animointi, AXIS Neuron, MotionBuilder, 3ds Max, Unity		



## Abstract

Author(s) Kuparinen, Johan	Type of publication Bachelor's thesis	Published Spring 2019
	Number of pages 38	
Title of publication <b>Utilizing motion capture technology in the skill practice of team racket sports</b>		
Name of Degree Information and communications technology		
Abstract <p>The objective of this thesis was to research the possibilities of utilizing motion capture technology in collecting data from team racket sports. The thesis was commissioned by Lahti University of Applied Sciences as a part of a bigger project.</p> <p>The thesis examines motion capturing on a general level, going through its history and different uses. Then it goes deeper into the biggest industry to currently use motion capturing. Finally a motion capturing system is set up and its uses in the project are examined.</p> <p>The results of the thesis create a basis for using motion capturing in the follow-up projects of the Lahti University of Applied Sciences. Based on the thesis, an instruction manual for the use of the current available motion capturing system can be created.</p>		
Keywords motion capturing, animation, AXIS Neuron, MotionBuilder, 3ds Max, Unity		

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	1
2	LIIKKEENKAAPPAUS .....	2
2.1	Tekniikat.....	2
2.2	Käyttökohteet.....	4
2.2.1	Elokuvateollisuus.....	4
2.2.2	Peliteollisuus .....	5
2.2.3	Lääketiede ja urheilu .....	5
2.3	Liikkeenkaappauksen työnkulku lyhyesti .....	6
3	LIIKKEENKAAPPAUKSEN KÄYTTÖ PELIANIMOINNISSA .....	8
3.1	Animaatiosta yleisesti .....	8
3.2	Animaation 12 periaatetta .....	9
3.2.1	Litistyminen ja venyminen .....	9
3.2.2	Ennakoiminen.....	10
3.2.3	Asettelu .....	10
3.2.4	Animointi suoraan ja asennosta asentoon .....	11
3.2.5	Seuraava liike ja päällekkäinen liike .....	12
3.2.6	Kiihtyminen ja hidastuminen.....	13
3.2.7	Kaaret.....	14
3.2.8	Toissijainen toiminta.....	15
3.2.9	Ajoitus.....	16
3.2.10	Lioittelu .....	17
3.2.11	Piirustustaito .....	18
3.2.12	Viehättävyys .....	19
3.3	Liikkeenkaappaus verrattuna perinteiseen animointiin .....	20
3.4	Animaatio peleissä.....	21
3.4.1	Hahmoanimaatio .....	21
3.4.2	Kasvoanimaatio .....	23
3.4.3	Tausta-animaatio.....	23
3.4.4	Välanimaatio .....	24
3.5	Pelianimaation tekniikat .....	24
3.5.1	Luuanimaatio.....	25
3.5.2	Kuvasekvenssianimaatio.....	26
4	OHJELMISTOJA .....	27

4.1	Liikkeenkaappaukseen tarvittavia ohjelmistoja .....	27
4.2	AXIS Neuron .....	27
4.3	3ds Max .....	27
4.4	MotionBuilder .....	27
4.5	Unity .....	28
5	PERCEPTION NEURONIN KÄYTTÖ JA HYÖDYNTÄMINEN JOUKKUEMAILAPELEISSÄ .....	29
5.1	Laitteiston käyttöönotto .....	29
5.1.1	Perception Neuronin kalibrointi .....	29
5.1.2	Liikkeenkaappaus AXIS Neuronilla .....	32
5.2	Animaation tuottaminen .....	33
5.3	Käyttömahdollisuudet joukkueemailapeleissä .....	34
6	YHTEENVETO .....	36
	LÄHTEET .....	37

## 1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on toteutettu osana Lahden ammattikorkeakoulun hanketta ”Joukkuemailapeliin taitoharjoittelualustan anturi- ja datankeräysteknologian kehittäminen”. Hankkeen tavoitteena on kehittää teknologiaa, joka mahdollistaa suorituksen palautetiedon keräämisen ja välittämisen pelaajan ja valmentajan hyödynnettäväksi. Hankkeella pyritään lisäämään alueen valmennusosaamista ja mahdollistamaan uusia innovaatioita kehittämiseen liittyen.

Opinnäytetyön tavoite on kartoittaa liikkeenkaappausteknologian käytön mahdollisuuksia osana datan keräämistä. Tarkoituksena on tarjota teoreettinen pohja, josta voidaan myöhemmin lähteä jalostamaan uusia käyttötarkoituksia kyseiselle teknologialle.

Opinnäytetyö alkaa yleiskatsauksella liikkeenkaappaukseen ja lyhyesti sen historiaan. Työssä käsitellään liikkeenkaappauksen erilaisia käyttötarkoituksia ja paneudutaan hie- man tällä hetkellä liikkeenkaappauksen suurimpaan hyödyntämisalueeseen, pelianimoi- tiin.

Työn käytännön osuutena on liikkeenkaappausjärjestelmä Perception Neuronin käyttöö- otto. Sen käyttämistä osana Lahden ammattikorkeakoulun hanketta on pohdittu teoreetti- sesti, luoden mahdollisuuden liikkeenkaappausteknologian käytölle mahdollisessa jatko- hankkeessa.

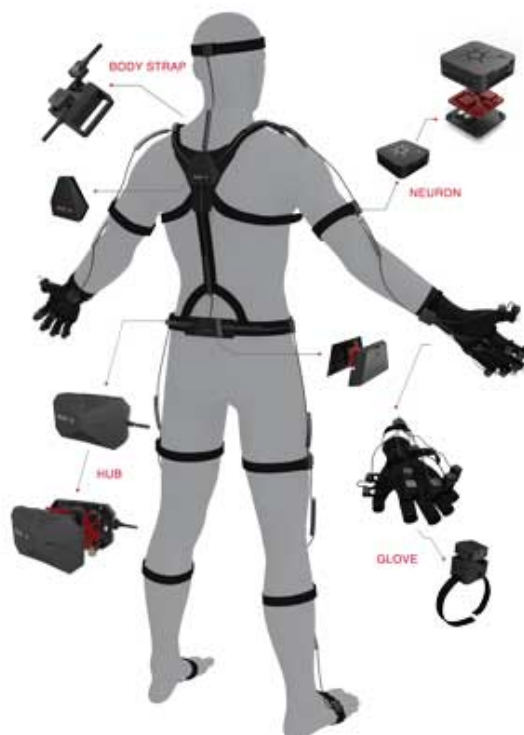
Perception Neuronin käyttöönotossa ja käytössä käytettiin tukena useampaa ohjelmaa, jotka käydään lyhyesti läpi opinnäytetyössä. Perception Neuronin käyttö ei kuitenkaan ole sidottu näihin ohjelmiin. Tässä tapauksessa ohjelmat on valittu niiden saatavuuden ja yh- teensopivuuden takia.

## 2 LIIKKEENKAAPPAUS

### 2.1 Tekniikat

Liikkeenkaappauksen tekniikat voidaan lajitella kolmeen kategoriaan: magneettiseen, optiseen sekä elektromekaaniseen liikkeenkaappausjärjestelmään. Kaikilla järjestelmillä on hyvät ja huonot puolensa. Kunkin järjestelmän paremmuus riippuukin yleensä tilanteesta ja käyttötarkoituksesta. (Kitagawa & Windsor 2008.)

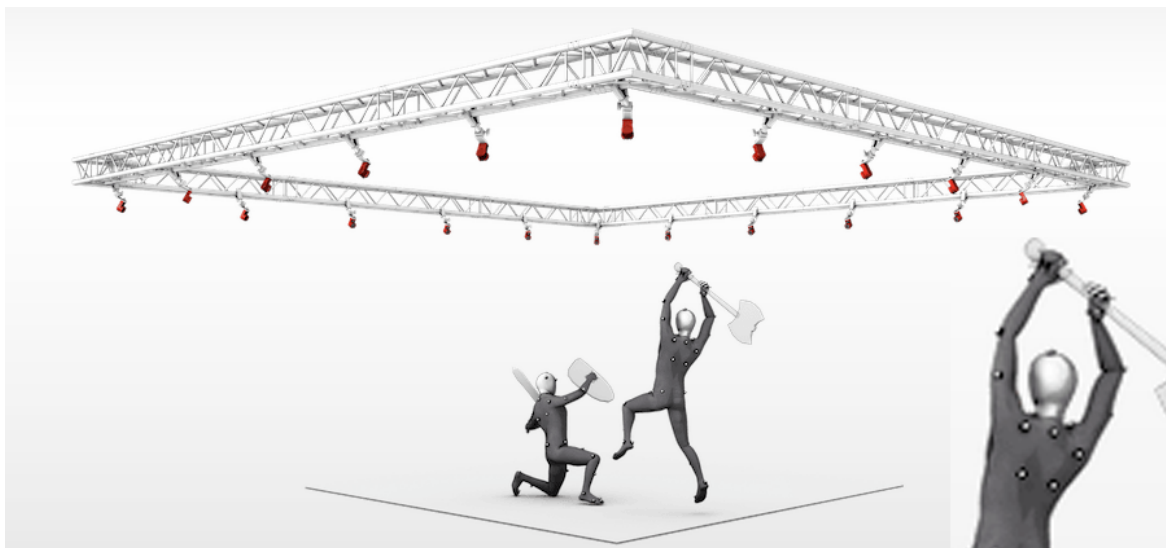
Magneettisen liikkeenkaappausjärjestelmän perustana on puvun muodostama magneettikenttä, jonka avulla lasketaan puvussa olevien sensorien sijainti ja rotaatio. Sensoreita on useita aseteltuna ympäri kehoa, jolloin ne muodostavat järjestelmälle kokonaiskuvan tapahtuvasta liikkeestä. Kuviossa 1 esiintyy esimerkki magneettisesta liikkeenkaappausjärjestelmästä. Sensorit voidaan asettaa myös vain tiettyyn ruumiinosaan, esimerkiksi käteen, mikäli muulle datalle ei ole tarvetta. (Kitagawa & Windsor 2008.)



KUVIO 1. Magneettinen liikkeenkaappausjärjestelmä nimeltä Perception Neuron (Noitom 2019b)

Magneettisen liikkeenkaappausjärjestelmän suurimpana etuna on sen keveys. Puku ei juurikaan rajoita näyttelijän liikettä, ja sitä on mahdollista käyttää missä vain. Haittapuole-  
na on järjestelmän herkkyys pienillekin ulkoisille magneettikentille, sillä ne sotkevat senso-  
rien paikantamisen. (Kitagawa & Windsor 2008.)

Optisessa liikkeenkaappausjärjestelmässä näyttelijään kiinnitetään seurantapisteitä, joiden liikettä tilassa olevat kamerat tallentavat. Kamerat asetellaan eri puolille näyttelijää, jolloin ne pystyvät määrittämään jokaisen seurantapisteen sijainnin kolmiulotteisesti. Yleensä seurantapisteet ovat valoa heijastavia tai itsestään loistavia, ja muu ympäristö pyritään saamaan mahdollisimman tummaksi, jotta kamerat pystyvät helposti erottamaan seurantapisteet. Kuviossa 2 näkyy, kuinka näyttelijöiden päällä olevissa tummissa puvuissa on pyöreitä seurantapisteitä, sekä kattoon asetetut kamerat, jotka seuraavat kyseisiä seurantapisteitä. (Kitagawa & Windsor 2008.)



KUVIO 2. Optinen liikkeenkaappausjärjestelmä OptiTrack (muokattu OptiTrack 2019)

Optisessa liikkeenkaappauksessa etuna on liiketietojen tarkkuus ja liikkeen vapaus. Suurin haittapuoli on järjestelmän hankala siirrettävyys. Järjestelmä ei ole juurikaan liikuteltava, ja kaappausstudioon vaaditaan erillinen tila. Laitteisto on myös yleensä kalliimpi muihin vaihtoehtoihin verrattuna. (Kitagawa & Windsor 2008.)

Elektromekaanisessa liikkeenkaappausjärjestelmässä näyttelijä pukee päälleen ulkoista luurankoa muistuttavan puvun. Puvussa olevat kiihtyvyyssanturit ja gyroskoopit mittaavat liikuttua matkaa sekä nivelten kulmaa. Kuviossa 3 on esimerkki elektromagneettisesta liikkeenkaappausjärjestelmästä. (Kitagawa & Windsor 2008.)



KUVIO 3. Elektromagneettinen liikkeenkaappausjärjestelmä Gypsy 7 (CGSpeed 2010)

Elektromagneettisen liikkeenkaappausjärjestelmän etuna on sen liikuteltavuus. Toisin kuin magneettisuuteen perustuvassa järjestelmässä, elektromekaaniseen järjestelmään eivät vaikuta ulkoiset magneettikentät. Järjestelmän suurin heikkous on näyttelijän liikkeiden rajoittaminen. Puvussa olevat kiskot estävät esimerkiksi selällään makaamisen. (Kitagawa & Windsor 2008.)

## 2.2 Käyttökohteet

Liikkeenkaappaus kehitettiin alun perin lääketieteeseen käyttöön. Sillä oli tarkoitus hoitaa liikunnallisesti rajoittuneita potilaita tutkimalla heidän liikeratojaan yksityiskohtaisesti. Tekniikkaa käytettiin etusijassa loukkaantuneiden sotilaiden kuntouttamisessa. (Potter 2015.)

Myöhemmin liikkeenkaappauksen käyttö on levinnyt myös muille aloille. Nykyään liikkeenkaappausteknologian käyttö on näkyvillä eniten viihdeteollisuudessa.

### 2.2.1 Elokuvateollisuus

Liikkeenkaappauksella on pitkä historia elokuvien tuottamisessa, tosin sen tekniikat erosivat pitkälti nykyisestä. Silloin liikkeenkaappaus tapahtui ottamalla videokuvaa liikkeestä ja piirtämällä sen jälkeen kyseisen videon päälle liikkeen mukaisesti. Tätä tekniikkaa on käytetty muun muassa Walt Disneyn klassisissa animaatioelokuvissa. (Vince 2002.)

Liikkeenkaappauksen käyttö on yleistynyt elokuvateollisuudessa 2000-luvun alusta lähtien ja on tullut tilanteeseen jossa animaatioelokuvia tuotetaan kokonaan sitä käyttäen. Tunnettuja esimerkkejä liikkeenkaappauksella luoduista elokuvahahmoista ovat Taru Sormusten Herrasta -elokuvasarjan Klonkku sekä Avatar-elokuvan Na'vit.

### 2.2.2 Peliteollisuus

Tällä hetkellä peliteollisuus on suurin yksittäinen liikkeenkaappauksen hyödyntämisalue. Useat suuremmat peliyrietykset käyttävät jo liikkeenkaappausta vakiintuneesti animoinnissaan. Tästä syystä peliteollisuus on tällä hetkellä myös suurin liikkeenkaappausteknologi-  
an edistäjä.

Liikkeenkaappauksen avulla pelit alkavat saavuttamaan laadultaan jo melkein elokuvamaisen ulkoasun. Liikkeet ja liikkeiden ympärille rakennettu maailma näyttävät parhaimmillaan niin fotorealistisilta, että niiden erottaminen oikeasta maailmasta alkaa olla hankalaa.

### 2.2.3 Lääketiede ja urheilu

Liikkeenkaappauksen käyttö lääketieteessä on laajentunut sen alkuperäisistä käyttötarkoituksista. Liikunnallisesti rajoittuneiden potilaiden lisäksi liikkeenkaappausta voidaan käyttää muun muassa tulevien vaurioiden ehkäisemisessä, aivotutkimuksessa sekä urheilijoiden tulosten parantamisessa.

Liikunnallisesti rajoittuneiden potilaiden hoidossa liikkeenkaappausta käytetään vian löytämiseen liikkeessä. Esimerkiksi jalkaleikkauksesta parantuvan potilaan kävelyä voidaan tarkkailla ja liikettä tallentaa, ja saatu data yhdistettynä potilaan fyysiseen tutkimukseen antaa asiantuntijoille käsityksen vian aiheuttajasta. Tällöin kävelyn liikettä voidaan lähteä korjaamaan oikeaan suuntaan. (Potter 2015.)

Liikkeenkaappauksella on mahdollista tutkia terveen tai terveeltä vaikuttavat ihmisen liikettä, ja asiantuntijat voivat löytää liikkeestä vikoja, jotka aiheuttavat räsitystä ja kuluttavat niveliä. Tällöin voidaan ennustaa esimerkiksi pintapuolisesti täysin normaalisti kävelevän henkilön lonkkavika vuosia etukäteen sekä alkaa korjaamaan vikaa jo etukäteen. (Potter 2015.)

Liikkeenkaappausta voidaan käyttää aivotutkimuksen tukena. Samalla kun potilaan aivoja tarkastellaan magneettikuvauksella, tarkkaillaan hänen liikkeitään liikkeenkaappauksella. Tällöin voidaan ymmärtää miten erilaiset liikkeet vaikuttavat aivojen toimintaan, tai aivojen



toiminta liikkeeseen. Esimerkiksi pakkoliikkeistä kärsivän potilaan oireiden syitä voidaan lähteä selvittämään tällä tavalla. (Dawson 2014.)

Mahdollisimman tehokkaan ja toimivan liikkeen toteuttaminen on urheilussa tärkeää. Nähdessään itse tekemänsä liikkeen esimerkiksi peilistä tai videolta urheilija voi ymmärtää tekemänsä virheet ja lähteä korjaamaan niitä. Tallennetun visuaalisen esityksen lisäksi liikkeenkaappaus tarjoaa myös mahdollisuuden saada tarkkaa dataa liikkeistä. Esimerkiksi koripallossa ohiheittoja usein heittävä pelaaja voi nähdä tallennetusta datasta, että hänen kätensä ovat väärässä kulmassa heittoliikkeessä. Liikkeenkaappauksella on siis mahdollista analysoida urheilijan liikettä erittäin tarkasti, ja hyödyntää saatua tietoa hänen kehittämisessään sekä vammojen ehkäisemisessä. (Potter 2015.)

Liikkeenkaappauksen käytön ongelma lääketieteessä ja urheilussa on sen hintavuus. Eri-tyisesti lääketieteellisesti tarkat liikkeenkaappausjärjestelmät ovat kalliita, ja ainoastaan isoimmilla sairaaloilla, tutkimuslaitoksilla tai urheiluseuroilla on varaa ostaa niitä. (Potter 2015.)

### 2.3 Liikkeenkaappauksen työnkulku lyhyesti

Liikkeenkaappaus aloitetaan liikkeenkaappauslaitteiston kalibroinnilla. Kalibroinnilla tarkoitetaan toimenpiteitä, joiden avulla saadaan tietoon määritetyissä olosuhteissa mittauslaitteen mittanormaaleilla eli standardeilla toteutettujen arvojen välinen yhteys. Kalibroinnissa etsitään yhteys sovittuun vertailumittaan eli jäljitettävyyteen mittanormaaliin. Liikkeenkaappauksessa tämä tarkoittaa käytännössä liikkeenkaappauslaitteiston sensorien sijainnin ja suunnan määrittämistä suhteessa toisiinsa. (Wikipedia 2019b.)

Liikkeenkaappauslaitteiston huolellinen kalibrointi ennen sen käyttöä on ehdottoman tärkeää hyvän lopputuloksen saavuttamiseksi. Kalibroinnin tapa vaihtelee riippuen käytetystä laitteistosta. Esimerkiksi joissakin optisissa liikkeenkaappausjärjestelmissä käytetään kalibroitaisauvaa, tai magneettisissa liikkeenkaappausjärjestelmissä tehdään sarja erilaisia asentoja liikkeenkaappauspuku päällä.

Kalibroinnin jälkeen tapahtuu itse liikkeenkaappaus. Liikkeenkaappauksen aikana liikkeenkaappauspukuun pukeutunut näyttelijä voi esimerkiksi toistaa yhtä liikettä useaan kertaan parhaan version löytämiseksi, tai vaikkapa näyttellä isomman kohtauksen usean näyttelijän kanssa. Liikkeenkaappauksen aikana data tallennetaan myöhempää jälkikäsitelyä varten.

Jälkikäsitelyllä tarkoitetaan liikkeenkaappausdatan muokkaamista jälkikäteen ja sen valmistelua jatkokäyttöön. Jälkikäsitelyn ensimmäinen vaihe on liikedatan puhdistaminen.

Tällöin määritetään, mitkä osat kaapatusta liikkeestä käytetään ja mitkä osat leikataan pois. Jäljelle jäävästä liikedatasta korjataan pieleen menneitä kohtia, kuten esimerkiksi raajan rotaatio väärään suuntaan.

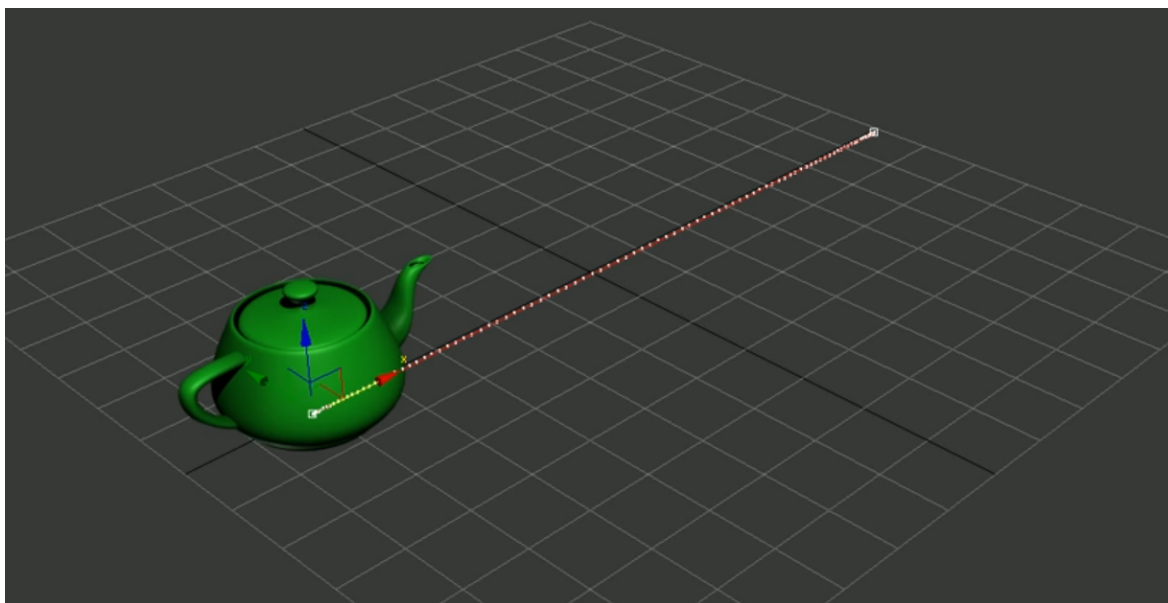
Kun liikkeestä on saatu haluttu ja siitä on poistettu kaikki ylimääräinen, se on valmis liitettäväksi hahmoon. Liikedata sidotaan 3D-mallinnetun hahmon luurankoon, milloin hahmo seuraa tallennettua liikettä ja on valmis käytettäväksi esimerkiksi animaatiossa tai pelissä.

### 3 LIIKKEENKAAPPAUKSEN KÄYTTÖ PELIANIMOINNISSA

#### 3.1 Animaatiosta yleisesti

Animaation tavoitteena on tuoda eloon animaation kohde luomalla sille liike. Perinteisesti animaatiot on tuotettu piirtämällä, mutta nykyään digitaalinen animaatio on yleisempi muoto. Digitaalinen animaatio perustuu avainruutujen (keyframe) käyttöön. Tässä halutun liikkeen alkamis- ja loppumistilanteeseen määritetään paikka ja asento, joiden välillä objekti liikkuu. Se, miten tämä tapahtuu, voidaan jakaa niin kutsuttuihin matalan ja korkean tason tekniikoihin. (Parent 1996.)

Matalan tason tekniikalla tarkoitetaan käsin luotuja, tietokoneavustettuja animaatioita. Animaatio voidaan tehdä tarkimmillaan määrittämällä liike jokaisessa ruudussa (frame), mutta nykyiset animaatio-ohjelmat osaavat luoda liikkeen kahden avainruudun välille, kuten kuviossa 4 on esitetty. Matalan tason tekniikalla pyritään yleensä tekemään tarkkaan haluttua liikettä.



KUVIO 4. Ohjelman määrittämä liikerata alkuruudusta loppuruutuun

Korkean tason tekniikoilla tarkoitetaan enimmäkseen tietokoneen tuottamia ja tallentamia animaatioita, joihin annetaan erilaisia määritteitä, sääntöjä ja rajoitteita. Tämä nopeuttaa pitkien ja monimutkaisten liikkeiden animointia antamalla suurpiirteiset raamit, joita voi muokata jälkepäin tarkemmaksi. Liikkeenkaappaus on yksi korkean tason tekniikoista.

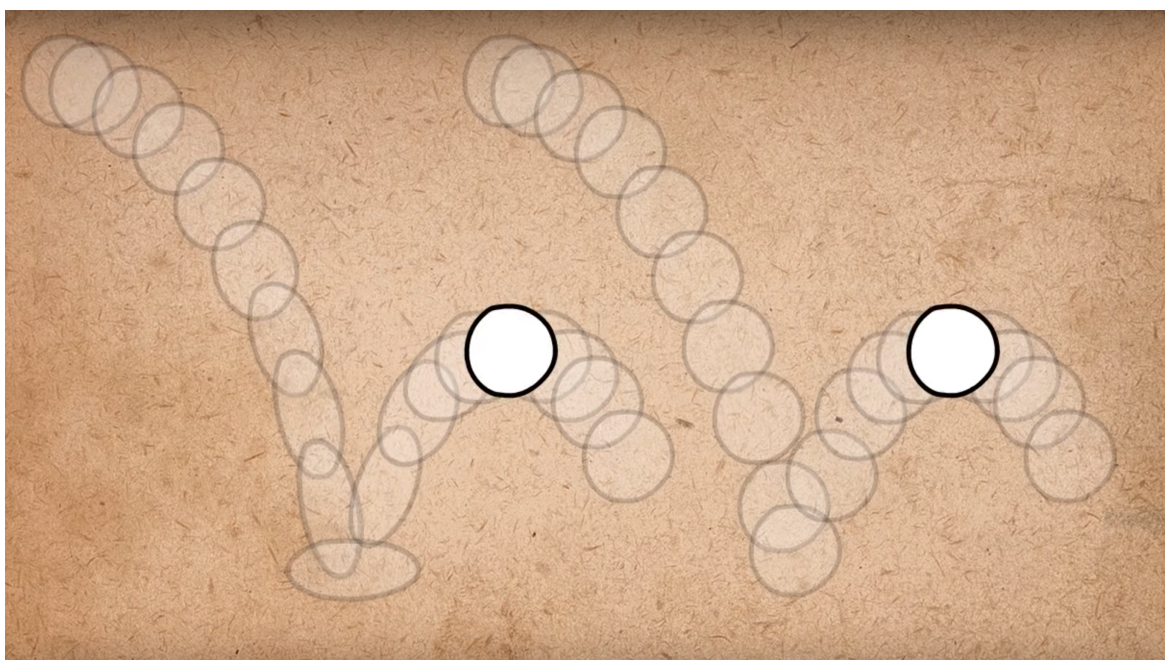
## 3.2 Animaation 12 periaatetta

1930-luvulla Disneyllä kehittyi animaation perustaksi 12 periaatetta, joita kaiken animoidun liikkeen tulisi noudattaa. Periaatteiden tavoitteena on luoda illuusio, että animoidun kohde noudattaa fysiikan lakeja sekä liikkuu luonnollisella tavalla. Säännöt kirjattiin yhdeksi kokonaisuudeksi ensi kertaa vuonna 1981 Frank Thomasin ja Ollie Johnstonin kirjassa *The Illusion of Life: Disney Animation*. (Wikipedia 2019a.)

Osa periaatteista voidaan tulkita hieman soveltavammin digitaalisen animaation teossa, mutta siitä huolimatta ne ovat edelleen animoinnin kulmakiviä. Liikkeenkaappausta käytettäessä osa periaatteista toteutuu väistämättä, lisäten edelleen teknologian viehättävyyttä animoinnissa.

### 3.2.1 Litistymisen ja venymisen

Litistymisen ja venymisen tarkoituksena on antaa animoinnin kohteelle painon ja venyvyyden tunne. Liikkeessä objektin muoto voi muuttua, mutta sen tilavuuden tulee pysyä samana. Esimerkiksi lihaksen tilavuus ei muutu liikkeessä, vaikka sen muoto ei ole enää sama. Tällä voidaan antaa myös käsitystä objektin kovuudesta: mitä kovempi objekti on, sitä vähemmän se litistyy ja venyy. (Wikipedia 2019a.) Kuviossa 5 näkyy, kuinka vasemmalla puolella oleva pallo litistyy osuessaan maahan ja venyy liikkeen kiihtyessä. Tämä luo pallolle pehmeiden tunteen. Oikealla oleva pallo puolestaan ei muuta muotoaan, antaen kuvan sen kovuudesta.

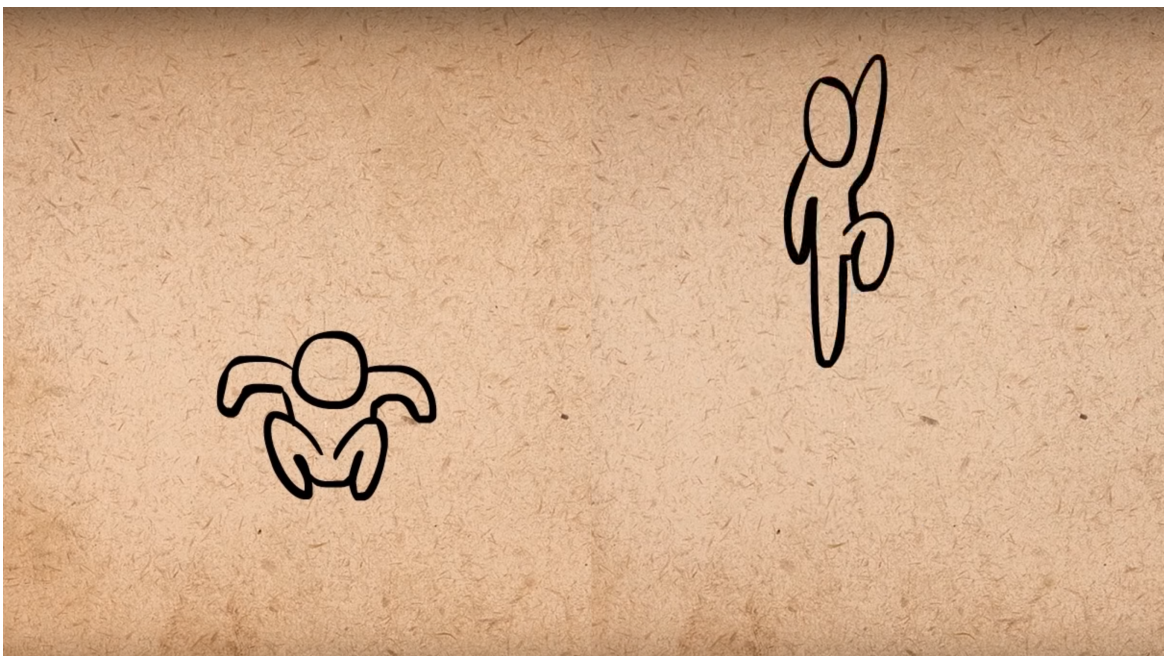


KUVIO 5. Esimerkki litistymisestä ja venymisestä (AlanBeckerTutorials 2017)

Litistymisen ja venymisen ei juurikaan tule liikkeenkaappauksessa ilmi, sillä nämä ovat yleensä lihaksiston, eli tässä tapauksessa 3D-mallinnetun hahmon ominaisuuksia. Liikkeenkaappausdata sidotaan luustoon, mikä ei näy lihaksiston alta.

### 3.2.2 Ennakoiminen

Ennakoinnin tarkoituksena on valmistella katsoja tulevaan toimintaan ja saada se vaikuttamaan realistisemmalta. Kuviossa 6 näkyy, kuinka hyppääjän tulee ennen hyppyä kyykistyä, mikä antaa katsojalle jo käsityksen tulevasta hypystä. Sama periaate pätee myös kun ruudulle ilmestyy jotain mitä katsoja ei voi ennestään nähdä, esimerkiksi ruudulla oleva henkilö voi jo kääntyä reagoimaan toiseen henkilöön ennen sen saapumista ruudulle. (Wikipedia 2019a.)



KUVIO 6. Esimerkki ennakoimisesta (muokattu AlanBeckerTutorials 2017)

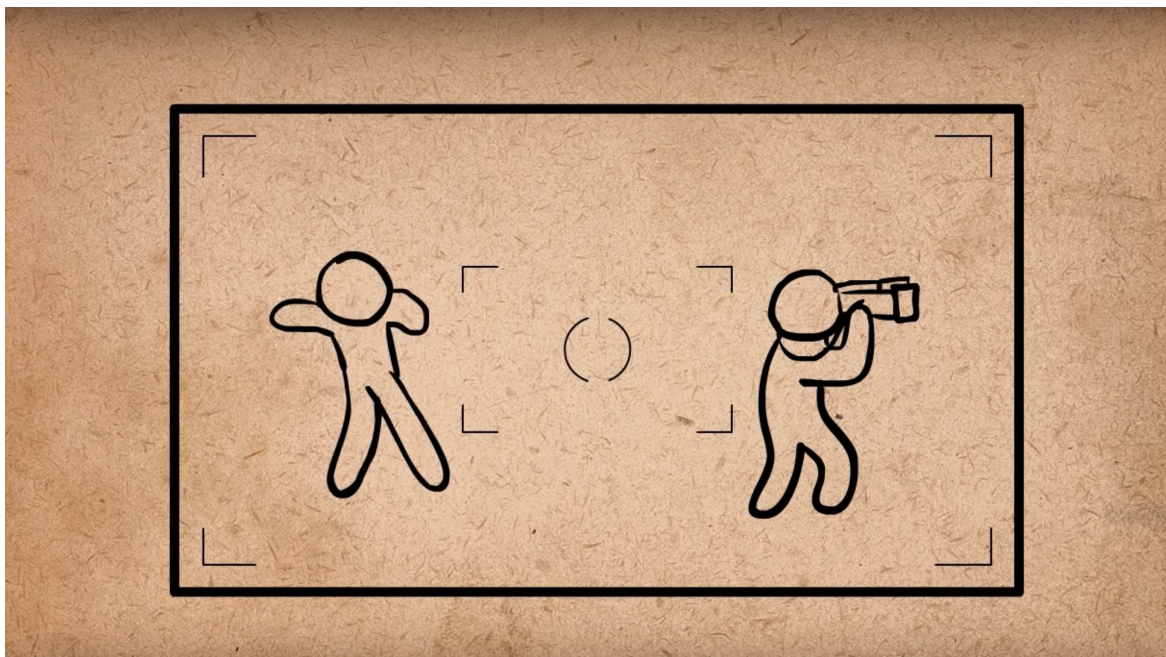
Liikkeenkaappausta käytettäessä ennakoiminen tapahtuu usein automaattisesti. Ihminen ei esimerkiksi pysty hyppäämään ponnistamatta, joten tätä ei ole tarpeellista huomioida erikseen hyppyliikkeen teossa.

### 3.2.3 Asettelu

Asettelyn tarkoituksena on tehdä selväksi mikä on kohtauksen tärkein asia, on se sitten esine, toiminta, ilmaus tai tunnetila. Tähän on monta tekniikkaa, esimerkiksi valon ja varjojen käyttö sekä kameran asettelu. Periaatteen ydin on pitää huomio siinä mikä on tärkeää



ilman liiallisia yksityiskohtia. (Wikipedia 2019a.) Kuviossa 7 nähdään, kuinka kuvassa halutaan selvästi painottaa vasemmalta hiipivää henkilöä hänen liikkuaan ruudun poikki.



KUVIO 7. Esimerkki asetelusta (AlanBeckerTutorials 2017)

Asettelulla ei ole liikkeenkaappauksen kannalta merkitystä. Asettelu tapahtuu vasta animoinnin myöhemmässä vaiheessa, kun valmiiksi mallinnettu ja animoitu hahmo tuodaan lopulliseen ympäristöön.

### 3.2.4 Animointi suoraan ja asennosta asentoon

Animointiin on kaksi erilaista tapaa. Suoraan animoinnissa animoidaan ruutu kerrallaan alusta loppuun. Asennosta asentoon animoitaessa asetetaan alku- ja loppuruutu, sekä muutama tärkeä ruutu liikkeen keskeltä, ja lopuksi täytetään niiden välinen liike väliruuduilla. Kuviossa 8 verrataan näitä kahta tapaa. Suora animaatio luo sulavampaa ja realistisempaa toiminnallista liikettä, mutta täsmäntävien asentojen tekeminen on hankalampaa. Asennosta asentoon animoiminen on nopeampaa ja luo selkeämpiä asentoja. Tietokoneanimaatiossa asennosta asentoon animoiminen on yleisempää, sillä tietokone osaa tuottaa puuttuvat väliruudut automaattisesti. (Wikipedia 2019a.)



KUVIO 8. Esimerkki suoraan (ylempi) ja asennosta asentoon (alempi) animoimisesta (AlanBeckerTutorials 2017)

Liikkeenkaappaus on suoraan animointia. Siinä liikettä tallennetaan yksi ruutu kerrallaan, mutta samaan aikaan se poistaa suoraan animointiin liittyvät ongelmat täsmentävien asentojen tekemisestä. Liikkeenkaappauksessa liikkeen ääriasennot syntyvät luonnollisesti.

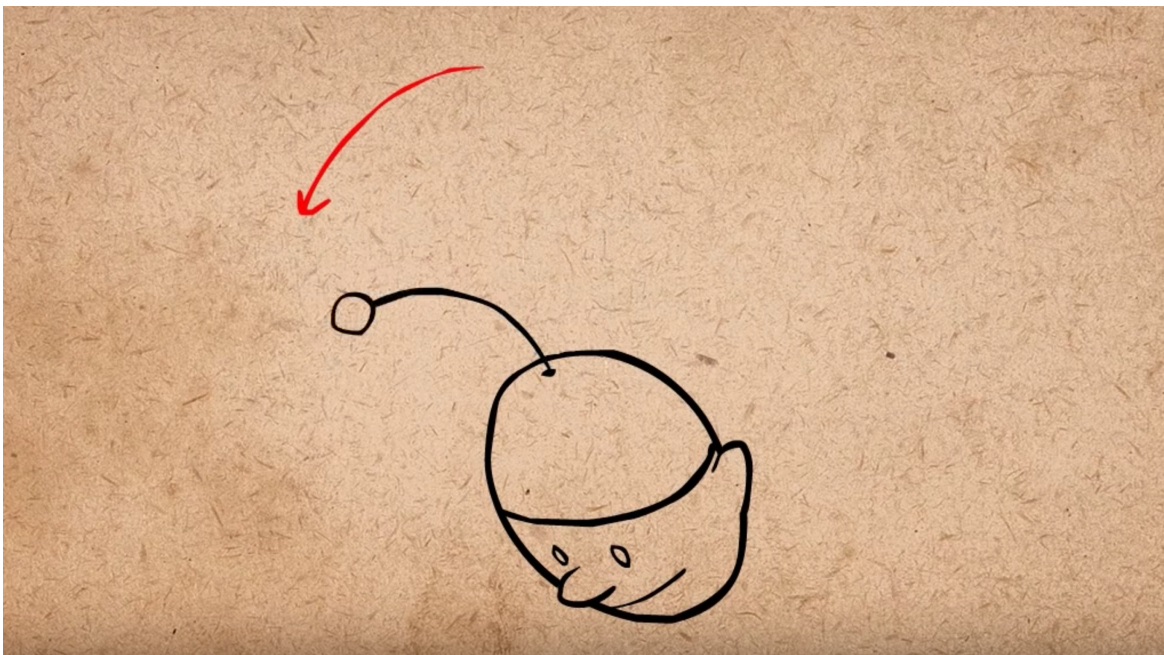
### 3.2.5 Seuraava liike ja päällekkäinen liike

Seuraavalla liikkeellä tarkoitetaan liikkuvassa objektissa olevien, löysempien osien liikettä suhteessa koko objektiin. Esimerkiksi ihmisen lähtiessä juoksemaan, hiukset ja takin helma pysyvät paikallaan hetken pidempään, kunnes ne kiskaistaan liikkeeseen mukaan. Vastaavasti ihmisen pysähtyessä hiukset ja takki jatkavat liikettä pidempään. (Wikipedia 2019a.) Kuviossa 9 näkyy, kuinka hatussa oleva antenni jatkaa liikettä vielä pään pysähtyessä.

Päällekkäisellä liikkeellä tarkoitetaan useiden eri liikkeiden samanaikaista tapahtumista. Juostessa eri ruumiinosat liikkuvat erillä tahdilla eivätkä vaikuta suoranaisesti toisiinsa. (Wikipedia 2019a.)

Tähän periaatteeseen sisältyy myös ajatus ”paikallaan liikkumisesta”. Tällä tarkoitetaan, että paikallaan olevakin hahmo voi tehdä pientä liikettä, esimerkiksi hengittää, vaikuttaakseen elävältä. (Wikipedia 2019a.)





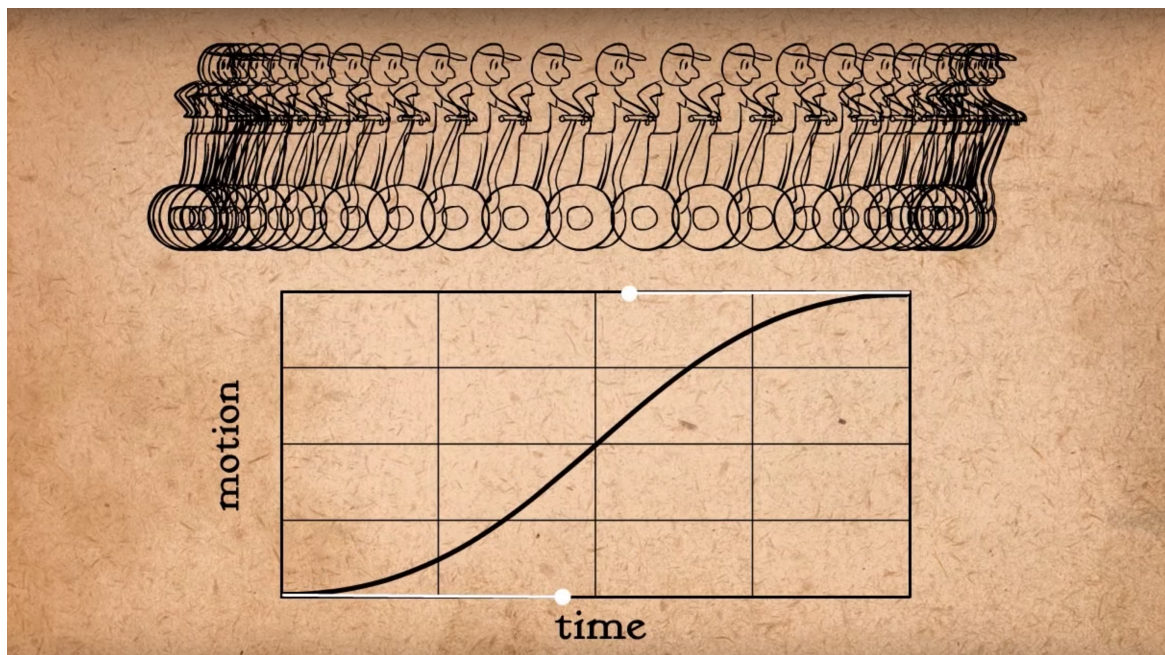
KUVIO 9. Esimerkki seuraavasta liikkeestä (muokattu AlanBeckerTutorials 2017)

Päällekkäisen liikkeen toteuttaminen liikkeenkaappauksella tapahtuu luonnostaan, ja sama pätee myös joihinkin paikallaan liikkumisen tapoihin. Paikallaan liikkumista joudutaan ehkä tekemään korostaen sen huomaamiseksi, sillä monet liikkeenkaappausjärjestelmät eivät havaitse hyvin esimerkiksi rintakehän liikettä hengittäessä. Seuraavaa liikettä ei voida liikkeenkaappauksella toteuttaa, ellei sensoreita erikseen kiinnitetä ja määritetä esimerkiksi hiuksiin tai takkiin.

### 3.2.6 Kiihtyminen ja hidastuminen

Realistinen liike ei koskaan muutu paikallaan olevasta täyteen nopeuteen tai pysähdy yllättäen. Liikkeelle lähtö on aina kiihtyvää liikettä, ja vastaavasti pysähtyminen on hidastuvaa liikettä. (Wikipedia 2019a.) Kuviossa 10 näytetään miten tämä pätee animoinnissa: nopeuden muuttuessa peräkkäisten kuvien päällekkäisyys lisääntyy tai vähenee, luoden illuusion nopeudesta.





KUVIO 10. Esimerkki kiihtymisestä ja hidastumisesta (AlanBeckerTutorials 2017)

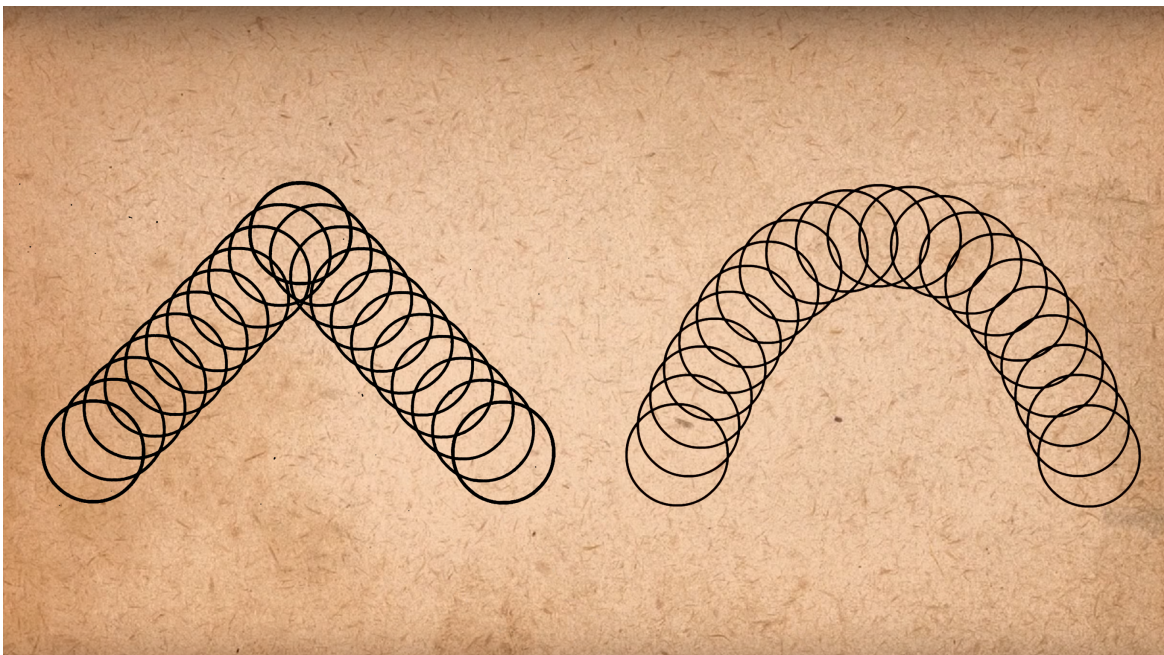
Koska liikkeenkaappauslaitteet seuraavat realistista liikettä, kiihtyminen ja hidastuminen tapahtuvat automaattisesti tallennetussa liikkeessä. Kaiken lisäksi kiihtymisen ja hidastumisen ajoitukset tallentuvat luonnollisesti.

### 3.2.7 Kaaret

Useimmiten luonnollinen liike tapahtuu kaarissa. Esimerkiksi käden suoristaminen ei ole suora liike, vaan kooste useista kaarissa tapahtuvista, kiertyvistä liikkeistä. Poikkeuksena tästä on mekaaninen liike, mikä on yleensä suoraa. (Wikipedia 2019a.)

Liikkeen nopeus vaikuttaa kaaren jyrkkyyteen. Esimerkiksi palloa heittäessä, mitä kovempaa pallo heitetään, sitä kauemmas se lentää. Tällöin myös pallon lentokaari on pidempi ja loivempi. (Wikipedia 2019a.)

Jos liike poikkeaa luonnollisesta kaarestaan ilman syytä, se rikkoo illuusion sulavasta liikkeestä. Tästä syystä oikealta tuntuvan kaaren luominen on tärkeää animoinnissa. (Wikipedia 2019a.) Kuviossa 11 näkyy vasemmalla puolella virheellinen pallon lentokaari, kun taas oikealla oleva kaari vaikuttaa mahdolliselta.



KUVIO 11. Esimerkki kaarista (muokattu AlanBeckerTutorials 2017)

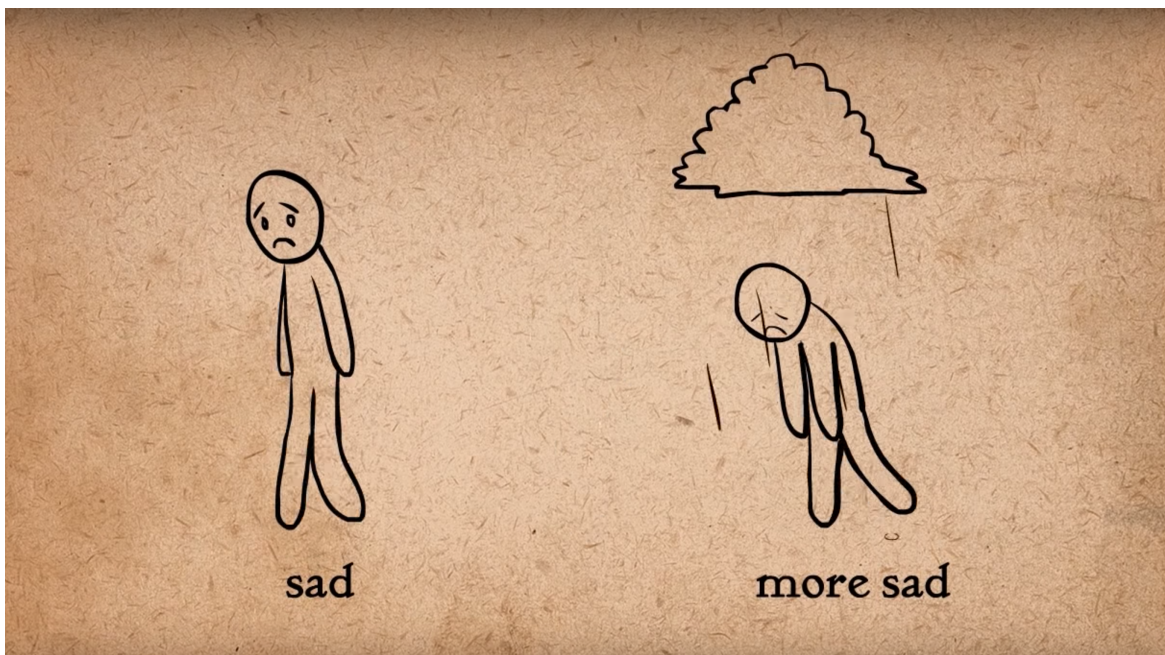
Luonnollisten kaarien luominen on yksi liikkeenkaappauksen suurimmista eduista. Yleensä erilaiset liikkeessä tapahtuvat kaaret tallentuvat heti luonnolliseksi, ja jälkikäsitteilyllä ne voidaan hioa täydellisyyteen.

### 3.2.8 Toissijainen toiminta

Toissijaisen toiminnan tarkoitus on tukea ja vahvistaa ensisijaista toimintaa, sekä antaa siihen uusia vivahteita. Esimerkiksi kävelyn ollessa ensisijainen toiminta, toissijainen toiminta voi olla käsien pitäminen taskussa tai niiden liikuttaminen kävelyn tahtiin. Nämä kaksi eriävää käsien toimintaa luovat kaksi erilaista kuvaa kävelijästä. Toissijainen toiminta ei kuitenkaan saa viedä huomiota pois ensisijaisesta toiminnasta. Esimerkiksi surullinen ihminen voi vahvistaa välittyvää surullisuuden tunnetta kasvojen ilmeillä ja itkemällä, mutta liioitellut ilmeet tai ylimenevä vullotus kiinnittävät katsojan huomion surullisuuden tunteen sijaan. (Wikipedia 2019a.)

Toissijainen toiminta voi olla myös jotain näyttelijän ulkopuolista. Kuviossa 12 näkyy, kuinka sade lisää ajatusta henkilön surullisuudesta. Ulkopuolisia vaikuttajia käytettäessä tulee kuitenkin harkita, voiko toissijaisen toiminnan käsittää väärin. Voiko sateen esimerkiksi nähdäkin positiivisena asiana vieden surullisuuden tunnetta kohtauksesta.



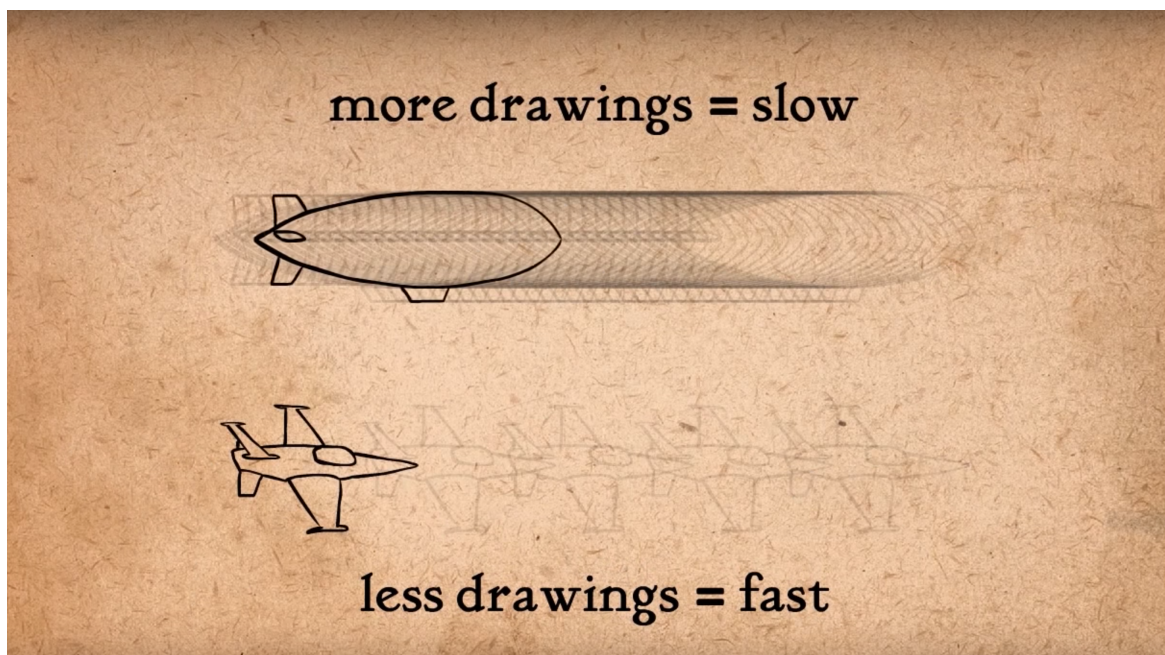


KUVIO 12. Esimerkki toissijaisesta toiminnasta (AlanBeckerTutorials 2017)

Toissijainen toiminta tallentuu näyttelijän liikkeistä riippuen suoraan liikkeenkaappausta käytettäessä. Tämä pätee kuitenkin vain jos kyseinen toissijainen toiminta on jotain mitä hahmo itse tekee, eikä jotain ulkoista toimintaa.

### 3.2.9 Ajoitus

Ajoituksella tarkoitetaan liikkeen luonnollista nopeutta, kuinka nopeasti objektit reagoivat liikkeeseen. Tällä saadaan esimerkiksi luotua käsitystä objektin painosta: työnnettäessä kevyt objekti lähtee liikkeelle nopeammin kuin painava objekti. (Wikipedia 2019a.) Kuviossa 13 näkyy kuinka piirtoruutujen käyttö animoinnissa vaikuttaa käsitykseen liikkuvan objektin nopeudesta.

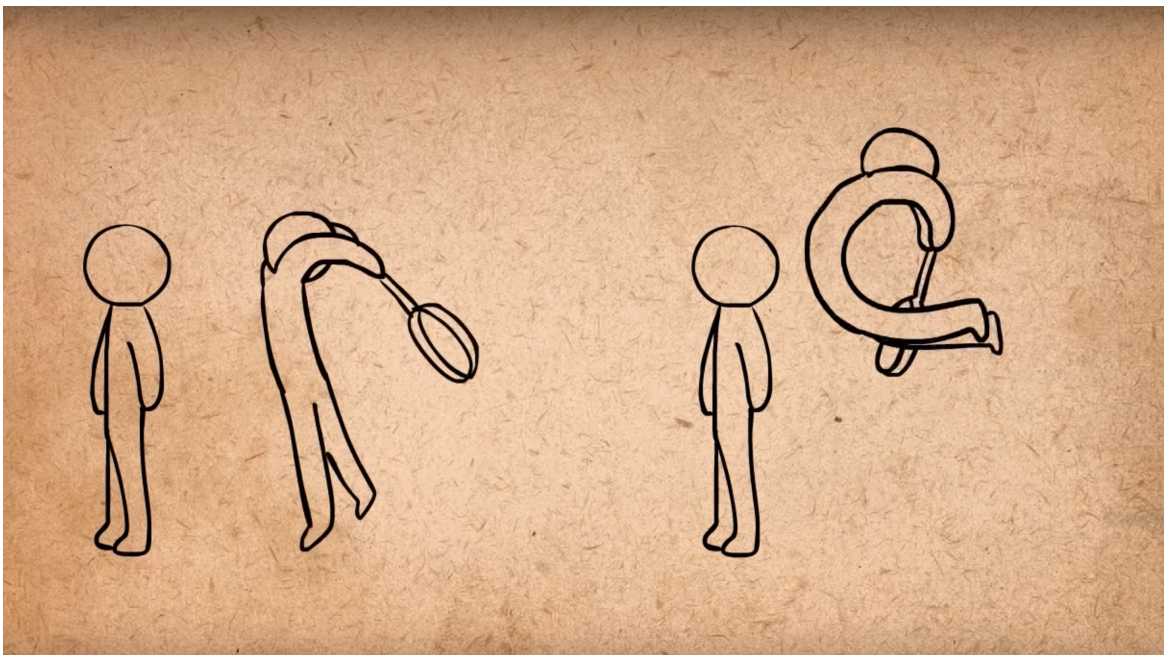


KUVIO 13. Esimerkki ajoituksesta (AlanBeckerTutorials 2017)

Liikkeenkaappausta käytettäessä ajoitukset tallentuvat automaattisesti kohdalleen. Kuitenkin ajoituksia voidaan jälkikäsitellyssä muokata esimerkiksi humoristisen efektin luomiseksi.

### 3.2.10 Lioittelu

Lioittelun käyttö riippuu halutusta tyylistä. Täysin realistisesti animoitu liike voi näyttää staattiselta ja tylsältä, joten siihen voidaan lisätä eloisuutta liioittelemalla hieman liikettä. (Wikipedia 2019a.) Kuviossa 14 nähdään kuinka oikealla puolella selvästi liioiteltu liike luo humoristisen vaikutelman tilanteeseen. Tämä on yleistä muun muassa lapsille suunnatuissa animaatioissa.



KUVIO 14. Esimerkki liioittelusta (muokattu AlanBeckerTutorials 2017)

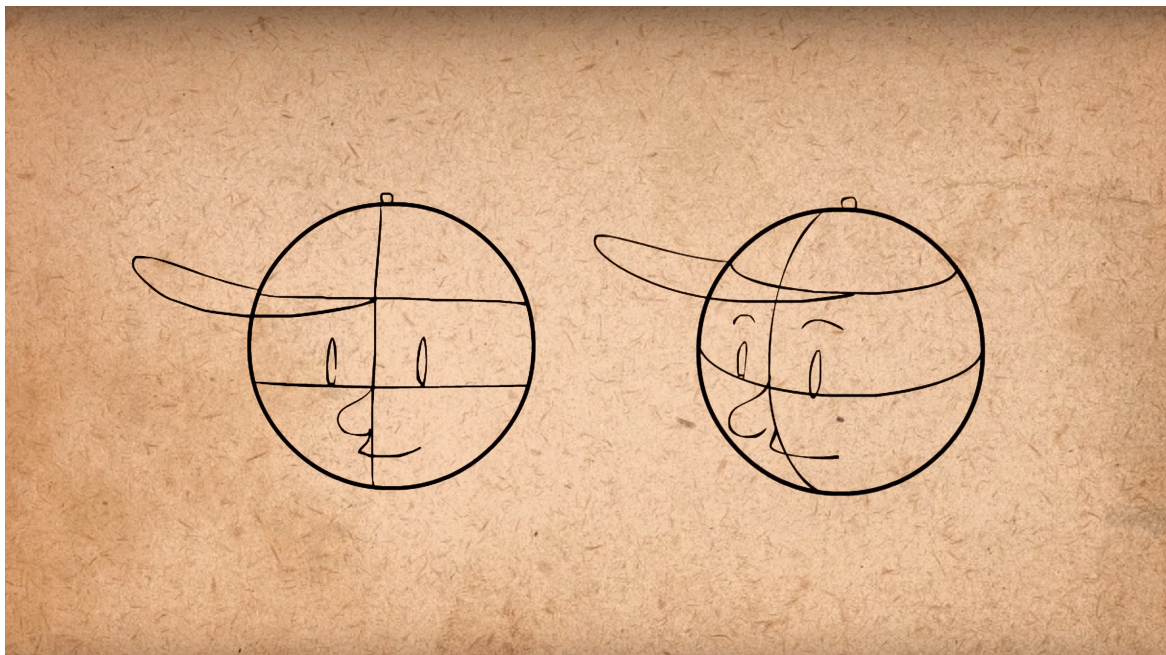
Liioiteltu liike on mahdollista toteuttaa liikkeenkaappauksella tiettyyn pisteeseen asti. Piirroskuvamaisen, selvästi epärealistisen liioittelun luonti puolestaan täytyy toteuttaa jälkikäsitteilyssä.

### 3.2.11 Piirustustaito

Piirustustaito liittyy nimensä mukaan piirretyn animaation luomiseen. Piirtäjän tulee tuntea kolmiulotteisuuden mukanaan tuomat haasteet, kuten objektin tilavuuden säilyttämisen samana joka kuvakulmasta. (Wikipedia 2019a.) Kuviossa 15 näkyy kuinka hahmon kasvojen muuttaminen kolmiulotteiseksi vaikuttaa kasvopiirteisiin.

Vaikka tietokoneanimaatioita tehdessä monet piirtämiseen liittyvistä ongelmista ovat poistuneet, on niiden periaatteiden ymmärtämisestä kuitenkin apua sulavan animaation luomisessa. (Wikipedia 2019a.) Liikkeenkaappaus ja piirustustaito eivät vaikuta suoranaisesti toisiinsa.





KUVIO 15. Esimerkki piirustustaidosta (muokattu AlanBeckerTutorials 2017)

### 3.2.12 Viehättävyys

Viehättävyydellä tarkoitetaan katsojan hahmosta kokemaa vetovoimaa. Jokaisen hahmon tulisi olla vetovoimainen, jotta katsoja kiinnittää niihin huomiota ja kokee ne oikeina. Esimerkiksi kasvojen liikkeet luovat vaikutelmaa hahmosta: mikäli kasvoissa ei juurikaan esiinny liikettä, koetaan hahmo etäisenä ja epäviehättävänä. (Wikipedia 2019a.) Kuviossa 16 hahmoista pyritään luomaan viehättävämpiä tekemällä niistä yksilöllisesti mielenkiintoisempia.



KUVIO 16. Esimerkki viehättävyydestä (muokattu AlanBeckerTutorials 2017)

Liikkeenkaappauksessa hahmon viehättävyyttä voidaan koettaa lisätä esimerkiksi aiemmin mainitulla liikkeen liioittelulla. Mikäli myös kasvojen liikettä tallennetaan, tällöin näyttelijän ilmeiden vahvuus on tärkeää.

### 3.3 Liikkeenkaappaus verrattuna perinteiseen animointiin

Liikkeenkaappauksen käytöllä animoinnissa on kaksi isoa etua:

- liikkeen tuottamisen nopeus
- liikkeen luonnollisuus.

Käsin animoitaessa lyhyen mutta monimutkaisen liikkeen animoimiseen voi kulua paljon aikaa. Esimerkiksi minuutin pituista tanssiesitystä animoitaessa liikkeitä kopioiden menisi tuntikausia saada edes yleispiirteiset liikkeet luotua. Liikkeenkaappausta käytettäessä tanssiesityksen siirtäminen digitaaliseen muotoon kestäisi juuri tanssiesitykseen kuluvan ajan verran, pois lukien tietokoneen laskenta-aika.

Hahmoa animoitaessa liikkeestä pyritään tekemään mahdollisimman luonnollista. Suurten liikkeiden uudelleenluonti digitaalisesti on helppoa, mutta luonnollisessa liikkeessä tärkeimpiä ovat pienet, melkein huomaamattomat liikkeet. Liikkeenkaappauksessa nämäkin liikkeet tallentuvat usein, ja tarvittaessa niitä voi korostaa jälkikäteen. (Wallin 2015.)

### 3.4 Animaatio peleissä

Videopelit ovat perinteisesti aina sisältäneet jonkin tasoista animaatiota. Se saattaa olla tasoltaan jotain niin yksinkertaista kuin muutaman pikselin liike ja tekstin ilmestyminen ruutuun, tai erittäin korkeatasoista, fotorealistisuuteen tähtäävää liikettä.

Pelianimaatio sisältää eri käyttötarkoituksiin liittyviä osia: hahmoanimaation, kasvoanimaation, tausta-animaation sekä välianimaation. Kaikkia näitä ei välttämättä löydy jokaisesta pelistä, ja pelin tyylistä riippuen nämä käsitteet voivat olla erittäin joustavia. Tästä huolimatta nämä kategoriat antavat yleispiirteisen käsityksen pelianimaation eri osaluista. (Rogers 2014.)

#### 3.4.1 Hahmoanimaatio

Hahmoanimaatiota tehtäessä on muutamia sille tärkeitä asioita, jotka tulee aina ottaa huomioon. Isoimman haasteen asettaa se, että videopelit ovat interaktiivisia ja pelaaja pystyy itse päättämään koska liike tapahtuu. Hahmo liikkuu ja toimii pelaajan kommentojen mukaisesti. (Pluralsight 2014.)

Hahmoanimaatiot ovat itse asiassa lyhyitä, tietyn liikkeen sisältäviä sekvenssejä. Esimerkiksi kävely on vain muutama askelen pituinen animaatio, jota toistetaan uudelleen ja uudelleen jatkuvan liikkeen luomiseksi. Kokonainen hahmon liike saadaan, kun näistä pätkistä kootaan suurempi kokonaisuus. Hyvänä esimerkkinä on hahmon kävely, joka koostuu itse asiassa vähintään kolmesta erinäisestä lyhyestä animaatiosta: liikkeelle lähtö, kävely ja pysähtyminen. Tärkeää on saada animaatiot toimimaan saumattomasti yhdessä riippumatta pelaajan päätöksistä. Jos kesken kävelyn pelaaja päättääkin laittaa hahmon juoksemaan, ja sitten hyppäämään, tulee näiden animaatioiden vaihtua sulavasti edellisestä seuraavaan. Animaatioiden tulee siis olla uudelleenkäytettäviä ja sopia keskenään yhteen. (Rogers 2014.)

Kaksiulotteisessa pelimaailmassa pelaaja näkee hahmon ja liikkeen vain yhdestä kuvakulmasta, mikä tarkoittaa, että hahmon tai esineiden taakse jäävää liikettä on turha animoida. Kolmiulotteisessa pelimaailmassa pelaaja puolestaan pystyy yleensä hallitsemaan kameraa. Tämä tarkoittaa, että esineitä ja liikkeitä voidaan tarkastella jokaisesta suunnasta. Ne täytyy siis hioa hyvännäköisiksi ja toimiviksi kaikista kuvakulmista. Kuvioissa 17 ja 18 voidaan vertailla kolmannen ulottuvuuden lisäämisen vaikutusta pelin ulkonäköön sekä animoinnin vaatimukseen. (Pluralsight 2014.)





KUVIO 17. Kaksiulotteinen maailma Worms-pelissä (G2Play 2019)



KUVIO 18. Kolmiulotteinen maailma Worms-pelissä (Charles 2011)

Pelin ollessa käynnissä grafiikkaa renderöidään jatkuvasti reaaliaikaisesti. Tällöin malleista ja animaatioista täytyy pyrkiä tekemään mahdollisimman kevyitä, jotta ne eivät veisi liikaa laskentatehoa.

Hahmoanimaatio on täsmälleen mihin liikkeenkaappaus on pelialalla tarkoitettu. Liikkeenkaappauksella on mahdollista tuottaa nopeasti tarkkoja ja monimutkaisia liikkeitä, mikä helpottaa pelin tuotantoa ja edistää tehokkuutta. Samasta liikkeestä voidaan tuottaa no-

peasti useita erilaisia versioita, toisin kuin käsin animoidessa. Tietenkään liikkeenkaappaus ei kuitenkaan sovellu kaikenlaisten pelien tuottamiseen, mutta sen merkitystä nykyaikaisten AAA-pelien tuotannossa ei voida vähätellä.

### 3.4.2 Kasvoanimaatio

Kasvoanimaation voisi laskea myös osaksi hahmoanimaatiota, mutta sen tuottamien eroaa hahmon muusta animoinnista riittävästi, että sen voi määritellä omaksi kategoriakseen. Liikkeenkaappauksella kasvoja animoidessa asetetaan kasvoihin yleensä merkkejä liikuteltavien lihaksien päälle, joita kasvoihin suunnattu kamera sitten seuraa. Kuviossa 19 on esimerkki kasvojen liikkeenkaappaukseen käytettävästä tekniikasta.



KUVIO 19. Kasvojen liikkeenkaappaukseen käytettävästä tekniikasta (Seymour 2017)

Kasvoissa on useita niiden liikkeeseen vaikuttavia lihaksia, ja näiden lihasten liike on erittäin yksilökohtaista. Kasvojen ja ilmeiden merkitys korostuu tunteiden ja ajatusten välittämisessä ihmiseltä toiselle. Tästä syystä niiden oikein animoiminen on ehdottoman tärkeää. (Wallin 2015.)

### 3.4.3 Tausta-animaatio

Tausta-animaatioilla tarkoitetaan pelimaailmassa taustalla tapahtuvia liikkeitä. Esimerkiksi autojen ajaminen, ruohon liike tuulella tai seinän reunustaa kulkeva kissa. Tausta-animaatioihin ei yleensä lisätä yhtä paljon yksityiskohtia kuin pelin pääanimaatioihin, koska ne on tarkoitus nähdä vain hetkellisesti. Kuitenkin niillä on iso vaikutus pelimaailman

eloon tuomisessa. Mitä enemmän satunnaista liikettä pelimaailmassa on, sitä elävämmältä ja mukaansatempaavalta se tuntuu. (Rogers 2014.)

Nykypäivänä tausta-animaatiosta tehdään entistä vuorovaikutteisempia, mikä lisää pelaajan yhteyden tunnetta pelimaailmaan. Esimerkiksi hiekalla kävely jättää jalanjälkiä, vedessä liikkuminen luo pieniä aaltoja tai pitkä heinä taittuu pois hahmon edestä.

Tausta-animaatioiden ongelma on, että niissä täytyy löytää tasapaino toimivuuden ja keveyden väliltä. Paremman näköinen animaatio tarkoittaa usein myös raskaampaa animaatiota, mikä nostaa vaadittavia tehoja pelin pyörittämiseen. Hyvänä esimerkkinä tästä on veden animointi. Huonosti tehty aaltoliike tai veden tekstuuri ei näytä hyvältä, mutta valtaosan vesimassan animoiminen hyvin on erittäin raskas tuottaa.

#### 3.4.4 Välianimaatio

Välianimaatiot eroavat muista pelien animaatioista siinä, että ne ovat elokuvamaisia. Pelaaja ei pysty niissä vaikuttamaan animaation tapahtumiin tai ajoitukseen. Tämä tarkoittaa, että animaation tulee näyttää hyvältä vain yhdestä, ennalta määritetystä kuvakulmasta. Tästä syystä välianimaatioiden tekeminen on erilaisten muuttujien huomioon ottamisen kannalta helpompaa. Esimerkiksi umpinaisen pöytätason takana kävelevän hahmon jalvoja ei ole hyödyllistä animoida, koska ne eivät tule näkymään lopullisessa tuotoksessa. Kuitenkin toisaalta välianimaatioissa tulee kiinnittää enemmän huomiota yksityiskohtiin, sillä niissä pelaaja keskittyy yksistään liikkeen katsomiseen, eikä siihen vaikuttamiseen. (Pluralsight 2014.)

Välianimaatioiden tuottaminen liikkeenkaappauksella vastaa elokuvan tuotantoa. Toisin kuin hahmoanimaatiossa, siinä ei pyritä tuottamaan sarjaa lyhyitä liikkeitä. Sen sijaan luodaan pidempi yhtenäinen animaatio.

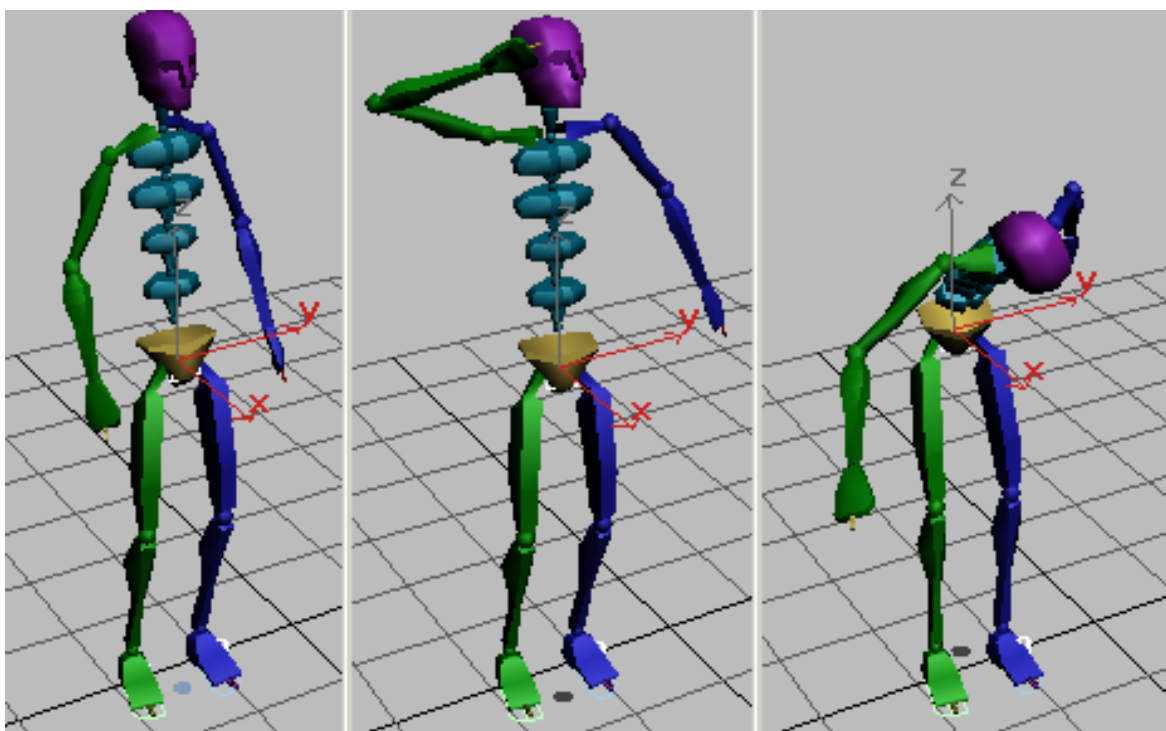
#### 3.5 Pelianimaation tekniikat

Hahmoanimaatioiden tekemiseen peleissä on vuosien varrella ollut useita erilaisia tekniikoita, mutta kaksi yleisintä tekniikkaa ovat luuanimaatio ja kuvasekvenssianimaatio. Tekniikan valintaan vaikuttaa tehtävän pelin graafinen tyyli, sekä muutamat tekniset seikat. Yleistäen voi sanoa, että luuanimointia käytetään monimutkaisia liikkeitä vaativiin animaatioihin varsinkin kolmiulotteisessa ympäristössä. Kuvasekvenssianimointia käytetään, kun peli on graafiselta tyyliltään vähemmän realistinen, esimerkiksi pikseligrafiikkaa. (Rogers 2014.)

Liikkeenkaappaus on osa luuanimointia, sillä saatu liikedata sidotaan hahmon luustoon. Luuston tulee vastata muodoltaan liikkeenkaappauksen kohteen muotoa, eli yleensä olla ihmismäinen.

### 3.5.1 Luuanimaatio

Luuanimaatiossa käytetään nimensä mukaisesta apuna luustoa, joka sidotaan animoitavaan hahmoon. Kuviossa 20 esitetään kuinka luustoa liikuttamalla ja kiertämällä saadaan aikaan liike hahmolle. Luusto auttaa pitämään hahmon mittasuhteet samana ja mahdollistaa selkeän hierarkian luomisen kehonosille.



KUVIO 20. 3D-mallinnetun hahmon luusto (Autodesk 2019c)

Hyvän hierarkian luominen on ehdottoman tärkeää helpon animoinnin takaamiseksi. Luustoa luodessa tulee miettiä, miten kehonosien liikkeet vaikuttavat toisiinsa. Hierarkian huipulle asetetaan kaikkein eniten muihin kehonosiin vaikuttava osa. Esimerkiksi ihmismäistä hahmoa luodessa hierarkian huippu asetetaan yleensä alakroppaan, vyötärön seudulle. Kun alakroppa liikkuu, yleensä myös muu keho liikkuu. Mutta yläkropan liikkuessa alakroppa voi pysyä paikoillaan. Tästä voidaan päätellä, että yläkroppa on riippuvainen alakropasta, mutta alakroppa ei yläkropasta, joten alakroppa on hierarkiassa korkeammalla. Vastaavasti esimerkiksi käden liike ei välttämättä vaikuta muuhun kehoon, joten se on hierarkian loppupäässä. (Rogers 2014.)



### 3.5.2 Kuvasekvenssianimaatio

Kuvasekvenssianimaatio on vanhempi animointitapa. Se perustuu alkuperäiseen piirrosanimaatioiden tekniikkaan, missä liike luodaan piirtämällä melkein sama kuva uudelleen ja uudelleen, muuttaen kuitenkin hahmon asentoa hieman jokaisessa kuvassa. Kuviossa 21 hahmon liikettä on muutettu hieman jokaisessa kohdassa, ja kun kuvat toistetaan nopeasti peräkkäin syntyy illuusio liikkeestä. Kuvasekvenssianimointi on edelleen käytössä oleva tekniikka, sitä käytetään erityisesti 2D-pelien teossa. 3D-animoinnissa kuvasekvenssejä ei käytetä, sillä se vaatisi animoinnin kohteen kuvaamisen jokaisesta mahdollisesta kuvakulmasta etukäteen, jokaisessa liikkeessä.



KUVIO 21. Kuvasekvenssi Little Fighter 2 –pelistä (muokattu Ifreezer 2018)

Kuvasekvenssianimaation ongelma on, että se on joustamatonta eikä sopeudu tietokoneen toistonopeuteen. Pelin nopeus on lukittuna yhteen ruutumäärään sekunnissa, sillä nopeuden vaihtuessa myös kuvien toistonopeus vaihtuisi, muuttaen animaation nopeutta. Tämä voi aiheuttaa kuvan pätkimistä ja välkyntää. (Rogers 2014.)

## 4 OHJELMISTOJA

### 4.1 Liikkeenkaappaukseen tarvittavia ohjelmistoja

Liikkeenkaappaukseen käytettävät ohjelmistot sisältävät yleensä rajoitetun määrän jälkikäsittelemahdollisuuksia. Tästä syystä loppuun viedyn animaation tuottaminen vaatii yleensä useamman ohjelman käyttöä.

Liikkeenkaappauksesta saatavan animaation loppuun vieminen vaatii yleensä vähintäänkin itse liikkeenkaappausohjelmiston sekä mallinnusohjelman hahmon luomiseen ja animaation liittämiseen. Animaation liittämiseen löytyy myös erillisiä, siihen tarkoitettuja ohjelmia.

### 4.2 AXIS Neuron

AXIS Neuron on Noitomin kehittämä ohjelmisto, joka on tarkoitettu käytettäväksi yhdessä saman yrityksen tuottaman liikkeenkaappauspuvun, Perception Neuronin kanssa. Sitä käytetään puvun hallintaan, kalibrointiin sekä liikkeenkaappaukseen. (Noitom 2019.)

AXIS Neuronista löytyy ominaisuuksina muun muassa puvun sensorien hallinta, liiketietojen tallentaminen eri tiedostotyyppisiin, useamman puvun yhtäaikaista käyttöä sekä datan visualisointi. (Noitom 2019.)

### 4.3 3ds Max

3ds Max on mallinnukseen ja renderöintiin tarkoitettu ohjelmisto. Sen on kehittänyt ja julkaissut Autodesk. Ensimmäinen versio julkaistiin vuonna 1996. 3ds Max on saatavilla osana Autodeskin ohjelmistokokonaisuutta. (Autodesk 2019a.)

3ds Maxia käytetään pääasiassa 3D-mallinnukseen ja animointiin. Se tarjoaa laajan kattauksen erilaisia työkaluja sekä yhteensopivuuden muiden Autodeskin ohjelmien kanssa. (Autodesk 2019a.)

### 4.4 MotionBuilder

MotionBuilder on Autodeskin omistama hahmoanimointiin tarkoitettu ohjelmisto. MotionBuilderin kehitti alun perin kanadalainen yritys Kaydara, jonka Autodesk myöhemmin osti osaksi itseään. Ensimmäinen Autodeskin versio MotionBuilderista julkaistiin vuonna 2009. MotionBuilder on saatavilla osana Autodeskin ohjelmistokokonaisuutta. (Autodesk 2019b.)

MotionBuilder ei sisällä ollenkaan mallinnusominaisuuksia, mikä erottaa sen muista vastaavankaltaisista ohjelmista, kuten esimerkiksi 3ds Maxista. MotionBuilder on suunnattu täysin animaatioiden tekemiseen, ja on hyvä työkalu kun tuotetaan suurta määrää animaatioita. MotionBuilder on myös yhteensopiva useimpien erilaisten liikkeenkaappaustiedostojen kanssa, ja sillä tuotetut tiedostot voi avata kaikilla yleisimmillä mallinnusohjelmilla sekä pelimoottoreilla. (Autodesk 2019b.)

#### 4.5 Unity

Unity on Unity Technologiesin kehittämä pelimoottori. Unityn ensimmäinen versio julkaistiin vuonna 2005. Alun perin Unityn julkaisualue oli OS X, mutta se on sittemmin laajentunut kattamaan yli 25 eri alustaa. Unity on nykyään maailman suosituin ohjelmisto pelien tuottamiseen. Unity tukee 2D- ja 3D-grafiikkaa. (Unity Technologies 2019.)

Unitystä on saatavilla kolme versiota: Personal, Plus sekä Pro. Unity Personal on ilmainen versio, eikä se sisällä tukea tai oppimismateriaalia Unityltä. Unity Personalia käyttävä yritys ei saa tienata yli satatuhatta dollaria vuodessa. Unity Plus on maksullinen, harrastelijoille tarkoitettu versio, joka sisältää oppimismateriaalia Unityyn. Unity Plussaa käytettäessä saa tienata korkeintaan kaksisataatuhatta dollaria vuodessa. Unity Pro on versioista kallein. Prossa tulee mukana etuja, jotka tukevat yritysten ja freelancerien työskentelyä. Unity Prossa ei ole tienausrajaa. (Unity Technologies 2019.)

## 5 PERCEPTION NEURONIN KÄYTTÖ JA HYÖDYNTÄMINEN JOUKKUEMAILAPELEISSÄ

### 5.1 Laitteiston käyttöönotto

Opinnäytetyön tekeminen lähti liikkeelle liikkeenkaappauslaitteiston käyttöönotosta. Käytetty liikkeenkaappauspuku on Noitomin tuottama Perception Neuron. Se on julkaistu vuonna 2018, ja tästä syystä sen käyttöön liittyvää sisältöä ei löydy paljoa. Monien ominaisuuksien käyttö tulikin opiskella useiden kokeilujen ja epäonnistumisien kautta.

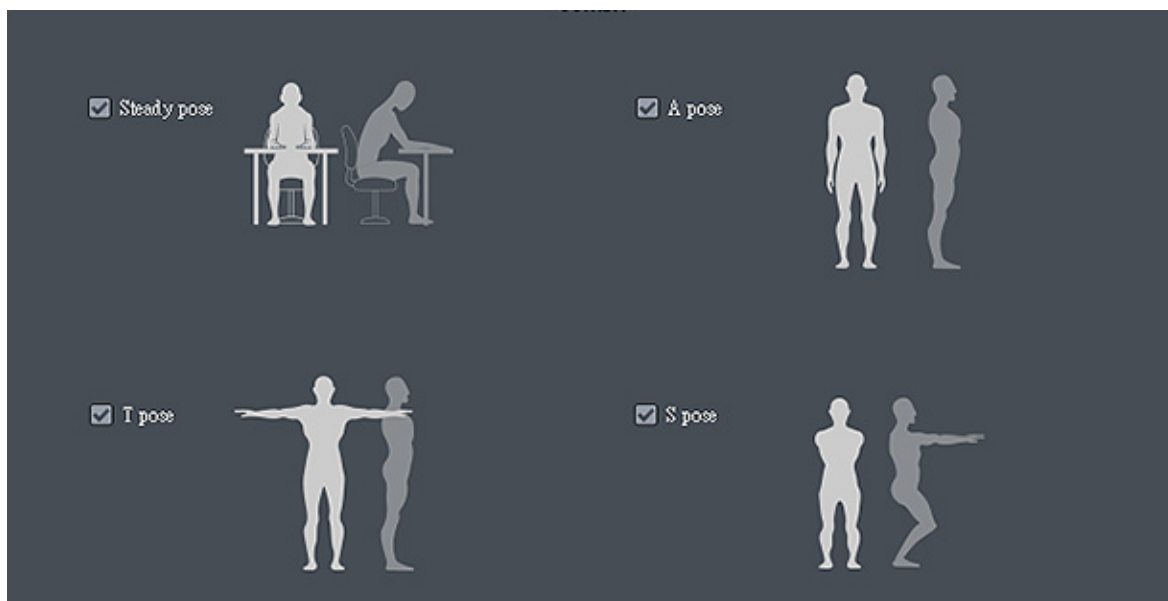
Perception Neuron on magneettinen liikkeenkaappausjärjestelmä. Puvussa on 32 sensoria ympäri kehoa, sekä vyötärölle asetettava ohjainlaite. Ohjainlaite luo magneetikentän ja seuraa sensorien liikettä siinä. Sensorit ovat kuitenkin yhteydessä toisiinsa myös johdoilla virran kuljettamiseksi. Puvun ei tarvitse myöskään olla kiinni tietokoneessa, sitä on mahdollista käyttää langattomasti. Tällöin puvun ja liikkeenkaappaukseen käytettävän tietokoneen tulee olla samassa langattomassa verkossa. Toinen vaihtoehto on laittaa puvun ohjainlaitteeseen muistikortti, jolloin tietokonetta ei tarvita ollenkaan liikkeenkaappausvaiheessa.

Perception Neuronia käytetään sen oman ohjelmiston, AXIS Neuronin kautta. Ohjelmiston käyttö voidaan jakaa kahteen isompaan kokonaisuuteen: puvun kalibrointiin sekä liikkeenkaappaukseen. AXIS Neuronin maksullisella versiolla, AXIS Neuron Prolla on mahdollista tehdä myös jälkikäsitteilyä, mutta sen hankalan käytettävyyden ja puutteellisten ominaisuuksien vuoksi tämä vaihe on suositeltavampaa suorittaa toisella ohjelmistolla.

#### 5.1.1 Perception Neuronin kalibrointi

Kuviossa 22 näkyy Perception Neuronin nelivaiheinen kalibrointi. Kalibroinnin aikana ollaan neljässä eri asennossa, joista puku laskee sensorien aseman. Ensimmäisen, istuvan asennon tarkoituksena on mitata sensoreiden nollassot. Tätä vaihetta ei tarvitse yleensä suorittaa kuin kerran, ensimmäisen kalibraation aikana. Jos puvusta katkaistaan virta, tällöin ohjelmisto pyytää myös uuden nollassokalibroinnin. Kalibroinnin kolme muuta asentoa määrittävät sensorien aseman suhteessa toisiinsa.

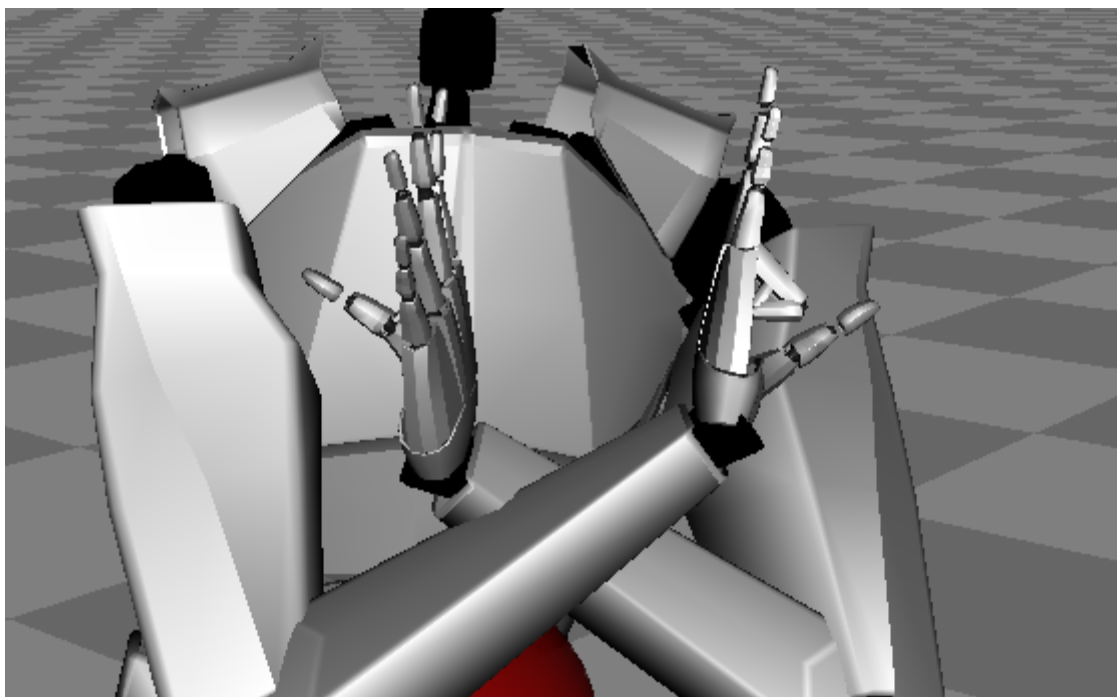




KUVIO 22. Kalibrointia AXIS Neuronilla

Kalibroinnin yhteydessä on kannattavaa asettaa AXIS Neuronin puolesta käyttäjän kehonmitat. Ohjelmisto tarjoaa myös ennalta asetettuja arvoja perustuen käyttäjän pituuteen ja sukupuoleen, mutta tarkemman mittaustuloksen saamiseksi yksilölliset mitat ovat tarpeelliset. Mittauksessa kannattaa huomioida, että lantion leveys mitataan poikkeuksellisesti edestä taakse eikä sivulta sivulle, toisin kuin muut mitat.

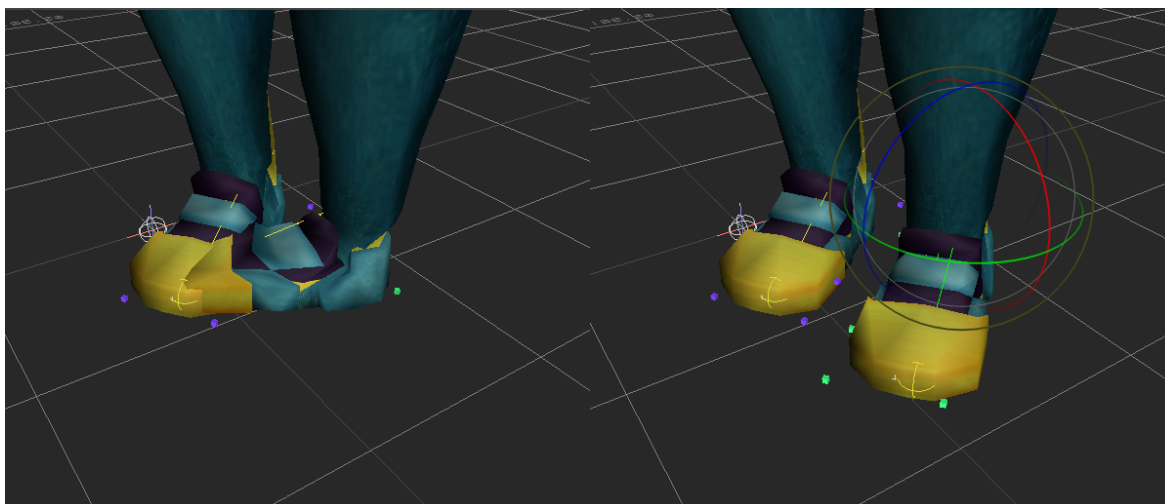
Kalibroinnin jälkeen kannattaa tarkistaa että kaikki ruumiinosat toimivat normaalisti. Yleensä eniten kalibrointivirheitä esiintyy käsissä ja jaloissa. Käsissä usein esiintyviä ongelmia ovat käsien väärä etäisyys toisistaan sekä sormien yli- tai alitaipuvuus. Kuvion 23 tapauksessa kämmenien tulisi olla yhdessä, mutta jokin kalibroinnissa on mennyt pieleen. Jaloissa ongelmina ovat jalkaterien virheellinen etäisyys toisistaan tai niiden osoittaminen väärään suuntaan. Tällaisten ongelmien esiintyessä heti kalibroinnin jälkeen on uusi kalibrointi suositeltavaa. Ratkaisuja ongelmiin ovat AXIS Neuronin asetettujen kehonmittojen muuttaminen sekä hienoiset muutokset kalibrointiasentoihin. Esimerkiksi, jos ongelmana on jalkaterien liian suuri etäisyys toisistaan, kannattaa uudessa kalibroinnissa ottaa hieman leveämpi haara-asento.



KUVIO 23. Esimerkki liikkeenkaappauksessa tapahtuneesta virheestä

Mikäli yksittäinen sensori tuntuu aiheuttavan jatkuvasti ongelmia kalibroinnissa, on todennäköistä että se on altistunut liikaa ulkoisille magneettikentille. Tällöin se tulee irrottamaan puvusta ja sille täytyy suorittaa erillinen nollauskalibrointi. Sensori kiinnitetään suoraan johdolla ohjainlaitteeseen ja AXIS Neuronista valitaan sensorin nollaava toiminto. Tämän jälkeen sensorin voi kiinnittää takaisin pukuun ja sen pitäisi toimia normaalisti.

Ongelmattoman kalibroinnin saavuttaminen voi olla haastavaa ja usean uuden kalibroinnin takana, mutta täysin tarkkaa liikkeenkaappausta on Perception Neuronilla käytännössä mahdotonta saavuttaa. Pienetkin ympäristössä olevat magneettikentät vaikuttavat mitaustuloksiin, joten puvun tarkka käyttö edellyttäisi ympäristöä joka on täysin vapaa sähkö- ja magneettikentiltä. Tästä syystä saatua liikkeenkaappausdataa tulee yleensä jälkikäsitellä täydellisen lopputuloksen saamiseksi. Kuviossa 24 korjataan vinossa olevan nilkan asento takaisin suoraan. Mitä enemmän tällaisia virheitä tallennetussa liikkeessä esiintyy, sitä enemmän jälkikäsitelyä data vaatii.

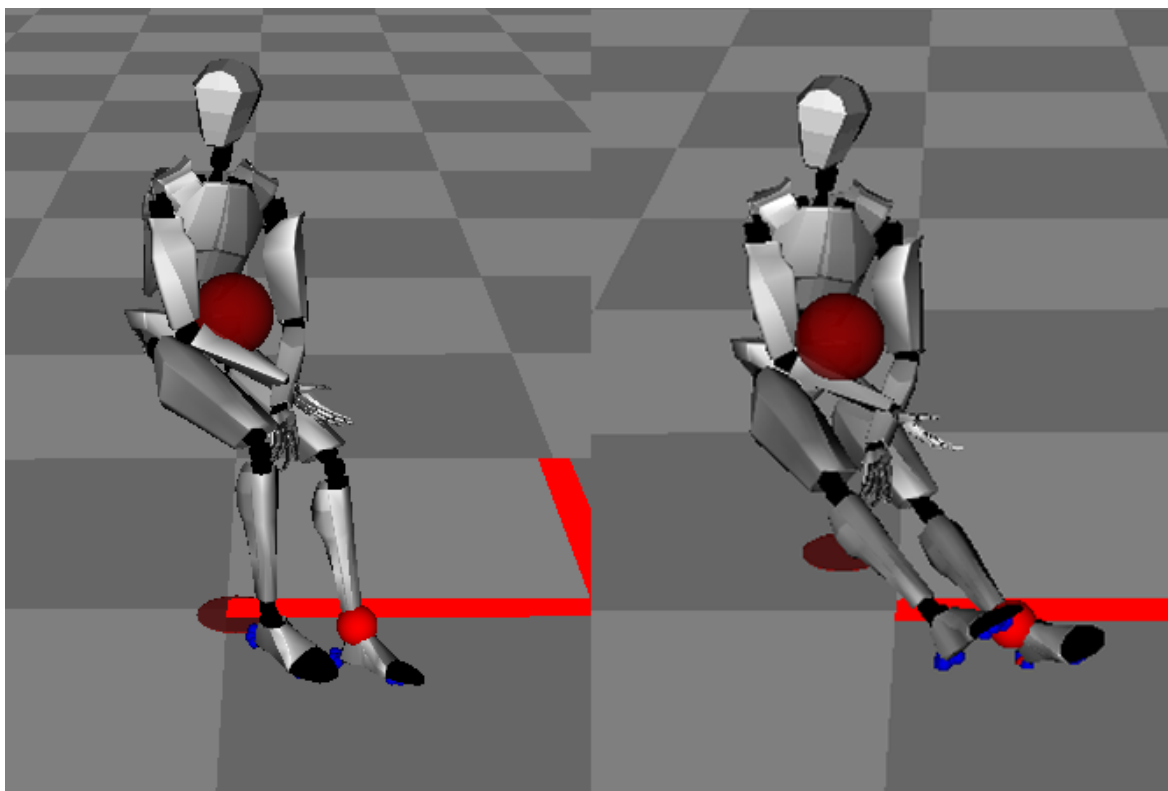


KUVIO 24. Liikkeenkaappauksen jälkikäsitteilyä

### 5.1.2 Liikkeenkaappaus AXIS Neuronilla

Liikkeenkaappaus AXIS Neuronilla on itsessään yksinkertaista. Kalibroinnin jälkeen laiteaan tallennus päälle punaisesta "Record"-painikkeesta ja pukua päällään pitävä näyttelijä alkaa tekemään haluttua liikettä. Kun liikkeenkaappaus on valmis, painetaan samaista nappia tallentamisen lopettamiseksi.

Liikkeenkaappauksen parametreja pystytään säätämään "Parameters"-palkista. Säädettävät parametrit ovat nivelten toiminnallisuus sekä kontaktipiste maahan. Kontaktipistevalikon alta löytyy kaksi tärkeää huomioitavaa kohtaa: lantion korkeus sekä hahmon sitominen maahan. Lantion korkeus kannattaa asettaa näyttelijän korkeutta vastaavaksi, etteivät hahmon jalat putoa animaatiossa maasta läpi. Oletusarvoisesti AXIS Neuron haluaa sitoa hahmon maahan, mikä tarkoittaa että ainakin toisen jalan tulee koskea maata kaikkina aikoina. Tämä tarkoittaa liikkeenkaappauksen kannalta sitä, että maanpinnan korkeus vaihtelee noustessa tai laskeutuessa korkeussuunnassa. Esimerkiksi portaissa ylöspäin kävely ei näyttäisi siltä että hahmo kohoaa, vaan se pudotettaisiin takaisin maantasoon jokaisella askelmalla. Tästä syystä hahmon sitominen maahan tulee ottaa pois käytöstä jos halutaan tallentaa liikettä jossa korkeus vaihtelee tai jalat eivät kosketa maata, esimerkiksi pyöräilyä. Toisaalta, jos tallennettava liike tapahtuu tasaisella maalla, voi hahmon sitominen maahan olla kannattavaa sillä on olemassa riski, että hahmo lähtee leijumaan ympäriinsä tarpeettomasti. Kuviossa 25 kuvataan erikoinen tilanne missä maahan sitomista tulee harkita. Jos näyttelijä istuu ja nostaa molemmat jalkansa ilmaan, maantasoo seuraa jalkoja, mutta työntää samalla muuta hahmoa maan alle. Eli hahmon sitominen maahan kannattaa harkita aina tilanteen mukaan.



KUVIO 25. Maahan sidottu hahmo ei nosta jalkojaan maasta

## 5.2 Animaation tuottaminen

Kun liikkeenkaappaus AXIS Neuronilla on valmis, voidaan saatua dataa lähteä siirtämään muihin ohjelmiin. Tämän työn teossa dataa on tarkasteltu kolmella eri ohjelmalla: 3ds Maxilla, MotionBuilderilla sekä Unityllä. Syy näiden ohjelmien valintaan on niiden mahdollistama, toimiva työskentelyketju ohjelmasta toiseen sekä tuki AXIS Neuronille.

AXIS Neuronin käytössä hyödynnetään liitännäisiä jotka mahdollistavat AXIS Neuronin yhdistämisen muihin ohjelmiin. Liitännäiset ovat yleisesti ottaen toimivia, mutta vaativat AXIS Neuronin asentamisen samalle koneelle muiden ohjelmien kanssa. Myöskin liitännäisten päivittäminen vastaamaan muiden ohjelmien viimeisimpiä päivitysversioita vaikuttaa tulevan myöhässä.

Tällä hetkellä AXIS Neuronille on saatavilla liitännäisiä kolmeen ohjelmaan: MotionBuilderiin, Unityyn sekä toiseen pelimoottoriin, Unreal Engineen. Nämä liitännäiset mahdollistavat liikedatan suoratoiston AXIS Neuronista kyseisiin ohjelmiin. Suoratoistoa tehdessä liike voi olla joko ennestään tallennettua tai reaaliaikaisesti tapahtuvaa. Liitännäisiä käytettäessä 3ds Maxia tarvitaan vain hahmojen mallintamiseen ja niiden luurankojen tekemiseen, jotka siirretään muihin ohjelmiin.

MotionBuilderia käytettäessä AXIS Neuronin liitännäinen tuo ohjelmaan uuden hahmo-vaihtoehdon, motion robotin. Motion robotin asetuksista löytyy vaihtoehto suoratoistaa liikettä AXIS Neuronista. Kun suoratoisto on laitettu päälle, voidaan MotionBuilderiin tuoda aiemmin 3ds Maxilla tehty hahmo. Hahmon liikkeen lähteeksi asetetaan motion robot, milloin MotionBuilder sitoo liikedatan hahmon luurankoon. Nyt liike voidaan tallentaa MotionBuilderissa erilliseksi tiedostoksi, jolloin lopputuloksena on hahmo, joka liikkuu AXIS Neuronista aiemmin saadun liikedatan mukaisesti, muttei ole enää riippuvainen suoratoistosta. Tämän jälkeen liikedatan jälkikäsitteily voidaan hoitaa MotionBuilderissa ja animaatio on valmis ja se voidaan siirtää esimerkiksi Unityyn jatkokäyttöön.

Liikedata voidaan suoratoistaa myös Unityyn, milloin sen käyttötarkoitus keskittyy reaaliaikaisen liikedatan toistoon. Unity ei tarjoa mahdollisuuksia liikedatan jälkikäsitteilyyn joten sen käyttö suoraan tallennetun datan toistoon ei ole kannattavaa, ellei saatu liikkeenkaappaus ole virheetön. Mutta reaaliajassa saatavaa liikedataa on mahdollista toistaa suoraan Unityssä luotuun virtuaalimaailmaan, mahdollistaen esimerkiksi pelihahmon liikuttamisen Perception Neuronilla.

### 5.3 Käyttömahdollisuudet joukkueemailapeleissä

Liikkeenkaappauksen käyttäminen pallopeleissä liittyy lähinnä liikkeen tarkasteluun ja analysointiin. Perception Neuronin kaltainen liikettä rajoittamaton puku puetaan urheilijan päälle ja hän toistaa samaa liikettä useita kertoja. Tämä liike voi olla esimerkiksi lyöntilaukaus (lämärei) jääkiekossa. Jos pelaaja lyö sata lyöntilaukausta kohti maalia, ja kaksi kolmasosaa niistä menee sisään, voidaan liikkeenkaappauspuvulla saatua dataa tarkastella ja kenties selvittää mikä liikkeessä oli pielessä ohi menneissä lyönneissä. Vastaavanlaista tilastollista liikkeiden tarkastelua voitaisiin toteuttaa missä tahansa muussakin urheilulajissa ja niiden erilaisissa tilanteissa.

Yksilöllisen datan keräämisen lisäksi kaikki saatu data voitaisiin tallentaa tietokantaan, missä sitä voi vertailla pidemmällä aikavälillä ja nähdä urheilijalla tapahtuva kehitys, sekä vertailla kehitystä muiden urheilijoiden kehitykseen. Näin rakentuisi tietokanta, minkä avulla voisi esimerkiksi tunnistaa nuoren pelaajan kyvyt vertaamalla niitä huippu-urheilijoiden kehityskaareen.

Liikkeenkaappausta on mahdollista käyttää liikkumisympäristön parantamiseen. Voidaan esimerkiksi tarkastella erilaisten juoksupintojen vaikutusta urheilijoiden asentoon. Näin voidaan määrittää, minkälainen pinta mahdollistaa luonnollisimman juoksuliikkeen vähentäen urheilijoiden kehoon kohdistuvaa rasitusta.

Liikkeenkaappaus mahdollistaa joukkuemailapeliin harjoittelun ja pelaamisen myös virtuaalisesti. Urheilija voidaan tuoda virtuaalisuustodellisuudessa sijaitsevalle urheilukentälle VR-laseilla, ja liikkeenkaappauspukua voi käyttää ohjaimena virtuaalisessa pelissä. Tällöin esimerkiksi maalivahti voi harjoitella pallojen nappaamista ilman tarvetta vastapelaajille. Myös muunlaisten liikkeiden ja teknikoiden hiominen helpottuisi, kun lajin harrastaminen ei olisi sidottuna muun joukkueen paikallaoloon.

## 6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoite oli kartoittaa liikkeenkaappausteknologian käyttöä ja teorisoita sen mahdollisuuksia liikedatan keräämisestä ja sen hyödyntämisestä joukkuepallopeleissä. Työ tehtiin osana Lahden ammattikorkeakoulun hanketta.

Opinnäytetyössä tutustuttiin liikkeenkaappauksen käyttöön eri aloilla. Sen lähtökohtiin ja kehitykseen niin lääketieteessä kuin viihdeteollisuudessa. Lisäksi pureuduttiin yhden liikkeenkaappausjärjestelmän käyttöön sekä hyödyntämiseen tulevaisuudessa. Työssä tarjottiin teoreettisia mahdollisuuksia joukkuepallopelien kehittämiseen liikkeenkaappausteknologian avulla.

Jatkotutkimuksena hankkeen osalta on mahdollista lähteä tutkimaan tässä opinnäytetyössä esitetyjä teoreettisia käyttötarkoituksia käytännössä. Jatkotutkimuksen toteuttaminen on mahdollista Perception Neuronilla, mutta vaatii myös ymmärrystä ihmisen kehosta ja sen toiminnasta.

Tulevaisuudessa liikkeenkaappauksen käyttö tulee yleistymään erilaisissa yhteyksissä. Tekniikalle keksitään jatkuvasti uudenlaisia käyttötarkoituksia, ja sitä tullaan hyödyntämään entistä laajemmin niin viihdeteollisuudessa, lääketieteessä kuin urheilussakin.

## LÄHTEET

- AlanBeckerTutorials 2017. 12 Principles of Animation (Official Full Series). Youtube. Video [viitattu 7.4.2019]. Saatavissa: <https://www.youtube.com/watch?v=uDqjldl4bF4>
- Autodesk 2019a. 3ds Max [viitattu 7.4.2019]. Saatavissa: <https://www.autodesk.com/products/3ds-max/overview>
- Autodesk 2019b. MotionBuilder [viitattu 7.4.2019]. Saatavissa: <https://www.autodesk.com/products/motionbuilder/overview>
- Autodesk 2019c. Biped takes a bow [viitattu 7.4.2019]. Saatavissa: <http://docs.autodesk.com/3DSMAX/12/ENU/3ds%20Max%202010%20Tutorials/files/WSf742dab04106313311b7d0e3112a19e3350-7fef.htm>
- CGSpeed 2010. Gypsy 7 [viitattu 7.4.2019]. Saatavissa: <http://www.cgspeed.com/2010/07/animazoo-gypsy-7-announced-now-under.html>
- Charles, D. 2011. Worms Ultimate Mayhem Review. Gamerevolution. Artikkelit [viitattu 7.4.2019]. Saatavissa: <https://www.gamerevolution.com/review/53212-worms-ultimate-mayhem-review>
- Dawson, J. 2014. Motion Capture Software and Medical Innovation. ECN. Artikkelit [viitattu 7.4.2019]. Saatavissa: <https://www.ecnmag.com/article/2014/08/motion-capture-software-and-medical-innovation>
- G2Play 2019. Worms Armageddon [viitattu 7.4.2019]. Saatavissa: <https://www.g2play.net/category/6055/worms-armageddon-steam-gift/>
- Ifreezer 2018. Henry [viitattu 7.4.2019]. Saatavissa: <https://spritedatabase.net/forums/viewtopic.php?f=3&t=100&start=15>
- Kitagawa, M. & Windsor, B. 2008. MoCap for Artists: Workflow and Techniques for Motion Capture. Englanti: Taylor & Francis.
- Noitom 2019a. AXIS Neuron software [viitattu 7.4.2019]. Saatavissa: <https://neuronmocap.com/content/axis-neuron-software>
- Noitom 2019b. Perception Neuron [viitattu 7.4.2019]. Saatavissa: <https://www.noitom.com/solutions/perception-neuron>
- OptiTrack 2019. OptiTrack Motion Capture [viitattu 7.4.2019]. Saatavissa: <https://optitrack.com/>



Parent, R. 1996. Computer animation: algorithms and techniques [viitattu 7.4.2019]. Saatavissa:  
[https://www.siggraph.org/education/materials/HyperGraph/animation/rick\\_parent/Outline.html](https://www.siggraph.org/education/materials/HyperGraph/animation/rick_parent/Outline.html)

Pluralsight 2014. How Animation for Games is Different from Animation for Movies. Artikkel [viitattu 7.4.2019]. Saatavissa: <https://www.pluralsight.com/blog/film-games/how-animation-for-games-is-different-from-animation-for-movies>

Potter, D. 2015. The future of motion capture: preventive medicine. MedCityNews. Artikkel [viitattu 7.4.2019]. Saatavissa: <https://medcitynews.com/2015/07/life-in-motion/>

Rogers, S. 2014. Level Up! the Guide to Great Video Game Design. Hoboken: Wiley

Seymour, M. 2017. Weta Digital's FACETS honoured at the Sci-tech Awards. FXGuide. Artikkel [viitattu 7.4.2019]. Saatavissa: <https://www.fxguide.com/featured/weta-digital-facets-honoured-at-the-sci-tech-awards/>

Unity Technologies 2019. Unity [viitattu 7.4.2019]. Saatavissa: <https://unity.com/>

Vince, J. 2002. Handbook of Computer Animation. 2. Painos. Berliini: Springer

Wallin, K. 2015. Facial animation of game characters. Lahden ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö [viitattu 7.4.2019]. Saatavissa:  
[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/90188/Wallin\\_Kalle.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/90188/Wallin_Kalle.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Wikipedia 2019a. Twelve basic principles of animation [viitattu 7.4.2019]. Saatavissa:  
[https://en.wikipedia.org/wiki/12\\_basic\\_principles\\_of\\_animation](https://en.wikipedia.org/wiki/12_basic_principles_of_animation)

Wikipedia 2019b. Kalibrointi [viitattu 7.4.2019]. Saatavissa:  
<https://fi.wikipedia.org/wiki/Kalibrointi>