



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Ossi Sorjonen

Videostudion suunnittelu

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Tieto- ja viestintäteknikka

Insinöörityö

13.4.2020

Tekijä Otsikko	Ossi Sorjonen Videostudion suunnittelu
Sivumäärä Aika	37 sivua 13.4.2020
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	tieto- ja viestintäteknikka
Ammatillinen pääaine	mediateknikka
Ohjaaja	lehtori Toni Spännäri
<p>Insinööriyön tarkoituksena oli suunnitella uusi videostudio ammattikorkeakoulun kampukselle. Studio korvasi aikaisemman vanhalla kampuksella olleen studion. Tarkoituksena oli, että uusi studio vastaisi samoihin käyttötarpeisiin kuin entinen studio. Työn aihe ja tavoitteet sovittiin yhdessä mediatekniikan tutkintovastaavan kanssa.</p> <p>Työ toteutettiin hyvin itsenäisesti. Työssä kartoitettiin ensin käyttökohteet studiolle, ja niiden pohjalta arvioitiin tekniset vaatimukset studiolle ja sen kalustolle sekä järjestelmille. Perusteena olivat aikaisemman studion käyttökohteet. Studion vaatimuksien selvittyä suunniteltiin ratkaisuja käyttämällä olemassa olevaa kalustoa. Ratkaisuja suunnitellessa kiinnitettiin huomiota ongelmiin, joita saattaa syntyä niin studion rakennusvaiheessa kuin myös myöhemmin studion käytössä videotuotannossa. Ongelmiin esitettiin mahdollisia ratkaisuja. Esimerkiksi päivänvalon vaikuttaminen studion valaistukseen on ratkaistavissa pimmensverhoilla. Työssä esitettiin myös ajatuksia studion jatkokehitykselle ja sen pitämiseksi ajantasaisena.</p> <p>Työn tietoperustana oli kirjallisten lähteiden lisäksi myös oma työkokemus videotuotannon parissa. Projektia hankaloittivat osaltaan senaikaiset poikkeusolot, jotka estivät kampuksella studion tulevissa tiloissa käymisen työn aikana. Työn tuloksena oli studion teknisten ratkaisujen suunnitelma, jota voidaan käyttää, kun studion varsinainen rakentaminen alkaa.</p> <p>Suunnitelman perusteella syntyvä studio tulee olemaan etenkin mediatekniikan opetuskäytössä sekä erilaisissa videotuotantoprojekteissa. Studion ohessa toimii myös AV-kaluston lainausjärjestelmä, joka on opiskelijoiden ja henkilökunnan käytössä.</p>	
Avainsanat	mediateknikka, video, videotuotanto, studio

Author Title	Ossi Sorjonen Planning a video studio
Number of Pages Date	37 pages 13 April 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Information and Communications Technology
Professional Major	Media Engineering
Instructor	Toni Spännäri, Senior Lecturer
<p>The purpose of this thesis was to plan a new video studio for Metropolia UAS in the Karamalmi campus. The studio would replace the previous studio in former Leppävaara campus. The studio would be used in the same way as the previous studio. The subject of the project and its goals were discussed and agreed upon with Toni Spännäri, who is the head of the degree programme in Media Engineering.</p> <p>This study was conducted quite independently. The project began with exploring the various use cases for the studio and the basis for the technical requirements for the studio, as well as its equipment and systems. The use cases were based on the ones from the previous studio. After defining the requirements, planning for solutions to fulfill those requirements with existing equipment began. During the planning phase, possible problems and challenges when in building of the studio were carefully studied. The studio needs to perform as well as possible during video production. Solutions to possible problems were proposed as well as ideas how to keep the new studio up-to-date.</p> <p>The foundation for the work, in addition to literary sources, was previous work experience in video production. The project was hindered by exceptional circumstances during the work, which prevented visitation to the would-be studio. As a result of this study, a plan for technical solutions for the studio, to be used when the building begins, was created.</p> <p>The new studio will be used in teaching, especially in the media engineering degree programme, as well as in production of customer projects. Along with the studio, a system to borrow AV equipment will serve both students and faculty.</p>	
Keywords	media engineering, video, video production, studio

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Videosignaali ja videon pakkaus	2
2.1	Pakkaamaton video	2
2.2	Bittinopeus	2
2.3	DCT-muunnos	2
2.4	Liikekompensointi	3
2.5	Värisävyjen aliotanta	4
2.6	Videonpakkaus käytännössä	5
3	Signaalin siirto videotuotannossa ja suorassa verkkotoistossa	6
3.1	Latenssi	6
3.2	SDI-standardi	6
3.3	HDMI-standardi	7
3.4	NDI-standardi	9
3.5	Signaalin kulku tuotannon aikana	10
3.6	Häiriöt	11
4	Videotuotantotilat	11
4.1	Studio kalusto yleisesti	12
4.2	Roolit studiossa	15
4.3	Videotuotantoprosessi studiossa	16
5	Mediatekniikan studio Karamalmin kampuksella	17
5.1	Käyttötapaukset	17
5.2	Studio vaatimukset	19
5.3	Ehdotettu ratkaisu: Studio Karaportti	22
6	Yhteenveto	34
	Lähteet	35

Lyhenteet ja käsitteet

4K	3 840 x 2 160 pikselin kuvakoko.
BMC	Block Motion Compensation. Lohkoliikekompensaatio, videonpakkaustyökalu, jolla voidaan vähentää redundanttia liikeinformaatiota.
DCT	Discrete Cosine Transform. Diskreetti kosinimuunnos, videonpakkauksessa käytössä oleva matemaattinen menetelmä.
DMX	Digital Multiplex. Digitaalinen kommunikaatiostandardi, jota käytetään esimerkiksi valojen ohjaamisessa.
HD	High Definition. 1 920 x 1 080 pikselin kuvakoko.
HDCP	High-bandwidth Digital Content Protection. HDMI:hin sisältyvä kopiosuojaus.
HDMI	High-Definition Multimedia Interface. Yleinen digitaalisen median liitäntästandardi.
Infinity wall	Pehmeästi kaartuva tasaisesti valaistu taustakangas, joka luo vaikutelman loputtomasta tilasta.
Koodekki	Codec, Coder/Decoder. Laite tai ohjelmisto, jota käytetään digitaalisen datan, kuten videon pakkaamiseen ja purkamiseen.
NDI	Network Device Interface. Ohjelmistostandardi, joka mahdollistaa videosihtaalien kulkemisen Ethernet-verkossa.
SDI	Serial Digital Interface. Pakkaamattoman videon siirtämiseen tarkoitettu liitäntästandardi.

1 Johdanto

Insinööriyön tarkoituksena on videostudion suunnittelu. Tavoitteena on suunnitella Metropolian Karamalmin kampukselle uusi videostudio, joka korvaa entisellä, Leppävaaran kampuksella olleen videostudion. Työssä käydään läpi studion käyttötarpeet ja niiden perusteella vaatimukset studiolle niin tilan, kaluston kuin järjestelmien osalta ja yritetään ennakoida mahdollisia haasteita ja esittää niihin mahdollisia ratkaisuja.

Mediatekniikan pääaineella edellinen videostudio kalustoineen on ollut muun muassa opetuskäytössä, ja sitä on mahdollisuuksien mukaan voinut käyttää myös omissa alaan liittyvissä projekteissa. Metropolia on tuottanut myös useita erilaisia videotuotantoon liittyviä asiakasprojekteja, joissa etenkin studion kalusto on ollut merkityksellinen. Ilman toimivaa videostudiota moni mediatekniikan jäisi vaille käytännön osuutta AV-tekniikan osalta.

Insinööriyöraportissa käsitellään ensin digitaalisen videotuotannon teknistä puolta ja videotuotantoa yleisesti, etenkin studioympäristössä. Studion peruskalusto ja eri roolit tuotannon aikana esitellään. Vaatimukset käydään läpi kohta kohdalta ja niihin esitetään toimivia ratkaisuja olemassa olevalla kalustolla. Työ käsittelee ainoastaan videotuotannon teknistä puolta, eikä siinä kiinnitetä huomiota tuotantojen sisältöön, muutoin kuin jos se oleellisesti liittyy esimerkiksi vaadittavaan kalustoon.

Aihe on minulle henkilökohtaisesti mielenkiintoinen, sillä olen opintojeni lisäksi työskennellyt Metropoliaassa videotuotannon parissa lähes kaksi vuotta, mistä saatua kokemusta käytän myös uuden studion suunnittelussa. Valmis studio tukisi tulevien mediatekniikan opiskelijoiden koulutusta ja parhaimmillaan mahdollistaisi uudenlaisia mielenkiintoisia projekteja.

2 Videosignaali ja videon pakkaus

2.1 Pakkaamaton video

Digitaalinen video tarkoittaa liikkuvaa kuvaa, joka on tallennettu digitaalisessa muodossa ja esitetään nopeasti vaihtuvina digitaalisina kuvina, jotka puolestaan koostuvat pikseleistä. Erotuksena analogisesta videosta digitaalista videota voi kopioida rajattomasti ilman, että kuvanlaatu kärsii lainkaan. Lisäksi sen varastointi ja siirtäminen on tyypillisesti analogista tehokkaampaa. [1.]

Kun digitaalista videota tehdään, esimerkiksi videokameralla, se on aluksi pakkaamatonta ja sisältää kaiken informaation, mitä kameran kenno on tallentanut. Kun jokainen pikseli koostuu kolmesta kanavasta, joista jokainen vastaa yhtä kolmesta väristä, ja jokaiselle kanavalle on varattu tavallisesti kahdeksan bittiä, kasvaa tiedostokoko nopeasti hyvin suureksi. [2.]

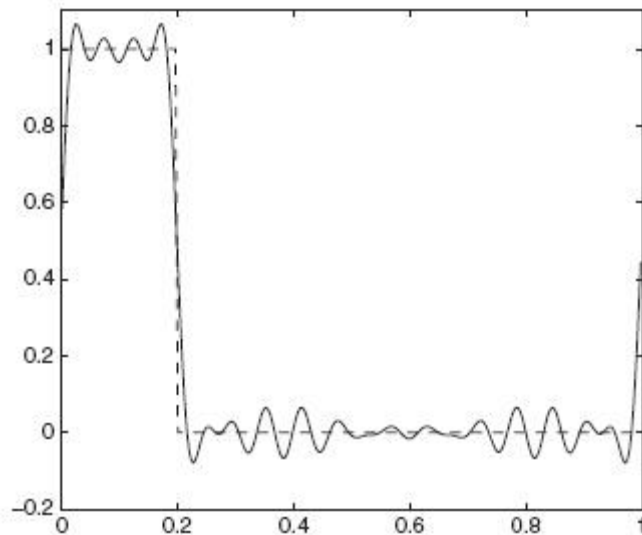
2.2 Bittinopeus

Tyypillisessä HD-videossa bittinopeus on 49 766 400 bittiä yhdessä kuvassa ($1\,920 * 1\,080 * 24$), ja kun kuvia on usein 30 sekunnissa, syntyy vain yhdessä sekunnissa jo 1 492 992 000 bittiä informaatiota. Tällä tavalla tavallinen 64 gigatavun muistikortti täytyisi alle kuudessa minuutissa. Pakkaamatonta videota käytetäänkin useimmiten vain, kun siirretään videokuvaa suoraan esimerkiksi kamerasta monitorille tai toiselle laitteelle, missä videon pakkaaminen tapahtuu. Pakkaamattoman videon vaatimasta kirjoitusnopeudesta ja tiedostojen koosta johtuen, sitä harvoin tallennetaan. [3.]

2.3 DCT-muunnos

Diskreetti kosinimuunnos, tyypillisesti DCT, on vuonna 1972 kehitetty tehokas malli, joka kykenee arvioimaan mielivaltaisen signaalin eri taajuuksilla oskilloivien kosinifunktioiden

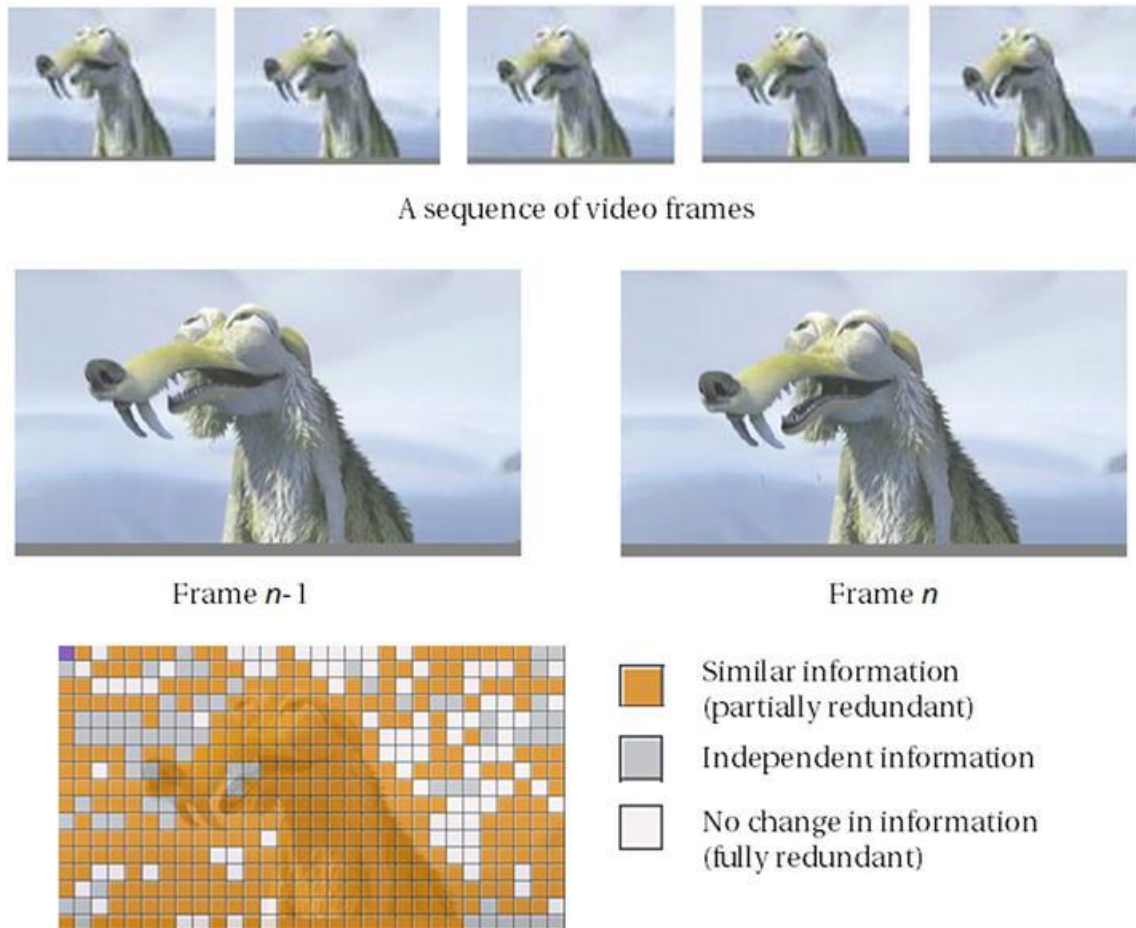
summana (kuva 1). Tämä yksinkertaistaa signaalia, jolloin se on mahdollista esittää paljon tiiviimmässä muodossa. Pelkästään tällä menetelmällä voidaan saavuttaa 8–14 -kertainen pakkaus ja säilyttää laatu edelleen studiotasoisena ja jopa 100-kertainen pakkaus hyväksyttävällä laadulla. [4.]



Kuva 1. Alkuperäinen signaali katkoviivalla, pakattu signaali 10-kertaisella pakkauksella yhteisellä viivalla [5.]

2.4 Liikekompensointi

Liikekompensaatio on videonpakkausmenetelmä, joka perustuu siihen, että tyypillisessä videossa yksittäisten kuvien välillä on vain pieniä eroja, jotka johtuvat kohteen tai kameran liikkeestä. Menetelmä perustuu tiettyin väliajoin oleviin avainruutuihin (key frame), jotka tallennetaan normaalisti. Niiden välillä olevista ruuduista tallennetaan ainoastaan muutokset kuvien välillä (kuva 2), jolloin tarvittava informaatio on huomattavasti pienempi. [6.]

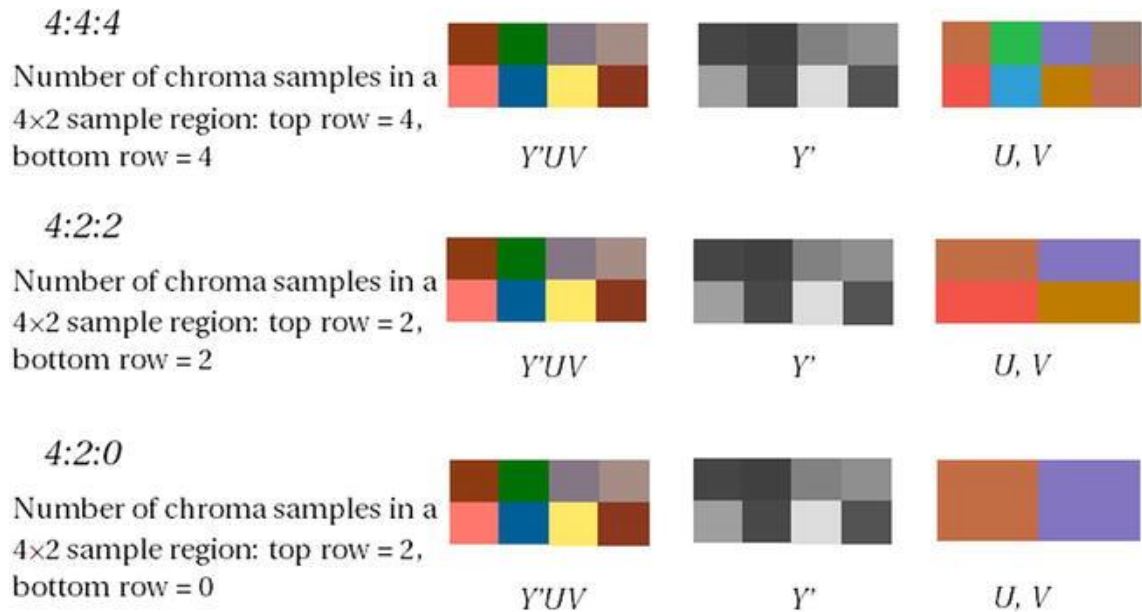


Kuva 2. Vertailu kahden perättäisen kuvan välillä: oransseissa ja valkoisissa lohkoissa on huomattavasti redundanssia ja liikekompensoinnista on hyötyä [6].

2.5 Värisävyjen aliotanta

Yksi tapa säästää videon koossa on tallentaa tieto tietyn pikselialueen väreistä (chroma) harvemmin kuin tieto sen kirkkaudesta (luminance / luma) (Chroma subsampling). Ihmissilmä erottaa herkemmin erot kirkkaudessa kuin värissä, ja näin saadaan vähennettyä tarvittavan informaation määrää ilman, että muutosta yleensä juurikaan huomaa. Erilaisia tapoja otantalle merkitään kaavalla $J:a:b$, missä J on otanta-alueen leveys, a otantojen määrä ylemmällä rivillä ja b erojen määrä ylemmän ja alemman rivin välillä (käytännössä aina nolla tai sama kuin a). Otanta-alueet ovat aina kaksirivisiä ja tyypillisesti neljä pikseliä leveitä. Yksi yleisimpiä on 4:2:0, jossa kahdeksan pikselin alueella jokaisen pikselin luminanssi on tallennettu, mutta värisävyjen resoluutio on vain

puolet kummallakin akselilla, yhteensä yksi neljäsosa (kuva 3). Tällä otannalla puolitetaan informaation määrä kuvassa ja samalla vaadittava bittinopeus. [6.]



Kuva 3. Muutama esimerkki värisävyjen aliotannoista. Vasemmalla alkuperäinen otanta-alue, keskellä kirkkaus, oikealla värisävyt. [6.]

2.6 Videonpakkaus käytännössä

Pakkaamattoman videon vaatima tiedonsiirto- tai tallennusnopeus on niin suuri, että sitä käytetään käytännössä ainoastaan tuotannon aikana ja kaikki loppukäyttäjälle tuleva video on pakattua. Yleisimmät videonpakkauksessa käytetyt koodekit yhdistävät esiteltyjä työkaluja saadakseen bittinopeuden tasolle, joka mahdollistaa luotettavan ja vaivattoman jakelun. Erilaiset koodekit ja pakkaustavat soveltuvat eri käyttötilanteisiin, mutta esimerkiksi H.264/AVC (Advanced Video Codec) on vakiintunut hyvin laajaan käyttöön digitaalisista televisiolähetysistä Blu-ray-levyihin ja internetin suoratoistopalveluihin. [6.]

3 Signaalin siirto videotuotannossa ja suorassa verkkotoistossa

3.1 Latenssi

Latenssilla tarkoitetaan viivettä, joka on esimerkiksi suoratoistona katsottavan videon kaappaamisen ja katsomisen välillä. Latenssin merkitys vaihtelee tilanteen mukaan, esimerkiksi TV-lähetyksillä viive on useita sekunteja, mikä ei ole ongelma, sillä katsoja vain vastaanottaa videota, mutta videokonferenssissa suuri latenssi tekee luonnollisesta keskustelusta mahdotonta. Tyypillisesti latenssi pyritään muutenkin minimoimaan, mutta siltä ei kuitenkaan voida välttyä. [7.]

Latenssia syntyy karkeasti ottaen kolmessa vaiheessa signaalin kulkua. Ensin kun signaali pakataan siirtoa varten, sitten siirron aikana ja lopulta kun signaali puretaan katselulaitteessa. Nykyiset koodekit ja pakkausalgoritmit ovat melko nopeita, mutta videosignaalin pakkaaminen ja purkaminen vie silti aikaa ja usein joudutaan tekemään kompromisseja. Korkea laatu vaatii enemmän kaistanleveyttä tietoverkosta, sekä lähettäjältä että katsojalta, mutta tehokas pakkaaminen, joka ei liiaksi laske laatua, kasvattaa latenssia. [7.]

3.2 SDI-standardi

SDI on yhdysvaltalaisen SMPTE:n (The Society of Motion Picture and Television Engineers) vuonna 1989 kehittämä standardi korkeatasoisen videon siirtämiselle. SDI:stä on tullut useita uusia versioita, jotka tukevat nykyaikaisia korkeampia vaatimuksia bittinopeudelle. Kehitteillä oleva 24G-SDI mahdollistaa jopa 24 gigabitin bittinopeuden, joka mahdollistaa UHD-tasoisien videon siirtämisen, vaikka videon ruudunpäivitysnopeus olisi 120 kuvaa sekunnissa. [8.]

Tavallisimmin SDI koostuu suojatusta koaksiaalikaapelista, jonka päissä on BNC-liittimet (kuva 4). Tällaisen kaapelin pituus voi HD-tasoiselle kuvalle olla jopa 100 metriä, ja pienemmillä bittinopeuksilla jopa 300 metriä, ennen kuin signaali heikkenee liikaa. Näiden lisäksi on olemassa myös valokuituun perustuvia SDI-standardeja. Suuremmasta

kaapelin maksimipituuden vuoksi SDI on pitkään ollut tuotantoympäristöissä yleisin tapaa pakkaamattoman videosignaalin siirtoon. [9.]



Kuva 4. Koaksiaalikaapelin rakenne ja BNC-liitin [8].

3.3 HDMI-standardi

HDMI on vuonna 2002 suunniteltu digitaalisen median siirtämiseen tarkoitettu standardi. Standardia olivat luomassa monet teknologiayritykset, kuten Sony ja Philips. Tarkoituksena oli korvata analogiset liittimet digitaalisilla kodin viihdelaitteissa. Nykyään HDMI on yleisessä käytössä myös videon tuotannossa, ja joissain paikoin se on korvannut SDI:n kokonaan. HDMI:n liitin ei kuitenkaan lukitu vastakappaleeseensa (kuva 5), toisin kuin SDI:n BNC-liitin, mikä tekee siitä riskialttiin, jos kalustoa liikutellaan. [10.]



Kuva 5. HDMI-kaapeli ja urosliitin [10].

Siinä missä SDI:ssä data kulkee sarjamuodossa, voi HDMI:tä pitkin kulkea useita rinnakkaisia datavirtoja. Tämä mahdollistaa muun muassa korkeamman mahdollisen bittinopeuden, joka voi uusimmassa 2.1-versiossa ylittää 42 Gbps. HDMI poikkeaa SDI:stä myös siten, että kaapeli liittimineen voi olla myös aktiivinen, mikä mahdollistaa esimerkiksi signaalin vahvistamisen. Tämän tai ulkoisten vahvistimien avulla voidaan saavuttaa samantasoiset maksimipituudet kaapelille niin, että signaali säilyy ehjänä. HDMI mahdollistaa myös samassa kaapelissa Ethernet-yhteyden, joka kulkee omaa kanavaansa pitkin. [10.]

Kuluttajaelektronikassa HDMI:n etuna on myös sen mahdollistama kopiosuojaus Intelin kehittämän HDCP:n avulla. HDCP:n tarkoituksena on estää salatun sisällön toistaminen luvattomilla laitteilla tai laitteilla, joita on käsitelty niin, että ne voivat kopioida HDCP-suojattua materiaalia. Laitevalmistajat maksavat Intelin omistamalla Digital Content Protection LLC:lle valmistukseensa laitteita, joilla voi katsoa esimerkiksi kopiosuojattua videomateriaalia. [10.]

HDCP toimii kolmella tavalla: se estää luvattomia laitteita vastaanottamasta dataa, suojaa datan tiedonsiirron ajaksi, ettei sitä voi salakuunnella, ja kykenee kuolettamaan avaimia niin, ettei esimerkiksi lisenssisopimusta rikkoneen valmistajan laitteita enää hyväksytä. [11.]

3.4 NDI-standardi

NDI on Newtekin kehittämä ohjelmistostandardi, joka mahdollistaa tuotantolaatuisen videon siirtämisen yhteensopivien laitteiden välillä verkkoyhteyksiä pitkin lyhyellä viiveellä, mikä puolestaan mahdollistaa sen käyttämisen suoratoistolähetyksissä. NDI julkaistiin vuonna 2015, ja ensimmäinen laite, jossa se oli käytössä, oli Newtekin Tricaster, joka kykeni vastaanottamaan useita NDI-videolähteitä ja lähettämään NDI-videota samanaikaisesti. NDI on suunniteltu toimimaan kiinteissä Gigabit-verkoissa noin 100 Mb/s -bittinopeudella, mutta soveltuu käytettäväksi myös nopeissa langattomissa verkoissa. NDI 2.0 mahdollistaa UHD-tasoisien videon siirtämisen noin 250 Mb/s -bittinopeudella. NDI:n koodekki on yksi tehokkaimmista ja kykeneekin tyypillisellä työaseman suorittimella pakkaamaan 8K-resoluutioistakin kuvaa yli 200 kuvaa sekunnissa. [12; 13.]

NDI:n rinnalle vuonna 2017 tullut NDI-HX mahdollistaa pienemmän bittinopeuden pakkaamalla videosignaalin tehokkaammin H.264-koodekilla. Tämä laskee tarvittavan tiedonsiirtonopeuden jopa alle viidennekseen, kun kyse on HD-tasoisesta videosta. Mahdollisena haittapuolena voidaan nähdä menetetty liiketerävyys ja alfa- eli läpinäkyvyyskanavan menettäminen verrattaessa tavalliseen NDI:hin. NDI-HX on ns. hybridiprotokolla, ja se toimii tavallisten IP-protokollinen, kuten RTSP ja RTP, ja NDI:n välillä. NDI-HX2 käyttää pakkaamiseen H.265-koodekkia, jolla on mahdollista saavuttaa vielä tehokkaampi pakkaus ja pienempi vaadittava tiedonsiirtonopeus. NDI-HX2 on puhtaasti natiivi-NDI-protokolla ja mahdollistaa NDI-HX:ää luotettavamman ja viiveettömämmän yhteyden. [14.]

Vaikka NDI mahdollistaakin langattoman videosignaalin siirron ja muita uudenlaisia tuotantomenetelmiä, on se vielä niin uusi, että monikaan videokamera ei sisällä tukea sille. Tämän takia vaaditaan erillinen NDI-kooderi (kuva 6), joka muuntaa videokamerasta tulevan SDI- tai HDMI-signaalin NDI:n vastaavaksi lähetystä varten.



Kuva 6. BirdDogin NDI-muunnin. Laitteessa on liitännät sekä SDI:lle että HDMI:lle. Laite saa virtansa Ethernet-portista. [15]

3.5 Signaalin kulku tuotannon aikana

Tuotantoympäristössä pyritään saamaan mahdollisimman laadukasta videokuvaa. Tämän takia on tärkeää, että videon laatu pysyy mahdollisimman korkeana mahdollisimman pitkään, kunnes se pakataan joko lähetystä tai tallennusta varten. Video kulkeekin tyypillisesti pakkaamattomana kamerasta tarkkailumonitoriin SDI- tai HDMI-kaapelia pitkin. Siitä se kulkee edelleen pakkaamattomana videomiksaajalle, ja vasta sen jälkeen se pakataan ennen lähettämistä tai tallentamista. Joissain tapauksissa pakkaus tapahtuu samalla laitteella kuin videomiksaus. [3.]

Joissain tapauksissa, esimerkiksi kun laitteiden liittimet ovat rajallisia, videosignaali täytyy muuntaa SDI:stä HDMI:ksi tai toisin päin. Tämä vaatii erillisen laitteen, sillä HDMI ja SDI ovat oleellisesti erilaisia. Signaali saatetaan haluta muuttaa myös muista syistä, kuten esimerkiksi HDCP:n ohittaminen. Useat HDMI-SDI-muuntimet sallivat salatun HDMI-signaalin purkamisen pakkaamattomaksi SDI-signaaliksi, mikäli halutaan esimerkiksi käyttää videomateriaalia kopiosuojatusta lähteestä. Decimatorin valmistama MD-HX-muunnin pystyy muuttamaan videosignaalin SDI:n ja HDMI:n välillä sekä toimimaan signaalinvahvistimena ja säätämään kuvanopeutta eri standardien välillä. [16.]

Videosignaalin siirtämisessä pakkaamattomana on lisäksi se etu, että videon pakkaaminen vaatii aikaa, mikä luo viivettä. Eri kuvälähteiden tuottaman kuvan pakkaaminen tapahtuu eri nopeudella, mikä voi johtaa siihen, että kuvat eivät ole keskenään synkro-

noituja. Lisäksi, jos useampi eri kuvalähde käyttää samoja äänilähteitä, yksi tai useampi kuvista ei myöskään ole synkronoitu äänen kanssa. Näistä syistä videon siirtäminen pakkaamattomana on monissa tapauksissa ainoa vaihtoehto. [3.]

3.6 Häiriöt

Digitaalinen signaalinkäsittely aiheuttaa aina latenssia [7]. Tästä syystä, mikäli esimerkiksi tuotannon aikana ääntä käsitellään ennen lähetystä, se ei välttämättä ole enää samassa vaiheessa videon kanssa. Pitkät kaapelit heikentävät signaalin laatua, ja erityisen pitkät vedot altistavat signaalin kohinalle. Kohina voi johtua myös ulkoisista häiriölähteistä, esimerkiksi jos suojaamaton kaapeli kulkee läheltä sähköjohtoja.

Joitain häiriöitä voidaan korjata niiden synnyttyä. Esimerkiksi kuva ja ääni voidaan tuoda takaisin samaan vaiheeseen, joko manuaalisesti tai käyttämällä erillistä signaalia, joka synkronoi eri lähteistä tulevat signaalit keskenään. [17.]

4 Videotuotantotilat

Videostudio on erityisesti TV- ja videotuotantoa varten suunniteltu hallittu ympäristö. Studion valaistus on tarkasti säädettävissä, ja ulkopuoliset äänet on eristetty, jotta saadaan mahdollisimman hallittavissa olevat olosuhteet tuotantoa varten. Studiot ovat tyyppillisesti korkeita, jotta on tilaa kattoon kiinnitettäville valaisulaitteille. Lattiapinnat ovat tasaisia kameroiden liikuttamista varten, ja seinillä on usein ääntä eristäviä ja kaikumista vähentäviä elementtejä. Seinillä on usein myös kytkennät video- ja äänisignaalin siirtämiseksi erilliseen ohjaushuoneeseen, jossa jatkuvasti tarkkaillaan tuotannon etenemistä. Ohjaushuoneessa on useita monitoreja, joista näkee kaikkien tuotannossa käytettävien kameran kuvan sekä tyyppillisesti myös videokuvaa studiosta muutenkin. [17.]

4.1 Studion kalusto yleisesti

Studion keskiössä on kuvausalue, joka voi olla korotettu lava tai vain rajattu alue lattialla (kuva 7). Esimerkiksi keskusteluohjelmia varten saatetaan myös rakentaa huonetta muistuttavat lavasteet tietyn tunnelman aikaansaamiseksi. Muutoin käytetään tyypillisesti erivärisiä taustakankaita, jotka kulkevat kiskoilla ja joita valaisemalla saavutetaan erilaisia tunnelmia. Vihreitä ja sinisiä taustakankaita käytetään väriavaintamisessa (chroma keying), jossa tausta poistetaan digitaalisesti ja korvataan halutulla kuvalla tai videolla. Tämä on yleistä esimerkiksi uutisten sääkarttojen esittelyssä ja elokuvatuotannossa. [18.]



Kuva 7. Monikamerastudio uutiskäytössä [18].

Useimmissa tuotannoissa käytetään useaa kameraa samaan aikaan. Esimerkiksi uutisissa ja keskusteluohjelmissä on tavallisesti kolme kameraa, jotka kaikki kuvaavat jatkuvasti. Kamerat sijaitsevat tässä tapauksessa tyypillisesti keskellä ja lähellä vasenta ja oikeaa reunaa. Jokaisen kameran operaattorilla on ohjeet siihen, mitä kuvata, ja ohjaaja valitsee kussakin tilanteessa halutun kameran kuvan, joka valitaan lähetykseen.

Vaikkei ohjelmaa kuvattaisikaan suorana lähetyksenä, ohjaaja useimmiten jatkuvasti ohjaa operaattoreita saadakseen juuri sellaista kuvaa, kuin ohjelmaan halutaan. [18.]

Lavan yläpuolella ja sen ulkoreunoilla katossa usein kymmeniä valoja, joita säätämällä saadaan valittua sopiva valaistus erilaisiin tuotantoihin. Valot on tavallisesti kytketty ohjauslaitteeseen, jolla niitä voidaan säätää myös kesken kuvaamisen ja luoda näin vaikutelma esimerkiksi vuorokaudenajan muuttumisesta. Viime aikoina led-valaisimet ovat yleistyneet myös studiokäytössä, mikä mahdollistaa entistä tarkemman värilämpötilan säädön. Aikaisempien halogeeni- ja hehkulamppujen valon värin säätö oli paljon rajallisempaa, ja käytännössä tämä useimmiten tarkoitti, että eri värilämpötilat vaativat eri lampun. [18.]

Katossa saattaa olla kiinni myös mikrofoneja, jotka on suunnattu kuvattavaan alueeseen. Studioissa, joissa on yleisö, on yleensä myös mikrofonit, jotka äänittävät yleisöä. Televisiotuotannoissa puhujilla on tavallisesti henkilökohtaiset langattomat lavalier-mikrofonit, joiden etuna on se, että ne ovat lähellä äänen lähdettä ja siten mahdollistavat hyvän häiriöttömän äänenlaadun. Elokvatuotannossa on yleistä, että lähes kaikki dialogi äänitetään uudestaan kuvaamisen jälkeen, minkä takia kuvatessa äänenlaatu ei ole yhtä tärkeää. Tärkeämpää on, ettei kuvatessa näy mitään kohtaukseen kuulumatonta, minkä takia käytetään tyypillisesti suunnattuja haulikkomikrofoneja, jotka ovat puomin päässä juuri kuvan ulkopuolella. Näin saadaan äänitettyä dialogi riittävällä laadulla, että se voidaan tarkasti uudelleenäänittää. [18.]

Sekä kamerat että mikrofonit on tyypillisesti liitetty ohjaushuoneissa (kuva 8) oleviin miksereihin, joita operoivat omat henkilönsä. Kuvamiksaaja vaihtaa kuvaa ohjaajan toiveiden mukaan, ja tämä on erityisen tärkeä rooli suorissa lähetyksissä. Äänimiksaaja pitää huolen, että äänen taso pysyy sopivana ja että ainoastaan ne mikrofonit, joista halutaan ääntä, ovat aktiivisia, ettei ohjelmaan tule siihen kuulumattomia ääniä. [18.]



Kuva 8. Studion ohjaushuone [18].

Videomiksaajalla on käytössään miksauspöytä, johon on liitetty kaikki käytössä olevat kamerat sekä tyypillisesti yksi tai useampi tietokone, joista syötetään tarvittava grafiikka esimerkiksi nimiplansseihin tai alku- ja lopputeksteihin. Miksauspöydistä voidaan myös toistaa valmiiksi tehtyjä videoita kameroiden videosyötteen lisäksi, niin sanottuja inserttejä. Pienemmissä tuotannoissa video- ja äänimiksaus on saatettu yhdistää niin, että kullakin videolähteellä on siihen sidottu äänilähde, joka voi olla esimerkiksi kyseisen kameran kaappaama ääni tai vaikka paneeliohjelman kaikkien puhujien mikrofonien ääni. Tällöin videolähdettä vaihtaessa myös äänilähteet vaihtuvat ja voidaan tulla toimeen pienemmällä henkilömäärällä. [18]

Varsinaisten tuotannossa käytettävien laitteiden lisäksi useimmiten on käytössä myös jonkinlainen kommunikaatiojärjestelmä, jolla ohjaaja voi antaa ohjeita muille. Ohjaajalla voi olla vielä erillinen talkback-järjestelmä, jolla hän voi antaa ohjeita esimerkiksi ohjelman juontajalle. Tällaisen kommunikaation ongelmana on, että se on käytännössä yksisuuntaista, sillä studiossa puhe voi tallentua ohjelmaan. [18]

4.2 Roolit studiossa

Ohjaajalla on päävastuu tuotannon aikana. Hänen työtään on muuttaa käsikirjoitus audiovisuaaliseksi kokonaisuudeksi. Esituotantovaiheessa hänen vastuullaan on tuotannon suunnittelu ja esiintyjien harjoitukset. Varsinaisen tuotannon aikana hän vastaa muun muassa siitä, että kamerat kuvaavat oikeaa kohdetta, ja etenkin suorissa lähetyksissä siitä, että videomiksaaja siirtyy kuvasta toiseen oikeaan aikaan ja oikeassa järjestyksessä. [18.]

Apulaisohjaajan tärkein vastuu on tuotannonaikainen aikataulutusta. Hän varmistaa, että esiintyjät tietävät, milloin on aika aloittaa ja lopettaa puhuminen. Hän myös ilmoittaa esiintyjille, mihin kameraan katsoa milloinkin, mikäli automaattista merkkivalojärjestelmää (kuva 9) ei ole. [18.]



Kuva 9. Merkkivalo kameran päällä kertoo kameran kuvan olevan nyt lähetyksessä [18].

Videomiksaajan tehtävä on etenkin suorissa lähetyksissä vaihtaa uloslähtevää kuvaa ohjaajan toiveiden mukaisesti. Toimivassa kokonaisuudessa hän osaa ennakoida ohjaajan tarpeita, mikä vaatii käsikirjoituksen seuraamista varsinaisen ohjelman edellä. [18.]

Ääniteknikko vastaa kaikesta äänikalustosta sekä äänen miksaamisesta tuotannon aikana. Työhön liittyy oikeanlaisten mikrofoniin valinta, äänilähteiden miksaaminen ja koko lähetyksen äänenvoimakkuuden tarkkailu. Hän myös vastaa sound checkistä eli

äänien toiston tai tallennuksen toimivuudesta ennen tuotantoa. Pienemmissä tuotannoissa äänitekniikan rooli saattaa olla yhdistetty videomiksaajaan, mikäli kaikki äänilähteet on sidottu kuvalähteisiin. [18.]

Tavallisimmassa monikameratuotannossa on käytössä kolme kameraa. Jokaisella kameralla oma operaattori, joka toimii ohjaajan toiveiden mukaisesti. On tärkeää, että kameraoperaattorit ovat jatkuvasti valmiudessa vaihtamaan kuvakokoa tai kohdetta ohjaajan toiveiden mukaisesti. Mikäli koko ohjelma on ennalta käsikirjoitettu, on operaattoreilla usein valmis lista otoksista, joita heiltä halutaan. Joissain tapauksissa käytössä voi olla tavallisten tuotantokameroiden sijasta tai lisäksi robottikameroita. Niitä on mahdollista yhden ihmisen ohjata useampaa kerralla. Lisäksi robottikameroihin voi ohjelmoida valmiita otoksia, joiden välillä on nopeaa siirtyä ilman, että kameraoperaattorin täytyy kiinnittää huomiota kuvaan. [18.]

Valo-ohjaaja huolehtii siitä, että valaistus on kulloiseenkin otokseen oikea. Otosten välillä hän saattaa siirtää tai kääntää valaisimia vastaamaan paremmin kulloistakin tarvetta. Hän voi myös ohjata valoja kuvauksen aikana, mikäli valot on kytketty ohjausjärjestelmään. [17.]

4.3 Videotuotantoprosessi studiossa

Videotuotantoprosessi, kuten muutkin prosessit, alkaa suunnittelulla. Tuottaja käsittelee tuotantoa kahdella akselilla: esteettisellä ja teknisellä. Esteettisellä akselilla on tuotannon visio: mitä halutaan kertoa tai näyttää. Teknisellä akselilla ovat vastaavasti esteettisten vaatimusten tuomat haasteet. [18.]

Kun on olemassa ajatus siitä, mitä ollaan tekemässä, alkaa käsikirjoitusvaihe. Käsikirjoituksia on erilaisia, ja valinta niiden välillä riippuu siitä, millaista ohjelmaa tai tuotantoa ollaan tekemässä. Esimerkiksi useita eri osuuksia sisältävä makasiiniohjelma vaatii tarkan aikataulun sille, milloin mikäkin osa on lähetyksessä ja kuinka pitkä kukin osuus on. Musiikkivideoissa taas visuaalisuus on tärkeää, jolloin kuvakäsikirjoitus toiselta nimeltään storyboard voi olla tehokkaampi. [18.]

Käsikirjoituksen valmistuttua täytyy tuotanto aikatauluttaa ja budjetoida. Tässä vaiheessa tehdään valintoja tuotantotiimin ja esiintyjien suhteen sekä valitaan ohjaaja. Tämä on viimeinen esituotannon vaihe. [18.]

Varsinaisesta tuotannosta vastaa suurimmilta osin ohjaaja. Hänen vastuullaan on, että tuotanto pysyy aikataulussa ja että asiat sujuvat muutenkin suunnitellusti. Hän vastaa mahdollisten ongelmien ratkaisusta, oli kyse sitten teknisistä ongelmista tai esimerkiksi esiintyjien sairastumisista. [18.]

Kun studio on lavastettu tuotannon vaatimusten mukaan, pyritään mahdollisuuksien mukaan harjoittelemaan ennen kuvauksia. Tässä vaiheessa saatetaan huomata esimerkiksi tarpeita, jotka ovat jääneet aiemmin huomaamatta, liittyen esimerkiksi valaisuun. Muutokset käsikirjoitukseen ovat myös mahdollisia. Harjoituksissa on tärkeää myös varmistaa tekniikan toimivuus. [18.]

Varsinaisen kuvaamisen aikana tavoite on, että jokainen tietää oman tehtävänsä ja suorittaa sen parhaan kykynsä mukaan. Studioympäristössä on tärkeää välttää turhaa ääntä, sillä se saattaa tulla jonkin mikrofonin tallentamaksi. Tuotannon ulkopuolisilta henkilöiltä on myös pääsy kielletty studioon, sillä he saattaisivat muuten päätyä esimerkiksi kameran tai valaisimen tielle. [18.]

Kuvausten jälkeen alkaa jälkituotannon vaihe, mikäli ei ole kyse suorasta lähetyksestä. Tässäkin ohjaajalla on viimeinen sananvalta. Suurissa tuotannoissa jälkituotanto on usein hitain työvaihe. [18.]

5 Mediatekniikan studio Karamalmin kampuksella

5.1 Käyttötapaukset

Kuten aikaisemmalla Leppävaaran kampuksen studiolla, myös tulevalla studiolla on useita käyttötarkoituksia. Sen lisäksi, että merkittävä osa mediatekniikan AV-kalustosta kuuluu studioon, siellä on myös mahdollista tehdä videotuotantoa asiakasprojekteja var-

ten. Tila soveltuisi myös opetuskäyttöön ainakin muutamille mediatekniikan opintojaksoille, jotka sisältävät AV-tekniikan osuuksia. Lisäksi studio kalustoineen tuo myös mahdollisuuksia TKI-hankkeille. [19.]

Opetus- ja laboratoriokäyttö

Moni mediatekniikan opintojakso sisältää osuuksia, jotka käsittelevät kuvaa ja/tai videota. Ammattimainen studio antaa mahdollisuudet tutustua monipuolisen median tuotantoon tavalla, joka vastaa suurelta osin ammattimaista tuotantoa niin kaluston kuin menetelmien osalta. Aikaisemmilla opintojaksoilla on käsitelty myös monikameratuotantoa, joka suorastaan vaatii studioympäristön laitteineen ja järjestelmineen.

Asiakasprojektien tuotantokäyttö

Metropolia tuottaa erilaisia videoprojekteja asiakkaille harjoittelijoiden avulla tai opiskelijatöinä. Videotuotantoon tarkoitettu ja varattu tila luo erinomaiset mahdollisuudet korkeatasoiselle lopputulokselle, verrattuna esimerkiksi pelkän kaluston olemassaoloon. Studio mahdollistaa myös harjoittelun ja kalustoon tutustumisen esimerkiksi ennen muualla tapahtuvaa suoraa verkkolähetystä, millä voidaan varmistaa työn sujuvuus ja välttää mahdollisia ongelmatilanteita.

Kaluston lainaus

Mediatekniikan opiskelijoilla on jo pitkään ollut mahdollisuus lainata ammattikorkeakoulun laitteita omiin projekteihin, mikä on mahdollistanut oman osaamisen kehittämisen kiinnostuksen mukaan. Kaluston keskittäminen sinne, missä sitä enimmäkseen käytetään, ja toimiva lainausjärjestelmä helpottavat pysymään selvillä siitä, mikä laite on milloinkin missäkin. Samalla voidaan välttää välineiden katoamista.

TKI-käyttö

Metropolia tuottaa yhdessä yhteistyökumppaneidensa kanssa noin sata TKI-hanketta vuodessa. Viime vuosina projekteja, jotka ovat liittyneet mediatekniikkaan, ovat olleet esimerkiksi digital signage -järjestelmiin liittyvä hanke sekä älybussipysäkit. Yksi tutkimuskohde oli myös viiveen tutkiminen itseohjautuvan bussin etäohjausjärjestelmässä.

Siinä bussista tuli jatkuvasti videokuvaa, jonka perusteella ohjaajan tulisi toimia. Uusi nykyaikainen studio voisi luoda mahdollisuuksia erilaisille uusille hankkeille, mutta tämä kuitenkin ei ole suurin prioriteetti studion suunnittelussa.

5.2 Studion vaatimukset

Kalusto

Videostudio ei ole mitään ilman toimivaa ja riittävää kalustoa. Kalusto määräytyy tarpeen mukaan, mutta sisältää vähintään useita videokameroita, mikrofoneja ja valaisimia sekä kuvan ja äänen tallentamiseen ja/tai lähettämiseen vaadittavan kaluston. Metropolian tapauksessa esimerkiksi kameroita ja mikrofoneja tarvitaan useita, jotta ne riittävät mahdollisimman monelle opiskelijalle opintojaksojen laboratoriotöissä.

Videokameroissa on eroja, ja ne voidaan karkeasti jakaa kahteen eri luokkaan sen mukaan, onko ne tarkoitettu ammattilaisille vai kuluttajille. Nykyään on myös välimuotoja, jotka yhdistävät puolia kummastakin. Vähemmän ammattimaiseen studiokäyttöön tällaiset ns. prosumer (professional/consumer) -kamerat sopivat usein hyvin, sillä ne antavat enemmän vapauksia kuin kuluttajille suunnatut kamerat asetusten ja optiikan suhteen, mutta eivät ole kohtuuttoman kalliita. Ammattikäytössäkin puhutaan erikseen studiokameroista ja niin sanotuista electronic news gathering- tai ENG-kameroista, jotka eivät ole ominaisuuksiltaan aivan samalla tasolla studiokameroiden kanssa ja ovat siksi huomattavasti edullisempia.

Metropoliassa on tällä hetkellä käytössään kuusi nykyaikaista 4K-videota tuottavaa videokameraa, jotka ovat suurimmalta osin ENG-kameroita. Metropoliasa on myös yksi robottikamera, jota voidaan ohjata langattomasti.

Kameroiden lisäksi tarvitaan mikrofoneja, mielellään erilaisin suuntakuvioidin ja ominaisuuksin. Haastatteluihin kahvalliset mikrofonit ovat helpoimpia, mutta laajemman alueen äänen kaappaamiseen haulikkomikrofoni on tehokkaampi. Metropoliasa on onneksi hyvä määrä erilaisia mikrofoneja, joista lähes kaikki soveltuvat studiokäyttöön. Haulikkomikrofoneille on lisäksi mikrofonipuomeja.

Hyvä valaistus on kriittinen osa studion kalustoa, ja ilman sitä studio menettää suuren osan merkityksestään. Neljästä kuuteen led-paneelia tai fresnel-lamppua kykenee valaisemaan tarvittavankokoisen alueen tasaisesti ja erottelemaan kohteen taustasta. Lampujen väriämpötilan ja kirkkauden tulisi olla säädettävissä, mielellään portaattomasti, monipuolisten valaisumahdollisuuksien varmistamiseksi. Valot vaativat joko kattoon asennettavan telineen tai kukin oman jalkansa. Kummassakin on omat hyvät ja huonot puolensa: toinen vie tilaa pystysuunnassa, toinen vaakatasossa.

Studioon on tarkoitus rakentaa myös ns. infinity wall, jossa seinät ja lattia kaartuvat pehmeästi toisiinsa. Tasaisesti valaistuna tämä luo vaikutelman rajattomasta tilasta, jossa kohde on. Sopivilla projektoreilla sillä olisi myös mahdollista luoda liikkuva tausta, mikä mahdollistaisi erilaisia erikoistehosteita.

Studioon kuuluu myös erillisessä tilassa oleva tarkkaamo, josta voidaan ohjata tuotantoa. Tarkkaamoon tulee videomikseri, jonka näytöltä nähdään kuvaa jokaisesta kamerasta ja jolla voidaan lähettää suoria lähetyksiä. Tällä hetkellä studiolla on käytössä Tricaster 8000, joka tukee natiivisti useita samanaikaisia NDI-yhteyksiä. Tricasterin lisäksi Metropolialla on myös Roland V-1HD, joka soveltuu paremmin mobiiliin kenttäkäyttöön. Tarkkaamosta on tärkeää saada ääniyhteys studioon esimerkiksi erillisellä langattomalla intercom-järjestelmällä.

Suoratoistoon studion ulkopuolella voidaan käyttää kannettavaa tietokonetta tai erillistä laitetta, joka kykenee lähettämään videokuvaa suoraan suoratoistopalveluun ilman tietokonetta. Kummassakin ratkaisussa on puolensa, ja ne soveltuvat erilaisiin tuotantoihin. Molemmissa tapauksissa on tärkeää varmistaa luotettava verkkoyhteys esimerkiksi omalla langattomalla tukiasemalla.

Kameroiden omat näytöt ovat melko huonoja ja vain suuntaa antavia, mitä tulee esimerkiksi värintoistoon. Studiolla on kaksi Atomoksen monitoria, jotka toistavat ja myös tallentavat 4K-laatuista videota korkealla laadulla. Atomos Shogun toimii myös videomikserinä, mikä mahdollistaa sen käytön varalaitteena.

Tila

Ihanteellisessa tapauksessa studio olisi iso, korkea ja äänieristetty tila, jossa on riittävästi sähkö- ja Ethernet-pistokkeita kaikkiin mahdollisiin tarpeisiin. Kuitenkin vähemmälläkin tulee hyvin toimeen, jos on valmis tekemään kompromisseja. Tärkeää kuitenkin on, että tilaa on sen verran, että kuvattavan alueen saa valaistua tasaisesti ja että studioon ei kuulu liikaa ulkopuolisia ääniä. Tilan korkeutta voi paikata suuremmalla pinta-alalla, jos valaisimia ei kiinnitäkään kattoon, vaan käyttää jalustoja.

Yhteydet ja järjestelmät

Kamerat on määrä yhdistää videomikseriin NDI:n avulla, millä vältetään pitkien SDI-kaapelien vetäminen tarkkaamoon. Tämä tuo kuitenkin omat haasteensa verkolle, jonka täytyy tukea useaa samanaikaista NDI-yhteyttä, joista kukin voi olla jopa 250 Mbps. [12.] Tavallisen, kuluttajakäyttöön tehdyn langattoman reitittimen teoreettinenkin maksiminopeus on standardista riippuen 54–1 300 Mbps. Käytännössä tästä vain murto-osa on käytettävissä. Lisäksi useimmat NDI-laitteet saavat virtansa Ethernetin kautta, mikä asettaa omat vaatimuksensa kytkimelle tai reitittimelle.

Uusi 802.11ax-standardi, jota kutsutaan yleisesti nimellä Wi-Fi 6, mahdollistaa jopa yli 10 Gb/s -siirtonopeuden. Tämä tarkoittaa, että jopa usean 4K-videon siirtäminen samassa verkossa NDI:llä onnistuisi ilman, että verkon kapasiteetti tulisi vastaan. Kytkeminen videomikseriin tulisi silti tehdä Ethernet-kaapelilla, sillä esimerkiksi neljän 4K-videon yhteenlaskettu bittinopeus on jo noin 1 Gb/s, ja koska tarkkaamo on erillisessä huoneessa, ei voida luottaa langattomaan tiedonsiirtoon ilman häiriöitä. [20.]

Valojen ohjaaminen on tarkoitus hoitaa myös langattomasti, kiinnittämällä valoihin langattomat DMX-vastaanottimet, joita ohjataan esimerkiksi tabletilla. Näin saadaan välttää muun muassa tallennettuja valmiita valaistuksia muistiin, vaihdettua valaistuksesta toiseen ja varmistettua, että valojen asetukset ovat keskenään samat. Lisäksi tämä säästää tilaa, kun ei tarvita erillistä valopöytää.

Kaluston lainaamiseen on jo aiemmin ollut käytössä Trail-järjestelmä (kuva 10), johon opiskelijat ovat voineet tehdä varauksia laitteille. Järjestelmä on toiminut melko hyvin

kalustolla, jotka on merkitty viivakoodilla. Kuitenkin esimerkiksi muistikortteja on kadonnut viime vuosina runsaasti. Uudessa studiossa olisi järkevää yksilöidä jokainen lainattava laite ja väline, jottei tule epäselvyyksiä siitä, kenen vastuulla mitäkin on.

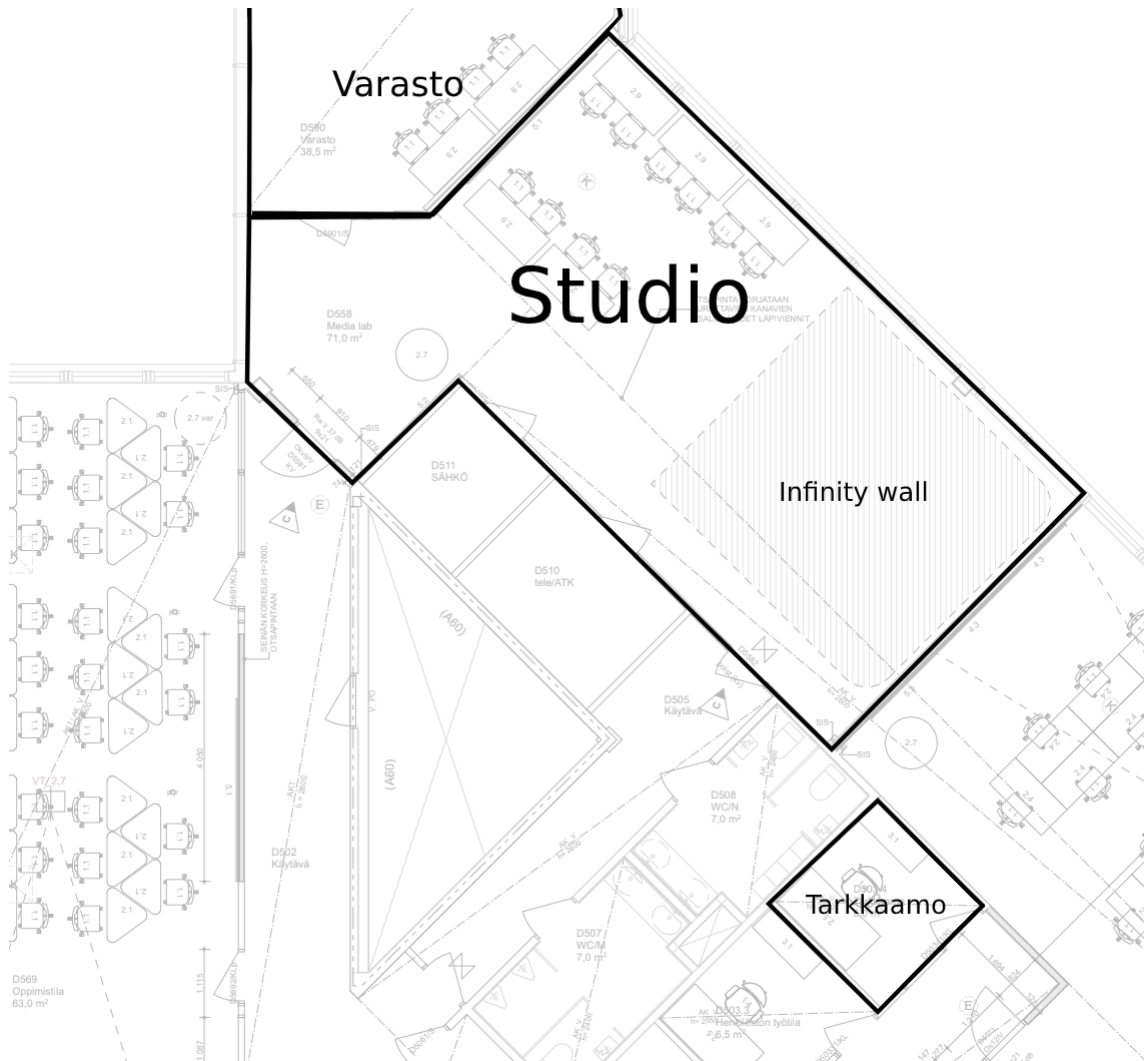
The screenshot displays the Trail system's equipment management interface. The page title is "1 - 20 (497 laitetta)". The interface includes a search bar, a "Hae" button, and a "Näytä tarkennettu haku" link. The table below lists various equipment items with columns for "Tila", "Kategoria", "Valmistaja ja malli", "Tunnus", and "Päivitys".

Tila	Kategoria	Valmistaja ja malli	Tunnus	Päivitys
	Sound / Microphone	AKG C 1000 S	IE312133	meikien 4 vuotta sitten
	Sound / Microphone	AKG C 525 S	IE300409	meikien 5 vuotta sitten
	Sound / Microphone	AKG C 525 S	IE312129	noin 4 vuotta sitten
	Sound / Microphone	AKG C 525 S	IE312130	yli 4 vuotta sitten
	Sound / Microphone	AKG C 568 EB	IE300400	yli 4 vuotta sitten
	Sound / Microphone	AKG Micromic	IE300425	yli 4 vuotta sitten
	Sound / Microphone	AKG SE 300B	IE300420	yli 4 vuotta sitten
	Sound / Microphone	AKG SE300B + CK97-C	IE375886	noin 4 vuotta sitten
	Laptop / Windows	Allenware P31E	IE618192	yli 4 vuotta sitten
	Audio Mixer	Allen & Heath ZED 6	IE55754	noin 5 vuotta sitten
	Adapter	Amphenol DVI to HDMI	IE300444	meikien 5 vuotta sitten
	Adapter	Amphenol DVI to HDMI	IE300445	meikien 5 vuotta sitten
	Adapter	Amphenol DVI to HDMI	IE300446	meikien 5 vuotta sitten
	Adapter	Amphenol DVI to HDMI	IE300447	meikien 5 vuotta sitten
	Adapter	Amphenol DVI to HDMI	IE300448	meikien 5 vuotta sitten
	Adapter	Amphenol DVI to HDMI	IE300449	meikien 5 vuotta sitten
	Adapter	Amphenol DVI to HDMI	IE300450	meikien 5 vuotta sitten
	Adapter	Amphenol DVI to HDMI	IE300451	meikien 5 vuotta sitten
	Adapter	Amphenol DVI to HDMI	IE300452	meikien 5 vuotta sitten
	Adapter	Amphenol DVI to HDMI	IE300453	meikien 5 vuotta sitten

Kuva 10. Trail-järjestelmän laitteet-näkymä [21].

5.3 Ehdotettu ratkaisu: Studio Karaportti

Uusi studio on tulossa Karamalmin kampuksen viidenteen kerrokseen (kuva 11). Studioon lasketaan tässä myös sen viereinen varasto sekä tarkkaamo. Käyn seuraavaksi läpi suunnitelman studion toteuttamisesta, mahdolliset haasteet sekä ratkaisuja niihin.



Kuva 11. Studion pohjapiirustus [22]. Korostukset omia.

Tilat

Varsinaisen studion pinta-ala on 71 m^2 , ja sen huonekorkeus on 2,6 metriä. Kuvaamiseen tarkoitettulla alueella huoneen leveys on 5,6 metriä, mikä mahdollistaa noin 5×5 metrin infinity wallille. Huonekorkeus rajoittaa kattoon asennettavan valotelineen mahdollisuuksia, mutta myös seinäkiinnitykset ovat mahdollisia, koska huone on vain vähän kuvausaluetta leveämpi.

Ikkunoihin vaaditaan pimennysverhot, jotta valaistus on säädettävissä täysin halutuksi. Muutenkin tilan normaali valaistus tulee olla kytkettävissä pois, eikä esimerkiksi liiketunnistimilla aktivoituva. Riippuen toteutuvista valaistusratkaisuista voi olla syytä päivittää

tilan sulakkeet isompiin, etenkin jos useita tehokkaita valaisimia kytketään samaan pistorasiaan.

Erillisessä varastossa on 38,5 m²:n pinta-alallaan tilaa myös muutamalle työasemalle editointia ja kaluston lainaamisen hallintaa varten. Tilaan on pääsy vain studion läpi, ja elektronisella kulunvalvonnalla voidaan varmistaa, että vain asiaan kuuluvilla henkilöillä on pääsy varastoon.

Tarkkaamo ei tilana vaadi paljoa. Laitteiden ja kalusteiden jälkeen tarvetta on lähinnä nopealle ja häiriöttömälle Ethernet-yhteydelle sekä erilliselle ääniyhteydelle työskentelyä varten. Ilmanvaihto on myös tärkeä, mikäli pienessä tilassa työskentelee samaan aikaan useita henkilöitä, etenkin kun otetaan huomioon esimerkiksi Tricasterin tuottama lämpö.

Valaistus

Studioon tulevan infinity wallin toimivuus vaatii tasaisen, pehmeän valaistuksen. Tämä on helpoimmin tuotettavissa alueen yläpuolelle asennettavalla LED-matolla, joka tuottaa pehmeää tasaista valoa, etenkin hajotinkankaan kanssa, jos se koetaan tarpeelliseksi. Toinen tapa sen tuottamiseen on rakentaa kattoon teline hehkulampuista tehdylle matriisille (kuva 12). Lamppujen alle tulee vielä valkoinen hajotinkangas, joka pehmentää muuten pistemäisiä valonlähteitä. Lamppujen olisi hyvä olla himmennettäviä, jolloin valon määrää voi säätää. Toinen vaihtoehto on, että lamput on kytketty eri kytkimiin, jolloin päällä olevien lamppujen määrällä voidaan vaikuttaa valon määrään. Tämän ongelmana on kuitenkin, että liian irrallaan olevat lamput eivät enää tuota tasaista valoa. [23.]



Kuva 12. Hehkulampuista rakennettu matriisi ja hajotinkangas kattotelineissä [23].

Muuhun kuvaamiseen, esimerkiksi green screeniä varten, usean eri suunnista tulevan valonlähteen käyttö sopii usein paremmin. Esimerkiksi neljällä valaisimella voidaan jo valaista erikseen kohde ja tausta, mikä on väriavaintamisen vaatimus. Studiolla on jo yksi Fiilexin Matrix RGBW -paneeli, joka soveltuu hyvin tällaiseen tyypilliseen studiovalaisuun (kuva 13). Paneelissa on irrotettava fresnel-linssi, jota käyttämällä voidaan säätää valokeilan kulmaa. [24.]



Kuva 13. Fiilexin Matrix RGBW -paneeli fresnel-linssit kiinnitettyä [24].

Vastaavanlaisilla paneeleilla saisi studion valaisun toteutettua laadukkaasti. Valon väri-
lämpötila on portaattomasti säädettävissä 2 800:n ja 10 000 kelvinin välillä. Lisäksi valon
spektri on hyvin lähellä luonnollista: valmistaja Fiilex lupaa CRI-arvoksi 95, kun 100 vas-
taa värien täydellistä esitystä. [24.]

Kamerat

Studion käytössä on useita tuotantokäyttöön soveltuvia kameroita. Uusimpia ja nykyaikaisimpia ovat Sony PXW-FS5 ja Canonin XF-705 (kuva 14). Kamerat ovat ominaisuuksiltaan melko lähelle toisiaan vastaavia, mutta tietyt erot saavat ne soveltumaan paremmin eri käyttöön.



Kuva 14. Canonin XF-705 (vasemmalla) ja Sonyn PXW-FS5-runko ilman objektiivia [25].

Canonin 15-kertainen optinen suurennos mahdollistaa kaukana olevien kohteiden kuvaamisen, kun taas Sony vaatii erillisen objektiivin, joiden suurennosominaisuudet vaihtelevat. Sony kuitenkin kykenee tallentamaan videota usealla eri laadulla ja pakkauksella, mikä tekee siitä paremman, kun halutaan tallentaa videota jälkikäsitteilyä varten. Canon tallentaa ainoastaan H.265 / AVC -videota, jonka käsittely ei ole mahdollista kaikilla työasemilla tai ohjelmilla toistaiseksi. Muun muassa näiden erojen takia mielestäni Canon soveltuu paremmin streamin tuotantoon, kun taas Sony videotuotantoon. [25.]

Oppilaitoksella on myös kaksi Panasonicin AG-DVX200-kameraa sekä kaksi Sonyn PXW-X70-kameraa. Koska monikameratuotannossa on toivottavaa, että eri kameroiden kuva on samanlaista, soveltuvat kamerat, joita on useita kappaleita, siihen hyvin. Studiolla oleva Bird Dogin Eyes P200 -robottikamera sisältää Sonyn sensorin ja kuvamoduulin, mikä mahdollistaa tuotannon neljällä kameralla, joissa kaikissa on verrattain samanlaista tekniikkaa. [26.]

Koska robottikamera on parhaimmillaan kiinteästi asennettuna, toimii tämä neljän Sony'n kokoonpano parhaiten studiokäytössä. Kenttätuotannossa sen sijaan Panasonicin DVX200-kameroiden lisäksi toimii hyvin Panasonicin GH5, jota voi pienen kokonsa takia hyvin käyttää gimbalin kanssa.

Audio

Äänen laatu riippuu sen tuotantoketjun heikoimmasta lenkistä. Studioympäristö käytännössä varmistaa, että äänitysympäristö on laadukas eikä ulkopuolisia ääniä juurikaan ole. Kuitenkin studiossa sisällä syntyvät äänet pääsevät vaikuttamaan nauhoitettavan äänen laatuun. Esimerkiksi ilmastoinnin ääni ja äänten kaiut voivat olla häiriöksi ääntä tallennettaessa.

Kaikissa tiloissa kaikuu. Studiossa tai muussa äänitysympäristössä olisi hyödyksi, että kaikuisi mahdollisimman vähän. Monissa studioissa on käytössä akustiikkalevyjä, jotka vähentävät kaikua joko vaimentamalla ääniaaltoja tai hajottamalla ne muodollaan niin, että ne kumoavat toisensa lähes kokonaan. Akustiikkalevyjen lisäksi kaikki pehmeät materiaalit, kuten kankaat, auttavat akustiikassa. Mikäli studion seiniin ei syystä tai toisesta voi kiinnittää akustiikkalevyjä, niitä voi kiinnittää myös kattoon. [27.]

Mikrofoni on syytä valita tarkoituksen mukaan. Mitä lähempänä äänenlähde on, sitä suurempi on sen suhde mahdollisiin ei-haluttuihin ääniin. Kuitenkaan usein mikrofonin ei haluta näkyvän kuvassa. Tällöin kannattaa käyttää suunnattuja mikrofoneja, jolloin voidaan vaikuttaa siihen, mistä suunnasta tulevat äänet tallentuvat paremmin.

Studiolla on käytössä useita ns. haulikkomikrofoneja, jotka kaappaavat ääntä kartion muotoiselta alueelta suoraan edestä. Tällaisia mikrofoneja voi asentaa esimerkiksi kuvausalueen yläpuolelle ja suunnata ne alaspäin, jolloin saadaan kaapattua lähinnä kuvausalueelta tulevat äänet. Haulikkomikrofonit sopivat hyvin myös korvaamaan videokameroiden sisäiset mikrofonit, joiden laatu on usein varsin heikko verrattuna erillisiin mikrofoneihin.

Toinen vaihtoehto on käyttää vaatteisiin kiinnitettäviä lavalier-mikrofoneja. Ne ovat pieniä ja huomaamattomia. Niiden etuna on myös se, että ne ovat hyvin lähellä äänitettävää kohdetta, millä minimoidaan ulkopuolisten äänien vaikutus äänitykseen. Mahdollinen

haaste niiden kanssa on, että ne nappaavat esimerkiksi vaatteiden kahinaa, minkä takia ne eivät aina sovellu käytettäväksi.

Audiosignaalin siirto on tuotannon vaihe, jossa voi syntyä useita eri ongelmia. Pitkä kaapelointi tai kulunut liitin voi altistaa häiriölle, ja mikäli digitaalista äänisignaalia käsitellään erillään kuvasta, syntyy niiden välille viivettä. Ääntä kannattaakin mahdollisuuksien mukaan käsitellä analogisena. Studiossa on useita audiomiksereitä, joilla voidaan säätää äänen tasoa tai esimerkiksi yhdistää useita äänilähteitä yhdeksi. Hyvä käytäntö onkin tuoda ääni mikserin kautta kameran äänituloon, minkä jälkeen se on synkronisoitu kuvan kanssa ja voi kulkea samaa signaalia pitkin. Studiolla on Allen & Heathin iLive-miksausjärjestelmä, jossa on T80-konsoli ja iDR32-audioräkki, ja se on enemmän kuin riittävä kaikkiin studion videotuotannon äänitarpeisiin.

Muu studiokalusto

Kameran tuottaman videosignaalin siirtäminen toteutetaan NDI:llä. Kullekin kameralle on oltava oma NDI-kooderi, joka muuntaa kameran HDMI-signaalin NDI-signaaliksi, joka kulkee Ethernet-kaapelilla studiolle varattuun kytkimeen, josta se kulkee tarkkaamoon ja siellä videomikseriin. Kytkimen täytyy tukea Power over Ethernet (PoE) -virransyöttöä koodereihin, sillä ne eivät tyypillisesti käytä muuta virtalähdettä. Samoin studion robottikamera vaatii PoE:n.

Kun studiossa tehdään monikameratuotantoa, ohjaaja on tarkkaamossa. Hänellä täytyy olla ääniyhteys kameraoperaattoreihin ja mahdolliseen apulaisohjaajaan studiossa, jotta hän voi antaa ohjeita esimerkiksi kameraoperaattoreille. Aikaisemmassa studiossa käytössä olleen langattoman intercom-järjestelmän tulisi yltää studiosta tarkkaamoon. Jos kantama ei riitä, tarvitaan ääniyhteys esimerkiksi NDI:n avulla.

Kenttätuotanto

Studion ensisijainen videomikseri, vaikka tehokas ja ominaisuuksiltaan monipuolinen, on kaikkea muuta kuin mobiili ratkaisu suoran verkkotoistovideon luomiseen. Etenkin pienemmissä tuotannoissa sen kuljettaminen olisi työlästä ja pitkälti turhaa. Sille on kuitenkin olemassa toimivia vaihtoehtoja, jotka koostuvat olemassa olevasta kalustosta.

Studiolla on Rolandin V-1 SDI -videomikseri, joka painaa vain reilun kilon ja mahtuu esimerkiksi reppuun muun kaluston kanssa. Mikseriin voi liittää jopa 5 videolähdettä ja erillisen äänilähteen. Siinä on erilliset ulostulot lähtevälle signaalille ja monitoroinnille, jolloin siihen voi liittää esimerkiksi Atomoksen Shogun 7 -monitorin. Monitoria voi käyttää myös lähetyksen tallentamiseen, jos suoratoistopalvelu ei sellaista vaihtoehtoa tarjoa.

Täysin langaton suora verkkolähetyskin on studion kalustolla mahdollinen, mutta käytännössä rajattu yhden kameran tuotantoihin. Kamera saadaan langattomalla lähettimellä (SWIT FLOW2000) kytkettyä joko lähetystä ohjaavaan tietokoneeseen tai suoraan lähetyslaitteeseen (Cerevo LiveShell X tai LiveU Solo+), jolla voidaan tuottaa suoraa verkkolähetystä langattomasti ilman tietokonetta.

Suoria lähetyksiä tehdessä kenttätuotantona luotettava verkkoyhteys on hyvin tärkeä, minkä takia on hankittu LiveU:n valmista Solo+-lähetin, joka mahdollistaa suoran verkkoistoston tuotannon ilman kiinteää verkkoyhteyttä. Lähetin mahdollistaa myös erilaisten suoratoistoon liittyvien laboratoriotöiden tekemisen, jotka eivät onnistuisi ammattikorkeakoulun langattomassa verkossa palomuurin vuoksi.

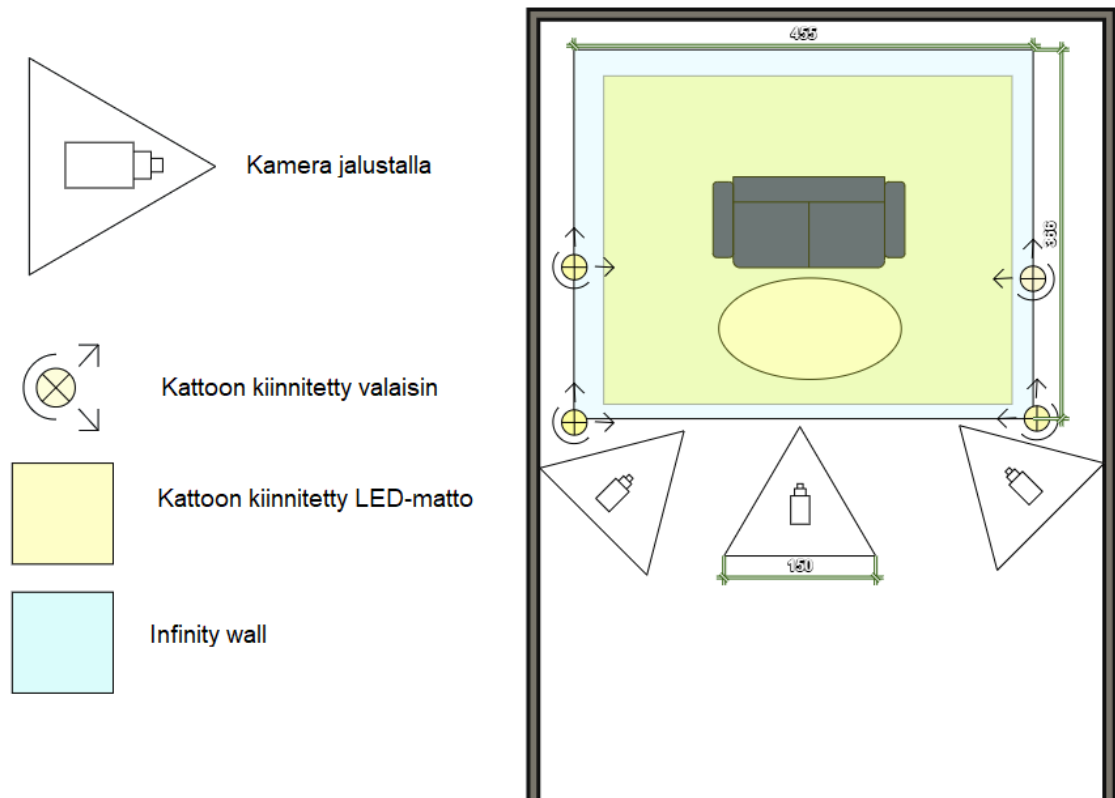
Kenttätuotannossa myös valaistus ja äänitekniikka voivat olla rajoittavia tekijöitä laadun suhteen. Studioissa on neljä kevyttä LED-paneelia telineineen, joilla on mahdollista parantaa kenttätuotantojen valaistusta. Joissain tuotannoissa, kuten esimerkiksi tilan perältä kuvattavassa paneelissa tai seminaarissa, jossa ääntä ei saada tilan tekniikan vuoksi suoraan äänipöydästä, voi olla hyödyllistä kytkeä erillinen mikrofoni puhujien luo XLR-kaapelilla tai langattomalla lähettimellä, jolloin äänenlaatu on parempi kuin haulikomikrofonilla kauempaa.

Tarpeellisia hankintoja

Suurin osa studion pääkalustosta on jo olemassa, mutta vaadittavia hankintoja on kuitenkin huomattavasti. Puutteita on erityisesti valaisimissa, niiden ohjaamisessa ja NDI-koodereissa. Myös esimerkiksi infinity wallin rakentaminen vaatii resursseja.

Olemassa oleva Fiilexin Matrix RGBW -paneeli on mielestäni hyvä ratkaisu perusvalaistukseen, mutta niitä tulisi olla ainakin neljä, jotta saadaan valaistua erikseen kohde ja

tausta. Valot maksavat vajaat 3 000 euroa kappale. Lisäksi infinity wallin pehmeään valaisuun tarvitaan esimerkiksi kattoon kiinnitettävä LED-matto (kuva 15). LED-mattoja valmistaa esimerkiksi LiteGear. LiteGearin 61 cm x 238 cm -maton hinta on noin 2 500 euroa. Infinity wallin suunniteltu koko on noin 4,5 x 4,5 metriä, jolloin sen tasainen valaisu vaatisi näitä mattoja kolme. Vaadittavien tukirakenteiden ja hajotinkankaiden kanssa niiden hinnaksi tulisi noin 8 000–10 000 euroa. [28.]



Kuva 15. Hahmotelma studion valaisusta ja kameroiden asettelussa studiossa.

Kameroiden NDI-kooderiksi on kaksi vaihtoehtoa, NewTekin Spark ja BirdDogin Studio NDI. Laitteet ovat suunnilleen samanhintaisia, mutta niiden ominaisuuksissa on merkittäviä eroja. Spark tarjoaa mahdollisuuden langattomaan tiedonsiirtoon, mutta käyttää NDI-HX-protokollaa. Studio NDI käyttää NDI-protokollaa, mutta on rajoittunut Ethernet-yhteyteen. Studiokäytössä korkeampi laatu on tärkeämpää, ja muulla kalustolla voidaan toteuttaa langattoman kameran ratkaisuja, joten sanoisin BirdDogin laitteiden oleva oikea ratkaisu tälle studiolle. Kotimainen jälleenmyyjä myy muuntimia noin 700 eurolla, jolloin kolmen hinnaksi tulee runsaat 2 000 euroa. Laitteet saavat virtansa kytkimestä,

jota kautta ne yhdistävät videomikseriin. PoE-kytkimiä on saatavilla noin 100 euron hintaan. [29; 30.]

Studio hyötyisi myös muutamasta uudesta jalustasta, sillä monet nykyisistä ovat melko huonossa kunnossa. Tavallisten nestevaimennettujen jalustojen hinnat liikkuvat muutamman sadan ja usean tuhannen euron välillä riippuen kameran maksimipainosta ja muista ominaisuuksista. Käytössä olevat kamerat lisälaitteineen painavat enimmillään noin neljä kiloa. Esimerkiksi Cartoni FOCUS 8, jonka nestepään kantoraja on kahdeksan kiloa, on saatavilla noin 800 euron hintaan [31].

Valojen ohjaamiseen käytettäviä langattomia järjestelmiä on tarjolla useita. Ne ovat ominaisuuksiltaan melko samanlaisia, ja erot ovatkin lähinnä ohjaukseen käytettävässä laitteessa tai ohjelmistossa, mikäli kyseessä on mobiililaitteella ohjattava järjestelmä. Järjestelmien hinta vaihtelee, mutta esimerkiksi Exaluxin Connect-One mahdollistaa valojen ohjaamisen iOS- tai Android-laitteilla halvimmillaan noin 600 euron hintaan [32].

Hankinnat yhteensä (taulukko 1) vaativat noin 24 000 euroa. Suurin prioriteetti on NDI-koodereilla ja valaisulaitteilla.

Taulukko 1. Studion kalustohankinnat.

Hankittava laite	Kappalemäärä	Hinta
LED-paneeli Fiilex RGBW	3	9 000 e
LED-matto LiteGear LiteMat	3	7 500 e
LED-maton tukirakenteet ja hajotinkankaat	3	2 500 e
BirdDog Studio NDI -kooderit	3	2 100 e
Cartoni FOCUS 8 -jalustat	3	2 500 e
Exalux Connect-One -ohjausjärjestelmä	1	600 e
Yhteensä		24 200 e

Jatkokehitys

Mediatekniikan ala kehittyy jatkuvasti, ja vaikka studio olisi valmistuttuaan kuinka nykyaikainen, on sen kyettävä uudistumaan kehityksen mukana. Esimerkiksi verkkoyhteyksien nopeuden kasvaessa 5G-tekniikan yleistyessä 4K-suoratoistosta tulee käytännöllisempää. Studion jatkokehityksessä tulisikin aina pitää mielessä ns. future-proofing. Tämä tarkoittaa, että esimerkiksi hankittaessa uusia laitteita otetaan huomioon laitteen

fyysisen elinkaaren lisäksi sen sisältämien teknologioiden elinkaari eli se, minkä ajan kuluttua se alkaa olla vanhanaikainen.

Studion jatkokehitys ei rajoitu kuitenkaan pelkästään laitteisiin. Alalla kehitetään jatkuvasti uusia tekniikoita esimerkiksi elokuva- ja televisiotuotannossa. Yksi mielenkiintoinen mahdollisuus on vuonna 2019 ilmestyneen The Mandalorian -televisiosarjan tuotannossa käytetty täysin uudenlainen tapa tuoda hahmot virtuaaliseen ympäristöön, ei kuvaamalla esiintyjä erikseen ja sitten lisäämällä tausta jälkikäteen, vaan tuottamalla virtuaalinen ympäristö studiossa videoseinällä (kuva 16). [33.]



Kuva 16. The Mandalorianin tuotannossa käytetty LED-seinä studion taustalla [33].

Sarjan tuotannossa käytettiin suurta kaartuvaa LED-seinää, jolle tausta renderöitiin reaaliajassa neljällä tietokoneella Unreal-pelimoottorista. Vaikka oppilaitoksen ei tietenkään tulisi pyrkiä samaan kuin suuret Hollywood-studiot, on infinity wallin kanssa mahdollista luoda vastaavanlaisia videotaustoja kolmella videotykillä.

6 Yhteenveto

Insinööriyön tarkoituksena oli suunnitella Metropolian Karamalmin-kampukselle uusi, nykyaikainen videostudio, joka korvaisi entisen Leppävaaran kampuksella olleen studion. Tavoitteena oli kartoittaa studion käyttötarkoitukset, joiden perusteella luotiin vaatimukset studiolle. Vaatimukset toimivat perusteina suunnitelluille ratkaisuille.

Aloitin vaatimusten kartoittamisen omasta työkokemuksestani. Kävin läpi laitteita ja järjestelmiä, joita olin tarvinnut erilaisissa videontuotantotehtävissä, sekä kohtaamiani ongelmia. Vertasin myös tulevaa studiota entiseen ja mietin, mitä voisi tehdä paremmin toisella tavalla. Aikaisempi kokemus osoittautui todella hyödylliseksi esimerkiksi mahdollisten haasteiden tai ongelmien ennakkoinnissa. Jotkin asiat vaativat ulkopuolista konsultaatiota, mutta onneksi minulla oli kontakteja myös oman alan ulkopuolelta.

Insinööriyön aikana vallinneen poikkeustilanteen vuoksi en päässyt henkilökohtaisesti studion tilaan, mikä olisi varmasti auttanut hahmottamaan tilan mahdollisuuksia ja haasteita paremmin. Olisin tahtonut esimerkiksi testata langattomien yhteyksien kuuluvuutta studion ja tarkkaamon välillä, mutta siihen ei ollut mahdollisuutta. Arkkitehtitoimistolta saadut piirrokset riittivät kuitenkin mittoinensa antamaan riittävän kuvan suunnitelmaa varten.

Koen, että lopulta sain aikaan edes auttavan suunnitelman uudelle studiolle, kun sen varsinainen rakentaminen keväällä 2020 alkaa. Uskon, että työstä voi olla apua, kun studiota saatetaan valmiiksi. Työn tekeminen oli myös opettavaista. Seikkaperäinen videotuotannon eri osa-alueiden läpikäyminen auttoi sovittamaan kaikki palaset kohdilleen ja hahmottamaan, miten eri elementit ovat riippuvaisia toisistaan. Mikäli päädyn alalle töihin, uskon että insinööriyön tekemisestä on työssä apua.

Lähteet

- 1 Pender, Ken 2013. Digital Video for the Desktop. E-kirja. London: Routledge.
- 2 Beach, Aaron & Owen, Aaron 2018. Video Compression Handbook. Second Edition. E-kirja. Berkeley: Peachpit Press.
- 3 Foust, Jim; Gross, Lynne & Fink, Edward, J 2017. Video Production. 12th Edition E-kirja. London: Routledge.
- 4 Barbero, Mario; Hofmann, H & Wells, N. D. 1992. DCT source coding and current implementations for HDTV. EBU Technical Review.
- 5 Broughton, S. Allen & Bryan, Kurt M. 2008. Discrete Fourier Analysis and Wavelets: Applications to Signal and Image Processing. E-kirja. Wiley-Interscience.
- 6 Akramullah, Shahriar 2014. Digital Video Concepts, Methods, and Metrics: Quality, Compression, Performance, and Power Trade-off Analysis. E-kirja. New York: Apress.
- 7 Nikols, Lina. 2019. Video Encoding Basics: What is Latency and Why Does it Matter. Verkkoaineisto. Haivision <<https://www.haivision.com/blog/all/video-encoding-basics-video-latency>> Luettu 24.3.2020.
- 8 Poynton, Charles 2012. Digital Video and HD. 2nd edition. E-kirja. Amsterdam: Morgan Kaufmann.
- 9 Advice on the use of 3Gbit/s HD-SDI interfaces. 2011. EBU Technical Report.
- 10 Frenzel, Louis E. 2015. Handbook of Serial Communications Interfaces. E-kirja. Boston: Newnes.
- 11 High-bandwidth Digital Content Protection System. 2006. Digital Content Protection LLC Specification.
- 12 NDI®. 2017. Verkkoaineisto. Newtek. <<https://ndi.tv/about-ndi/>> Luettu 18.3.2020.
- 13 NDI Technical Brief. 2016. Verkkoaineisto. Newtek. <<https://233b1d13b450eb6b33b4-ac2a33202ef9b63045cbb3afca178df8.ssl.cf1.rackcdn.com/pdf/newtek-ndi-technical-brief.pdf>> Luettu 18.3. 2020.

- 14 Part 1 – What is NDI HX 2? 2018. Verkkoaineisto. Sienna. <<http://www.sienna-tv.com/ndi/knowhowhx2.html>> Luettu 11.4.2020.
- 15 BirdDog Studio NDI. 2020. Verkkoaineisto. BirdDog. <<https://www.bird-dog.tv/studio-overview/>> Luettu 13.4.2020.
- 16 MD-HX. 2017. Verkkoaineisto. Decimator <http://decimator.com/brochures/MD-HX_brochure.pdf> Luettu 11.4.2020.
- 17 Bermingham, Alan; Angold-Stephens, Ken; Boyce, Ed & Talbot-Smith, Michael 1994. The Video Studio. 3rd edition. E-kirja. London: Routledge.
- 18 Compesi, Ronald J & Gomez, Jaime S. 2017. Introduction to Video Production. 2nd Edition. E-kirja. London: Routledge.
- 19 Spännäri, Toni. 2020. Lehtori, Metropolia Ammattikorkeakoulu, Espoo. Puhelinkeskustelu 31.3.2020.
- 20 Vuorikoski, Jupiter. 2020. Konsultti, Elisa Santa Monica, Helsinki. Puhelinkeskustelu 1.4.2020.
- 21 Laitteet – Trail. 2020. Verkkoaineisto. Trail <<https://metropolia.trail.fi/items>> Luettu 1.4.2020.
- 22 Pohjapiirustus, 5. kerros D-osa kalustettu. 2019. Erat arkkitehdit
- 23 DDTV - How to Build a Cyclorama/Cyc Wall/Infinity Curve. 2012. Verkkoaineisto. NextWaveDV. <<https://www.youtube.com/watch?v=3LLEG7naV0Q>> 20.11.2012. Katsottu 2.4.2020.
- 24 Matrix RGBW. 2020. Verkkoaineisto. Fiilex. <<https://www.fiilex.com/products/Matrix2.php>> Luettu 2.4.2020.
- 25 Canon XF705 vs Sony FS5 II Detailed Comparison. Verkkoaineisto. Kagoo Ltd. <<https://kagoo.co.uk/camcorders/compare/canon-xf705-vs-sony-fs5-ii>> Luettu 2.4.2020.
- 26 P200. 2020. Verkkoaineisto. BirdDog. <<https://www.bird-dog.tv/p200-overview/>> Luettu 2.4.2020.
- 27 Owens, Jim. 2017. Video Production Handbook. 6th edition. E-kirja. London: Routledge.

- 28 LiteTile Accessories. 2020. Verkkoaineisto. Litegear. <<https://www.litegear.com/product-category/finished-fixtures/litetile/individual-units-and-accessories-litetile/>> Luettu 22.4.2020.
- 29 PoE-reitittimet. 2020. Verkkoaineisto. Verkkokauppa.com <<https://www.verkkokauppa.com/fi/catalog/10098c/PoE>> Luettu 22.4.2020.
- 30 BirdDog Studio NDI Muunnin. 2020. Verkkoaineisto. Suomilammi. <<https://kauppa.suomilammi.fi/product/8135/birddog-studio-ndi-muunnin>> Luettu 22.4.2020.
- 31 Cartoni FOCUS 8 2 stage aluminum System. 2020. Verkkoaineisto. Mediatrade. <<https://www.mediatrade.fi/tuote/cartoni-focus-8--2-stage-aluminum-system/2119>> Luettu 22.4.2020.
- 32 Exalux Connect-One Wi-Fi Box – starter. 2020. Verkkoaineisto. CVP. <https://cvp.com/product/exalux_cnt.000.002_connect-one_starter> Luettu 22.4.2020.
- 33 Farris, Jeff. 2020. Forging new paths for filmmakers on 'The Mandalorian'. Verkkoaineisto. Epic Games Inc. <<https://www.unrealengine.com/en-US/blog/forging-new-paths-for-filmmakers-on-the-mandalorian>> Luettu 2.4.2020.