

## SISÄLLYS

1. JOHDANTO.....	2
2. MITÄ 3D CAMERA TRACKING ON .....	3
3. ESIMERKKI 3D CAMERA TRACKING PROSESSISTA.....	8
4. KAMERAN TOIMINNAN YMMÄRTÄMINEN .....	10
5. MTV3:N MAANANTAIKAMPANJA .....	12
6. 3D CAMERA TRACKING.....	13
6.1. Videomateriaalin arvioiminen .....	13
6.2. Tiedon kerääminen .....	14
6.3. Kameran määrittäminen .....	15
6.4. 3D Kalibrointi .....	19
6.5. Testaus .....	22
7. TEKNIIKAN HYÖDYT .....	24
8. ARVIOINTIA .....	25
LÄHTEET .....	27
LIITTEET	

## 1. JOHDANTO

3D camera tracking – tekniikalla tarkoitetaan prosessia, jossa tietokoneella tehtyjä *CG* -elementtejä (*computer generated*) liitetään jo valmiiksi kuvattuun videomateriaaliin. Vähättelemättä sen tärkeyttä, lopullisessa videossa se on kuitenkin täysin näkymätöntä, jos se on tehty oikein. (Dobbert 2005a, 1.)

MTV3:n työskennellessäni olen jo aikaisemmin saanut tehtäväksi käyttää tätä tekniikkaa eräässä kampanjassa, joten minulla on käytännön kokemusta 3D camera tracking -tekniikan käytöstä käytännössä. Opinnäytetyö sisältää kuvauksen 3D camera tracking tekniikan käytöstä, miksi se on olemassa ja mitkä ovat sen hyödyt lisäarvon tuojana. Käsittelen myös 3D camera tracking -tekniikan prosessia ja sen työvaiheita sovellettuina omaan työelämälähtöiseen projektiin. Tarkemmin rajattuna opinnäytetyöni käsittelee kuvan analysointiin pohjautuvaa camera tracking -tekniikkaa.

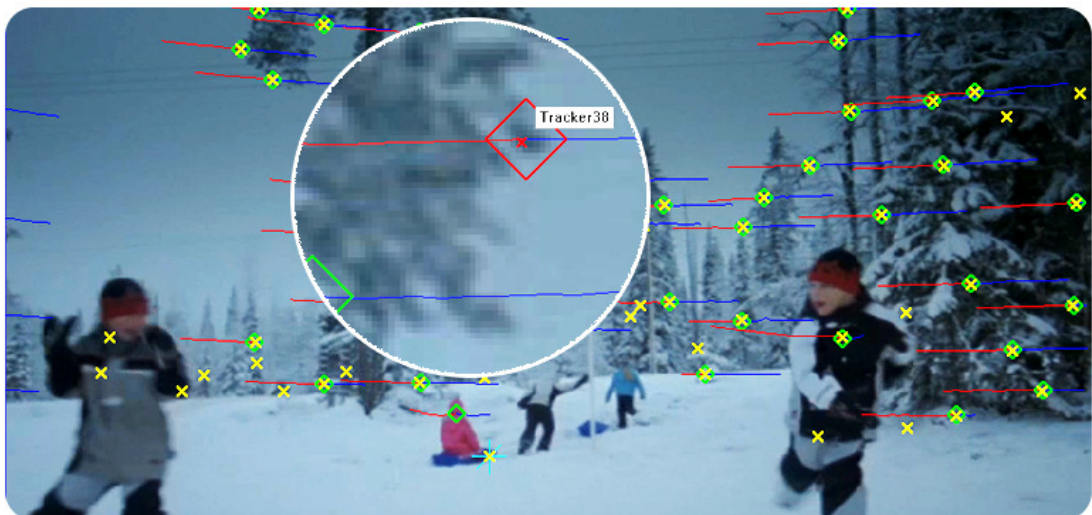
Oma työni on ollut valmis ennen opinnäytetyöprosessin alkamista, joten kuulun siihen ryhmään, jotka eivät ole varsinaiselta ammatiltaan matchmoving -artisteja, mutta joilta silloin tällöin tullaan pyytämään 3D camera tracking – tekniikan käyttämistä. Minulle tuli eteen tilanne, kuten uskon myös monelle muullekin tulleen, jossa annettiin 3D camera tracking työtä varten sovellus ja kuvattu materiaali, johon tuli upottaa kolmiulotteisia elementtejä – eikä muuta. Itseoppiminen tutoriaalien pohjalta on kyllä mukava tapa oppia uutta, mutta tekniikan periaatteita niistä ei kovin hyvin opin. Juuri näiden teknisten kiemuroiden ymmärtäminen saattaa auttaa ongelmatilanteiden ratkaisussa ja niitä tilanteita varmasti tulee eteen. Opinnäytetyön valmistuttua uskon, että ymmärrän paremmin mitä siellä konepellin alla oikeasti tapahtuu ja pystyn näin hyödyntämään monipuolisemmin 3D camera tracking -sovelluksien mahdollisuuksia.

Selvyyden vuoksi käytän opinnäytetyössäni terminologiaa, jossa englannin kielestä johdetaan suomenkielisiä termejä. Esimerkiksi 3D camera tracking kääntyy suomalaisittain 3D trakkäämiseksi tai trakkäämiseksi, jonka variaatioita käytän värittääkseni tekstiä. Puhun tekstissäni myös ratkaisusta, jolla tarkoitan kaksikulotteisen materiaalin ratkaisua (*2D tracking*) ja sen saattamista kolmiulotteiseksi oikeata kuvauspaikkaa vastaavaksi.

## 2. MITÄ 3D CAMERA TRACKING ON

Tekniikalla tarkoitetaan virtuaalisten elementtien lisäämistä videokuvaan. 3D camera tracking, toiselta nimeltään matchmoving, on parhaimmillaan silloin, kun sitä ei huomaa. Paremmin sanottuna tekniikan avulla tehty jälki on nähtävissä silloin, kun se on huonosti tehtyä. Useat visuaalisia efektejä tekevät artistit ymmärtävät 3D camera tracking – tekniikan tarpeen ja toimintatavan, mutta eivät oikeastaan tiedä mitä ”konepellin alla” tapahtuu.

Kyseistä tekniikkaa käytetään hyödyksi elokuvissa, TV-mainoksissa, TV-uutisissa, urheilutapahtumien kuvauksissa, peliteollisuuden käyttämissä motion capturessa ja erilaisissa opetustarkoituksissa. Paremmin sanottuna kaikessa, missä liikkuvaa kuvaa halutaan rikastaa tietokonegrafiikalla.



*Kuva 1, Videomateriaalin yksi piste, jota seurataan ja siihen merkitään avainkehykset*

Perinteisen liikkuvan kuvan analysointiin perustuva träkkäys nojaa kehyksien (*frame*) välisiin linkityksiin. Yhdellä kehyksellä tarkoitetaan videon yhtä kuvasekvenssiä, joita esittämällä peräjälkeen syntyy liikkuvaa kuvaa. Näitä kuvasekvenssejä esitetään yleensä 24, 25 tai 30 kertaa sekunnissa. Kuvan analysointiin perustuvassa träkkäyksessä etsitään tiettyjä videomateriaalissa esiintyviä kohtia, jotka toistuvat peräkkäisissä kehyksissä. Nämä peräkkäisissä kehyksissä esiintyvät kohdat sidotaan toisiinsa avainkehyksin (*keyframe*), joiden avulla pystytään selvittämään miten kamera on liikkunut oikeassa kuvaustilanteessa (kuva 1).

Tämä tekniikka on siirtynyt täysin manuaalisesti kehys kehykseltä tehtävästä trakkäyksestä automaattisiin trakkäysanalyysiin, jotka tuovat yhteen laajan kirjon kuvakäsittelyä ja analysointitekniikoita. (Sanders-Reed 2006, 1-2.)

Green screeniä (Kuva 2) vasten tehtävä 3D camera tracking on yksi yleisesti käytetyistä tekniikoista, kun halutaan lisätä CG-elementtejä videomateriaaliin. Tekniikan ideana on asettaa lavaste, jossa seinät ja lattia päällystetään vihreällä kankaalla ja tähän kankaaseen merkitään pisteitä mitatuin välimatkoin. Tämä mahdollistaa kameran liikkeen tallentamisen 3D camera tracking ohjelmalla ja edelleen saumattoman suhteen näyttelijöiden ja tietokoneella tehtyjen elementtien välillä. Jälkikäsitteilyvaiheessa vihreä taustakangas poistetaan muusta ympäristöstä chroma-key –tekniikkaa käyttäen, jolloin virtuaaliset elementit saadaan istutettua näyttelijöiden taakse sekä ne saadaan noudattamaan kameran liikettä.



*Kuva 2, Amerikkalaisen Barbara Smithersin toimittaman ohjelma green screen lavastus Sony'n studiolla.*

Kuvattaessa elokuvia ja mainoksia studio-olosuhteiden ulkopuolella, kuten esimerkiksi pimeällä kujalla, 3D camera tracking –tekniikasta tulee karvan verran hankalampaa. Träkättävien pisteiden, eli markkerien tulee olla tarkkaan harkituissa paikoissa ja tietyllä tavalla merkittyinä. Ulkotiloissa esimerkiksi halkaistut tennispallot ja iltakuvauksissa kiinnitettävät LED-valot ovat varteenotettavia markkereita. On kuitenkin huomioitava miten lähellä kameraa markkeri on, sillä iso kohta liian lähellä on vaikea träkättävä. Jos kuvattavassa tilassa on jo luonnostaan hyviä träkättäviä pisteitä, niitä

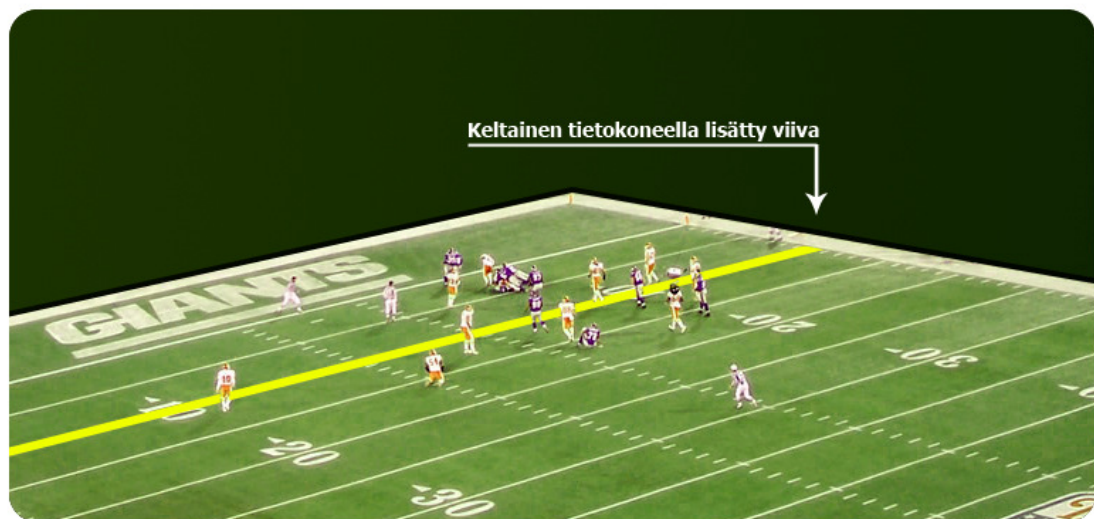
on turha laittaa sinne lisää. Näitä kohtia voi esimerkiksi löytää kerrostalon ikkunoiden kulmista tai muista talon rakenteista, huoneen nurkista, esineiden sijoituskohdista tai oikeastaan mistä vaan, jossa kohta on selkeästi erotettavissa muusta ympäristöstä. (Dobbert 2005b, 59.)

Dobbertin (2005a, 1) mukaan 3D camera tracking on oikein tehtynä näkymätöntä, joka ei kuitenkaan ole täysin totta, riippuen vähän miltä kannalta sitä katsoo. Ajatellaanko 3D camera trackingin onnistuneen silloin, kun sitä ei huomaa käytettäneen, esimerkiksi elokuvissa, vai silloin kuin sen olemassa olon huomaa, mutta sen käyttö on onnistunut. Esimerkiksi nykyään TV-yhtiöiden, ainakin pohjoisamerikkalaisten sellaisten, trendinä on käyttää uutis- ja ajankohtaislähetysissä sekä urheilutapahtumissa reaaliaikaisesti ympäristöönsä lisättävää 3D-grafiikkaa, jonka tarkoituksena ei varsinaisesti ole näyttää realistiselta, vaan tuoda näyttävyyttä sekä informaatiota. Dobbert on kuitenkin oikeassa siltä kannalta, että 3D-objektien suhde kameran liikkeeseen on oltava huomaamatonta, vaikka itse objekteista huomaakin, että ne ovat lisätty tietokoneella.

3D camera tracking -tekniikkaa käytetään myös virtuaalilavasteissa, joissa green screenin avulla trakkääminen on viety astetta pidemmälle. Virtuaalilavasteiden kameroihin kiinnitettävät lisälaitteet mahdollistavat reaaliaikaisen kameran tietojen kuten panoroinnin, kallistuman, liikkeen, zoomin ja polttopisteen tallentamisen. Tämä mahdollistaa virheettömän kameran liikkeen tunnistamisen ilman kankaaseen kiinnitettyjä merkkejä, joka nopeuttaa ja helpottaa chroma-key prosessia sekä auttaa varjojen sekä heijastumien tekemisessä. Virtuaalilavasteiden mahdollistama tekniikka poistaa kuvauksen jälkeen tehtävän trakkäyksen kokonaan sekä mahdollistaa CG-elementtien lisäämisen saumattomasti reaaliaikaiseen kuvaan, jossa on kameran liike mukana. (3D Camera tracking system 2008, 1-2.)

Kameroihin kiinnitettävien laitteiden avulla mahdollistetut virtuaalilavasteet mahdollistavat studion visuaalisen ilmeen muutokset hetkessä, eikä niiden rakentamiseen ja sisustukseen kulu enää päiviä. Toinen asia on tietenkin itse tietokonegrafiikan tekeminen, mutta jo esimerkiksi kolmella tietokonegrafiikalla "sisustetulla" lavasteella voidaan palvella esim. TV-uutisten, lasten ohjelman sekä ajankohtaisohjelman tarpeita. Ja kaikkiin riittää yksi studio.

Yksi 3D camera tracking -tekniikan tavoista on itse malliin perustuva järjestelmä. Tätä käytetään hyväksi esimerkiksi urheilutapahtumissa, kuten uintikilpailuissa, yleisurheilussa ja amerikkalaisessa jalkapallossa. Malliin perustuvan (*model based*) trökkäys nojaa useisiin tietokoneisiin, kameroihin ja ennen lähetystä tehtävään mallinnustyöhön. Esimerkkinä tästä on amerikkalaisen jalkapallon suorissa lähetyksissä käytetty tietokoneella tehty keltainen viiva, joka ilmaisee matkaa seuraavalle saavutettavalle kohdalle (Kuva 3).



*Kuva 3, Amerikkalaisen jalkapallo-otteluun reaaliaikaisesti tehty keltainen viiva.*

3D mallinnetun kentän lisäksi oikean kentän ympärille täytyy sijoittaa kuusi kameraa, joissa jokaisessa on laite, joka mittaa kameran panorointia ja zoomia. Jokainen näistä laitteista lähettää tietokoneelle kamerasta tietoa kolmekymmentä kertaa sekunnissa. Tietokone yhdistää tämän informaation 3D mallin kanssa, jonka jälkeen on mahdollista käyttää keltaista viivaa kuvan päällä oikeassa suhteessa kameraan. Ennen kuin lopullinen keltainen viiva piirtyy TV ruutuun, on se värieroteltava pelaajista, jotta katsojille välittyä illuusio itse kentässä olevasta viivasta. (Smartcomputing 2001.)

Urheilutapahtumien reaaliaikainen trökkäämien tulee varmasti yleistymään tulevaisuudessa myös Suomessa. Sillä jos pelikenttään pystytään saumattomasti lisäämään yksi televisiossa näkyvä viiva, niin mikä estää mainostajia sijoittamasta omia tuotemerkkejään kentälle. Mainoksia voidaan kontrolloida ja vaihtaa reaaliaikaisesti, mikä mahdollistaa useamman mainostajan saamisen tapahtumiin. Tätä tehdään jo Yhdysvalloissa ainakin baseballissa sekä amerikkalaisessa jalkapallossa ja varmasti

tulee lisääntymään myös Euroopassa. Tosin Suomessa TV mainontaa säätelevä tiukka lainsäädäntö saattaa estää tämän keinon rantautumisen Suomeen.

Motion capture on yksi 3D camera tracking -tekniikan lajeista. Siinä ei edellisten tapaan pyritä selvittämään kameran liikettä, vaan itse objektien liikettä. Tekniikkaa käytetään mm. peleissä ja 3D hahmojen animoinnissa. Motion capturessa haluttuun objektiin, usein ihmiseen, kiinnitetään selvästi erottuvia sensoreita, joita yksi tai useampi kamera trökkää. Nämä sensorit sijoitetaan niveliin ja kohtiin, joiden liikkeen tieto on tärkeää. Kameroiden välityksellä kerätään tietoa näiden pisteiden liikkeistä, jonka jälkeen kerätty tieto upotetaan 3D hahmomalliin, joka toistaa näyttelijän liikkeitä identtisesti. (Wikipedia, Motion capture.)



*Kuva 4, Näyttelijään kiinnitettävät sensorit ovat motion capturen perusta*

Motion capturen avulla voidaan myös träkkätä myös kasvojen liikkeitä, joka on ihmisen kehon trökkäämistä hieman haastavampaa. Ihmisen kasvojen liikkeen tallentamisen saavuttamiseksi kasvoihin kiinnitettävien sensoreiden määrää saattaa hipoa jopa 400 kappaletta. Kasvojen ilmeiden ollessa hyvinkin hienovivahteisia, sensoreiden täytyy träkkätä esimerkiksi huulten ja silmien liikkeitä millimetrin tarkkuudella. Näiden sensorien avulla ihmisen kasvojen ilmeet voidaan tallentaa hyvin tarkasti ja siirtää ne edelleen virtuaalimalliin, jolloin tietokoneanimaatio toistaa ilmeet samankaltaisina kuin oikeassa elämässä. Kuten ihmisen kehon liikkeiden trökkääminen, että kasvon ilmeiden trökkääminen voidaan suorittaa reaaliaikaisesti. Trökkäämistä voidaan nykyään tehdä myös ilman kasvoihin kiinnitettäviä merkkejä, jolloin kamera trökkää esimerkiksi

sierainten, huulien kulmien ja ryppyjen välisten suhteiden vaihtelua. Tämä uusi tekniikka ei ole yhtä hankalaa, mutta saattaa silti tarjota huomattavasti tarkempaa ilmeiden tallentamista kuin sensorien avulla. (Wikipedia, Facial motion capture.)

Tyypillisesti 3D camera tracking -tekniikkaa käytetään elokuvissa ja mainoksissa, joissa jo kuvausvaiheessa tiedetään, että kuvattuun materiaaliin tullaan lisäämään CG elementtejä. Tällöin on huomattavasti helpompaa ottaa huomioon asioita, jotka tulevat helpottamaan 3D camera tracking työtä, kuin silloin jos kuvausvaiheessa tämän tekniikan tarvetta ei vielä tiedetä. Omassa projektia tehdessäni toivoin, että olisin voinut matkustaa ajassa taaksepäin, ja kysyä ohjaajalta kameran asetuksista sekä sijoittaa muutama selvästi erottuva palikka tiettyihin kohtiin. Mutta se ei vielä nykyään ole mahdollista, joten on pärjättävä niillä tiedoilla mitä on saatavilla.

### 3. ESIMERKKI 3D CAMERA TRACKING PROSESSISTA

Jotta ymmärrettäisiin mitä 3D camera tracking työ sisältää, käydään seuraavaksi läpi kuvitteellinen elokuvakohtaus, jota kuvattaessa tiedetään, että siihen sisällytetään tietokoneella tehtyjä visuaalisia efektejä. Elokuva sisältää kohtauksen, jossa ohjaaja haluaa, että tietokoneella tehty hahmo paiskautuu kerrostalon ikkunan läpi ulos kadulle ja juoksee kadun poikki kujalle. Jotta ikkunan pirstaloituminen olisi vuorovaikutuksessa hahmon liikkeen kanssa, visuaalisista efekteistä vastaava henkilö päättää, että ikkunan rikkoutuminen tehdään myös tietokoneella. (Dobbert 2005a, 2.)

Kuvauspäivänä ohjaaja tekee taiteellisia päätöksiä miten hän haluaa kohtauksen kuvattavan ja määrittelee lopullisen kameran paikan. Huoneessa olevan ikkunan tilalla on aukko, jonka läpi tietokoneella tehdyn hahmon tulee syöksyä. Kuvattaessa otosta kameramies kääntää kameraa ikään kuin se seuraisi hahmoa, joka lentää ikkunan läpi ulos kadulle. Ikkunan tukipuut vedetään läpinäkyvän langan avulla auki siinä kohtaan, kun hahmo lentäisi ikkunan läpi. Kun ohjaaja on tyytyväinen otokseen, filmi lähetetään digitoitavaksi, jonka valmistuttua se lähetetään edelleen visuaalisista efekteistä vastaavaan studioon. Puhtaan videon, eli digitoitujen sekvenssien (*plate*) saatua studio päättää, että he tarvitsevat animaattorin animoimaan ikkunan läpi lentävän hahmon, teknisen johtajan tekemään lasin rikkoutumis -efektin sekä henkilön, joka tekee 3D camera tracking työn. (Dobbert 2005a, 2.)



Visuaalisista efekteistä vastaavan henkilön tavoite on saada 3D elementit näyttämään yhtä realistisilta kuin kuvatussa materiaalissa. Animaattorin tulee animoida hahmo kuin se lentäisi ikkunan läpi sekä teknisen johtajan luomaan ikkunan pirstoutumisen, joka näyttää oikealta ikkunan rikki menemiseltä.

Jotta tämä kaikki saataisiin liitettyä yhtenäiseksi videoksi, jossa edellä mainitut CG elementit yhdistyvät saumattomasti todellisen kuvatun materiaalin kanssa, tarvitaan henkilö, joka tekee 3D camera tracking työn. Tämä henkilön tehtävänä on ratkaista missä kameran paikka oli ja miten se liikkui, kun alkuperäistä videota kuvattiin. Kameran liikkeen ja paikan ratkaisemiseksi, kohtauksen tapahtumapaikalla on tehtävä muutamia merkintöjä, kuten ottamaan muistiin huoneen mitat, ikkunan koon ja sen korkeuden lattiasta sekä ikkunan ja ulkona olevan tien väliset mitat. Tärkeätä on myös merkitä ylös kuinka korkealla kamera on lattiasta, mitä linssiä siinä on käytetty ja kuinka kaukana kamera on ikkunasta. (Dobbert 2005a, 2.)

Kun animaattori tekee hahmoanimaatiotaan ja tekninen johtaja ikkunan rikkoutumista, 3D camera tracking työtä tekevä henkilö aloittaa platen analysoinnin tuomalla ensiksi filmimateriaalin 3D camera tracking ohjelmaan. Tämän jälkeen hän alkaa selvittää videosta 2D pisteitä, jotka ovat kuvassa paikallaan, kuten huoneen ja ikkunan kulmat tai muut korkean kontrastivaihtelun omaavat kohdat, joita 3D camera tracking - ohjelma seuraa, kun videota pyöritetään. Ohjelman ratkaistua nämä pisteet, se tekee analyysin, jonka pohjalta se määrittelee kameran paikan ja liikkeen suhteessa näihin pisteisiin. Lopulta kameran paikan ja liikkeen selvittyä 3D camera tracking työ on pääosin tehty. Tämän jälkeen animaattori sekä tekninen johtaja tuovat omaan 3D-ohjelmaan ratkaistun CG kameran, jonka avulla heidän hahmoanimaatio sekä ikkunan rikkoutuminen näyttävät saumattomilta filmimateriaalin kanssa. (Dobbert 2005a, 3.)

Dobbertin (2005a, 2-3) kuvaama prosessi on ideaalitalanne, joka täyttyy vain unelmissa, asiaa käsittelevissä teoksissa sekä suurella rahalla tehdyissä elokuvissa. Tietenkin täydellisyyteen pitää pyrkiä, mutta kolikollakin on kääntöpuolensa eikä rahaa tai tekijöitä ole aina riittävästi, jolloin pahimmassa tapauksessa visuaalisista efekteistä vastaavan studion yksi työntekijä joutuu tekemään edellä mainitut toimet yksin.

#### 4. KAMERAN TOIMINNAN YMMÄRTÄMINEN

Ilman kameran toiminnan ymmärtämistä ei voida saavuutta vaikeiden 3D camera tracking -tekniikkaa vaativien videomateriaalien ratkaisua. Normaalialue videomateriaalia kuvattaessa kamera tallentaa filmille tai sähköiseen muotoon kolmiulotteisesta maailmasta kuvaa ja muuttaa sen kaksiulotteiseksi. 3D camera tracking -tekniikassa periaate toimii juuri päinvastoin, kaksiulotteisesta videomateriaalista luodaan kolmiulotteinen maailma. (Dobbert 2005a, 4.)

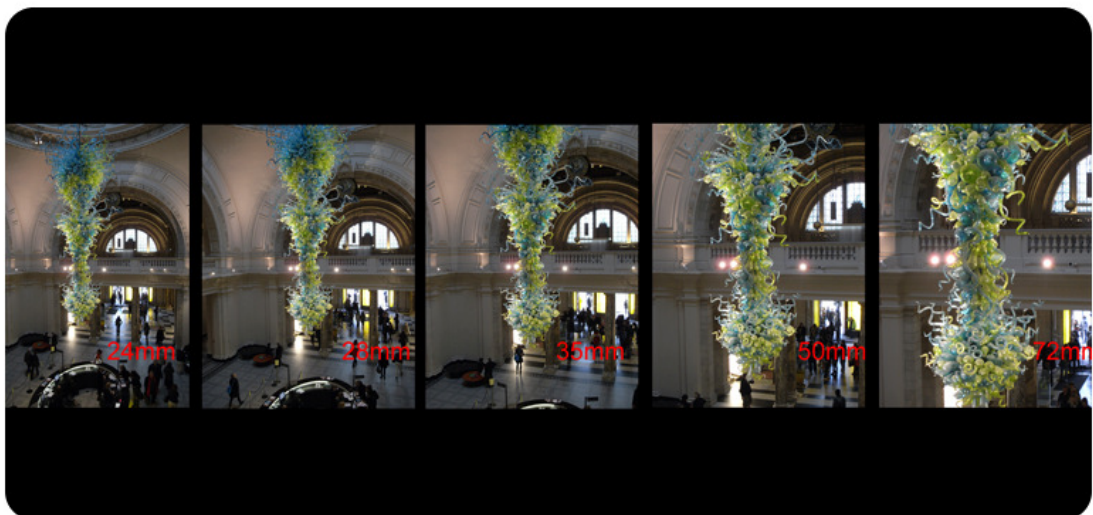
3D camera tracking -työn tekijän pääasiallisena päänvaivana selvityksen kohteena on kamerat. Onhan päämääränä kuitenkin ratkaista 3D kamera, joka täydellisesti jäljittelee videomateriaalin kuvannutta kameraa. Ratkaisijan ei ainoastaan tarvitse selvittää missä kamera sijaitsee ja mihin suuntaan se osoittaa, vaan osoittaa myös sen polttoväli ja formaatti mitä oikeassa kuvastilanteessa on käytetty. Jotta 3D kameran ratkaisusta ja videomateriaalin trakkäämisestä tulisi helpompaa ja tarkempaa, on korvaamatonta ymmärtää kuinka oikeat kamerat toimivat. (Dobbert 2005a, 111.)

Perinteisen filmikameran toiminta on hieman erilainen kuin digitaalisten videokameroiden toiminta. Elokuviissa käytetään useasti filmikameraa, jonka filmimateriaali täytyy digitalisoida ennen kuin sitä voidaan käyttää trakkäämiseen. Perusperiaatteet kameroiden välillä ovat kuitenkin samat. Filmikamerassa on luonnollisesti filmi, johon aukon avaamisella kuvanmuodostuspiirin (*film gate*) läpi vedostetaan kuva. Suljin pyörii aukon edessä vuoroin estäen valon ja vuoroin valon pääsyn filmille. Ensiksi filmin yksi kehys vedetään aukon eteen, jonka aikana suljin estää valon pääsyn linssin kautta filmille. Kun filmin yksi kehys on vedetty aukon eteen, suljin pyörien avautuu päästään valoa kehykseen. Suljin taas sulkeutuu, kun filmiä vedetään kohti seuraavaa kehystä. Sulkimen ja filmin välissä sijaitsee kuvanmuodostuspiiri, jonka koko määrittelee lopullisen kuvan koon filmille. Mitä kauemmin suljin on auki, sitä enemmän valoa päästetään kameran liikkeessä filmille, jolloin valmiista kehyksestä tulee epäterävä (*motion blur*). Filmikamerat toistavat tämän prosessin yleensä 24 kertaa sekunnissa. (Dobbert 2005a, 112-113.)

Videokamera voi olla analoginen, jolloin kuva tallennetaan videonauhalle tai digitaalinen, jolloin kuva tallentuu DV-nauhalle, DVD-levylle, muistikortille tai kiintolevylle. Ne eivät luonnollisesti tarvitse filmiä, eikä siinä ole myöskään mekaanista

suljinta sekä kuvanmuodostuspiiri on korvattu CCD-kennolla. Videokamerat muuntavat valoa sähköiseksi signaaliksi tämän CCD piirin kautta. CCD kennossa voi olla noin 6 miljoonaa pikseliä, jotka tunnistavat kuvan väriä, kirkkautta ja kontrastia. (Wikipedia, Videokamera.)

Kameraträkkääjän kaksi tärkeintä huolenaihetta ovat kameran linssi ja sen aukko. Linssin tärkein ominaisuus on polttoväli, joka ilmaisee pituuden linssin ja filmin tai kenno välillä. Mitä lyhyempi polttoväli on, sitä enemmän linssi kääntää valoa ja kuvaan saadaan enemmän perspektiiviä, toisin sanoen kuvasta tulee silloin laajempi ja syvämpi. Jos taas käytetään pitkää polttoväliä, kuvasta tulee suppeampi. Polttoväli mitataan millimetreissä ja yleisesti ottaen laajakuva on 24mm tai alle ja pitkällä polttovälillä otettu kuva on 50mm tai suurempi (Kuva 5). Polttovälin muutosta isommasta arvosta pienempään kutsutaan zoomaukseksi. Analysoitaessa träkättävää videomateriaalia on seurattava kuvan etualan ja taka-alan suhdetta toisiinsa. Jos ne eivät liiku riippumattomasti toisistaan, on mahdollista, että materiaalia on zoomattu. Yksi haastavimmista tehtävistä 3D camera tracking tekniikassa on yrittää laskea polttovälin muutosta zoomatessa, mutta onneksi ohjelmat tekevät sen ihmisen puolesta. Tosin joskus vaihtelevalla menestyksellä, jolloin on hyvä ymmärtää mitä polttovälin muutoksilla tarkoitetaan. (Dobbert 2005a, 115-117.)



*Kuva 5, Eri polttoväleillä (24mm-72mm) otettu kuva kameran ollessa samassa paikassa.*

Tärkeä kameran toiminnassa on ottaa huomioon myös field of view (FOV), joka ilmaisee mikä osa kuvatusta alueesta tulee näkymään tietyillä linssin ja aukon asetuksilla. Tämä FOV arvo kulkee käsi kädessä polttovälin kanssa ja omassa projektissani 3D camera tracking -ohjelma laskee tämän arvon automaattisesti.

## 5. MTV3:N MAANANTAIKAMPANJA

Työ, jossa hyödynsin 3D camera tracking -tekniikkaa, oli osa MTV3:lla tehtyä kampanjaa, joka käynnistyi vuoden 2009 tammikuussa heti vuoden vaihteen jälkeen. Kampanjan tarkoituksena oli lanseerata kolme uutta ulkomaista TV-sarjaa teemalla "Maanantaina on viikon paras päivä", perustuen samaan esityspäivään. Ohjelmien lanseeraamisiin panostettiin paljon ja sen näkyvyys oli suuri, sillä se kattoi MTV3:n käyttämän perinteisen trailerimainonnan lisäksi ulko- ja aikakauslehtimainontaa sekä hyödynsi myös sähköisiä viestimiä. Ulkomainontaa oli mm. bussipysäkeillä sekä julkisten liikennevälineiden kyljissä ympäri Suomen. Maanantaiteema oli esillä uusien ohjelmien trailereissa sekä muissa MTV3:n kanavaintiteeteissä, kuten jatkuu- ja lopputunnuksissa, joita esitetään mainoskatkoilla ja ohjelmien loputtua.

Idea kampanjaan tuli mainostoimistolta, joka kehitti kolme kantavaa lausetta, joita hyödynnettiin mainonnassa. Nämä olivat "Maanantai on viikon paras päivä", "Maanantai on viikon 1. päivä" sekä "Maanantaina laitetaan parasta päälle" (Kuva X), joista viimeisintä hyödynsin MTV3:n kanavatunnuksessa. MTV3:n kanavaintiteettiin sisältyy kanavatunnuksia, joista kaikki on kuvattu noudattaen samaa 360 asteen kameran rotaatiokaavaa. Tunnuksissa käytetty kameran tekemä täysiympyrä kuvastaa pöllön pään liikettä. Tuotantoyhtiö suunnitteli näistä kolmesta lauseesta kaikessa lanseerausmainonnassa käytettävät 3D-tekstit, joista yksi tulisi upottaa yhteen kanavatunnukseen. Tässä vaiheessa 3D camera tracking astui kuvaan.

Jotta tuotantoyhtiön suunnittelema 3D-teksti saatiin istutettua kanavatunnukseen, tarvittiin camera tracking -ohjelma. Ohjelmaksi valittiin SynthEyes, joka jälkepäin osoittautui kannattavaksi ratkaisuksi. Mielenkiintoiseksi projektin teki seikka, että aikaa ohjelman hankkimishetkestä ensimmäiseen TV-esitykseen oli vajaa kaksi viikkoa eikä minulla juurikaan ollut kokemusta kyseisen tekniikan käytöstä saati sitten vasta hankitusta ohjelmasta.

## 6. 3D CAMERA TRACKING

3D camera tracking -tekniikkaa tarvitaan siis tietokoneella tehtyjen elementtien lisäämisessä aiemmin kuvattuun videomateriaaliin. Träkkäämisprosessi noudattaa yleensä samaa kaavaa, johon kuuluu videomateriaalin arvioiminen, tarvittavien tietojen kerääminen, kameran määrittäminen 2D träkkäyksen avulla, 3D kalibrointi ja lopullisen kameran ratkaisun testaaminen. (Dobbert 2005a, 5.)

MTV3:n maanantaikampanjassa käytetyn kanavatunnisteen träkkäämisprosessi noudatti yleisesti suositeltua kaavaa pois lukien videomateriaalin arvioimisen sekä eri tietojen keräämisen. Annetun aikataulun noudattaminen sekä oma suhde uuteen ohjelmaan jätti videomateriaalinen syvällisemmän arvioinnin varjoonsa. Testaaminen käsitti maanantaikampanjan osalta animaation onnistumista tai epäonnistumista.

### 6.1. Videomateriaalin arvioiminen

Videomateriaalin arvioiminen on tärkeä, ehkä myös hieman villaisella painettu prosessi, koska se tulee antamaan yleiskuvan tehtävästä työstä. Usein saattaa käydä niin, että träkkäyksen tekijä haluaa viedä prosessin mahdollisimman nopeasti päätökseen, jotta ratkaistua materiaalia pystytään käyttämään luovempiin tarkoituksiin. Minulle kävi juuri näin. Tosin oma arvioitava video oli ratkaisun kannalta yksinkertainen, eikä materiaalin arvioinnin puutteesta lopputulosta ajatellen ollut merkitystä. Haluan kuitenkin tähdentää sen merkitystä, jotta vaikeamman materiaalin eteen tullessa tiedettäisiin mitä sudenkuoppia tulee varoa ja yleensä arvioida mitä träkkäämisen läpiviemiseltä vaaditaan.

Video, johon tuli lisätä 3D-elementti 3D camera tracking tekniikkaa käyttäen oli kuvattu kaksi vuotta sitten talvella. Kyseinen video on osa MTV3:n kanavaintiteettiä ja samankaltaisia tunnuksia on useita, jotka noudattavat samaa kaavaa.

Kanavaintiteetit ovat kuvattu dolly kameralla, joka kulkee täysiympyräksi muotoilluilla kiskoilla. Tämä helpottaa träkkäystä paljon, koska kameran liike on sulavaa ja tärinäöntä sekä sen vauhti pysyy samana koko kuvauksen ajan.

Tosin sulava liike vaatii trökkäyksen täydellistä onnistumista, sillä muuten lisättävä 3D-elementti saattaa täristä tai liukua aiheuttaen vääränlaisen illuusion oikeankaltaisesta tilanteesta.

Videokuvan talvisessa maisemmassa liikkuu ihmisiä, jotka on huomioitava viimeistään lopullisessa kompositointivaiheissa. Näitä liikkuvia elementtejä voidaan tosin trökkäämistä helpottaakseen sulkea pois käyttämällä maskeja. Muuten video on hyvin sininen sekä sumea, eikä se sisällä korkean kontrastivaihtelun omaavia kohtia, jotka sopisivat parhaiten trökkäyspisteiksi. Lisähaastetta videolle asettaa maan tason vaaleus. Maan tasolle on tarkoitus lisätä 3D-elementti, joten siihen on tärkeää saada trökkäyspiste.

## 6.2. Tiedon kerääminen

Tieto on valtaa myös 3D camera tracking -tekniikassa. Tiedon määrä saattaa aiheuttaa trökkääjälle harmaita hiuksia, ainakin silloin kun sitä ei ole laisinkaan. Mitä enemmän tallennettua informaatiota on, sitä helpompaa kaikki on. Hyvä uutinen kuitenkin on, että hyvin pienellä informaatiomäärällä päästään videomateriaalin trökkäyksessä jo pitkälle. Trökkäämistä varten on hyvä pyrkiä saamaan tietoa ainakin kamerasta ja sen asetuksista, sekä kuvauspaikalla olevien objektien välisistä pituuksista. Kamerasta tärkeitä tietoja ovat esimerkiksi sen polttoväli, joka määrittää onko video kuvattu laajalla kuvakulmalla vai onko se kuvattu telellä, joka tuottaa kapeamman kuvakulman. Myös kameran fyysinen korkeus, kameran aukon koko sekä filmityyppi ovat merkitseviä tietoja hyvän trökkäystuloksen aikaansaamiseksi. Jos video on kuvattu chroma kangasta vasten, johon on merkitty teipein pisteitä, niin näiden pisteiden väliset mitat ovat myös arvokasta tietoa. (Dobbert 2005a, 6.)

MTV3:n kanavaidentiteetti videosta tietojen kerääminen aiheutti juuri niitä harmaita hiuksia, koska minkäänlaista konkreettista dataa kamerasta tai kuvauspaikalta ei ollut. Ainoa tieto on se minkä pystyy omin silmin videosta päättelemään. Kuvasta käy ilmi, että se on kuvattu laajakulmalla, jolloin polttoväli on todennäköisesti jotain 20mm ja 30mm väliltä. Jos tarkkaa arvoa ei pystytäkään löytämään, on turha yrittää syöttää trökkäys ohjelmalle arvioituja tietoja, koska se pystyy itsekin ne selvittämään.

Itselle tosin tulisi paljon varmempi olo, jos oikean kameran asetukset vastaisivat träkkäyksen valmistuttua 3D kameran tietoja.

Videota katselemalla voidaan päätellä myös seikka, että siinä on käytetty eri polttovälejä, eli kuvassa on pientä zoomia. Videokuva lähtee kameran osoittaessa hirsitalon seinää, jossa on todennäköisesti käytetty pidempää polttoväliä, kuin kohdassa, johon 3D elementti tullaan lisäämään. Asiaa helpottaa se, että polttoväli näyttää pysyvän aukean kohdalla samana, mikä puolestaan helpottaa träkkäystyötä. Kameran siirtyessä aukealta taas enemmän lähikuvamaiseen kohtaan, polttoväliä taas suurennetaan, minkä tarkkasilmäinen saattaa huomata lopullisesta videosta hienoisena 3D-elementin liukumisena.

### 6.3. Kameran määrittäminen

Ensimmäinen käytännön askel kohti valmista ratkaisua on 2D träkkäys, joka on ratkaisun saavuttamiseksi välttämätöntä. Tässä vaiheessa 3D camera tracking -ohjelmalle kerrotaan mitä pisteitä sen tulee seurata laskeakseen kameran liikkeen ja selvittääkseen kolmiulotteisen tilan missä liikutaan. (Dobbert 2005a, 43.)

Yhden kohdan valitseminen still-kuvasta on helppoa, mutta työskenneltäessä liikkuvan kuvan parissa, kohdan selvittämisestä tulee huomattavasti hankalampaa. Useimmissa 3D camera tracking ohjelmissa käyttäjä sijoittaa 2D träkin tarkasti valittuun kohtaan yhdessä kehyksessä ja antaa ohjelman seurata tätä pistettä videon koko kestoilta. Näitä pisteitä tulee nyrkkisäännön mukaan olla seitsemästä kahteentoista per kehys ohjelmasta riippuen. 2D träkkäyksen voi tehdä manuaalisesti sijoittaen jokaisen pisteen itse tai vaihtoehtoisesti automaattisesti, jolloin ohjelma etsii automaattisesti videomateriaalista sen mielestä parhaat pisteet. Useasti parhaimpaan ratkaisuun pääsee näiden kahden tavan yhdistämisellä. (Dobbert 2005a, 46.)



*Kuva 6, automaattisen 2D trökkäämisen tulos*

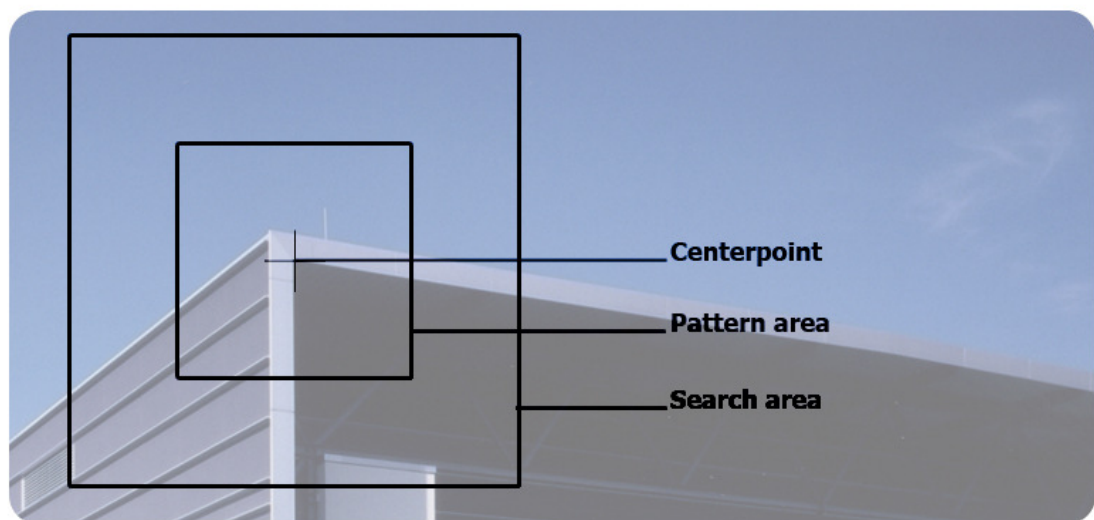
Automaattinen 2D trökkäys tekee elämästä hieman siedettävämpää, koska kokonaan käsin tehtävä trökkäys ei varsinaisesti ole kenenkään mielipide hauskanpidosta, ei ainakaan minun. Lopputulos johon tämän tekniikan avulla päästään, koskettaa jo hieman luovuuden määritelmää. Käynnistettäessä automaattisen trökkäyksen ohjelma alkaa analysoida materiaalia, paikallistaa tärkeitä kohtia ja eliminoi väärät pois. Ohjelma etsii kirkkaita ja korkean kontrastin omaavia paikkoja tai kohtia, joissa eri värit kohtaavat. Mitä enemmän materiaalista löytyy yksityiskohtia, sitä enemmän trökkereitä ohjelma generoi. Tämä voi joissain tapauksissa luoda kymmeniä tuhansia trökkereitä, joiden selvittämiseen ohjelmalla saattaa kulua hetki. (Dobbert 2005, 94.)

MTV3:n kanavatunnuksen 2D trökkäys oli manuaalisen ja automaattisen tavan sekoitus. Hieman optimoitu trökkäys onnistui hyvin, jonka tietää siitä, että ohjelma kertoo virhearvon olevan alle 0.6 pix. Tämä arvo on hyvä olla alle 1 pix, koska silloin keskiarvoisesti 2D trökkäyksen ja 3D markkerin välinen heitto alle yhden pikselin, jonka kanssa pystyy jo elämään. Täydellisen, tai paremmin sanottuna halutun lopputuloksen aikaan saamiseksi halusin trökätä itse käsin muutamia pisteitä. Syy miksi halusin suorittaa automaattisen lisäksi käsin tehtävän trökkäämisen oli se, että automaattinen ei tuottanut yhtään ainoata pistettä siihen mihin niitä eniten halusin eli maan tasolle. Juuri maan tasolle 3D-elementti tuli sijoittaa, joten siihen tarvitaan myös piste, jonka koordinaatteihin se olisi helppo sitoa. Myöhempää, koordinaattisysteemin asettamisvaihetta ajatellen on myös tärkeää löytää piste maan tasolta. Muuten



automatisoitu 2D träkkäys tuotti halutun ja sulavan lopputuloksen. Tosin tämän pohjalta ei varmasti voida vielä sanoa, tuleeko lopputulos onnistumaan.

Sekä manuaalisesti, että automaattisesti tehtävää 2D träkkäämistä ajatellen on tärkeä ymmärtää hyvän träkkäyspisteen ominaisuudet ja vaatimukset. Träkkäyspisteellä on kolme osaa (Kuva 7), keskipiste *centerpoint*, kuviokenttä *pattern area*, sekä hakukenttä *search area*. Keskipiste edustaa luonnollisesti träkkäyspisteen tarkkaa keskipistettä, kuviokenttä on alue josta ohjelma etsii haluttua kuviota ja hakukenttä edustaa aluetta, jossa ohjelma etsii seuraavassa kehyksessä määrätty kuviota. (Dobbert 2005a, 46.)



*Kuva 7, 2D Träkkäyspiste*

Träkkäyksen ollessa käynnissä, käyttäjä sijoittaa träkkäyspisteen haluttuun kohtaan ja antaa ohjelman alkaa työstämään materiaalia. Ohjelma analysoi kuvan kuviokentän sisältä ja asettaa sen kohdalle kehyksen. Samalla träkkäyspisteen hakukenttä etsii samaa pattern arean kuviota seuraavasta kehyksestä. Jos pattern arean sisällä oleva kuvio muuttuu liikaa, kuten se esimerkiksi tulee valoisammaksi tai joku muu elementti tulee sen tielle, niin ohjelma hyppää johonkin toiseen kohtaan, jolloin träkkäys on epäonnistunut. Tosin automaattisessa 2D träkkämisessä ohjelma lopettaa pisteen träkkäämisen mikäli siinä tapahtuu liikaa muutoksia. (Dobbert 2005a, 46.)

3D camera tracking ohjelma analysoi pisteet yhdessä kehyksessä ja selvittää miten ne ovat yhteydessä seuraaviin kehyksiin. Päämääränä on selvittää pisteet, joiden

linkittäminen toisiinsa onnistuu useammassa kehyksissä ja pisteet joiden elinikä ei ole yhtä kehystä pidempi, jotka taas ohjelma poistaa. (Dobbert 2005a, 94.)

Manuaalisesti tehtävässä trökkäyksessä pisteen kokoa on mahdollista ja on jopa suotavaa muuttaa. Suurentamalla kuvio- ja hakukenttää, lopullinen 2D trökkäys saattaa olla sulavampi, mutta on kuitenkin vaara, että suuri hakukenttä löytää samalta alueelta samankaltaisen kohdan, jota se rupeaa trökkäämään. Tällöin vene on taas ajettu karikolle. Kokemuksen ja testaamisen kautta tähänkin tulee varmuus ja tieto, miten kutakin materiaalia tai pistettä tulee lähestyä. Huolellisesti tehtävää 2D trökkäämistä ei voida liikaa korostaa, sillä se on avain täydelliseen 3D kameran ratkaisuun. On mahdollista, että automaattisen 2D trökkäystuloksen valmistuttua, satojen pisteiden joukosta yksi ainoa pilaa koko ratkaisun.

MTV3:n kanavatunnuksen automaattisen trökkäämisen jälkeen halusin siis itse etsiä muutamia pisteitä maan tasolta, sillä haluttu 3D elementti tuli sijoittaa sille. Tämä oli hieman hankalaa, koska videon maa oli lunta, josta on hyvin vaikea etsiä trökkättäviä pisteitä. Etualalta löytyi kuitenkin pieni roska, johon sijoitin käsin träkkerin (Kuva 8).



*Kuva 8, manuaalisesti sijoitettu träkkeri etualalle.*

Manuaalisen 2D trökkäyksen tekemisessä on hyvä hieman säätää träkkerin asetuksia kuvattuun materiaalin sopivaksi. Määritin träkkerin asetuksia niin, että se etsii videossa olevaa pientä roskaa ja sijoittaa kehyksen joka kahdeksanteen kehykseen. Jos se sijoittaa avainkehyksen jokaiseen kehykseen, niin pientä tärinää saattaa helpommin

ilmetä. Levensin myös trækkerin kuvio- ja hakukenttää sulavamman lopputuloksen saamiseksi. Sijoitin käsin yhteensä neljä trakkieriä lumisen maiseman maan tasolle, jotka tulevat jatkossa helpottamaan 3D elementin lisäämisessä.

#### 6.4. 3D Kalibrointi

2D trökkäys tarjoilee vihjeet, mutta 3D kalibrointi mahdollistaa ratkaisun. 3D Kalibrointi tai selvemmin sanottuna ratkaisu on yksi tuskaisimmista kohdista aloitteleville trökkäystyön tekijöille, mukaan lukien minulle. Kalibrointi sekä ratkaisu tarkoittavat periaatteessa samaa, mutta tekniseltä kannalta katsoen kalibroinnin saavuttaminen koskee vain kameraa, kun taas ratkaisun saavuttaminen koskee koko 3D tilaa. Mitä sitten vaaditaan hyvältä ratkaisulta? Hyvään ratkaisuun pääsemiseksi tarvitaan tieto kameran 3D sijainnista ja sen liikkeestä sekä objektien paikat kuvatusa paikasta. Tärkeää on selvittää myös polttoväli (focal length) ja linssin vääristymä. Kun ajattelee, että 3D camera tracking ohjelman täytyy selvittää nämä tiedot jokaisesta kehyksestä, niin ei ole mikään ihme jos lopputulos on vähän suttuinen ratkaistaessa vaikeata otosta. (Dobbert 2005a, 72.)

Useimmissa 3D camera tracking ohjelmissa kalibrointi on yhden napin painalluksen takana. Yksinkertaisesti ohjelmalle kerrotaan, että nyt vaaditaan ratkaisua. Ohjelma analysoi 2D trökkäyksen ja toivon mukaan luo 3D kameran, joka vastaa oikeata kameraa, millä otos on kuvattu. Samalla se luo markkereita, jotka edustavat 3D kohtia, joita 2D trökkäämisen aikana haluttiin selvittää. Mutta miten voi päätellä onko kameran kalibrointi onnistunut vai ei? (Dobbert 2005a, 72.)

Oman otoksen ratkaisu onnistui hyvin, sillä träkättyt pisteet sijaitsevat ratkaistun 3D kameran läpi katsottuna oikeilla paikoilla. Esimerkiksi käsin träkätty lumessa sijaitseva roskan 3D piste on oikeassa paikassa. Ainoa mitä tässä vaiheessa puuttuu on kertoa ohjelmalle mikä on ylöspäin, mikä alaspäin ja kuinka isoa kaikki on. Tätä vaihetta kutsutaan koordinaattisysteemin osoittamiseksi.

Useimmissa 3D camera tracking ohjelmissa koordinaattisysteemin määrittäminen on jokseenkin joustavaa. Tämä tarkoittaa sitä, että Y-akseli ei aina osoita ylöspäin, joten on trökkääjän tehtävä antaa ohjelmalle tarvittavat tiedot, jotta se pystyy päättämään

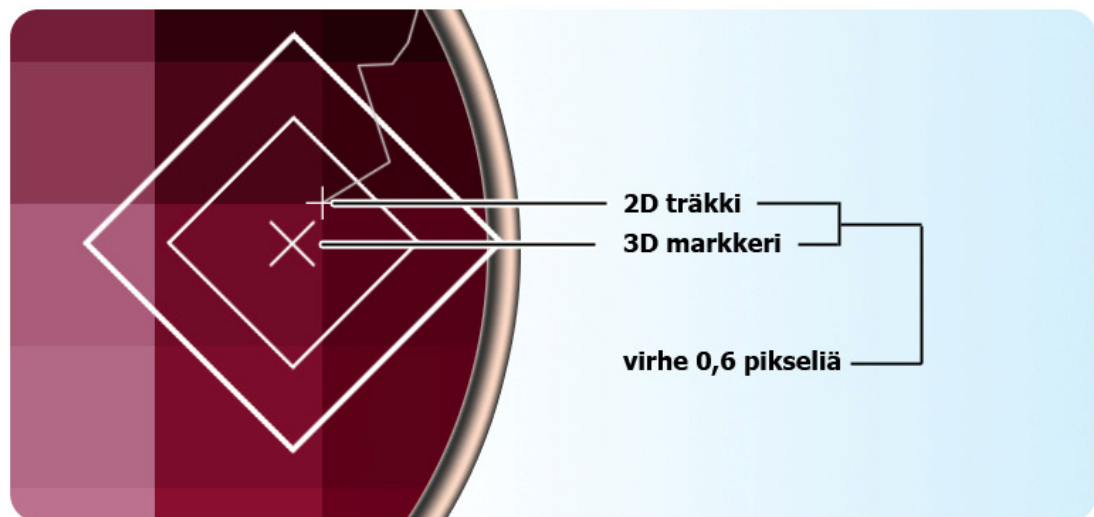
miten päin kaikki ovat. Esimerkiksi, jos videokuvasta on träköetty suoran tolpan alasekä yläpiste, ohjelmalle voi kertoa, että näiden pisteiden välissä kulkee Y-akseli. Tällöin ohjelma tietää miten koordinaatisto tulee suunnata. Eri ohjelmilla on eri tapoja koordinaatti systeemin selvittämiseksi, kuten viivat pisteiden välillä, kolmen pisteen osoittaminen tai jonkin tason, kuten lattian tai seinän, kertominen. (Dobbert 2005a, 86.)

Helppomerkiksi ja tarkimmaksi tavaksi määrittää koordinaatisto käyttämässäni 3D camera tracking ohjelmassa selvisi muutamien kokeilujen jälkeen kolmen pisteen avulla asetetus (kuva 9). Siinä ohjelman tekemälle ratkaisulle kerrotaan, että yksi piste saa esittää origon roolia, eli kohtaa jossa X, Y, Z arvot ovat nolla. Toisen pisteen valinta määrittää asteikon kulkemaan X akselin suuntaisesti ja kolmas piste tulee valita maan tasolta. Kun pisteet on asetettu, ohjelma automaattisesti sijoittaa koko tilan oikeaan suhteeseen koordinaatiosta nähden. Tässä vaiheessa olisi myös mahdollista määrittää tiettyjen pisteiden välimatka, joka puolestaan antaa tulokseksi oikeat etäisyydet pisteiden välillä. Esimerkiksi tässä tapauksessa jos tiedettäisiin, että maan tason piste origosta olisi neljä metriä, saattaisi se helpottaa mittakaavan luomista oikeata vastaavaksi. Ohjelma automaattisten asetusten mukaan määrittää, että matka origon ja pisteen X-akselin välissä on 20 yksikköä, joka on mahdollisesti hyvinkin lähellä samaa lukua metreissä. Tämä on hyvinkin hyödyllistä siinä vaiheessa, kun träköetty kamera ja pisteet viedään 3D ohjelmaan, koska silloin näiden pisteiden väli on 20 metriä tai senttimetriä riippuen siitä mitä mitta-asteikkoa siinä käytetään.



*Kuva 9, Koordinaatti systeemin asettamien kolmen pisteen avulla*

2D träkin ja 3D markkerin koordinaatit harvoin täsmäävät täydellisesti. Kun niiden välille tulee pientä eroa, sitä kutsutaan englanniksi sanalla *residual*, ja tässä tapauksessa otan pienen vapauden kutsumalla tätä termiä jäännöksen sijasta sanalla virhearvo. Virhearvot ilmaistaan yleensä pikseleissä. Esimerkiksi jos 3D markkeri on löydetty 2D kuvasta ja päätyy olemaan 3 pikseliä originaalista 2D träkistä, silloin virhearvo on 3. Jos virhearvo on keskiarvoisesti ratkaistuissa 3D markkereissa alle yhden pikselin koko videomateriaalin ajan, on suoritettu hyvä kalibrointi. (Dobbert 2005a, 73.)



*Kuva 10, Ylempi piste edustaa 2D träkkiä ja alempi 3D markkeria. Tässä tapauksessa virhearvo on 0,6 pikseliä, joka on hyväksyttävä arvo.*

Jotta ymmärretään miksi 3D kameran ja ympäristön ratkaisemisen palapeli voi epäonnistua, täytyy jossain määrin tietää miten 3D camera tracking -ohjelmat työskentelevät saadakseen materiaalin ratkaistua. Tässä vaiheessa voisi käydä läpi matemaattisia kaavoja, matriisien esittelyä ja trigonometriaa, mutta tätä opinnäytetyötä ajatellen näitä on epäolennaista lähteä tutkimaan. Kuitenkin haluan yksinkertaisuudessaan selventää mitä käyttäjälle näkymätöntä tapahtuu sillä aikaa kun ohjelma työstää videokuvaa.

Kalibroinnin alussa työmäärä on periaatteessa hyvinkin suuri. Videomateriaali sisältää lukemattoman määrän mahdollisia kameran, trakin ja markkerin asetuksia, mutta vain muutama tuottaa halutun lopputuloksen. 3D camera tracking -ohjelma taistelee näiden kolmen pääasiallisen kohdan parissa rikkoen tehtävät pienempiin palasiin. Ohjelma aloittaa kolmivaiheisin kalibroinnin skannaamalla käytettävissä olevat 2D trakit ja tekemällä hyvin pintapuolisen arvion siitä mitä kehyksiä käytetään alkupisteinä. Näitä kehyksiä kutsutaan alkukehyksiksi (*initial keys*) ja niitä käytetään kameran ja markkereiden generoimiseen. Tällä minikalibroinnilla luodaan kivijalka kokonaiseen kalibroiintiin. Ohjelma alkaa luoda äskeisen pohjalta enemmän kehyksiä koko videon matkalle ja tekee samanaikaisesti pieniä säätöjä täyteen kalibroitiratkaisuun. Viimeisenä vaiheena ohjelma karsii huonot kehykset kokonaan pois ja luo niin sanotun in-between kehys -ratkaisun. Tällä tavoin ohjelma voi aloittaa karkealla alustuksella ja työstämällä materiaalia, kunnes se saavuttaa ratkaisun, joka toimii kaikissa kehyksissä. (Dobbert 2005a, 74.)

#### 6.5. Testaus

Viimeinen askel trakkäysprosessissa on sijoittaa ratkaistu 3D kamera tietokoneella tehtyyn ympäristöön, joka tehdään yleensä 3D-ohjelmalla. Tässä vaiheessa viimeistään huomaa vastaako ratkaistu kamera oikean maailman kameraa. Kameran istuttamisella kolmiulotteeseen tilaan on kaksi merkitystä; lopullisen trakkäyksen toimivuuden toteaminen sekä tarjota mahdollisille muille artisteille referenssiskene jatkokyöstöä varten. Referenssiskenellä tarkoitetaan oikean kuvatun tilan mukaisen karkean geometrian luomista 3D-ohjelmassa. Skenen ei tarvitse olla hieno, koska sen tarkoituksena on vain osoittaa tarvittavien elementtien paikat virtuaaliympäristössä. Esimerkiksi jos animaatiohahmon tulee hypätä huoneen lattialta pöydälle, niin siitä voi tehdä 3D-ohjelmalla referenssiskenen, jossa on ratkaistun kameran lisäksi vain yksinkertainen plane, joka edustaa lattiaa sekä laatikko, jolla demonstroidaan pöytää. (Dobbert 2005a, 134.)



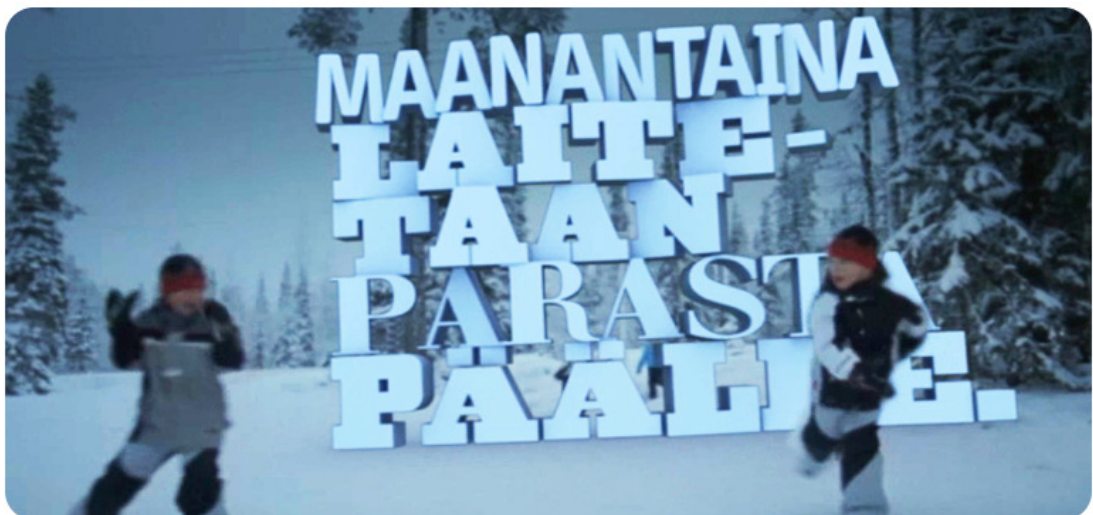
*Kuva 11, Esimerkki referenssiskenestä, jossa on hyödynnetty shakkilautakuviota*

MTV3:n kanavatunnuksen trakkäämistestin ensimmäinen osa tapahtui jo trakkäysohjelmassa koordinaattisysteemin asettamisen jälkeen. Ohjelmassa on mahdollisuus luoda yksinkertaisia 3D geometriaa, jonka avulla pystytään havainnoimaan videokuvan ja 3D kameran suhdetta toisiinsa. Tein kaksi palkkia kohtaan (Kuva 12), johon myöhemmin 3D-ohjelmassa lisätään 3D-teksti, jonka jälkeen lisäsin planen esittämään maan tasoa. Testaus oli onnistunut sillä kaksi palkkia ja maata demonstroiva plane noudattivat kameran liikettä täydellisesti. Tämän vaiheen jälkeen itse trakkäystä tuli valmis. Seuraavaksi ratkaistu kamera sekä markkerin oli vietävä 3D-ohjelmaan, jossa valmis 3D-teksti lisättiin ja renderoitiin trakkätyn kameran läpi. Tällöin viimeistään huomaa onko ratkaisu onnistunut.



*Kuva 12, kahden palkin avulla ratkaistun kameran testaaminen*

3D-ohjelmassa renderoitu alpha kanavallinen eli osittain läpinäkyvä 3D-tekstisekvenssit tuli kompositoida jälkikäsitteilyohjelmassa, jotta projektin viimeinen vaihe saataisiin valmiiksi. Tässä vaiheessa palapelin osat tullaan yhdistämään valmiin ja eheän lopputuloksen saamiseksi. Renderoin 3D-ohjelmassa kaikki palaset eri tiedostoihin (*multi-passes*), jotta jälkikäsitteilyssä kaikkien eri osien hallinnasta tulisi joustavampaa. Renderoitavat eri palaset sisälsivät itse 3D-tekstin, varjot sekä värit. Kompositointivaihetta hankaloitti kanavatunnuksessa esiintyvät kaksi lasta, jotka leikkivät paikassa, joka sijaitsee lisättävän 3D-elementin edessä. Tämä tekijä aiheutti jokseenkin aikaa vievän prosessin, jossa lapset tuli rotoskoopata (*rotoscoping*), joka tarkoittaa lapsien liikkeiden erottamista alkuperäisestä videosta. Tätä erottamista voidaan käyttää maskina 3D-tekstin edessä, joka mahdollistaa illuusion siitä, että lapset oikeasti leikkisivät 3D-elementin edessä.



*Kuva 13, Still kuva valmiista tuotteesta.*

## 7. TEKNIIKAN HYÖDYT

Perinteisesti 3D camera tracking -tekniikkaa on käytetty elokuvien tekemisessä, televisiolähetelyksissä, mainoksissa sekä peliteollisuudessa. Näillä aloilla tekniikan avulla saadaan näyttäviä visuaalisia efektejä ja kokonaisia elokuvia hyvin kustannustehokkaasti aikaiseksi. 3D camera tracking -ohjelmien yleistyessä sekä niiden käytön helpottuessa tätä tekniikkaa tullaan käyttämään sellaisilla aloilla, joita ei aikaisemmin ole totuttu liittämään 3D trakkäykseen. Laajempi skaala käyttäjiä tulee hyödyntämään tekniikkaa esimerkiksi kaupunkisuunnittelussa, arkkitehtuurissa, sekä



teollisessa suunnittelussa. Tekniikka tuo lisäarvoa asiakkaalle, kun hän pystyy esimerkiksi näkemään virtuaalisesti miltä jokin rakenteilla oleva kaupunginosa tulee valmistuttua näyttämään. Arkkitehtuurissa ja ympäristön suunnittelussa tekniikka tosin on ollut jo muutaman vuoden yleisesti käytössä, mutta se varmasti tulee nostamaan suosiota entisestään. Lähitulevaisuudessa voisi uskoa, että 3D camera tracking tulee helpottumaan entisestään, jolloin voisi olla mahdollista, että 3D-elementin sijoittaminen videomateriaaliin hoituisi yksinkertaisuudessaan ns. drag-and-drop -menetelmällä. Tämä merkitsisi työn välivaiheiden poistumista tai ainakin vähenemistä, joka puolestaan kasvattaa edelleen kovassa arvossa olevaa kustannustehokukkuuta.

## 8. ARVIOINTIA

Tiukan aikataulun puitteissa uuden asian opettelu on aina haastavaa, mutta toisaalta juuri haastavuus tekee asiasta mielenkiintoisen. Saatuaani MTV3:lta tehtäväksi kanavatunnuksen käsittelyn 3D camera tracking -tekniikalla, ajattelin projektin olevan helposti hallinnassa. Jälkeenpäin ajateltuna sitä se olikin, mutta toisaalta se sisälsi monia asioita, joita en osannut briiffausvaiheessa ajatellakaan. Uuden tekniikan ja uuden ohjelman omaksuminen vajaassa kahdessa viikossa syö väistämättä joidenkin perusasioiden tai prosessia helpottavien tekijöiden huomioimista.

Valmis trakketty kanavatunnus oli ollut valmiina jo pitkän aikaa ennen opinnäytetyön aloittamista, joten prosessin muistamista helpottaakseni aloitin koko tärkkäämistyön alusta. Tekniikan periaatteisiin tutustuessani huomasin muutamia asioita, joilla olisin voinut helpottaa omaa työtäni.

Jo 3D camera tracking projektin ensimmäisessä vaiheessa, eli videomateriaalin arvioinnissa olisi täytynyt huomioida kanavatunnuksen etualan haaleus ja siitä johtuva hyvien tärkkäyspisteiden puute. Oikeastaan tämä seikka tuli huomioitua, mutta ratkaisua sille en osannut etsiä. Yksinkertaisin tapa olisi ollut ennen automaattista tärkkäystä tehtävä videon kirkkauden ja kontrastin lisääminen. Tällä tavoin etualan muutama trakkettava piste olisi noussut terävämmin esiin ja 2D trakkäys olisi onnistunut vähemmällä työllä. Tarkemmin tutustuessani SynthEyes ohjelmaan huomasin myös mahdollisuuden trakkäyspisteen asetuksissa, joka mahdollistaa korkean kontrastivaihtelun omaavien kohtien analysoinnin lisäksi eri värien sekä myös erilaisen

geometristen kuvioiden tai symmetrian trökkäämisen. Tämä olisi hyödyllinen juuri tässä tapauksessa, kun videon etualalla on suhteellisen saman kontrastin omaavia kohtia, mutta ne ovat kuitenkin erivärisiä.

Prosessin toisessa, eli tietojen keräämisvaiheessa ei ollut oikeastaan mitään kerättävää, mutta painin kuitenkin hetken field of view:n kanssa. Tiesin, että tämä olisi kameran ratkaisun kannalta tärkeä asia, eikä minulla sitä tietoa ollut. Jos tämä tieto olisi ollut, niin sen olisi voinut syöttää ohjelmaan ennen automaattisen trökkäämisen aloittamista. Jälkeenpäin kuitenkin selvisi, että kalibroinnin jälkeen ohjelma laskee automaattisesti FOV:n.

Opinnäytetyöprosessin aikana opin paljon uutta, mikä oli työni yksi päätavoitteista. Projektiosa eli MTV3:n kanavatunnuksen trökkääminen ei ollut teknisesti sieltä haastavimmasta päästä, mikä oli tekniikan teoreettisen tiedon puutteen kannalta katsottuna positiivinen asia. Kanavatunnusprojekti toteutettiin hyvin tiukassa aikataulussa eikä silloin ollut aikaa tutustua ohjelman eri kiemuroihin eikä myöskään tekniikan eri sääntöihin. Silloin tarkoituksena oli vain saada yksi videomateriaali träkättyä tyylistä tai tiedosta välittämättä. Lopputuloksella oli vain väliä.

Kanavatunnusprojektin valmistuttua ja opinnäytetyötä kirjoittaessa tiedon kerääminen ja tekniikkaan tutustuminen toi jatkotyöskentelyä ajatellen paljon hyödyllistä tietoa, joka varmasti auttaa haastavampien träkättävien materiaalien ratkaisussa.

## LÄHTEET

Dobbert, Tim 2005 a, Matchmoving – The Invisible Art of Camera Tracking. California: Sybex.

Dobbert, Tim 2005 b, The rules of camera tracking. 3D World, 12<sup>th</sup> issue, 58-61.

3D Camera tracking system, Vinten Radamec Broadcast Robotics, 2008.  
[Verkkodokumentti]. [http://www.vintenradamec.com/uploads/File/Free-D\\_Datasheet.pdf](http://www.vintenradamec.com/uploads/File/Free-D_Datasheet.pdf) (luettu 26.03.09)

Sanders-Reed, Jack 2006, Image-based motion analysis. [Verkkodokumentti].  
<http://spie.org/documents/Newsroom/Imported/192/2006050192.pdf> (luettu 7.4.099)

Smartcomptuing, 2001. [verkkodokumentti].  
<http://www.smartcomputing.com/articles/2001/s1212/17s12/17s12.pdf> (luettu 26.03.09)

Wikipedia, Facial motion cature. [verkkodokumentti].  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Facial\\_motion\\_capture](http://en.wikipedia.org/wiki/Facial_motion_capture) luettu (8.4.09)

Wikipedia, Motion Capture. [verkkodokumentti].  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Motion\\_capture](http://en.wikipedia.org/wiki/Motion_capture) (luettu 26.3).

## LIITTEET

## 1. CD