

Sasu Saarnia

Tuottaminen elokuvateatteriympäristöön

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
Mediatekniikan koulutusohjelma
Insinöörityö
Päivämäärä 26.5.2011

Tekijä Otsikko	Sasu Saarnia Tuottaminen elokuvateatteriympäristöön
Sivumäärä Aika	63 sivua + 2 liitettä 26.5.2011
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	mediatekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	digitaalinen media
Ohjaaja	yliopettaja Erkki Aalto
<p>Insinöörityön tavoitteena oli selvittää, miten voidaan toteuttaa elokuvateatteriympäristössä käytettäviä esityskopioita. Työn lähtökohtana oli suunnitella ja toteuttaa digitaalisilla työkaluilla toteutettu mainos ja tuottaa siitä perinteinen 35 mm:n filmikopio lähetettäväksi Pietarissa marraskuussa 2010 pidettyyn filmifestivaaliin. Lisäksi työssä selvitettiin, miten voidaan toteuttaa täysin digitaalisen työnkulun kautta digitaalinen esityskopio moderniin digitaaliseen elokuvateatteriympäristöön, ja tutkittiin, mitkä ovat esimerkiksi Metropolia Ammattikorkeakoulun mediatekniikan koulutusohjelman valmiudet tuottaa tämänkaltaisia tuotoksia. Työssä havainnointiin ja kokeiltiin, minkälaisilla tuotantovälineillä elokuvateollisuudessa tuotetaan digitaalista kuvamateriaalia.</p> <p>Elokuvateollisuus ja sitä myöten elokuvateatterit ovat murrosvaiheessa, jossa filmiin perustuva tekniikka on korvautumassa digitaalisilla vaihtoehtoilla. Suomessa 30 prosentissa elokuvateattereiden saleista on digitaaliset projektorit elokuvien näyttämiseen, mikä mahdollistaa 3D-elokuvien esittämisen sopivilla lisävälineillä.</p> <p>Insinöörityössä tutkittiin, mitä vaihtoehtoja ja työkaluja on tarjolla esityskopion valmistamiseksi sekä filmille että digitaaliseen muotoon. Filmikopion valmistus vaatii aina omat erikoislaitteistot, ja lopullinen tuote tilattiin Tanskasta. Digitaalinen kopio valmistettiin hyödyntämällä avoimen lähdekoodin ohjelmistoja. Työn tuloksina saatiin selville, että kouluympäristössä on mahdollista valmistaa digitaalinen esityskopio digitaaliseen elokuvateatteriesitysympäristöön. On myös mahdollista tuottaa perinteinen filmikopio digitaalisesta materiaalista käyttäen digitaalista filmin suoratulostusta.</p> <p>Työssä toteutuu toimintamalli, jossa on otettu selvää, miten jokin asia toimii ja havaintojen perusteella on toteutettu omia toimivia ratkaisuja valmiiden tuotosten muodossa. Tämä opiskelutapa toteutuu Metropoliasa CDIO-opetusmallina.</p> <p>Työn yhtenä tuloksena kirjattiin kuvaus siitä, miten kuka tahansa, joka hallitsee videotuotannon perusteet, voi luoda digitaalisen elokuvan kopion, joka voidaan esittää digitaalisessa elokuvateatterissa.</p>	
Avainsanat	digitaalinen elokuva, 35 mm:n filmi, digitaalinen tuottaminen

Author Title	Sasu Saarnia Producing for a cinema theater environment
Number of Pages Date	63 pages + 2 appendices 26 May 2011
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Media Technology
Specialisation option	Digital Media
Instructor	Erkki Aalto, Principal Lecturer
<p>The goal of this thesis was to study how promotional advertisements that can be shown in cinema can be created. The basis of this thesis was to design a commercial and implement it with digital workflow. A 35 mm film commercial screening copy was also made and sent to the Finnish Cinema Festival that was held in St. Petersburg in November 2010. Additionally, the thesis included studying and creating a digital screening copy for digital cinema environment and exploring the possibilities of creating this kind of work with the equipment in Media Engineering laboratories.</p> <p>The movie industry and cinemas are at crossroads as the traditional film technology is being replaced by digital alternatives. In Finland, 30 percent of cinema exhibition rooms already have digital projectors which makes it possible to show 3D films with appropriate additional equipment.</p> <p>This study includes a description about the different tools and solutions there are for creating film and digital screening copies. Film products need their own special equipment and in this work the final film product was ordered from Denmark. The digital copy was self made and it can be done by using open source or commercial tools. As result, it was discovered that in a school environment it is possible to create fully digital screening copies for digital cinema exhibition systems. Also, one can create a presentation master for film systems but the film itself must be ordered from somewhere else. In this case the digital master was sent to Denmark where it was printed straight to film using special real-time printing equipment.</p> <p>At the beginning of this project, the basic knowledge for creating video material already existed but making it work for cinema theater environments as well was new. New solutions had to be created through research and CDIO methodology.</p> <p>One of the results of this thesis was detailed documentation how someone with basic skills about video production can also create his or her own digital screening copy which can be used in a digital cinema exhibition environment.</p>	
Keywords	digital-cinema, 35 mm film, digital production

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Elokuvateattereiden digitalisoituminen	2
3	Suuren valkokankaan laatuvaatimukset	4
3.1	Filmiprojisointi	4
3.2	Digitaalinen esittäminen	10
4	Filmiltä esitettävän kuvateoksen digitaalinen työnkulku	18
4.1	Mainoksen suunnittelu	18
4.2	Tuotanto	21
4.3	Jälkituotanto	27
4.4	35 mm:n esityskopion valmistus Cinevator five -filmitulostimella	31
4.5	Muu markkinointimateriaali	33
5	Kuvatuotannon työnkulku digitaaliseen esitysympäristöön	35
5.1	Digitaalisen kuvatuotannon keinot	35
5.2	Oma digitaalinen esityskopio elokuvateatteriin	40
6	Yhteenveto	46
	Lähteet	49
	Liitteet	
	Liite 1. Kuvakäsikirjoitus	
	Liite 2. Ohjeistus DCP-paketin luomiseksi	

Lyhenteet ja termit

2K, 4K	Digitaalisessa elokuvatuotanto- ja esitystekniikassa esiintyvät resoluutiotermit. Nimi viittaa kuvan leveyteen. Ei tarkkoja arvoja, mutta kertoo kuvan leveyden suurin piirtein. 2K = 2 000 pikseliä, 4K = 4 000 pikseliä.
AES	<i>Advanced Encryption Standard</i> . Toistaiseksi murtamaton tietotekninen salausjärjestelmä.
BWF	<i>Broadcast Wave Format</i> . Microsoftin WAVE-formaatin pohjalta laajennettu ääniformaatti, johon on lisätty tuki metatiedoille.
CDIO	<i>Conceiving - Designing - Implementing - Operating</i> . Yhdysvalloissa insinöörikoulutukseen kehitetty opetusjärjestelmä, jossa panostetaan projektityöskentelyyn.
DCDM	<i>Digital Cinema Distribution Master</i> . Prosessi, jossa DSM-materiaalista luodaan elokuvateattereille lähetettäviä valmiita pakattuja ja salattuja DCP-paketteja.
DCI	<i>Digital Cinema Initiatives, LLC</i> . Yhdysvaltalainen suurimpien elokuvastudioiden luoma organisaatio, jonka tehtävänä on suunnitella standardit digitaalisille elokuvajärjestelmille.
DCP	<i>Digital Cinema Package</i> . Elokuvateattereille lähetettävä kiintolevy tai verkossa siirrettävä paketti, joka sisältää elokuvan salatussa formaatissa.
DD	<i>Dolby Digital</i> . Dolby Labsin kehittämä, laajimmin levinnyt elokuvateatterien monikanavaäänijärjestelmä.
DLP	<i>Digital Light Processing</i> . Texas Instrumentsin lisensoima DMD-siruun perustuva projektorien toimintatapa.

DMD	<i>Digital Micromirror Device.</i> Texas Instrumentsin valmistama sirutyypä, jossa on miljoonia pieniä sähköisesti ohjattavia peilejä, joiden kautta kuva projisoidaan kankaalle.
DPX	<i>Digital Picture Exchange.</i> Yleinen kuvaformaatti, jossa värien voimakkuus on logaritmisesti pakattu. Käytetään yleisesti filmiskannauksen tallennuksessa.
DSM	<i>Digital Source Master.</i> Digitaalisen elokuvan valmis versio jakelua varten.
DTS	<i>Digital Theater Systems.</i> Digitaalinen monikanavainen äänijärjestelmä.
D-Cinema	<i>Digital Cinema.</i> Järjestelmät, jotka seuraavat DCI:n ja sen kautta SMPTE:n digitaalisen elokuvan esittämisen standardeja.
E-Cinema	<i>Electronic Cinema.</i> Järjestelmät, jotka eivät kuulu digitaalisten elokuvien standardien piiriin eivätkä pääse samaan tekniseen laatutasoon.
Ext2	<i>Second extended filesystem.</i> Linux-ytimen käyttämä tiedostojärjestelmä.
KDM	<i>Key Delivery Message.</i> DCP-paketin salauksen purkuavain, jonka elokuvateatteri tarvitsee elokuvan toistamiseen teatterijärjestelmässä.
Media block	Elokuvateatterisalin palvelin, joka purkaa salatun elokuvan ja hoitaa datan lähettämisen edelleen projektorille ja salin äänijärjestelmään.
MXF	<i>Material Exchange Format.</i> Tiedostokääre, johon voidaan pakata SMPTE:n hyväksymiä mediasisältöjä erillisiksi tiedostovirroiksi.
NTCS	<i>National Television System Committee.</i> Pohjois-Amerikassa ja Japanissa käytössä oleva televisiolähetysten värijärjestelmä ja koodausmenetelmä.

PAL	<i>Phase Alternate Line</i> . Analogisen videokuvan värijärjestelmä ja koodausmenetelmä perinteisessä televisiolähetyksessä. Laajalti käytössä Euroopassa, Aasiassa ja Afrikassa.
Perforaatio	Filmin reunassa oleva rei'itys, jonka avulla filmiä liikutetaan mekaanisesti kamerassa tai projektorissa
Pikseli	<i>Pixel</i> . Kuva-alkiot, joiden avulla muodostetaan digitaalinen kuva. Ominaisuutena sävy ja kirkkaus. Pikseli on kuvan yksittäinen pieni osa.
Ratio	Esitettävän kuvan kuvasuhde. Ilmoitetaan suhdelukuna, esimerkiksi 16:9. Elokvamaailmassa verrataan yleensä ykköseen, esimerkiksi 1.85:1.
Resoluutio	Minkä tahansa digitaalisen kuvan kuvatarkkuus. Ilmoitetaan tavallisesti kuvapisteinä eli pikseleinä vaaka- ja pystysuunnassa. Esimerkiksi 800 x 600 pikseliä.
SDDS	<i>Sony Dynamic Digital Sound</i> . Sonyn versio monikanavaisesta elokuvateatterin äänijärjestelmästä.
SMPTE	<i>The Society of Motion Picture and Television Engineers</i> . Yhdysvaltalainen organisaatio, jonka toimenkuvana on kehittää televisio- ja elokuvateollisuuden standardeja. Kansainvälisesti merkittävä organisaatio.
SSD	<i>Solid State Disk</i> . Perinteisten tietokoneiden kiintolevyjen korvaava tallennusmedia, jossa magneettisten kiekkojen sijaan tieto tallennetaan flashmuistiin kuten muistitikuissa.
Telecine	Tapa, jolla filmimateriaali muutetaan sähköiseen muotoon.

1 Johdanto

Insinööriyön tarkoituksena on tutkia, miten tuotetaan elokuvateatterissa toistettava videoteos, sekä suunnitella ja toteuttaa mainosfilmi Metropolia Ammattikorkeakoulun Media Engineering- ja Information Technology -koulutusohjelmille. Lisäksi selvitetään, kuinka voidaan tuottaa 35 mm:n filmikopio digitaalisessa työskentely-ympäristössä, mitä pitää ottaa huomioon työnkulussa ja minkälaisia vaatimuksia lopputulos asettaa. Toinen tehtävä on selvittää digitaalisten elokuvien esitysmahdollisuuksia Suomessa ja selvittää, miten työnkulku toimii täysin digitaalisessa elokuvatuotannossa. Tätä varten on selvitettävä, mitkä ovat elokuvateatterialan vallitsevat käytännöt ja standardit tällä hetkellä. Näin saadun tiedon pohjalta pyritään luomaan oma digitaalisen elokuvateatterin esityskopio ja mahdollisuuksien mukaan kokeilemaan käytännössä sen toistamista elokuvateatteriympäristössä.

Digitaalisen esityttämisen selvittämisen ohessa tutkin myös, miten digitaalisella RED One -elokuvakameralla tuotettu materiaali voidaan käsitellä mediatekniikan koulutusohjelman laitteistoilla, ja pohdin, mitä lisäarvoa ammattitason digitaalisen elokuvakameran käyttäminen lisää tuotantoon. Lisäksi työssä pohditaan digitaalisten järjestelmäkameroiden tarjoamia mahdollisuuksia.

Asiat, joita selvitetään, ovat suurimmaksi osaksi minulle uusia. Tämänkaltaisen työskentelytapa, jossa lähdetään ratkaisemaan ongelmaa ilman valmista ratkaisumallia, on uusi. Se mahdollistaa teknisen osaamisen vahvistumisen sekä teoriatasolla että konkreettisesti. (1, s. 12). Työskentelytavan tarkoituksena on syventää insinööriopiskelijan taitoja erityisesti prosessien ymmärryksessä, suunnittelussa ja ongelmien ratkaisussa. Toinen aspekti on syventyä laajemmin tiettyyn aiheeseen ja yhteistyössä muiden kanssa luoda uusia ratkaisuja ja innovaatioita. Yhteistyökyky ja kommunikointitaidot ihmisten kanssa ovat tärkeässä osassa CDIO-opetusmallissa eli Conceive – Design – Implement – Operate –mallissa (Havaitse – Suunnittele –O käyttöön – Hyödynnä). (1, s. 22.) Metropolia Ammattikorkeakoulussa CDIO-opetusmalli toteutuu mediatekniikassa esimerkiksi innovaatioprojektina, jossa perinteisesti on oikea asiakas, jolloin oppimisprosessi ja insinöörityökehitys on tehokkaampaa. Insinööriyössä malli toteutuu siten, että minulla on tavoitteet ja minun tulee olemassa olevilla opituilla taidoilla ja uusien

asioiden tutkimisella luoda teoreettinen ratkaisumalli ja kokeilla sen toimivuus käytännössä.

2 Elokvateattereiden digitalisoituminen

Filmiin perustuvalla elokuvien esittämisellä on pitkä historia elokuvateattereissa. Vuosikymmeniä 35 mm:n filmiprojektorit ovat pitäneet valtaa teattereiden konesaleissa ja esittäneet kuvia katsojille. Nykyään digitalisoituminen on tapahtumassa myös elokuvateatterimaailmassa. Koko elokuvatuotantoketju voidaan toteuttaa alkutuotannosta esittämiseen täysin digitaalisesti.

Ensimmäisenä elokuvateollisuudessa on digitalisoitunut jälkituotantovaihe, eli vaihe, jossaokuva leikataan ja tehdään esimerkiksi äänen jälkityöt. Tällä osuudella on pisin historia sähköistymisessä, sillä jo televisio-ohjelmien esittämisen varhaisessa vaiheessa oli tarve saada esitettävää materiaalia lähetykseen ja tätä varten kehitettiin telecine-prosessointi. Telecine on siirtotapa, jossa filmimateriaali skannataan sähköiseen muotoon esitystä tai jälkikäsitteilyä varten, jolloin oli mahdollisuus esittää enemmän ohjelmia televisiossa (2, s. 33–41). Alun perin filmimateriaali siirrettiin analogisillenauvoille. Editointiyksikössä oli käytössä useita videonauhureita, joiden avulla pystyttiin toteuttamaan NLE (nonlinear edit) -leikkausta. Sen ajatuksena on, että filmiä ei siirron jälkeen tarvitse leikata fyysisesti, vaan nauhojen avulla pystytään leikkaamaan kuvamateriaali ja vasta lopullisen hyväksytyin version jälkeen alkuperäinen kamerasta saatu negatiivi leikataan (3, s. 18, 35). Tärkein ja vaikein seikka perinteisessä television telecine-prosessissa on filmin perinteisesti 24 ruudun kehysnopeuden synkronointi halutun television esitystandardin nopeuden kanssa. Nykyään tekniikka on kehittynyt siihen pisteeseen, että kaikki materiaali skannataan puhtaasti digitaaliseen muotoon ja yleensä käytössä on joko 2K- tai 4K-resoluutiot, joista puhutaan myöhemmin tässä työssä (3, s. 52).

PAL-televisiostandardissa yhden kokonaisen kuvan kehysnopeus on 25 ja NTSC-standardissa 29,97 (4). Käytännössä telecine-siirrosta näihin formaatteihin filmin yksittäinen kuva tallennetaan joko kahdelle tai kolmelle puolikuvalle ja nämä suhteet on tarkkaan laskettu riippuen standardista. Elokvateollisuudessa filmit skannataan jälkituotantoa varten progressiivisesti, jolloin jokainen filmin yksittäinen ruutu on digitaaliseen

nakin yksittäinen kuva. Täten kehysnopeus pysyy oikeana eikä tule sekoittuneita ruutuja. Tämä materiaali on se, jolle tehdään leikkaus ja muut kuvan jälkityöt.

Nykyään tuotantojen kuvaustenkin digitalisoituessa perinteisen filmin lisäksi on myös esitystekniikka hyvää vauhtia digitalisoitumassa, ja tuotantojen digitaalista tuottamista käsitellään myöhemmin tässä työssä. Teatterikannan digitalisoitumisessa on kuitenkin paljon suuria paineita Suomessa, koska täällä muutaman ison toimijan lisäksi on paljon pieniä yksittäisiä teattereita. Isoin toimija Suomessa on Finnkino, jonka salit vetävät noin 70 prosenttia kaikista katsojista vuosittain (5, s. 4). Seuraavaksi isoin toimija Suomessa on Bio Rex, ja tämän lisäksi Suomessa toimii paljon pienempiä teattereita. Suomen elokuvateatteriliiton jäsenenä Suomessa on 186 teatteria, ja niiden yhteenlaskettu salimäärä on 300 (6).

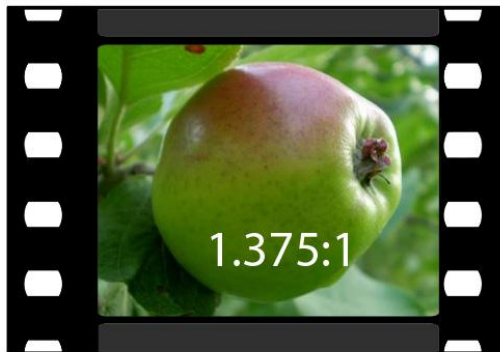
Tällä hetkellä Suomessa elokuvasäätiön mukaan elokuvateattereiden salikannasta 30 prosenttia on digitalisoitu ja tarkoitus on saada kaikki teatterit ja niiden salit digitalisoitua vuoteen 2013 loppuun mennessä. Tässä elokuvasäätiö aikoo onnistua tukemalla pieniä ja keskisuuria kuntia antamalla tukea digitointiin. Tukea esitystekniikan digitointihankintoihin voisi saada jopa 80 prosenttia. Arvioitu vuosittainen budjetti digitointituelle olisi neljä miljoona euroa. (7, s. 10–11.)

Finnkino on hyvin pitkälle digitoinut kaikki salinsa, ja lähes jokaisesta teatterista löytyy vähintään yksi sali, joissa voi katsoa 3D-elokuvia. Finnkino käyttää 3D-elokuvien näyttämiseen XpanD-tekniikkaa (8). 3D-elokuvien esittämisessä Bio Rex oli kuitenkin ensimmäinen. Hämeenlinnassa Verkatehtaalla toimiva elokuvateatteri oli Suomen ensimmäinen digitaalinen 3D-elokuvien esittämiseen soveltuva sali. Tekniikaksi oli valittu Dolbyn oma 3D-laitteisto (9). Lisäksi Bio Rexillä on XpanD-esitystekniikalla varustettuja saleja ainakin Porvoossa ja Espoossa (10). Lisää 3D-elokuvien esittämisestä on luvussa 3.2.

3 Suuren valkokankaan laatuvaatimukset

3.1 Filmiprojisointi

Elokuvateattereissa esitettävien elokuvien kuvakoko määräytyy standardien mukaan. Yksi historiallisesti tärkeimmistä on Academy ratio eli Akatemian kuvasuhde. Tämä Yhdysvaltojen elokuva-akatemian määrittelemä 35 mm:n filmille kuvattavan kuvan kuvasuhde on 1.375:1 (11). Kuvakoko on asetettu vuonna 1932, tosin aikaisemminkin on mykkäelokuvia kuvattu tällä kuvasuhteella. Se on muodostunut filmin fyysisen rakenteen mukaan. Luomassani havainnekuvassa 1 nähdään, että yksittäisen ruudun korkeus on neljä perforaatioreikää. Perforointi eli reunojen rei'itys tarvitaan filmin mekaaniseen liikuttamiseen kamerassa tai projektorissa. Kuvan vasemmalla puolella on tyhjää ääniraidoille varattua tilaa varten. Kuvausvaiheessa ääntä ei tavallisesti tallenneta filmille vaan erillisille nauhureille.

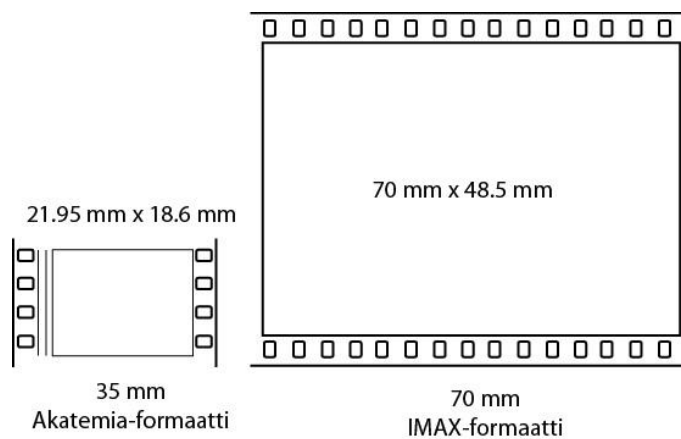


Kuva 1. Filmiruudun "Academy"-kuvasuhde.

On olemassa nyt jo huomattavasti harvinaisempi 16 mm:n projisointitapa, joka muuten on hyvin 35 mm:n filmiesittämisen kaltainen. Yksi erikoisuus on kuitenkin isompaa, 70 mm:n filmiä käyttävä kanadalainen IMAX-järjestelmä (12). IMAX-teattereissa saadaan katsojalle välitettyä hyvin iso, äärimmäisen terävä ja samalla lumoava kuva. Tämän takia puhutaankin IMAX-kokemuksesta sen vaikuttavuuden takia (13, s. 1). Teattereita on ympäri maailmaa, mutta Suomea lähimmät löytyvät Pietarista Venäjältä ja Tukholmasta Ruotsista (14). Teatterit voivat olla tavallisia, isolle suoralle kankaalle projisoivia tai vaihtoehtoisesti koveraan pallomaiseen seinään projisoivia, jolloin kuva ympäröi katsojan ja näin saa aikaiseksi suuremman vaikutelman (13, s. 1). Vaikutelman lisäämi-

nen saadaan aikaiseksi sillä, että IMAX-teattereissa valkokankaan koko tyypillisesti on 22 metriä leveä ja 16 metriä korkea (13, s. 2). Toisaalta ne voivat olla huomattavasti isompiakin. Kankaan pinta-ala on 352 m^2 , ja vertailun vuoksi Finnkinon Tennispalatsin isoimman salin kankaan koko on vain 185 m^2 (15).

IMAX-elokuvien tuotantoa varten on olemassa omat tuotantovälineensä. Sitä varten on omat kamerat, jotka käyttävät 70 mm:n filmiä. Nämä kamerat ovat hyvin raskaita ja painavat noin 110 kg ja ovat hyvin äänekkäitä. Tuotannoissa vaaditaan suurta tarkkuutta kohtauksien suunnitteluun, koska kuvatun materiaalin tarkkuus on äärimmäisen terävä ja siitä syystä pienimmätkin virheet ovat helposti havaittavissa jälkikäteen. (16, s. 4.) Kuvassa 2 on 70 mm:n filmi ja 35 mm:n filmi. Kuvasta käy ilmi, että IMAX-tuotannossa ja esityksessä filmi kulkee sivuttain, kun taas 35 mm:n ympäristössä filmi kulkee pystysuunnassa.



Kuva 2. Ero 35 mm:n filmin ja 70 mm:n IMAX-filmin välillä (15).

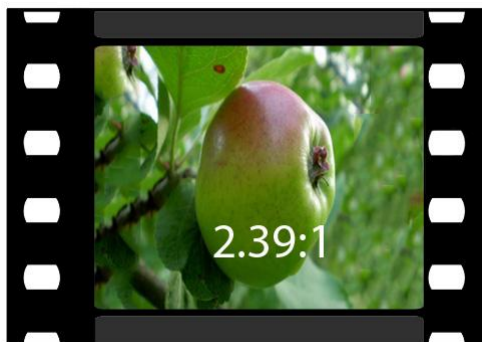
Huomiona kerrottakoon, että äänitykset tehdään yleensä jälkikäteen studioolosuhteissa. Esimerkiksi amerikkalaisessa elokuvateollisuudessa tämä on lähestulkoon aina käytäntönä. Sillä ei ole väliä, onko käytössä filmi tai digitaalinen formaatti.

Filmiesityksiä varten tarvitaan erikoisoptiikkaa, joka määräytyy esitettävän kuvasuhteen myötä. Lisäoptiikka, jota voidaan tarvita, on anamorfinen linssi, joka venyttää filmin kuvaa vaakasuunnassa. Kuvassa 3 on anamorfinen linssi, josta näkyy, miten kuva vääristyy läpi katsottaessa. Linssin takaosa näkyy soikiona edestäpäin katsottuna, vaikka todellisuudessa se on ympyrä.



Kuva 3. Anamorfinen linssi (17).

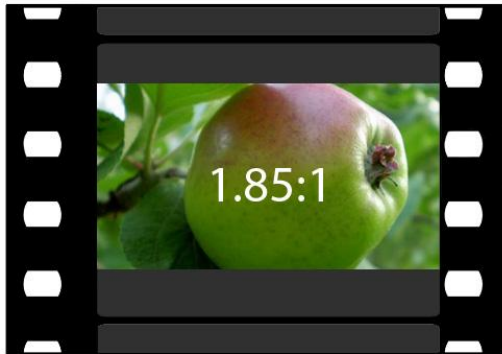
Anamorfinen kuvan korjattu kuvasuhde on nykyään 2.39:1 (11). Tällä kuvasuhteella kuvatut elokuvat on luonnollisesti kuvattava käyttäen kamerassa anamorfsia linsejä. Luomastani kuvasta 4 näkee, miten anamorfsisesti vaakasuunnassa litistetty kuva tallentuu filmille.



Kuva 4. Anamorfinen kuva filmiruudulla.

Toinen tapa, jolla voidaan vaikuttaa elokuvan kuvasuhteeseen, liittyy hyvin yksinkertaiseen keinoon, jossa esitettävää kuvaa rajataan maskeilla kuvattaessa. Perinteisesti nämä elokuvat ovat 1.85:1-suhteessa (11). Kuvauksessa yleensä käytetään neljän perforaation kuvausta, jolloin filmin pinta-alaa menee hukkaan.

Luomassani kuvassa 5 näkyy, miten yksittäinen kuva tallentuu filmille, kun kuvataan käyttäen laajakuvakuvasuhdetta.



Kuva 5. Laajakuvaan kuvattu ruutu filmillä. Huomaa harmaa hukattu alue.

Nykyiset filmiprojektorit Suomessa pyörittävät tavallisesti 35 mm:n elokuvia. Festivaali-toimintaa varten voidaan käyttää lisäksi 16 mm:n projektoreita mahdollisuuksien mukaan. Suomessa projektorikanta on hyvin kirjavaa, ja vanhimmat yhä käytössä olevat laitteet ovat yli 70 vuotta vanhoja, mikä viittaa siihen, että koneita huolletaan ja ne on valmistettu kestäväksi. Silti teatterisalien ylläpitäjien keskusteluista voidaan lukea, että ammattitaito on katoamassa ja laitteet ja ennen kaikkea esityskierrossa olevat filmit kuluvat, koska samoja elokuvakeloja kierrätetään monissa teattereissa. Projektorien käyttökoulutusta ei opeteta missään koulussa, vaan projektorien käyttökoulutus annetaan suoraan teattereissa suusanallisesti ja käytännössä harjoittelemalla. (18.)

Filmiprojektoreissa lamppujen tehot ovat hyvin suuria, jotta saadaan tuotettua tarpeeksi kova valo, joka ohjataan filmin läpi kankaalle. Valojen tehot ovat vaihtelevat 2 kW:n ja 7 kW:n välillä riippuen salin tarpeesta. IMAX-teattereissa käytetään tehokkaampia 15 kW:n lamppuja, joita varten tarvitaan erikseen vesijäähdytys. Tarkoitus on kaikissa tapauksissa saada riittävä valovoima kattamaan koko esitysala kankaalla. (18; 12, s. 2.)

Teatteritekniikkaan liittyvä SMPTE 196M -standardi nimeltään "Motion-Picture Film - Indoor Theater and Review Room Projection - Screen Luminance and Viewing Conditions" määrittelee kaikki valoon ja väriin liittyvät määräykset. Sen mukaan teatterin kankaalle tulevan kuvan valovoiman pitää kankaan keskellä olla 55 cd/m^2 . (19.) Tähän tietenkin lasketaan mukaan virhemarginaali, koska valon voimakkuus laskee kankaan reuna-alueilla.

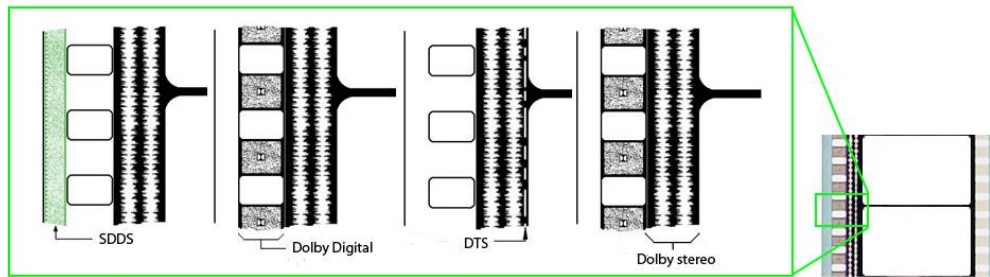
Yksi elokuvaprojektorien valmistaja on esimerkiksi Christie, joka on valmistanut aikanaan 35 mm:n projektoreita, mutta siirtynyt digitaalisten projektorien toimittajaksi. Tänä päivänä esimerkiksi Strong valmistaa Simplex Millennium -projektorijärjestelmiä (20). Suomessa esimerkiksi Sellon Bio Rex -elokuvateatterissa on käytössä italialaisen Cinnemeccanican valmistamat projektorit.

Äänentoisto

Perinteisessä filmiprojisoinnissa analoginen, kuten myös digitaalinen ääni, tulee yhtä poikkeusta lukuun ottamatta myös filmiltä. Analogisessa äänentoistossa on käytettävissä vähintään Dolby Stereo, joka on filmillä kahtena raitana, mutta itse asiassa käsittää neljä kanavaa, jotka matriisi-purkukoodauksella saadaan eroteltua äänentoistoon. Näin käytössä on oikea, keski-, vasen ja surround-kanava. Kolmen ensiksi mainitun kanavan kaiuttimet on yleensä sijoitettu valkokankaan taakse ja surround-kanava jaettu salin takaosan kaiuttimille. (21, s. 2–3.) Edistyneempi askel tästä on Dolby SR (spectral recording) -järjestelmä, joka on äänenlaadullisesti kehittyneempi ja toimii digitaalisessa äänentoistossa varaäänijärjestelmänä. (21, s. 3–4, 6.)

Dolbyn digitaalisina vaihtoehtoina ovat tällä hetkellä maailmalla yleisin toistojärjestelmä, kuusikanavainen Dolby Digital ja sen laajennettu EX-versio. EX-versiossa on mahdollisuus matriisikoodauksen avulla saada yksi surround-kanava lisää. (21, s. 4–5.) Lisäksi Dolby on julkaissut uuden kahdeksakanavaisen Dolby Surround 7.1 -järjestelmän, joka tosin toimii vain digitaalisissa elokuvateattereissa (22, s. 6).

Muita käytössä olevia järjestelmiä ovat Sonyn kahdeksakanavainen SDDS ja muulta medialta toistettava kuusi- tai kahdeksakanavainen DTS (23; 24). Ääniraitojen sijoitus on hyvin mielenkiintoinen, ja kuvasta 6 näkee, miten ääni on sijoitettu fyysiselle filmille.



Kuva 6. Eri äänijärjestelmien datan paikka esityskopiossa (25).

Kuten kuvasta näkyy, saadaan ääni koodattua hyvin pieniin kaistoihin filmillä. Jokaiselle äänijärjestelmälle on oma ennalta määrätty sijoituspaikka. Mikäli käytetään Dolby Digital -ääniraitaa, tulee sen ohessa aina analoginen Dolby Stereo SR varaäänenä. Dolby Digital -ääni sijaitsee perforaatioiden välissä, ja signaalin keskellä on Dolby Digitalin tunnus. Analoginen ääni sekä Dolbyn digitaalinen ääni on aina valotettu filmin toiseen reunaan, sille varatulle alueelle. Sonyn SDDS-järjestelmä on jaettu kumpaankin filmin reunaan perforaatioiden ulkosyrjille. DTS-aikakoodisignaali on valotettu analogisignaalin ja varsinaisen kuvaruudun väliin, ja se on kaikkein kapein signaali. Tällä signaalilla synkronoidaan projektorin ulkopuolinen äänilevyä lukeva laite filmin kanssa. Kaikki nämä signaalit luetaan omilla lukulaitteilla filmiltä toiston yhteydessä. Lukijat sijoitetaan ennen varsinaista projisointipistettä projektorikoneiston filmireitille, ja ääni ohjelmallisesti viivästetään soimaan oikeassa kohtaa elokuvaa.

Sony on lopettanut omien SDDS-prosessorien valmistuksen ja myynnin jo vuonna 2002, mutta jatkaa nyt markkinoilla olevien laitteiden huolto- ja tukitoimia. Tänä päivänä hyvin monet filmillä julkaistavat elokuvat sisältävät edelleen SDDS-koodauksen. (23.) DTS Digital Cinema on myös itse lopettanut laitteiden valmistuksen ja myynyt elokuvaan liittyvät liiketoimet englantilaiselle Beaufort International Groupille vuonna 2008. Nykyään DTS-toistolaitteita valmistaa Datasat Digital Entertainment. (26; 27.)

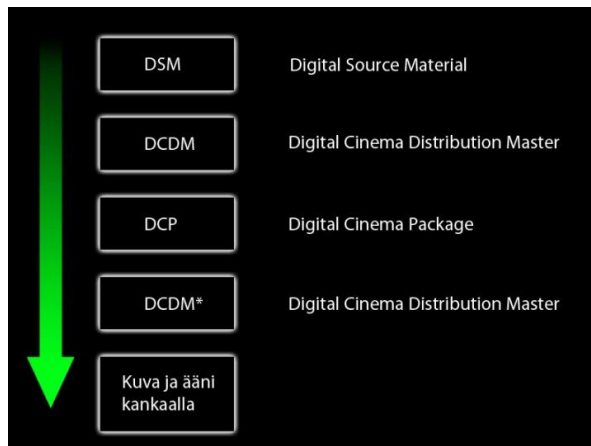
Dolbyn äänijärjestelmät ovat kaikkein laajimmin käytössä ja eniten tuettuja eri teattereissa, myös Suomessa. Koska teattereiden äänentoisto on hyvin pitkälle digitalisoitunutta, on kokonaan digitaaliseen esittämiseen siirtyminen hieman helpompaa, koska ihan kaikkea tekniikkaa ei tarvitse uusia.

3.2 Digitaalinen esittäminen

Digitaalista elokuvaa esitettäessä vaatimuksena on tietenkin digitaalinen elokuva-projektori. Lisäksi tarvitaan tiedostopalvelin, jolta kuvamateriaali lähetetään projisoitavaksi ja äänet ohjataan vahvistimien kautta salin kaiutinjärjestelmään. 3D-elokuvien esitystä varten vaaditaan omat lisälaitteistot.

Digitaalista esittämistä varten on olemassa karkeasti sanottuna kaksi eri laatutasoa: niin sanotut E-Cinema (sähköinen elokuva) ja D-Cinema (digitaalinen elokuva) (27). Niiden erona on tekninen laatutaso, johon esityslaitteisto pystyy. E-Cineman laitteistot ovat esitystarkkuudeltaan pienempiä ja vastaavat tavallisten videoprojektoreiden tasoa. Niiden valoteho on kuitenkin suurempi kuin tavallisten dataprojektoreiden, koska esitystilat ovat isoja. D-Cinema puolestaan pyrkii pitämään esitettävien elokuvien laadun vähintään yhtä hyvänä filmin laadun kanssa. D-Cinema varten ovat isoimmat yhdysvaltalaiset elokuvayhtiöt muodostaneet oman organisaation nimeltään DCI (Digital Cinema Initiatives), minkä tuloksena on luotu oma ohjeistus D-Cinema-tasoiselle esittämiselle (29; 30). Lisäksi SMPTE-organisaation alaisuudessa on määritelty useita standardeja ja suosituksia, jotka ovat hyvin yleisessä käytössä kaikissa televisio- ja elokuvateatteritekniikkaan liittyvissä toimissa (31).

Tämä DCI:n 149-sivunen ”Digital Cinema System Specification” -dokumentti on julkaistu vuonna 2008 ja sisältää kaiken oleellisen tiedon, miten kuva ja ääni pitää valmistella, paketoida ja toimittaa teattereille esitettäväksi. Siinä määritellään muun muassa teatterien teknisten järjestelmien vaatimukset, projisoinnin vaatimukset ja tietoturvallisuuden vaatimukset. 3D-elokuvien stereoskooppista esittämistä varten on oma dokumenttinsa (32). Toisin sanoen, jos halutaan perustaa uusi moderni digitaalinen elokuvateatteri, nämä dokumentit ovat erittäin hyvä tekninen tietopaketti suunnittelijalle. Käytän tekstissä nimitystä DCI-standardi, kun viitataan näihin dokumentteihin. Laatimas-tani kuvasta 7 näkee lineaarisen kuvauksen siitä, miten digitaalisen elokuvan esitysprosessi menee.



Kuva 7. Elokuvan siirtyminen leikkauspöydältä elokuvateatteriin.

Esitysprosessissa on ensimmäisenä DSM (Digital Source Master) -kokonaisuus, joka sisältää valmiin jälkituotannosta tulevan elokuvan levitettäväksi teattereita varten. Se sisältää eri mediasisällöt, esimerkiksi elokuvan ääniraidat, kuvamateriaalin ja tarvittaessa tekstitykset. DCI-standardi ei ota suoraa kantaa siihen, mitä tyyppiä alkuperäinen materiaali on, mutta määrittää sen, että kuvatiedostojen pitää olla MFX (Media Exchange Format) -kääreen kanssa yhteensopivia ja äänitiedostojen BWF (Broadcast Wave Format) muodossa. (30, s. 22; 2, s. 84–85.)

Jotta tiedostoista voidaan tehdä oikea levitykseen menevä esityskopio, ne pitää muuttaa DCDM:n (Digital Cinema Distribution Master) vaatimaan MXF-formaattiin, joka on määritetty DCI -standardissa. DCDM on prosessointivaihe, jossa elokuvan mediasisällöt muutetaan oikeisiin muotoihin ja jonka tarkoitus on toimia lähdemateriaalina esityskopioille ja arkistokappaleena. DCI-standardin mukaan kuvamateriaali pitäisi olla pakattu käyttäen TIFF-pakkausta ja kuvakoon pitää olla 2K tai 4K. 2K-resoluutio on digitaalista elokuvaa esitettäessä 2048 x 1080 pikseliä ja 4K-resoluutiossa 4096 x 2160 pikseliä (30, s. 27; 2, s. 99). Vertailun vuoksi teräväpiirtotelevisioiden resoluutiotarkkuus on 1920 x 1080 pikseliä. (30, s. 26–30.)

Elokuvaa toistettaessa kehysnopeuden pitää olla joko 24 tai 48. DCI-standardin mukaan 48 ruudun kehysnopeutta voidaan käyttää vain 2K-resoluution materiaalissa, ja tämä on vaatimuksena 3D-elokuvien toistoa varten (30, s. 26; 31). Ääniraitojen pitää olla 24-bittisiä ja PCM WAVE -koodattuja BWF:n mukaisia (.wav) tiedostoja. Standardissa määritetty kanavamäärä on kuusitoista, ja eri kanavien paikat on määritetty nou-

dattamaan olemassa olevia kanavien paikkamäärytyksiä. (30, s. 30–34.) Tässä kanavamäärittelyssä on siis vielä vapaita kanavia tulevaisuutta ajatellen.

Tekstityksiä varten voidaan käyttää elokuvaan valmiiksi tehtyjä kiinteitä tekstejä, erikseen elokuvan yhteydessä näytettäviä PNG-kuvia tai pelkän XML-datan sisällä olevaa tekstitystietoa. Tekstitys puretaan elokuvaa esitettäessä, ja se ohjataan projektorille ja kankaalle. Näille on tarkemmat määritykset dokumentissa. (30, s. 34–37.)

Koska DCDM-koosteet voivat olla hyvin isoja, sillä yksittäinen TIFF-kuva voi viedä kymmeniä megatavuja, ne täytyy siirtämistä varten pakata DCP (Digital Cinema Package) -paketeiksi. Nämä koodatut kokonaisuudet ovat varsinaisia teattereille lähetettäviä esityskopioita, jotka puretaan toiston yhteydessä. DCI-standardin mukaan kuvat on pakattava käyttäen JPEG 2000 -pakkausta ja yksittäisen kuvan koko saa olla enintään 1,3 Mt (30, s. 39–41). Kahden tunnin elokuvan koko voidaan laskea kaavalla $1.3 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 2 = 224\,640$. Näin saadaan kahden tunnin elokuvan kuvansisällön vaatimaksi tilaksi 224,640 gigatavua. Koko voi vaihdella pakkauksen yhteydessä käytetyistä asetuksista riippuen. Yllättävä tieto on se, että 48 ruudun kehysnopeudella toistettavan 2K-resoluution materiaalin pakkauksen pitää olla puolta pienempi. Tämä kuitenkin selittyy sillä, että puretun datan vaatima kaistanmäärä ei saa ylittää 250 Mt:a/s. Kaistanmäärän rajoitus vaikuttaa myös 4K-resoluutioon, jonka pakkaus on tehtävä siten, että kuvien purettu datamäärä ei ylitä asetettua enimmäiskaistanleveyttä. (30 s. 41, 69, 75.) Varsinainen DCP-paketin koko on vielä isompi, koska siihen kuuluvat vielä mukaan äänet ja tekstitykset.

DCP-paketin MFX-mediasisällöt koodataan käyttäen 128-bittistä AES-salausta pakkaamisen aikana, jolloin paketin joutuessa mahdollisesti väriin käsiin niitä ei pysty purkamaan (30, s. 50; 2, s. 150–152). Purkamiseen tarvittavat KDM (Key Delivery Message) -avaimet teatterille saadaan muuta tietä pitkin, esimerkiksi sähköpostissa, ja ne syötetään niin sanottuun Media Blockiin (30, s. 144). KDM-avaimia ja Media Blockia käsitellään lisää seuraavassa alaluvussa. DCP-paketit voidaan toimittaa perinteisillä kiintolevyillä, mutta siirtäminen voidaan tehdä myös verkossa käyttäen esimerkiksi VPN (Virtual Private Network)- tai jopa satelliittiyhteyttä (30, s. 57). Jos esitys on tarpeeksi pieni, esimerkiksi uuden elokuvan traileri tai mainos, olisi periaatteessa mahdollista lähettää se vaikka muistitikulla.

Media Block ja tiedostopalvelin

Varsinaiset teattereille toimitettavat DCP-paketit ladataan joko Media Block -yksikköön tai erilliselle tiedostopalvelimelle, josta Media Block sen noutaa käyttöä varten. Media Block on DCI-standardin antama nimitys toistopalvelimille, jotka purkavat salatun datan toistettavaan muotoon ja ovat yhteydessä projektoriin ja salin äänentoistojärjestelmään (30, s. 24, 70–73). Media Block tarvitsee elokuvan DCP-datan purkamista varten KDM-purkuavaimet, jotka luodaan erikseen jokaista teatterisalin toistojärjestelmää varten. Purkuavaimien luomista varten täytyy DCP-pakettien jakelijoille toimittaa salien Media Blockeista yksilölliset tunnuksset, joiden pohjalta tarvittavat purkuavaimet voidaan toimittaa. Toisin sanoen toimitettava purkuavain ei toimi missään muussa salissa, vaikka toistolaitteisto olisi muuten sama. KDM-avaimet toimitetaan yleensä sähköisesti, esimerkiksi sähköpostitse suoraan teatterille ZIP-paketeissa. Avaimet itsessään ovat XML-tiedostoja, jotka sisältävät tiedot muun muassa teatterista, esityksestä, laitteistosta ja purkuavaimet jokaiselle DCP-paketin mediasisällölle. Kuvasta 8 voi nähdä muutaman elokuvan mediasisältöjen tarvitsemat purkuavaimet.

```

<ds:SignedInfo>
  <ds:CanonicalizationMethod Algorithm="http://www.w3.org/TR/2001/REC-xml-c14n-20010315#WithComments"/>
  <ds:SignatureMethod Algorithm="http://www.w3.org/2001/04/xmldsig-more#rsa-sha256"/>
  <ds:Reference URI="#ID_AuthenticatedPublic">
    <ds:DigestMethod Algorithm="http://www.w3.org/2001/04/xmldsig-more#sha256"/>
    <ds:DigestValue>6106kFvAydHqZr4e+HnSkOZgm4zC29RgGuk6FYaIgu=</ds:DigestValue>
  </ds:Reference>
  <ds:Reference URI="#ID_AuthenticatedPrivate">
    <ds:DigestMethod Algorithm="http://www.w3.org/2001/04/xmldsig-more#sha256"/>
    <ds:DigestValue>881fE1AaDvqLqo7sAthqomjUX7f6XqIeoxa/2a/b9bY=</ds:DigestValue>
  </ds:Reference>
</ds:SignedInfo>
<ds:SignatureValue>1/nGpiv7nXPXvDOrwkFAKu100wB73IMktM1fh+YRoMata+SNscC1coP4vbLXKC1z
4TWxAgf95BDY17TmeyD7hwAuFooNa9z24OwFs6jq02CNe7g0Kjs21Aa8a389EAnq
U4YN5bfx76KBj9pKtos+jyMdjFzVFFwKZH6VDqmcTaFTqonKm9UmGGEo4hc9PftZ
7SHaq0f7I5nfpzlkx43bjLI/s2hZzVxZ59SeLuDNksEVdaCM/7TGYGAzrQZHsHbQ
1kHCQMokVzFm/Lh0c5tgn1EVLk8tMZDwbG2vLkuRpkvs/1oxbofQWBUlBr9BP8FfY
/J0xXYxyeJ6D63EBxtjxg==</ds:SignatureValue>
<ds:KeyInfo>
  <ds:X509Data>
    <ds:X509IssuerSerial>
      <ds:X509IssuerName>dnQualifier=miWVdk/xiLn1OgFc/8vsnjvz7YA=,CN=.ca.dc.example.de,OU=.ca2.ca.dc.example
      <ds:X509SerialNumber>1</ds:X509SerialNumber>
    </ds:X509IssuerSerial>
    <ds:X509Certificate>MIIEFDCCA2SgAwIBAgIBATANBgkqhkiG9w0BAQsFADCBhDEfMB0GA1UEChMwLnJv
b3QuY2EuZGMuZXhhbXBsZS5kZTEeMBwGA1UECmVLMmhmMi5jYS5kYy5leGZtcGx1
LnRlMR0wGAYDVOODEuYyZuZGMuZXhhbXBsZS5kZTElMCMGA1UELhMcbWlXVnRr

```

Kuva 8. AES-salauksen purkuavaimen tietoa XML-tiedostossa.

Tämä turvallisuusjärjestelmä on hyvin varma, sillä logiikka, joka tarkistaa oikeudet ja laitteiden fyysisen koskemattomuuden, on oma itsenäinen osa ja huomaa herkästi, jos esitysketjussa on laitteisiin kajottu joko fyysisesti tai ohjelmallisesti (30, s. 101–102). Näin saadaan luotua turvallinen järjestelmä, jossa esimerkiksi väärään saliin toimitettu elokuvaa ei voida esittää. Lisäksi KDM-avaimien avulla määritetään, koska elokuvaa

voidaan esittää, eli voidaan määrittää ensimmäinen mahdollinen esitysaika ja milloin esitysoikeus päättyy. KDM-avainten oikeellisuus tarkistetaan joka kerta, kun elokuvaa yritetään toistaa salin järjestelmästä. (30, s. 94–96.)

Kuvan esittäminen toistopalvelimelta projektorille tehdään tavallisesti käyttäen AES-salattua Dual Link HD-SDI -linkkiä (30, s. 118–119). Kaiken kaikkiaan turvallisuus on hyvin tarkkaan määritelty DCI:n digitaalisen elokuvan järjestelmien määrittelyssä, sillä se käsittää kolmanneksen koko dokumentista. Kaiken tämän tarkkuuden taustalla on ajatus, että vain oikeissa paikoissa ja oikeilla laitteilla voidaan purkaa paikkakohtaisesti määritellyillä avaimilla tietyn aikarajan sisällä.

Digitaaliset projektorit

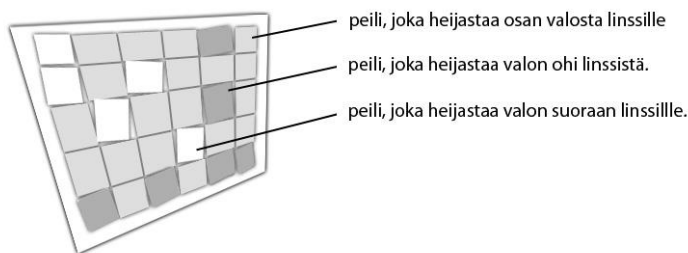
D-Cinema-tasoista esitystä varten on omat määrityksensä projektorille. Olennaisin on resoluutiotarkkuus, jonka on vastattava 2K- tai 4K-resoluutioita. Lisäksi valovoiman kankaalla tulee olla $48 \text{ cl/m}^2 \pm 10,2 \text{ cl/m}^2$. Vaihtelu on näin suuri, koska valonvoima himmenee reuna-alueilla (30, s. 84; 2, s. 234). Mitattavaan valotehoon liittyy valkokankaan koko: mitä isompi se on, sen tehokkaampi valonlähde tarvitaan. Digitaalisissa projektorissa käytetään myös Xenon-lamppuja, joiden tehot tyypillisesti ovat 2–7 kW riippuen salin ja kankaan koosta.

Maailmalla on tällä hetkellä muutamia yrityksiä, jotka markkinoivat ja myyvät digitaalisia elokuvateatteriprojektoreita. Suurin osa käyttää Texas Instrumentsin lisensoimaa DLP (Digital Light Processing) -tekniikka kuvan projisoimiseen (32). Tärkeimpiä projektorien valmistajat ovat Christie Digital Systems, Barco ja NEC. Lisäksi Sony on markkinoilla omilla SXRD (Silicon X-tal Reflective Display) -järjestelmää käyttävillä 4K-projektoreilla (34).

DLP-tekniikka perustuu pieneen DMD (Digital Micromirror Device) -siruun, jonka pinnalla on mikroskooppisen pieniä peilejä, joita ohjataan sähköisesti (35). DMD-sirun on keksinyt jo vuonna 1987 Larry Hornbeck (33). Tällöin siru ei ollut vielä digitaalinen vaan analoginen, mutta kehittyi digitaaliseksi myöhemmässä jatkokehityksen tuloksena (36, s. 4). Ensimmäiset sovellukset tällä tekniikalla olivat kopiokoneet (36, s. 4, 20–22).

Sirun jokaisella peilillä voi Texas Instrumentsin mukaan toistaa 1 024 eri harmaan sävyä. (33.) DMD-sirun peilit vaihtavat asentoaan tuhansia kertoja sekunnissa, ja tämän takia harmaasävyjen tuottaminen on mahdollista. Mitä tiheämmin peilejä käännetään linssiä kohti, sen kirkkaammalta kuva näyttää. Mitä harvemmin peilejä käännetään valoa kohti, sen tummempi kuva on. (32.) Ohjaus tapahtuu täysin ohjelmoidusti. Projektorille syötetty kuvadata prosessoidaan, ja jokaisen kuvan pikselin valoisuusarvo tutkitaan, ja sen mukaan säädetään peilien heijastustaajuus sopivalle harmaasävylle (33).

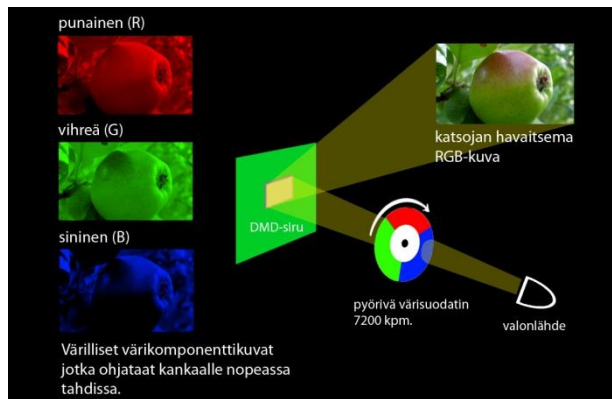
Kuvassa 9 on laatimani pieni havainnollistava esitys sirun peilien asennoista. Siinä valkoiset kohdat kuvaavat peiliä, joka on käännetty objektiivia kohti, josta kuva ohjautuu valkokankaalle, ja tummemmat on käännetty pois päin kankaalta.



Kuva 9. DMD-sirun kuvaus.

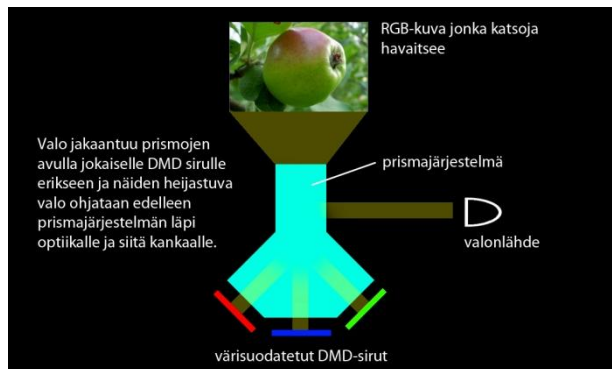
Peilien määrä sirulla määräytyy sen mukaan, mikä on toiston resoluutio. Digitaalisen elokuvan 2K resoluutiota varten pitää peilejä olla 2 211 840 kappaletta.

Värit toistetaan DLP-projisoinnissa joko käyttäen pyörivää värillistä suodinkiekkoa lampun ja DMD-sirun välissä tai käyttämällä jokaiselle värille erikseen erillistä sirua, joihin valo ohjataan prismalla. Väripyörässä on vähintään kolme pääväriä ja usein myös väli-
värit, joilla saadaan parempi värintoisto aikaiseksi. Tämä toimii siten, että kun valon edessä on kiekon punainen osa, ohjataan kuvadatan sisältämät punaiset osat DMD-sirun kautta kankaalle. Kuvasta 10 näkee, miten valkoinen valo heijastetaan sirulle väri-
rillisen väriympyrän kautta.



Kuva 10. Yhden DMD-sirun järjestelmä (33).

Projisointia toistetaan jokaisen värin kohdalla erikseen suurella nopeudella, jolloin katsojalle luodaan illuusio, että hän katsoo yhtä täyteläistä kuvaa jatkuvasti. Jos värisuodatusta ei ole, nähdään vain harmaan eri sävyjä mustan ja valkoisen väliltä. Kolmen sirun järjestelmässä valo ohjataan prismojen avulla siruille ja siruilta eteenpäin linssille ja edelleen kankaalle. Kuvassa 11 on hahmotelma siitä, miten järjestelmä toimii.



Kuva 11. Kolmen DMD-sirun järjestelmä (33).

Texas Instrumentsin mukaan tällä tavalla voidaan toistaa jopa 32 miljardia väriä. Väripyörätekniikalla on mahdollista toistaa 16 miljoona väriä (33). On arvioitu, että ihmisilmä pystyy havaitsemaan noin 10 miljoonaa eri värisävyä. Tieteellisen tarkka tutkimus tästä aiheesta on hyvin haastavaa, koska havaitseminen on yksilöllistä ja varsinainen havainnointi aina altis monille häiriötekijöille.

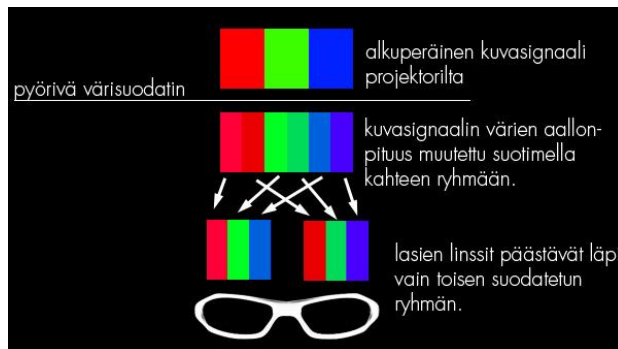
Suomessa esimerkiksi Finnkinon Tennispalatsin projektorit ovat yhdysvaltalaisen Christian toimittamia CP2000-XB Digital Cinema -projektoreita, jotka käyttävät kolmen sirun tekniikkaa (37). Bio Rexissä on muun muassa belgialaisen Barcon ja italialaisen Cine-meccanican valmistamia projektoreita (9).

3D elokuvat

Nykyään elokuvateattereissa 3D-elokuvien esittäminen perustuu yksinkertaiseen tapaan, jossa ihmisen silmät saadaan näkemään vuorotellen kuvamateriaalia, joka on joko kuvattu kahdesta hieman poikkeavasta kuvakulmasta, tai toteutettu jälkikäteen ohjelmallisesti muuttamalla alkuperäistä kuvamateriaalia. Tässä stereoskooppisessa esittämisessä kuvat pitää esittää hyvin nopeassa tahdissa, jolloin katsoja ei ymmärrä eroavaisuutta, koska esitysnopeus on hyvin nopeaa ja katsojan aivot yhdistävät näkemänsä yhdeksi kokonaisuudeksi jolloin mielessä muodostuu syvyytsvaikutelma. (38, s. 11, 17–21.)

Markkinoilla on tällä hetkellä muutamia järjestelmiä, ja ero näiden järjestelmien välillä on siinä, miten kuva ohjataan synkronoidusti silmiin. Suomessa esimerkiksi Finnkinolla käytössä olevassa XpanD-järjestelmässä lasien linssit ovat varsinaisesti läpinäkyvät LCD-näytöt, jotka saadaan menemään kiinni jännitteen avulla. Tätä jännitettä ohjataan tahdistussignaalilla, jolloin projektorin lähettämä kuva saadaan menemään oikeaan silmään vuoronperään. Tämä synkronointisignaali on yleensä toteutettu infrapunälähettimellä, ja signaali heijastetaan tavallisesti projektorihuoneesta valkokankaan kautta katsojien laseille. (39.)

Dolby 3D:ssa projektorista lähtevä kuva ohjataan erityisvalmisteisen pyörivän värisuotimen läpi. Tämä pyörivä suodin jakaa RGB-signaalin eri aallonpituuksille riippuen siitä, kumman silmän näkemä kuva on esitettävänä. (40; 41.) Kuvaan 12 olen havainnollistanut, miten värit jakautuvat kyseisessä esitysjärjestelmässä.



Kuva 12. Dolby 3D:n toimintaperiaate.

Katsojan hallussa olevat lasit toimivat siten, että toinen linssi näkee tietyillä aallonpituuksilla saapuvat RGB-kuvan.

Näiden lisäksi on olemassa laajalti suosittu järjestelmä nimeltään RealD, joka perustuu myös passiiviseen tekniikkaan. Tässä tekniikassa projektorin kuva ajetaan nopeasti muuttuvan pyöröpolarisaattorin läpi. Polarisoitunut kuva täytyy heijastaa elokuvateattereissa katsojille erityisvalmisteisen hopeakankaan kautta, jotta polarisointi heijastuisi takaisin katsojan laseihin. Lasit toimivat siten, että linssit ovat eri polarisaatiokulmissa ja voivat vastaanottaa vain omaan polarisaatioon vastaavan kuvan kankaalta. (42.) Lisäksi kankaan pitää olla kiiltävä, jotta kuva pysyisi kirkkaana, koska polaroinnin takia kuvan valovoimaisuus laskee.

4 Filmiltä esitettävän kuvateoksen digitaalinen työnkulku

4.1 Mainoksen suunnittelu

Insinööriyö lähti käyntiin, kun Metropolia Ammattikorkeakoulun mediatekniikan ja Media Engineering -koulutusohjelmia oli lähestytty kyselyllä lokakuussa 2010: Onko mahdollista tuottaa mainosvideo tai muu videoesitys liittyen Metropoliaan, jota voidaan näyttää osana elokuvafestivaalin mainosesityksiä?

Media Engineering -koulutusohjelman johtaja Erkki Aalto lähestyi minua ja keskusteli kanssani tästä aiheesta, ja näin muodostui insinööriyön projekti. Itselläni on aikaisempaa kokemusta videotyöskentelystä, mutta tämänkaltaista mainosta en koskaan ollut aikaisemmin tehnyt. Koska lopputuloksena oli tarkoitus tuottaa elokuvateatterissa esi-

tettava tuotos ja käyn itse vapaa-aikana katsomassa elokuvia elokuvateattereissa, olin hyvin kiinnostunut aiheesta.

Projektin alussa määriteltiin, että mainoksen pitäisi osoittaa Metropolian Media Engineering- ja samalla mediatekniikan koulutusohjelman osaamista ja tuoda näkyvyyttä Metropolian tarjoamille tekniikan alan englanninkielisille koulutusohjelmille. Erkki Aalto, jonka kanssa keskustelin mainoksen sisällöstä, kertoi oman visionsa siitä, mitä mainoksessa voisi tapahtua, mutta minulla oli vapaus tehdä myös muunlainen video.

Koska lopputulos olisi esitettävä elokuvateatterissa, se asetti omat tekniset vaatimukset mainoksen tuotannolle. Mainosta ei ollut järkevää lähteä tuottamaan perinteisen televisiostandardien mukaan, vaan tuotanto toteutettiin käyttäen teräväpiirtotarkkuutta koko prosessin aikana. Näin saatiin paremmin hyödynnettyä filmin tarjoamaa laatua.

Alkuvaiheet

Työn alkuvaiheessa tutustuin Metropolian mahdollisen mainoksen tekemiseen liittyvään sähköpostiliikenteeseen. Sähköposteissa oli muutamia aihe-ehdotuksia tuotantoon. Yksi ehdotus oli hyödyntää videomateriaalia, joka oli tuotettu esitettäväksi Suomessa järjestetyssä BSAS – Baltic Sea Action Summit -konferenssissa vuoden 2010 helmikuussa (43). Otin yhteyttä konferenssin toteutuksessa mukana olleisiin henkilöihin ja tiedustelin mahdollisuuksista käyttää näitä animaatioita tai osia niistä uudelleen. Sain esitykseni käyttöluvan sillä ehdolla, että yhteistyötahot mainitaan mainoksen yhteydessä. Konferenssin järjestäjät eivät pystyneet toimittamaan alkuperäisiä versioita animaatiosta, vaan lähettivät suoria linkkejä Youtube-videopalveluun ja sivun osoitteen, joka osoitti konferenssin verkkosivuille. Näiden videoiden käyttäminen olisi ollut kyseenalaista teknisen laadun takia. Kun Youtube-videopalveluun lisätään videoita, ne pakataan palvelun käyttämään formaattiin uudelleen riippumatta siitä, missä formaatissa alkuperäinen video on. Pelkästään se, että video pakataan uudelleen eli siitä poistetaan tietoa, huonontaa materiaalin uudelleenkäytettävyyttä.

Youtuben tietopalvelu ei kerro, miten ja millä koodekillä videot pakataan palveluun, mutta osaavalle Internet tarjoaa hyvät työkalut ja ohjeet, joilla videoita voidaan ladata palvelusta. Videoiden hakeminen Internet-palvelusta on kyseenalaista, koska liikutaan harmaalla alueella ja sitä voidaan pitää tietyissä tapauksissa laittomana latauksena.

Tässä tapauksessa pidin sitä pienenä pahana, koska tarkoitus oli selvittää palveluun ladattujen videoiden tekninen laatu eikä videoita ollut tarkoitus käyttää uudelleen.

Videon lataamista varten käytin ilmaista Youtube Downloader -sovellusta, jonka avulla sain ladattua videon palvelusta. VLC media player -mediatoistimella tutkin videoiden tietoja ja sain selville, että videot on pakattu H.264-koodekillä 854 x 480 pikselin resoluutioon. Bittivirran nopeus vaihteli välillä 0,2 Mt/s ja 0,8 Mt/s. Toisin sanoen videot olivat hyvin pieneen kokoon pakattuja liian pienellä resoluutiolla ja uusiokäytön arvo minimaalinen. Videon pakkauksen perusajatus on hyödyntää tehokkaita kuvanpakkausmenetelmiä videon yksittäisiin kuviin ja poistaa sellaista tietoa kuvasta, jonka arvellaan olevan epärelevanttia kokonaisuuden kannalta. Tieto sisältää yleensä videosta pieniä yksityiskohtia, joiden puuttumista katsojan ei oleteta huomaavan. Katsomiskokemus säilytetään, vaikka ne poistettaisiin. Tämä perustuu pelkästään siihen seikkaan, että ihminen ei kykene havaitsemaan kaikkea, mitä silmä näkee, vaan luo mielikuvan siitä tiedosta, jonka silmät hermojen kautta tuottavat aivoille. (3, s. 124.)

Sain konferenssin järjestäneeltä taholta animaatiot valmistaneen suunnittelutoimisto Taivaan yhteystiedot ja lähetin tiedustelun animaatioista. Koska tekijänä oli media-alan toimisto, laitoin pyynnön yhteyteen tiedot siitä, minkälaisessa formaatissa ja millä videoresoluutiolla materiaalit olisivat minulle paras toimittaa. Totesin tässä vaiheessa, että vastausten saaminen suunnittelutoimistolta ja konferenssin järjestäjiltä kesti liian kauan. Varsinaisen työn valmistumiselle oli ennalta määritetty tarkka aikaraja, joten mietin vaihtoehtoja tulevalle videolle. Aloin valmistella varasuunnitelmaa visiosta, jonka Erkki Aalto esitti projektin alussa.

Sain lopulta vastauksen suunnittelutoimistolta, ja se ystävällisesti lupasi toimittaa animaatiot, kunhan löytää ne. Sain tietää, että alkuperäisten animaatioiden tekijä ei ollut enää toimiston palveluksessa, minkä takia animaatioiden toimittamisessa kului muutama päivä. Kun lopulta sain animaatiot, jouduin valitettavasti toteamaan, että ne eivät vastanneet laatuvaatimuksia, jotka niille oli asetettu, ja tässä vaiheessa päätin hylätä idean kokonaan. Toimitetut videot oli pakattu 1280 x 720 pikselin resoluutioon ja käyttäen H.264-pakkausta. Bittivirta oli noin 0,8 Mt/s kussakin videossa. Hylkäämispäätöstä tukivat myös ne seikat, että selvitettyäni animaatioiden yhteyttä Metropolia Ammatti- korkeakouluun huomasin, että animaatioilla ei itsessään ole mitään tekemistä Metro-

lian kanssa. Niiden esittäminen ei olisi millään tavalla tukenut koulutusohjelmia. En kokenut, että niiden uudelleen leikkaaminen ja ääniraitojen uudelleenkoostaminen olisi riittänyt kunnollisen mainosvideon valmistamiseksi. Yhteinen tekijä, joka Metropolia Ammattikorkeakoululla ja BSAS-konferenssilla oli keskenään, oli Metropolian sitoumus, jonka lähtökohtana oli lisätä Itämeri aiheena osaksi opintosuunnitelmaa. Tämä sitoumus koski lähinnä Myyrämäessä sijaitsevaa Environmental Engineering -koulutusohjelmaa. (44.)

Vision työstäminen videoksi

Koska olin alkanut valmistella aiemmin esitettyä visiota, oli sen jatkaminen hyvin helppoa. Visio koostui ajatuksesta, jossa Media Engineering -koulutusohjelman opiskelijat esiintyvät ja kertovat, mistä maasta ovat kotoisin. Idea oli hyvin yksinkertainen ja vaati lisäkehitystä. Otin lähtökohdaksi esittää myös koulutusohjelmiin liittyvää laboratorio-toimintaa. Valitsin kuvattaviksi toiminnoiksi Steadicam-avustetun videokuvaamisen, stereoskooppisen videokuvaamisen ja digitaalisen valokuvauksen. Lisäksi aloin suunnitella graafista ulkoasua ja otsikkotekstejä. Tältä pohjalta loin kuvakäsikirjoituksen, joka on liitteessä 1. Yliopettaja Erkki Aalto hyväksyi idean, ja tämän suunnitelman pohjalta aloin valmistella varsinaisia kuvauksia.

4.2 Tuotanto

Kameraksi valittiin mediatekniikan koulutusohjelman hallussa olevan Panasonic HPX-171e -videokamera, joka pystyy kuvaamaan teräväpiirtovideomateriaalia 1920 x 1080 pikselin resoluutiotarkkuudella. Tallennusmediaa käytettiin Panasonicin omia P2-muistikortteja, joita kameramalli käyttää. Muistikorteille pystytään tallentamaan teräväpiirtomateriaalia 100 Mt/s (45). Mainostoimisto Taivaan lähettämien videoiden bittivirta oli enimmillään 0,8 Mt/s. Tästä huomataan, kuinka suurista eroista oli kyse.

Ääni tallennettiin kameralle käyttämällä kahta Line Audion valmistamaa CM-3-kondensaattorimikrofonia. Varaäänien tallennukseen käytettiin Roden NTG-1-elektronikkondensaattorimikrofonia ja Maranz-äänentallenninta. Kondensaattorimikrofonit ovat mikrofoneista herkimpiä ja soveltuvat yleensä erittäin tarkkaan äänentallentamiseen.

Äänen tarkkailu ja säätöjen tekeminen toteutettiin käyttämällä Alto S-8 -äänimikseriä, jota käytettiin mikrofonien ja kameran välissä. Tarkoituksena oli helposti säätää äänen voimakkuus ja dynaamikka sopivaksi tallennusta varten kuvaustilanteessa. Maranz-äänentallentimen asetukset asetettiin etukäteen, ja ne pysyivät muuttumattomina kuvauksissa.

Video- ja äänimateriaali työstettiin Applen Mac Pro -tehotyöasemalla. Vaihtoehtoina oli käyttää joko Mac OS X:ssä toimivaa FinalCut-ohjelmistoa tai Boot Campin kautta toimivan Windows 7:ään asennettua Adobe CS4 -ohjelmistoa. Boot Camp on Applen oman käyttöjärjestelmän tukiohjelma, joka mahdollistaa Windows-käyttöjärjestelmän asentamisen ja käyttämisen Mac-tietokoneilla (46). Työhön valikoituivat Windows 7 ja Adoben työkalut, koska ne olivat entuudestaan tutut ja työn tiukan aikataulun takia se oli parempi vaihtoehto. FinalCut olisi ollut vartenotettava vaihtoehto, mutta uusien ohjelmistojen ja niiden ominaisuuksien käytön opetteluun olisi mennyt todennäköisesti liikaa aikaa.

Taulukosta 1 näkee, mitä kaikkia sovelluksia käytettiin lopullisen videotuotteen tuottamiseen ja mitkä olivat niiden tärkeimmät sovelluskohteet.

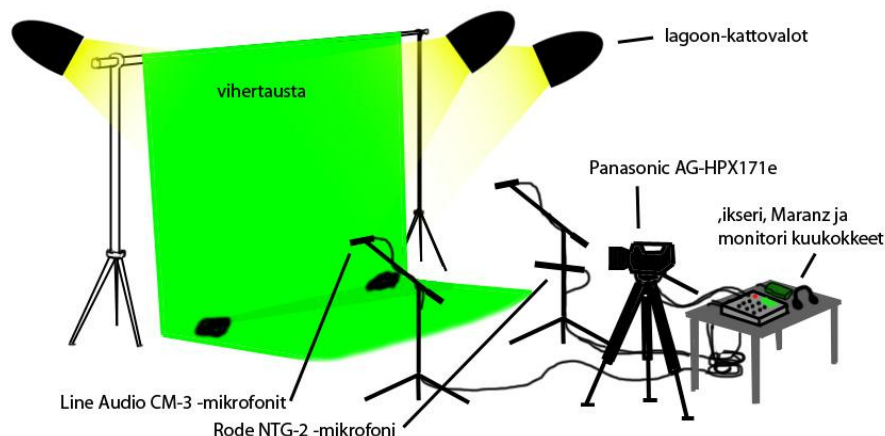
Taulukko 1. Jälkituotannon ohjelmistot.

Ohjelmisto	Käyttötarkoitus
Adobe Premiere PRO CS4	raaka leikkaus, lopullinen leikkaus
Adobe After Effects CS4	vihertaustan väriavainnus, tekstin muokaus, taustan animointi
Adobe Soundbooth CS4	äänien jälkikäsittely
Adobe Illustrator CS4	grafiikan luominen
Adobe Mediaencoder CS4	videon ja äänen pakkaus
Adobe Indesign CS4	esitteen valmistus painoa varten

Ohjelmistojen kirjo oli kattava, ja tässä ei ole laskettu mukaan muiden oheisohjelmia, joilla tehtiin esimerkiksi videoiden teknisten tietojen tarkastelua. Lisäksi varsinkin suunnittelutyötä tehtiin tavalliselle paperille piirtämällä ja kirjoittamalla.

Opiskelijoiden kuvaus

Opiskelijoiden kuvaus toteutettiin Lagoon-videostudiossa 1.11.–17.11.2010. Kuvauksissa hyödynnettiin vihertaustatekniikkaa, jossa kuvattavan henkilön tai muun kohteen tausta on kirkas yksivärinen mattapinta. Yleensä tämä pinta ihmisiä kuvattaessa on kirkkaan vihreä tai sininen, koska nämä värit ovat helposti poistettavissa ja ne eroavat tarpeeksi ihmisen omasta ihonsävystä. Värit ovat kohtuullisen helppoja työstää. (47.) Kuvaustilanteissa on hyvä ottaa huomioon esimerkiksi vaatetus, joka ei saa sisältää vihreitä osia. Väärän vaateuksen vaarana on, että ihmiseen tulee ylimääräisiä reikiä, joiden paikkaaminen jälkikäsitellyssä voi olla hyvin haastavaa ellei jopa mahdotonta. Tämänkaltaista taustan poistamista kutsutaan väriavainnukseksi (engl. colorkeying). Kuvassa 13 on laatimani lavastus Lagoon-videostudiosta opiskelijoiden kuvausten aikana.



Kuva 13. Kokoonpano studiossa opiskelijoiden kuvaamiseksi.

Vihertaustakuvaus mahdollistaa jälkituotannossa taustavärin korvaamisen helposti muuhun video- tai kuvamateriaaliin. Kuvassa näkyvät lavasteet ja välineistö, jonka avulla kuvaukset suoritettiin.

Jokainen esiintyjä esitti vuorollaan pyydetyn repliikin muutaman kerran. Näin varmistettiin onnistuneet otokset ja mahdollisimman laadukas lähdemateriaali. Otoksella tarkoitetaan yhtä kuvauskertaa, jossa kamera laitetaan tallentamaan kuvaa ja ääntä niin

pitkäksi aikaa, kunnes kameran tallennus laitetaan pois päältä tai kamerasta loppuu tallennustila.

Äänentasot tarkistettiin erikseen jokaista kuvattavaa henkilöä kohden. Tarvittaessa äänen taajuusjakaumaan vaikutettiin käyttämällä mikserin tajuuskorjaimia. Taajuuskorjaimilla parannetaan tai korjataan mahdollisia virheitä, joita äänen tallennukseen muuten tulisi. Mahdollisia virheitä voi tulla äänitystilassa vallitsevista olosuhteista ja mikrofoniin asetellun rajoitteista. (48, s. 316.) Mainoksen äänityksessä ei tarvinnut tehdä juuri lainkaan taajuuskorjailuja, koska mikrofoniin saatiin asetettua riittävän lähelle puhuvia henkilöitä. Nauhoitustilanteessa äänentasot tarkastettiin, jotta jokaisen puhujan ääni tallentuisi samalla voimakkuudella. Tarkoituksena oli saada jokaiselta puhujalta mahdollisimman selvä ja kuuluva ääni jälkituotantoa varten.

Taajuuskorjain vaikuttaa äänentaajuuden toistoon yleensä ennalta määrättyllä taajuusalueella, ja sillä joko nostetaan tai lasketaan äänentasoja. Tässä tuotannossa taajuuskorjaimella yritettiin vaimentaa videostudiossa sijaitsevan ilmastointilaitteen huminaa, jota ei pysty sammuttamaan paikallisesti. Taajuuskorjaimia on useita tyyppisiä. Vanhimpiin kuuluu kiinteätaajuuksinen korjain, jolla tyypillisesti vaikutetaan erikseen mataliin, keski tai korkeisiin taajuuksiin. Nämä säätimet löytyvät yleisimmin analogisista mikseristä jokaiselle kanavalle erikseen määrättyinä. Tämän kaltaisilla säätimillä tehtiin tuotannon taajuuskorjaus. Tehdyt säädöt ovat suhteellisen karkeita, koska alueet ovat taajuusalueiltaan isoja.

Toinen uudemmissa mikseristä löytyvä taajuuskorjaintyyppi on parametrinen korjain. Sillä voidaan määritellä hyvin tarkasti korjattavan alueen taajuus, voimakkuus tai vaimennus ja kaistanleveys, niin sanottu Q-arvo, joka määrittelee, miten laajalle alueelle korjaus vaikuttaa. Digitaalisissa mikserissä parametriset korjaimet ovat monipuolisempia, koska jokaiselle ääniraidalle pystytään ohjelmallisesti määrittämään useampi parametrinen korjaus riippuen äänimikseristä. Tämänkaltaisen parametrinen korjaus vaatii vähintään kolme potentiometriä perinteiselle analogiselle mikserille, ja useampi tämänkaltaisen taajuuskorjain vaatii paljon tilaa. (48, s. 323.)

Viimeisenä mainitsen graafiset taajuuskorjaimet, jotka koostuvat sarjasta liukusäätimiä, joista jokainen on määritetty toimimaan tietyllä taajuusalueella. Yleensä tämä taajuus-

alue on rajattu ihmisen kuuloalueen mukaan, joka on perinteisesti 20 Hz – 20 kHz (48, s. 7). Säätimien välit kulkevat oktaavien välein, ja säätimien arvot on standardisoitu tietyille oktaavitaajuuksille. Standardin mukaiset taajuudet ovat seuraavat: 31,5 Hz, 63 Hz, 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz, 4 kHz, 8 kHz, 16 kHz. Monissa graafisissa korjaimista voi olla enemmän säätimiä, jotka jakautuvat näiden väliin tai nousevat jopa 20 kHz:iin asti.

En käsittele tässä työssä enempää äänityksen ja äänen jälkityön tärkeyttä, mutta haluan todeta, että ne toimivat tärkeässä osassa missä tahansa video- tai elokuvatuotannossa, koska äänen lopullisella muodolla on lopputuotteessa hyvin suuri osa.

Laboratoriotilanteiden kuvaus

Koska opiskelijat kuvattiin yksitellen tai pienissä ryhmissä ja yleensä oppituntien välissä, suunnittelin ja toteutin samalla eri opiskelutilanteiden kuvauksia. Olin ennalta valinnut tietyt aiheet, jotka sopivat aiheiksi videolle. Nämä tilanteet kuvattiin käyttämällä samaa kuvauskalustoa kuin opiskelijakuvauksissa. Kaikki tilanteet olivat lavastettuja opiskelutilanteita, jotka simuloivat oikeita laboratoriotilanteita koululla.

Tässä vaiheessa tuli ilmi, että Information Technology -koulutusohjelma oli myös kiinnostunut osallistumaan tähän projektiin ja tarjosi tilojaan ja opiskelijoitaan osallistumaan kuvauksiin. Koulutusohjelman johtaja Antti Piironen keskusteli minun ja Erkki Aallon kanssa siitä, miten he voisivat osallistua, ja sovimme, miten toimisimme yhteistyössä.

Ensimmäisenä simuloituna tilanteena oli Steadicam-kuvaus. Steadicam on kameraoperaattorin käyttämä hienomekaaninen kameran vakauttava järjestelmä, joita Metropolian Leppävaaran toimipisteessä on yksi. Toiminta perustuu jousitettuun mekaaniseen käsivarteeseen, johon tasapainotettu kamera kiinnitetään. Käsivarsi kiinnittyy puolestaan operaattorin käyttämään kantoliiviin. Steadicam-järjestelmän tarkoitus on toimia tasapainottajana operaattorin ja kameran välillä. Esimerkiksi portaita pitkin kävellessä kameran liike pysyy tasaisena, sillä mekaanisen käsivarren jousitus reagoi operaattorin kehon tuottamia värähdyksiä vasten ja pitää kameraa vakaana.

Toinen simulaatiotilanne oli 3D-kuvaaminen. Se on yksi uusista alueista, joita Metropolian mediatekniikan ja Media Engineering -koulutusohjelmissa on vuoden 2010 syksyn alusta tutkittu. Leppävaaran yksikössä on valmiudet tuottaa stereoskooppisia digitaalisia kuvia ja 3D-videomateriaalia. Käytössä on lisäksi 3D-materiaalin katsomiseen ja jälkikäsitteilyyn tarvittava välineistö. Tässä tapauksessa käytössä on 3D-televisio, jonka kautta voidaan monitoroida stereoskooppista materiaalia polarisaatioon perustuvilla passiivilaseilla ja PC- ja Mac-jälkikäsitteily-ympäristö 3D-materiaalille.

Digitaalisen valokuvauksen tilanne lavastettiin mediatekniikan videotuotantolaboratorioon. Tilanteen lavastus koostui kuvausvaloista, kuvaustaustasta, kuvattavasta kohteesta ja kuvaajasta. Tilanteessa näyttelijänä toiminut kuvaaja oli kuvaamassa kohdetta, joka voisi olla osa varsinaisia opintoja tai opintoja tukevaan projektiin kuuluva kuvausessio.

Kuvausten apuna käytettiin kamera-ajojen toteuttamiseen tarkoitettuja kiskoja. Tavallisesti näitä kutsutaan dollyksi tai kameradollyksi. Dolly voi olla joko jalustalla liukuvartta tai kiskoja pitkin kulkeva taso, joka liikkuu joko vaaka- tai pystysuunnassa. Tarkoitus on saada mahdollisimman tasainen liike kameran liikuttamiseen eli kamera-ajoon. Työssä käytettiin kiskoja pitkin kulkevaa rullien avulla liikutettavaa isoa alustaa, jonka päälle asetettiin jalustalla oleva kamera. Dollyn käyttäminen on elokuvamaailmassa yleinen teho- ja tyylikeino, jonka avulla voidaan tukea tarinan kerrontaa tai muuttaa kuvan kompositiota.

Information Technology -koulutusohjelmaa varten kuvasin koulutusohjelman laboratoriotiloissa. Ensimmäisessä osassa opiskelijat tekivät sovellusohjelmointia. Se oli haastavaa, koska tavallisesti työskentely tietokonepääteellä on staattista ja vähäeleistä. Tämän takia seurasin tilannetta jonkin aikaa ja huomioin, miten eri ihmiset toimivat. Tarkoitus oli, että opiskelijat tottuvat ensin siihen, että tilassa on vieras ihminen kameran kanssa, ja samalla piti etsiä eloisammin toimivia persoonia, jotka myös kävivät keskustelua opiskelutovereidensa kanssa. Asiaa helpotti tilanteessa se, että opiskelijat tekivät töitä pareittain tai pienissä ryhmissä ja siitä sain hyvää kuvamateriaalia tallennettua.

Toisessa Information Technology -koulutusohjelman kuvauksessa oli tarkoitus kuvata automatisoituja työpöytiä, joista nousevat esille kytkentäpaneelit. Paneeleissa on opis-

keluun liittyvää laitteistoa. Tämä oli visuaalisesti näyttävien asia, mitä voi kameralla tallentaa, ja se haluttiin saada mukaan mainokseen.

4.3 Jälkituotanto

Jälkituotannon työnkulku oli suhteellisen selkeä, mutta omalta osaltaan myös yksi työläimpiä kokonaisuuksia. Jälkituotantoa varten käytössä oli Applen valmistama Mac Pro -tehotyöasema, jossa oli kaksi Intelin valmistamaa Quad-prosessoria eli yhteensä kahdeksan ydintä. Lisäksi koneessa oli 12 gigatavua työmuistia ja 500 gigatavua massamuistia (49). Kone oli riittävän tehokas työstämään suoraan Panasonicin tuottamaa MXF-tiedostokääreeseen pakattua videota. Varsinainen videosisältö on DVCPRO HD -videota, jonka resoluutio on 1440 x 1080 pikseliä, mutta toistossa ja jälkikäsitellyssä se skaalautuu aina resoluutioon 1920 x 1080.

Jälkituotanto alkoi materiaalien siirtämisestä kameras tallennusmedioista työaseman fyysiseen muistiin, ja materiaalista tehtiin myös kopio varmuuskiintolevylle. Tiedostojen siirtämisen jälkeen kaikki otokset avattiin Adoben Premiere Pro -leikkausohjelmassa, tarkastettiin otosten laatu ja valittiin onnistuneimmat. Onnistuneet otokset siirrettiin omalle aikajanelle erilleen muista otoksista ja ryhmitettiin siten, että rytmitys olisi sulava. Premieressä pystyy työstämään yhden projektin sisällä useampaa aikajanaa vuorollaan. Pieniin ryhmiin jaettujen puhujien väliin lisättiin dummy-videoita, joiden tarkoitus oli varata tila myöhemmin laitettavalle videomateriaalille. Tällöin ruudussa lukee vain värilliselle taustalle kirjoitettu nimi siitä videosta, joka siihen on tulossa, esimerkiksi "3D-Kuvaus". Dummy-videoiden pituus oli arvioitu suurin piirtein sen mukaan, mitkä oikeiden videoiden pituus tulisi olemaan.

Musiikki ja äänen jälkityöt

Puhujien ja dummy-videoiden sommittelun jälkeen piti päättää, minkälainen ääniraita videolle tulee. Aikaisemman kokemuksen ja olemassa olevan materiaalin takia arvioin, ettei pelkkä puhe tule riittämään, vaan lisäksi on saatava jotain muuta. Helpoin ja käytännöllisin valinta tässä tapauksessa oli käyttää musiikkia. Musiikin käyttäminen mainoksissa on hyvin yleistä, koska se luo mielikuvia ja toimii katsojan mielentilan ohjaajana. Mahdollisuuksia tässä tapauksessa oli kaksi. Minulla oli mahdollisuus hyödyntää

koulun soundtrack-ääniraitakokoelmaa, jonka avulla voi ohjelmallisesti rakentaa oman musiikkikappaleen valmiista osasista, mutta aikaisempien kokemusten valossa en pitänyt sitä kovinkaan hyvänä vaihtoehtona ja päätin kokeilla erilaista lähestymistapaa.

Toisena vaihtoehtona oli etsiä Internetistä ilmaista rojaltivapaata musiikkia. Tässä oli oltava hyvin tarkka ja varovainen, ettei vahingossa mukaan valikoidu mitään maksullista tekijänoikeuskorvauksen piiriin kuuluvaa musiikkia. Toisin sanoen etsin Creative Commons -lisenssin alla julkaistua musiikkia, jonka ehdot mahdollistivat musiikin käytön mainosvideossa. Sopiva kappale löytyi Jamendo-musiikkipalvelun kautta. Jamendo on palvelu, jonka kautta kuka tahansa voi julkaista musiikkia, ja jokainen musiikkiaan sinne lisännyt voi määrittää hyvin tarkasti lisenssiehdot jakamiselle ja käytölle.

Mainoksen musiikkikappaleeksi valikoitui Professor Kliquen kappale nimeltä Fractal Jesus (49). Se valikoitui tyylinsä ja tunnelmansa takia. Kappale edustaa kokeellista elektronista musiikkia. Se oli julkaistu Creative Commons 3.0 -lisenssin alaisena, jonka ehtoina oli, että alkuperäinen tekijä mainitaan ja musiikkia saa käyttää epäkaupallisissa tuotoksissa ja vain, jos tuotokset julkaistaan saman lisenssin alla (50). Tämän insinöörityön digitaalinen lopputulos on julkaistu myös Creative Commons -lisenssin alaisena, ja kuka tahansa voi käyttää sitä omaan epäkaupalliseen työhönsä, mikäli hän mainitsee minut ja musiikintekijän ja julkaisee oman työnsä edelleen samalla lisenssillä.

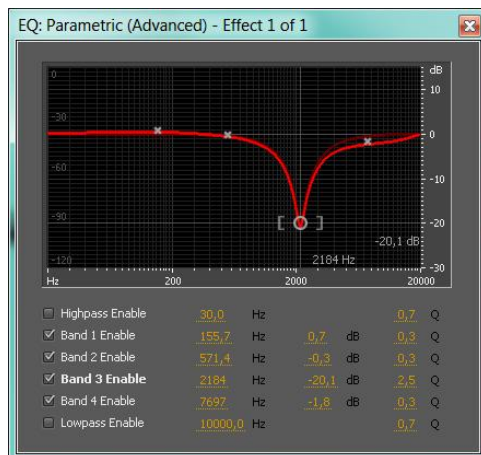
Musiikkia ei voinut ihan suoraan käyttää siinä muodossa, missä se oli, vaan sitä piti muokata sopivaksi. Tässä tapauksessa kappaleesta valittiin muutama ydinosa, jotka leikattiin toisiinsa sopiviksi ja liitettiin osaksi videota. Yksi kappaleen valintasyynä oli sen hyvä rytmitys, ja se sopi suhteellisen hyvin videon leikkausrytmitykseen. Kappaletta piti jonkin verran uudelleen järjestellä, ja kun se oli valmis, oli videoiden uudelleen rytmitys musiikin mukaan helppoa. Videon uudelleen rytmityksessä oli kyse pienistä siirroista, joita piti tehdä tiettyihin videon leikkauskohtiin. Lähinnä kuvien alku- tai loppukohtia siirrettiin vastaamaan musiikin iskukohtia. Kun rytmitys oli saatu korjattua, piti musiikkia hiljentää puhekohdissa, joissa opiskelijat olivat äänessä ja kertoivat, mistä ovat kotoisin.

Muita äänitöitä oli opiskelijoiden puheiden käsittely. Tarkasta kuvaustilanteen esivalmistelusta huolimatta äänen jälkitöistä tuli suurin työosuus. Syynä tähän oli Lagoon-

videostudion tila, joka on alun perin suunniteltu videoneuvottelutilaksi. Tila on jälkikäteen otettu opetuskäyttöön ensin virtuaaliodellisuuden tutkimiseen ja myöhemmin videotuotantoa varten. (52.) Tilaa ei ole optimaalisesti suunniteltu videotuotantoja varten, ja suurin ongelma tilassa on ilmanvaihto. Tilan katossa on humiseva ilmastointilaitte, jota ei pysty kytkemään pois päältä, ja ilmastointilaitteen humina tallentuu herkästi myös kuvaustilanteessa. En osannut ottaa sitä huomioon, koska humina on alati läsnä, eikä sitä osata välttämättä rekisteröidä häiriöääneksi. Optimaalisessa studiossa on mahdollista kytkeä ilmastointi ja muut ylimääräistä melua aiheuttavat äänet pois. Vaihtoehtoisesti ilmanvaihto on suunniteltu siten, että siitä ei aiheudu ylimääräistä ääntä. Toinen häiriötekijä kuvauksissa oli meluisa käytävä. Häiriöitä käytävässä aiheuttivat kolahtavat ovet ja meluavat ihmiset.

Äänityö, joka puhujien äänelle tehtiin, oli ilmanvaihtolaitteiston aiheuttaman huminan poistamista. Sitä tehtiin käyttämällä Adoben Soundbooth-äänityöohjelmaa. Ohjelma ei osaa suoraan käsitellä kameran MXF-kääreeseen tallennettua äänisignaalia, vaan se piti Adoben Premierellä tallentaa Soundboothin ymmärtämään äänitiedostoksi. Valitsin työskentelyä varten standardin häviötöntä PCM-pakkausta käyttävän Wave-formaatin, jota Soundbooth tukee. Soundboothilla avattuihin äänitiedostoihin tehtiin kohinan poistoa käyttämällä ohjelman tarjoamia työkaluja. Työkaluina käytettiin laajempaa parametristä EQ-säädintä ja erillistä kohinanpoisto-ominaisuutta. Parametrisellä EQ-säätimellä vaimennettiin tiettyä taajuusaluetta, jossa kohina eniten kuului.

Kuvasta 14 näkee, miltä graafisella käyttöliittymällä varustettu parametrinen EQ näyttää. Korjaimessa on nyt vaimennettu 2,2 kHz ja sen lähitaajuusalueita.

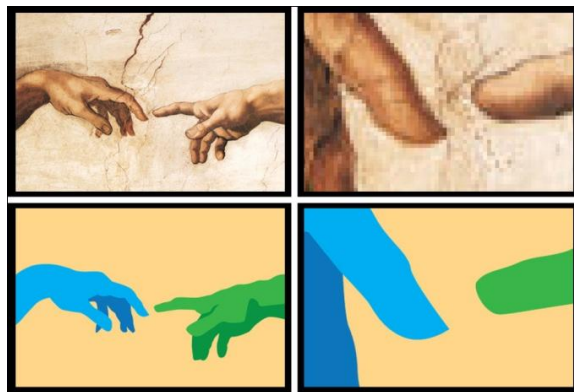


Kuva 14. Parametrinen EQ-korjain.

Grafiikka

Videon tausta, joka sijoitettiin vihreän taustan tilalle, luotiin käyttämällä Adoben Illustrator- ja After Effects -ohjelmia. Illustrator on graafiseen suunnitteluun tarkoitettu piirustusohjelma, jolla voi luoda vektorigrafiikkaan perustuvia kuvia. Vektorigrafiikan tavoite on luoda esitettävät asiat matemaattisilla kaavoilla. Grafiikka ei ole sidottu pikseleihin, joita käytetään tavallisesti graafiseen esittämiseen videossa tai tietokoneen näytöllä.

Oleellisin ero vektorigrafiikassa ja pikseligrafiikassa on se, että vektorigrafiikkaa on helpompi työstää graafisessa, muotoihin perustuvassa suunnittelussa. Vektorit eivät pikseligrafiikan tavoin ole sidottu valmiiseen resoluutiotarkkuuteen vaan koordinaatistoon, ja tämän takia vektorit ovat resoluutiosta riippumaton esitystapa. Tämän vuoksi voidaan vektoreilla luotuja muotoja siirtää ja skaalata ilman, että tarkkuus kärsii. Vektoreilla luodut muodot simuloidaan pikseligrafiikaksi näytölle, jotta sitä voidaan tarkastella ja työstää visuaalisesti ja sitä voidaan sisällyttää pikseligrafiikan sekaan esimerkiksi videoon. Laitimastani kuvasta 15 nähdään, miten vektorigrafiikan skaalaaminen onnistuu paremmin verrattuna puhtaaseen pikseligrafiikkaan.



Kuva 15. Vasemmalla puolella on alkuperäinen kuva ja sen vektoriversio. Oikealla on 600 %:n suurennot kummastakin kuvasta.

Leikkaus ja muut videon jälkityöt

Adobe After Effects -ohjelmaa käytettiin videon ja grafiikan yhdistämiseen eli väriavainnukseen, jossa vihreä tausta korvattiin grafiikalla. Lisäksi taustan sisältämiä ob-

jekteja animoitiin, jotta taustasta saataisiin eläväisempi. Tässä tapauksessa pilvet saatiin liikkumaan taivaalla. Muita elementtejä, joita After Effectsillä tuotettiin, oli kunkin esiintyvän opiskelijan kotimaa tekstinä kuvaan. Tekstit animoitiin liikkumaan videon rytmin mukaan liukuvina teksteinä, kuten kuvasta 16 voi nähdä.



Kuva 16. Itävaltalaisen opiskelijan kotimaa on tekstinä taustalla.

Kaikki After Effectsillä käsitellyt materiaalit lähetettiin Premierelle hyödyntämällä Adoben Dynamic Link -ominaisuutta, joka mahdollistaa näiden ohjelmien tosiaikaisen keskustelun keskenään. Tämä osoittautui hyvin hyödylliseksi, mutta toisaalta hyvin resursseja syöväksi ominaisuudeksi. Ominaisuuden tarkoitus on vähentää turhaa videoiden prosessointia ohjelmien välillä ja mahdollistaa toisella ohjelmalla tehdyt muutokset näkyviin toiselle ohjelmalle. Tässä tapauksessa kaikki muutokset, mitä videoihin tai grafiikkaan After Effectsin kompositioihin tehtiin, näkyivät suoraan Premieren aikajanoille sijoitetuissa linkitetyissä videoissa. Mainoksen valmistuttua oli seuraava vaihe saada siitä 35 mm:n filmikopio, ja näitä vaihtoehtoja oli tarjolla muutama. Mainoksesta tehtiin digitaaliset teräväpiirto- ja pienempiresoluutioiset videot.

4.4 35 mm:n esityskopion valmistus Cinevator five -filmitulostimella

Teatterilevitykseen tarkoitetut 35 mm:n filmikopiot tilattiin Tanskassa Kööpenhaminassa sijaitsevasta Nordisk Film Short Cutista. Vaihtoehtona olisi ollut käyttää esimerkiksi Finn-Lab Oy -elokuva-laboratorion ja digitaalisesta lähdemateriaalista negatiivikopion valmistavan Generator Postin palveluita. Suurin ero Tanskan ja Suomen toimijoiden välillä on, että Finn-Lab toimii perinteisellä filmivalmistuksen periaatteella,

jossa erikseen valmistetusta negatiivikopiosta kopioidaan varsinaiset esityskopiot. Nordisk Filmi Short Cutissa on käytössä digitaalinen filmitulostin.

Kun esityskopioita tuotetaan filmille valmistetusta perinteisestä negatiivikopiosta, tapahtuu aina filmin fyysistä kulumista, kun sitä ajetaan kopiolaitteiston läpi. Lisäksi on aina olemassa mahdollisuus, että prosessin aikana tulee ylimääräisiä roskia tai muuta likaa, esimerkiksi pölyä, joka tarttuu negatiiviin tai esityskopioon valmistuksen aikana. Nämä mahdolliset virheet ovat sitten alati läsnä esityskopioissa.

Cinevator five -filmitulostin pystyy valottamaan värillisen kuvan filmille suoraan digitaalisesta lähdemateriaalista. Koska negatiivikopiota ei tarvitse erikseen valmistaa, säästyy sekä aikaa että rahaa eikä alkuperäinen kuvanlaatu kärsi. Esityskopiota valmistettaessa filmi täytyy kuljettaa vain kerran tulostimen läpi. Cinevator five -filmitulostin käyttää myös Texas Instrumentsin DLP-tekniikkaa kuvan projisointiin filmille. Tulostin valottaa filmiä käyttäen valonlähteenään tehokkaita RGB-loistediodeja (LED), jotka valmistajan patentin mukaan osaavat kalibroida itsensä, jolloin kuvaan ei tule värin vääristymiä. (53.)

Cinevator five -filmitulostimen ominaisresoluutio on 2048 x 1769 pikseliä, joka mittasuhteeltaan vastaa täyttä 35 mm:n filmiruutua. Tällä hetkellä yleisin digitaalisissa elokuvateattereissa käytettävä esitysresoluutio on 2048 x 1080 pikseliä eli niin sanottu 2K-resoluutio. Tämä resoluutio toimii usein myös tuotanto- ja jälkituotantotarkkuutena elokuvatuotannoissa. Näin filmikopiolla päästään vähintään digitaalisen elokuva-teatterin tarkkuuteen. Koska tämä oli minulle uusi esityskopioiden valmistustapa, ehdotin, että sitä käytettäisiin filmikopioiden valmistukseen. Otin yhteyttä Suomessa toimivan Cinepro Finland Oy:n Petri Siitoseen ja keskustelin filmien tilaamisesta ja valmistuksesta. Hänen mukaansa muun muassa dokumentaristit käyttävät tätä tapaa sen edullisuuden takia ja esimerkiksi Yhdysvalloissa elokuvien ensi-iltakopioita valmistetaan tällä tavalla, koska kuvan laatu on uutena parempi verrattuna perinteisiin filmikopioihin. Tämä pätee kuitenkin vain rajoitetuissa kappalemäärissä, ja lopulta tulee halvemmaksi tuottaa esityskopiot perinteisellä valmistuksella. (54.) Materiaali toimitettiin Cineprolle siten, että video pakattiin erikseen Quicktimen MOV -kääreeseen käyttäen hyvin vähäistä 10-bittistä YUV-koodausta. Ääni tuotiin projektista ulos 16-bittisenä WAV-äänenä. Kuvassa 17 ovat koululle toimitetut filmikopiot.



Kuva 17. Kaksi esityskopiota mainoksesta. Yhden kelan pituus noin 50 metriä. Vertailuksi perinteisen kahden tunnin elokuvan pituus on noin 3 300 metriä.

Tämän projektin kahden kopion valmistaminen Cinevator five -filmitulostimella maksoi yhteensä 861 euroa (alv. 0 %), mikä sisälsi Dolby SR -ääniraidan. Hinta-arvio Generator Postilta valmiille kopioille oli lähes puolet enemmän. Generator Postin prosessissa olisi ensin valmistettu digitaalisesta lähdemateriaalista negatiivikopio, joka olisi lähetetty Finn-Labille esityskopioiden valmistamista varten.

4.5 Muu markkinointimateriaali

Filmikelojen lisäksi teatterille toimitettiin mainosesitteitä, joita oli tarkoitus jakaa festivaalivieraille ja jättää vapaasti otettaviksi. Vastasin itse esitteen suunnittelusta ja toteutuksesta. Suunnittelin esitteeseen ulkoasun, joka oli yhtenäinen mainoksen kanssa, ja käytin samoja graafisia elementtejä, joita olin videossa käyttänyt. Mainoslehtiseen sisältyi grafiikan lisäksi tekstiosat, joissa kerrottiin Metropolian englannin kielellä tarjottavista opintovaihtoehdoista.

Tarkoitus oli saada oleelliset asiat helposti luettavaan muotoon, ja päädyin käyttämään mahdollisimman selkeää tekstityyppiä, joka olisi helposti luettavissa sekä pienellä että isolla kirjasinkoolla. Kuvasta 18 näkyy mainoslehtisen graafinen taitto molemmilla puolilla. Taitossa on hyödynnetty kuvattua videomateriaalia ja elementtejä, joita luotiin mainosta varten.



Kuva 18. Mainoslehtinen.

Mainoslehtisten painatus tehtiin Metropolian digipainossa Leppävaarassa, jonne toimitin valmiin painokelpoisen PDF-tiedoston. Lopullinen painomäärä oli 400 kappaletta, ja koko erä toimitettiin Pietariin elokuvateatterille.

Vastaanotto ja käyttö muissa viestintäkanavissa

Media Engineering -koulutusohjelman opiskelija Elizaveta Bandalet, joka vieraili festivaaleilla, toteutti paikan päällä katsojakyselyn ja jälkepäin raportoi minulle havainnoistaan. Hänen mukaansa katsojat pitivät traileria hienona, mutta he eivät ymmärtäneet sen tarkoitusta (55). Tämä johtuu siitä, että festivaalin kohdeyleisön englannin kielen taito ei riittänyt. Mikäli olisi haluttu tavoittaa suurempi kohdeyleisö mainokselle, se olisi pitänyt toteuttaa alusta asti venäjän kielellä tai jälkikäteen tuottaa venäjänkielinen versio. Jos mainos olisi venäjänkielinen, katsojalle voisi toisaalta muodostua väärä mielikuva siitä, että opetus Metropolia Ammattikorkeakoulussa on myös venäjäksi. Näin ei kuitenkaan ole, vaan opetusta tuotetaan vain suomeksi ja englanniksi, ja näin mainos tällaisenaan toimii paremmin.

Sain pian mainoksen valmistumisen jälkeen tiedustelun, voiko mainosta käyttää Metropolian markkinointiin Facebook-yhteisösivustolla. Annoin luvan, ja mainos on katsottavissa Helsinki Metropolia UAS School of ICT -sivulla (56).

5 Kuvatuotannon työnkulku digitaaliseen esitysympäristöön

5.1 Digitaalisen kuvatuotannon keinot

Minulla oli mahdollisuus filmiprojektin jälkeen tutustua digitaaliseen elokuvakameraan RED One, joka on yhdysvaltalaisen Red Digital Cinema Camera Companyn valmistama kamera. Kamera oli mediatekniikan koulutusohjelmassa tutkimus- ja testikäytössä, ja pääsin myös itse tutustumaan siihen.

Ensimmäinen tekninen ero mainoksen tekemiseen käytetyn Panasonic AG-HPX171E -kameran ja RED Onen välillä oli resoluutiotarkkuus. Siinä missä AG-HPX171E kuvasi parhaimmillaan teräväpiirtotarkkuudella 1920 x 1080 pikseliä, kuvaa RED One 4K-resoluutiota, joka on 4480 x 2304 pikseliä (57). Pelkän resoluutiotarkkuuden lisäksi suuri merkitys on kameran sensorilla eli kuvakenolla, josta kamera prosessoi kaiken informaation, ja tämän informaation pakkaaminen talteen. RED One -kameran kenno on fyysisiltä mitoiltaan 24,2 mm x 12,5 mm (57). Tämänkokoinen kenno vastaakin kuvasuhteeltaan aikaisemmin mainittua "Akatemian kuvasuhdetta". Panasonic AG-HPX171E -kameran kennon koko on puolestaan niin sanottu 1/3 tuumaa eli 4,80 mm x 3,60 mm. Kennon koko on näin fyysisesti huomattavasti pienempi kuin RED One -kameran. Taulukosta 2 nähdään, miten näiden kameroiden fyysinen koko on verrannollinen resoluutiotarkkuuteen, jota ne tallentavat.

Taulukko 2. RED One- ja AG-HPX171e -kameran kennojen vertailu.

RED One	
leveys	korkeus
24,2 mm	12,5 mm
4480 pikseliä	2304 pikseliä
0,0054 mm/pikseli	0,0054 mm/pikseli
Panasonic AG-HPX171e	
leveys	korkeus
4,8 mm	3,6 mm
1920 pikseliä	1080 pikseliä
0,0025 mm/pikseli	0,0033 mm/pikseli

Tältä pohjalta voidaan todeta, että RED One -kameran yksittäiselle pikselille eli yksittäiselle sensorin anturille on fyysisesti varattu isompi ala kennolta. Tämä tarkoittaa sitä, että jokainen yksittäinen anturi pystyy keräämään enemmän valoa sensorilla, jolloin saadaan parempi kuvanlaatu. Parempi kuvan laatu tässä tapauksessa liittyy kohinaan. Kameroiden kennot keräävät itseensä optiikan kautta valoa, ja tämä valo muutetaan sähköiseksi analogiseksi jännitesignaalksi, joka digitoidaan prosessointia ja tallennusta varten (58). Pienemmät kennot, joissa on pienemmät anturit, pystyvät keräämään vähemmän valoa, ja tätä kennon sähköistä jännitesignaalia joudutaan yleensä voimistamaan. Tällaisessa tilanteessa kohina alkaa voimistua, ja se korostuu varsinkin kuvattaessa hämärästi valaistussa olosuhteissa.

Kohinan määrään vaikuttaa myös kameran ISO-herkkyyden nostaminen, jonka tarkoitus on voimistaa kennon signaalia ennen tallennusta (58; 59, s. 104–105). ISO-herkkyyden säätö on tavallisesti käytössä vain digitaalisissa valokuvauskameroissa, sillä sen toiminnan perustana on filmikameroiden ASA-herkkyyden eli filmin valoherkkyyden simuloiminen. Kuitenkin myös RED One -kamerassa on olemassa ISO-herkkyyden säätömahdollisuus.

Digitaalisissa kameroissa kohina on kameran itse tuottamaa sähköistä kohinaa, eli niin sanottua pohjakohinaa, joka muodostuu kameran omista sähköisistä piireistä kameran ollessa päällä (59, s. 104). Tämä kohina vaikuttaa kennon antureiden jännitteeseen ja kuvaolosuhteista riippuen näkyy tallentuvassa kuvamateriaalissa. Sähköinen kohina muistuttaa filmin rakeisuutta, ja tarkoituksellista kohinan tuottamista voidaan käyttää tyylikeinona joissakin tapauksissa (59).

Pelkkä kameran tekninen laatu ei koskaan ole lopullisen kuvatuotoksen laadun taakka. Tärkeämpää on se, miten kameraa käytetään. Kameran hallinnan ja muun tuotannon suunnittelun on onnistuttava, jotta saadaan hyviä tuloksia. On kuitenkin totta, että hyvillä tuotantovälineillä saadaan huomattavasti laadukkaampaa jälkeä aikaa, mikäli kuvan tuottajilla on tarvittavaa tietotaitoa ja kokemusta.

Koska tämäntasoisten tuotantokameroiden hankintahinta on kallis, on vuokrakaluston käyttö yleistä. RED One -kameran pelkkä sensoryyksikkö maksaa 25 000 dollaria, ja toimiva RED One -tuotantokuvauskalusto maksaa noin 54 000 dollaria ilman veroja.

Suomeen tilattaessa lisäksi tulisivat mahdolliset tulli- ja alv-maksut, jolloin kameran todellinen hankintahinta nousee. Tähän hinta-arvioon ei sisälly esimerkiksi kamerajalustaa tai kuljetuslaatikoita, jotka pitää hankkia tai teettää erikseen. Tämän takia Suomessaakin on yrityksiä, esimerkiksi Mutasen elokuvakonepaja ja Devil Rentals, joka vuokraavat kalustoa. Molemmilla on RED One MX -mallin kameroita vuokrattavana. Mutanen vuokraa kameraa 700 eurolla päivältä ja Devil Rentals 850 eurolla päivältä. Vertailun vuoksi projektissa käytetyn Panasonic-videokameran vuokrahinta kohtuullisella varustelulla maksaa Suomilammilta 190 euroa päivä ilman arvonlisäveroja. (60; 61; 62.)

Taulukosta 3 huomataan, miten suuri ero vuokrahinnassa on näiden kahden kameran välillä. Panasonicin olisi saanut käyttöön kolmeksi päiväksi alle sen hinnan, minkä RED One- kamera maksaa yhdeltä päivältä. Tähän hintaan RED One -kameran mukaan ei tule minkäänlaista jalustaa, tallennusmediaa tai optiikkaa. Kameran vuokrahinta olisi siis oikeasti korkeampi, koska mainitut välineet ovat välttämättömiä. Panasonic-kameran vuokrahintaan kuuluu tallennusmedia ja jalusta mukaan.

Taulukko 3. RED One kameran ja AG-HPX171e -kameran vuokrahinnat kolmelta vuorokaudelta.

Kameramalli	Kuvauspäivät	Hinta/vrk (euroa)	Yhteishinta (euroa)
Panasonic HPX171e	3	190	570 + alv 23 %
RED One MX	3	700	2100 + alv 23 %

Ympäri maailmaa monet tämän päivän suuret tuotannot on kuvattu käyttäen digitaalisia elokuvakameroita. Esimerkiksi Oscar-voittajat The Social Network ja Inside Job on kuvattu käyttämällä RED-kameroita (63). Suomalaisista elokuvista muun muassa tuleva Iron Sky kuvattiin käyttämällä RED-kameraa. Lisäksi elokuva Harjunpää ja tappajan näköinen mies -televisiosarja on kuvattu RED-kameroilla. Yksi huomio oli, että RED-työnkulku kuvauksista jälkituotannon kautta julkaisuun ei ole sen haastavampaa kuin muun digitaalisen videon jälkikäsitteily. Videon prosessointi vaatii enemmän tehoa työasemalta, mutta se ei muodostunut mediatekniikan laboratorion tutkimuskäytössä oleville koneille mahdottomaksi.

Mediatekniikan koulutusohjelman käytössä ollut RED One edusti kameran vanhempaa mallia, mutta toiminnallisuuksiltaan se toimii samoin kun uudempi päivitetty versio. Vuokrattuun tuotantopakettiin kuului kameran sensoriyksikkö, 16 gigatavun muistikortti, 50 mm:n kiinteäpolttovälinen objektiivi, etsin, neljä akkua ja akkulaturi. Kameran rakenne on modulaarinen, ja kaikki keskeiset osat kiinnitetään itse haluttuun kokoonpanoon. Kuvassa 19 on käyttövalmis kamera ja muistikortti, jolle raakamateriaali tallennetaan.



Kuva 19. Vasemmalla RED One -kamera ja oikealla 16 Gt:n CF-muistikortti.

Objektiivien kiinnitystapa on PL-mount, joka on yleinen käytössä oleva tapa elokuva-kameroissa. RED valmistaa ja myy myös sovittimia toisten valmistajien objektiiveille, jotka eivät käytä PL-mount-kiinnitystä. Näin RED One -kamerassa pystyy käyttämään jo olemassa olevia objektiiveja. Muistikortit ovat periaatteessa tavallisia compact flash -muistikortteja, mutta ne on erikseen valmistettu kameraa varten. Syynä on tallennusnopeus, jonka pitää yltää jatkuvaan 36 Mt/uun/s. Uudemmat 16 gigatavun muistikortit pystyvät tallentamaan jopa nopeudella 42 Mt/s, mikä mahdollistaen 4,5K-resoluutioon tallentamisen. Kameroihin on saatavilla myös SSD-massamuistiin perustuva tallennus. Tallennukseen käytetään Redin omaa REDCODE-tallennusformaattia, josta on olemassa kolme versiota, 28, 36 ja 42. Numero viittaa pakkauksen määrään eli siihen, kuinka suurella bittivirralla dataa tallennetaan. Virallista tietoa ei pakkaustekniikasta ole julkaistu, mutta käyttäjien testien mukaan se olisi muunnos JPEG 2000 -pakkauksesta.

Mielenkiintoinen huomio näistä bittivirroista on, että Panasonic-kameran bittivirta on suuruudeltaan 100 Mt/s DVCPRO HD -koodauksella ja silti RED One -kameralla kuvattu REDCODE-materiaali on esimerkiksi 36 Mt/s -bittivirralla resoluutioltaan neljä kertaa isompi ja paremmin työstettävää.

Digitaalinen järjestelmäkamera videotuotannossa

Toinen uusi digitaalinen tuotantomalli on käyttää digitaalisia järjestelmäkameroita videokuvukseen. Tämänkaltainen tuotantomalli on lähtenyt kasvamaan varsinkin Canonin julkaiseman 5D mark II -mallisen digitaalisen järjestelmäkameran myötä. Kameran todennäköisesti tärkein ominaisuus tässä asiassa on kennon koko ja sen mahdollistama paljon elokuvamaisempi olemus videomateriaalissa mitä kameralla voi tuottaa. Kennon koko vastaa perinteistä 35 mm:n kinoruudun kokoa, eli se on huomattavasti suurempi kuin perinteisissä esimerkiksi kuluttajamarkkinoilla olevissa video- ja järjestelmäkameroissa. Neil Smithingin mukaan elokuva-alan ammattilaisetkaan eivät välttämättä pysty näkemään eroa RED kameralla kuvatun 2K-materiaalin ja Canonin kameralla kuvatun materiaalin välillä (64, s. 361–376). RED on kuitenkin puhdas elokuvakamera, ja jälkimmäinen on vain ammattilaistason digitaalinen järjestelmäkamera, jossa on ominaisuutena videokuvaus.

Suomalainen Hyvä poika -elokuva on esimerkiksi kuvattu suurimmaksi osaksi käyttäen Canonin valmistamaa 5D mark II -digitaalijärjestelmäkameraa. Yksi täyden kennon tuoma mahdollisuus on kuvata hämärissä olosuhteissa. Elokuvan ohjaajan Zaida Bergrothin mukaan tuotannossa ei käytetty erikseen ulkoista tallenninta, vaan elokuvan kuvattu materiaali tallennettiin kameran muistikorteille. (65.)

Kamerassa on iso CMOS-kenno, jonka fyysiset mitat ovat 36 mm x 24 mm, eli se vastaa edellä sanottua kinofilmin ruutua. Perinteisen digitaalisen kuvaamisen lisäksi kameralla pystyy lisäominaisuutena kuvaamaan teräväpiirtotarkkuudella videota, joka on Applen Quicktime MOV -kääreeseen pakattua H.264-videota. (66.) Videoon tulee mukaan ääni kameran runkoon rakennetusta pienestä mikrofonista. Hyvä poika -elokuvan tekemisessä, kuten yleensä tapana on, käytettiin erillisiä mikrofoneja ja äänentallentimia. Elokuvan tuotannossa kamerassa ei käytetty tavallisia kameraobjektiveja vaan elokuvatuotantoon tarkoitettuja elokuvakameroiden objektiveja. Nämä objektivit ovat yleensä paljon isompikokoisia, laadultaan parempia ja sen takia myös paljon hintavampia kuin perinteiset valokuvaukseen tarkoitettut objektivit. Tämän tuotantomallin valinnan syinä olivat kustannustehokkuus ja tapa, jolla elokuva haluttiin toteuttaa. Kamera, joka on helposti liikuteltavissa, pääsee lähemmäs näyttelijöitä ja pystyy helpommin olemaan subjektiivisesti läsnä elokuvassa. (65.)

Tämänkaltainen tuotantomalli on vielä suhteellisen uusi, koska video-ominaisuudet ovat suhteellisen uusia digitaalisissa järjestelmäkameroissa. Usko tuotantomalliin on kuitenkin kova, sillä markkinoille tulee uusia ja parempia lisälaitteita helpottamaan kuvauksia ja kameraoperointia. Tätä tuotantotapaa suositaan tuotannoissa, joissa tarvitaan joko ketteryyttä tai halutaan pitää tuotantokustannukset pieninä. Esimerkkeinä voidaan mainita mainos- ja musiikkivideo tai lyhyet näytelmäelokuvat.

Oli tuotantomalli mikä tahansa, täytyy materiaali valmistella erikseen digitaalista elokuvateatteriesitystä varten. Luvussa 3.3 esiteltiin DCP-esityskopion paketti, joka on elokuvateattereille toimitettava filmikopion digitaalinen vastine. DCP-pakettien valmistukseen on olemassa useita sovelluksia. Suurin osa niistä on maksullisia, mutta on olemassa muutamia ilmaisia sovelluksia. Ohjelmia on Windows-, Mac OSX- ja Linux-käyttöjärjestelmille. Hinta voi nousta hyvin korkeaksi, ja esimerkiksi easyDCP-ohjelmistopaketti, jonka mukana tulee lisäominaisuutena KDM-salausavainten luominen, maksaa yli 4 000 euroa (67). Ilmaisissa sovelluksissa suurin puute tällä hetkellä on KDM-avaimien luominen, mutta tämä otetaan huomioon kehityksessä tulevissa versioissa. Esimerkiksi OpenDCP-projektiin tämä ominaisuus ollaan lisäämässä (68). DCP-pakettien tekemistä varten on olemassa paljon eri ohjeistuksia, joista voi saada apua varsinkin, jos työskentelee ilmaisohjelmistojen avulla (69).

5.2 Oma digitaalinen esityskopio elokuvateatteriin

Toteutin insinööriyön osana sekä easyDCP:llä että openDCP:llä itse tehdyt DCP-esityskopiot sekä salaamattomana että salattuna ja vertailin niiden rakenteita keskenään. Esityskopion toimivuus käytiin kokeilemassa kauppakeskus Sellossa vuonna 2008 toiminnan aloittaneessa Bio Rex -elokuvateatterissa. Otin ensin selvää, mitkä ovat vaatimukset kopiolle, ja päättelyn ja kokeilemisen avulla pystyin tuottamaan DCP-esityskopion. Oman kopion lisäksi DCP-esityskopion valmistus toteutettiin esittelynä ylempää ammattikorkeakoulututkintoa suorittaville opiskelijoille, jossa he pääsivät seuraamaan työskentelyä, missä voidaan ketterästi tuottaa toimiva digitaalinen esityskopio elokuvateatteriin. Tämä kokeilu toteutettiin lyhyellä aikavälillä kolmessa tunnissa, jonka aikana lyhyen esittelyn jälkeen tuotettiin esityskopio itse kuvatusta videomateriaalista, valmis-

tettiin siitä teoriassa toimiva DCP-esityskopio ja käytiin kokeilemassa sen toimivuus oikeassa esitysympäristössä.

Materiaalina käytin sekä omassa että aikuisopiskelijoiden versiossa Canon 5D mk II - digitaalijärjestelmäkameralla kuvattua videomateriaalia. Aikuisopiskelijoiden kanssa kävin kuvaamassa koulun lähiympäristössä. Kuvattu videomateriaali purettiin kameran muistikortilta työasemalle, jolle on asennettu Premiere CS 5 -versio, sillä siinä on suoraan tuki yleisimmille digitaalisilla järjestelmäkameroilla kuvatuille videoformaateille. Huomiona se, että vanhempi Premieren CS 4 -versio tukee paljon huonommin näitä pakkausformaatteja, minkä takia videon toistaminen onnistuu huonosti. Lähdemateriaali oli kuvattu teräväpiirtoresoluutioon ja tämän työn yhteydessä kuvaa piti levittää 8 %, jotta 1920 pikselin levyinen kuva saatiin 2048 pikseliä leveäksi.

Video otettiin ulos Premierestä TIFF-formaatissa siten, että kuvat on numeroitu järjestyksessä alkaen nollostasta. DPX-formaatti olisi ollut toinen vaihtoehto, sillä easyDCP osaa käyttää tätä kuvaformaattia DCP-paketin luomisessa. DPX tuli uutena asiana tässä vaiheessa vastaan, ja pienen selvityksen tuloksena kävi ilmi, että se on yleinen filmien skannauksen ja jälkituotannon kuvaformaatti. DPX-formaatissa kuvien väri-informaatio on mahdollista pakata logaritmiseen muotoon, jolloin väritarkkuus on parempi (70). Yksi tärkeä asia digitaalisessa elokuvassa on väriavaruus, jossa kuvat ovat. DCI-standardin mukaan esityskopion kuvien pitää olla XYZ-väriavaruudessa (30, s. 27; 3, s. 63). Syynä tähän on, että näin kuvamateriaali saadaan väreiltään laitteesta riippumattomaksi. Tavallisessa tapauksessa digitaalisten kuvien ja videoiden tieto on RGB-väriavaruudessa tai oikeammin värimalli on määritelmä väriavaruudesta. RGB-väriavaruus on käytössä esimerkiksi näytöissä ja digitaalisissa kameroissa. RGB-värimalli onkin laajimmin levinnyt teknisissä laitteissa ja ohjelmistoissa. Vaikka se on laajalti levittänyt, sitä ei pidetä tarpeeksi standardina sen laiteriippuvaisuuden takia, sillä eri laitteet saattavat toistaa värit hieman eri tavalla (3, s. 63). Lisäksi RGB-värimallista on olemassa useita eri versioita. Perinteisin ja laajimmin levinnyt on sRGB, joka on värisävyiltään suppein. Väriavaruuksien ja niistä laskettujen värimallien merkittävin ero toisiinsa verraten onkin kyky toistaa eri värejä. XYZ-väriavaruus on väreiltään laajempi kuin RGB-värimalli, ja tarkoitus on DCI-standardissa, että elokuvan väritietoa saadaan mahdollisimman hyväksi ja esitystekniikan pitää pystyä muuttamaan XYZ-avaruuden tieto pro-

jektorin käyttämään väriavaruuden malliin. Kuvassa 20 näkyy ero XYZ- ja RGB-väriavaruudessa, kun näytössä on käytössä sRGB-väriavaruus.



Kuva 20. Vasemalla kuva XYZ-väriavaruudessa ja oikealla RGB-väriavaruudessa.

Kuvan 20 vasemmanpuoleinen kuva on vihertävämpi, kun sitä tarkastellaan tietokoneen monitorilla, mutta elokuvateatterissa toistettaessa kuva on oikealla olevan kuvan kaltainen. Tämä johtuu siitä, että näyttö toimii sRGB-värimallissa eikä pysty toistamaan kaikkia tarvittavia sävyjä. Esimerkissä väriavaruusmuunnos toteutettiin käyttämällä Adobe'n After Effects -ohjelmaa, mutta tässä työssä värimuunnos tehtiin aikaa säästäten käyttämällä OpenDCP:n omaa väriavaruuden muutosoptiota. OpenDCP olettaa, että ohjelmalle tarjotut kuvat ovat sRGB-värimallissa.

Työskentelyn tässä vaiheessa ilmeni ongelmia, koska työasemalle, jolla videota alun perin työstettiin, ei voinut asentaa tarvittavia sovelluksia koulun tietohallinnon tiukkojen sääntöjen takia. Tämän takia suuria kuvatiedostoja piti siirtää toiselle työasemalle, johon oli mahdollisuus asentaa sovelluksia ja jatkaa DCP-paketin luomista. Kuvien siirtämisen jälkeen kuvat pakattiin JPEG 2000 -formaattiin. Tässä vaiheessa kuvien numeröijärjestys on tärkeä, koska ohjelmalle kerrotaan vain kuvien sijaintipaikka, jolloin se automaattisesti etsii kuvan, jonka nimessä järjestysnumero on pienin ja automaattisesti prosessoi siitä eteenpäin, niin kauan kuin kuvia kansiossa riittää. Uudelleenpakkauksen tuloksena kunkin yksittäisen kuvan koko enintään esimerkiksi 150 Mt/s -bittivirralla on 636 kt ja 250 Mt/s -bittivirralla 1 272 kt, jolloin se mahtuu juuri DCI-standardin määrittämälle ylärajalle (30, s. 41).

Insinöörityössä virallisen esityskopion valmistukseen käytettiin OpenDCP-ohjelmaa, jolloin ainut käytettävä kuvalähteen formaatti on TIFF. Alkuperäinen stereoääniraita tuotiin pienen käsittelyn jälkeen ulos monoraitoina, ja valitsin äänen esittämiseksi stereoäänen. Olisi ollut mahdollista hyödyntää myös tilääntä ja toteuttaa äänen esittä-

minen kuusikanavaisena. Ääniraitojen määrä ei kuitenkaan ollut tämän testin avaintekijä, vaan yleisesti kuvan ja äänen esittämisen mahdollisuus teatteriympäristössä.

Seuraavaksi JPEG 2000 -kuvista ja WAV-äänitiedostoista tuotettiin MXF-tiedostokääreisiin pakatut kokonaisuudet. OpenDCP osaa tehdä sen automaattisesti ja sille pitää kertoa kuvien sijaintipaikka ja kunkin tarvittavan äänikanavan äänitiedoston nimi ja sijainti. Tässä myös korostuu kuvien oikea numerointi, jotta kuvia ei puutu välistä, sillä ohjelma ei ilmoita, jos kuvia on jäänyt pois ohjelman kaatumisen tai muun syyn takia. Lisäksi ääniraitojen ja kuvaraitojen on oltava yhtä pitkät ja synkronoidut keskenään (30, s. 30, 34).

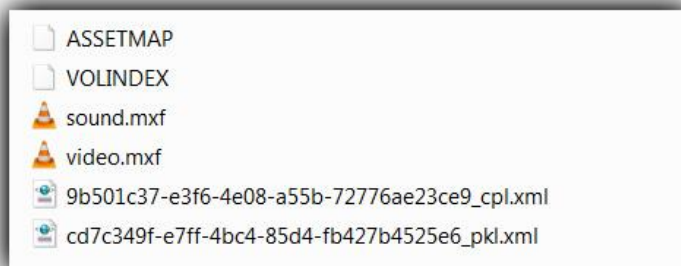
MXF-kääreiden valmistamisen jälkeen tuotettiin itse DCP-paketti. Tässä vaiheessa OpenDCP:ssä annetaan esitykselle nimi, ja on hyvän tavan mukaista nimetä se käyttäen hyödyksi Title Generator -ominaisuutta. Näin nimitystä paketista projektorin käyttäjä voi suoraan lukea, mitkä ovat esityksen oleelliset tekniset ominaisuudet. Tällaisia määrittäjiä voivat olla esimerkiksi esityksen tyyppi, kuvasuhde, ääniraidan kieli, ikäraja, onko elokuva 3D ja niin edelleen. Nämä kaikki ovat nimessä olevia pieniä merkintöjä. Taulukossa 4 on toteutetun DCP-paketin nimi.

Taulukko 4. Metropolian DCP-esityskopion nimi ja selitteet

Metropolia_TST_C-G_20_2K_20110510_2D_OV		
Nimi	Lyhenne	Selite
Tyyppi	TST	testi
Kuvasuhde	C Full (1.90:1)	2K-resoluutio ilman rajausta
Ikäraja	G (General Admission)	sallittu
Ääniraita	20	2.0 (stereo)
Esitystarkkuus	2K	2048 x 1080 pikselin resoluutio
Päivämäärä	20110510	paketin luomispäivä (10.5.2011)
3D-toteutustapa	2D	ei 3D-ominaisuutta
Paketin tyyppi	OV (Original Version)	alkuperäinen versio

Pelkän nimen lisäksi kopiolle voidaan kirjoittaa kuvaus tai huomautus, kertoa kuka on esityskopion toimittaja, kertoa ikäraja ja esityksen tyyppi. Yksi seikka, joka olisi ollut hyvä vielä varmistaa, olisi ollut XML-allekirjoituksen pakollisuuden tarkastaminen. Tässä testissä teatterissa esitetty esityskopio oli allekirjoitettu, jolloin XML-tiedostoihin lisättiin erikseen hash eli tarkistussumma jokaisesta tiedostosta, joka kuului DCP-esityskopioon. Tarkistussummien tarkoitus on varmistaa, että paketissa on oikeat tiedostot mukana. Yhtenä esimerkkinä voidaan sanoa, että jos jonkin tiedoston sisältöä muutetaan esityskopion valmistumisen jälkeen, ei paketti tule toimimaan, ellei tarkistussummia lasketa uudelleen. Tästä syystä luodaan koko DCP-paketti uudelleen, mikäli tarvitsee tehdä muutoksia.

DCP-esityskopiossa elokuva tai muu esitys voi olla jaettu useampaan MXF-kääreeseen, jolloin jokaisen kääreen tietojen pitää olla oikeassa järjestyksessä kirjattuna XML-tietoihin. OpenDCP:ssä ei ole tukea vielä tälle ominaisuudelle, mutta EasyDCP:ssä se toimii. Varsinainen DCP-esityskopio on kokoelma tiedostoja. Niitä on vähintään kuusi, joista kaksi on MXF-kääreisiin pakattu kuva- ja äänidata. Loput neljä ovat XML-tiedostoja, joilla on omat funktionsa, mutta jotka toimivat kaikki yhdessä. Kuvassa 21 on kuvattu DCP-esityskopion sisältämät tiedostot.



Kuva 21. DCP-paketin sisältö.

Paketissa XM- tietoa sisältävät Assetmap-, Valindex-, CPL- ja PKL-tiedostot varsinaisten kuva- ja äänisisältöjen lisäksi. Assetmap sisältää esityskopioon liittyvien XML- ja MXF-tiedostojen nimet ja niille generoidut yksilölliset tunnuksot, eli se on suhteellisen yksinkertainen listaustiedosto. Volindex-tiedoston tietoa tarvitaan periaatteessa vain silloin, jos elokuva tuodaan useammassa osassa esimerkiksi DVD- tai CD-levyillä. Se antaa tiedon siitä, kuinka mones tallenteen osa se on koko määrästä. Se on pakollinen tiedosto, jolloin isoillakin kiintolevyillä on tieto siitä, että tämä on levy numero 1.

PKL- eli Packing List -tiedosto sisältää tiedot MXF-tiedostoista ja niiden tarkistussummat. PKL-tiedostossa on esimerkiksi ilmoitettu MXF-tiedostojen tallennusmedialla viemä tila. Mikäli jonkin tiedoston koko muuttuu tai se nimetään uudelleen, ei paketti ole enää oikea ja toisto ei tule onnistumaan, koska tarkistussumma ei enää päde. Tarkistussummia käytetään siten, että Media Block lukee kopiesa olevat XML-tiedot ja laskee itse paketin tiedostojen tarkistussummat ja vertaa niitä keskenään. CPL (Content Playlist) puolestaan määrittelee MXF-tiedostojen esitysjärjestyksen ja sisältää esimerkiksi tiedot video- ja äänitiedostojen kestoista ruudun tarkkuudella. Täällä on myös tiedot esimerkiksi ikärajoista ja kuvakääreiden kehysnopeuksista. Esityskopio voi koostua useammasta MXF-tiedostosta, jolloin niiden pitää kaikkien olla merkittynä CPL-tiedostossa. Sanotaan, että ne ovat keloissa "reels", jolla viitataan filmielokuvaan, jotka toimitetaan teattereille 20 minuutin keloissa. CPL-tiedoston sisällä jokainen kela on kirjattu reel-tagin sisälle.

Valmis DCP-esityskopio siirrettiin muistitikulle, joka oli alustettu Linuxin Ext2-levyjärjestelmään Windows-ympäristössä suositusten mukaisesti. Tästä asiasta tuli lopulta ainut ongelma esittämistilaisuudessa, sillä Bio Rexin Dolbyn palvelin ei pystynyt lukemaan näin formatoitua muistitikkuja. Kuvassa 22 on nähtävillä Bio Rex -elokuvateatterin projektorihuoneesta löytyvä digitaalisten elokuvien hallintakone. Kuvan keskellä seinän vieressä oleva näyttö, ja sen alla oleva tietokone on varattu esitysten edellä näytettävien mainosten hallintaan.



Kuva 22. Kuvassa oikealla on Dolbyn Media Block ja hallintajärjestelmä. Vasemmalla on lähikuva elokuvanäytöksen hallintasovelluksesta (71).

Ongelma ratkaistiin kopioimalla muistitikun sisältö väliaikaisesti talteen toiselle tietokoneelle ja alustamalla muistitikku vanhempaan FAT32-levyjärjestelmään, joka projektorikäyttäjä Daniele Pelosin mukaan toimii varmasti. Syynä ongelmaan oli tapa, jolla

muistitikku oli alustettu. Linuxin kautta tehty Ext2-alustus voidaan tehdä paljon tarkemmin, verrattuna Windowsin puolella tehtyyn. Toisin sanoen, Windows alusti muistitikun yleisillä asetuksilla. Dolbyn palvelin lukee vain tietyillä asetuksilla alustettuja tallennusmedioita. Tämän formatoonin ja takaisinkopioinnin jälkeen Dolbyn palvelin tunnisti muistitikun. Näin esityskopio saatiin siirrettyä palvelimelle esittämistä varten, ja tiedostojen tarkistamisen jälkeen palvelin pystyi esittämään kopion isolta kankaalta. Kuvassa 23 on kuva elokuvateatterin isoimmasta salista ja kuva esitystilanteesta.



Kuva 23. Vasemmalla on Bio Rexin sali 1 ennen esitystä ja oikealla on digitaalinen esitys kyseisellä valkokankaalla (71).

Esitettävä kopio oli tässä tapauksessa XML-kirjattu versio, jossa tiedostoista oli erikseen hash-tarkistusnumerot. Kirjaamaton versio jäi kokeilematta, koska tiedostojen kopioinnissa tapahtui selittämätön virhe ja se ei kopioitunut oikein. Koe oli kuitenkin onnistunut, ja Daniele Pelosi antoi ohjeistuksen oikeaoppista Ext2-levyjärjestelmän formatoimista varten.

6 Yhteenveto

Insinööriyön tuloksena valmistettuja filmitulosteita käytettiin mainosesityksissä osana Suomalaisen elokuvan festivaalia, joka järjestettiin Pietarissa 17.–19.11.2010 elokuvateatteri Rodinassa. Digitaalista tallennetta on hyödynnetty myös Metropolian markkinointiin Facebook-yhteisösivulla.

Filmit tilattiin Helsingissä toimivan Cinepro-yrityksen kautta. Cinepro otti vastaan digitaalisen valmiin kuva- ja äänituotoksen ja toimititti sen Nordisk Film Short Cutille Kööpenhaminaan, Tanskaan, jossa on käytössä Cinevationin valmistama Cinevator five -

filmitulostin. Laitteella voidaan tulostaa suoraan esitysvalmista 35 mm:n filmiä digitaalisesta lähteestä.

Toisena osuutena oli tutkia kokonaan digitaalista elokuvan työnkulkua ja esittämistä, jonka tuloksena oli digitaalisen elokuvateatterin esityskopio. Sen valmistus toteutettiin hyödyntämällä avoimen lähdekoodin ohjelmistoja, mutta tutustuin myös kaupallisiin vaihtoehtoihin. Digitaalista esityskopiota testattiin kappakeskus Sellon yhteydessä toimivassa elokuvateatteri Bio Rexissä, jossa on täysin digitaaliset esityslaitteistot perinteisen filmiprojisoinnin lisäksi.

Insinööriyöraportti on kirjoitettu vaiheessa, jossa elokuvateatteritekniikan alalla on menossa suuria muutoksia. Tämä muutos on digitalisoituminen. Elokuvateattereissa digitalisoitui ensin ääni, ja nyt myös esitystekniikka on digitalisoitumassa. Koko elokuvatuotanto on digitalisoitumassa täysin. Elokuvien jälkituotanto on tänä päivänä hyvin digitalisoitunut, ja varsinainen elokuvaaminen tuotannoissa alkaa digitalisoitua. Tästä hyvänä esimerkkinä on vuoden 2011 parhaan Oscarin voittanut Social Network -elokuva, jossa on digitaalinen työnkulku. Digitaalinen muutos näkyy myös kuluttajatasen laitteistoissa ja välineissä. Ne alkavat lähestyvät tehokkuudeltaan ja laadultaan yhä ammattimaisempia tuotantovälineitä. Lyhyessä ajassa on otettu suuria mediateknisiä harppauksia, ja uusien tekniikoiden kehittyessä voidaan hyödyntää aiemmin kehitettyjä vanhempia teknologioita uusilla tavoilla.

Lähivuosina filmiin perustuva elokuvaus varmasti vähenee, mutta en usko sen loppuvan kokonaan. Varmasti aina on ohjaajia, jotka vannovat filmin nimeen ja käyttävät sitä tuotannoissa. Edes 8 mm:n kaitafilmi ei ole kokonaan kuollut, vaikka se ei koskaan ole ollut elokuvateattereissa yleinen esitysjärjestelmä vaan suunnattu kuluttajille. Sillä on edelleen oma laaja harrastajakäyttökuntansa maailmalla, myös Suomessa. Se, missä digitaalisuus korvaa ensimmäiseksi filmin käytön, ovat elokuvateatterit. Filmillä esityskopioita tuotetaan niin kauan, kuin on olemassa tarpeeksi paljon elokuvateattereita, joissa on käytössä pelkästään filmiprojektoreita. Kuulun itse filmin kannattajiin sen fyysisen olemuksen vuoksi, mutta olen myös digitaalisuuden kannattaja sen tarjoamien mahdollisuuksien takia.

Tuotantoprosessit muuttuvat varmasti vielä lähivuosina. Ennen digitaalista vallankumousta kalliille filmille kuvattu elokuva oli ainut oikea tapa tehdä elokuva. Nyt videoominaisuuksilla varustetulla digitaalisella järjestelmäkameralla voidaan kuvata yhtä hyvää materiaalia, joissakin tapauksissa parempaakin. Uudet tuotantotavat ovat nopeampia, ja kustannuksiltaan ne voivat päästä murto-osaan perinteisestä filmituotannosta. Enää ei tarvitse käyttää aikaa filmien kehittämiseen, prosessointiin ja digisiirtoihin. Digitaalisessa tuotannossa voidaan suoraan kuvauspaikalla tarkistaa kuvattu materiaali, ja tämä materiaali saadaan edistyneisimmässä tapauksissa suoraan kuvauspaikalta leikkaajalle jälkituotantoon hyödyntämällä tietoliikenneverkkoja. Digitaalisessa tuotannossa kuitenkin korostuu tiedon tallennuksen ja varsinkin sen kopioinnin tärkeys. Koska tieto on sähköisessä muodossa, sen hävittäminen on teoriassa helpompaa kuin ison fyysisen filmikelan tuhoaminen.

Nämä uudet ja ketterät innovaatiot mahdollistavat yhä pienempien tuotantojen tekemisen ja julkaisun elokuvateatteriympäristöön. Insinööriyössä tuotetut kaksi kuvatuotantoa on esitetty sekä analogisesti filmiltä että digitaalisesti tietokoneen muistista. Elokuvateattereihin tuottaminen ei ole enää mikään mahdottomuus, vaan kouluympäristöissäkin on mahdollista tuottaa laatukriteerit täyttävää sisältöä käyttämällä sopivia tekniikoita.

Lähteet

1. Crawley, E., Malmqvist, J., Ostlund, S., Brodeur, D. 2007. Rethinking Engineering Education. United States of America: Springer.
2. Fowler, Jaime. 2001. Editing Digital Film: Integrating Final Cut Pro, Avid, and Media 100. United States of America: Focal Press.
3. Swartz, Charles S. 2004. Understanding Digital Cinema: A Professional Handbook. United States of America: Focal Press.
4. Pemberton, Alan. 2006. Colour Standards. Verkkodokumentti. <<http://bit.ly/kn1DQ1>>. 23.12.2006. Luettu 14.4.2011.
5. Siitonen, Petri. 2006. Digital Cinema Suomessa. Verkkodokumentti. <<http://bit.ly/iHU6zU>>. 24.10.2006. Luettu 30.3.2011.
6. Suomen Elokvateatteriliitto - SEOL ry. 2003. Verkkodokumentti. Seol Ry. <<http://bit.ly/jGvMol>> Luettu 1.4.2011.
7. Suomalaisen elokuvan tavoiteohjelma 2011–2015. 2011. Verkkodokumentti. Suomen elokuva säätiö. <<http://bit.ly/jBDywi>>. Luettu 30.3.2011.
8. 3D-tekniikka Finnkinon teattereissa. Verkkodokumentti. Finnkino. <<http://bit.ly/jqdBri>>. Luettu 15.3.2011.
9. Bio Rex digitalisoi koko elokuvateatteriketjun ja avaa Suomen ensimmäisen 3D-elokuvateatterin. 2008. Verkkodokumentti. Nordiskfilm. <<http://bit.ly/kgBGHI>>. Luettu 5.4.2011.
10. Porvoon Bio Rex digitaaliseksi 3D-Elokuvateatteriksi. 2010. Verkkodokumentti. Nordiskfilm. <<http://bit.ly/luho92>>. Luettu 5.4.2011.
11. Elkins, David E. 2009. The Camera Assistant's Manual. United States of America: Focal Press.
12. Brain, Marshall. How IMAX works. Verkkodokumentti. <<http://bit.ly/mqWySK>>. Luettu 5.4.2011.
13. IMAX history. Verkkodokumentti. IMAX. <<http://bit.ly/ikgF8b>>. Luettu 20.4.2011.
14. IMAX theaters. Verkkodokumentti. IMAX. <<http://bit.ly/mqEwfH>>. Luettu 20.4.2011.
15. Finnkino Tennispalatsi Helsinki. Verkkodokumentti. Finnkino. <<http://bit.ly/j1IgPk>>. Luettu 20.4.2011.

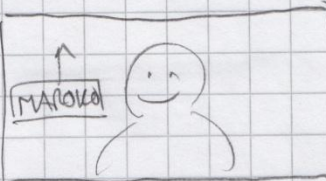


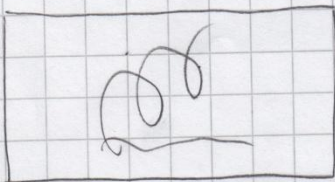
16. Majmudar ,Ketan. IMAX 70 mm:n filmi ja 35 mm:n filmin vertailu. Verkkodokumentti. <<http://bit.ly/knfVIW>>. Luettu 20.4.2011.
17. Marriot, Fred. Anamorfinen linssi. 2010. Verkkodokumentti. <<http://bit.ly/m93YnK> >. Luettu 26.5.2011.
18. Film-Tech Suomi. 2010. Verkkodokumentti. Film-Tech Suomi. <<http://bit.ly/ILk91B>>. Luettu 5.4.2011.
19. ST 0196-2003. Theater and Review Room Projection - Screen Luminance and Viewing Conditions. 2003. United States of America: SMPTE.
20. 35mm Projection Systems. Verkkodokumentti. Strong. <<http://bit.ly/mL2LMg>>. Luettu 27.3.2011.
21. The Evolution of Dolby Film Sound. Verkkodokumentti. Dolby Laboratories. <<http://bit.ly/jb31GQ>>. Luettu 21.4.2011.
22. Dolby Rurround 7.1: Techical Information for Theatres. Verkkodokumentti. Dolby Laboratories. <<http://bit.ly/I9Y1CW>>. Luettu 21.4.2011.
23. Sony SDDS. Verkkodokumentti. Sony SDDS. <<http://bit.ly/jroI84>>. Luettu 14.4.2011.
24. DTS .Verkkodokumentti. DTS <<http://www.dts.com>>. Luettu. 14.4.2011.
25. Makrokuvat 35mm:n filmin ääniraidoista. Verkkodokumentti. Kinoma. <<http://bit.ly/mE7d77>>. Luettu 26.5.2011.
26. DTS Digital Cinema Acquired by Beaufort International Group. 2008. Verkkodokumentti. Datasat digital. <<http://bit.ly/jINYN5>>. Luettu 14.4.2011.
27. XD20 – Media Player. Verkkodokumentti. Datasat Digital. <<http://bit.ly/jV8yWt>>. Luettu 14.4.2011.
28. Mitä on digitaalinen elokuva? Verkkodokumentti. Digitaalisen elokuvateatteri-keskuksen kehittämisprojekti. <<http://bit.ly/IRUTcL>>. Luettu. 16.4.2011.
29. Digital Cinema Initiatives, LCC. Verkkodokumentti. Digital Cinema Initiatives. <<http://bit.ly/iA5o5n>>. Luettu 16.4.2011.
30. DCI Spesification, Version 1.2. 7.4.2008. Verkkodokumentti. Digital Cinema Initiatives. <<http://bit.ly/IUi514>>. Luettu 17.4.2011.
31. SMPTE yleistietoa. Verkkodokumentti. SMPTE<<http://bit.ly/jGyBBd>>. Luettu 17.4.2011.
32. Stereoscopic Digital Cinema Addendum. 2007. Digital Cinema Initiatives. <<http://bit.ly/mbSIO1>>. Luettu 18.4.2011.

33. How DLP Technology Works. Verkkodokumentti. Texas Instruments. <<http://bit.ly/jqwTR8>>. Luettu 20.3.2011.
34. Sony SXR. Verkkodokumentti. Sony Electronics. <<http://bit.ly/jbeLRN>>. Luettu 21.4.2011.
35. Learn about DLP technology. 2010. Verkkodokumentti. Texas Instruments. <<http://bit.ly/lf1QqF>>. Luettu 26.4.2011.
36. Hornbeck, Larry J. Digital Light Processing and MEMS: Timely Convergence for a Bright Future. Verkkodokumentti. Texas Instruments. <<http://bit.ly/jlojNw>>. Luettu 26.4.2011.
37. Customer Story: Christie's Major Finnish Digital Cinema Debut. Verkkodokumentti. Christie Digital. <<http://bit.ly/mUr5Wg>>. Luettu 26.3.2011.
38. Mendiburu, Bernard. 2009. 3D Movie Making. United States of America: Focal Express.
39. Xpand 3D. Verkkodokumentti. Xpand. <<http://bit.ly/iUgopS>>. Luettu 25.4.2011.
40. Dolby 3d. Verkkodokumentti. Dolby Laboratories. <<http://bit.ly/k2bHqJ>>. Luettu 25.4.2011.
41. Sokol, John. 2009. Dolby 3d Digital Cinema. Verkkodokumentti. <<http://bit.ly/j29ZuK>>. Luettu 26.4.2011.
42. Cowann, Matt. 2007. REAL D 3D Theatrical System. Verkkodokumentti. <<http://bit.ly/jNTKyH>>. Luettu 26.4.2011.
43. The Baltic Sea Action Summit mediapankki. 2010. Verkkodokumentti. BSAS. <<http://bit.ly/m6haty>>. Luettu 10.2.2011.
44. Commitment summary. 2010. Verkkodokumentti. BSAG. <<http://bit.ly/m0JG3p>>. Luettu 20.10.2010.
45. Panasonic P2 HD: AG-HPX170. Verkkodokumentti. Panasonic. <<http://bit.ly/jOjetA>>. Luettu 20.10.2010.
46. Boot Camping käyttöönotto. 1.1.2010. Verkkodokumentti. Apple. <<http://bit.ly/jWUMRZ>>. Luettu 26.4.2011.
47. Wright, Steve. 2008. Shooting Greenscreens (and Bluescreens). Verkkodokumentti. <<http://bit.ly/ly6lnp>>. Luettu 26.4.2011.
48. Laaksonen, Jukka. 2006. Äänityön kivijalka. Idemco Oy:Helsinki

49. Mac Pro, Technical Specifications. Apple. <<http://bit.ly/jS5xW1>>. Luettu 26.4.2011.
50. Profesor Kliq: Fractal Jesus. 2009. Verkkodokumentti. Jamendo. <<http://bit.ly/jtESHA>>. Luettu 7.11.2010.
51. Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported (CC BY-NC-SA 3.0). Verkkodokumentti. Creative Commons. <<http://bit.ly/kP4k4K>>. Luettu 7.11.2010.
52. Eriksson, Jonna. 2011. Laboratori insinööri, mediatekniikan koulutusohjelma, Metropolia Ammattikorkeakoulu, Espoo. Keskustelu 26.4.2011.
53. The first and only real-time digital film recorder and film printer. 2010. Verkkodokumentti. Cinevation. <<http://bit.ly/jHgmv>>. Luettu 13.11.2010.
54. Siitonen, Petri. 2010. Toimitusjohtaja, Cinepro Finland Oy, Helsinki. Keskustelu 13.11.2010.
55. Bandalet, Elizaveta. 2010. Opiskelija, Media Engineering –koulutusohjelma, Metropolia Ammattikorkeakoulu, Espoo. Keskustelu 29.11.2010.
56. Faces of school of ICT video. Verkkodokumentti. Facebook. <<http://on.fb.me/IKPNlj>>. Luettu 13.12.2010.
57. Red One. Verkkodokumentti. Red Digital Cinema Camera Company. <<http://bit.ly/IDyjmE>>. Luettu 10.2.2011.
58. Rinne, Olli. 2004. Mitä on digitaalikameroiden kohina? Verkkodokumentti. <<http://bit.ly/lrjQ26>>. Luettu 15.4.2011.
59. Johnson, Stephen. 2006. On Digital Photography. United States of America: O'Reilly Media.
60. Mutasen elokuvakonepaja. Verkkodokumentti. Mutasen elokuvakonepaja. <<http://bit.ly/iT3JKq>>. Luettu 11.2.2011.
61. Devil Rentals. Verkkodokumentti. Devil Rentals <<http://bit.ly/mP1Kd4>>. Luettu 11.2.2011
62. Suomilammi: Laittevuokraus. 2011. Verkkodokumentti. Suomilammi. <<http://bit.ly/ISngsj>>. Luettu 11.2.2011.

63. Shot on Red. Verkkodokumentti. Red Digital Cinema Camera Company. <<http://bit.ly/lxbdT5>>. Luettu 16.2.2011.
64. Lancekaster, Kurt. 2010. DSLR Cinema: Crafting the Film Look with Video. Elektroninen kirja. United States of America: Focal Press.
65. Zaida Bergrothin haastattelu Ykkösen aamu-tv:ssä. 2011. Verkkodokumentti. Yleisradio. <<http://bit.ly/ki4iaN>>. Katsottu 1.4.2011.
66. EOS 5D Mark II. Verkkodokumentti. Canon. <<http://bit.ly/iwHQgN>>. Luettu 26.4.2011.
67. easyDCP Creator+ &KDM Generator. Verkkodokumentti. Fraunhofer. <<http://bit.ly/lkOX2g>>. Luettu 29.4.2011.
68. OpenDCP projekti. Verkkodokumentti. OpenDCP. <<http://bit.ly/mB3kzq>>. Luettu 29.4.2011.
69. Digital Cinema Package. 2009. Verkkodokumentti. Red Digital Cinema Camera Company. <<http://bit.ly/iHVhFM>>. Luettu 29.4.2011.
70. ST 0196-2003. File Format for Digital Moving-Picture Exchange (DPX). 2003. United States of America: SMPTE.
71. Aalto, Erkki. 2011. Digitaalisen esityskopion testaustilanne Bio Rex - elokuvateatterilla 10.5.2011.

Kuvakäsikirjoitus

WHERE ARE YOU FROM?		
	Maroko Kenia Bulgaria Libanon , itävalta	telessi ylös (fade)
WHAT ARE YOU DO? DO YOU DO		
3D -kuvaus		
STEADY CAM		
MAC / PRINT		
WAIT? THERE IS MORE YOU?		
	Loput	
		
		URL

Ohjeistus DCP-paketin luomiseksi

Materiaalin valmistelu jälkituotannossa:

1. Kuvattu videomateriaali siirretään editointiyksikköön.
 - a. Kuvatun materiaalin olisi hyvä olla vähintään teräväpiirtoa.

2. Tehdään tarvittavat kuvan ja äänen jälkityöt.
 - a. Leikkausohjelman asetusten pitää vastata 2K-resoluutiota
 - b. Resoluutio 2048 x 1080, kehysnopeus 24.

3. Tuodaan kuva ja äänimateriaali ulos leikkausohjelmasta.
 - a. Kuva: TIFF 16 -bit, numeroitu kuvasarja, RGB- tai XYZ-väriavaruudessa, 2048 x1 080 resoluutiossa.
 - b. Ääni: jokainen kanava erikseen monoraitana, PCV WAV 24 -bit, 48 tai 96 kHz.

DCP-esityskopion valmistus:

1. Muutetaan TIFF-kuvat JPEG 2000 -formaattiin.
 - a. Valitaan koodaaja: OpenJPEG
 - b. Valitaan profiili: Cinema 2K
 - c. Taistanleveys nostetaan 250 Mt:uun/s
 - d. Threads-valinnalla voidaan määrittää, kuinka monta loogista prosointiyksikköä laitetaan laskemaan kuvia.
 - e. Mikäli TIFF-kuvien väriavaruus on RGB:ssä, valitaan XYZ-muunnos päälle.
 - f. Osoitetaan TIFF-kuvien paikka.
 - g. Osoitetaan, minne JPEG 2000 -pakatut kuvat menevät.
 - h. Luodaan kuvat.

2. Kääritään JPEG 2000 -kuvat ja PCM WAV -ääniraidat MFX-kääreisiin
 - a. Kerrotaan, mikä on kuvalähteen tyyppi: JPEG2000.
 - b. Paketin tyyppiä valitaan SMPTE. Tässä on myös mahdollisuus stereoskopian valintaan, mikäli ollaan tekemässä 3D-esitystä.
 - c. Valitaan kehysnopeus 24 ja äänivalinta stereo tai 5.1 surround.

- d. Osoitetaan kuvien sijaintipaikka.
 - e. Annetaan kunkin tarvittavan äänikanavan raitojen sijainti ja nimi.
 - f. Kerrotaan, minne MXF kääreet menevät ja millä nimellä.
 - g. Luodaan kääreet.
3. Luodaan DCP-esityskopio
- a. Luodaan nimi mielellään title-generatorin avulla.
 - b. Annetaan kuvaus videolle.
 - c. Kerrotaan, kuka on toimeksiantaja.
 - d. valinnainen: ikäraja
 - e. valinnainen: tyyppi
 - f. Valitaan digitaalinen allekirjoitus XML-tiedostoille.
 - g. Tämä on vielä kehityksenalainen optio, mutta voidaan antaa kelan nimi.
 - h. Osoitetaan kuva- ja ääni-MXF-kääreiden paikka ja nimi.
 - i. Luodaan paketti.
4. Siirretään tiedostot tallennusmedialle kuljetusta varten
- a. Saadut tiedostot (min. 6 kpl) pitää siirtää tallennusmedialle, joka on alustettu FAT32- tai Ext2-formaattiin. Ext2-alustus on syytä suorittaa Linux käyttöjärjestelmässä. NTFS tiedostojärjestelmä voi toimia tietyissä toistojärjestelmissä, ja sitä ei ole tämän työn ohessa todettu toimivaksi.
 - b. Tallennusmedialla ei pidä olla muita tiedostoja kuin esitykseen liittyvät. On kuitenkin mahdollista sisällyttää useampi DCP-esityskopio yhdelle medialle, mikäli on omissa kansioissaan toisistaan eriteltyinä.