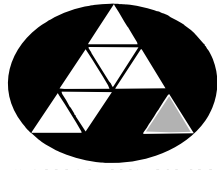


POHJOIS-KARJALAN AMMATTIKORKEAKOULU
Viestinnän koulutusohjelma

Toni Hiltunen

2D MOTION TRACKING

Opinnäytetyö
huhtikuu 2011



POHJOIS-KARJALAN
AMMATTIKORKEAKOULU

OPINNÄYTETYÖ
Huhtikuu 2011
Viestinnän koulutusohjelma

Länsikatu 15
80200 JOENSUU
p. (013) 260 6991 p. (013) 260 6906

Tekijä
Toni Hiltunen

Nimeke
2D motion tracking

Tiivistelmä

Opinnäytetyö käsittelee liikkeen tallennusta 2D motion tracking -työkalulla. 2D motion trackingillä videokuvasta voidaan tallentaa jälkikäsitellyssä kameran tai jonkin kuvassa näkyvän kohteen liike. Tallennettua liikeinformaatiota voidaan hyödyntää monissa erilaisissa digitaalisissa tehosteissa. Liikkuvaan kuvaan voidaan liittää saumattomasti esimerkiksi digitaalisesti tehtyjä lavasteita.

Käsittelen opinnäytetyössäni 2D motion trackingin toimintaperiaatteita käyttäjän näkökulmasta. Selvitän, mitä on hyvä ottaa huomioon esituotannossa, kuvauksissa ja jälki-tuotantovaiheessa. Esimerkeissä käytin materiaalina opinnäytetyötä varten kuvattua Lupatarkastaja-lyhytelokuvaa, 2 Times Terror: Ikävässä paikassa -musiikkivideota ja opinnäytetyötä varten kuvattua testimateriaalia. Perehdyn myös työkalun tarjoamiin käyttötarkoituksiin ja mahdollisuuksiin.

Opinnäytetyöni tarjoaa kattavan tietopaketin 2D motion trackingin toiminnasta, käyttämisestä ja ratkaisuista ongelmatilanteisiin. Työkaluna 2D motion tracking on yksi tärkeimmistä efektoinnin ja digitaalisten tehosteiden kivijaloista. Luovasti käytettynä 2D motion tracking antaa mahdollisuuden mitä mielikuvituksellisimpiin tuotantoihin.

Kieli
suomi

Sivuja 36
Liitteet 1
Liitesivumäärä 1

Asiasanat
2D motion tracking, matchmoving



NORTH KARELIA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

THESIS
April 2011
Degree programme in
Communication
Länsikatu 15
FIN 80110 JOENSUU
FINLAND
Tel. (013) 260 6991, (013) 260 6906

Author
Toni Hiltunen

Title
2D Motion Tracking

Abstract

The purpose of this thesis was to focus on the usage and technical details of 2D motion tracking. With motion tracking the computer can track the movement of the camera or any object from the footage. The gathered motion data can be used to stabilize a bouncy shot or to add digitally created material to the original footage. For example it is possible to create digital sets that are combined with life-action footage. The uses of motion tracking are infinite.

The aim of the study is to examine the 2D motion tracking operation from the user's point of view. This thesis covers the basic knowledge of building a computer generated effect shot from preproduction to postproduction. Source material used and partly created for this thesis are Lupatarkastaja short film, 2 Times Terror: Ikävässä paikassa music video and test footage to test motion tracking problems.

The results of the study provides a good guide for people who work with 2D motion tracking or with special effects in general. The thesis offers also a good basis for solving problems related with 2D motion tracking. 2D motion tracking is one of the most important tools for special effects groundwork that allows users to build creative digital content for the least amount of work.

Language
Finnish

Pages 36
Appendices 1
Pages of Appendices 1

Keywords
2D motion tracking, matchmoving

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	SANASTO	5
2	JOHDANTO	7
3	EFEKTIKUVAN TUOTANTOPROSESSI	10
3.1	Efektikuvan tuotantokaari	10
3.2	Lupatarkastaja-lyhytelokuva	11
4	POINT BASED MOTION TRACKING	13
4.1	Tracking points	13
4.2	Match box	14
4.3	Huomioitavia asioita	15
4.4	Parallaksiongelma	15
4.5	Linssinvääristymäongelma	16
4.6	Tracking pointin kytkeminen päälle ja pois päältä	17
4.7	Kun kohteen muoto muuttuu	17
4.8	Liikedatan tallentaminen	17
4.9	Esimerkki tracking pointista	18
5	STABILOINTI	22
5.1	Kuvan stabilointi	22
5.2	Motion blur -ongelma	23
5.3	Repositioning-ongelma	24
6	PLANAR MOTION TRACKING	27
6.1	Tekstuurialueisiin perustuva motion tracking	27
6.2	Planar tracking -esimerkki	27
7	KUVIEN KORJAAMINEN JÄLKITUOTANNOSSA	30
8	LOPUKSI	33
	LÄHTEET	35

Liitteet

Liite 1 Tuotantotiedot

1 SANASTO

Accumulated correlation number

Suurimman vastaavuusarvon sisältävä match reference, joka valitaan uuden tracking pointin paikaksi.

Correlation number

Match referencen vastaavuusarvo, jota verrataan seuraavan ruudun match referenceen vastaavuuden löytämiseksi.

Follow shape, Adapt feature on every frame

Seuraa match boxin sisällä olevaa muotoa luoden uuden täydellisen match referencen jokaisessa ruudussa.

Keep shape

Säilyttää ensimmäisen ruudun match referencenä. Tämä on yleensä oletusarvona kytkettynä päälle.

Matchmoving

Toinen nimitys motion trackingille, jolla voidaan tarkoittaa sekä 2D- ja 3D- motion trackingiä.

Match box

Tracking pointin ympärillä oleva alue, jonka täsmävyyttä etsitään seuraavasta ruudusta search boxin sisältä.

Match error

Virhe vastaavuudessa.

Match reference

Ensimmäisen ruudun match boxin sisällä olevien pikselien pohjalta luotu täsmävyyden vertausarvo.

Motion blur

Liike-epäterävyys.

Motion data	Liikedata, liikeinformaatio.
Motion smoothing	Stabiloinnissa käytettävä ominaisuus, jolla voidaan säätää stabiloinnin määrää.
Null object, motion node	Tyhjä objekti, johon kerätty liikedata tallennetaan.
Planar tracking	Tekstuurialueeseen perustuva liikkeentallennusmenetelmä.
Point based motion tracking	Pisteisiin perustuva liikkeen tallennus.
Repositioning-ongelma	Kuvan stabiloinnin yhteydessä tapahtuva ruudun uudelleen linjauksen aiheuttama ongelma.
Search box	Alue tracking pointin ja match boxin ympärillä, jonka sisältä täsmävyyttä etsitään.
Tracking point	Liikkeen tallennuksen kohteen päälle asetettava piste.
Warping package	Linssinvääristymien korjaamiseen tarkoitettu työkalu.

2 JOHDANTO

Motion tracking is one of the most magical things that computers can do with pictures. With relentless accuracy and repeatability the computer can track one object on top of another with remarkable smoothness or stabilize a bouncy shot to rock-solid steadiness. (Wright 2006, 242.)

2D motion tracking on hyvin tehokas videokuvan jälkikäsitteilyyn tarkoitettu työkalu, joka löytyy useista efektiohjelmistoista, kuten esimerkiksi Adoben After Effectsista tai Final Cutista. Motion trackingillä tarkoitetaan kaikessa yksinkertaisuudessaan liikkeen tallennusta (Wikipedia 2011a). Työkalun avulla voidaan jälkikäsitteilyssä tallentaa kameran liike tai jonkin kuvassa näkyvän kohteen liike ja hyödyntää tätä liikeinformaatiota moniin erilaisiin käyttötarkoituksiin, kuten kuvan stabilointiin (Wright 2006, 242). Aina kun tietokoneella luotu elementti halutaan liittää liikkuvaan kuvaan tai päinvastoin, liikkeen tallennusta tarvitaan (Dobbert 2005, 1).

Tässä opinnäytetyössä esittelen liikkeen tallennuksen toimintaperiaatteen ja käytön yleisellä tasolla käyttäjän näkökulmasta. Tarkastelen sitä, miten 2D motion tracking toimii, mihin sen toiminta perustuu ja mitä tulee ottaa huomioon työkalua käytettäessä ennen kuvauksia ja kuvausten jälkeen. Perehdyn myös useisiin erilaisiin käyttötarkoituksiin ja mahdollisuuksiin, joita efektityökalu tarjoaa. Luovissa käsissä motion tracking voi säästää aikaa ja vaivaa kuvauspaikalla ja kuvausten jälkeen.

Tärkein lähde motion trackingin toiminnan ymmärtämisessä bittitasolla on ollut Steve Wrightin teos digitaalisesta kompositiosta (Wright 2006), jonka tietoihin tämä opinnäytetyö suurelta osin perustuu. Pisteisiin perustuvassa 2D motion trackingissa eli point based motion trackingissa olen käyttänyt Adoben After Effectsin motion trackeriä, joka on yksinkertainen käyttää, mutta josta löytyy tehoa ja ominaisuuksia vaativaankin ammattituotantoon. Planar trackingin ymmärtämisessä turvauduin niin ikään asiantuntevan Steve Wrightin verkkoaineistoihin (Wright 2010) sekä Andrew Kramerin verkkoaineistoihin (Kramer 2010).

Planar tracking -ohjelmana käytin Imagineer Systemsin Mocha for AE -ohjelmaa, jota käytetään yhdessä After Effectsin kanssa.

Käytännön tiedot ja kokeilut perustuvat moniin omiin töihini, joissa olen motion trackingiä käyttänyt. Töitä, joihin viitataan tässä opinnäytetyössäni, ovat Lupatar-kastaja-lyhytelokuva, 2 Times Terror: Ikävässä paikassa -musiikkivideo ja tätä opinnäytetyötä varten kuvatut testipätkät (Kuva 1). Näiden töiden kautta perehdyin 2D motion tracking -työkalun ominaisuuksiin ja käyttömahdollisuuksiin monin esimerkein.



Kuva 1. Teksti on linkitetty testikuvan liikkeeseen.

2D motion tracking sekoitetaan joskus 3D motion trackingiin ja motion captureen. 3D motion trackingissä kaksiulotteisesta kuvasta voidaan purkaa kolmiulotteista informaatiota, jota voidaan hyödyntää useissa eri 3D-ohjelmistoissa esimerkiksi tilan tai kameran liikkeen tallentamisessa (Wikipedia 2011a). Motion capture poikkeaa 2D- ja 3D motion trackingistä siinä, että liikkeen tallentaminen tapahtuu aivan omana osana tuotantoa eikä editoinnin yhteydessä jälkikäsitelystä. Motion capturea käytetään yleisimmin näyttelijöiden liikkeen tallentamiseen ja liittämiseen digitaaliseen 3D-malliin (Menache 1999, 1; Wikipedia 2011b).

Käytän opinnäytetyössäni paljon englanninkielistä alan termistöä, jolle ei ole virallista suomennosta ja jota en selvyiden vuoksi ole lähtenyt itse suomentamaan.

3 EFEKTIKUVAN TUOTANTOPROSESSI

3.1 Efektikuvan tuotantokaari

Vaikka efektikuvan tuotantoprosessista ei ole olemassa yhtä ainoaa standardikäytäntöä, on havaittavissa käytäntöjä, jotka toistuvat usein. Tuotannot voivat olla hyvinkin erilaisia ja erikokoisia, on pienellä budjetilla tehtyjä indie-elokuvia ja suuria megabudjetin Hollywood-spektaakkeleita. Kaikki lähtee aina kuitenkin käsikirjoituksesta.

Efektikuvan tuotantokaaren voi jakaa kolmeen osaan, esituotantoon (suunnittelu, ennakkovalmistelut), tuotantoon (kuvaukset) ja jälkituotantoon (efektit tehdään ja yhdistetään kuvattuun materiaaliin). Efektikuvan tai -kohtauksen teknistä ja luovaa kehitystä valvoo visual effects supervisor (vfx supervisor), titteli ei ole tarkkaan määritelty, mutta näistä asioista vastaava ihminen on lähestulkoon aina tuotannosta, jossa on käytetty visuaalisia efektejä. Muita nimityksiä vastaavasta työnkuvasta ovat muun muassa visual effects director ja visual effects coordinator. Elokuvayhtiö pyytää yleensä efektiyrityksiltä (vfx company) tarjouksia eri kohtausten efektien tekemiseen. Tunnettuja efektiyrityksiä ovat mm. Weta, Industrial Light & Magic ja kotimainen Post Control. Elokuvassa voi olla mukana useitakin efektiyrityksiä, jotka vastaavat omista kohtauksistaan. Efektiyritykset voivat olla myös erikoistuneet tietynlaisiin efekteihin, kuten esimerkiksi orgaanisiin tuli-, vesi- ja savuefekteihin. (Freiberger 2009; Squires 2007.)

Efektikuvan tai -kohtauksen suunnittelun aloittaa visual effects supervisor yhdessä ohjaajan, tuottajan ja niiden tuotanto-osastojen kanssa, joita tarvitaan kohtauksen toteutuksessa ja budjetoinnissa (Squires 2007). Käytän esimerkkinä kuviteltua kohtausta, jossa lavasteita jatketaan digitaalisesti kohtauksessa, joka on tarkoitus kuvata pitkällä kamera-ajolla. Suunnittelu voi alkaa kuvakäsikirjoitusten ja konseptipiirrosten avulla, jolloin luodaan suuntaviivat visuaalisesta tyylistä. Samalla nähdään, mitä elementtejä ja työkaluja efektin toteutuksessa tarvitaan ja mitä mahdollista lisätyövoimaa täytyy palkata toteuttamaan efekti (Squires 2007). Tässä esimerkkitapauksessa tarvitaan henkilö, joka hoitaa ka-

mera-ajon liikkeen tallennuksen motion trackingin avulla jälkituotantovaiheessa. Lisäksi tarvitaan henkilö, joka tekee digitaaliset lavasteet, jotka sijoitetaan kuvaan motion trackingin avulla. Siirryttäessä esituotantovaiheesta varsinaiseen tuotantoon eli kuvauksiin, visual effects supervisor valvoo, että kuvauksissa efektikuvan vaatimukset otetaan huomioon. Esimerkkikohtauksen pitkän kamera-ajon matkan varrelle voidaan asettaa motion trackingiä helpottavia merkkejä, joihin tracking pointit asetetaan jälkituotantovaiheessa. Usein jo tuotantovaiheessa tehdään materiaalia jälkituotantoa varten, esimerkiksi tässä tapauksessa digitaaliset lavasteet voidaan tehdä jo etukäteen. Jälkituotannon alkaessa kuvattu kohtaus toimitetaan motion trackingin hoitavalle henkilölle. Kuvan kamera-ajon liike tallennetaan ja liikedatan avulla kuvaan lisätään digitaalisesti tehty lavaste, joka istuu kuvaan saumattomasti. Visual effects supervisor valvoo työtä ja katsoo, että lopputulos vastaa esituotantovaiheen suunnitelmia ja ohjaajan toiveita. (Squires 2007.)

Samaa tuotantoprosessia voi soveltaa hyvin pienemmissäkin tuotannoissa, joissa ei ole rahaa palkata suurta työryhmää. Visual effects supervisor voi olla samalla esimerkiksi kuvaaja tai leikkaaja. Etukäteissuunnittelu on tärkeää efektikuvan jouhevassa toteutuksessa; täytyy tietää päämäärä, johon pyrkii ja mitä resursseja tämän päämäärän tavoittamiseen on käytettävissä.

3.2 Lupatarkastaja-lyhytelokuva

Lupatarkastaja-lyhytelokuvassa toimin alusta loppuun lähestulkoon jokaisella osa-alueella. Olin käsikirjoittaja, ohjaaja, kuvaaja ja leikkaaja. Pystyin siis tarkastelemaan efektikuvien tekemistä monelta kantilta ja kaikissa tuotantovaiheissa. Lupatarkastajan päämäärä olikin toimia ensisijaisesti tämän opinnäytetyön teknisenä lähdemateriaalina. Vaikka lähtökohta olikin tekninen, täytyi sisältöön panostaa silti ja nivoin efektit tukemaan kokonaisuutta. Lajityypiltään Lupatarkastaja on toimintakomedia, jossa on elementtejä kauhuelokuvien splatter-alagenrestä. Lupatarkastajan pääasiallinen levityskanava on internet, otin tämän huomioon heti alusta lähtien. Levityskanava on huomioitu esimerkiksi ly-

hytelokuvan kestossa, joka on vain 2 minuuttia 25 sekuntia. Tarkoitus oli tehdä mahdollisimman kompakti toimintaelokuva, jonka voi katsoa vaikka kahvitauolla.

Tein ensin käsikirjoituksen, jossa en vielä paneutunut kovinkaan tarkasti efektien toteutukseen. Minulla oli kuitenkin jonkinlainen käsitys siitä, millaisia efektejä tarvitsisin, jotta pääsisin hyödyntämään 2D motion trackingin tarjoamia mahdollisuuksia mahdollisimman monipuolisesti.

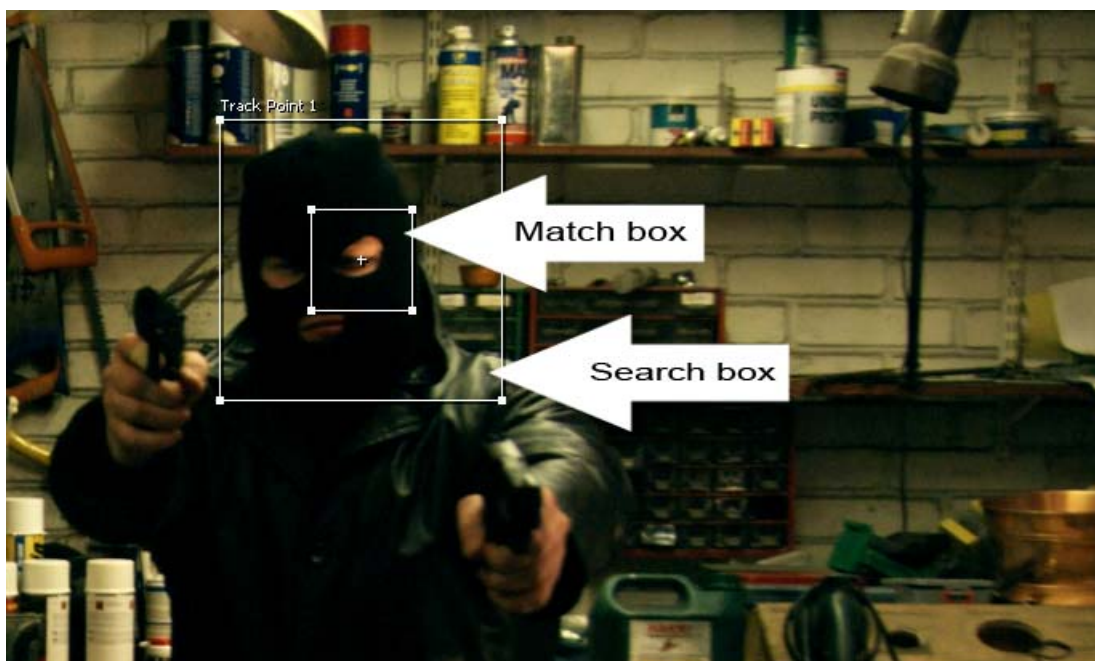
Seuraavaksi purin käsikirjoituksen kohtaukset erillisiin efektikokonaisuuksiin, jotka koostuivat useista efektikuvista ja suunnittelin efektien toteutuksen. Tein efektikuvia varten erillisen kuvakäsikirjoituksen, joka sisälsi tiedot tarvittavista kuvista ja kuvatasoista. Joihinkin efektikuviin jouduin kuvaamaan jopa kolme eri kuvatasoa, jotka yhdistäisin jälkikäsitelyssä. Ennen kuvauksia minulla siis oli jo tiedossa miten tulisin efektikuvan rakentamaan jälkikäsitelyssä ja mitä materiaalia minun täytyy kuvata efektejä varten. Joihinkin kuviin tarvitsin myös merkkejä tracking pointeja varten kuvauspaikalle, mihin oli myös hyvä valmistautua etukäteen. Perinpohjainen etukäteissuunnittelu salli myös hyvin tiukan kuvausaikataulun. Kuvasinkin kaiken materiaalin noin viidessä tunnissa.

Lähes kaikki Lupatarkastajan kuvat sisältävät jonkinlaista digitaalista jälkeensä lisättyä tai muokattua sisältöä. Tämä tarkoitti tietenkin suurta työmäärää vaikka kyseessä olikin kaksiminuuttinen lyhytelokuva. Työjärjestyksen suunnittelu oli näin ollen myös tärkeässä osassa myös jälkikäsitelyssä. Käsiteltäessä suurta määrää materiaalia on tärkeää olla huolellinen ja johdonmukainen tiedostojen ja kansioden nimeämisessä. Tein ensin niin sanotun raakaleikkauksen eli version, joka muistuttaa jo hyvin paljon lopullista leikkausta. Seuraavaksi tein järjestyksessä elokuvan efektikuvat yksi kerrallaan valmiiksi. Tämä vaihe vei noin kymmenen työpäivää. Kun minulla oli kaikki efektikuvat valmiina tein lopullisen leikkauksen ja viimeistelin lyhytelokuvan. Oleellista 2D motion trackingin käytön suunnittelussa jo ennen kuvauksia ovat työkalun mahdollisuuksien huomioinnin lisäksi myös rajoitusten huomioon ottaminen.

4 POINT BASED MOTION TRACKING

4.1 Tracking points

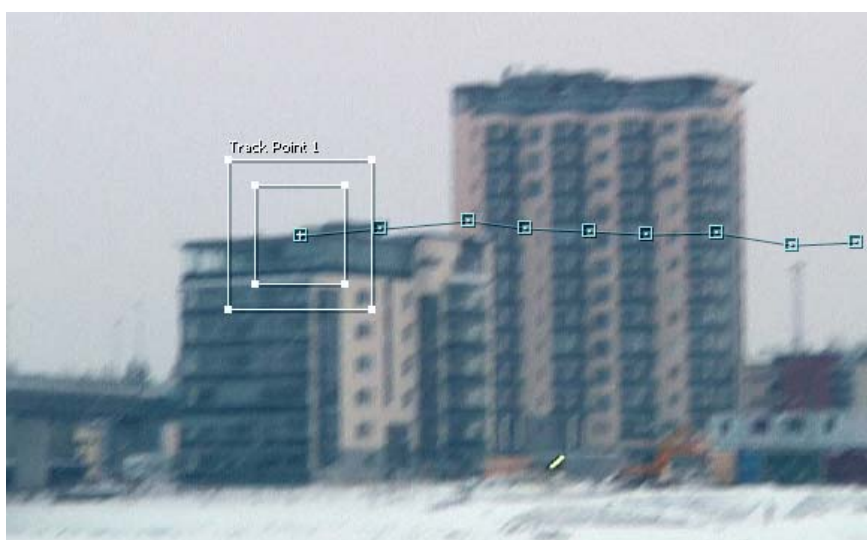
Tracking point ei nimestään huolimatta ole ainoastaan yksi piste kuvassa, vaan pisteen ympärillä on yleensä kaksi laatikkoa (Kuva 2). Sisempi laatikko on match box eli toisin sanoen täsmäyslaatikko. Tämän laatikon sisällä olevat pikselit analysoidaan ruutu ruudulta liikkeen tunnistamiseksi. Ulompi laatikko on search box eli etsintälaatikko, jolla määritellään tietokoneelle, kuinka suurelta alueelta seuraavan ruudun match boxia etsitään. Match boxin koolla määritellään, kuinka suurelta alueelta tietokone tutkii täsmäviä pikseleitä. Mitä pienempi liike on kuvassa, sitä pienempi search box tarvitaan, ja sama toisinpäin. Samoin jos liikkeen tallennuksen kohde on suuri, tarvitaan myös suuri match box. Ihanteellisessa tapauksessa kohde on pieni ja liikkuu hitaasti. Kuvauksia ei tietenkään tule suunnitella pelkästään efektityökalun ehdoilla, mutta mahdollinen jälkikäsitteily tulee ottaa huomioon jo ennen kuvauksia. Tällöin asioihin voi valmistautua oikein ja ongelmilta voidaan välttyä. (Wright 2006, 242–243.)



Kuva 2. Tracking point, match box ja search box.

4.2 Match box

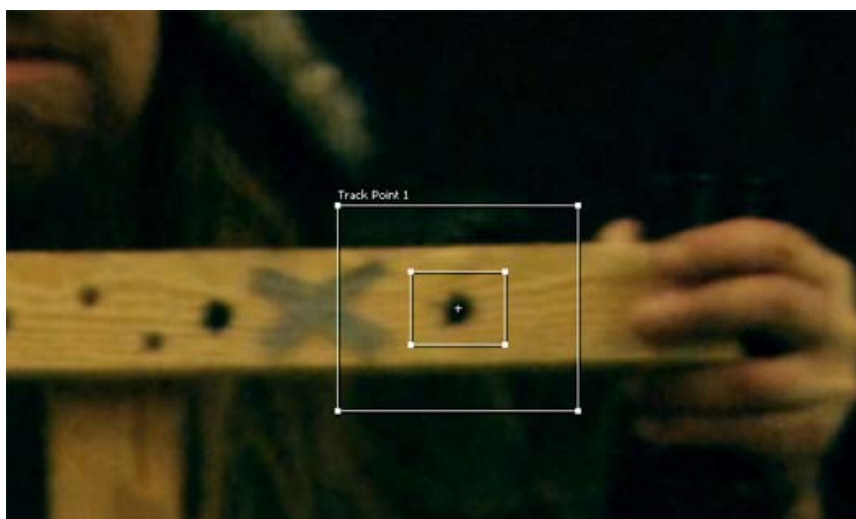
Match boxin toiminta-algoritmit vaihtelevat ohjelmasta toiseen, mutta periaate on kaikissa suurin piirtein sama. Ruutu, johon käyttäjä on määrittänyt yhden tai useamman tracking pointin, toimii liikkeen tallennuksen ensimmäisenä ruutuna. Match boxin sisällä olevaa pikseleiden kokonaisuutta kutsutaan match referenciksi, eli täsmävyöden vertausarvoksi, jota verrataan seuraavan ruudun pikseleihin. Kun osuma löytyy, siirtyy tracking point pikseleiden mukana. Pisteestä siirtymässä ohjelma luo uuden match referencen, joka sisältää vastaavuusnumeron (correlation number), jota sitten verrataan jälleen seuraavaan ruutuun. Sama toistuu kunnes kaikki ruudut on käyty läpi. Match referencen sisältämiä pikseleitä etsitään etsintälaatikon (search box) sisältä. Ne pikselit, jotka sisältävät suurimman vastaavuuden (accumulated correlation number), valitaan uudeksi tracking pointin paikaksi. Yleensä ohjelmissa on toiminto, jolla käyttäjä voi säätää, kuinka suuri muutos match boxin sisällä oleviin pikseleihin sallitaan, jotta vastaavuus syntyy (minimum required correlation). Jos vastaavuutta ei löydy, useimmat ohjelmat pysäyttävät prosessin ja käyttäjä voi käsin määrittää seuraavan tracking pointin paikan josta tietokone jatkaa prosessia. Jos kohde liikkuu search boxin ulkopuolelle liian suuren liikkeen vuoksi (Kuva 3) tai kohteen valotilanne tai muoto muuttuu merkittävästi, ei vastaavuutta välttämättä löydy. (Wright 2006, 243–244.)



Kuva 3. Tässä kuvassa nopean liikkeen aiheuttama liike-epäterävyys vaikeuttaa motion trackingiä.

4.3 Huomioitavia asioita

Useimmat ohjelmat käyttävät algoritmeja, jotka tarkkailevat match boxin sisällä olevien pikseleiden välisiä kontrasteja, eli reunakontrasteja (edge contrasts). Tärkeää on, että match boxin sisältä löytyvät hyvät x- ja y -akselilla olevat reunakontrastit, jotta ohjelma voi seurata kohteen liikettä sivu- ja pystysuunnassa. Jos kontrasti on huono tai epäselvä, voi tracking point vaeltua kuvassa ei-toivotulla tavalla ylös tai sivulle. Mitä suurempi kontrasti x- ja y -akselilla on, sitä tarkempi myös liikkeen tallennus on. Hyvä kohde tracking pointille on esimerkiksi pieni musta ympyrä vaaleaa taustaa vasten. Ympyrä sisältää hyvät reunat pysty- ja vaakatasossa ja vaalea tummaa vasten sisältää hyvän kontrastin (Kuva 4). (Wright 2006, 244.)



Kuva 4. Pyöreä tumma kohde vaalealla pohjalla tarjoaa hyvät reunakontrastit ja tracking point pysyy hyvin liikkeen mukana.

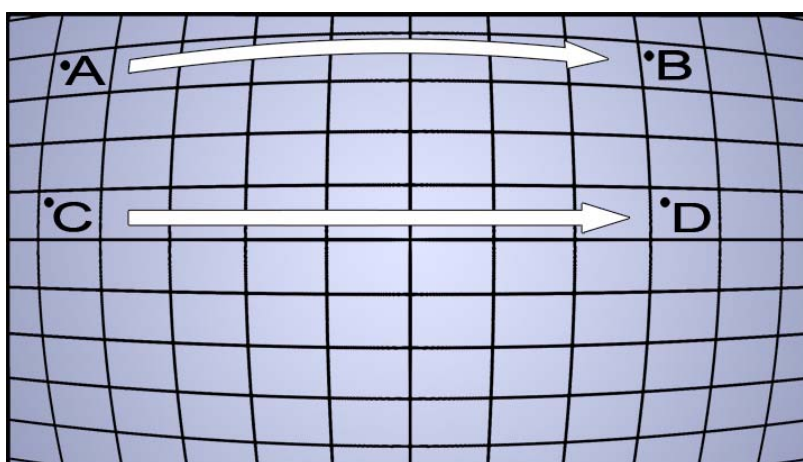
4.4 Parallaksiongelma

Kun havaitsija liikkuu, paikallaan oleva esine näyttää liikkuvan taustaansa nähden. Tätä ilmiötä kutsutaan parallaksiksi (Wikipedia 2011c). On hyvin todennäköistä, että kameraa on liikuteltu kuvauksissa esimerkiksi käsivaralla, dollylla (kamera-ajot) tai kraanalla (kameranosturi). Tällöin siis kuvan etuala liikkuu suh-

teessa taka-alaan eri tavalla. Lähempänä olevat kohteet näyttävät liikkuvan nopeammin kuin kaukana olevat kohteet (Dobbert 2005, 39). Panorointi ja tilttaus aiheuttavat myös pientä parallaksia, ja tällöin syntyy helposti ongelmia liikkeen tallennuksessa. Tämä tulee ottaa huomioon tracking pointeja asetettaessa. Yleensä tracking point tulee asettaa mahdollisimman lähelle sitä kohdetta, jonka liike halutaan tallentaa. Esimerkiksi jos halutaan lisätä jotain kuvan etualaan, tracking pointin tulee olla lukittuna kuvan etualaan. (Wright 2006, 244–245.)

4.5 Linssinvääristymäongelma

Kameran linssissä on aina vääristymä, joka vaikuttaa myös liikkeen tallentamiseen. Kun tracking pointit liikkuvat kuvassa linssinvääristymäalueella (Kuva 5), niiden suhteellinen etäisyys toisiinsa muuttuu. Nämä muutokset ovat yleensä niin pieniä, ettei silmä niitä erota, mutta tietokone erottaa ne kyllä. Tämä voi aiheuttaa sen, että tracking pointit leijuvat tai vaeltavat kuvassa ja aiheuttavat myöhemmin ongelmia, kun kerättyä liikedataa käytetään. Tältä voidaan välttyä, kun valitaan tracking pointien paikat mahdollisimman lähelle kohdetta, jonka liikettä ollaan tallentamassa. (Wright 2006, 245; Wikipedia 2011d.) Linssin vääristymä voidaan myös poistaa kuvasta käyttämällä siihen tarkoitettua työkalua (warping package). Se voi olla kuitenkin hankalaa, eikä ole tarpeen jos linssin vääristymä ei aiheuta ongelmia motion trackingille (Wright 2006).



Kuva 5. Pisteet A ja B ovat linssinvääristymäalueella.

4.6 Tracking pointin kytkeminen päälle ja pois päältä

Joskus käy niin, että motion trackingin kohde ei pysy kuvassa koko tallennettavan liikkeen ajan, jolloin on tarpeen kytkeä tracking point pois päältä ja päälle. Oletetaan esimerkiksi, että kuvataan kadun yli ja kohde on tien toisella puolella ja kesken kohtauksen auto ajaa kuvan poikki. Tällöin voimme ottaa tracking pointin pois päältä siksi aikaa, kun auto peittää kohteen ja kytkeä sen taas päälle, kun auto on ajanut ohi ja kohde on taas näkyvässä. Näin tietokone ei ota huomioon tracking pointeja laskelmiinsa siltä ajalta, kun tracking pointit ovat olleet pois päältä. (Wright 2006, 245.)

4.7 Kun kohteen muoto muuttuu

Jos kohde muuttaa muotoaan kesken sekvenssin, joudutaan käyttämään seuraava muotoa (follow shape, adapt feature on every frame) -ominaisuutta. Se kertoo ohjelmalle, että seuraavasta ruudusta tehdään aina uusi täydellinen match reference, jolloin ohjelma osaa seurata muuttuvaa muotoa. Ongelmana tässä on se, että kun jokaisessa ruudussa luodaan uusi match reference, joka kerta muodostuu pieni täsmäysvirhe eli match error, joka kasvaa ruutu ruudulta suuremmaksi. Keep shape käyttää match referencenä aina ensimmäistä ruutua, jota verrataan seuraaviin ruutuihin. Tällöin virheet eivät voi kasvaa suuremmiksi. Pääasiassa kannattaa siis käyttää keep shapea aina kuin mahdollista ja follow shapea silloin, kun keep shape ei toimi. (Wright 2006, 246.)

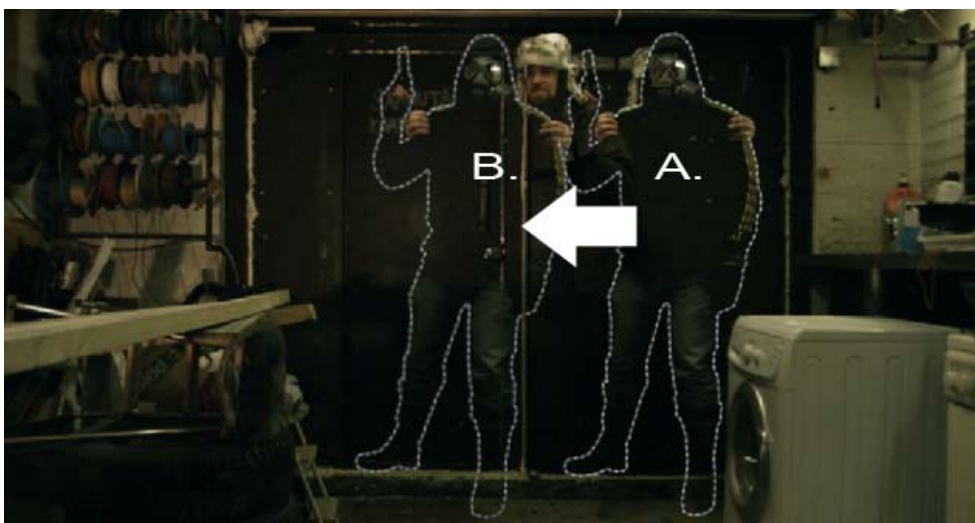
4.8 Liikedatan tallentaminen

Ensimmäinen vaihe on liikedatan kerääminen, toinen vaihe on kerätyn datan käyttäminen (Dobbert 2005, 6; Wright 2006, 242). Kerätty data sisältää tiedon vaaka- ja pystyliikkeestä (x,y), rotaation ja skaalauksen. Kun data on kerätty, ohjelma liittää datan motion nodeen tai null objectiin; nimike vaihtelee eri ohjelmissa. Null objectit, motion nodet ja vastaavat ovat käytännössä tyhjiä objekteja vaille mitään ominaisuuksia, mutta niihin tallennetaan dataa, jota käytetään

myöhemmin. Kun liikedata lisätään tyhjäan objektiin, käyttäjä voi määrätä, mitä osaa kerätystä datasta käytetään, mikä puolestaan riippuu tietenkin käyttötarkoituksesta. Null objektiin voi tallentaa esimerkiksi x- ja y -akselin datan lisäksi z-akselin datan. Mikäli tracking pointeja on useampi kuin yksi, ohjelma pyrkii yhdistämään motion datan ja luomaan keskiarvon. Se vastaa toivottavasti mahdollisimman paljon liikettä, joka aiottiin tallentaa. (Wright 2006, 247–248.)

4.9 Esimerkki tracking pointista

Tässä esimerkissä käytän kohtausta Lupatarkastaja-lyhytelokuvasta, jonka kuvasin motion tracking testausta varten. Kohtauksessa päähenkilö on pysäyttänyt ajan ja nostaa toisen näyttelijän olkapäistään kuin paperinuken paikasta a paikkaan b (Kuva 6).



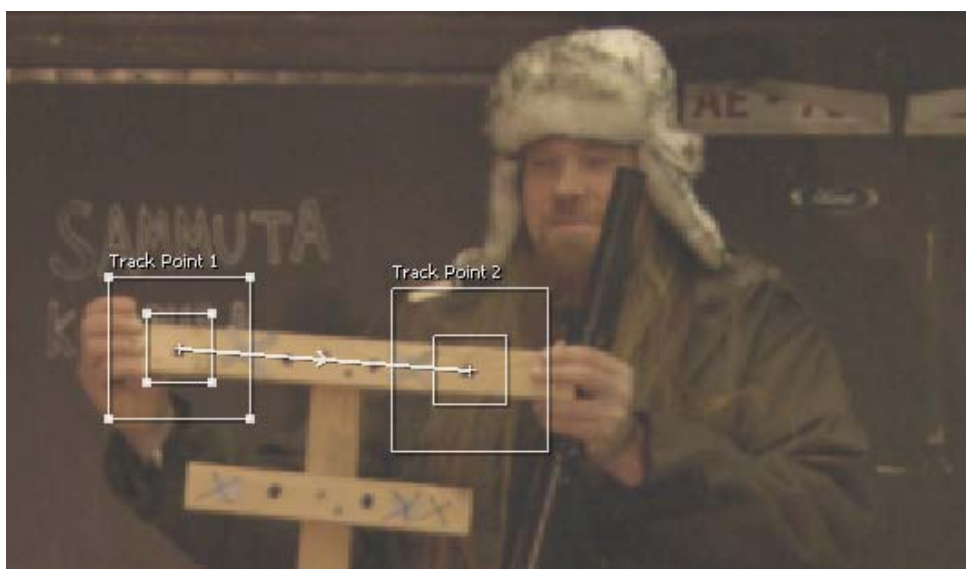
Kuva 6. Kohtaus lyhytelokuvasta Lupatarkastaja.

Kohtauksen kasaamista varten kuvasin kaksi kuvatasoa. Alemmassa tasossa päähenkilö tekee kohtauksen toiminnan ilman vastaanäyttelijää (Kuva 7). Vastaanäyttelijän tilalla on kehikko, johon on tehty yksinkertaisia merkintöjä motion trackingiä varten.



Kuva 7. Alempi kuvataso.

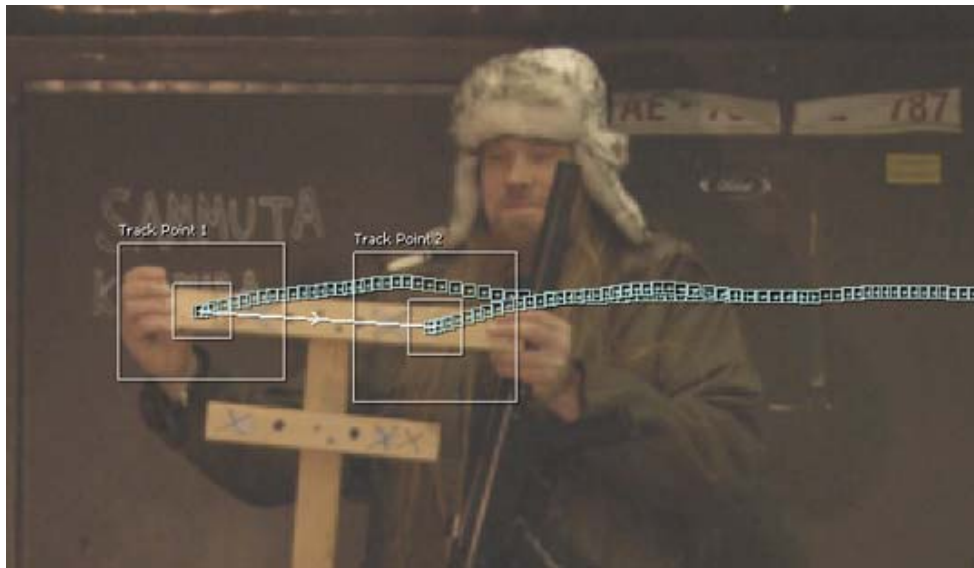
Asetin tracking pointit uloimpiin mustiin pisteisiin ylimpään lautaan (Kuva 8) eli paikkaan, jossa olkapäälinja sijaitsee. Näin varmistin, että olkapäälinjan rotaatio pysyy samana kehikon rotaation kanssa.



Kuva 8. Tracking pointit asetettuina.

Seuraava vaihe on liikkeen tallennus. Tässä tapauksessa pieni search box toimii hyvin, sillä liike on hyvin hidaskä ja tasainen (Kuva 9.). Valmis motion track -

liikedata tallennetaan uuteen null objectiin, ja nyt null object sisältää paikka- ja rotaatiodatan.



Kuva 9. Valmis motion track.

Toisessa layerissä, eli ylemmässä tasossa, on stillkuva vihollisesta (Kuva 10). Kuva liitetään ensimmäisen tason päälle ensimmäisen ruudun kohdalle ja olkapäät linjataan kehikon olkapäälinjan mukaan.



Kuva 10. Toisen tason stillkuva.

Seuraavaksi ylemmän tason paikka (position) ja rotaatio (rotation) linkitetään käyttämään null objectin paikkaa ja rotaatiota. Näin ollen vastaanäyttelijän taso käyttää nyt alemmasta tasosta purettua liikedataa ja pysyy kehikon liikkeen mukana. Kohtauksen motion tracking -efekti on värimäärittelyä vaille valmis (Kuva 11). Tällaisen kohtauksen toteuttaminen on suhteellisen helppoa, kun suunnitellee tarvittavat kuvat valmiiksi ja miettii etukäteen koko efektin rakentamisen.



Kuva 11. Valmis efekti värimäärittelyn jälkeen.

5 STABILOINTI

5.1 Kuvan stabilointi

Kerättyä liikedataa voidaan hyödyntää myös kuvan stabilointiin. Esimerkiksi käsivaralla kuvattua tärisevää kuvaa voidaan stabiloida tasaisemmaksi tai liike voidaan poistaa kokonaan. Kuvan stabilointi perustuu tracking pointeilla kerättyyn dataan, jota vain tulkitaan eri tavalla kuin silloin, jos kuvaan liitetään jotain tai siitä poistetaan jotain (Wright 2006, 249). Käyttäjä valitsee sekvenssistä ruudun, joka toimii stabiloinnin lähtökohtana. Valitun ruudun mukaan jokaisen muun ruudun liike perutaan ja lukitaan ensimmäisen ruudun mukaan, jolloin tärinä ja kameran liike saadaan poistettua kokonaan tai halutessa liikettä voidaan vähentää (motion smoothing). Motion smoothingilla poistetaan suuri tärinä, mutta pieni liike säilytetään. Tällainen lopputulos voi näyttää usein luonnollisemmalta kuin täydellinen stabilointi. (Wright 2006, 250.) Tällöin myös motion blur- ja repositioning-ongelmat vähenevät.



Kuva 12. Stabiloitu kuva 2 Times Terror: Ikävässä paikassa -musiikkivideosta.

Käytin kuvan stabilointia eräässä kohtauksessa 2 Times Terror: Ikävissä paikassa musiikkivideossa (Kuva 12). Kyseinen kohtaus on käsivaralla kuvattu, ja jälkikäsitellyssä päätin stabiloida kuvan laulajan mukaan, tarkemmin sanottuna laulajan silmien muodostaman linjan mukaan, jolloin laulajan pää pysyisi koko sekvenssin ajan samassa kohdassa stabiilina. Tarkoituksena oli poistaa kameran tärinä mutta säilyttää kuvassa tapahtuva kameran liike.

Tracking pointit on asetettu silmien kohdalle (Kuva 13), jolloin ohjelma pyrkii asettamaan samat pisteet, eli silmät, samaan kohtaan jokaisessa ruudussa. Silmät toimivat yleensä hyvin tracking pointeina myös silloin, jos kasvojen kohdalle halutaan liittää jotain digitaalisesti.



Kuva 13. Tracking pointit ovat asetettuina silmien kohdalle.

5.2 Motion blur -ongelma

Jos alkuperäinen kuva on tärissyt paljon, on kuvassa mitä todennäköisimmin liike-epäterävyyttä eli motion bluria (Kuva 14). Motion bluria ei saa kuvasta poistettua, vaikka kuva stabiloidaan. Kuvaan jää tärinästä johtuvaa liike-epäterävyyttä, vaikka kuvassa ei enää olisikaan liikettä. Tämä näyttää lopputuloksessa oudolta, mutta siltä on hankala välttyä, jos kuva heiluu paljon. Ongel-

maa voi lieventää käyttämällä kuvaustilanteessa korkeaa suljinnopeutta tai motion smoothingia.



Kuva 14. Kuvaan on jäänyt liike-epäterävyyttä.

5.3 Repositioning-ongelma

Stabiloinnissa kaikki kuvajakson ruudut linjataan ja siirretään yhden valitun ruudun kiintopisteen mukaan. Tästä väistämättä aiheutuva kuvan rotaation ja paikan muutos jättää tyhjää ruudun reunoille (Kuva 15).



Kuva 15. Katkoviiva näyttää varsinaisen ruudun kehyksen. Stabilointi on aiheuttanut sen, että kuva on liikkunut pois kehyksestä ja reunoilta. Etenkin kulmien kohdalta on paljastunut tyhjää.

Ongelma kierretään zoomaamalla kuvaa lähemmäksi (Kuva 16), eli skaalataan stabiloitua kuvaa sen verran, että tyhjät alueet jäävät komposition ulkopuolelle. Skaalauksen ongelmana on kuvan pikselöityminen, mikä näkyy lopputuloksessa pehmentyneenä ja rakeisempänä kuvana. (Wright 2006, 248.) Lisäksi alkupe-
räinen kuvattu kompositio muuttuu tiiviimmäksi. Perussäännöksi voisi ajatella, että mitä enemmän kamera on tärisnyt kuvauksissa, sitä enemmän kuvaa joudutaan zoomaamaan jälkikäsitellyssä ja sitä huonolaatuisemmaksi kuva muuttuu. Kun puhutaan hyvin suurista 4K-, 3K- ja 2K-resoluutioista, voidaan kuvaa zoomata jo aika paljon ennen kuin katsoja erottaa heikenneen kuvanlaadun.



Kuva 16. Katkoviiva esittää stabiloidun kuvan reunoja. Stabiloitua kuvaa täytyy zoomata niin paljon, että kaikki kuvan reunat jäävät varsinaisen ruudun reunojen ulkopuolelle (Wright 2006, 249).

Kuvasin 2 Times Terror: Ikävässä paikassa -musiikkivideon 4K-resoluutiolla (4096 x 2160), mutta tiesin jo kuvausvaiheessa, että lopullinen videon resoluutio

tulisi olemaan 1080p (1920 x 1080). Lopputuotoksen resoluutio on yli 50 prosenttia pienempi, kuin alkuperäinen kuvattu materiaali. Tämä tieto oli tärkeä jo kuvauksissa, sillä pystyin kuvaamaan ja suunnittelemaan kuvat tietäen, että voisin zoomata kuvaa yli 50 prosenttia ilman että kuvan laatu heikkenee lainkaan. Tämä tietenkin auttoi paljon kuvia stabiloidessa ja uudelleen rajatessa.



Kuva 17. Lopputuloksessa kuva on stabiloitu laulajan silmien mukaan ja rajattu uudelleen.

6 PLANAR MOTION TRACKING

6.1 Tekstuuralueisiin perustuva motion tracking

Planar tracking poikkeaa merkittävästi tracking pointeihin perustuvasta liikkeen tallentamisesta. Pintoihin, eli tekstuuralueisiin, perustuva motion tracking pohjautuu siihen, että kuvissa on hyvin paljon eri pintoja, kuten lattioita, seiniä ja huonekaluja. Myös luonnosta löydetään helposti paljon erilaisia pintoja. Tracking pointien sijaan kuvasta valitaan pintatekstuuri, jonka liike pyritään tallentamaan. Planar tracking käyttää siis käyttäjän valitsemaa aluetta kuvasta ja vertaa sitä aina seuraavaan ruutuun vastaavan tekstuuralueen löytämiseksi. (Wright 2010.)

Planar tracking seuraa liikettä, rotaatiota, skaalausta, perspektiivin muutosta ja viistoutta. Se pystyy tähän, koska pintoihin perustuva motion track käyttää suurta tekstuuraluetta, eikä vain muutamaa pistettä, kuten tracking pointeihin perustuvassa motion trackingissä. Planar tracking toimii hyvin, vaikka kuvassa olisi kohinaa, liike-epäterävyyttä ja muutoksia valaistuksessa tai tallennettava kohde peittyisi osittain tai häviäisi osittain kuvan reunojen ulkopuolelle. (Wright 2010.)

Planar trackingissä on myös tracking pointien search boxia vastaava alue ja muutenkin monet toimintaperiaatteet ovat samoja. Planar motion tracking on osittain jo syrjäyttänyt pisteisiin perustuvan motion trackingin paremman ja helpomman toimivuuden vuoksi. Käytettävyydeltään se on kuitenkin hieman vaikeampi kuin pisteisiin perustuva motion tracking.

6.2 Planar tracking -esimerkki

Esimerkkinä planar trackingin käytöstä käytän kohtausta Lupatarkastajalyhytelokuvasta. Kohtauksessa päähenkilöä kohti ammutaan ja hän kyyristyy auton taakse suojaan. Auton kylkeen ropisee lukuisia digitaalisesti tehtyjä luodinreikiä. Kuvasin kohtauksen käsivaralla, mikä tietenkin tarkoitti sitä, että koh-

tauksen kameran liike täytyi kokonaisuudessaan purkaa ja tallentaa kuvasta motion trackingin avulla, jotta digitaalisesti lisättävät luodinreiät ja savuelementit pysyisivät liikkeen mukana.



Kuva 18. Alkuperäinen käsivaralla kuvattu kuva. Auton kylkeen halutaan ilmes-
tyvän luodinreikiä, joiden täytyy pysyä paikoillaan liikuipa kamera kuinka paljon
tahansa.

Päätin käyttää tässä kohtauksessa planar trackingiä. Planar tracking soveltuu
hyvin suuren alueen liikkeen tallentamiseen, etenkin kun halutaan lisätä digita-
alista sisältöä juuri tämän valitun alueen sisälle (Kramer 2010).



Kuva 19. Kuvasta on valittu tekstuurialue, jonka liike halutaan tallentaa ja johon luodinreiät lopulta sijoitetaan.

Valmiissa efektissä luodinreiät ja savuelementit pysyvät halutusti kuvan liikkeen mukana kiinni auton kyljessä (Kuva 20).



Kuva 20. Valmis efekti.

7 KUVIEN KORJAAMINEN JÄLKITUOTANNOSSA

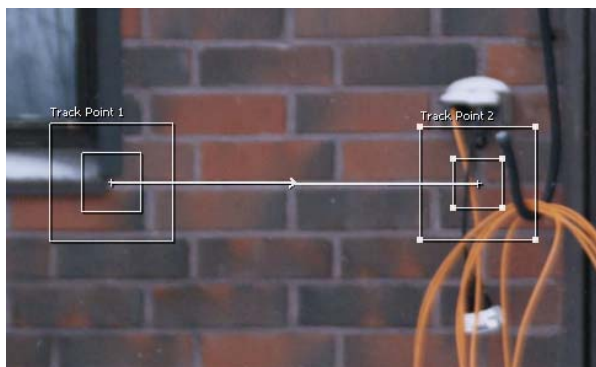
Kaikki ei mene kuvauksissa aina suunnitelmien mukaan, joten joskus motion tracking voi olla korvaamaton apu kuvien korjaamisessa jälkeempään. Kuvaa voidaan manipuloida myöhemmin esimerkiksi lisäämällä tai poistamalla siitä jotain. (Pinteau 2004, 153.)

Kuvatessani Lupatarkastaja-lyhytelokuvaa eräs näyttelijä ei ehtinyt ajoissa mukaan erääseen kohtaukseen, joten päätin kuvata kohtauksen ajallaan ja liittää toisen näyttelijän kuvaan myöhemmin jälkituotannossa.



Kuva 21. Kohtaus ilman toista näyttelijää.

Motion trackingin ansiosta pystyin kuvaamaan kohtauksen käsivaralla ja liittämään toisen näyttelijän taustalle saumattomasti. Kuvan taustalla oleva tiiliseinä ja johto antoivat riittävästi monipuolisia yksityiskohtia ja paljon värikontrasteja hyvien tracking pointien asettamiselle (Kuva 22). Olennainen perusajatus on se, että kun halutaan liittää jotain taustaan, täytyy myös tracking pointit asettaa lähelle sitä paikkaa. Näin vältetään parallaksin ja linssinvääristymisen aiheuttamia ongelmia.



Kuva 22. Taustaan asetetut tracking pointit.

Toisen näyttelijän saavuttua kuvauspaikalle riitti, että kuvasin hänet alkuperäistä taustaa vasten suunnilleen samasta kohden, kun kuvasin alkuperäisen taustan. Tiesin, että voisin korjata pienet virheet jälkeinpäin säätämällä kuvan kokoa, paikkaa ja skaalausta. Parhaaseen tulokseen pääsee tietenkin, jos kameran paikka on täsmälleen sama.



Kuva 23. Toinen näyttelijä leikattuna irti alkuperäisestä kuvastaan.

Jälkikäsittelyssä leikkasin toisen näyttelijän irti taustastaan ja liitin aiemmin kuvatun kohtauksen päälle. Linkitin siihen alemmasta kuvasta tallennetun liikeditan, säädin skaalauksen kohdalleen ja värimäärittelin kohtauksen valmiiksi (Kuva 24).

Tämä on vain yksi lukemattomista tavoista hyödyntää motion trackingiä ongelmatilanteissa. Etenkin liikkuvien käsivarakuvien korjaaminen ilman motion trackingiä voi olla uuvuttava prosessi.



Kuva 24. Toinen näyttelijä liitettynä taustaan saumattomasti.

8 LOPUKSI

2D motion tracking on yksi yleisellä tasolla melko vähän tunnetuista efektityökaluista. Usein värimääritys ja esimerkiksi 3D-mallinnus tunnetaan ja osataan poimia kuvasta esille. Hyvin tehtyä liikkeen tallennusta ei tavallinen katsoja kuitenkaan huomaa, eikä pitäisikään huomata. 2D motion tracking on näkymättömyydestään huolimatta melkoinen efektoinnin kivijalka, joka mahdollistaa monien eri efektivariaatioiden ja -kokonaisuuksien tekemisen pienimmällä mahdollisella vaivalla. (Dobbert 2005, xi.) Helpon käytettävyyden ja monipuolisuuden vuoksi 2D motion tracking tarjoaa pienille tuotantoyhtiöille ja jopa yksityisille henkilöille ja harrastelijoille periaatteessa samat mahdollisuudet kuin isoilla elokuvayhtiöilläkin on. Teknisten rajoitusten murtaminen on parasta, mitä alati kehittyvät efektityökalut ja -teknologiat voivat tarjota.

It takes three distinct bodies of knowledge to be a good digital effects artist: the art, the tools, and the technique (Wright 2006).

Jos haluaa olla hyvä digitaalisten efektien tekijä, pelkkä työkalun käytön osaminen ei riitä. Työkalujen tuntemuksen lisäksi täytyy olla ymmärrystä myös taiteellisesta puolesta ja erilaisista tekniikoista. Tekniikoiden tuntemus tulee kokemuksen myötä, esimerkiksi kuinka lähestyä ja ratkaista erilaisia ongelmatilanteita tai miten jokin tietty lopputulos saavutetaan mahdollisimman yksinkertaisesti. (Wright 2006.) Lisäisin Wrightin listaan vielä kiinnostuksen kaikkea uutta kohtaan, mikä on teknisen osa-alueen hallitsemisen edellytys.

Kuten niin monet muutkin efektityökalut ja teknologiat, myös 2D motion tracking kehittyi koko ajan. Käytettävyyden kehittyessä myös osaaminen paranee. Työkalun mahdollisuudet on huomattu ja sitä on käytetty luovasti tuotantojen sisällön ja visuaalisen ilmeen parantamiseen. Kaikki tämä antaa paremmat mahdollisuudet mitä mielikuvituksellisimpien ideoiden toteuttamiseen.

2D motion trackingin monipuolisuus erilaisten efektien teossa avautui minulle aivan uudella tavalla omien projektieni kautta. Lupatarkastaja-

lyhytelokuvassa pääsin todella vertailemaan planar trackingin ja point based motion trackingin eroja tilanteissa, joissa kuvaan lisätään tai siitä poistetaan sisältöä. 2 Times Terror: Ikävässä paikassa -musiikkivideo tarjosi puolestaan hyvän kokeilualustan kuvan stabilointiin ja yleiseen työjärjestykseen. Tärkeä osa tutkimusta oli pelkästään opinnäytetyötä varten kuvattu testimateriaali, jolla kävin läpi monia ongelmatilanteita. Sen avulla pystyin myös vahvistamaan ratkaisumalleja 2D motion trackingin ongelmiin käytännössä, ja nämä tulokset ovat luettavissa tässä opinnäytetyössä. Tämän opinnäytetyön kirjoittamisprosessin ja tutkimustyön myötä pääsin perille monista 2D motion trackingin teknisistä ominaisuuksista ja sen rajoituksista. Tekniset rajoitukset tulee ottaa huomioon jo efektikuvan suunnitteluvaiheesta lähtien. Toivon että tämä teksti voi palvella ja tarjota tietoa niille, jotka ovat tekemisissä 2D motion trackingin tai digitaalisten tehosteiden kanssa. Minulle tämän työn tekeminen on antanut hyvät edellytykset kehittää omaa osaamistani ja tietouttani 2D motion trackingin lisäksi myös yleisesti efektikuvan koko tuotantoprosessista aina ensimmäisestä ideasta kuvauksiin ja valmiiseen kohtaukseen asti.

LÄHTEET

- Dobbert, T. 2005. Matchmoving: the invisible art of camera tracking. California: Sybex.
- Freiberger, M. 2009. Career interview: visual effects director. <http://plus.maths.org/content/career-interview-visual-effects-director-3>. 4.3.2011.
- Kramer, A. 2010. Magic tracking. http://www.videocopilot.net/tutorial/magic_tracking/. 16.2.2010.
- Menache, A. 1999. Understanding motion capture for computer animation and video games. San Diego: Academic press.
- Pintea, P. 2004. Special Effects. New York: Harry N. Abrams, Inc.
- Sponsler, C. 2010. The Focal Easy Guide to After Effects. http://www.focalpress.com/uploadedFiles/Mini_sites/After_Effects/Tutorials/The%20Focal%20Easy%20Guide%20to%20After%20Effects-%20Advanced%20Compositing%20Features.pdf. 22.11.2010.
- Squires, S. 2007. Visual effects supervisor. <http://effectscorner.blogspot.com/2007/05/visual-effects-supervisor.html>. 4.3.2011.
- Wikipedia. 2011a. Match moving. http://en.wikipedia.org/wiki/Match_moving. 15.2.2011.
- Wikipedia. 2011b. Motion capture. http://en.wikipedia.org/wiki/Motion_capture. 15.2.2011.
- Wikipedia. 2011c. Parallax. <http://en.wikipedia.org/wiki/Parallax>. 7.2.2011.
- Wikipedia. 2011d. Lens distortion. http://en.wikipedia.org/wiki/Lens_Distortion. 7.2.2011.
- Wright, S. 2006. Digital compositing for film and video, Second edition. Burlington: Focal press.
- Wright, S. 2010. Learn mocha: Chapter 1. What is Planar Tracking? <http://www.imagineersystems.com/videos/steve-wright-planar-tracking/view>. 25.11.2010.

Tuotantotiedot

Lupatarkastaja, 2011

Ohjaus, kuvaus, leikkaus, käsikirjoitus: Toni Hiltunen

Tuotanto: Anti-Teatteri, Pohjois-Karjalan Ammattikorkeakoulu

Kesto: 2 minuuttia 25 sekuntia.

Video katsottavissa: http://www.youtube.com/watch?v=V_MlviNoKbM

Making of katsottavissa: <http://www.youtube.com/watch?v=qyULkbK29bA>

2 Times Terror: Ikävässä paikassa, 2010

Ohjaus, kuvaus, leikkaus, käsikirjoitus: Toni Hiltunen

Tuotanto: Anti-Teatteri, Pohjois-Karjalan Ammattikorkeakoulu, Osasto-A Records

Kesto: 4 minuuttia.

Video katsottavissa: <http://www.youtube.com/watch?v=wpweFnWQSvg>