

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Mediatekniikan koulutusohjelma

Mikko Leino

**Stereoskooppisen kuvan laboratorioympäristön määrittely ja
testaus**

Insinööriyö 8.11.2010

Ohjaaja: kehitysinsinööri Matti Paasonen
Ohjaava opettaja: yliopettaja Erkki Aalto

Tekijä Otsikko	Mikko Leino Stereoskooppisen kuvan laboratorioympäristön määrittely ja testaus
Sivumäärä Aika	53 sivua 8.11.2010
Koulutusohjelma	mediatekniikka
Tutkinto	insinööri (AMK)
Ohjaaja Ohjaava opettaja	kehitysinsinööri Matti Paasonen yliopettaja Erkki Aalto
<p>Insinööriyön tarkoituksena oli määrittellä kehitystyöhön osallistuen Metropolia Ammattikorkeakoulun mediatekniikan laboratorioon ympäristö stereoskooppisen kuvan tuottamiselle. Työssä paneuduttiin stereoskooppisen kuvan vaatimuksiin ja sen toteuttamiseen vaadittavan kaluston ja ohjelmiston testaukseen.</p> <p>Lähtökohtana oli pyrkiä omavaraiseen toteutukseen 3D-sisällöissä niin, ettei tämän nousussa olevan teknologian hallinnassa tarvitsisi hankkia avaimet käteen -toimituksia. Insinööriyössä testattiin myös, kuinka pitkälle stereoskooppista kuvaa voidaan tuottaa yhdistellen yleiskäyttöisiä AV-tekniisiä resursseja ja avoimen lähdekoodin sovelluksia.</p> <p>Tuotoksena syntyi esimerkkinä demostroitavaa, tyydyttävää ja käyttökelpoista stereoskooppista still-kuvaa ja videota. Lisäksi laadittiin jatkokehityssuunnitelma, jota digitaalisen median opinnoissa voisi hyödyntää kurssisisällöissä ja mahdollisissa asiakasprojekteissa. Tämän myötä laboratorioon tehtiin muutama lisähankinta.</p> <p>Testauksien ja päätelmien myötä tuotettiin toimivaa AV-materiaalia opetuskäyttöä varten, koska mediatekniikan opetuksessa tulee joka tapauksessa stereoskooppisen kuvan tuottaminen sille myöhemmin määriteltävään rooliin.</p> <p>Median toimialan tämänhetkinen tilanne osoittaa, että stereoskooppisen kuvan tuottamista helpottavat ammattilaissovellukset ja -työkalut voivat olla kalliita investointeja. Siksi voidaan pitää myönteisenä asiana, että tässä projektissa avoimen lähdekoodin sovelluksilla ja mediatekniikan käytössä olevalla tekniikalla päästiin tyydyttävään lopputulokseen.</p>	
Hakusanat	stereoskooppinen kuva, stereoskopia, kolmiulotteinen näyttötekniikka, kolmiulotteinen kuvaus

Author Title	Mikko Leino Specification and testing of the laboratory environment for stereoscopic imaging
Number of Pages Date	53 8 November 2010
Degree Programme	Media Technology
Degree	Bachelor of Engineering
Instructor Supervisor	Matti Paasonen, Engineer Erkki Aalto, Principal Lecturer
<p>The purpose of this thesis was to create an environment for stereoscopic imaging for the media laboratory of the Metropolia University of Applied Sciences. The main focus was on the requirements of stereoscopic imaging, on the equipment which is needed to produce stereoscopic images and on the testing the software.</p> <p>One of the most important criteria was to pursue self-sufficient realization of stereoscopic images so that there would be no need to use turnkey solutions in the execution. This thesis also studied to what extent stereoscopic images can be created by combining common AV technical resources and open source applications.</p> <p>As a result, it was possible to create satisfactory and usable stereoscopic still images and videos. In addition, a future development plan was made for the digital media programme in order for the staff to utilize the plan in the curriculum and in possible customer projects. Accordingly, a few new investments were made for the laboratory.</p> <p>Relying on the test results and the conclusions, workable audio visual material was produced for teaching purposes as stereoscopic imaging will in some way become part of the Media Technology Programme.</p> <p>The current situation in the field shows that professional applications and tools, which would make the production of stereoscopic images easier, are expensive investments. Thus, it is positive that in this project it was possible to get satisfactory results by using open source applications and the technology available to the Media Technology Programme.</p>	
Keywords	stereoscopic imaging, stereoscopy, 3D filming, s3D

Sisällys

Tiivistelmä

Abstract

Sanasto

1 Johdanto	6
2 Stereoskooppisen kuvan lainalaisuudet.....	6
2.1 Stereoskooppinen kuva.....	6
2.2 Parallaksi	7
2.3 Interaksiaalinen etäisyys.....	9
2.4 Stereoikkuna	11
2.5 Divergenssi ja konvergenssi	14
2.6 Stereoskooppisen kuvan mukavuusalueen rajat.....	16
2.7 Katseluetäisyyden ja näytön koon vaikutukset.....	18
3 Stereoskooppisen elokuvan nykytila.....	19
3.1 Historia	19
3.2 Katseluympäristöt	20
3.3 Tulevaisuus	22
3.4 Stereoskooppiset televisiolähettykset.....	23
4 Kehitysympäristön määrittely.....	24
4.1 Järjestelmä	24
4.2 Stereoskooppisen valokuvan tuottaminen	25
4.3 Stereoskooppisen videokuvan tuottaminen	28
4.4 StereoPhotoMaker- ja StereoMovieMaker-editointiohjelmat	32
4.5 Stereoskooppisen animaation tuottaminen	35
5 Kehitysympäristön jatkokehitys	38
6 Yhteenveto.....	49
Lähteet.....	51

Sanasto

<i>Binokulaarinen näköaisti</i>	Molempien silmien toimintaan perustuva havainnointi. Stereonäkö. Toimii etäisyyksien ja syvyyden hahmottamisessa.
<i>Interaktiivinen etäisyys</i>	Kameroiden tai silmien välinen etäisyys vaakatasossa.
<i>Konvergenssi</i>	Silmien asento sen mukaan, missä tarkasteltava kohde sijaitsee. Stereoskooppisessa kuvaamisessa kahden kameran muodostama kulma tarkasteltavaan kohteeseen nähden.
<i>Lomiteltu video</i>	Lomitettu videokuva koostuu kahdesta kuvakentästä. Kuvat on jaettu parillisiin ja parittomiin juoviin. Parilliset juovat esitetään ensiksi ja tämän jälkeen parittomat juovat. Puolikuvia muodostetaan 50 yhden sekunnin aikana, josta muodostuu 25 täyttä kuvaa. Lomituksesta käytetään merkintää 50i.
<i>Monokulaarinen näköaisti</i>	Yhden silmän toimintaan perustuva havainnointi. Opittu tapa havaita kolmiulotteisuutta, esimerkiksi valojen ja varjojen avulla.
<i>Parallaksi</i>	Vasemman ja oikean silmän näkemän kuvaparin tai näkymän välinen ero. Vaikuttaa syvyyden aistimiseen.
<i>Progressiivinen video</i>	Progressiivinen video piirtää 25 täyttä kuvaa sekunnissa. Tästä käytetään merkintää 25p.
<i>Stereoskooppinen kuva</i>	Kahdesta kaksiulotteisesta kuvasta koostuva kuvapari, joka aistitaan kolmiulotteisena näkymänä.

1 Johdanto

Insinööriyön tarkoituksena on luoda Metropolia Ammattikorkeakoulun mediatekniikan laboratoriossa stereoskooppisen kuvan luonti- ja katseluympäristö ja tutustua tarkemmin tekniikkaan ja sen toteuttamiseen valitulla tekniikalla. Stereoskooppinen kuva tulee olemaan läsnä mediatekniikan koulutusohjelman kehityksessä, joten tekniikkaan tutustuminen on ajankohtaista. Kehitystyössä on mukana lisäksi Metropolian henkilökuntaan kuuluva kehitysinsinööri Matti Paasonen.

Digitaalisen elokuvan kehittyessä myös kolmiulotteiset elokuvat ovat ilmestyneet teattereihin, vaikka perimmäinen tekniikka stereoskooppisesta kuvasta, johon kolmiulotteinen elokuva perustuu, on ollut olemassa jo pitkään. Stereoskooppisella kuvalla pyritään matkimaan ihmisen näköaistia, oikean ja vasemman silmän muodostamaa syvyyden hahmotuskykyä, joka muodostaa kolmiulotteisen kuvan aivoissa. [1, s. 11.]

Tällä hetkellä kolmiulotteisesta kuvasta pääsee nauttimaan lähinnä vain elokuva-teattereissa, mutta markkinoilla on jo kuluttajille suunnattua kolmiulotteista näyttötekniikkaa ja televisiota.

2 Stereoskooppisen kuvan lainalaisuudet

2.1 Stereoskooppinen kuva

Stereoskooppisella kuvalla tarkoitetaan kuvaparia, jotka on otettu samasta kohteesta, mutta hieman eri kulmasta. Stereoskooppinen kuvan perustana on ihmisen bino-kulaarinen näköaisti, joka toimii syvyyden ja etäisyyksien hahmottamisessa. Silmät näkevät kuvan kahdesta eri kulmasta, ja aivot yhdistävät sen kolmiulotteiseksi aistimukseksi. Stereoskooppisen kuvaparin suhteella toisiinsa luodaan halutunlaisia syvyysvaikutelmia.

Stereoskooppinen kuva matkii ihmisen havaitsemaa kolmiulotteista maailmaa. Kuitenkin kun puhutaan kolmiulotteisuudesta, sillä voidaan myös tarkoittaa monia muita keinoja kolmiulotteisen illuusion luomiselle. Tietokoneanimaatioiden ja erilaisten mallinnettujen kappaleiden yhteydessä käytetään usein nimitystä 3D, mikä ei ole ollenkaan väärin, vaikka kolmiulotteisuutta havainnoidaan kaksiulotteisesti. Näissä tapauksissa syvyyden hahmottaminen perustuu monokulaarisiin syvyysvihjeisiin; se on kulttuuriin kasvamisesta opittu tapa aistia syvyyttä. Monokulaariset syvyysvihjeet ja binokulaariset syvyysvihjeet muodostavat ihmisen syvyysnäön.

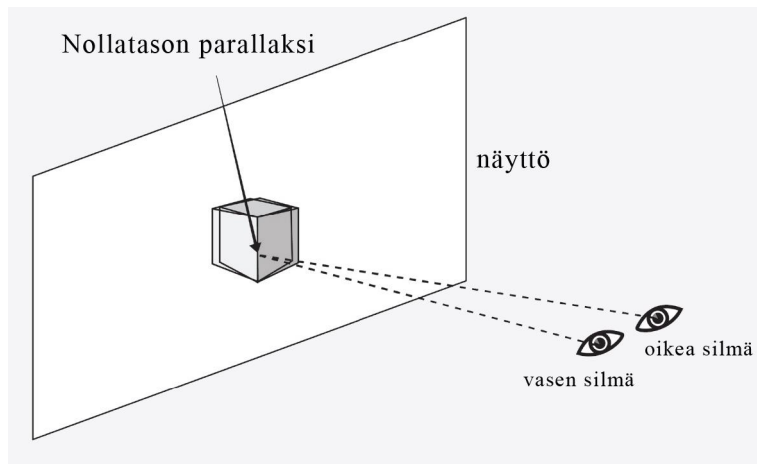
Monokulaarisia syvyysvihjeitä ovat muun muassa valot ja varjot, perspektiivi ja eri objektien väliset eroavaisuudet ja etäisyydet kuvassa (objekti toisen objektin päällä tai objekti toisen objektin takana tai edessä). Tällaisen kolmiulotteisen vaikutelman pystyy luomaan myös kaksiulotteisessa kuvassa. Näiden vihjeiden vaikutus on tärkeä myös stereoskooppisen kuvan luomisessa. [1, s. 11–14; 2, s. 6–8; 3, s. 3–4.]

2.2 Parallaksi

Parallaksi tarkoittaa vasemman ja oikean silmän näkemän kuvaparin välistä eroa vaakatasossa. Koska ihmisen silmät sijaitsevat vaakasuunnassa erillään toisistaan, ne ovat tottuneet vaakatason parallaksiin. Tämän takia pystysuuntaista parallaksia tulee välttää stereoskooppisessa kuvassa. Objektin sijainti syvyys suunnassa valkokankaalla tai näyttöllä määrittää, minkälaisen parallaksin stereokuvapari vaatii. [4, s. 2.]

Nollatason parallaksi

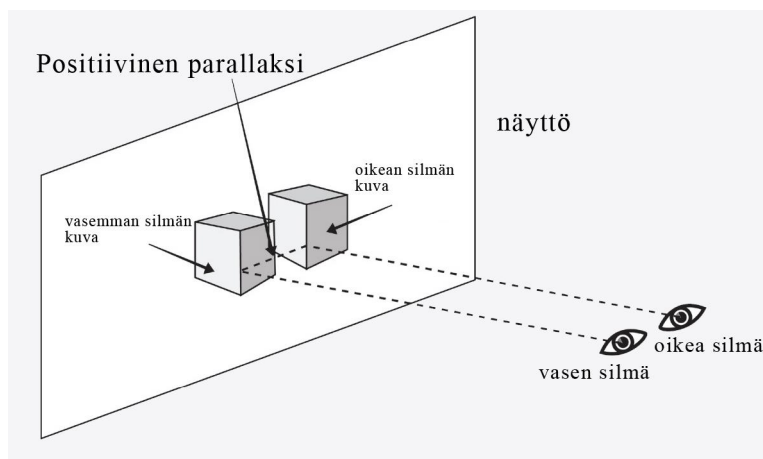
Kun objekti sijaitsee samassa syvyystasossa kuin näyttö, on parallaksi nolla. Nollatasossa oleva objekti on vasemman ja oikean kuvan kohdalta täysin samassa kohtaa (kuva 1). Nollatason pystyy havaitsemaan paljaalla silmällä, sillä objekti ei näy kahtena kuvana. [2, s. 25; 4, s. 2.]



Kuva 1. Nollatasossa objekti on näytön kanssa samalla tasalla [4, s. 3].

Positiivinen parallaksi

Kun objektin parallaksi on suurempi kuin nolla, puhutaan positiivisesta parallaksista (kuva 2). Oikea ja vasen kuva ovat etäämpänä toisistaan, mutta eivät kuitenkaan ylitä silmien välistä etäisyyttä (noin 65 mm). Positiivisen parallaksin omaava objekti vaikuttaa sijaitsevan kuvaruudun takana. Jos positiivinen parallaksi on asetettu samalle etäisyydelle kun silmien väli, tuntuu objekti sijaitsevan äärettömydessä.



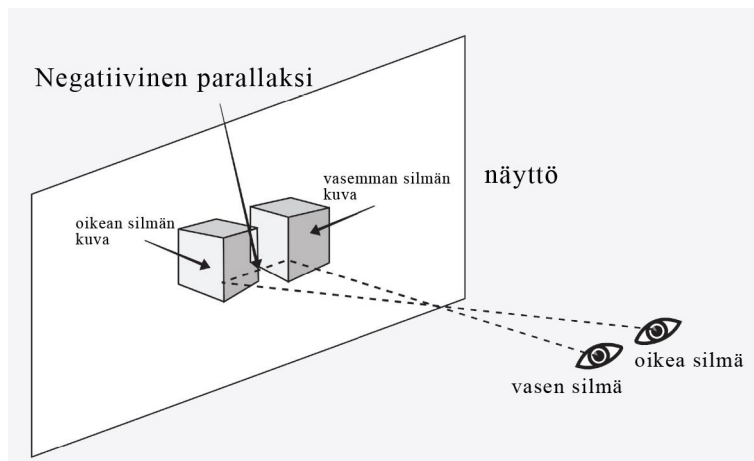
Kuva 2. Positiivisen parallaksin omaava kohde tuntuu työntyvän näytöstä pois päin [4, s. 3].

Kun silmien välinen etäisyys ylitetään, on parallaksi erkautuva. Tällaisen kuvan katsominen on hyvin epämiellyttävää, sillä vasen silmä yrittää katsoa vasemmalle ja

oikea silmä oikealle, mikä ei ole luontaista. Erkautuvan parallaksin käyttöä vältetään kolmiulotteisessa elokuvassa. [3, s. 9–10; 4, s. 3.]

Negatiivinen parallaksi

Negatiivinen parallaksi ilmenee, kun kuvat menevät ristiin niin, että vasemmanpuoleinen kuva on enemmän oikealla kuin oikeanpuoleinen kuva. Silmien katselukulma risteää näytön edessä (kuva 3), jolloin negatiivisen parallaksin omaavat objektit tuntuvat työntyvän ulos näytöstä ja jäävän katsojan ja näytön väliin. [3, s. 9–10; 4, s. 3.]



Kuva 3. Negatiivisen parallaksin omaava kohde työntyy näytöstä ulospäin [4, s. 3].

2.3 Interaktiivinen etäisyys

Interaktiivisella etäisyydellä tarkoitetaan kuvaavien kameroiden linssien välistä etäisyyttä. Syvyyden vaikutelmalla on suora suhde interaktiiviseen etäisyyteen: mitä enemmän linssien välinen etäisyys muuttuu, sitä enemmän se vaikuttaa parallaksiin ja syvyyden vaikutelmaan. Interaktiivisella etäisyydellä voidaan tarkoittaa myös silmien väliä, eli intraokulaarista etäisyyttä. Termillä stereokanta tarkoitetaan samaa asiaa [4, s. 3].

Kun interaktiivinen etäisyys kasvaa suuremmaksi kuin silmien välinen etäisyys, puhutaan hyperstereosta. Tämä ylikorostaa syvyyden aistimista. Objektit näyttävät

pienemmiltä, kuin ne oikeasti ovat, tai katsojasta itsestään tuntuu, kuin hän olisi jättiläinen. Vastaavasti, jos interaksiaalinen etäisyys on pienempi kuin silmien välinen etäisyys, on aistimus päinvastainen. Objektit tuntuvat luonnottoman suurilta tai katsoja tuntee itsensä hyvin pieneksi. Tätä kutsutaan hypostereoksi. Tietyssä pisteessä hypostereo aiheuttaa kuvan objektien litistymistä. Syvyyden vaikutelma häviää ja tuntuu, kuin objektit olisivat pahvista leikattu ja aseteltu kuvaan. Tästä ilmiöstä käytetään myös nimeä *cardboarding*. [4, s. 3; 5.]

1/30-sääntö

Yksi nyrkkisääntö, jonka avulla interaksiaalisen etäisyyden voi arvioida, on 1/30-sääntö. Säännön avulla voidaan määritellä, kuinka lähellä kameraa lähimmät kohteet voivat sijaita, jotta katsominen on vielä miellyttävää. 1/30-sääntö tarkoittaa, että interaksiaalisen etäisyyden pitäisi olla 1/30-osa kameran etäisyydestä ensimmäiseen kuvassa sijaitsevaan kohteeseen. Sääntö ei ole kovinkaan tarkka, mutta suuntaa-antava.

Säännön soveltaminen ei sovi kuitenkaan makrokuvaukseen, eikä sen soveltamista voida käyttää, jos kuvataan materiaalia elokuvateatterilevitystä varten. Tällöin 1/30-säännön sijaan 1/50-säännön soveltaminen on suositeltavaa. [1, s. 74; 2, s. 31; 6.]

Bercovitzin kaava

John Bercovitz on määritellyt tarkemman kaavan, jonka avulla voidaan laskea syvyyden ja parallaksin maksimi-arvot, eli raja, jonka sisällä stereoefekti on syytä pitää:

$$B = \frac{P}{L - N} \left(\frac{LN}{F} - \frac{L + N}{2} \right)$$

B = stereokanta (interaksiaalinen etäisyys)

P = tavoiteltu parallaksi filmille (mm)

L = kaukaisimman kohteen etäisyys kameran linssistä

$N = \text{lähimmän kohteen etäisyys kameran linssistä}$

$F = \text{polttoväli}$

Jos kuvataan kohdetta, jossa kaukaisin kohde sijaitsee äärettömässä, maksimaalisen stereosyvyyden voi laskea kaavan muunnoksella:

$$B = P \left(\frac{N}{F} - \frac{1}{2} \right)$$

Kaavat antavat rajat, joiden sisällä on hyvä pysyä. Usein kuvassa ei haluta suurinta mahdollista syvyyttä, joten pelkkien kaavojen varassa ei kannata toimia, vaan antaa silmän arvioida, mikä on esteettisesti hyvä kuva. [6.]

Di Marzion kaava makrokuvaukseen

Makrokuvia tai lähikuvia varten kehitelty Di Marzion kaava on pätevä silloin, kun kauimmainen kohde on korkeintaan kaksi kertaa niin kaukana kuin lähin kohde:

$$B = \frac{N}{15}$$

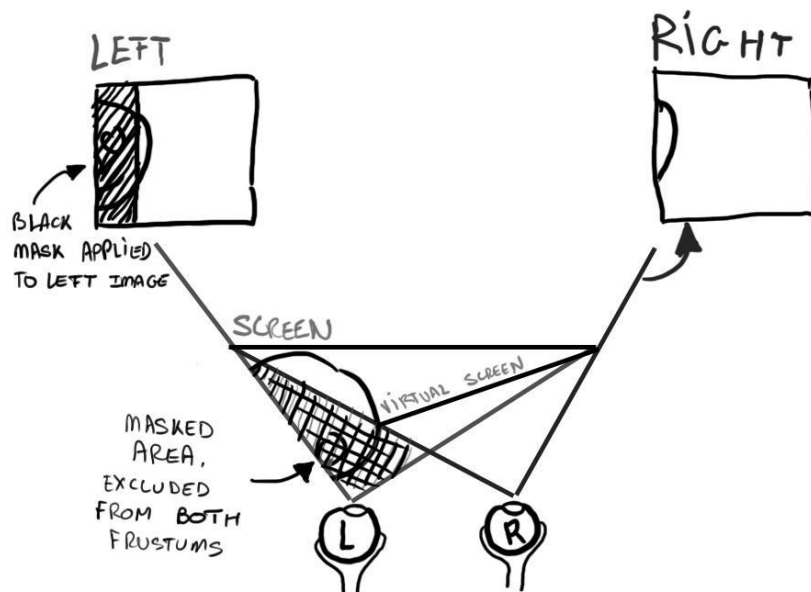
Kaava soveltuu kaikenkokoisten linssien käytössä. [7.]

2.4 Stereoikkuna

Kun katsotaan kolmiulotteista elokuvaa joko valkokankaalta, tietokoneelta tai televisiosta, on näytöllä tärkeä ominaisuus syvyyden vaikutelmassa. Näyttö toimii ikkunana kolmiulotteiseen maailmaan. Kaikkien objektien syvyyttä aistitaan näytön kautta, joka toimii nollatasona.

Kun negatiivisen parallaxin omaava objekti on sijoitettu niin, että se osuu ikkunan reunoihin, syntyy ilmiö, jota aivot eivät kykene ratkaisemaan. Objektin pitäisi tulla ulos näytöstä, mutta näytön reunat aiheuttavat sen, että objekti tuntuukin olevan reunojen takana. Aivot saavat ristiriitaista tietoa eivätkä pysty ratkaisemaan ongelmaa. [4, s. 3.]

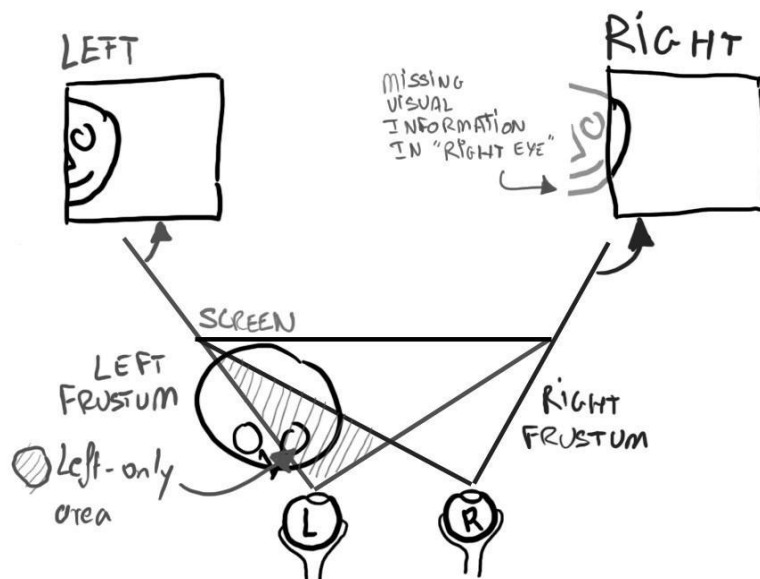
Ongelman voi ratkaista joko siirtämällä objektia taaksepäin tai pois päin reunoista. Jos tämä ei ole mahdollista, stereoikkunaa itsessään voidaan siirtää luomalla niin sanottu kelluva ikkuna. Kelluva ikkuna luodaan siten, että jokaiseen kuvaan luodaan tyhjät reunat, vasempaan kuvaan kuvan vasempaan reunaan ja oikeaan kuvaan kuvan oikeaan reunaan (kuva 4). Kelluva ikkuna tuodaan nollassa ja katsojan väliin. [1, s. 80–81; 4, s. 3.]



Kuva 4. Kelluva ikkuna. Vasempaan kuvaan on lisätty musta maski, jotta näkymä olisi molemmille kuville sama. [1, s. 81.]

Stereoikkuna rikkoontuu myös tapauksissa, jossa kuvattava kohde ei näy kokonaan molemmissa kuvissa. Tällaisiin tapauksiin törmää usein, kun kuvaa kohteita, jotka ovat lähellä kameraa. Kohde saattaa näkyä kokonaan vasemmassa kuvassa, mutta oikeasta kuvasta osa on rajautunut pois (kuva 5). Kuva on epäselvä ja osittain läpinäkyvä, sillä

vain toinen silmä näkee kohteen kokonaan. Ilmiötä kutsutaan *window violation* -nimellä. Lähes jokaisessa stereoskooppisessa kuvassa esiintyy hieman tätä ilmiötä. Kunhan kohteet, joihin katsojan on tarkoitus kiinnittää huomiota, ovat kunnossa, ei *window violation* ole kohtauksen taka-alalla ongelma. Asian voi myös välttää pienentämällä syväterävyydsaluetta, jolloin tausta menee sumeaksi. [1, s. 80–81; 5.]



Kuva 5. Window violation -ilmiö. Vasemmassa kuvassa näkyvä kohde ei näy oikeassa kuvassa. [1, s. 80.]

Stereoikkunan ylä- ja alarajoihin törmäävä kohde aiheuttaa aivoissa jälleen ristiriitaista tietoa näytön ja kohteen sijainnin välillä. Aivot ratkaisevat ongelman niin, että näyttö vaikuttaa taipuvan kohti katsojaa.

Stereoikkuna on hyvä hahmottaa jo itse kuvausvaiheessa, jotta häiriöiltä välttyttäisiin. Kelluvalla ikkunalla ilmiöitä voi kuitenkin korjata, sekä liikuttaa ikkunaa z-akselin myötäisesti. [1, s. 80–81.]

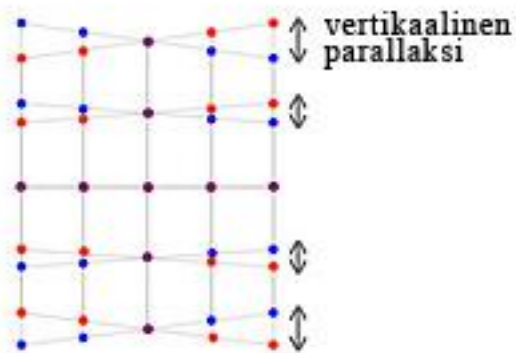
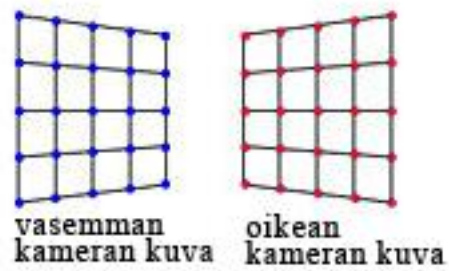
2.5 Divergenssi ja konvergenssi

Konvergenssi tarkoittaa kameroiden kuvasäteiden välistä kulmaa, kun kameroita käännetään toisiaan kohti. Kameroiden muodostama optinen yhtymäkohta määrää, missä kohteet sijaitsevat näyttöön nähden. Konvergenssi liikuttaa kolmiulotteista kuvaa z-akselin myötäisesti.

Jos kamerat kuvaavat kohtisuoraan, kuvassa ei esiinny nollatasoa ja kolmiulotteinen näkymä sijaitsee näytön edessä [1, s. 74]. Nollatason voi kuitenkin määrittää jälkikäteen.

Kohde, joka sijaitsee kameroiden muodostamassa optisessa risteämispisteessä, sijaitsee näytön kanssa samassa tasossa, eli nollapisteessä. Kun risteämispisteen määrittää etummaisesta kohteesta tasalle, kolmiulotteinen maailma sijaitsee kokonaan näytön takana. Jotta osa kohteista voisi sijaita näytön edessä ja osa takana, on risteämiskohta sijoitettava ensimmäisen kohteen ja viimeisen kohteen välille. [1, s. 75.]

Kameroiden kääntäminen aiheuttaa kuitenkin *keystone*-ilmiön molempiin kuviin, ja stereoskooppisesta kuvasta tulee epämiellyttävä. Vasemmassa kuvassa objektin vasen reuna on lähempänä vasenta kameraa ja se näyttää isommalta kuin objektin oikea reuna, joka on kauempana kamerasta (kuva 6). Oikeassa kuvassa ilmiö näkyy päinvastaisesti.



Kuva 6. Vasemman kameran ja oikean kameran kuva, kun kameroita on käännetty toisiaan kohti [5].

Kun kuvat yhdistetään keskenään, esiintyy näytön molemmissa reunoissa eroavaisuuksia. Tämä eroavaisuus tuo kuvaan vertikaalista parallaksia, jota on epämiellyttävä katsoa (kuva 7).



Kuva 7. Vasen ja oikea kuva eivät ole vertikaalisesti samassa tasossa [5].

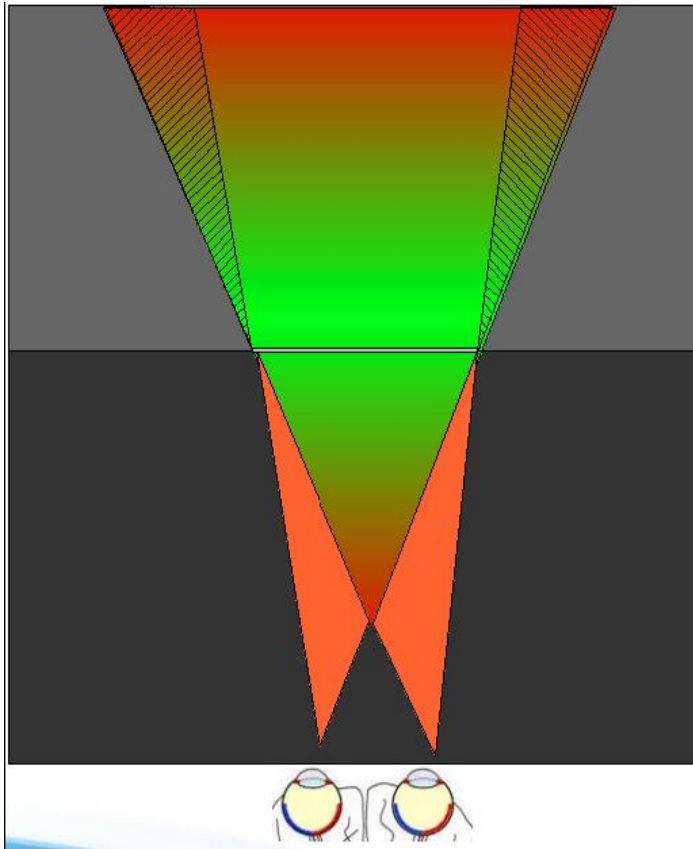
Keystone-ilmiön välttämiseksi kohtisuoraan kuvaaminen on helppo vaihtoehto, ja risteämiskohdan asettaminen jälkikäteen on mahdollista.

Konvergenssia ei myöskään saa olla kuvassa liikaa. Liian lähelle kameraa tuodut objektit ja niiden mukaan määritelty konvergenssi luo hyvin epämiellyttävän katselukokemuksen. Asian pystyy havainnollistamaan esimerkiksi tuomalla sormen hyvin lähelle silmiä ja yrittämällä kohdistaa katseen sormeen. Makrokuvauksessa konvergenssin käyttö on kuitenkin lähes pakollista, jotta kuvattava objekti mahtuu molempiin kuviin.

Konvergenssin vastakohtana on divergenssi, jolloin kameroita käännetään ulospäin. Ihmissilmät eivät pysty kääntymään ulospäin, joten stereoskooppisessa kuvaamisessa sakaan sitä ei ole syytä tehdä.

2.6 Stereoskooppisen kuvan mukavuusalueen rajat

Kuva 8 havainnollistaa stereoskooppisen kuvan mukavuusalueen rajat. Mukavuusalueella tarkoitetaan alaa, jossa kolmiulotteinen näkymä aistitaan luonnollisena ja helposti seurattavana. Jos rajat ylitetään, on kuvan katsominen epämiellyttävää ja mahdollisesti jopa kivuliasta. Kuvassa keskellä sijaitsee taso, josta stereoskooppista kuvaa katsotaan, esimerkiksi valkokangas. Tämä taso on myös nollataso, jossa ei esiinny parallaksia.



Kuva 8. Mukavuusalueen rajat [1, s. 82].

Kuvassa 8 vihreät alueet kuvastavat alaa, jota ihmissilmän on miellyttävä katsoa. Karkeasti määriteltynä mukavuusalue (vihreä alue) on nollatason ja kameran linssin välinen etäisyys jaettuna kahdella. Esimerkiksi, jos nollataso sijaitsee neljän metrin päässä linssistä, on mukavuusalue kaksi metriä nollatasosta kameroiden suuntaan ja kaksi metriä nollatasosta taaksepäin. [8.]

Punaisella alueella voidaan käydä, mutta siellä viipyminen on pidemmän päälle epämiellyttävää. Jos stereokuva levittyy punaiselle alueelle, joutuvat silmät ja aivot tekemään enemmän työtä mukautuakseen katsomiseen. Oranssia aluetta on syytä välttää, sillä tällä alueella vasemmassa ja oikeassa kuvassa on niin paljon eroavaisuuksia, että stereokuvaa on epämiellyttävää katsella. Mahdollisesti vasemmassa kuvassa näkyy jotakin, mitä ei näy oikeassa kuvassa ja päinvastoin. Tämä alue on *retinal rivalry* -alue. [1, s. 82–83.]

2.7 Katseluetäisyyden ja näytön koon vaikutukset

Katsojan ja näytön välisellä etäisyydellä on merkitystä stereoeffektin vaikutukseen. Stereoeffekti korostuu sitä mukaan, mitä kauempana katsoja on näytöstä [4, s. 5]. Kaukaiset objektit tuntuvat olevan yhä syvemmällä taustalla. Ruudun ja katsojan välissä olevat objektit tuntuvat työntyvän lähemmäksi kohti katsojaa.

Näytön koolla on myös vaikutuksensa stereoeffektiin. Mitä suurempi näyttö on, sitä paremmin kolmiulotteinen maailma aistitaan, mutta samalla riski liian erkautuvalle parallaksille kasvaa, sillä stereoskooppisen kuvan syvyys kasvaa lineaarisesti kaksikulotteisen kuvan koon myötä. Jos kuvaa katsotaan 10 metriä leveältä elokuvakankaalta parallaksin ollessa 65 millimetriä ja sama kuva siirretään katsottavaksi 20 metriä leveälle elokuvakankaalle, kasvaa parallaksi 130 millimetriin, mikä aiheuttaa ongelmia katsojalle. Vastaavasti elokuvaesitykseen tehdyt stereoskooppiset elokuvat näyttävät latteilta television ruudulta. [1, s. 83–87; 4, s. 5.]

Digitaalinen kuva koostuu pikseleistä, joiden avulla määritetään suurin mahdollinen parallaksin määrä, jota erikokoisilla näyttöillä voidaan käyttää. Tästä käytetään nimitystä *native pixel parallax* (NPP). Parallaksi voidaan laskea jakamalla ihmisen intrakulaarinen etäisyys (65 mm) katseltavan näytön leveydellä (mm) ja kertomalla se näytön vaakatason pikseleiden määrällä (esim. 1 920). Saatu tulos kertoo NPP:n, joka on maksimi parallaksi, johon ihmisen silmät vielä pystyvät kohdistumaan. [1, s. 85–86.] NPP ei ota huomioon katsojan etäisyyttä, joten määritelmä ei ole täysin luotettava.

Näytön koossa ja katsojan etäisyydessä on pyritty tiettyyn kompromissiin ja keskitasoon. Elokuvateatterissa stereoskooppista kuvaa on optimaalisinta katsoa teatterin keskiosasta, jonka mukaan stereokuvan optimointi on tehty. Useimmiten elokuvien referenssinäyttönä on pidetty yhdeksän metriä leveää valkokangasta [1, s. 85].

Teatteri-, televisio- ja blu-ray-levitykseen tehdään omat kopiot, mutta vielä ei ole olemassa mitään vakiintunutta standardia, jota eri kopioiden tulisi käyttää. SMPTE (The

Society of Motion Picture and Television Engineers) -yhdistys on ottanut standardien määrittämisen työn alle, se kulkee nimellä *3D Home Master* -standardi. Standardin on määrä valmistua vuoden 2010 aikana. [9.]

3 Stereoskooppisen elokuvan nykytila

3.1 Historia

Charles Wheatstone kehitti ensimmäisenä teorian stereoskooppisesta näöstä vuonna 1838 [10]. Hän kehitti myös ensimmäisen katselulaitteen, stereoskoopin. Laite perustui siihen, että stereoskooppista kuvaparia katsottiin peilien kautta.

Ensimmäinen patentti stereoskooppisesta esitystekniikasta myönnettiin vuonna 1890. Asialla oli valokuvaaja William Friese-Greene. Hän esitti elokuvan kankaalle kahden projektorin avulla, ja elokuvaa katsottiin stereoskoopin kautta [11].

Eräs tunnetuin ja aikaisemmin eniten käytetty esitystekniikka perustuu värien erotteluun anaglyfikuvalla. Kaksi päällekkäistä kuvaa ovat väriltään erilaiset, useimmiten punainen ja syaani. Katselulaseissa on myös punainen ja syaani suodatin eri silmille, jolloin molemmat silmät suodattavat vain toisen kuvan ja aivot koostavat kuvaparista yhden kolmiulotteisen kuvan. Tekniikkaa käytettiin paljon 1950–1960-luvulla elokuvissa, mutta anaglyfikuvan värien epämiellyttävyys ja haamukuvien aiheuttamat häiriöt eivät tehneet 3D-elokuvista pysyvää ilmiötä. [1, s. 6–7; 11.]

Elokuvan digitalisoitumisen myötä kolmiulotteinenokuva on tehnyt uuden tulemisen. Digitaalisuus tekee kuvasta tarkemman, ja se helpottaa synkronointia. Analogitekniikalla kuvien limittäminen on hankalaa ilman, että haamukuvia syntyisi, sillä analogisen kuvan signaali ei kulje riittävän tarkasti. Digitekniikalla kuvat saadaan laskemalla loksautamaan täsmällisesti paikoilleen. [11.]

3.2 Katseluympäristöt

Stereoskooppisen elokuvan näyttämiseen on olemassa monia eri tekniikoita. Katsojalle tekniikoiden merkitys on vähäinen, sillä jokainen näistä tekniikoista tähtää samaan lopputulokseen. Tekniikan valintaan vaikuttavat raha, katseluympäristön koko ja käyttötarkoitus.

Stereoskooppisen kuvan esitystekniikka voidaan jakaa kahteen lajiin, aktiiviseen ja passiiviseen. Molemmat tekniikat perustuvat polarisaatioon. Valon aallot värähtelevät tietyssä tasossa, jolloin polarisoinnilla voidaan valo jakaa kahteen eri aaltoon, joilla on eri värähtelytaso. Katselulaseilla voidaan ohjata toinen aalto oikeaan ja toinen vasempaan silmään. [11.]

Passiivisessa polarisaatiotekniikassa käytetään passiivisia katselulaseja, jotka eivät sisällä mitään elektroniikkaa ja ovat hinnaltaan edullisia. Passiivista polarisaatiotekniikkaa edustaa RealD-teknologia. [11.]

Aktiivinen esitystekniikka perustuu suljinlasien käyttöön, jotka päästävät vuorotellen vasemman ja oikean kuvan lävitseen. Lasit sisältävät elektroniikkaa ja ovat hinnaltaan kalliita. Aktiivista suljinlasitekniikkaa edustaa XpanD-teknologia. [11.]

RealD

RealD on yksi 3D-teknologia-alan johtavista yrityksistä. RealD:n teatteritekniikka perustuu passiiviseen kiertopolarisaatioon. Vasen ja oikea kuva ohjataan yhden projektorin läpi, jonka linssin eteen on asennettu polarisoiva suodatin (z-screen), joka jakaa oikean ja vasemman kuvan omikseen. Yhden sekunnin aikana näytetään 144 kuvaa (frame). Kyse on *triple flash* -tekniikasta, jossa yksi kuva näytetään kolme kertaa molemmille silmille. Tämä parantaa liikkeen selkeyttä kuvassa.

Polarisointi vaatii tavallisen valkokankaan sijasta hopeakankaan, sillä perinteisen valkokankaan tuottama valovoima ei riitä polarisoinnin toteutumiseen. Hopeakangas

kasvattaa valovoimaa ja antaa kuvalle lisää kirkkautta. Hopeakankaat ovat kalliita, eivätkä ne sovellu perinteisen 2D-elokuvan katseluun. [12; 13.]

Katsojilla on käytössään kiertopolarisaatiolasit. Lineaariseen polarisaation nähden kiertopolarisaation etuna on se, että katsoja pystyy liikuttamaan päätään vapaasti ilman, että polarisoinnin vaikutus heikkenee. [12; 14, s. 147–148.]

XpanD

XpanD on toinen suurista yrityksistä 3D-elokuvan alalla, ja se on myös Suomessa Finnkinolla käytössä. XpanDin tekniikka perustuu aktiiviseen polarisaatioon [15]. Katsojilla on käytössä aktiiviset suljinlasit, joihin oikea ja vasen kuva tulevat hieman eri aikaa. Kuvan oikea tahdistaminen tehdään infrapunasiinaalin avulla, joka projisoidaan valkokankaan kautta lasihin [16].

Aktiiviset suljinlasit ovat kalliita, mutta niiden käyttöikä on suurempi kuin passiivilasien. Suljinlasien valovoimaisuuden ansiosta elokuvat voidaan projisoida tavalliselle valkokankaalle. [11; 15.]

Dolby 3D Digital Cinema

Dolbyn 3D Digital Cinema -tekniikan takana on väriä suodattava pyörä, joka asennetaan projektoriin. Pyörän pyöriessä se erottaa RGB-värit kahteen eri aaltoon vasemmalle ja oikealle silmälle. Katsojalla on käytössään lasit, jotka suodattavat värit. Tekniikka perustuu anaglyfitekniikkaan, mutta erottelu on paljon tarkempaa. Suomessa Dolbyn tekniikkaa käyttää Bio Rex. Hämeenlinnan Bio Rex oli Suomen ensimmäinen digitaalinen 3D-elokuvateatteri. Ensimmäinen elokuva esitettiin toukokuussa 2008. [2, s. 52; 17; 18.]

IMAX

IMAX-teatterit ovat oma kokonaisuutensa, joissa kolmiulotteista elokuvaa katsotaan erikoisvarustellussa salissa. IMAX-teattereissa elokuva projisoidaan valkokankaan sijaan puoliympyrän muotoiselle seinälle, jolloin kuva levittyy myös katsojan oikealle ja vasemmalle puolelle. IMAX-elokuvat on usein kuvattu perinteisestä 35 mm:n filmikoosta poiketen 70 mm:n kokoiselle filmille. IMAX-teattereista suurin osa sijaitsee Pohjois-Amerikassa. Euroopassa teattereita on vain muutama. [19; 20.]

3.3 Tulevaisuus

Kolmiulotteinen elokuva on tullut jäädäkseen. Elokuvateatterien lisäksi 3D-näyttötekniikkaa myydään jo suoraan kuluttajille, ja syksyllä 2010 jo pelkästään Euroopassa oli myyty noin 100 000 3D-televisiota [21]. Suomessa Samsung toi markkinoille ensimmäisten joukoissa oman 3D-valmiin television keväällä 2010. Myös Sony on vahvasti markkinoinut omaa 3D-televisiotaan ja muuta 3D-tekniikkaa, ja käytännössä kaikki suuret valmistajat ovat lähteneet 3D-kilpailuun mukaan. 3D-näyttöjen lisäksi markkinoilla on saatavina 3D-projektoreita kotiteatterin harrastajia varten.

Blu-ray-soittimista on saatavilla jo 3D-valmiita malleja useilta eri valmistajilta. Stereoskooppisen kuvan välittäminen soittimesta näytölle on vaatinut HDMI-tekniikan päivittämisen. Uusin versio HDMI 1.4 julkaistiin 28.5.2010. HDMI 1.4 antaa tuen stereoskooppisen kuvan siirtämiselle. Kaapelia pitkin pystytään siirtämään samanaikaisesti kahta 1080p-tasoista kuvaa. [22.]

Kuluttajille markkinoitu 3D-tekniikka on vahvasti aktiiviseen suljinlasitekniikkaan suuntautunut. Tämän myötä 3D-näyttöjen virkistystaajuuden pitää olla vähintään 100 Hz, jotta kuvat vaihtuvat tarpeeksi nopeasti.

Peliteollisuus on myös herännyt kolmiulotteisuuden mahdollisuuksiin. Nvidia on julkaissut pelaajille oman 3D Vision -paketin, joka mahdollistaa kolmiulotteisen pelaamisen. Peliteollisuus on yksi merkittävimmistä alueista, joissa 3D tulee olemaan suuressa roolissa. [23.]

Toinen kehityksen suunta ovat autostereoskooppiset näytöt, joiden tarkoitus on mahdollistaa stereoskooppisen kuvan katselu ilman siihen vaadittavia laseja. Tällaista tekniikkaa edustavat muun muassa lentikulaarinäytöt. Näyttö on peitetty mikroskooppisilla linseillä, jotka taivuttavat valoa niin, että silmiin tulee eri kuva. Toinen vaihtoehto on parallaksieste, jossa kuva peitetään osittain niin, että se päästää lävitseen vain tietyn valon kummallekin silmälle. Toistaiseksi ongelmana on ollut se, että katselukulma on hyvin kapea ja pienikin pään kääntäminen voi tuhota kolmiulotteisen illuusion. [2, s. 50–51; 11; 14, s. 148–149.]

Kolmiulotteisuuden roolia elokuvateattereissa ei voi kiistää. Se on lisännyt lipputuloja, sillä 3D-näytöksiin myytävät liput ovat hieman tavallista kalliimpia, joten jo pelkästään tuottavuuden takia stereoskooppisia elokuvia julkaistaan tietyn väliajoin. Toistaiseksi 3D-elokuvat ovat olleet pitkälti animaatioita tai seikkailuelokuvia. Luultavasti tämä käytäntö jatkuu tulevaisuudessakin, sillä esimerkiksi draamaelokuvaan kolmiulotteisuus ei toisi juuri mitään lisäarvoa, eikä kohdeyleisökään ole sama kuin animaatioita ja seikkailuelokuvia seuraavat kolmiulotteisen elokuvan suurkuluttajat.

3.4 Stereoskooppiset televisiolähetykset

Merkittävimmät stereoskooppiset televisiolähetykset koettiin kesällä 2010, kun Sony yhteistyössä kansainvälisen jalkapalloliitto FIFAn kanssa kuvasi ja lähetti jalkapallon maailmanmestaruuskisoista 25 ottelua stereoskooppisesti. Kolmiulotteista lähetystä välittivät muun muassa ESPN (Yhdysvallat), Sogecaple (Espanja) ja SKY Perfext JSAT (Japani). [24.]

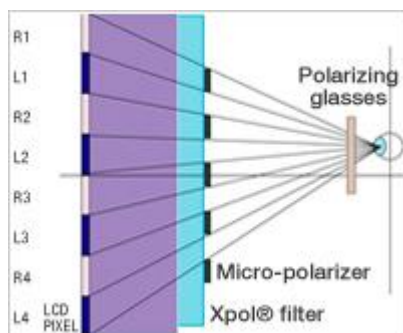
Urheilu on yksi kohde, jota varmasti jatkossakin hyödynnetään kolmiulotteisten televisiolähetysten sisällöissä. Katsojaluvut ovat suuria, ja urheilua seuraavat sopivat hyvin kohderyhmään, joka voisi olla kiinnostunut kolmiulotteisista lähetyksistä.

4 Kehitysympäristön määrittely

4.1 Järjestelmä

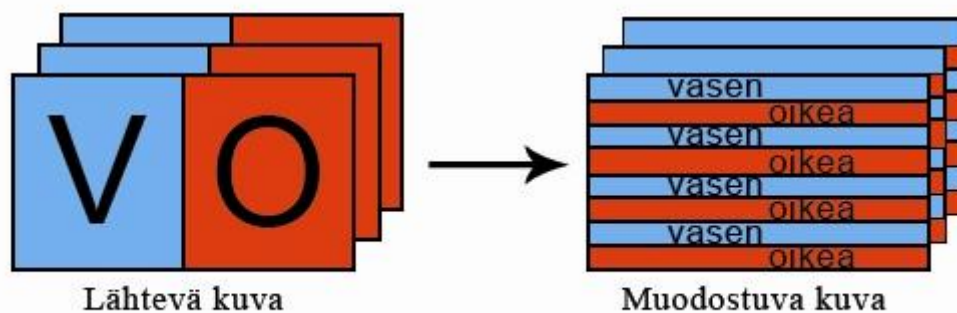
Stereoskooppisen kuvan tuotantoympäristö rakennettiin Metropolia Ammatti- korkeakoulun mediatekniikan koulutusohjelman tiloihin, erilliseen työhuoneeseen. Koululle hankittiin JVC:n Full HD 3D -näyttö (GD-463D10), jonka kautta stereoskooppista kuvaa katsottiin. Tämän lisäksi käytössä oli kaksi tietokonetta, joita käytettiin kuvien ja videoiden käsittelyssä. Koneet olivat Applen Mac Pro (Intel Xeon 2 x 2.26 GHz CPU, 10 GB Ram) ja HP Compaq 6000 Pro MT PC (Intel Core 2 Duo 2.93 GHz CPU, 1.96 GB Ram).

JVC:n tekniikka perustuu kiertopolarisaatioon, ja se käyttää passiivisia katselulaseja. Polarisointi toteutetaan Xpol-nimisellä tekniikalla. Ruutu on jaettu vaakasuunnassa kahteen eri kuvaan (vasen ja oikea), jotka näkyvät samanaikaisesti. Full HD -resoluutioinen kuva muodostaa 1920 x 540 pikseliä vasempaan silmään ja 1920 x 540 pikseliä oikeaan silmään. Näytön edessä on polarisoiva suodatin, joka polarisoi vasemman ja oikean kuvan katsojan lasien läpi vasemmalle ja oikealle silmälle (kuva 9). [25.]



Kuva 9. JVC:n polarisaatiotekniikka havainnollistettuna. Näyttö kuvattuna sivultapäin. [25.]

JVC:n näyttö tukee kahta eri kolmiulotteista kuvaformaattia: *line-by-line* ja *side-by-side*. Line-by-line lomittaa vasemman ja oikean kuvälähteen. Vasen kuva rakentuu parillisista ja oikea kuva parittomista juovista. Side-by-side-kuvassa vasen ja oikea kuva ovat vierekkäin ja muodostavat yhden kuvan (kuva 10). Vasenta ja oikeaa kuvasignaalia on kutistettu puolella. Näytölle kuva muodostuu kuitenkin aina lomitettusti (line-by-line). [14, s. 147–148; 25.]



Kuva 10. Side-by-side-kuva muokattuna line-by-line-muotoon.

Muuhun käytössä olevaan ohjelmistoon kuuluivat Autodesk 3ds studio max, joka toimi stereoskooppisen animaation tuotantoyksikkönä, Iridas FrameCycler PRO, jolla pystyi toistamaan stereoskooppisia kuvasarjoja sekä StereoMovie Maker ja StereoPhoto Maker, joilla jälkikäsiteltiin stereovalokuvia.

4.2 Stereoskooppisen valokuvan tuottaminen

Stereoskooppisen valokuvan voi ottaa joko yhdellä kameralla kaksi kuvaa tai kahdella kameralla, joista toinen ottaa vasemman ja toinen oikean kuvan. Molemmilla vaihtoehdoilla pystyy ottamaan laadukkaita stereoskooppisia kuvia. Insinöörityössä kuvien ottamiseen käytettiin Canon Powershot G10 -digitaalikameraa ja Fujifilmin Finepix Real 3D W1 -digitaalikameraa.

Yhdellä kameralla kuvaaminen

Yhdellä kameralla kuvaaminen on herkempää ja virhealttiimpaa kuin kahdella kameralla operoiminen. Jalustan käyttäminen on suositeltavaa, jotta kamera pysyisi samassa tasossa kuvien välillä. Kameran asetukset on syytä muokata sen mukaan, missä katseluympäristössä kuvia tullaan katsomaan. Resoluutiosta ei ole syytä tinkiä, sillä kuvien jälkikäsitely on sitä helpompaa, mitä tarkempia kuvat ovat ja mitä enemmän niissä on kuvainformaatiota jäljellä.

Itse kuvat otetaan aina siinä järjestyksessä, että vasemmanpuoleinen kuva otetaan ensiksi. Kuvauskohteen pitää näkyä molemmissa kuvissa, jotta haamukuvilta vältytään. Kohteen sijoittaminen kuvan reunaan aiheuttaa ongelmia syvyyden aistimisessa.

Kuvien ottamisessa sovellettiin 1/30-sääntöä. Kameraa liikutettiin kuvien välillä korkeintaan silmienvälisen etäisyyden verran, eli noin 65 mm.

Yhdellä kameralla kuvaaminen oli hieman hankalaa, sillä käytössä olevilla rigeillä kameran liikuttaminen kuvien välillä oli summittaista ja epätarkkaa. Virheiden korjaaminen jälkikäteen oli kuitenkin mahdollista. Yhdellä kameralla operoiminen sopii hyvin staattisten kohteiden kuvaamiseen, jolloin kuvien välissä kuluneella ajalla ei ole niinkään merkitystä, mutta liikkuvaa kohdetta kuvattaessa tarvitaan kahta kameraa.

Kahdella kameralla kuvaaminen

Kamerat kytkettiin kiinni omatekoiseen rigiin yhdensuuntaisesti rinnakkain. Molemmille kameroille oli oma kiinnityspulttinsa, jota pystyi liikuttamaan sivusuunnassa kiskoa pitkin (kuva 11). Ongelman aiheutti kuitenkin kameroiden runkojen leveys, mikä teki niiden liikuttamisen sivuttaissuunnassa mahdottomaksi. Linssien väliseksi etäisyydeksi jäi pienimmilläänkin 115 mm, mikä on enemmän kuin intraokulaarinen etäisyys. Kameroiden kiinnittäminen pystysuunnassa tai toisen kameran kääntäminen 180 astetta niin, että pohjat olisivat vastakkain, olisi antanut

mahdollisuuden linssien välisen etäisyyden kaventamiselle, mutta se olisi vaatinut toisenlaisen rigin, jota ei lähdetty rakentamaan eikä sellaisten tilaamistakaan nähty tarpeelliseksi, sillä jälkikäsitellyssä mahdollisia virheitä pystyi korjaamaan. Kameran synkronoitiin keskenään langattomalla kaukolaukaisimella, jotta kuvat pystyttiin ottamaan samanaikaisesti.



Kuva 11. Canon Powershot G10 -kamerat kytkettynä rigiin.

Kameroiden asetukset säädettiin yhtenäisiksi keskenään, ja kuvakooksi valittiin 3 456 x 2 592 pikseliä ja tallennusmuodoksi jpg-kuvaformaatti. Kameran kohdistettiin aina yhdensuuntaisesti, joten kuvissa nollataso oli aina äärettömässä. Jälkikäteen nollataso määritettiin StereoPhotoMaker-ohjelman avulla.

Laboratorioon tilattiin Fujifilmin Finepix Real 3D W1 -kamera, joka on yksittäinen kamera, jossa on kaksi linssiä. Kameralla voi ottaa kaksi kuvaa yhtä aikaa, tai haluttaessa molemmat kuvat voi ottaa yksitellen. Jos kuvat otetaan yksitellen, jää kameran näyttöön haamukuva ensimmäisestä kuvasta, ja sitä hyödyntämällä voi kameraa siirtää oikeanpuoleista kuvaa varten.

Kamerassa on yksinkertainen ja helppo säädin, jonka avulla parallaksia voi säätää joko kuvaushetkellä tai jälkikäteen katselunäkymässä. Otetut kuvat yhdistyvät yhdeksi päällekkäisistä kuvista muodostuvaksi kuvaksi, josta kamera käyttää formaattia MPO. Jälkikäteen MPO-kuvatiedoston voi purkaa kahdeksi jpg-kuvaksi joko kameran mukana tulevalla ohjelmalla tai StereoPhotoMakerilla.

Fujifilmin kameraa oli yksinkertaista käyttää ja automaattiasetuksillakin sai jo hyvätasoista kuvaa aikaiseksi. Kamera vaikuttaa olevan suunnattu lähinnä kuluttajille, mutta myös ammattilaiselle siitä löytyy tarpeeksi säätövaraa. Eniten hämmästyttä herätti, että linssien välinen etäisyys oli 77 mm, mikä on enemmän kuin intraokulaarinen etäisyys. Fujifilmin kameralla pystyi valitsemaan vain 4:3-kuvasuhteen.

4.3 Stereoskooppisen videokuvan tuottaminen

Videoiden kuvaamisessa käytössä oli kaksi Canon Legria HF S100 -kameraa (kuva 12), jotka tulivat valituksi kuvauskameroiksi pienen kokonsa ja täyden HD-resoluution takia. Käytössä oleva rigi ja intraokulaarinen etäisyys rajasivat kameran valinnan Canon Legriaan. Jos kuvauskameroiksi olisi haluttu isommat kamerat, olisi kahden kameran operointi voitu hoitaa esimerkiksi heijastavien peilien avulla, mutta sellaiset olisi pitänyt hankkia erikseen.



Kuva 12. Canon Legria HF S100 -kamerat asetettuna rigiin.

Videon tuottamisessa pätevät pitkälti samat lainalaisuudet kuin valokuvan tuottamisessa. Videokameran asetuksissa huomiota pitää kiinnittää etenkin valkotasa-painon valintaan. Kuvaustilanteissa valitsin valkotasapainon tehdasasetusten mukaisesti sisä- ja ulkokuvauksille. Käytin tehdasasetuksia siksi, että molemmissa kameroissa olisi täysin sama valkotasapaino. Canon Legrian manuaaliset säätö-mahdolliset olivat melko rajalliset ja vaikeat, joten automaattiasetuksilla pääsi useimmiten parhaaseen tulokseen.

Kolmiulotteisen videon tuottamisessa on suositeltavaa käyttää resoluutiota 1 920 x 1 080, sillä kuvia joutuu rajaamaan ja kutistamaan jälkikäsitelyssä. Mitä suurempi resoluutio on, sitä enemmän kuva sietää rajautumista. Kolmiulotteinen elokuva myös kärsii enemmän huonosta kuvanlaadusta kuin kaksiulotteinen elokuva.

Canon Legriasta valitsin kuvausmuodoksi progressiivisen tallennusmuodon, sillä käytössä ollut JVC:n näyttö muodosti kuvan progressiivisesti. Lomitettu kuva saattaa aiheuttaa häiriötä kuvaparien synkronoinnissa, ja lomituksen poistaminen jälkikäteen vähentää kuvan tarkkuutta [2, s. 35].

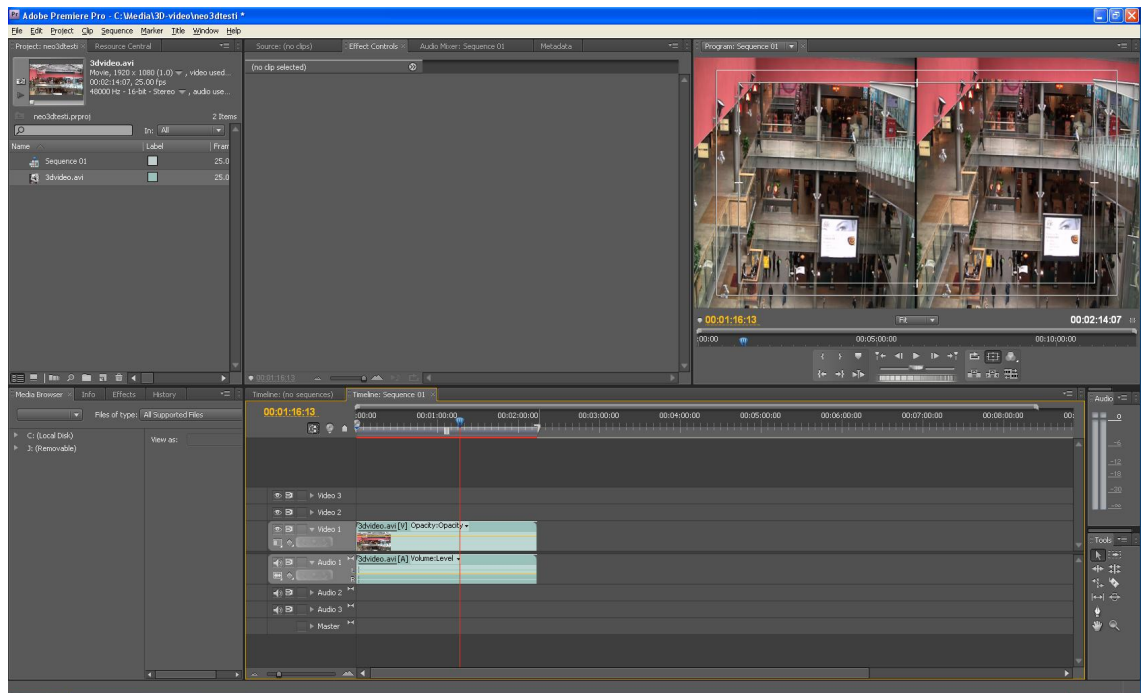
Kamerat kohdistettiin aina kohtisuoraan eteenpäin. Kameroita ei käännetty sisään- tai ulospäin, sillä käytössä ei ollut monitorointia, jolla kulman olisi voinut tarkistaa, eikä

rigissä ollut asteikko, jota olisi voinut käyttää hyväksi. Kameroiden välisen kulman muuttaminen olisi ollut summittaista ja lopputulos hyvin todennäköisesti käyttökelpoton. Lisäksi kameroiden kääntäminen toisiaan kohti aiheuttaa aina *keystoneing*-ilmiön, jonka joutuu jälkitöissä poistamaan. Koska kamerat kuvasivat aina kohtisuoraan eteenpäin, ei kuvassa esiinny nollatasoa tai se sijaitsee äärettömässä. Nollataso määritettiin kuvalle jälkikäteen.

Kamerat synkronoitiin keskenään jälkitöissä, sillä kameroiden yhtäaikainen käynnistäminen manuaalisesti on lähes mahdotonta. Tämän vuoksi kuvauksissa käytettiin klappia tai äänimerkkiä, jonka mukaan kuvat tahdistettiin keskenään jälkikäteen. Markkinoilla on myynnissä erillisiä laitteita, joilla synkronoinnin voi tehdä tarkasti, mutta tämän insinööriyön puitteissa investointia laitteeseen ei nähty tarpeelliseksi.

Video koostettiin Adobe Premiere CS4 -ohjelmalla. Se ei kuitenkaan ollut aivan sujuvaa, sillä kahden 1 920 x 1 080 -resoluution videokuvan työstäminen vaati koneelta paljon tehoa, ja Premiere ei tuntunut taipuvan hyvin stereoskooppisen kuvan editointiin.

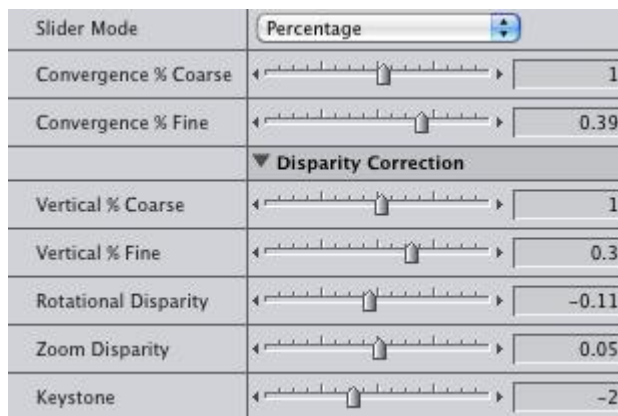
Premiere-työympäristössä vasen ja oikea kuva saatiin synkronoitua yhden kuvan (frame) tarkkuudella. Jo yhden kuvan välinen ero kahden videon välillä pilaa stereoilluusion, minkä takia synkronointi on hyvin tärkeää. Premieressä videot muokattiin side-by-side-muotoon niin, että 1 920 x 1 080 -resoluutio jaettiin kahdelle kuvalle (kuva 13). Vasen ja oikea kuva skaalattiin muotoon 1 920 x 540. Valmis video pakattiin MPEG-4-muotoon, ja sitä toistettiin VLC media player -ohjelmalla.



Kuva 13. Kahden videolähteen työstäminen Adobe Premiere -ohjelmalla.

Markkinoilta löytyy myös erilaisia 3D-liitännäisiä editointiohjelmaa varten. Cineformin neo3d on yksi varteenotettavista vaihtoehdoista, ja se tukee Premiereä. Liitännäinen helpottaa ja nopeuttaa työskentelyä, sillä se muuntaa vasemman ja oikean kuvan yhdeksi stereotiedostoksi, jota on helpompi käsitellä. Liitännäisen avulla myös synkronointi jälkikäteen käy vaivattomasti. Suurin hyöty, mitä liitännäinen voi tarjota, on videon esikatselu. Esikatsellessa videota 3D-näytöltä huomaa suurimmat virheet jo työvaiheessa, ja näin niiltä vältetään valmiissa tuotoksessa.

Dashwoodin Stereo3D Toolbox on myös stereokuvan jälkikäsitteilyyn tarkoitettu liitännäinen (kuva 14), joka on tarkoitettu Mac OS X -käyttöliittymälle. Liitännäinen tukee Final Cut Pro- ja Motion-ohjelmaa sekä Adoben After Effects -ohjelmaa.

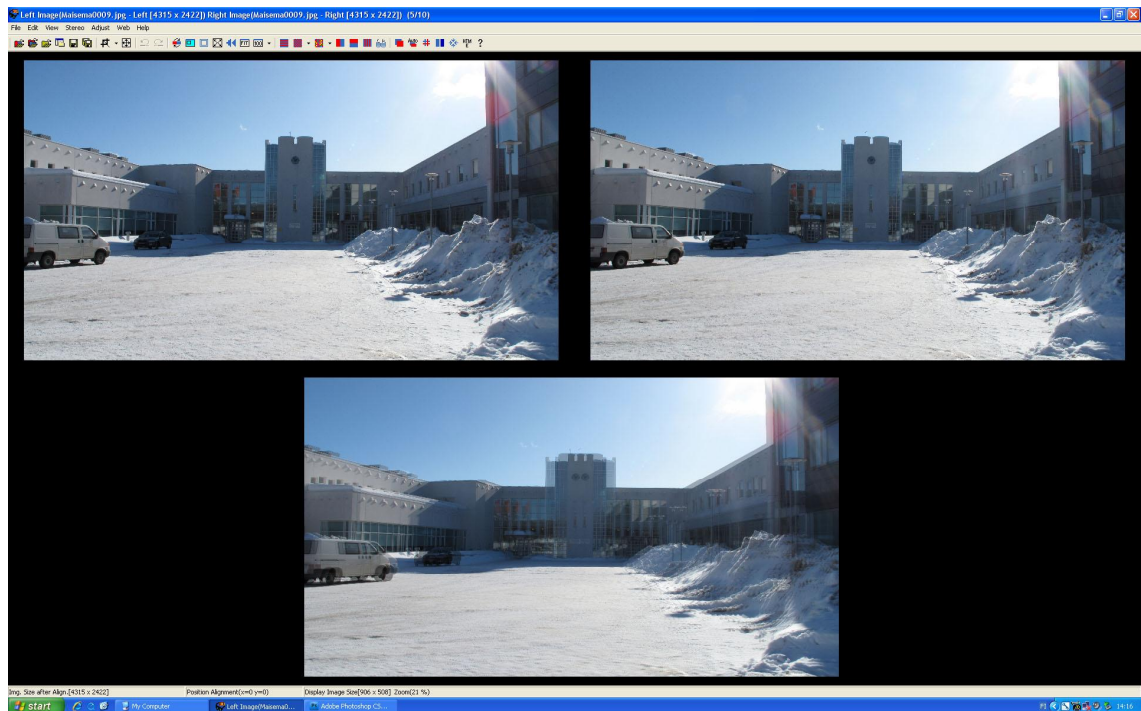


Kuva 14. Stereo3D Toolbox -ohjelman kontrollointinäkyvä [26].

4.4 StereoPhotoMaker- ja StereoMovieMaker-editointiohjelmat

StereoPhotoMaker (kuva 15) on ilmainen ohjelmisto, jonka on kehittänyt Masuji Suto. Ohjelma tukee yleisimpiä kuvamuotoja ja MPO-kuvatiedostoja, joita esimerkiksi Fujifilmin 3D-kamera käyttää.

Ohjelmalla pystyy jälkikäsittelemään stereoskooppisia kuvia varsin vaivattomasti. Parallaksia pystyy muokkaamaan käsin tai automaattisesti. Automaattinen kuvanmuokkaus perustuu geometrinen virheiden korjaamiseen ja pyrkii siirtämään parallaksia ja kulmaa niin, että kuvien pikseleiden väliset etäisyydet eivät ole liian suuria ja että kuvaa olisi miellyttävä katsoa. Kuvia voidaan tuottaa anaglyfi-, side-by-side-, above/below- tai lomitettuun muotoon.



Kuva 15. StereoPhotoMaker-ohjelman perusnäky.

StereoMovieMaker on myös Sutton kehittämä ohjelma. Se on käyttöliittymältään hyvin samankaltainen kuin StereoPhotoMaker, ja videon muokkaaminen perustuu samoihin toimintoihin. StereoMovieMaker tukee avi-, mov-, MPEG-1- ja MPEG-2-tiedostoja. Canon Legria AVCHD-formaatin tiedostot eivät toimineet suoraan StereoMovieMaker-ohjelmassa, joten tiedostot muutettiin ensiksi Premieren kautta avi-muotoon.

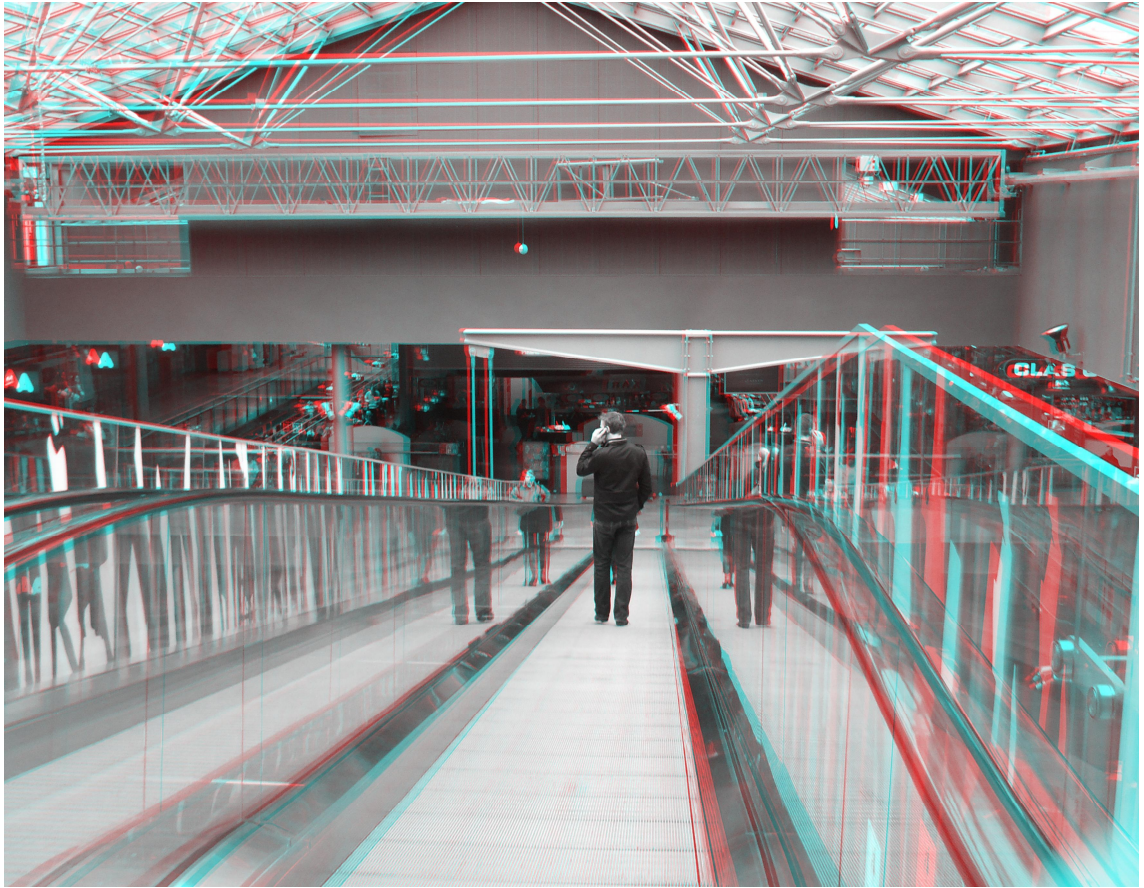
StereoPhotoMaker ja StereoMovieMaker toimivat pääasiallisina kuvienkäsittely- ja -muokkausohjelmina tässä insinöörityössä. Ennen kuin kuvia ja videota voidaan muokata ohjelmilla, ne pitää ensiksi siirtää koneelle. Tässä on erityisen tärkeää, että tiedostot nimetään selkeästi, jotta oikeat kuvaparit löytyvät helposti. Tiedostonimiin merkittiin aina kirjain *L* tai *R* sen mukaan, oliko kyseessä vasemman kameran vai oikean kameran taltioima kuva tai video. StereoPhotoMaker-ohjelmassa on *multi rename* -ominaisuus, joka helpottaa kuvaparien nimeämistä ja järjestelyä. Tiedostojen lisäksi myös kameroiden käyttämät muistikortit nimettiin taralapuilla vasemmaksi ja oikeaksi sekaannuksien välttämiseksi.

StereoPhotoMakerin ja StereoMovieMakerin tärkein ja käytetyin ominaisuus oli parallaksin määrittäminen. Se tehtiin *easy adjustment* -ikkunassa (kuva 16). Kuvat näkyvät päällekkäin anaglyfimuodossa ja niitä pystyy siirtämään sekä vaaka- että pystysuunnassa.



Kuva 16. StereoPhotoMakerin Easy adjustment -työkalu.

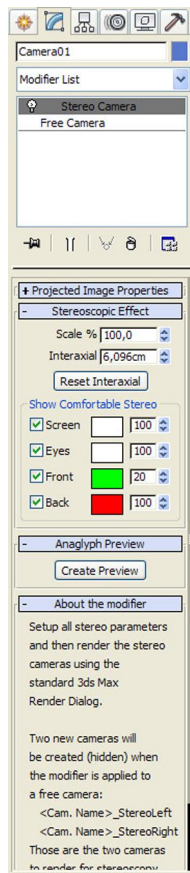
Parallaksin määrittämiseksi ei välttämättä tarvitse anaglyfilaseja, sillä nollassa pystyy hyvin määrittämään paljaalla silmällä. Nollatasossa kohde on kuvissa täsmälleen päällekkäin ja näkyy molemmissa kuvissa täysin samassa kohdassa (kuva 17).



Kuva 17. Anaglyfikuva, jossa nollataso on määritetty selin olevan miehen kohdalle.

4.5 Stereoskooppisen animaation tuottaminen

Stereoskooppisen animaation tuottamiseen tutustuttiin insinööriyössä kahden animaation verran. Oppilastöinä toteutetuista animaatiosta tehtiin uudet stereoskooppiset versiot. Animaation tuottamiseen käytettiin Autodeskin 3ds Max –mallinnusohjelmaa, sillä oppilastyöt oli tehty tällä ohjelmalla ja ohjelmaan oli saatavilla ilmainen Louis Marcouxin kehittämä stereokameraliitännäinen. Käytännössä se oli koodinpätkä, eli skripti, joka piti ajaa 3ds Maxiin. Liitännäinen ei sinänsä tuonut mitään uutta ohjelmaan, mutta se helpotti stereoskooppisen kuvan tuottamista, sillä skriptiin oli tallennettu valmiit asetukset stereokameraa varten. Liitännäisen avulla pystyi säätämään interaksiaalista etäisyyttä ja skaalaamaan stereoikkunan ja stereoeffektin syvyyttä (kuva 18). Tämän lisäksi liitännäisen avulla oli mahdollista luoda anaglyfisiä esikatselukuvia, joiden avulla pystyi nopeasti tarkistamaan stereokuvan laadun.



Kuva 18. Stereokameraliitännäisen kontrollointi-ikkuna.

Stereokamera toteutettiin luomalla ensiksi kamera, joka oli mallia *free Camera*. Tämän jälkeen kameran asetuksista kohdasta *Modifier List* valittiin kameralle funktio *Stereo Camera*. Ohjelma luo kaksi kameraa, jotka eivät ole käyttäjälle näkyvissä. Kamerat on ohjelmoitu niin, että ne liikkuvat ja toimivat toisiinsa nähden samassa suhteessa, kun käyttäjä määrittää stereoikkunan kokoa ja interaksiaalista etäisyyttä.

Stereo camera -modifikaatio toimi ainoastaan 3ds Max 10 -versiossa. Käytössä oleva lisenssi oli olemassa 3ds Max 9 -ohjelmalle, joten koneelle jouduttiin asentamaan 3ds Max 10 -kokeiluversio, joka oli 30 päivää käytettävissä. Tässä ajassa vaadittavat animaatiot saatiin kuitenkin tuotettua.

Stereoskooppista kuvaa pystyy tekemään 3ds Max -ohjelmassa ilman stereo camera -liitännäistä, sillä se ei tuo ohjelmaan mitään, mitä siinä ei valmiiksi olisi, vaan se on eräänlainen tallennettu asetus kahdelle kameralla. Ilman liitännäistä stereokameran

joutuu tekemään itse luomalla kaksi kameraa ja asettamalla niille tarvittavat määritykset.

Manuaalisesti luotu stereokamera tehdään siten, että ensiksi asetetaan yksi kamera mallia *free camera* ja tehdään siitä kaksi kopiota, yksi vasemmalle puolella ja yksi oikealle puolella. Näin käytössä on kolme kameraa, joista keskimmainen toimii pääkamerana, jonka avulla määritetään kuvattava kohde ja sen sijainti syvyysuhteessa sekä kuvattavan alan koko.

Vasen ja oikea kamera linkitetään keskenään liikkumaan x-akselin suuntaisesti samassa suhteessa interaktiivisen etäisyyden määrittämiseksi. Vasemmalle kameralle annetaan negatiivinen arvo ja vastaavasti oikealle kameralle positiivinen arvo x-akselin suhteen. Kun oikeaa kameraa liikuttaa, vasen kamera liikkuu vastakkaiseen suuntaan yhtä paljon.

Vasen ja oikea kamera pitää kohdistaa keskimmäisen kameran näyttämän kuva-alan mukaan, jotta ne kuvaavat samaa kohdetta. Tavallisesti tämä tarkoittaa kameroiden kääntämistä sisäänpäin, jolloin kahden kameran muodostamat kuva-alueet risteävät, mikä aiheuttaa *keystoneing*-häiriötä. Tämä vältetään valitsemalla molemmille kameroille *skew modifier* -modifikaatio, jota skaalaamalla vasemman ja oikean kameran muodostama näkymä kohdistetaan keskellä olevan kameran näkymän mukaiseksi. Kamerat osoittavat edelleen kohtisuoraan eteenpäin, mutta niiden muodostama näkymä on samassa tasossa keskenään. Kamerat linkitetään keskenään *skew modifier* -ominaisuuden osalta, jotta skaalaus vaikuttaa molempiin kameroihin samassa suhteessa.

Kameroiden muodostama kuva-ala eli stereoikkunan leveys määräytyy interaktiivisen etäisyyden, silmien välisen etäisyyden ja näytön koon suhteesta toisiinsa. Kuva-ala lasketaan kertomalla näytön koko interaktiivisella etäisyydellä ja jakamalla saatu tulos silmien välisellä etäisyydellä. Saatua tulosta ei voi kuitenkaan sellaisenaan käyttää 3ds Maxissa, vaan se täytyy muuttaa asteiksi, sillä kameroiden kuva-ala määräytyy *fov* (field of view) -parametrin mukaan. Kamerat linkitetään keskenään *fov:n* mukaan.

Tämän jälkeen stereoikkuna on määritelty ja kuvaa voidaan tarkastella anaglyfi-muodossa. Stereoikkuna määrittää myös mukavuusalueen rajat, joten mahdollisesti osa kuvassa näkyvistä kohteista jää tämän rajan ulkopuolelle, jolloin interaksiaalista etäisyyttä muuttamalla mukavuusaluetta voidaan kasvattaa tai pienentää.

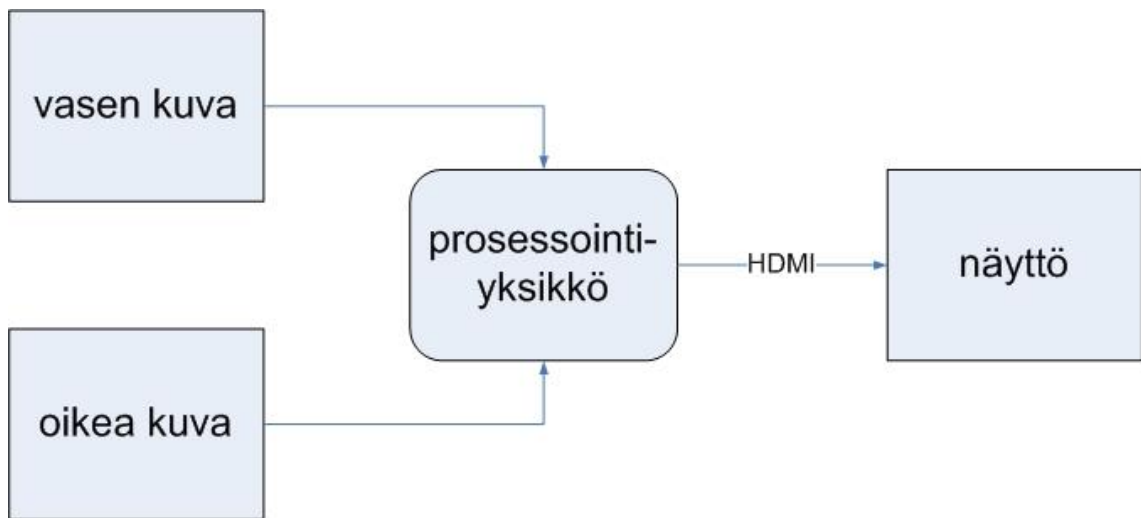
5 Kehitysympäristön jatkekehitys

Insinööriyön ajan puitteiden ja rajauksen vuoksi ei kaikkia haluttuja ohjelmistoja eikä kalustoa päästy kokeilemaan. Mediatekniikan koulutusohjelman tarpeita ajatellen stereoskooppista tuotantoympäristöä olisi hyvä kehittää mahdolliseen opetuskäyttöön ja asiakasprojekteja varten.

Metropolia Ammattikorkeakoulun mediatekniikan koulutusohjelma tekee yhteistyötä yritysten kanssa, ja osana opetukseen kuuluvat asiakasprojektit. Muun muassa opetusvideoita ja yritysesityksiä kuvataan ja työstetään levytallenteiksi. Jatkossa mediatekniikan koulutusohjelmalla on mahdollisuus tarjota asiakkaalle stereoskooppinen tuote DVD:n sijaan, mikäli kysyntä ja tarjonta kohtaavat.

Tuotanto koostuu etukäteen sovituista kuvauspäivistä, joiden aikana kuvausten on onnistuttava. Usein epäonnistuneiden kuvausten uudelleen järjestäminen on työlästä ja hankalaa ja joskus jopa mahdotonta, jos kuvaustilanne on ollut ainutkertainen. Tämän vuoksi virheet pitää osata ennaltaehkäistä tai korjata uusintaotoilla.

Tämänhetkinen mediatekniikan koulutusohjelman stereoskooppinen järjestelmä ei ole tarpeeksi vakaa virheiden välttämiseksi, sillä stereokuvaa pystyy arvioimaan vasta jälkikäsitelystä. Kuvaustilanteen onnistumisen kannalta on ehdottoman tärkeää, että kuvaa päästään seuraamaan jo kuvaustilanteen aikana. Tämä edellyttää monitorointia, jonka toteuttaminen vaatii jonkin rajapinnan käyttämistä kameroiden ja koostetun kuvan välillä. Rajapintana voi toimia joko fyysinen prosessointilaite tai tietokoneessa oleva ohjelma. Itse monitori voi olla joko 3D-valmis näyttö tai tavallinen näyttö riippuen siitä, missä muodossa kuvaa halutaan seurata. Monitorointijärjestelmä on havainnollistettu kuvassa 19.



Kuva 19. Monitorointijärjestelmän toimintatapa.

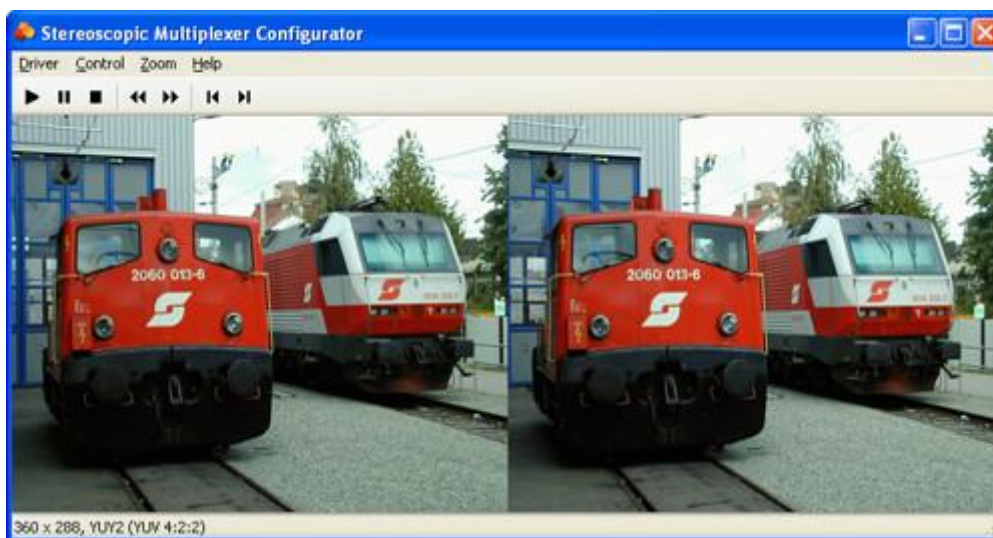
Tähän työvaiheeseen liittyen on tullut käyttöön uusi operatiivinen tehtävänimike, *stereographer*, jonka tehtävänä on stereokuvan määrittely ja tarkkailu. *Stereographer* luo 3D-kuvakäsikirjoituksen, jossa määritellään kohtausten syvyys ja kameran liikkeet sekä kohteiden väliset etäisyydet. *Stereographer* on osa kuvausryhmää ja tekee yhteistyötä kuvaajan ja ohjaajan kanssa.

Mediatekniikan koulutusohjelmalla on käytössä vain yksi 3D-valmis näyttö, JVC:n 50-tuumainen televisio. Sen käyttäminen monitorointiin kenttäolosuhteissa olisi hankalaa ja vaatisi tilaa niin kuvaustilanteessa kuin kuljetuksessa. Vaihtoehtona on joko hankkia monitorointiin oma 3D-valmis näyttö tai käyttää tavallista näyttöä käyttäen anaglyfikuvaa monitorointiin. Näin monitoroinnin voisi hoitaa hyvin kannettavan tietokoneen näytöltä, ja se kulkisi helposti muun kuvauskaluston mukana.

Stereoscopic Multiplexer

3dvtv.at-sivuston tarjoama tuote Stereoscopic Multiplexer (kuva 20) on tietokoneeseen asennettava sovellus, joka kykenee kaappaamaan stereoskooppista kuvaa kahdesta erillisestä kameralähteestä. Ohjelmasta on saatavana kolme eri versiota: ilmainen, yksityinen ja kaupallinen. Ilmainen versio sisältää vesimerkin, joten sen käyttö ei sovellu kuin testaamiseen. Yksityinen versio on tarkoitettu vain yksityiseen käyttöön,

eikä sillä voi tehdä kaupallisia sovelluksia. Tämän version hinta on 59 euroa [27]. Kaupallisella versiolla voi toteuttaa asiakasprojekteja. Hintaa sovelluksella on 169 euroa [27]. Stereoscopic Multiplexer toimii vain Windows-käyttöjärjestelmällä. [28.]



Kuva 20. Stereoscopic Multiplexer käytössä [28].

Kamerat ohjataan firewire- tai USB-liitännän kautta multiplekseriin. Tietokoneessa pitää olla kuitenkin erilliset sisäänmenot liitännöille, sillä multiplekser ei tue liitäntöjä, joissa kaksi ulostulevaa lähdettä jaetaan yhdeksi sisään meneväksi lähteeksi.

Stereo Multiplexerin lisäksi tarvitaan myös jokin ohjelma, jolla kuvaa voidaan toistaa. 3dvt.at tarjoaa multiplekserin rinnalla Stereoscopic Player -ohjelmaa, joka toistaa stereoskooppista kuvaa. Ohjelmasta on saatavilla neljä versiota: ilmainen, yksityinen, kaupallinen ja cinema. Ilmaisen version toisto-aika rajoittuu viiteen minuuttiin. Yksityisessä versiossa ei ole toistorajoitusta, mutta videoiden toistaminen on tarkoitettu vain omaan käyttöön. Hintaa tällä versiolla on 39 euroa [27]. Kaupallisella sovelluksella ei ole toistoon vaikuttavia rajoituksia, mutta videon katselu-oikeus rajoittuu vain viiteen henkilöön. Tämä versio maksaa 89 euroa [27]. Cinema-versio on tarkoitettu suurempia presentaatioita varten, kuten elokuvateatteriesitystä varten. Hinta neuvotellaan erikseen.

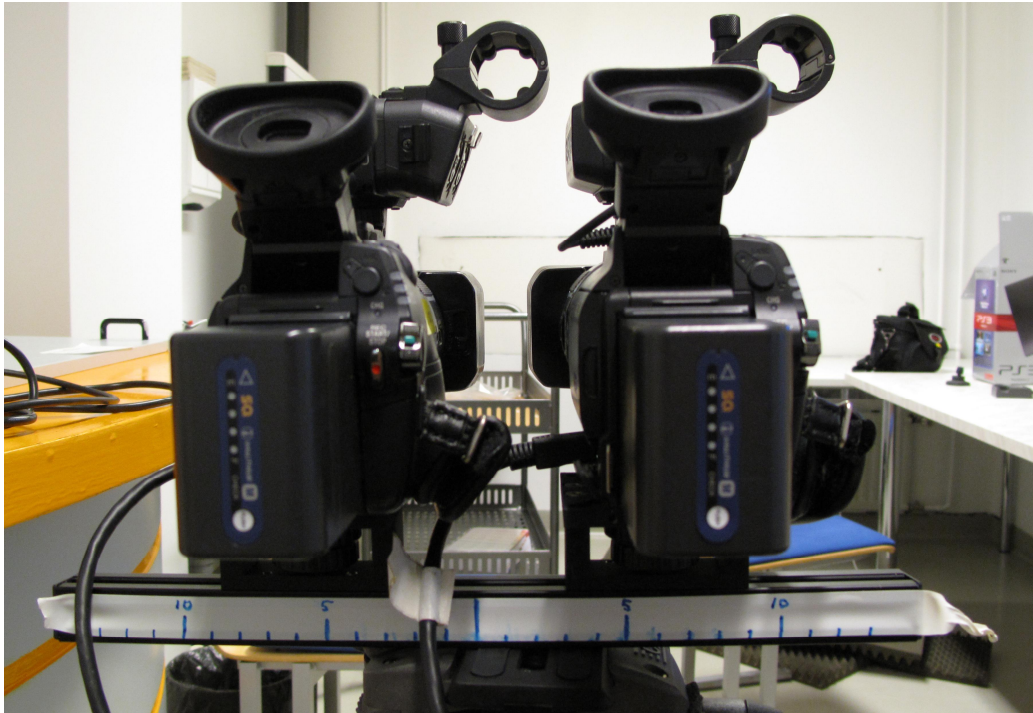
Stereoscopic Multiplexer toimii ainoastaan konfigurointityökaluna, sillä ei pysty kaappaamaan videota koneella. Multiplekser tukee Windows Media Encoderia, joka mahdollistaa kaappauksen sekä suoran videolähetysten. Vastaavasti kaappaus onnistuu

myös Microsoft AMCap -sovelluksella, jonka etuna on se, että kaapattu videolähde on pakkaamattomassa muodossa, joten laatu pysyy hyvänä.

Stereoscopic Multiplexerin ja Stereoscopic Playerin kautta ei pysty tallentamaan lähetystä ilman lisälaitteita. Nauhoittaminen vaatii rinnalle GraphEdit-sovelluksen käyttöä, joka on osa DirectX SDK (software development kit) -ohjainta.

Stereoscopic Multiplexeristä ja Stereoscopic Playeristä testattiin niiden ilmaisia versioita. Kenttäkäyttöä ajatellen suurimman ongelman aiheuttaa firewire-liitäntä. Useimpien kameroiden firewire-ulostulo sijaitsee kameran rungon sivussa (kuva 21), mikä aiheuttaa rajoituksia interaksiaaliselle etäisyydelle, kun kaksi kameraa on yhdensuuntaisesti vierekkäin. Firewire-johdot eivät myöskään pysy kovin vakaasti kytkettyinä. Kameroiden liikuttaminen aiheuttaa herkästi signaalin katkeamisen.

Stereoscopic Multiplexer ei tue 1 920 x 1 080 -resoluution kaappaamista. Multiplexeritukee 720 x 576- (PAL) ja 720 x 480 (NTSC) -resoluution kaappauksen. Resoluutio ei ole tarpeeksi suuri, ja skaalaaminen 4:3-kuvasuhteesta 16:9-kuvasuhteeseen ei ole järkevää, sillä kuvasta häviää liikaa informaatiota.



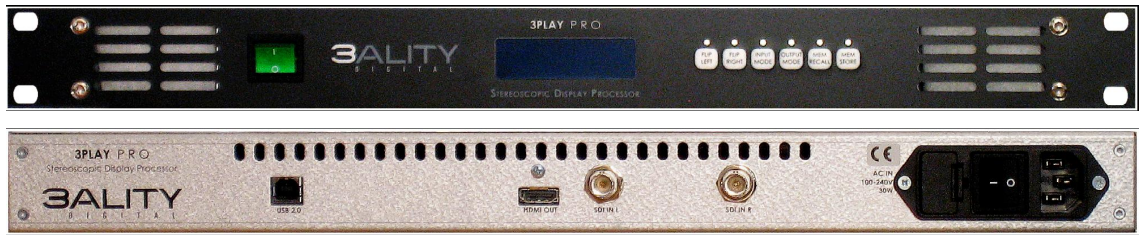
Kuva 21. Kameroiden interaksiaalista etäisyyttä ei saada tarpeeksi pieneksi, koska firewire-johto vie liikaa tilaa.

Kenttäkäyttöä ajatellen Stereoscopic Multiplexer soveltuisi hyvin monitorointi-ratkaisuksi. Ohjelmaa käytettäisiin kannettavan tietokoneen kautta, joka toimisi monitorina. tietokoneen ei tarvitse olla 3D-valmis, sillä esikatseluksi voi valita anaglyfimuodon.

Stereoscopic Multiplexer ei kuitenkaan vastaa nykyisiä stereoskooppisen kuvan teknisiä vaatimuksia, joten sen käyttäminen ei ole kannattavaa ennen mahdollista uutta päivitystä.

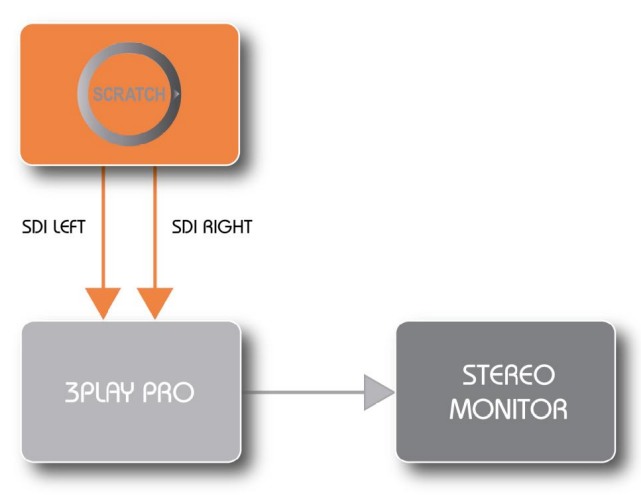
3Play Pro

3Play Pro -stereoskooppinen monitorointijärjestelmä on 1 920 x 1 080 -resoluutiota tukeva yksikkö (kuva 22). 3Play Pro muuttaa erillisen vasemman ja oikean kuva-signaalin stereokuvapariksi. Ulostuleva signaali voidaan muuttaa side-by-side-, mesh- tai anaglyfiformaattiin. Sisääntuleva signaali kulkee kahta SDI-liitäntää pitkin ja ulostuleva signaali yhtä HDMI-liitäntää pitkin. [29.]



Kuva 22. 3Play Pro -järjestelmän etu- ja takapaneeli [29].

3Play Pro -järjestelmä vaatii rinnalle jonkin stereoskooppisen kuvaneditointiyksikön jälkikäsittelyä varten. Assimilate Scratch -ohjelma on yksi tällainen. Kuvassa 23 on havainnollistus Assimilate Scratch- ja 3Play Pro -työympäristöstä.



Kuva 23. Työasemasta (Scratch) ajetaan vasen ja oikea kuvasignaali 3Play Pro -järjestelmän kautta haluttuun muotoon katsottavaksi näytöltä [29].

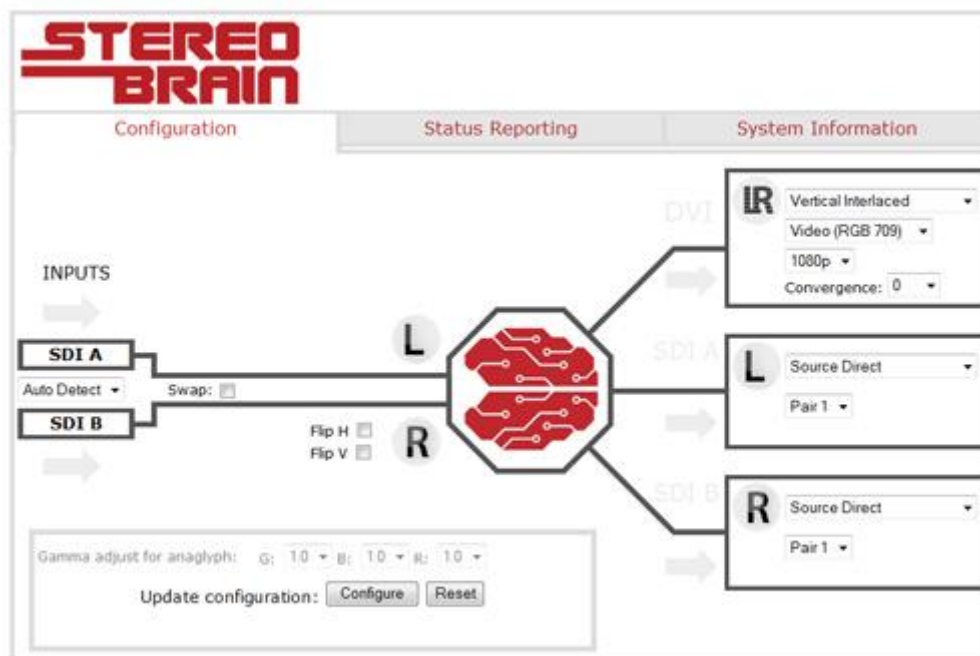
Inition StereoBrain 3D Processor SB-1

Stereoskooppiseen kuvaan erikoistunut yhtiö Inition tarjoaa monitorointiin, suoran kolmiulotteisen lähetyksen muodostamiseen ja stereoskooppisen kuvan jälkituotantoon StereoBrain 3D Processor -prosessointiyksikköä. StereoBrain 3D on fyysinen rajapinta (kuva 24), jossa on kaksi HDSDI-sisäänmenoä, kaksi HDSDI-ulostuloa ja yksi DVI/HDMI-ulostulo. Sisään menevien signaalien täytyy olla tuettu gen-lock-ominaisuudella, joka synkronoi signaalia. Jos kamerassa ei ole tätä ominaisuutta, pitää kamerasen ja StereoBrainin väliin laittaa erillinen gen-lock-liitin.



Kuva 24. StereoBrain 3D Processor -yksikkö [30].

Kolmea ulostuloa voidaan hyödyntää useamman monitorin hallinnassa. DVI/HDMI-ulostuloon kytketään 3D-valmis televisio, ja HDSDI-ulostulot voidaan kytkeä tavalliseen HD-televisioon, josta kuvaa voidaan tarkkailla anaglyfimuodossa. StereoBrain tukee lomitettua kuvaa ja side-by-side- ja above/below-kuvamuotoja. Eri kuvalähteiden hallintaa ohjataan web-rajapinnan kautta. Internetselaimella päästään sovellukseen, jolla ulostuloja hallitaan (kuva 25). [30.]



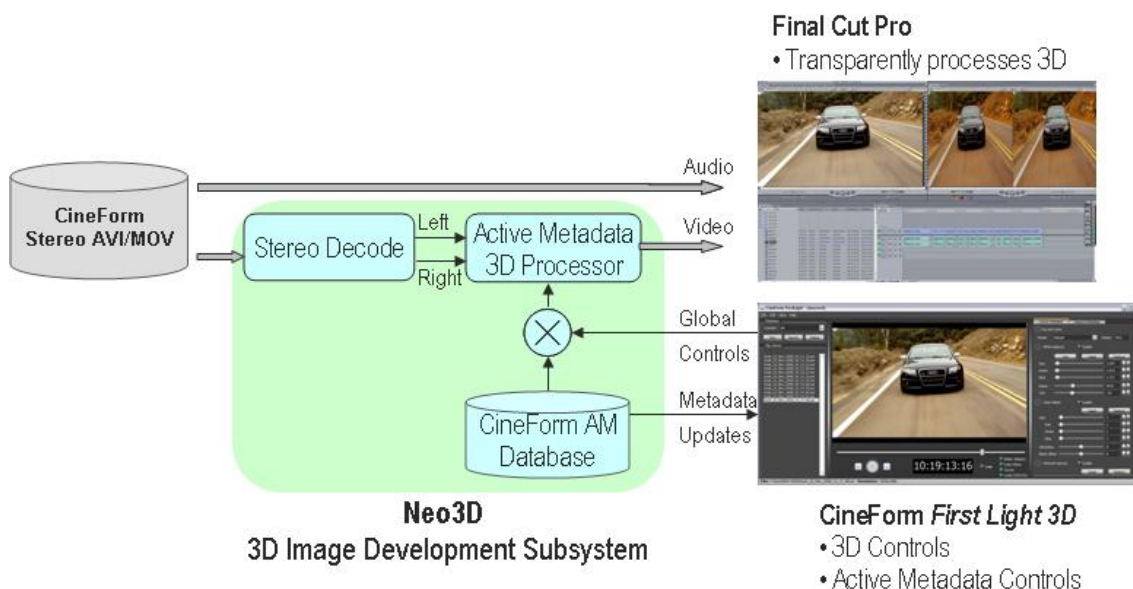
Kuva 25. StereoBrain-rajapinnan hallintanäkymä [30].

StereoBrain 3D Processor on ollut käytössä lähetystoiminnassa eri tuotantoyhtiöillä ja se on tarkoitettu ammattilaiskäyttöön. Tämä näkyy myös hinnassa: StereoBrain maksaa noin 3 000 euroa [30].

CineForm Neo3D

Cineform Neo3D on stereoskooppisen kuvan editointiin tarkoitettu ohjelma, joka toimii niin Mac- kuin Windows-ympäristössä. Neo3D on erillinen ohjelma, mutta sen yhteydessä voidaan käyttää Applen, Avidin ja Adoben editointiohjelmaa.

Neo3D:n keskeisimmän roolin hoitaa First Light -sovellus, jonka kautta kuvia muokataan ja korjataan tarpeiden mukaan. Kuvien muokkaus toteutetaan reaaliaikaisesti, eikä se vaadi renderöintiä. Tämän mahdollistaa aktiivinen metadata, jota sovellus käyttää hyödyksi. Muokkaukset tehdään metadatan kautta tietokannassa, jolloin alkuperäinen tiedosto pysyy koskemattomana. Metadatan kautta tehdyt muutokset toimivat nopeasti ja näkyvät heti käyttäjälle. Ohjelman toimintatapa on havainnollistettu kuvassa 26. [31.]

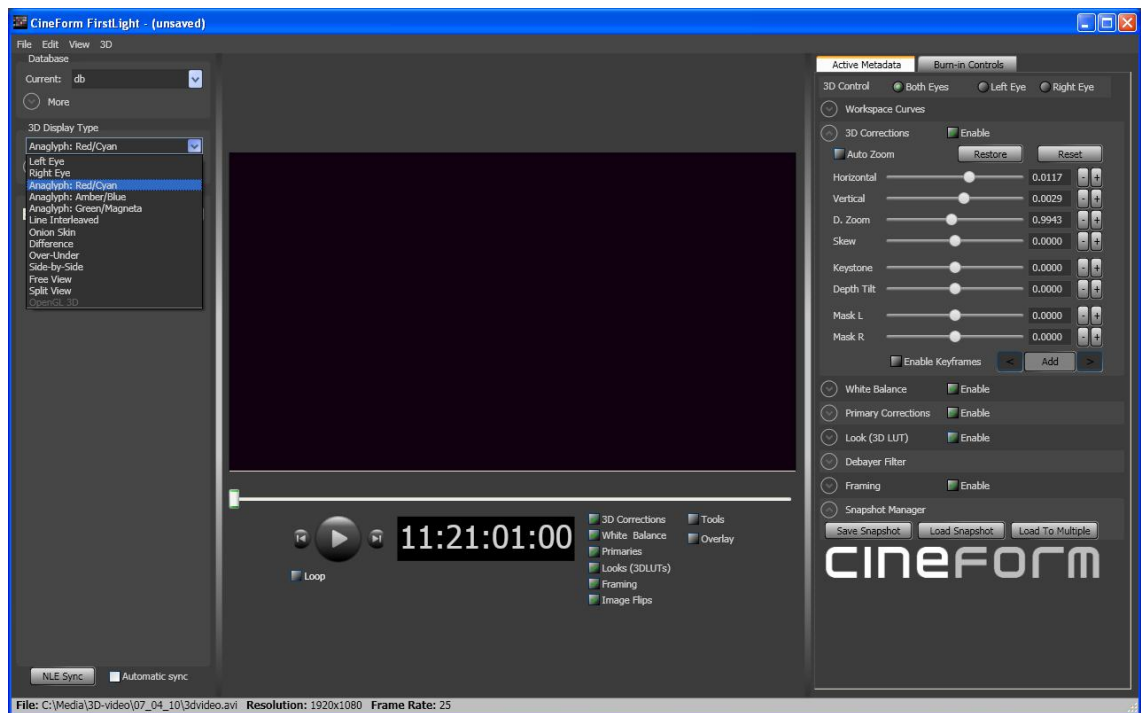


Kuva 26. Neo3D-järjestelmän toimintaperiaate [31].

CineForm tukee kaikkia yleisiä tiedostomuotoja, mutta ne täytyy ensiksi muuttaa CineFormin omaan avi- tai mov-muotoon, jotta eri rajapinnat toimisivat keskenään. Tiedostojen muuntaminen tehdään HD link -sovelluksessa, jossa vasen ja oikea kuvatiedosto muutetaan CineFormin omaksi tiedostoksi.

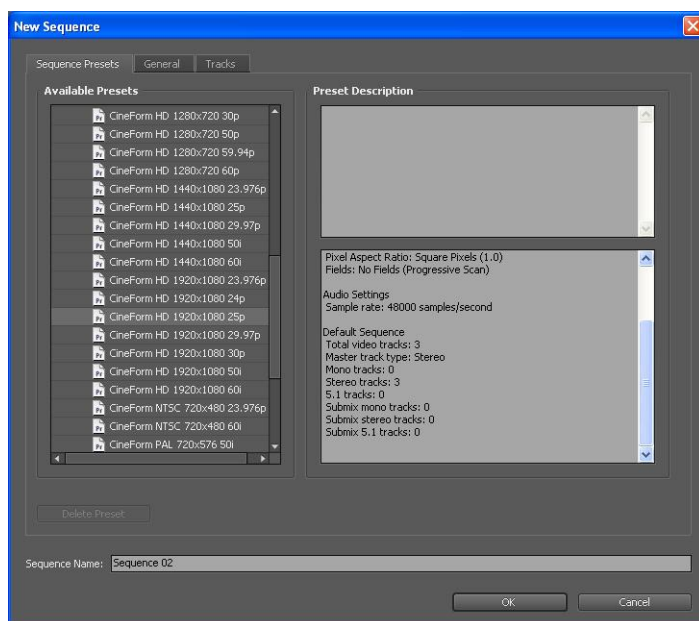
First Light -sovelluksessa vasen ja oikea kuvatiedosto pystytään synkronoimaan keskenään merkitsemällä erikseen vasempaan ja oikeaan kuvaan kuvat, jonka mukaan synkronointi tehdään. Synkronoinnin tarkkuus on yksi kuva, eli frame. Synkronoinnista ei ole kuitenkaan mitään apua, jos kuvaushetkellä ei ole käytetty klaffia tai jotain muuta merkkiä, jonka avulla synkronoinnin voisi määrittää.

Synkronoinnin jälkeen kuvatiedostot liitetään yhdeksi kolmiulotteiseksi tilapäis-tiedostoksi. Tästä toimenpiteestä käytetään termiä *mux*. Tämän jälkeen First Light -sovelluksessa tehtävät kuvan prosessoinnit voidaan tehdä joko molemmille kuville tai erikseen vasemmalle tai oikealle kuvalle. Kuvan kolmiulotteisia ominaisuuksia pystyy muokkaamaan parallaksin suhteen, rajaamaan kuvaa, luomaan kelluvia ikkunoita maskauksen avulla, poistamaan linssien aiheuttamia vääristyksiä sekä poistamaan *keystone*-häiriötä ja haamukuvia. Kaikki muokkaukset ovat helposti toteutettavissa liikusäädinten avulla (kuva 27). Kolmiulotteisuuden lisäksi kuvien värimaailmaa pystyy myös säätämään.



Kuva 27. First Light -sovelluksen kontrollointi-ikkuna.

Jotta First Light -sovellus ja ensisijainen editointiohjelma kykenevät keskustelemaan keskenään, pitää editointiohjelmassa olla myös valittuna CineFormia tukeva projekti (kuva 28). Tämän jälkeen First Light -sovelluksessa tehtävät muutokset vaikuttavat suoraan editointiohjelmassa olevaan projektiin. CineForm Neo3D -ohjelmaa kehoitettiin Adobe Premiere CS4 -editointiohjelmassa.



Kuva 28. Adobe Premiere -ohjelman Cineformia tukevat projektiasetukset.

Yksi CineFormin hyödyllisimmistä ominaisuuksista on monitorointi. CineFormin avulla pystytään määrittämään monitorointi erilliselle näytölle OpenGL-rajapinnan kautta. Huomioitavaa on, että rajapinta toimii kuitenkin vain Windows-ympäristössä. Vaihtoehtoina ovat muun muassa anaglyfi-, side-by-side- ja lomitettu kuva. Käytössä oleva Panasonic-televisio määritettiin esikatselunäytöksi valitsemalla passiivinen polarisointi-esitystekniikka lomitetussa muodossa. Näin muokattua kuvaa pääsi heti tarkistelemaan oikeassa katselu-ympäristössä.

Cineformin Neo3D tekee kuvien jälkikäsitteystä vaivatonta ja nopeaa. Monitorointi-ominaisuus mahdollistaa stereoskooppisen kuvan esikatselun ja tarkkailun. Hintaa Neo3D-ohjelmalla on reilu 1 500 euroa. Cineformilla on tarjota myös huokeampi versio stereoskooppisen kuvan tarkastelulle: CineForm NeoHD, joka on ominaisuuksiltaan lähes samanlainen kuin Neo3D, mutta ei pysty yhtä monipuoliseen kuvanmuokkaukseen. Monitorointimahdollisuudet ovat kuitenkin samat. Hintaa CineForm NeoHD:lla on noin 400 euroa [32].

6 Yhteenveto

Stereoskooppisen kuvan tuottaminen omavaraisesti mediatekniikan koulutusohjelman resursseilla on mahdollista ja kohtalaisen yksinkertaista. Avoimen lähdekoodin ohjelmilla stereoskooppiselle kuvalle pystyy tekemään jälkikäsittelyssä vaadittavia korjauksia, jolloin kameroiden rooli ei korostu liikaa ja yleiskäyttöisten kameroiden käyttö on mahdollista. Stereoskooppinen videokuva vaatii kuitenkin koneelta paljon laskentatehoa ja mahdollisesti lisäsovelluksen videoeditointiohjelmaan. Maksullisten ohjelmien tuoma hyöty säästää aikaa editointivaiheessa ja kuvaustilanteessa, sillä kuvan monitorointi ja tiedostojen käsittely on sujuvaa.

Käytössä olevalla mediatekniikan koulutusohjelman kuvauskalustolla pystyy kuvaamaan tyydyttävää still- ja videokuva, kunhan kameroiden asettamat rajoitukset otetaan kuvausten suunnittelussa huomioon. Jos stereoskooppisen kuvan tuotanto-yksikkö tulee tulevaisuudessa ajankohtaiseksi asiakasprojektien kuvausta varten, näen järkevämpänä investoinnin kohteena jälkituotannon. Stereoskooppiset videokamerat varmasti yleistyvät, mutta en usko niiden tuoman hyödyn olevan yhtä arvokasta, kuin yksittäisellä 3D-ohjelmistolla kykenee tekemään kuvalle editointivaiheessa. Cineform Neo3D -ohjelma osoittautui testausten parhaaksi.

Muutamit yritykset ovat olleet kiinnostuneita stereoskooppisesta sisällöstä, mutta ongelmana on se, että asiakkailta itsellään ei ole tarvittavaa teknologiaa sisällön katsomista varten [33]. Jos mediatekniikan koulutusohjelma tuottaa stereoskooppista sisältöä, se joutuisi tarjoamaan asiakkaalle myös esityslaitteiston.

Kuluttajan näkökulmasta ajateltuna kolmiulotteisuus ei tunnu kovinkaan läheiseltä. Digitv:n, taulutelevisioiden ja teräväpiirron aiheuttamista investoinneista ei ole vielä kulunut montakaan vuotta ja jo nyt markkinoidaan kolmiulotteista näyttötekniikkaa suoraan kuluttajille. Vauhti on melkoisen hurja, ja jos aikoo pysyä mukana, se vaatii isoa budjettia. 3D-materiaalin määrä on myös hyvin rajallinen, ja monille katselulasien välttämättömyys voi aiheuttaa haluttomuuden investoida 3D-tekniikkaan.

Elokuvateatteritekniikassa kolmiulotteisuuden rooli pysyy vahvana, ainakin animaatio- ja seikkailuelokuvissa. Laajeneeko kolmiulotteisuus myös muihin genreihin, on vaikea sanoa. Mielestäni kolmiulotteisuutta ei tarvitse tuoda mukaan kaikkeen elokuvan muotoon, jos sillä ei saavuteta mitään lisäarvoa.

Stereoskooppisen sisällön tuottaminen ei siis ole mikään itseisarvo. Stereoskooppinen kuva tuo uuden tehokeinon perinteiseen kaksiulotteiseen sisältöön, mutta sen käyttämisen pitää olla perusteltua ja helpottaa havainnointia. Stereoskooppisen kuvan tuottaminen tulee olemaan mukana mediatekniikan koulutusohjelman opetuksessa, mutta sen rooli tullaan määrittelemään vielä tarkemmin [34]. Tämän raportin on tarkoitus auttaa hahmottamaan stereoskooppisen kuvan paikkaa ja tarvetta mediatekniikan koulutusohjelman käytössä ja toimia oppaana stereoskooppisen kuvan lainalaisuuksiin.

Insinööriyön tuloksia esitettiin Kuva&Kamera-messuilla Helsingissä 10.4.–11.4.2010, sekä ITK (interaktiivinen tekniikka koulutuksessa) -konferenssissa Hämeenlinnassa 22.4.–23.4.2010. Tuotokset olivat kiinnostavia ja saivat hyvän vastaanoton.

Lähteet

- 1 Mendiburu, Bernard. 3D Movie Making. Stereoscopic Digital Cinema from Script to Screen. Burlington, MA: Focal Press, 2009.
- 2 Naskali, Riku. Kolmiulotteinen elokuvaus. Tutkintotyö. Tampereen ammattikorkeakoulu, 2008.
- 3 StereoGraphics. Developers' Handbook. Background on Creating Images for CrystalEyes and SimulEyes. (WWW-dokumentti.) StereoGraphics Corporation. <<http://www.cs.unc.edu/Research/stc/FAQs/Stereo/stereo-handbook.pdf>> 1997. Luettu 7.9.2010.
- 4 Stereoscopic Whitepaper. (WWW-dokumentti.) Autodesk Inc. <http://images.autodesk.com/adsk/files/stereoscopic_whitepaper_final08.pdf> 2008. Luettu 9.3.2010.
- 5 How 3-D movie is made – from Home to Hollywood 3-D. (WWW-dokumentti.) 3-D Revolution Productions. <<http://www.the3drevolution.com/3dscreen.html>> 2009. Luettu 14.10.2010.
- 6 Wattie, John. Bercovitz and Di Marzio Formulae Practical Examples. (WWW-dokumentti.) <<http://nzphoto.tripod.com/stereo/3dtake/newversionberk.html#marzio>> Luettu 14.8.2010.
- 7 Wattie, John. Di Marzio Formulae for stereo base. (WWW-dokumentti.) <<http://nzphoto.tripod.com/stereo/3dtake/fbmarzio.htm#marzio>> 5.3.2008. Luettu 14.8.2010.
- 8 Stereoscapy in 3ds Max with StereoCam Modifier. (WWW-dokumentti.) Autodesk. <http://area.autodesk.com/blogs/louis/stereoscapy_in_3ds_max_with_stereocam_modifier> 3.12.2009. Luettu 21.10.2010.
- 9 SMPTE 3D Scientific Conference Details New Approaches, Draws Global, Standing-Room-Only Audience. (WWW-dokumentti.) SMPTE. <http://www.smpite.org/news/pr/view?item_key=33047f21daf020b5ba18d26b683f0f8f8d842454> 27.7.2010. Luettu 20.8.2010.
- 10 What is "Stereo" or "3D"? (WWW-dokumentti.) Stereoscapy.com. <<http://www.stereoscapy.com/faq/whatis.html>> 4.5.2005. Luettu 14.10.2010.
- 11 Rantanen, Kalevi. 3D-elokuva tulee digivoimalla. (WWW-dokumentti.) Tiede. <<http://www.tiede.fi/arkisto/artikkeli.php?id=1178&vl=2009>> 30.6.2009. Luettu 11.3.2010.
- 12 Cowan, Matt. 3D for the Theatre. (WWW-dokumentti.) RealD. <http://www.reald.com/Content/Files/3d_cowan.pdf>. 6.4.2006. Luettu 11.3.2010.

- 13 About RealD. (WWW-dokumentti.) RealD.
<<http://www.reald.com/Content/about-reald.aspx>> 2010. Luettu 12.8.2010.
- 14 Ikonen, Ari. Teräväpiirtotelevisio. Jyväskylä: TeleStory, 2009.
- 15 The XpanD technology. (WWW-dokumentti.) XpanD.
<<http://www.xpandcinema.com/products/>> Luettu 11.3.2010.
- 16 3D-tekniikka Finnkinon teattereissa. (WWW-dokumentti.) Finnkino.
<http://www.finnkino.fi/movies/3d_info> Luettu 27.10.2010.
- 17 Dolby 3D digital cinema. (WWW-dokumentti.) Dolby.
<<http://www.dolby.com/professional/solutions/cinema/3d-digital-cinema.html>>. 2010. Luettu 12.8.2010.
- 18 Bio Rex Digitalisoi koko elokuvateatteriketjun ja avaa Suomen ensimmäisen 3D-elokuvateatterin. (WWW-dokumentti.) Nordisk Film. <<http://www.nordiskfilm.fi/valkokangas/uutinen.php?id=359>> 17.4.2008. Luettu 20.8.2010.
- 19 The IMAX experience. (WWW-dokumentti.) IMAX. <<http://www.imax.com/>> 2010. Luettu 12.8.2010.
- 20 IMAX. (WWW-dokumentti.) Wikipedia. <<http://fi.wikipedia.org/wiki/IMAX>> 21.6.2010. Luettu 12.8.2010.
- 21 Toivanen, Jarmo. Kodin viihde on pian 3d. (WWW-dokumentti.) Helsingin Sanomat Digilehti. <<http://www.hs.fi/arkisto/artikkeli/Kodin+viihde+on+pian+3d>> 8.9.2010. Luettu 15.10.2010
- 22 HDMI. (WWW-dokumentti.) Wikipedia. <<http://fi.wikipedia.org/wiki/HDMI>> 22.9.2010. Luettu 16.10.2010.
- 23 Learn about NVIDIA 3D Vision. (WWW-dokumentti.) NVIDIA.
<<http://www.nvidia.com/object/3d-vision-about.html>> 2010. Luettu 16.10.2010.
- 24 Urheilu ja 3D. (WWW-dokumentti.) Sony 3D world: Sony. <http://www.sony.fi/article/id/1237477711564#sports_and_3d> 2010. Luettu 16.10.2010.
- 25 Xpol® Circular Polarizing System. (WWW-dokumentti.) JVC. <<http://pro.jvc.com/pro/microsite/3d/technology/xpol.html>> 2009. Luettu 16.10.2010.
- 26 Stereo 3D Toolbox™. (WWW-dokumentti.) Dashwood Cinema Solutions.
<<http://www.dashwoodcinemasolutions.com/stereo3dtoolbox.php>> 2010. Luettu 16.10.2010.
- 27 Stereoscopic Player Editions & Prices. (WWW-dokumentti.) 3dtv.at.
<http://www.3dtv.at/Products/Player/Editions_en.aspx> Luettu 26.11.2010.

- 28 Stereoscopic Multiplexer Overview. (WWW-dokumentti.) 3dtv.at.
<http://www.3dtv.at/Products/Multiplexer/Index_en.aspx> Luettu 12.8.2010.
- 29 3Play Pro S. (WWW-dokumentti.) Assimilate. <http://www.assimilateinc.com/pdfs/3Play_Pro_Data%20Sheet.pdf> 2010. Luettu 28.10.2010.
- 30 Inition StereoBeain 3D Processor. (WWW-dokumentti.) Inition.
<http://www.inition.co.uk/inition/dispatcher.php?action=get&model=products&URL_=product_stereovis_inition_stereobrain_p&SubCatID_=0&tab=blurb> Luettu 28.10.2010.
- 31 CineForm Stereo (3D) Workflow Overview. (WWW-dokumentti.)
Cineform. <<http://techblog.cineform.com/?p=1263>> 18.5.2009. Luettu 8.11.2010.
- 32 CineForm online store. (WWW-dokumentti.) Cineform. <<http://estore.cineform.com/index.aspx>> 2010. Luettu 26.11.2010.
- 33 Paasonen, Matti. Kehitysinsinööri, Metropolia Ammattikorkeakoulu, Espoo.
Keskustelu 16.8.2010.
- 34 Aalto, Erkki. Yliopettaja, Metropolia Ammattikorkeakoulu, Espoo. Keskustelu
9.9.2010.