



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Timo Mäki

Reaaliaikaisen videotuotannon kehitys

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Tieto- ja viestintäteknikka

Insinöörityö

13.4.2020

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Timo Mäki Reaaliaikaisen videotuotannon kehitys 61 sivua + 1 liite 13.4.2020
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Tieto- ja viestintätekniikka
Ammatillinen pääaine	Mediatekniikka
Ohjaaja	Lehtori Toni Spännäri
<p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli testata ammattikorkeakoulun reaaliaikaisen videotuotannon tietovirtoja ja niiden liikkumista sekä muutamaa kooderilaitetta ja -ohjelmaa ja tehdä niistä kehitysehdotukset.</p> <p>Työssä perehdyttiin koko videotuotantoprosessiin, käytettyihin laitteisiin ja tekniikoihin ja niiden toimintaan. Muun muassa keskityttiin oikeiden kameroiden, koodereiden ja verkkojen valitsemiseen erilaisissa projekteissa, mutta äänituotantoon, valaistukseen ja editointiin ei menty syvällisesti työn aiheen laajuuden vuoksi. Testeihin käytettiin LiveU Solo- ja Cerevo liveshell x -kooderilaitteita ja kahta ohjelmajohdinta kooderia, OBS ja Wirecast. Kamera toimi Canon LEGRIA HF R26 ja kuvankaappauskorttina Elgato HD60S. Testeissä selvitettiin laitteiden toiminnallisia eroja eri kuvanlaaduilla ja eri verkoissa. Tutkittiin, mikä laite sopisi kuhunkin tilanteeseen parhaiten, miltä asetelmat näyttävät ja kuinka niitä voidaan parantaa tulevaisuudessa.</p> <p>Testien tulosten perusteella, live-tuotannon tapahtumapaikasta riippumatta, parasta kuvanlaatua luotettavalla yhteydellä ja ehjällä striimillä lähetti aina LiveU Solo. Selvisi myös, että suurin vaikutus striimin laatuun ja luotettavuuteen on verkkoyhteydellä. Yhteyden tyyppiin ja laatuun taas vaikuttivat sijainti ja muut verkon käyttäjät. LiveU Solo erosi muista laitteista verkkojen sidontatekniikallaan, joka ratkaisi valinnan. Jos projektiin ei kuitenkaan ole saatavilla laitepohjaisista kooderia, valittiin ohjelmajohdinta koodereista OBS, joka testien perusteella vaatii vähemmän tietokoneelta, on monipuolisempi ja vapaampi asetuksista sekä ilmainen. Ohjelmajohdinta kooderia käytettäessä tuotantokalusto oli kevyempi, mutta langattomilla verkkoyhteyksillä striimi oli epävakaampi ja riskialttiimpi.</p> <p>Testien ja tutkimusten pohjalta live-tuotantoon ehdotettiin verkkojen sidontatekniikkaan investointia, jotta se saadaan käyttöön myös ohjelmajohdinta koodereita käytettäessä. Tulevaisuudessa jos halutaan tehdä 4K-lähetyksiä, ei LiveU Solo enää pysty tähän ja se on päivitettävä esimerkiksi LU600 HEVC -kooderiin. Myös oppilaitoksen nykyisessä kenttävideomikserissä oli vain neljä sisääntuloa videolähteille, joten jos lähetyksiin lisätään kameroita, on sekin päivitettävä.</p>	
Avainsanat	videotuotanto, suoratoisto, kooderi, kamera

Author Title Number of Pages Date	Timo Mäki Improvement of real-time video production 61 pages + 1 appendix 13 April 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Information and Communications Technology
Professional Major	Media Technology
Instructor	Toni Spännäri, Senior Lecturer
<p>The aim of this thesis was to test a University of Applied Sciences' real-time video production data flow and its movement through a few hardware and software encoders. Another aim was to conduct a development proposal on the hardware and software encoders.</p> <p>This study will go through the entire video production process, equipment, techniques and technologies. Also, how to choose the right camera, encoder and network type. Sound production, lighting and editing will not be discussed in detail, because of the enormous scale of the work. Encoders used in the tests were LiveU Solo, Cerevo, OBS and Wirecast. Camera Canon LEGRIA HF R26 and capture card Elgato HD60S was also used. Tests were to define functional differences with different video quality and networks. With analyzed and investigated results a right production situation and setup was defined for each device and future upgrades proposed.</p> <p>Based to the test results, no matter the event environment, the best video quality, most reliable network and stable stream, was always by LiveU Solo. According to the results of this study, it became clear that network has the most effect on the quality and stability of the stream. Moreover, that network type and stability were defined by location and other users of the network. LiveU Solo separated itself from the competitors with its cellular bonding technology, which made the choice obvious. Although, if there was no hardware encoder available, a software encoder OBS was chosen, because it used a lot less computer power, it was free and it had more diverse and customizable options compared to the other software encoder Wirecast. Software encoder setup was also lighter than hardware but with wireless network connections the streams were unstable and more prone to errors. For development proposal an investment to cellular bonding to software encoders was made based on the tests and this thesis. Also, if there is a need to stream 4K with hardware encoder in the future, an upgrade to for example LU600 HEVC is recommended. This also means that the current video mixer needs to be upgraded as well to be able to support 4K and more cameras.</p>	
Keywords	video production, streaming, encoder, camera

Sisällys

Lyhenteet

1 Johdanto	1
2 Suora videotuotanto	3
2.1 Yleisesti	3
2.2 Pienen ja ison videotuotannon ero vaiheittain	4
2.3 Tekniikka	5
2.4 Live-tuotannon erikoiselementit	7
2.5 Nykykehitys	9
2.6 Mobiilistriimaus	12
2.7 Jakeluverkot	19
3 Videotuotantoympäristö	23
3.1 TV/videostudioympäristö	23
3.2 Ulkoinen kuvauspaikka	25
3.3 Jälkituotantoympäristö	25
3.4 Kuvatuotanto	26
3.5 Äänituotanto	36
3.6 Ohjelmistopohjaiset ja laitepohjaiset kooderit	37
3.7 Lähetyksen laadun valvominen ja vikojen selvittäminen	39
4 Live-tuotannon kehittäminen	41
4.1 Nykytilanne ja tyypilliset tapaukset	41
4.2 Haasteet	43
4.3 Projektin kulku	43
4.4 Testit	43
4.5 Metropolian live-tuotanto 2.0	50
5 Yhteenveto	55

Liitteet

Liite 1. Testitulostaulukko	
-----------------------------	--

Lyhenteet

CDN	Content delivery network. Laajasti levitetty palvelinalusta, jolla lyhennetään aikaa, joka kuluu, kun verkkosivu lataa sisältöään.
OVP	Online video platform.
API	Application Programming Interfaces. Ohjelmointirajapinta on määritelmä, jonka mukaan eri ohjelmat voivat keskustella.
SSH	Secure Shell. Salauksen internetprotokolla, jonka avulla verkkopalveluja käytetään turvallisesti suojaamattoman verkon kautta.
DSLR	Digital single-lens reflex. Digitaalinen versio tavallisesta SLR-kamerasta, jota on käytetty vuosikymmeniä ottamaan valokuvia 35 mm:n filmille.
RTMP	Real-Time Messaging Protocol. Protokolla, jota käytetään videon, äänen ja datan lähettämiseen verkossa kooderin ja palvelimen välillä.
LRT	LiveU Reliable Transport. LiveU-tekniikka, joka takaa videon hyvän laadun ja ennakoii verkon kestävyyttä.
DSL	Digital Subscriber Line. Lankapuhelinverkon kaapeleita hyödyntävä tietoliikenteen siirtotapa puhetaajuuksia korkeammilla taajuuksilla.
MIMO	Multiple Input Multiple Output. Tekniikka lähettää ja vastaanottaa signaalia useilla antennilla samanaikaisesti jakaen kuorman.
VOD	Video On Demand. Ladattava bittimuotoinen videotiedosto, jota levitetään esimerkiksi internetin kautta.
HEVC	High Efficiency Video Coding. Videopakkausstandardi, suunniteltu uusimmille korkean kuvanlaadun videoille.

- MP3 MPEG-1 Audio Layer 3. Tiedostotunnus MPEG-1-standardiin perustuvalle, häviölliselle äänenpakkausmenetelmälle.
- ACC Advanced Audio Coding. Tietokoneen äänitiedostoille tarkoitettu häviöllinen pakkausmenetelmä paremmalla laadulla, mutta samalla bittinopeudella kuin MP3.

1 Johdanto

Opinnäytetyön tarkoituksena on kehittää live-tuotannon laatua Metropoliaassa. Tavoitteena on testata ja tutkia tietovirtoja ja niiden liikkumista erilaisilla laite- ja ohjelmapohjaisilla koodereilla sekä tehdä kehitysehdotuksia nykytilanteeseen perustuen. Opinnäytetyö on kattava kokonaisuus live-tuotannosta kaikenkokoisilla budjeteilla, ja siitä ilmenee koko tuotantoprosessi, käytetyt teknologiat, niiden toiminta ja tuotantomenetelmät sekä studiossa että ulkona. Opinnäytetyön aiheen laajuuden vuoksi moni asia käydään läpi pintapuolisesti tai mainintana. Teknologiasta syvällisemmin keskitytään kaikkein välttämättöimpiin tekniikoihin ja laitteisiin.

Työn alussa perehdytään yleisesti suoraan videotuotantoon ja tuotantoon kuuluviin eri vaiheisiin. Tuotannon eri vaiheissa vertaillaan pieniä ja suuria projekteja sekä sitä, onko tuotanto suora vai tallennettu. Tämän jälkeen paneudutaan tekniikkaan suoran videotuotannon takana eli suoratoistoon ja verrataan sitä perinteiseen toistotapaan. Myös muita teknisiä videotuotannon tekniikoita, kuten erikoiselementtejä, virtuaalstudioita ja teleportaatiota käydään läpi keskittymällä niiden nykykehitykseen ja tulevaisuuteen. Työssä keskitytään esittelemään hyvin kattavasti myös eri tuotantoympäristöjä, etenkin ulkoisissa tapahtumapaikoissa. Työssä tarkastellaan eri verkko-yhteysvaihtoehtoja, jakeluverkkoja, niiden toimintaa ja tarvittavia laitteita suorassa videotuotannossa ja laaditaan hyvät ohjeet, kuinka valita oikea verkkoyhteys ja jakeluverkko. Tarvittavasta tuotantokalustosta käydään läpi välttämättömimmät, kuten kamerat, kooderit ja videomikserit. Muusta kalustosta, kuten äänilaitteista, valoista ja jalustoista, vähintään mainitaan. Kalustoa vertaillaan erityyppisiin malleihin ja annetaan ohjeita, kuinka valita oikeat laitteet oikeisiin tilanteisiin suorassa videotuotannossa eri budjeteilla. Lopuksi ennen testeihin menemistä tarkastellaan myös, kuinka lähetyksen laatua voidaan valvoa ja vikoja suoratoistossa selvittää.

Testeissä käytetään LiveU Solo- ja Cerevo liveshell x -kooderilaitteita ja kahta ohjelmapohjaista kooderia, OBS ja Wirecast. Kamerana käytössä on Canon LEGRIA HF R26 ja kuvankaappauskorttina toimii Elgato HD60S. Testeissä selvitetään laitteiden toiminnallisia eroja eri kuvanlaaduilla eri verkoissa. Tutkitaan myös, mikä laite sopisi kuhunkin tilanteeseen parhaiten, miltä asetelmat näyttävät ja kuinka niitä voidaan parantaa tulevaisuudessa.

Opinnäytetyön keskeisenä osana on videostriimin tietovirran toiminta, valvonta ja siihen vaikuttavat laitteet. Työstä saa hyvän kuvan siitä, millä ja miten kaikki live-tuotannossa toteutetaan suuremmissa ja pienemmissä projekteissa. Lähteinä on käytetty pääasiallisesti internetiä ja paria kirjaa. Ammattikorkeakoulun nykytilanteen tiedot on saatu haastattelemalla, ja kehitysideoit perustuvat näiden tietojen lisäksi tässä työssä tehtyihin testeihin ja tutkimuksiin.

2 Suora videotuotanto

2.1 Yleisesti

Videotuotannosta on tullut yksi nykykulttuurin tärkeimmistä työkaluista kommunikaatiossa ja itsensä ilmaisemisessa, mutta vielä tarkennettuna suora eli reaaliaikainen videotuotanto, joka on nousemassa maailman johtavaksi markkinaksi. Ennen hyvin rajoittunut lähetyksensä ja verkkojen maailma on levinnyt nopeasti kouluihin, valtion virastoihin, yrityksiin ja yksityisiin koteihin. [1, luku 1.]

Ennen televisiolähetys oli ainoa tapa videomateriaalin tuotannosta ja jakelusta kiinnostuneille harjoittaa videotuotantoa. Nopea laitteiden ja jakeluverkkojen kehitys on mahdollistanut videotuotannon monilla aloilla ja sosiaalisessa mediassa, ja siitä on tullut erittäin suosittua. Digikameroista ja videonmuokkausohjelmista on tullut kustannustehokkaita, ja ne on suunniteltu toimimaan henkilökohtaisilla tietokoneilla, tableteilla ja puhelimilla. [1, luku 1.]

Tuotannon perusmenetelmät pysyvät hyvin samana, vaikka laitteet, sovellukset ja verkot voivat erota sen mukaan, jakaako videosisällön lähetyksensä, kaapeliverkossa, omassa käytössä tai sosiaalisessa mediassa. [1, luku 1.]

Videotuotannossa on kuitenkin otettava huomioon kuvan tuottamisen lisäksi paljon elementtejä, jotka vaikuttavat tuotoksen laatuun tehdessä ja vastaanotettaessa, kuten äänet, valaistus, kuvakulmat, liike, useammat kamerat, paikka, verkot, laatu, editointi ja erikoisgrafiikat. [1, luku 1.]

Taiteellisen silmän lisäksi videotuotanto on suuresti riippuvainen teknologiasta, joten tulee tietää, miten laitteet toimivat. Laitteiden sisältämiä komponentteja ei ole tarpeellista tietää, mutta tulee tietää, mitä tietyt laitteet pystyvät tekemään ja mitä ei, jotta tietää tarpeen mukaan, mihin ja millä pystyy tekemään. Videotuottajan tulee

myös tietää, miten tuotannon peruselementtejä muokataan, miten ne vaikuttavat tuotokseen ja kuinka halutun kohtauksen kuva muodostetaan kameralla ja sen edessä. Miten eri äänet ja niiden tasot, editointi ja erikoisgrafiikat yms. vaikuttavat tuotokseen. Monilla ammattilaisilla lähetystoiminnassa ja televisioverkoissa on samat tuotannon työkalut, mutta ne erottuvat yksilöllisten tapojen ansiosta, joilla nämä elementit on otettu käyttöön. Yksityisillä tuottajilla ei kuitenkaan tyypillisesti ole pääsyä näihin huipputason työkaluihin. [1, luku 1.]

Kun ymmärtää saatavilla olevien laitteiden ja ohjelmistojen potentiaalin ja luovuuden, yksityiset tuottajat usein kilpailevat ammattilaisten kanssa lähetyksen kekseliäisyydestä ja tehokkuudesta, vaikka tekniset osat ovatkin paljon heikompia laadultaan. Tyypillisesti jokaisen videotuotannon takana on tiimi yksilöitä, joista jokainen tekee osansa ja näin tuotannosta tulee mahdollisesti onnistuneempi. [1, luku 1.]

2.2 Pienen ja ison videotuotannon ero vaiheittain

Suurimmat erot pienessä ja isossa tuotannossa tulevat käytetyssä ajassa, tiimin koossa ja budjetissa. Isommalla budjetilla saa parempia kuvausympäristöjä, laitteita ja verkkoja, mutta näihin menen vasta myöhemmin tekstissä. Videotuotanto yleensä jaetaan kolmeen vaiheeseen: esituotanto, tuotanto ja jälkituotanto. Näiden jälkeen siirrytään jakamisvaiheeseen. [1, luku 1.]

Esituotanto

Esituotanto alkaa, kun ohjelman alkuperäinen idea on hyväksytty. Esituotanto on kuin suunnitteluvaihe, jossa käydään läpi kaikki tuotantoon liittyvät loogiset ongelmat. Tämä tehdään tarkasti ja yksityiskohtaisesti, jotta taataan mahdollisimman suflava tuotanto ja jälkituotanto. [1, luku 1.]

Vastuu tuotannon ja tuotantoryhmän organisoinnista on tuottajalla. Esituotantovaihe kestää yleensä paljon pidempään kuin itse tuotanto ja jälkituotanto. Tämä vaihe on vielä tärkeämpi, jos tuotanto on suora, koska silloin ei ole jälkituotantoa, jossa voitaisiin korjata pieniä virheitä. [1, luku 1.]

Tuotanto

Kun ohjelman esituotantovaihe on suoritettu ja suunnitelmat ovat valmiita, ohjelma voidaan siirtää tuotantoon. Tuotantovaiheessa ohjelman tuottaminen aloitetaan, eli ohjelman kuvaukset suoritetaan. Tämä voi kestää päivistä viikkoihin riippuen ohjelmasta. Jos ohjelma tuotetaan suorana, tuotanto kestää vain tapahtuman ajan. [1, luku 1.]

Jälkituotanto

Jälkituotantovaiheessa ohjelma editoidaan tuotantovaiheessa kuvatuista materiaaleista. Jos tuotanto on suora, tätä vaihetta ei ole. Jälkituotannon kesto riippuu ohjelmasta. Lyhyiden ohjelmien, kuten uutisten, joiden kesto on muutamia minuutteja, jälkituotanto voidaan suorittaa tunneissa. Pidempien ohjelmien, kuten dokumenttien ja TV-draamojen, jälkituotanto voi kestää jopa viikkoja. Elokuvien jälkituotanto voi kestää useita kuukausia. [1, luku 1.]

Jakaminen

Jakaminen on joka tuotantoprojektin viimeinen vaihe, jolloin tuotos näytetään kohdeyleisölle. Tämä voi kuitenkin tarkoittaa hieman erilaista jakamista joka projektityypille. Opiskeluprojektissa tämä tarkoittaisi viimeistä esitelmöintipäivää. Televisioaseman tuotannon jakelu voidaan rajoittaa joko pelkkään suoraan lähetykseen tai uudelleen toistuvaksi ohjelmaksi. Yrityksen koulutusmateriaalivideo jaettaisiin yrityksen videopalvelimelle. Jos tuotanto on suunniteltu maailmanlaajuiselle yleisölle, voidaan se jakaa internetissä sosiaalisessa mediassa tai erillisellä verkkosivulla. [1, luku 1.]

2.3 Tekniikka

Päätelaitteella on olemassa kaksi tapaa toistaa videota ja ääntä. Perinteinen tapa on ladata tiedosto ensin palvelimelta päätelaitteen muistiin, josta tiedosto on aina tois-

tettavissa. Toinen tapa on toistaa tiedostoa samalla, kun sitä ladataan palvelimelta eli suoratoistaa. Näiden ero on siinä, että suoratoistettu sisältö tallentuu päätelaitteen väliaikaiseen muistiin ja poistuu käytön jälkeen. [2.]

Suoratoiston vaatima internetyhteyden nopeus riippuu sisällön tyypistä. Mitä tarkempi laatu, sitä suurempia nopeuksia tarvitaan virheettömään lähetykseen. [2.]

Ladatussa sisällössä taas internetin nopeus vaikuttaa vain siihen, kuinka nopeasti sisällön saa käyttöön. Sisältö on yleisesti videota tai ääntä, mutta yhä useammin myös muita tiedostomuotoja. [2.]

Suoratoistoa voidaan tuottaa kahdella tapaa. Toisessa tuodaan valmis tiedosto palvelimelle suoratoistettavaksi milloin tahansa. Tätä tekniikkaa käyttävät kaikki VOD-palvelut eli videopalvelut, kuten Youtube tai Netflix. Toinen tapa on tuottaa tiedostoa reaaliajassa palvelimelle samalla, kun sitä toistetaan palvelimelta. Reaaliaikaista suoratoistoa kutsutaan striimaukseksi. Striimi ei ole näkyvässä lähetyksen loppumisen jälkeen, ellei sitä erikseen tallenneta. [2.]

Striimaus on suosittua sosiaalisessa mediassa, live-televisiossa ja erityisissä kertatapauksissa ja urheilutapauksissa. Striimaus ja suoratoisto ovat tiedonsiirtotapoja, joita käytetään tiedostojen toimittamiseen tietokoneille ja mobiililaitteille internetin välityksellä jatkuvana virtauksena. Tämän jatkuvan virtauksen ansiosta vastaanottajat voivat aloittaa katsomisen tai kuuntelun välittömästi ilman latausta. [2.] Ensimmäinen suoratoisto tehtiin 24.6.1993, kun bändi Severe Tire Damage lähetti esiintymisensä Xerox Palo Alto -tutkimuskeskuksesta internetiin [3].

Striimauksen ongelmat

Suoratoiston suurin tekijä ongelmien välttämiseksi on internetyhteys. Jos yhteys ei ole riittävän nopea tai katkeilee, puskuri eli ohjelman väliaikainen muisti, joka on aina täynnä sisältöä, jota pitää toistaa seuraavaksi, ei täyty tarpeeksi nopeasti. Tällöin toistettava sisältö joko pysähtyy tai heikkenee kuvan tai äänen laadun vuoksi. [2.]

2.4 Live-tuotannon erikoiselementit

Live-tuotannon erikoiselementteihin kuuluu kaikki ruutuun tulevista teksteistä päällystysgraafiikkaan ja kokonaan keinotekoiisiin ympäristöihin. Nämä ovat tärkeä osa tuotantoa, sillä ne vaikuttavat suuresti ohjelman erottuvuuteen ja yksilölliseen tunnelmaan. Erikoiselementtejä voi muun muassa käyttää tuomaan lisätietoa näytölle tai parantaa ohjelman tapahtumia graafisella efektillä. Erikoiselementtien ja ympäristöjen suunnittelu virtuaalisesti on nykyään ohittanut perinteisen mekaanisen suunnittelun. Erikoiselementtien lisääminen ohjelmaan koostuu kolmesta vaiheesta, suunnittelusta, tekemisestä ja lisäämisestä. [1, luku 12.]

Suunnittelu

Erikoiselementtien suunnittelussa on tärkeää ottaa huomioon yhtenäisyys, selkeys ja tyyli. Yhtenäisyys suunnittelussa tarkoittaa, että ohjelman erikoiseffektit eivät tule liian kirkkaasti esille ja varasta kaikkea huomiota. Joissain tapauksissa erikoiseffektien halutaan tulevan paremmin esille, kun niiden tarkoitus on luoda efektejä tai tukea ohjelman tapahtumia. Selkeydellä taas viitataan molempiin, yksinkertaisuuteen ja näkyvyyteen. Yksinkertainen suunnittelu on itsestäänselvä, mutta näkyvyydellä viitataan näytettävän tiedon määrään ruudulla. Enemmän tekstiä tarkoittaa pienempää fonttia, ja pienempi fontti haittaa näkyvyyttä. Tyylejä suunnitteluun on monia, mutta on aina otettava huomioon ohjelman tyyli ja tunnelma, jota koetetaan hakea. Suuri ero ohjelman ja erikoiselementtien tyylissä häiritsee katsojia ja vie ohjelman tunnelman. Suunnittelussa on myös otettava huomioon perustekijöitä, jotka määrittelevät erikoiselementtien toimivuuden. Näitä tekijöitä ovat kuvasuhde, ruudun koko, ruudun oleellinen alue ja itse materiaalin väri ja kirkkaus. [1, luku 12.]

Kuvasuhde

Kuvasuhde on ruudun leveyden ja korkeuden suhde, riippumatta ruudun koosta. Ruudut ovat aina suorakulmioita. Normaali kuvasuhde on 4:3 ja korkea 16:9. Mutta koska nämä molemmat kuvasuhteet ovat yhä laajassa käytössä, on tästä tullut ongelmia. Normaalilla kuvasuhteella kuvatut ohjelmat voidaan ongelmitta toistaa korkeammalla kuvasuhteella, mutta toisin päin tämä ei käy niin helposti. Kuva litistyy ja venyy tai asettuu ruudun keskelle pieneksi kuvaksi. Tämän ongelman vuoksi tuotta-

jat käyttävät nykyään turva-aluetta kuvatessa. Idea on kuvata ohjelma 16:9-kuvasuhteen keskiosalla ja jättämällä olennaiset kuvan yksityiskohdat pois oikealta ja vasemmalta. Tällöin materiaali voidaan rajata 4:3-kuvasuhteelle sopivaksi menettämättä ohjelman tärkeitä elementtejä. [1, luku 12.]

Ruudun koko

Vaikka nykypäivänä kaikkia ohjelmia voidaan katsoa miltä laitteelta tahansa, tulisi tuottajan silti tietää pääyleisönsä ruudun koko, koska tuotetun materiaalin tulee olla suunnattu selvästi näkyväksi katsojan ruudulla. TV:tä ja elokuvia yleensä katsotaan hyvin kaukaa ja suurelta ruudulta, joten yksityiskohtainen grafiikka voidaan nähdä selvästi. Tietokoneella on myös suhteellisen suuri näyttö ja sitä katsotaan läheltä, joten paljonkin pientä grafiikkaa, kuten tekstiä, voidaan näyttää selvästi. Puhelimes- sa taas on pieni näyttö, joten vaikka sitä katsotaan läheltä, voi pienten elementtien ja yksityiskohtien erottaminen olla vaikeaa. [1, luku 12.]

Ruudun oleellinen alue

Ruudun oleellinen alue, jota kutsutaan myös nimellä turvallinen tekstialue. Tämä alue on kuvatun materiaalin keskialue, kun on asetettu 10 %:n marginaalia ylä-, ala-, oikeaan ja vasempaan reunaan. Nämä marginaalit on asetettu kaikkien eri laitteiden takia, joilla ohjelmaa voidaan katsoa, koska eri laitteet näyttävät eri verran kuvaa. Osa kameroiden kuvanetsijöistä näyttää ruudulla kuvaajalle turvallisen tekstialueen helpottamaan kameran kohdistamista, kun tekstiä tai muuta grafiikkaa on tulossa ohjelmaan. Myös monet ohjelmat, joilla suunnitellaan ohjelmien tekstejä ja animaatioita, sisältävät pohjan turvalliselle tekstialueelle. [1, luku 12.]

Värit ja kirkkaus

Värit ja niiden kirkkaus voivat monessa tilanteessa auttaa tuomaan erikoiselementtejä ja muuta grafiikkaa selvemmin tai vähemmän näkyville. Tekstissä ne voivat vaikuttaa selvyyteen ja helpottaa lukemista. Värien avulla voi myös painottaa tiettyjä sanoja käyttämällä eri värejä niihin ja muuhun tekstiin. [1, luku 12.]

Teko

Suorissa TV-ohjelmissa ja striimeissä kaikki grafiikka lisätään ohjelmaan, kuten se on suunniteltu suunnitteluvaiheessa. Sellaisissa ohjelmissa, joihin kuuluu jälkituotanto eli ohjelma tallennetaan, kaikki grafiikka ja animaatiot lisätään jälkituotannossa. [1, luku 12.]

Lisääminen

Grafiikan lisäys TV-ohjelmiin ja videoihin tehdään joko tuotannon aikana videomikserillä, jos ohjelma on suora, tai jos ohjelma tallennetaan ja muokataan jälkikäteen, grafiikka lisätään jälkituotantovaiheessa, käyttäen kirjaingeneraattoria, graafista ohjelmaa tai kuvankäsittelyohjelmaa. Lähes kaikki tämän päivän grafiikka TV:ssä ja muissa ohjelmissa on luotu tietokoneella. [1, luku 12.]

2.5 Nykykehitys

Virtuaalstudio

Virtuaalstudio luodaan yhdistämällä väriavaintaminen eli vihreän kankaan tekniikka ja liikkeentunnistuskamerat. Vihreällä kankaalla voidaan luoda haluttu virtuaaliympäristö, kuten studio, ja asettaa henkilö tähän tilaan. Liikkeentunnistuskameralla voidaan lähettää kaikki henkilön liikehdintä virtuaaliympäristöön. Studiokamera on myös yhdistetty virtuaaliympäristön virtuaalikameraan, ja kun studiokameraa liikutetaan, liikkuu myös virtuaalikamera samalla tavalla. [12.]

Väriavaintamisen ja liikkeentunnistuskameran tekniikat yhdistettynä on mahdollista myös käyttää useampaa kameraa ja liikuttaa niitä kuvauksen aikana. Ominaisuus liikuttaa kameraa erottaa virtuaalitudion tavallisesta vihreän kankaan tekniikasta. Virtuaalstudio ja sen elementit voidaan myös yhdistää oikean maailman ja sen elementtien kanssa tai toisinpäin. Esimerkiksi voidaan asettaa oikea tuoli virtuaalitudioon, jolloin se näkyy virtuaalimaailmassa kameran kautta, kuten kuvassa 1, tai voidaan asettaa vihreää kangasta oikeaan maailmaan ja lisätä siihen virtuaalinen tuoli sekä tehdä lopusta kankaasta läpinäkyvä, jolloin tuoli näkyy oikeassa maailmassa kameran kautta. Nykyteknologialla tämä voidaan tehdä niin tarkasti, että virtuaalisen

ja oikean elementin erottaminen on lähes mahdotonta. [12.]



Kuva 1. Vasemmalla virtuaalstudio ennen tehosteita [34]. Oikealla virtuaalstudio tehosteiden kanssa [35].

Liikkeentunnistuskamerat seuraavat henkilöiden ja elementtien liikettä erittäin tarkasti, ja jopa varjot voidaan siirtää virtuaalistudioon erittäin tarkkana. Virtuaalisen taustan syvyyttä voidaan myös säätää. Tämä mahdollistaa kamerasumennusominaisuuden ja tekee kuvauksesta luonnollisemman. Syvyyden säätö voidaan tehdä manuaalisesti, tai se voidaan yhdistää suoraan kamerasumennuksen ja tarkkuuden säätöasetuksiin. [12.]

Zero Densityn Reality Keyer® on maailman ensimmäinen ja ainoa reaaliaikainen kuvapohjainen ohjelman lisäosa, joka toimii näytönohjaimella. Se pystyy toimittamaan varjot, läpinäkyvät esineet ja pikku pikselit, kuten hiukset, erittäin tarkasti virtuaaliympäristöön. [13.] Keyer huolehtii vihreän taustan poistosta ja muuntamisesta läpinäkyväksi mahdollisimman tarkasti [15]. Keyer myös tukee 3D-maskien käyttöä: pakkotäyttö, vuodon ohitus ja roskasuojaus puskureille [13]. Nämä maskit mahdollistavat hybridivirtuaalistudion toiminnan, jonka avulla voi yhdistää virtuaalisen ja todellisen ympäristön sekä poistaa huonoja tai ei-haluttuja kuvan osia [14].

Virtuaalistudion ei tarvitse välttämättä edes muistuttaa oikeaa studiota, koska sen voi laittaa näyttämään miltä haluaa ilman rajoituksia. Virtuaalistudioon voi myös yhdistää ulkoisia medialähteitä, kuten videoita, katsojien kommentteja ja muita toimintoja olemaan vuorovaikutuksessa virtuaaliympäristön kanssa. Virtuaalstudio ei vain mahdollista oikeiden ihmisten lisäystä virtuaaliympäristöön eli teleportaatiota, vaan myös virtuaalisten elementtien lisäystä oikeaan maailmaan. [12.]

Teleportaatio

Graafiset yritykset käyttävät teleportaatio-termiä, kun vieras siirretään vihreän kankaan avulla toiselta puolelta maailmaa virtuaalitudioon haastateltavaksi (kuva 2). Etäisen virtuaalitudion kuvakulma säädetään synkronoitumaan varsinaisen virtuaalitudion kanssa ja ääntä ja kuvaa lähetetään reaaliajassa. Kaikki tämä data liitetään 2D-objektiin varsinaisessa virtuaalitudiossa käyttäen Zero Density -teknologiaa, joka yhdistää hahmotusmoottorin seurantajärjestelmään. [16.] Kun tämä teknologia ensi kerran esiteltiin, puuttui haastattelusta katsekontakti, varjot ja valon heijastukset.

Vertailemalla vanhaa ja uutta videomateriaalia varjot on lisätty ja katsekontaktia parannettu kertomalla haastateltavalle, mihin katsoa. Mutta pienimmänkin valaistuseron eri studioissa olevien henkilöiden välillä huomaa, kun kuvat yhdistetään. Suurin päivitys tähän teknologiaan on, että nyt vieraat voidaan asettaa osittain oikeiden studion elementtien taakse, kuten istumaan pöydän ääreen haastattelijan kanssa [16]. Mutta katsomalla videomateriaalia siitä huomaa selvästi, kuinka vieras on päällekkäin pöydän tai muun oikean elementin kanssa. Tiedon etsinnän jälkeen on yhä epäselvää, onko tämä vain asetuksista kiinni vai onko teknologia kuitenkin vielä liian epätarkka lisäämään ihmisiä oikeiden elementtien taakse käyttäen teleportaatiota.



Kuva 2. Pelaajahaastattelu teleportaation avulla [44].

Striimauksen tulevaisuus

Perinteisesti suoratoisto on kuljettanut vain ääntä ja kuvaa, mutta Applen uudella teknologialla suoratoisto onnistuu myös peleissä ja ohjelmistoissa. Tätä tekniikkaa kutsutaan “on-demand-resursseiksi”. Tällä tekniikalla peli tai ohjelmisto lataisi vain osan tiedostoista, kuten vaikka pelin ensimmäiset tasot, ja loput suoratoistetaan, kun pelaaja niitä tarvitsee. Tekniikan hyöty on nopeammat lataukset, jolloin käytetään vähemmän dataa. Pienemmät tiedostot myös vievät vähemmän tilaa laitteelta. [2.]

Google koettaa mennä vielä pidemmälle pilvipalveluihin perustuvalla striimauksella. Google Stadia olisi kuin Netflix, mutta peleille. Sen avulla voi pelata mitä tahansa peliä millä laitteella tahansa, parhaalla grafiikalla. Enää ei tarvittaisi huippupelitietokonetta tai lisää tilaa peleille, sillä kaikki kova työ laitteistolta siirtyisi palvelun palvelimille. [4.]

Tämä teknologia ei kuitenkaan ole uutta. Ensimmäinen pilvipelipalvelu Onlive julkaistiin vuonna 2010, ja sen osti Sony. Se kuitenkin lakkautettiin vähäisen kysynnän vuoksi. [5.] Tämän jälkeen Sony osti maailman johtavan pelipilvipalveluihin perustuvan yrityksen Gaikain vuonna 2012, ja sen teknologiaa käytetään Playstation Now-, GeForce Now- ja monissa muissa palveluissa, joiden nimessä on Now. Ainoa tekijä, mikä on pitänyt näitä palveluita pimennossa, on viive. Se on suoratoiston ongelma, jota on hyvin vaikea pienentää huomaamattomiin. Kun tämän teknologian yhdistää pelaamiseen, jossa pelaajan syöttämien komentojen tulisi tapahtua välittömästi. Kuvan pitäisi myös olla kristallinkirkas jatkuvasti, mitä se ei ole, jos yhteys palveluun ei pysy tarpeeksi nopeana. Suoratoistopalveluita ei siis tulla näkemään yleisessä käytössä, ennen kuin kaikilla on supernopeat internetyhteydet ja suoratoistoyhtiöt keksivät keinon pienentää viivettä. [4.]

2.6 Mobiilistriimaus

Kun striimataan etäisessä paikassa, jossa ei välttämättä ole käytössä Wi-Fi- tai Ethernet-yhteyttä, voi tukeutua matkapuhelinverkkoon eli mobiilistriimata. Tapahtumien striimaus matkapuhelimen internetin avulla saattaa kuitenkin olla viisain ja halvin vaihtoehto näissä tilanteissa. Matkapuhelimen internet ei kuitenkaan ole aina

luotettavin, koska signaalin voimakkuus voi vaihdella ja pudottaa kuvaruutuja striimistä tai tehdä striimauksen mahdottomaksi. [20.] Helpoin tapa aloittaa striimaus matkapuhelimen internetin avulla olisi ladata puhelimeen yksi monista sovelluksista, jotka mahdollistavat tämän. Näin olisi kaikki tarvittavat laitteet yhdessä laitteessa. Mutta perehdyn tässä luvussa enemmän ammattimaiseen asetelmaan, joka vaatii muutakin kuin puhelimen. Ammattimaisessa asetelmassa on kolme eri tapaa saada matkapuhelin internetkäyttöön etäisessä paikassa: puhelimen internetin jakaminen, ulkoinen 3G/4G LTE -tukipiste ja verkkojen sitominen.

Puhelimen internetin jakaminen

Helpoin tapa aloittaa ammattimainen mobiili striimi käyttäen matkapuhelimen internetiä on jakaa puhelimen internet asettamalla puhelin, mobiili tukipiste -tilaan asetuksista. Tällöin kooderi löytää puhelimen Wi-Fi-pisteenä ja saa internetin puhelimelta ja voi lähettää kameran antamaa kuvaa valittuun jakeluverkkoon. Tämä tapa on aina käytettävissä ja edullinen varsinkin, jos puhelimella on rajaton datasuunnitelma. [20.]

Puhelimen käyttäminen tukipisteenä ei kuitenkaan ole luotettavin tapa mobiilistriimata, ja se tuo mukanaan haittapuolia ja uusia ongelmia. Esimerkiksi kun jakoasetus on päällä puhelimessa, monien muiden toimintojen käyttö on estetty tai rajoitettu. Jakoasetus kuluttaa myös puhelimen akkua nopeammin, joten saatetaan tarvita varavirtalähde. [20.]

Suurin ongelma striimauksessa puhelimen tukipisteellä tulee paikoissa, joissa on paljon ihmisiä ja kaikki käyttävät internetiä samaan aikaan. Vaikka yhteys näyttäisi olevan viisi palkkia, se saattaa olla vain murto-osa kaistanleveydestä, mitä tarvittaisiin ylläpitämään striimiä. Puhelimen internetyhteydellä on tapana heikentyä, kun paljon ihmisiä samassa paikassa käyttää sitä. [20.]

Ulkoinen 3G/4G LTE -tukipiste

Ulkoinen tukipiste tunnetaan myös nimellä matkareititin, joka muuttaa 3G- ja 4G-matkapuhelinverkot Wi-Fiksi tai toisinpäin ja luo langattoman verkon lähellä oleville laitteille. Näitä laitteita voi ostaa palveluntarjoajalta tai erillisinä laitteina kaupoista,

mutta niihin tarvitaan erillinen SIM-kortti [20.]

Matkareitittimien akut kestävät yleisesti kymmenestä tunnista vuorokauteen. Akun kulumisnopeuteen vaikuttaa kuitenkin matkareitittimen käyttäjämäärä ja se, kuinka nopeaa yhteyttä käytetään. Nopeampi yhteys tarkoittaa nopeampaa akun kulutusta. Jotkut matkareititinmallit voivat myös toimia varavirtalähteinä muille laitteille. [20.]

Matkareitittimen valinnassa kannattaa myös huomioida maksimi lataus- ja lähetysnopeus ja se, onko matkareitittimessä Ethernet-porttia, joka takaisi luotettavamman langallisen yhteyden kooderiin. [20.] Pitää myös ottaa huomioon, ovatko antennit pelkästään sisäisiä vai onko paikkoja ulkoisille antennille, jotka mahdollistavat paremman yhteyden ja mahdollisesti keilan muodostamisen. Se vaatii kuitenkin myös päätelaitteen tukevan keilan muodostamista. [21.]

Matkareitittimissä on usein pieni näyttö, josta voi tarkkailla kaistanleveyttä ja käytettyä dataa suorana. Vaikka ulkoisen tukipisteen käyttäminen on luotettavampaa kuin puhelimesta suoraan internetin jakaminen, sama ongelma nousee esille paikoissa, joissa on paljon käyttäjiä tai heikompi signaali. Tarvittavan kaistanleveyden säilyttäminen tulee vaikeaksi, ja lähetys alkaa pudottaa kuvaruutuja tai pysähtyy täysin. Näihin vaativimpiin olosuhteisiin on kehitetty verkkojensidontatekniikka. [20.]

Verkkojen sitominen

Verkkojensidontatekniikka mahdollistaa kahden tai useamman puhelininternetyhteyden yhdistämisen, mikä antaa enemmän kaistanleveyttä ja vahvemman signaalin. Yhdistäminen Wi-Fi ja Ethernetin kanssa onnistuu myös. Käytännössä voi yhdistää niin monta signaalia kuin laite sallii USB-modeemi-, SIM-, Ethernet- ja antennipaikoineen. Sidontatekniikka osaa myös tehdä vaihtoja signaalien välillä, jos jokin signaaleista muuttuu epävakaaksi tai kaatuu. [20.]

Markkinoiden suosituin sidontatekniikkaa käyttävä laite on LiveU Solo, joka on myös videokooderi. Laitteen versioita on monia, ja ne eroavat toisistaan pääasiassa liitäntäpaikkojen osalta. Ne kaikki pystyvät striimaamaan yhden kameran asetelmaa aina 1080p asti 60 ruutua sekunnissa ja toimittavat striimin RMTP:n ja LRT:n avulla. Lataus laitteissa kestää noin kaksi tuntia. [20.]

LiveU Solon esimääritetyt alustat antavat striimata useisiin eri CDN-palveluihin ja kaikkiin suosituimpiin striimauspalveluihin [20]. LiveU:n uusin malli LU600 HEVC tukee 4K-, VR- ja 360-videoita ja pystyy sitomaan 5G-verkot. Akun kesto on kaksinkertaistettu ja kosketusnäyttöä ja etäohjausta parannettu. [22.]

LiveU yrittää saada verkkosidontateknologian edullisesti kaikille striimaajille saatavaksi, mutta se voi silti joissain tapauksissa olla erittäin kallista. LiveU Solo, joka voi sitoa kaksi 4G:tä, ulkoisen USB-modeemi- ja Ethernet-paikan lisäksi ja sisältää yhden sisäisen antennin Wi-Fiä varten, maksaa noin 1 000 euroa. Hinta voi nousta sadoilla euroilla, yli 2 000 euroon, liitännäispaikkojen lisääntyessä. Jos haluaa käyttää verkkosidontateknologiaa, tulee maksaa 50 euron kuukausittainen lisenssi. Tämän lisäksi maksetaan myös operaattorin datamaksut. [20.]

Näistä mobiilistriimausvaihtoehdoista verkkojen sidonta on varmin valinta haastavimpiin tapahtumiin ja paikkoihin. Se on hyvä valinta yrityksille ja ammattilaisille. Mutta vaikka tämä tapa on paras ja luotettavin vaihtoehto, on se myös kallein, joten on syytä tehdä ennakkolaskelmat maksuista nähdäkseen, onko siitä oikeaa hyötyä. Loppujen lopuksi valintojen erot ovat vain raha vastaan hyöty. [20.]

Kun suunnittelee striimausta mobiiliverkolla, tulee ottaa huomioon seuraavat asiat:

- Sijainti. Tuleeko sijaintiin signaalia? Jos signaalia ei ole ollenkaan, edes verkkojen sidonta ei auta. [20.]
- Väkijoukko. Paljonko henkilöitä käyttää mobiiliverkkoa samanaikaisesti striimin aikana? Mobiiliverkkoa testataan tarvittaessa väentungoksen aikana. Jokainen henkilö ja laite tapahtumapaikalla, joka käyttää mobiiliverkkoa, pienentää saatavilla olevaa kaistanleveyttä. [20.]
- Verkon tarjoaja. Mitä rajoituksia verkossa on kaistanleveydelle ja datankäytölle? Monilla verkon tarjoajilla on rajoituksia datan käytössä, varsinkin ulkomailla. Yleisesti jos käyttö rajat ylitetään, verkon nopeutta lasketaan suuresti. [20.]

5G

Termi 5G viittaa viidennen sukupolven mobiiliverkkovaatimustasoon. Jotta teknologiaa voidaan kutsua 5G-teknologiaksi, on sen täytettävä 5G-mobiiliverkkovaatimukset. Tällä hetkellä yleisessä käytössä on 4G LTE-mobiiliverkko, LTE tarkoittaa kehitystä pitkällä aikavälillä. Tämä teknologia ei kuitenkaan täytä 4G-vaatimuksia, mutta sitä saadaan silti myydä oikeana 4G:nä. Teholtaan paras mobiiliverkko tällä hetkellä on 4G LTE-A, jossa A tarkoittaa kehittyneempää versiota, joka on jo lähellä 5G-tehoa. 4G LTE-A:n maksimi latausnopeus on 1 Gb/s ja lähetysnopeus 500 Mb/s. Nämä nopeudet ovat kuitenkin saatavilla vain suurissa kaupungeissa. Varsinaiset nopeudet, joita kuluttajat saavat, ovat latausnopeudet 20–100 Mb/s. [24.]

5G lupaa suuremmat nopeudet, luotettavan yhteyden, vähemmän viivettä, enemmän laitteita samaan verkkoon ja vähemmän energiankulutusta ja kustannuksia. Lähetysnopeuden huipuksi on arvioitu 20 Gb/s, mutta realistinen nopeus, jonka kuluttajat saisivat tästä, on 1 Gb/s. Tämä olisi 10 kertaa nopeampi kuin nykyinen 4G. Suuremmat radiotaajuudet mahdollistavat suuremmat kaistanleveydet, vähemmän viivettä ja enemmän laitteita samaan verkkoon. [24.]

4G käyttää radiotaajuuksia 6 GHz:n alapuolella, kun 5G tulee käyttämään 30–300 GHz:n radiotaajuuksia. 5G vaatii radiosolujen asennusta paljon tiheämmin, mutta solut ovat myös paljon pienempiä kuin aikaisemmin. Jotta yhdistäminen olisi nopeampaa ja tarkempaa, 5G hyödyntää keilanmuodostusteknologiaa. Ilman keilanmuodostusteknologiaa signaali lähetettäisiin joka suuntaan, kunnes se kiertäisi oikeaan osoitteeseen, joten keilanmuodostusteknologia säästää paljon energiaa. 5G-teknologia tulee myös hyödyntämään MIMO-tekniikkaa nostaakseen bittinopeutta eli lähetysnopeutta, ja kantoaaltojen yhdistämistä, joka mahdollistaa latauksen useammasta lähteestä yhtä aikaa. Tämä tekniikka muistuttaa hyvin paljon verkkojensitomis-tekniikkaa. [24.]

5G-mobiiliverkkojen myötä verkkojen sitominen ei välttämättä ole enää tarpeellista. Se mahdollistaisi striimauksen HD- tai 4K-laadulla käyttäen puhelimen jaettua 5G-yhteyttä. Nopeuksilla ja kaistanleveyksillä, joita on luvattu tulevan, vaikuttaisi siltä, että tämä olisi mahdollista. [20.] Kansainvälisen operaattoreiden etujärjestön GSMA:n linjausten mukaan 5G-verkon kaistanleveys yksikköä kohden tulee olemaan vähintään tuhatkertainen ja yhdistettyjä laitteita voi olla 10–100 kertaa enem-

män. Tämän ansiosta käyttäjämäärällä on paljon pienempi vaikutus yhteyteen käytettäessä nykyisiä laatuja. 5G kuitenkin mahdollistaa myös paremmat laadut ja suuremmat paketit kaikessa tietoliikenteessä, joten tämä saattaa olla “plus miinus nolla”-lopputulos kaistanleveyden riittämisen osalta suoratoistossa. [42.] Jopa 8K-mobiilistriimaaminen olisi mahdollista, eikä VOD-sisällöntuottajien ja striimaajien tarvitsisi enää välittää, pystyvätkö katsojat vastaanottamaan laadukkaampaa videota. On kuitenkin todennäköistä, että 5G toimii parhaiten vain kaupungeissa ja kattavuus muualla tulee olemaan heikko, koska radiosolujen tulee olla tiheästi asennettu. Täten 4G tulee todennäköisesti täyttämään nämä aukot vielä vuosia. [24.]

5G-tekniikan on suunniteltu tulevan laajasti myyntiin vuoden 2020 puolessavälissä, mutta 5G-valmista teknologiaa näkyy jo nyt kaupoissa. 5G-verkkoja on asennettu muutamiin kaupunkeihin ympäri maailmaa, mutta laajemman verkon rakentaminen on vielä kesken. Internetpalveluntarjoajat ympäri maailmaa sanovat, että yleiset 5G-verkot olisivat käyttövalmiita viimeistään vuodesta 2022 eteenpäin. [24.] Suomalainen DNA-palveluntarjoaja ilmoittaa sivuillaan, että laajan alueen kattava 5G-verkko tulisi käyttöön vuonna 2025 [25]. Elisa ilmoittaa, että uusia 5G-kaupunkeja avataan vuodesta 2020 eteenpäin [26].

Kaistanleveys

Kun striimataan tai jaetaan video internetiin, käytetään lähetyksikaistanleveyttä. Ja kun ladataan sisältöä internetistä, käytetään latauskaistanleveyttä. Latauskaistanleveys on yleisesti paljon nopeampi kuin lähetyksikaistanleveys. Näistä nopeuksista päättää yksin internetin tarjoaja, mutta niille on asetettu vaatimuksia ja sääntöjä nopeuksia koskien. Internetyhteyden lähetyksenopeus on erittäin tärkeä tietää, sillä se mahdollistaa ja rajoittaa striimin laadun. [23.]

Striimin pakkaus sopivaksi internetiin

Pakkaamisen tarkoitus on digitoida ja pakata video- ja äänisisältö sopivan kokoiseksi kaistanleveydelle ilman, että laatu kärsii. Striimit on aina pakattava, sillä pakkaamaton sisältö veisi liikaa lähetyksikaistanleveyttä varman lähetyksen takaamiseksi. Sisällön pakkaaminen tapahtuu laite- tai ohjelmapohjaisella kooderilla, kuten OBS Studio. [23]. Kooderi pakkaa eli muuntaa sisällön suoratoistettavaksi dataksi käyttä-

en pakkaus- ja pakkauksenpurkuohjelmaa. Suositeltava videonpakkausformaatti HD-laadulle on H.264, koska se pystyy tekemään häviötöntä pakkaamista. Paremmille laaduille on H.265, joka tunnetaan myös nimellä HEVC. [30]. HEVC on suunniteltu seuraavan sukupolven kuvanlaadulle ja pystyy kuljettamaan enemmän dataa samassa paketissa, melkein kaksi kertaa tehokkaamman pakkaamisen ansiosta [31]. Pelkälle äänistriimille on kaksi suositua pakkausmuotoa: MP3 ja AAC. Tällä hetkellä suosituin kuljetusmuoto muunnetulle datalle on RTMP. [30.]

Bittinopeudeksi kutsutaan striimin video- ja äänitiedostojen käsittelyä tietyn ajanjakson aikana. Suurempi bittinopeus viittaa yleensä striimin korkeampilaatuiseseen kuvaan ja ääneen. Tulisi aina tarkistaa, että internetin lähetysnopeus on suurempi kuin striimin bittinopeus. Jos striimin bittinopeus on suurempi kuin internetin lähetysnopeus, striimi on epävakaa, mikä tarkoittaa striimin kuvan ja äänen laadun heikentymistä, ja kuvia putoilee pois lähetyksestä. On tärkeää sovittaa lähetyksen laatu oman bittinopeuden kanssa. [23.]

Suoratoiston ja striimauksen vaatima internetyhteyden nopeus riippuu sisällön tyyppistä. Normaali-laatuisen SD-videon toistoon tai lähetykseen ilman pysähdyksiä tai laadun heikentymistä tarvitaan vähintään 2 Mbps:n internetnopeutta. HD-laadulle tarvitaan 5 Mbps. Mitä tarkempi laatu, sitä suurempia nopeuksia tarvitaan virheettömään lähetykseen. [2.] 4K-laadulle suositellaan vähintään 25 Mbps ja 8K:lle 50 Mbps, mutta nämä verkkonopeudet pätevät vain, jos verkossa ei ole muuta liikennettä. Jos verkossa on useampi käyttäjä, nämä nopeudet suositellaan melkein kaksinkertaisina. [9.]

Vaikka 8K-striimaus on mahdollista, on silti erittäin epätodennäköistä, että 8K-videot tulevat kuluttajille yleiseen käyttöön lähiaikoina. Jopa 4K:ta on saatavilla vasta erittäin vähän, ja 8K tuo vain lisää ongelmia laite- ja internetnopeusvaatimuksiin. Tarvittavan monitorin tulisi olla vähintään 85 tuumaa, ja sitä olisi katsottava vähintään puolentoista metrin etäisyydestä, jotta se erottuisi 4K:sta. Vaikka olisi tarpeeksi nopea internetyhteys, datan käytöstä tulee vielä suurempi ongelma. [10.] 8K-laadulla tulevan ohjelman katsominen verkossa kuluttaa tunnissa dataa noin 75,2 Gb [11].

Suositteltu tapa varmistaa, että on tarpeeksi kaistanleveyttä virheettömään striimiin,

on kertoa striimin bittinopeus puoleltoista. Näin saa nopeuden, jonka tulisi vastata käytössä olevaa internetin lähetysnopeutta. Tässä tulee kuitenkin huomioida, että internetin tarjoajien mainostamat nopeudet ja rajoitukset ovat yleensä aina maksimirajoja, eivätkä vastaa todellisia nopeuksia. Todellisen nopeuden selvittämiseksi on aina hyvä tehdä nopeustesti verkossa. Myös tapa, jolla internet otetaan vastaan, vaikuttaa todelliseen lataus- ja lähetysnopeuteen. Esim. DSL-verkossa on yleisesti matalammat lähetysnopeudet, jotka rajoittavat bittinopeutta ja näin striimin laatua. Jos satelliittiyhteys on ainoa vaihtoehto, tulee huomioida mahdolliset esteet sääolosuhteissa yhteydelle. [23.]

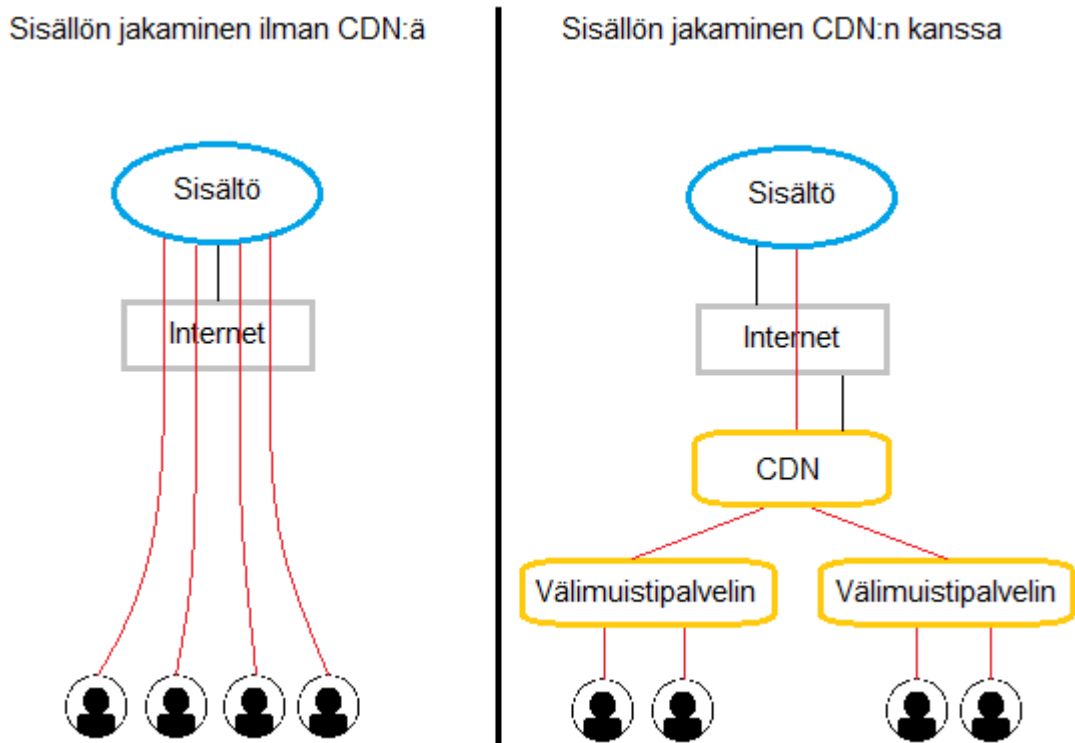
Striimaus moneen jakeluverkkoon samanaikaisesti tai eri laaduilla saavuttamaan laajempi yleisö kaikenlaisilla latausnopeuksilla on myös suosittua. Mutta tulee muistaa, että jokainen erillinen lähetys lisää käytettyä bittinopeutta ja täten tarvitaan enemmän lähetyskaistanleveyttä. [23.]

2.7 Jakeluverkot

CDN

Sisällönjakeluverkko on hyvin laajasti levitetty verkko palvelimia, jolla pyritään pienentämään käyttäjän ja sisällön alkuperäisen palvelimen välistä matkaa. Sisällönjakeluverkon avulla käyttäjän tarvitsema verkkosisältö on lähempänä ja nopeammin käytettävissä missä päin maailmaa tahansa. [7.]

Sisällönjakeluverkon avulla pyritään myös vähentämään alkuperäisen palvelimen kuormaa, sillä ilman tätä jakeluverkkoa alkuperäinen palvelin vastaisi kaikkien käyttäjien pyyntöihin ja voi kaatua, jos kuorman tulee suuri piikki tai se on jatkuvasti suuri. Kuva 3 havainnollistaa eroa sisällön jakamisessa CDN:n kanssa ja ilman sitä. Sisällönjakeluverkko pyrkii tarjoamaan käyttäjälle sisältöä aina lähimmältä palvelimelta. [7.]



Kuva 3. Sisällön jakaminen CDN:n avulla ja ilman sitä [45].

Toiminta

CDN:n päätavoite on nopeuttaa verkkosivun latautumista ja käskyjen toteuttamista laitteella. Tehdäkseen tämän sisällönjakeluverkko käyttää välimuistipalvelimia, joilla on myös omat välimuistipalvelimet ympäri maailmaa. Näillä välimuistipalvelimillä on esitallennettuja versioita sivustosta eli PoPs. PoPs on niin kuin ennakkokuva sivustosta päätoiminnoilla jaettu ympäri maailmaa välimuistipalvelimille, jotta käyttäjä saa sivuston käyttöön ja näkyviin mahdollisimman läheltä ja nopeasti. Loput sivuston tiedoista pyydetään välittömästi välimuistipalvelimen omilta välimuistipalvelimilta ja toimitetaan käyttäjän sijaintiin. [7.]

Kutsuja eivät kuitenkaan lähetä palvelimet vaan User-agents-laitteet, jotka vastaavat verkkoselainten toiminnasta. Nämä laitteet luovat kaikki kutsut sisällöstä, kuten HTML-, kuva-, CSS- ja Javascript-tiedostot, joita tarvitaan sisällön näyttämiseen. Jokainen kutsu ohjaa käyttäjän lähimmälle CDN-palvelimelle, jolla on esitallennettu tiedosto, jota kysytään. Jos tiedostoa ei löydy tältä palvelimelta, lähettää palvelin kutsun muille palvelimille ja se toimitetaan siltä palvelimelta, mistä kysytty tiedosto

löytyy. [7.]

Jos tiedostoa ei ole saatavilla mistään välimuistipalvelimesta tai tiedostot ovat vahingoittuneita, lähettää palvelin kutsun alkuperäiselle palvelimelle, jolla kaikki tiedostot sijaitsevat. Kun alkuperäinen palvelin on lähettänyt pyydetyt tiedostot välimuistipalvelimelle, tämä tallentaa niistä PoPs:n tulevaa käyttöä varten. [7.]

Eri CDN:t ovat erikoistuneet eri tiedostotyyppien toimittamiseen, kuten HTML-tiedostot, kuvat ja muut tiedostot. Sitten on myös maailman johtavat CDN-tarjoajat, kuten Akamai ja Cloudfront, jotka toimittavat kaikkia tiedostotyyppisiä. [8.] Yleisin liikenne CDN:ssä on verkkosivujen sisältö. Mutta tässä verkossa liikkuu myös paljon muunlaisia tiedostoja, kuten 4K- ja HD-videota: ääntä, ohjelmistoja ja lähes kaikkea muuta, mikä voidaan muuntaa digitaaliseen muotoon. Yli puolet internetin liikenteestä kulkee CDN:n avulla. [7.]

Miksi CDN?

CDN tarjoaa helpon ratkaisun nopeampaan datan toimitukseen pienemmällä viiveellä riippumatta verkkosisällöstä. CDN huolehtii myös tiedon muokkaamisesta sopivaksi jokaiselle eri vastaanottolaitetyypille. Kuljetettavat tiedot ja loppukäyttäjien verkkosijainnit on myös suojattu. [7.] CDN poistaa puskurointia, hitautta ja palvelimien ylikuormittumista. Kaikki nämä hyvät puolet tulevat kuitenkin kalliilla hinnalla, ja CDN:ä voi olla monimutkaista käyttää. CDN on suunniteltu lisättäväksi jo olemassa oleviin verkkoalustoihin. [8.]

OVP ja CDN

Käyttäjystävällisyys ja hallinta

OVP-verkkovideoalusta tarjoaa käyttäjystävällisemmän ympäristön ja integroidut työkalut sisällön lataamiseen, suoratoistamiseen, järjestämiseen, kaupallistamiseen ja jakamiseen. Työkalut ovat monipuoliset ja yleensä helpompia käyttää kuin

CDN:ssä. Käytännössä OVP on verkkosivupohjainen käyttöliittymä, joka on suunniteltu videon hallintaan. Käyttöliittymällä voi helposti muokata videon ominaisuuksia, jakamista ja suoratoistamista. [8.]

OVP:n käyttöliittymän helppokäyttöisyyttä ja ominaisuuksia voidaan verrata samantyyppiseksi kuluttajille suunnitellun Youtube-käyttöliittymän kanssa. CDN taas ei yleisesti käytä graafista käyttöliittymää videolle, vaan tiedostoja täytyy hallita ja ladata SSH:n ja komentorivin avulla. [8.]

Hinta

Hintojen puolesta OVP on halvempi kuin video-CDN ja tämän lisäksi monet OVP:t käyttävät videotiedostojen toimittamiseen CDN:ä. Esimerkiksi DaCast käyttää Akamai-CDN:ä videoiden toimittamiseen. DaCast siis lähettää videoita hyvin levittäytymällä ja luotettavalla CDN:llä kilpailukykyiseen hintaan. Sopimukset hinnasta ovat myös helpompia OVP:illä. CDN:n sopimukset voivat määräytyä monista muuttujista, kuten siitä, paljonko kaistanleveyttä käytetään, mitä ominaisuuksia käyttäjällä on ja paljon muuta. Esimerkiksi DaCastin tarjouksissa ei yleensä ole sitoutumispakkoa ja maksetaan vain siitä, mitä käytetään. DaCast tarjoaa myös leimaamattoman palvelun sisällyttynä palvelun hintaan. [8.]

Vesileimat

Molemmat, OVP ja CDN, tarjoavat brändivapaan pohjan videoille. Monissa kuluttajialustoissa taas, kuten Youtube, videoilla on vesileima näille alustoille. Kuitenkaan kaikki OVP:t eivät tarjoa leimatonta palvelua edullisesti ja voi joutua maksamaan satoja euroja kuukaudessa oman brändin käyttämisestä. [8.]

Video-API

Jotkut CDN:t sisältävät erilaisia API:a, mutta ei useinkaan video-API:a. Video-API auttaa lataamaan ja hallitsemaan sisältöä, tai voi jopa rakentaa oman OVP:n sen ympärille. API:n avulla kaikki näkymät ja työkalut ovat myös täysin muokattavissa omiin tarpeisiin. Useimmat OVP:t tarjoavat video-API:n hallintatyökaluineen, koodeineen ja dokumentoituna auttaakseen käyttäjän alkuun. [8.]

Asiakaspalvelu ja videoanalytiikka

CDN tarjoaa videon lisäksi paljon muita palveluita, kun OVP keskittyy vain videoon. CDN:n asiakaspalvelun on tiedettävä kaikesta, kun OVP voi kouluttaa asiakaspalvelunsa tietämään kaiken vain videosta ja siihen liittyvistä laitteista. [8.] Vaikka mahdollisuudet saada haluttu vastaus asiakaspalvelijalta on suurempi OVP:llä, se ei tarkoita, etteikö vastaus löytyisi toiseltakin tiimiltä. Vastauksen saaminen vain voi kestää kauemmin CDN:llä, jos asiaa täytyy selvittää kollegan kanssa, joka tietää enemmän videosta. [8.]

Tutkiessani CDN:n ja OVP:n tarjoamaa videoanalytiikkadataa en huomannut merkittävää eroa datan määrässä tai tyypissä. Jotkut OVP:t tarjoaa perusanalytiikan lisäksi synkronointia Google Analyticsin kanssa, joka tarjoaa ehkä hienot graafit ja helpokäyttöisyyden [8]. Google Analytics ei tarjoa kuitenkaan enempää dataa.

3 Videotuotantoympäristö

Videotuotanto tehdään kolmessa eri ympäristössä: TV/videostudiossa, ulkoisessa kuvauspaikassa ja jälkituotantoympäristössä. TV/videostudioympäristö koostuu myös kolmesta eri alueesta. Tuotanto voidaan tuottaa joko yksittäisellä kameralla tai monikamera-asetelmalla. Suuren luokan suorat videotuotannot, kuten uutiset ja urheilutapahtumat, usein tehdään monikamera-asetelmalla, mutta yksityiset tuottajat, kuten striimaajat, tuottavat usein suoran tuotannon yhdellä kameralla. Yhden kameran käyttö on usein myös suosittua, jos jälkituotanto kuuluu tuotantoprosessiin. [1, luku 2.]

3.1 TV/videostudioympäristö

TV/videostudio

Videostudio on hallittu ympäristö, joka on suunniteltu televisio- ja videotuotantoon. Studiossa tuotantotiimi hallitsee kaikkia teknisiä tuotantoelementtejä, kuten valoa,

ääntä, virtalähteitä ja kaikkia muita muuttujia, jotka voivat vaikuttaa tuotokseen. Tyyppillinen TV/videostudio on suuri huone, jossa on tasainen lattia, jolla kamerat liikkuvat hyvin. Katto on korkea ja rakennettu tukemaan studiovaloja poissa kameroiden edestä. Virtalähteitä kaikille studiovälineille on yleensä useita ympäri studiota. Seinät on rakennettu eristämään ulkopuolista ääntä ja poistamaan studion sisäistä kai-kua. Yksi tai useampi pyöröhorisontti ympäröi myös studiota taustana. Pyöröhorisontti on usein kankaasta tehty verhoilu tai rakennetut pyöreät seinät. Rakennettu kova seinä on parempi kuin kangas, sillä kankaat kuluvat helpommin ja saattaa olla ryppyisiä, jolloin valaistusta on vaikeampi hallita. Yleisimmät taustavärit ovat musta, beige, sininen ja vihreä. Musta tausta luo valtavan tilan tunteen toiminnan taakse. Beige tausta toimii tunnelmanluojana, kun siihen lisää värejä valoilla. Sinistä ja vihreää taustaa käytetään erikoisefektien luontiin poistamalla tausta tietokoneella ja lisäämällä taustalle haluttu ympäristö tai muu grafiikka. [1, luku 2.] Valkoista taustaa käytetään luomaan loputon tila, ja sitä käytetään usein tuotekuvauksissa [6].

Tuotannonhallintahuone

Hallintahuone on erillinen huone studiosta. Se voi olla erotettu seinällä, jolloin olisi mahdollista nähdä studioon ikkunan läpi monitorien lisäksi, tai saattavat sijaita erillään toisistaan, jolloin hallintahuoneesta ei näe studioon kuin monitorien avulla. Hallintahuoneen ja studion väki käyttää kommunikointiin hyvin usein jonkinlaisia kuulokemikrofoneja, mutta vain tuottajan mikrofoni on päällä. [1, luku 2.]

Monitoreista yleensä näkee kaikki videolähteet ja kyseisellä hetkellä lähetetyn videon. Videomikserin avulla kaikki lähteet voidaan näyttää yhdelle monitorille jaettuina ruutuina. Lähteitä voi myös esikatsella, ennen kuin ne lähetetään. Videomikseri tarvitaan aina useampaa kameraa käytettäessä, jotta niiden signaalit saadaan näkyviin. [1, luku 2.]

Huoneessa on monitoreja myös grafiikan ja erikoisefektien lisäykseen sekä videosoittimille, datalle ja muille ulkoisille lähteille, kuten kanavalle tai sivustolle, jolle videota lähetetään. Ääni- ja valo-ohjaimet ovat myös hallintahuoneessa tai vaihtoehtoisesti valo-ohjaimet voivat sijaita myös studion lattiassa. Videosoitimet saattavat sijaita hallintahuoneessa tai erillisessä hallintahuoneessa. Videosoitimilla voidaan

lisätä ohjelmaan tallennettuja materiaaleja reaaliajassa tai tallentaa videomikserin lähettämää videosignaalia. [1, luku 2.]

Tuotantoa tukevat palvelut

Ilman kameroita, valoja ja muuta teknistä kalustoa studio on tyhjä tila, johon kaikki ohjelman elementit on luotava ja tuotava. Tähän tarkoitukseen monilla studioilla on useita tuotantoa tukevia palveluita aina asusteiden ja tavaroiden hankinnasta meikkaajiin ja vihreisiin huoneisiin. Ohjelmassa vierailevien henkilöiden odotushuonetta kutsutaan vihreäksi huoneeksi. [1, luku 2.]

3.2 Ulkoinen kuvauspaikka

Toisin kuin studioympäristö, ulkoinen kuvausympäristö ei ole hallittu ja voi tulla kalliiksi, mutta silti se on suosittu. Ulkoisen kuvauspaikan tuotanto voidaan myös toteuttaa joko yhdellä kameralla tai monikamera-asetelmalla, riippuen siitä, mitä ollaan kuvaamassa. Uutisten tai muun tapahtuman kuvaaminen yhdellä kameralla tapahtuu yleensä yhdestä kolmeen henkilön ryhmässä. Materiaali joko tallennetaan myöhempään käyttöön, lähetetään suorana tai editoidaan nopeasti ja lähetetään sitten. [1, luku 2.]

Tapahtumat, jotka vaativat monikamera-asetelmaa ulkoisella kuvauspaikalla, tarvitsevat myös hallintahuoneen. Jos tapahtuma ei ole kovin suuri, huone voidaan rakentaa itse tapahtuman läheisyyteen. Suuret urheilutapahtumat ja konsertit kuitenkin usein käyttävät hallintahuonerekkaa, joka tilataan kuvauspaikalle. [1, luku 2.]

Ulkoisen kuvauspaikan suurin ja tärkein ongelma on kuitenkin saada jotenkin hallintaan paikan valaistus, ulkoiset äänet, virtalähteet ja muut luonnon elementit, jotka vaikuttavat tuotantoon. [1, luku 2.]

3.3 Jälkituotantoympäristö

Monissa tapauksissa videotuotanto ei pääty, kun kamerat sammuvat, sillä tällöin alkaa jälkituotanto, jossa kuva ja ääni editoidaan [1, luku 2]. Suorat ohjelmat ja strii-

maus ovat kuitenkin suuressa nousussa, joiden tuotantoprosessiin ei kuulu jälkituotanto. Jälkituotanto on kuitenkin mahdollista myös näille, ja sitä tehdään monissa tapauksissa, kun ohjelma on suunniteltu myös jälkikäteen katsottavaksi tai kootaan parhaiksi paloiksi. Jälkituotanto tapahtuu tietokoneella, jossa on varustettu editointiohjelmat ja yhteys lähteeseen, johon videomateriaali on tallennettu [1, luku 2]. Jälkituotantoon kuuluvat leikkaukset, grafiikka, animaatiot, erikoiseffektit ja äänien hienosäätö [1, luku 2].

3.4 Kuvatuotanto

Videokamerat

Videokameroita on nykyään kaikissa laitteissa ja erikseen laajalla valikoimalla. Eroina ovat laatu, ominaisuudet ja hinta [1, luku 4]. En mene syvällisesti kameran eri osiin ja komponentteihin, mutta kerron yleisesti, millaisia kameroita on ja mihin tarkoitukseen.

Videokamerat kuluttajalle

Kuluttajien videokameroiden ja älypuhelinien kamerat ovat yleisesti hyvin vähätoiminnallisia ja halpoja. Toimintoja on pyritty automatisoimaan paljon, jotta poistetaan käyttäjän virheitä ja lisätään käyttömukavuutta. Kuvan laatu on kuitenkin hämmästyttävän hyvä, mutta laitteet itsessään eivät ole kovin kestäviä eliniältään. [1, luku 4.]

Videokamerat ammattilaisille ja lähetystoimintaan

Ammattilaisille suunnitellut kamerat voivat maksaa tuhansista sataan tuhanteen dollaria, mutta ne ovat markkinoiden kestävimpiä ja laadukkaimpia videokameroita. Näissä videokameroissa riittää ominaisuuksia, ja kaikkia voi säätää manuaalisesti tai laittaa automaatile. On tärkeää tietää, mihin tarkoitukseen videokamera tulee ja mikä on tavoite laadulle, sillä pieninkin ominaisuus vaikuttaa hintaan suuresti. Yleisesti videokameroissa on aina tallennusominaisuus, mutta ammattilaistason videokamerat voivat olla myös vain videon lähettäjiä. Jotkut kamerat vaativat alustoja, ja yleisesti studion kamerat on aina asetettu staattisille tai liikkuville alustoille, nostu-

reihin tai kiskoille. [1, luku 4.]

DSLR- ja puhelinkamerat

Perinteisten videokameroiden lisäksi videotuotantoon ovat liittyneet myös DSLR- ja puhelinkamerat. Kumpikaan näistä kameroista ei ole alkuperäisesti suunniteltu studiokäyttöön, mutta niitä voidaan silti käyttää joissain studiotilanteissa. Pääosin näitä kameroita käytetään ulkokuvauksissa. [17, luku 5.]

DSLR

DSLR-kameran suurin etu on sen suuret kuvasensorit. Niiden avulla kuvasta saa erittäin tarkan ja kuvan terävyyserot ovat paljon pienemmät. Monissa DSLR-kameroissa on myös suuri valikoima erillisiä linsskejä, joita on helppo vaihtaa tarpeen mukaan. Tällä kameralla myös säilyy hyvä kuvanlaatu parhaiten, vaikka valolosuhteet olisivat huonot. [17, luku 5.] Monissa videokameroissa on joko natiivi ISO-asetus tai optimaalinen ISO-asetus [18]. Mutta DSLR-kameralla voi säädellä ISO-asetusta vapaasti. Matala ISO-asetus on tarkoitettu kuvaukseen hyvässä valaistuksessa ja suurempi ISO-asetus kuvaukseen pimeässä, mutta suurempi ISO-asetus luo myös kohinaa kuvaan. Kuvan laatuun vaikuttavat myös kamerasuljin ja aukon koko. Videota kuvatessa kamerasuljin toimii rullaavasti ja kuvaan voi ilmes-tyä vääristymiä, jos kameraa liikutetaan liian nopeasti tai kuvataan nopeasti liikku-va esinettä. Vääristymä näkyy kuvassa aaltoilevana vaikutuksena tai vinona kuva-na. Koska DSLR-kamera on alkuperäisesti luotu ottamaan valokuvia, sen etsin on kamerasuljin takana ja toimintonäppäimet asetettu käytettäväksi, kun kameraa pidetään kasvojen edessä. Saatavilla on kuitenkin paljon erilaisia lisävarusteita ja telineitä helpottamaan kamerasuljin käyttöä. DSLR-kameroissa on sisäänrakennettu mikrofoni, mutta se on erittäin laaduton, eikä kamerassa myöskään ole XLR-liitäntää korkea-laatuiseksi mikrofoniin. Niinpä videotuottajat käyttävät yleensä erillistä ääninauhuria tallentamaan ääntä. Ääni ja video voidaan yhdistää editoinnissa, tai suorassa tapah-tumassa kooderi hoitaa tämän. [17, luku 5.]

Kun hankitaan DSLR-kamera videon tallentamista varten, kannattaa tarkistaa videontallennusraja. Suurimmassa osassa DSLR-kameroita on alle puolen tunnin tallennusraja, mutta on malleja, joissa ei ole rajaa. Tallennusraja alkuperäisesti asetettiin

sensoreiden ja prosessorin ylikuumentumisen ja rajallisen muistin takia. Mutta nykyään, kun nämä ongelmat on korjattu, raja on jäänyt näihin kameroihin videokameroiden tuontiveron takia, joka päätettiin vuonna 2006. Videokameraksi lasketaan kaikki kamerat, jotka voivat tallentaa videota yli 30 minuuttia, ja yritykset joutuvat maksamaan 5–12 % tuontiveroa. Koska suurin osa DSLR-kameroiden käyttäjistä ei välitä kameras tallennusominaisuudesta, eivät yritykset näe viisaaksi ottaa rajoitusta pois ja nostaa kameroiden hintaa. [19.]

Puhelinkamerat

Suurin puhelinkameroiden etu on niiden läsnäolo kaikkialla ja pieni koko. Tämä kamera on lähes kaikilla aina mukana. Ja sillä voi tallentaa tai striimata suunnittelemattomia tapahtumia, kuten hätätilanteita, hyvällä laadulla helposti ja nopeasti. Pienen koon ansiosta ne soveltuvat myös hyvin piilokameroiksi. Puhelimia ei kuitenkaan ole suunniteltu pääosin videokuvaamiseen, joten niiden linssit, liitännät ja käytettävyys ovat huonoja. Suurin osa puhelinten linseistä on hyvin pieniä, ja niitä voi loitontaa ja lähentää vain digitaalisesti eikä optisesti. Myöskään hyvälaatuista XLR-liitännäistä mikrofonia ei voida liittää puhelimissa yleiseen 3,5 mm:n ääniliitäntään. Kaikki kameras toiminnot on asetettava näytöltä, lukuun ottamatta tallennus-, lähennys- ja loitonnuspainikkeita. Puhelinten internetyhteys ei myöskään pysy hyvin vakaana, varsinkin striimatessa [20]. Puhelinten yleisen suosion ansiosta näihin ongelmiin on kuitenkin paljon ratkaisuja, kuten erillisiä linsejä, XLR-adaptoreita ja signaalin vahvistajia. [17, luku 5.]

Striimauuskamerat

Striimauksessa käytetyt kamerat ovat yleensä tyypiltään web-, DSLR- tai videokameroita, mutta erityistapauksissa näkee myös PTZ- ja toimintakameroita käytössä. Striimaus DSLR-, video-, PTZ- ja toimintakameroilla vaatii kaappauslaitteen videosignaalin kaappaamiseen ohjelmajohdaiselle kooderille, mutta jos käytetään kooderilaitetta, ei erillistä kaappauslaitetta tarvita, sillä niissä on sisäänrakennettu kaappauslaite. [28.]

Web-kamera yhdistetään pelkällä USB-johdolla tietokoneeseen, ja se on valmis striimaukseen. Lähes kaikki ohjelmajohdettavat kooderit tukevat web-kameroita USB-videolähteenä, ks. kuva 4. Kannettavissa tietokoneissa on myös sisäänrakennettuja web-kameroita, joita tuetaan, mutta niiden kuvanlaatu on yleensä erittäin huono. Ulkoisten web-kameroiden laatu voi olla erittäinkin hyvä, ja niistä voi löytyä zoom-objektiivi, kasvojentunnistusominaisuus ja sisäänrakennettu mikrofoni. Web-kameroilla on myös hyvä hinta-laatusuhde, ja ne ovat erityisen suosittuja videopelistriimauksessa ja videokeskusteluissa, kuten etäopetuksessa ja etäkokouksissa. [28.]



Kuva 4. Web-kamera [28].

Toimintakamerat ovat pieniä ja helppoja kiinnittää mihin vain, ks. kuva 5. Ne ovat hyviä kuvaamaan nopeita liikkeitä, ja ne käyttävät usein leveämpää linssiä nähdäkseen enemmän. Videotuottajat käyttävät niitä usein kuvatessaan B-rollia eli välikohdasta tai sivutarinaa. Toimintakamerat ovat fyysisesti erittäin kestäviä, iskunkestäviä, vesitiiviitä ja vastustuskykyisiä monille muille elementeille. Toimintakamerat käyttävät ulostulona yleisesti mini-HDMI:tä, ja ne voivat kuvata jopa 4K:ta. Kaikki mallit eivät kuitenkaan tue striimausta. Toimintakameroissa ei ole äänen sisääntuloa lainkaan, mutta ongelma voidaan ohittaa erillisellä laitteella, jolla voidaan liittää ääni HDMI-kaapelin signaaliin. [28.]



Kuva 5. Toimintakamera [28].

DSLR- ja peilittömiä kameroita (kuva 6) ei ole alkuperäisesti tarkoitettu striimaukseen tai kuvaamaan pitkiä videoita, eikä kaikissa malleissa ole HDMI-ulostuloa. Jotkut malleista eivät voi näyttää suoraa kuvaa tai siinä näkyy käyttöliittymä samanaikaisesti. Puhtaan näkymän saa vaihdettua yleisesti asetuksista, mutta kaikissa kameroissa tämä ei ole mahdollista. DSLR- ja peilittömissä kameroissa on myös usein energiansäästötila, joka sammuttaa kameran, jos sitä ei käytetä vähään aikaan. Tämänkään toiminnon muuttamista asetuksista ei löydy kaikissa malleissa. Kaiken lisäksi näissä kameroissa on ylikuumentumisoongelma, josta kerroin DSLR-osiossa ja jonka vuoksi monilla malleilla ei voi kuvata videota kuin alle 30 minuuttia. DSLR- ja peilittömillä kameroilla voi kuitenkin striimata, ja niillä saa parhaan kuvanlaadun vaikeissakin valo-olosuhteissa. Tarvitaan kuitenkin erillinen linssi ja kameraa hankittaessa tulee huomioida kaikki edellä mainittu. DSLR- ja peilittömät kamerat ovat suosittu valinta striimaukseen myös monitoimisuuden takia, kun on tarvetta ottaa myös valokuvia. [28.]



Kuva 6. Peilitön kamera vasemmalla ja DSLR-kamera oikealla [28].

Videokamera (kuva 7) on hyvä valinta, jos haluaa striimata tunteja hyvällä laadulla. Ne on suunniteltu kätevästi kädessä pidettäväksi tai jalustalle. Malleja on monia, ja hinnat vaihtelevat sadasta eurosta kymmeniintuhansiin euroihin riippuen kuvanlaadusta ja toiminnoista. Videokamerat ovat standardivalinta kaikissa isoissa live-tuotantoprojekteissa. [28.]



Kuva 7. Videokamera [28].

PTZ-kamera on kiinteään kehykseen upotettu kamera, jota voidaan etäohjauksella käyttää ja nimensä mukaan kääntää, kallistaa ja zoomata. PTZ-kameroissa on hyvä optinen ja digitaalinen zoomi. Etäohjaus mahdollistaa yhden kameraoperaattorin hallita montaa kameraa samanaikaisesti tietokoneelta tai kauko-ohjauksella. Kehyksessä on tyypillisesti tasainen pohja, jonka avulla kamera voidaan helposti ja turvallisesti asentaa esimerkiksi kattoon ja muille pinnoille, ks. kuva 8. PTZ-kameroiden asennukset ovat yleisimmin osa pysyvää asennusta paikoissa, joissa suoratoistetaan tai nauhoitetaan usein tapahtumia. PTZ-kameroiden huono puoli on, ettei niissä yleisesti ole lainkaan mikrofonia. [28.]



Kuva 8. PTZ-kamera [28].

Kameran valinta live-tuotantoon

Sen jälkeen, kun on tietoinen edellä mainituista kameratyypeistä striimaukseen ja koettaa löytää oikeaa mallia, tulee ottaa huomioon seuraavat asiat kamerassa:

- Kamera pystyy lähettämään puhdasta live-kuvaa, ilman että käyttöliittymän elementit näkyvät ruudulla [28].
- Kameraa voi ladata suoraan verkkovirrasta. Useimmat DSLR-kamerat vaativat adapterin tätä varten. [28.]
- Kamera ei sammu automaattisesti tai ylikuumene. Monet kamerat sammuvat automaattisesti säästääkseen virtaa. Ylikuumeneminen koskee lähinnä DSLR-kameroita. [28.]
- Tulee varmistaa, että kameran kuvanlaatu, resoluutio ja ruudunpäivitysnopeus on se, mitä tarvitaan. Jos aiotaan kuvata nopeaa toimintaa, kuten urheilua, suositeltu ruudunpäivitysnopeus on 60. [28.]
- Onko kamerassa äänen sisääntuloliitäntä tai sisäinen mikrofoni? Tavallisissa kameroissa on yleisesti 3,5 millimetrin sisääntulo, ja ammattitason kameroissa on XLR-liitäntä. Toimintakameroissa ei ole lainkaan äänen sisääntuloa. [28.]
- Mikä liitäntätyyppi kamerassa on videosaajalle? HDMI-liitäntä (kuva 9) on kaikkein yleisin, mutta piuhan fyysinen kiinnitystapa ei ole luotettava, sillä se

voidaan vetää vahingossa irti. Tämän takia kalliimmissa ammattitason videokameroissa on SDI-liitäntä (kuva 9), jonka johto lukitaan paikalleen ja se voi kuljettaa videosignaalia jopa 91 metriä, kolme kertaa pidemmälle kuin HDMI, ennen kuin signaali alkaa heikentyä. [28.]

- Voiko kameralla nauhoittaa ja striimata samaan aikaan? Ei välttämätön toiminto, ja nauhoittaminen onnistuu kuvankaappauslaitteilla tarvittaessa. [28.]
- Voiko kameran kuvaruudun kääntää osoittamaan kuvaussuuntaan? Monet jotka striimaavat itseään, haluavat nähdä itsensä kuvaruudulta ja se myös helpottaa kuvakulman hakua. [28.]
- Jos aiotaan mobiilistriimata, tulee ottaa huomioon kameran valinnassa akun kesto, paino, koko ja muoto. Joitain kameroita on vaikea pidellä pitkiä aikoja ja voidaan tarvita erillinen pidike. [28.]

Oikean kameran valitsemiseen vaikuttaa suuresti se, mikä on tavoitteena, mutta kalleinkaan kamera ei auta huonossa valaistuksessa tai jos kuvanvakautus pettää, joten valojen ja vankkojen kolmijalkajalustojen tarvetta kannattaa myös miettiä. [28.]



Kuva 9. Vasemmalla SDI-liitäntä ja oikealla HDMI-liitäntä [36].

Kuvan kaappaus

Eryyisesti DSLR-kameroissa voidaan käyttää erillistä näytöntallennuslaitetta niiden kuvausrajoitusten takia. Atomos Ninja V (kuva 10) on yksi markkinoiden suosituimpia laitteita, ja se pystyy tallentamaan 4K:ta, 60:n ruudunpäivitysnopeudella 150 minuuttia. Se asetetaan lisäosana kameran päälle, aivan kuten mikrofoni, ja liitetään kameraan käyttäen HDMI-liitäntää. Atomos Ninja V:hen on saatavilla myös useita lisämoduuleita striimausta varten, kuten AtomX Ethernet/NDI- ja AtomX SDI -moduuli. AtomX Ethernet/NDI-moduuli pystyy lähettämään striimiä IP-verkon kautta

eli internetin kautta perinteisen SDI- tai HDMI-kaapelin sijasta. [41.] IP-striimausteknologiaa on käytössä myös PTZ-kameroissa [28]. SDI-moduuli mahdollistaa myös korkeampilaatuisten ammattilaiskameroiden yhdistämisen [41].



Kuva 10. Atomos Ninja V 4K -tallennin yhdistettynä kameraan [41].

Videomikserit

Kun halutaan kytkeä laitepohjaiseen kooderiin useampi kamera, tarvitaan videomikseri. Ohjelmapohjaisilla koodereilla videomikseri ei ole välttämätön, vaan sitä tarvitaan vasta, kun tietokoneesta loppuvat portit tai teho käsittelemään kaikkia kameroita. Ohjelmapohjaiset kooderit vaativat myös aina kuvankaappauskortin videomikserin ja tietokoneen välille. [38.] Useissa ohjelmapohjaisissa koodereissa on videomikseriominaisuudet. Pääasiassa videomikseri on laite, jolla voidaan yhdistää ja käsitellä useita erilaisia videolähteitä [1, luku 6]. Toiminta on yksinkertainen: laitteelle syötetään useita erilaisia videolähteitä ja niistä valitaan lähde tai lähteiden yhdistelmä, jota lähetetään eteenpäin lähetykseen. Laitteella voidaan myös lisätä videolähteisiin tehosteita, grafiikkaa ja kameranvaihtoanimaatioita suorana tai lähe-

tyksen aikana. [1, luku 6.] Sekä ohjelmistopohjainen videomikseri että laitepohjainen videomikseri voi olla hyvä valinta riippuen tuotantoprojektin tyypistä ja tarpeista. Kuitenkin monien mielestä tuotantokalusto, joka ei tarvitse tietokonetta, on vähemmän altis ongelmille. Laitepohjaiset videomikserit ovat kuitenkin kalliimpia: hinta nousee sisääntuloporttien määrän ja tuetun kuvanlaadun mukana ylöspäin. Esimerkiksi Roland, joka on yksi suosituimmista laitepohjaisista videomikserimerkeistä, myy Roland V-1 HD -videomikseriä (kuva 11) neljällä HDMI-sisääntuloportilla vähän alle tuhannella eurolla. Se on hyvä valinta monikamerastiimaukseen pienissä tapahtumissa. Hyvä ohjelmistopohjainen videomikseri Wirecast taas maksaa vähän alle 500 euroa. Ohjelmistopohjaiset videomikserit vaativat kuitenkin erikseen ostettavan kuvankaappauskortin ja tehokkaan tietokoneen. [38.]



Kuva 11. Roland V-1HD-videomikseri [39].

Ohjelmapohjaisia videomiksereitä kuitenkin on ilmaisiakin ja laitepohjaisia videomiksereitä paljon yksinkertaisempia ja halvempia versioita yhtä monella HDMI-sisääntulolla, kuten esimerkiksi Blackmagic ATEM Mini HDMI (kuva 12). ATEMin halvan hinnan huonona puolena on mm. tulojen moninäkömön puuttuminen.



Kuva 12. Blackmagic ATEM Mini HDMI-videomikseri [40].

3.5 Äänituotanto

Äänimikserit

Kun tuotannon sisältö vaatii ääntä useammasta lähteestä samanaikaisesti, voidaan käyttää äänimikseriä. Äänimikseri voi olla laite tai ohjelma, jonka avulla voidaan yhdistää useita erilaisia äänilähteitä, säätää jokaisen äänenvoimakkuuksia ja lisätä tehosteita ääniin. Esimerkkinä toiminnasta ovat ohjelmat, joissa puhutaan ja taustalla soi musiikki. Äänimikserillä yleisesti puheen äänenvoimakkuus asetetaan korkeammalle ja musiikin matalammalle sopivan tehosteen saavuttamiseksi. [1, luku 5.]

Laiteäänimiksereitä on analogisia ja virrallisia analogisia. Virrallisessa analogisessa äänimikserissä on sisäänrakennettu vahvistin passiivikaiuttimille sekä virtalähde käytettäväksi ulkoisella tapahtumapaikalla. Analogisia äänimiksereitä (kuva 13) käytetään yleisimmin live-tuotannossa. Analogiset äänimikserit maksavat vähemmän kuin ohjelmat, mutta niiden ohjelmoitavuus ja automatisointi on rajallisempaa. Monia ohjelmaaäänimiksereitä voi myös etäkäyttää. Tämä ominaisuus on hyödyllinen monimutkikkaissa lähetyksissä. Edistyneempien tehosteiden saamiseksi analogisella äänimikserillä on usein ostettava erillinen lisäosa. [37.]



Kuva 13. Analoginen äänimikseri [37].

3.6 Ohjelmistopohjaiset ja laitepohjaiset kooderit

Ohjelmapohjaista kooderia käytetään yleensä kannettavalta tietokoneelta tai pöytä-tietokoneelta. Kun vertaa ohjelmapohjaista ja laitepohjaista kooderia striimauksessa, ohjelmapohjaiset kooderit ovat tekniikaltaan usein parempia, sillä laitepohjaisten koodereiden valmistamiseen kuluu paljon aikaa ja ne saattavat sisältää jo vanhempia tekniikoita, kun taas ohjelmat valmistuvat ja päivittyvät paljon nopeammin. Ohjelmapohjaisilla koodereilla voi myös hienosäätää ja vaihtaa monia kooderin arvoja saadakseen halutun bittinopeuden ja videon laadun. Toisin kuin laitepohjaisilla koo-

dereilla, kaikki arvot ovat kiinteitä voi vain ladata uusimman ohjelmaversion tai päivitykset. [30.] Tästä on kuitenkin suuri hyöty laitepohjaiselle kooderille, sillä enemmän asetuksia automatisoituina tekee työnkulusta nopeamman ja helposti toistettavan. Laitepohjaisen kooderin käyttö on kuin kytke ja striimaa, se tekee striimausasetelmasta yksinkertaisemmän, mutta lisää paljon painoa tuotantokaluston määrään. Ohjelmapohjaisilla koodereilla on mahdollista tallentaa joitain asetuksia, mutta silti täytyy luoda striimausympäristö aina lähes tyhjästä, kiinnittämällä kamerat kuvankaappauskorttien kautta tietokoneeseen, tarkistamalla verkkoyhteys, avaamalla ohjelma ja testaamalla, että kaikki tehtiin oikein. [32.] Ohjelmapohjaisilla koodereilla on kuitenkin suurempi viive, sillä niitä käytetään tietokoneilla, joilla on aina samanaikaisesti muita ohjelmia käynnissä. Tämän takia kaikkia voimavaroja ei voida käyttää kooderiin, toisin kuin laitepohjaisilla koodereilla, joilla on vain yksi tehtävä. [30.] Ohjelmapohjaisen kooderin toiminta ja striimin laatu ovat riippuvaisia tietokoneen tehosta: mitä useampi kamera on käytössä ja mitä korkeampaa kuvanlaatua käytetään, sitä enemmän tehoa tietokoneelta vaaditaan [33]. Videotuottajia kuitenkin miellyttävät ohjelmapohjaisten koodereiden halpa hinta ja muokkausominaisuudet. Osa ohjelmapohjaisista koodereista on ilmaisia. [30.] Silti saatetaan tarvita samanhintainen tietokone, mitä laitepohjainen kooderi maksaisi, riippuen halutusta striimin laadusta [33]. Joidenkin laitepohjaisten koodereiden ominaisuuksissa kuitenkin on toistuvia maksumuureja, kuten LiveU:n verkkojensidontaominaisuus. Laitepohjaisten koodereiden korkean hinnan vuoksi niitä käyttävät lähinnä ammattituottajat. [30.]

Kooderityypin valinta riippuu striimauspaikasta, sisällön tyypistä, kameroiden määrästä ja tarvittavasta grafiikasta. Jos striimaus tapahtuu kuluttajan kotoa, useimmat valitsevat ohjelmapohjaisen kooderin edullisuuden vuoksi. Ammatillaiset puolestaan valitsevat striimaukseen samasta paikasta usein laitepohjaisen kooderin luotettavuuden vuoksi, sillä ne voivat toimittaa katsojille hyvälaatuista striimiä päiviä ilman suurempia ongelmia. Jos tehdään liikkuvaa striimausta, laitepohjainen kooderi on paras vaihtoehto yksinkertaisen asetelman ja pienen koon vuoksi. Liikkuva striimaus olisi erittäin työlästä tietokonetta ja kameraa kantaessa. Urheilu- ja muiden tapahtumien striimaukseen, jossa näytetään grafiikkaa näytöllä liittyen sisältöön tai käytetään useampaa kameraa, tarvitaan laitepohjaisen kooderin kanssa videomikseri. Ammatillaiset yleisesti käyttävät laitepohjaista kooderia näihin tapahtumiin suuren kameramäärän ja luotettavuuden takia. Pienempi tuotantotiimi mahdollisesti valitsisi ohjelmapohjaisen kooderin, sillä tapahtuma paikalle joutuu usein matkustamaan,

jolloin kevyempi kalusto on ideaali. [30.] Käyttämällä ohjelmapohjaista kooderia tuotantokalustoa on vähemmän, sillä ohjelma on samaan aikaan kooderi ja videomikseri. Tietokoneen teho kuitenkin rajoittaa kameroiden määrää ja striimin laatua. [33.]

3.7 Lähetyksen laadun valvominen ja vikojen selvittäminen

Restreamin tutkimuksen mukaan vain 15–20 prosenttia videon katsojista odottaa yli 9 minuuttia, jos sisällön toistamisessa ilmenee ongelma, ja 25 prosenttia katsojista poistuu jo ennen neljän minuutin kulumista. [29.]

Pahinta, mitä suorassa videotuotannossa voi tapahtua, on laitteiston rikkoutuminen. Ei ole helppoa tapaa tarkistaa laitteiston kuntoa ennen striimauksen aloittamista. Kaikkein tärkeimpien laitteiden testausta suositellaan testistriimillä, jotta voidaan varmistaa niiden toiminta oikeassa lähetyksessä. Laitteet voivat myös kuumentua ajan myötä ja luoda ongelmia, joten jos suunnitelmissa on pidempikestoinen striimi, on pidempikestoinen testaus tehtävä. Varalaitteita ja -suunnitelmia on myös hyvä olla ongelmien varalle. [43.]

Ongelman ilmetessä on tärkeää, että tuotannosta vastaavat henkilöt pystyvät nopeasti tunnistamaan, mikä aiheuttaa ongelman ja missä kohtaa live-tuotantoketjua se tapahtuu. Live-tuotantoketju on pitkä reitti kamerasta katsojan kuvaruutuun, ja siinä on paljon elementtejä ja reitti muuttuu vain monimutkaisemmaksi, mitä enemmän tuotantokalustoa ja jakeluverkkoja on käytössä. [29.] Kuvassa 14 näkyy live-tuotantoketju, jossa lähetystä jaetaan yhteen jakeluverkkoon. Jos lähetystä jaettaisiin useampaan jakeluverkkoon, olisi niillä kaikilla erillinen reitti [29]. Kuvassa ei näy reittiä jakeluverkosta lähetyksen katsojalle, sillä siinä ilmeneviä ongelmia ei voida seurata, vaan olettaa viimeisenä vaihtoehtona [29].



Kuva 14. Live-tuotantoketju [29].

Ongelman ratkaiseminen aloitetaan videovirran tutkimisesta. Se on ainoa tapa selvittää, mitkä laitteet tai verkkoyhteydet ketjussa aiheuttavat ongelman. Videovirrasta antavat tietoa kaikki kooderit, niiden ohjelmat ja ohjelmapohjaiset kooderit enemmän tai vähemmän. Lisää tietoa videovirrasta saa jakeluverkosta, joka on käytössä. Jos käytetään erillistä tarkkailuohjelmaa, tietoa on paljon enemmän, eikä tarvitse katsoa jokaisen jakeluverkon lähetyksen tietoja erikseen. Jakeluverkkojen ja kooderin näyttämien tietojen tulisi vastata kooderille asetettuja arvoja, mutta jos asetetut arvot menevät ristiin jakeluverkon suositeltujen arvojen kanssa, näkyy tästä tavallisesti virheviesti. [29.]

Tärkein tieto, mitä pitää tarkkailla, on bittinopeus. Oikea bittinopeus ei kuitenkaan ole kooderiin asetettu arvo, sillä äänen bittinopeus lisätään tähän arvoon. Bittinopeus voi vaihdella kokonaisarvosta 300–500 kb/s, riippuen striimatusta sisällöstä. Tätä suuremmat arvot vaihtelut aiheuttavat ruudunpäivitysnopeuden hidastumista ja pudotettuja ruutuja. Jos tällainen bittinopeuden suuri arvojen vaihtelu tapahtuisi, tiedettäisiin välittömästi, että ongelma on ketjun ensimmäisen parin välissä. [29.]

Bittinopeuden epävakauden voi aiheuttaa neljä asiaa, mutta oikean syyllisen löytäminen vaatii muiden vaihtoehtojen eliminoimista [29].

Yksi ongelman aiheuttaja voi olla, ettei käytössä ole riittävästi lähetyskaistanleveyttä. Tämän voi testata nopeasti tekemällä verkkonopeustestin, josta näkee lähetysnopeuden, ja vertaamalla sitä tarvittavaan lähetysnopeuteen sisällön laadulle. [29.] Toinen ongelman aiheuttaja saattaa olla liian suuri kuorma tietokoneella, jos käytössä on tietokone. Tämä tarkistetaan tekemällä testistriimi, jonka aikana tarkkaillaan, ettei keskusmuisti lopu kesken tai suoritin ole suuressa käytössä. Jos muisti loppuu tai suoritin on suuressa käytössä, täytyy laskea striimin laatua ja muita siihen yhteydessä olevia asetuksia vastaamaan tietokoneen suorituskykyä. [29.]

Kolmas ongelman aiheuttaja saattaa olla väärät kooderin asetukset. Tulee tarkistaa, että kaikki kooderin asetukset ovat järkeviä, ja ne arvot, joita voi kirjoittamalla säätää, on tarkistettava kirjoitusvirheistä. [29.] Neljäs ongelman aiheuttaja saattaa olla kooderi virhe tai häiriöjännitepiikki. Tämä on kaikkein harvinaisin syy bittinopeuden epävakauteen. Joskus pelkkä laitteen tai ohjelman uudelleen käynnistäminen

auttaa, mutta ohjelmapohjaisissa koodereissa on tarkistettava, että käytössä on uusin versio ja päivitykset. [29.]

Ongelmien selvittäminen tulee aina aloittaa ketjun alusta, mutta jos ongelma ei kuitenkaan ollut ensimmäisessä parissa, seuraavaksi tarkistetaan reitti jakeluverkkoihin. Jos huomaa ongelman olevan vain yhdessä jakeluverkoista tai katsojat valittavat vain tietyssä jakeluverkossa, tulee tarkistaa kyseisen alustan tiedot videovirrasta. Ensimmäisenä on tarkistettava, että kooderin asetukset vastaavat jokaisen jakeluverkon määrittelemiä vaatimuksia videon suhteen. Vaatimuksissa saattaa olla saapuvan bittinopeuden tai kuvanlaadun rajoituksia. Jos asetukset eivät vastaa jotain vaatimuksista, pitää säätää asetukset oikein. Tämän jälkeen oletetaan, että ketjussa reitistä ylöspäin ei ole ongelmia ja kooderin asetukset ovat oikein. Seuraavaksi tarkistetaan, onko jakeluverkko jättänyt ilmoituksen sosiaaliseen mediaan tai verkkosivuilleen mistään ongelmasta, joka sillä olisi sillä hetkellä. Kannattaa myös tarkistaa, onko alustalla käynnissä e-urheilutapahtuma, sillä monet jakeluverkot reitittävät suoratoistovoimansa tukeakseen näitä tapahtumia. Viimeisenä voi testata yhteyttä jakeluverkkoon nopeustestillä, sillä yhteys sijainnista saattaa olla heikko tai signaali joutuu kiertämään liian kaukaa. [29.]

Tässä olivat tavat, joilla pystyy havaitsemaan ja selvittämään ongelmat live-lähetyksessä nopeasti. Tuotantoketjun laitteiden tulisi mieluummin ilmoittaa puuttuvista ja viallisista tiedostoista reaaliajassa kuin omasta tilastaan. Näin ongelmat voitaisiin havaita heti, kun ne tapahtuvat, tai aikaisemmin. Lähetyksen valvontaa ei ole automatisoitu niin pitkälle, etteikö se vaatisi tarkkailutyötä. [29.]

4 Live-tuotannon kehittäminen

4.1 Nykytilanne ja tyypilliset tapaukset

Voidakseni kehittää Metropolian reaaliaikaista videotuotantoa eli live-tuotantoa, oli selvitettävä tarkemmin nykytilanne ja se, minkälaisia ovat ammattikorkeakoulun tyypilliset live-tuotantoprojektit. Täytyi tietää, mitä laitteita on käytössä eri tilanteissa, millaisia vaatimuksia Metropolialla tai sen asiakkailta on laadun suhteen ja millä tavalla materiaalia on tarkoitus jakaa tai käyttää.

Haastattelin asiasta tuntiopettaja Ossi Sorjosta, joka on työskennellyt kaksi vuotta live-tuotannon parissa Metropoliaassa. Hän on tuottanut erilaisia videotuotantopalveluita sekä Metropolialle että sen asiakkaille. Asiakkaisiin on kuulunut muun muassa yrityksiä ja muita oppilaitoksia. [27.]

Tavallisin suoratoistokeikka on ollut yksinkertainen seminaarin tai paneelikeskustelun striimaus joko Youtubeen tai asiakkaan omille verkkosivuille. Näillä pienemmillä keikoilla kalusto on ollut kevyt, yhden kameran asetelma. Käytössä olevat kamerat ovat Panasonic AG-DVX200 ja Sony PWX70, joihin on kytketty ulkoinen mikrofoni Rode NTG-2, tapauksissa, joissa ei ole saatu ääntä tapahtumapaikan äänipöydästä. Kamerat on yhdistetty, joko Elgaton tai Magewellin USB-kaappauslaitteeseen, joka taas on yhdistetty kannettavaan tietokoneeseen, jolta video saadaan lähetettyä esim. Youtubeen. [27.]

Tavallisimmat keikat Sorjonen on hoitanut osittain yksin. Osan Metropolialta tilatuista projekteista on hoitanut noin 6–8 hengen opiskelijaryhmä vapaaehtoisena “käytännön videotuotanto” -opintojakson osana. Näissä usean henkilön tuotannoissa kalusto on myös laajempi. [27.]

Esimerkkinä suuremmasta projektista isommalla tiimillä Sorjonen esitteli Espoossa järjestetyn Euroopan urheiluviikon avajaisia ja samassa järjestettyä koululaisten liikuntapäivää. Näissä oli käytössä neljä kameraa: kaksi Panasonicia ja kaksi Sonya, joista yhtä käytettiin langattomasti Hollyland Mars 300-lähettimen avulla. Muut kamerat olivat SDI-johtoyhteydellä kiinni Tricasterissa, jolla ohjataan lähetystä. Internettyhteys piti luoda langattomalla 4G-tukiasemalla. Äänet saatiin kameroihin kytketyistä ulkoisista haulikkomikrofoneista ja yhdestä haastattelumikrofonista haastatteluja ja juontajaa varten. [27.]

Metropolian näkökulma projektien laatuvaatimukseen on Sorjosen mukaan ollut “melko rento”, ja ne on nähty enemmänkin oppimismahdollisuuksina. Asiakasprojektien vaatimukset ovat vaihdelleet paljon riippuen asiakkaasta ja siitä, onko työ palkallista. Kaupalliseen tarkoitukseen menevillä projekteilla yleensä on korkeammat laatuvaatimukset, ja niiden tuottamiseen ja jälkikäsitteilyyn vaaditaan useita henkilöitä ja kymmeniä työtunteja. [27.]

4.2 Haasteet

Suurimmat haasteet Metropolian live-tuotannolla, perustuen haastatteluun ja omaan tutkimukseeni, ovat ulkoisilla tapahtumapaikoilla. Riittävän nopean ja luotettavan verkon luominen ja laadukkaan äänen saaminen ulkoisilla tapahtumapaikoilla tuotantoon ovat haasteellisia.

4.3 Projektin kulku

Opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää Metropolian live-tuotannon laatua. Projekti alkoi tutustumalla tarkemmin live-tuotantoon ja siinä käytettyihin laitteisiin, sekä oppilaitoksessa, että maailmalla. Tutkimus keskittyi pääosin tietoliikenteeseen striimauksen aikana. Testien tarkoitus oli vertailla Metropoliasa tällä hetkellä käytössä olevia kooderilaitteita ja -ohjelmistoja ja vertailla niiden tietovirtoja ja niiden nopeuksia eri kuvanlaaduilla eri verkoissa. Siispä täytyi selvittää oppilaitokselle tyypilliset striimiprojektit, koska sijainti, ihmisten määrä ja verkkoyhteydet ovat suurimmat muuttujat, jotka vaikuttavat siihen, mitä tarvitaan saavuttamaan laadukas live-striimi. Haastattelun avulla selvitettiin tiedot oppilaitoksen nykytilanteesta ja tyypillisistä projekteista.

4.4 Testit

Metropolia antoi testiin työtä varten toisen käytössä olevista USB-kaappauslaitteista, Elgato HD60S:n, Cerevo liveshell X -videokooderin sekä uusimman hankinnan, LiveU Solo -videokooderin, johon olin ehtinyt tutustua verkossa ja videotuotantotarvikkeiden kärkituotepäivillä Helsingissä. Käytin testeissä myös oppilaitoksella käytössä olevaa ohjelmistopohjaista Wirecast-videokooderia ja ilmaista ohjelmistopohjaista OBS-videokooderia vertailun vuoksi. Ammattikorkeakoulu lainasi myös omaani tehokkaamman kannettavan tietokoneen kaikkine ohjelmineen testejä varten, mutta kamerat ja äänilaitteet jäivät saamatta, kun ne varastoitiin kampusrakennuksen mennessä lukkoon rakenneaurioiden takia. Käytin omaa videokameraa Canon LEGRIA HF R26. Kameralla ei pystynyt kuvaamaan 4K-laadulla, joten 4K-striimi jäi testien ulkopuolelle.

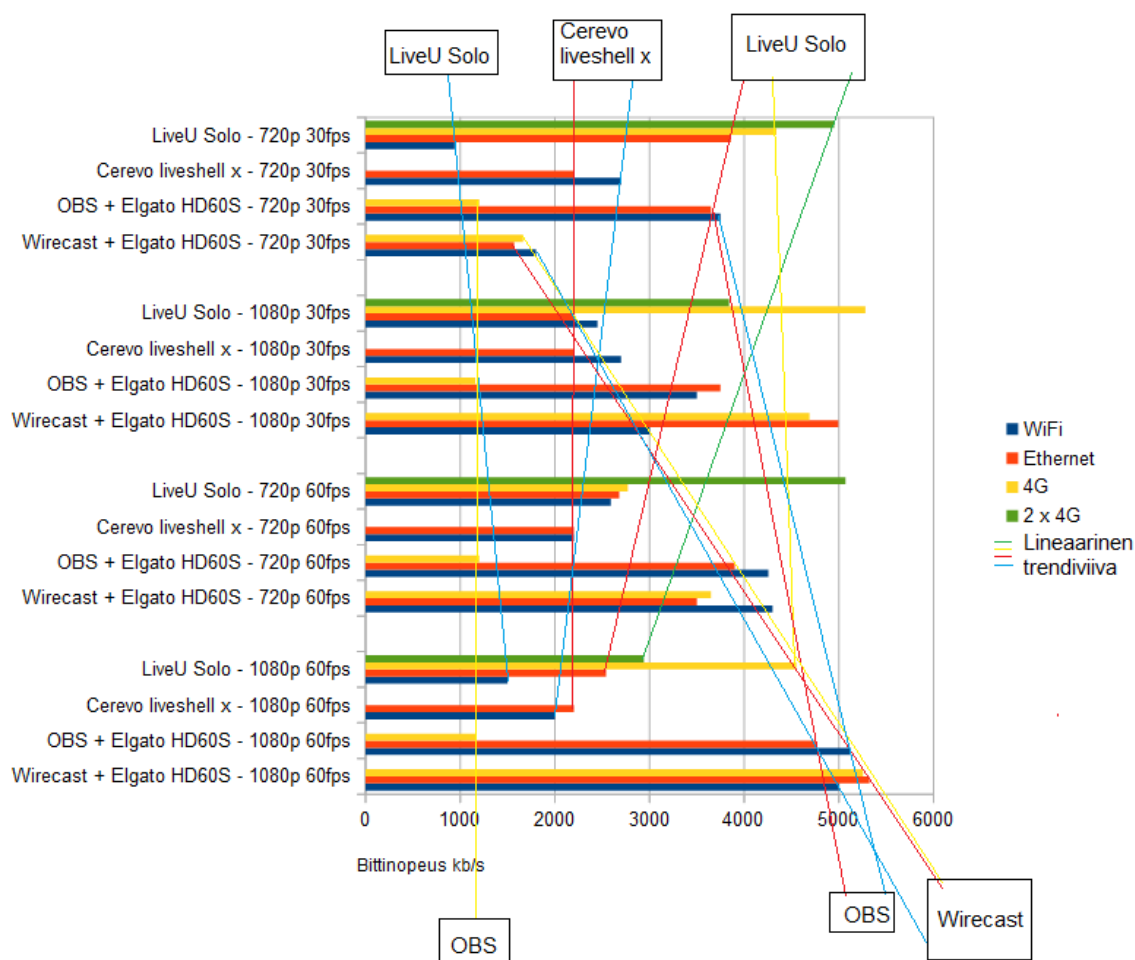
Keräsin testeissä tietoa striimin laadun tasaisuudesta, tietovirrasta ja sen nopeudesta jokaisella neljällä kooderilla, neljällä kuvanlaadulla ja kolmella eri verkkoyhteydellä. Koodereilla pakkaamiseen käytettiin H.264-formaattia. Jokainen testistriimi kesti 10 minuuttia, minkä aikana tiedot kerättiin. Valitsin 10 minuutin pituuden testistriimille, sillä se riittää reilusti näyttämään laadun ja tietovirran tasaisuuden, arvoista saa hyvän keskiarvon ja viive ehtii asettua. Kuvauspaikka oli kaikissa striimeissä samassa paikassa ja samaan aikaan, mutta verkon käyttäjämäärä ja kuvan elementtien liikehdintä vaihtelivat hieman. Testien tarkoituksena oli vertailla näiden laitteiden ja ohjelmistojen tietovirran nopeutta eri tilanteissa eri verkoissa ja tarkkailla vaikutusta laatuun. 4G-verkon mobiilistriimausta testatessa käytin Huawei E5785 4G-USB-modeemia yhdistääkseni laitteet verkkoon, mutta LiveU Solo käytti kahta erillistä 4G-SIM-korttia. Jakeluverkkona käytin Youtube liveä ja Wowza Streaming Engineä, mutta kaavioiden arvot ovat Youtube live-testeistä. Näiden jakeluverkkojen vertailu olisi ollut turhaa, sillä molemmat ovat käytännössä CDN:ä, Youtube live on vain ilmainen, siksi vesileimattu eikä sitä voida toistaa muussa soittimessa.

Laitteet ja ohjelmistot

LiveU Solo ja Cerevo liveshell x

Valitettavasti Cerevo liveshell x:n 4G-testit jäivät tekemättä ammattikorkeakoulun sulkeuduttua pandemian vuoksi ja jouduin palauttamaan laitteet ennenaikaisesti. Siispä Cerevo ei osallistunut 4G-vertailuun. Laite myös tuki vain kourallista 4G/5G-USB-modeemeja, joita ammattikorkeakoululta ei löytynyt, joten yhteys 4G:hen olisi täytynyt luoda yhdistämällä Cerevo Wifin kautta, ei tuettuun USB-modeemiin. Cerevo liveshell x:n bittinopeus oli yleisesti suositeltu 3 500 kb/s 1280 x 720 -resoluutiolla ja 1920 x 1080 -resoluutiolla 4 000 kb/s. LiveU Sololla pystyin käyttämään automaattista bittinopeutta. Pakkaamiseen molemmat laitteet käyttivät H.264-formaattia ja striimin kuljettamiseen Youtube liveen käytettiin RTMP:tä. LiveU Solo oli näistä

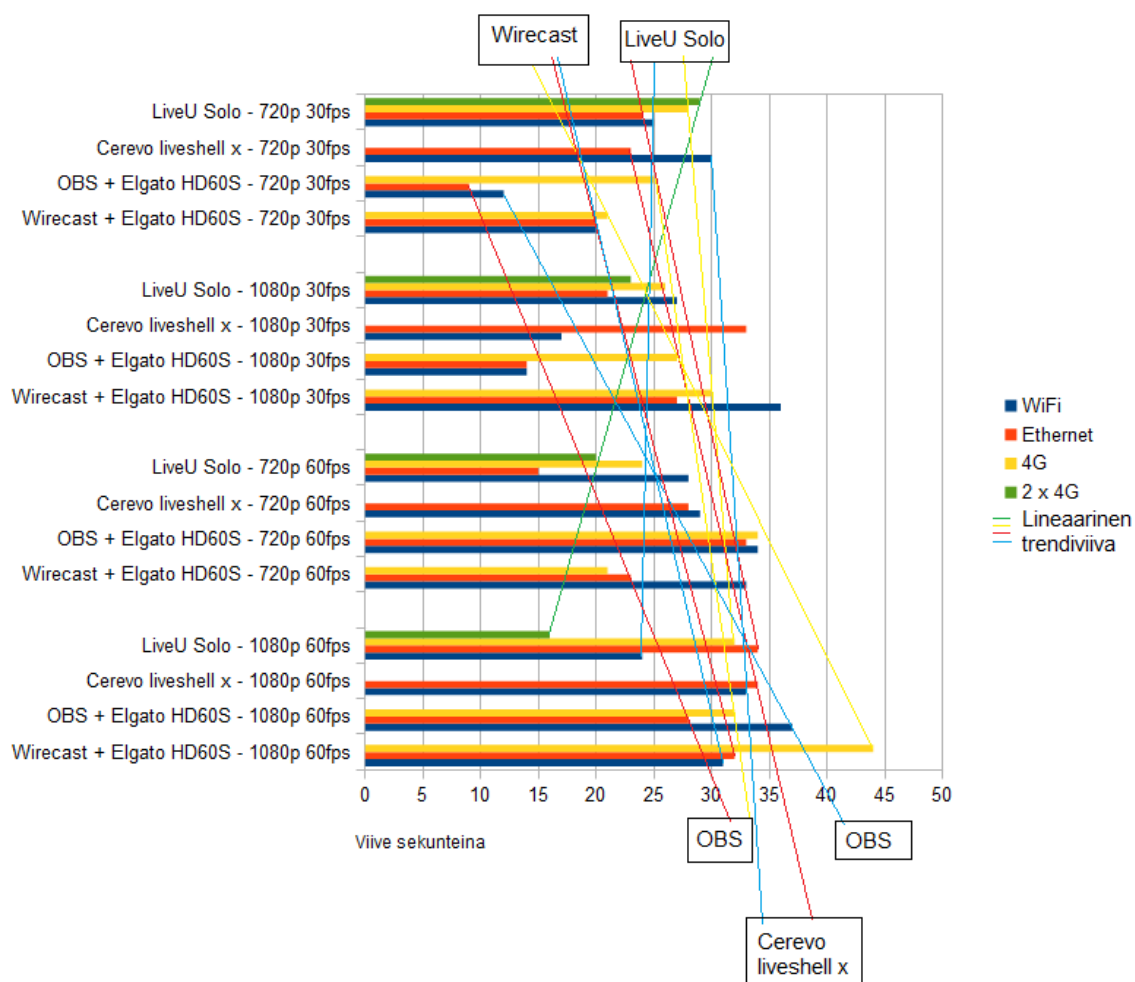
laitteista ainoa, joka tuki 4G-verkkojen sitomista. Kun verrataan bittinopeuskaaviossa (kuva 15) 4G:tä sidottuun 4G:hen, nähdään LiveU Solon, OBS:n ja Wirecastin 4G-bittinopeuden pysyvän erittäin tasaisena, mutta silti lineaarisesti nousevana kuvanlaadun mukana. Ainoa poikkeus, joka hieman vääristää Wirecastin lineaarista viivaa, on 4G-bittinopeus alhaisimmalla laadulla, mutta tämän jälkeen bittinopeus jatkaa tasaisempaan. LiveU Solon 4G-sitomistekniikka kuitenkin näyttää laskevan lineaarisen viivan kuvanlaadun noustessa, mikä kuvaa selvästi tekniikan tehokkuutta. Wi-Fi:llä ja Ethernetillä laitteiden bittinopeudet pysyvät erittäin tasaisina verrattuna ohjelmiin, joilla arvot selvästi nousevat paljon jyrkemmin.



Kuva 15. Testitulosten bittinopeuskaavio.

Pudotettuja ruutuja (kuva 20) LiveU Sololla ei nähty vasta kuin korkeimmalla laadulla, käytettäessä 4G:tä. Cerevo liveshell x:llä pudotettuja ruutuja nähtiin nousevasti, kuvanlaadun noustessa. Molempien striimin laatu oli kuitenkin määritelty, hyvä laatu, joka kävisi ammattitason striimin laadusta. Puskurointia ei tapahtunut, mutta kor-

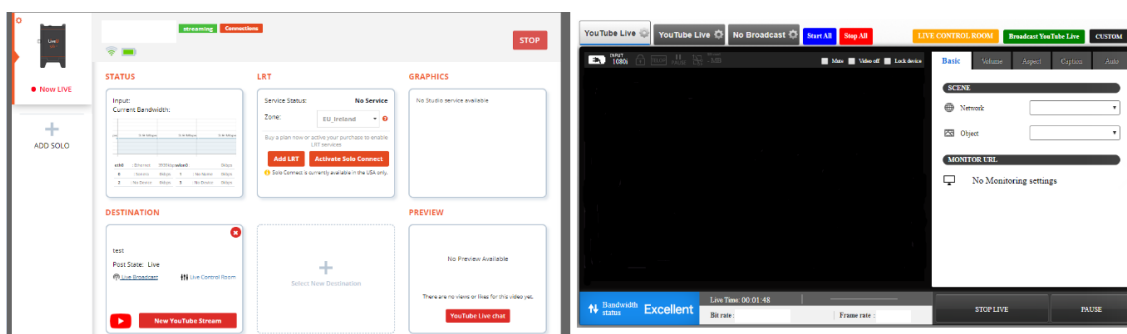
keimmilla laaduilla oli ajoittain näkyvissä pikselöintiä eli kuvan sumentumista. Viiveessä (kuva 16) laitteiden kesken ei ollut suuria eroja, mutta 4G-sidontatekniikkaa käytettäessä LiveU Solo onnistui pudottamaan viiveen jopa puolet pienemmäksi korkeimpaan laatuun siirryttäessä. Laitteiden ja ohjelmien viiveet tasoittuivat kuvanlaadun noustessa, mutta ohjelmien viive oli huomattavasti pienempi alhaisemmillä kuvanlaaduilla. LiveU Solon käyttöjärjestelmäsivulla oli myös painike, josta sai pienennettyä viivettä. Tämä painike vähensi kuvan kimmoisuutta, minkä avulla viivettä pienennettiin. Testatessani tätä toimintoa ei tulos kuitenkaan ollut tämä. Jostain syystä viive kaksinkertaistui tämän takia, ja samoin kävi myös toisella testaukserralla.



Kuva 16. Testitulosten viivekaavio.

Kaiken kaikkiaan laitteiden testitulokset olivat paljon tasaisempia kuin ohjelmien. Laitteet olivat myös paljon helpompia käyttää, sillä suuri osa asetuksista oli automa-

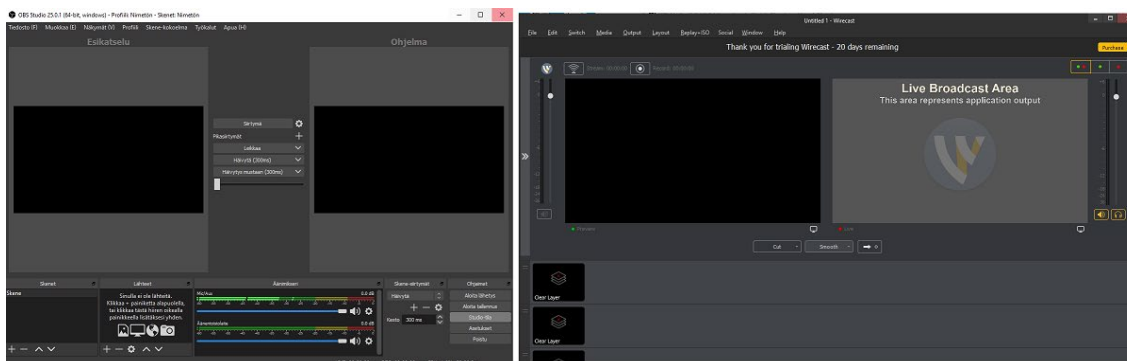
tisoitu ja käyttöliittymät yksinkertaisempia. Cerevo liveshell x:n käyttöliittymässä oli kuitenkin testien ajan ohjelmointivirhe, joka antoi aina ensimmäisellä striimin käynnistyskerralla virheviestin. LiveU Solon verkkokäyttöjärjestelmä oli erittäin yksinkertainen ja helppo verrattuna Cerevo liveshell x:n käyttöliittymään. Cerevon käyttöjärjestelmä oli monimutkainen ja erittäin karkean näköinen, mutta lähetyksen kuvan pystyi näkemään. Kuva 17 näyttää molempien käyttöliittymät vierekkäin.



Kuva 17. LiveU Solon ja Cerevo liveshell x:n käyttöliittymänäkymät.

OBS ja Wirecast

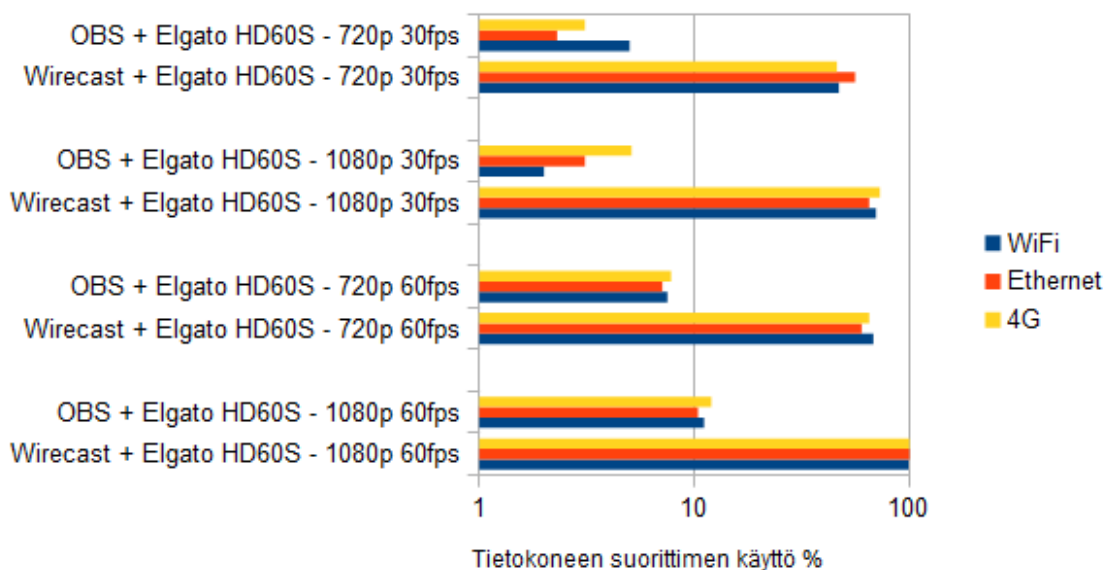
OBS- ja Wirecast-ohjelmilla käytettiin pakkaamiseen H.264-formaattia ja kuljetukseen RTMP:tä Youtube liveen. OBS:n bittinopeus 1280 x 720 -resoluutiolla oli yleisesti suositeltu 3 500 kb/s ja 1920 x 1080 -resoluutiolla 5 000 kb/s. Wirecastilla nämä arvot olivat kiinteät H.264-pakkausformaatin mukana tulevat: 4 000 kb/s muilla kuvanlaaduilla paitsi 1920 x 1080 -resoluutiolla ja 60-ruudunpäivitysnopeudella se oli 7 000 kb/s. Ulkonäkö OBS:llä ja Wirecastilla on erittäin samanlainen (kuva 18), mutta Wirecastissa on paljon vähemmän säädettäviä kooderin asetuksia.



Kuva 18. OBS- ja Wirecast-ohjelmistojen näkymät vierekkäin.

Testien perusteella Wirecast käyttää myös paljon enemmän tietokonetta pakkaami-

seen kuin OBS. Suorittimen käyttöprosentti oli joka testissä moninkertainen verrattuna OBS:ään, kuten kuva 19 näyttää. Testien korkeimman kuvanlaadun striimauksessa Wirecastin suorittimen käyttö hyppäsi 100 prosenttiin 10 minuutin kohdalla, minkä takia striimi pudotti ruutuja noin 50 prosenttia (kuva 20). Striimi kuitenkin pyöri, mutta suurella viiveellä (kuva 16), pikselöidyllä kuvalla ja puskurointia sai odottaa kymmeniä sekunteja. Wirecast vaatii selvästi erittäin tehokkaan tietokoneen toimiakseen korkeimmilla kuvanlaaduilla.

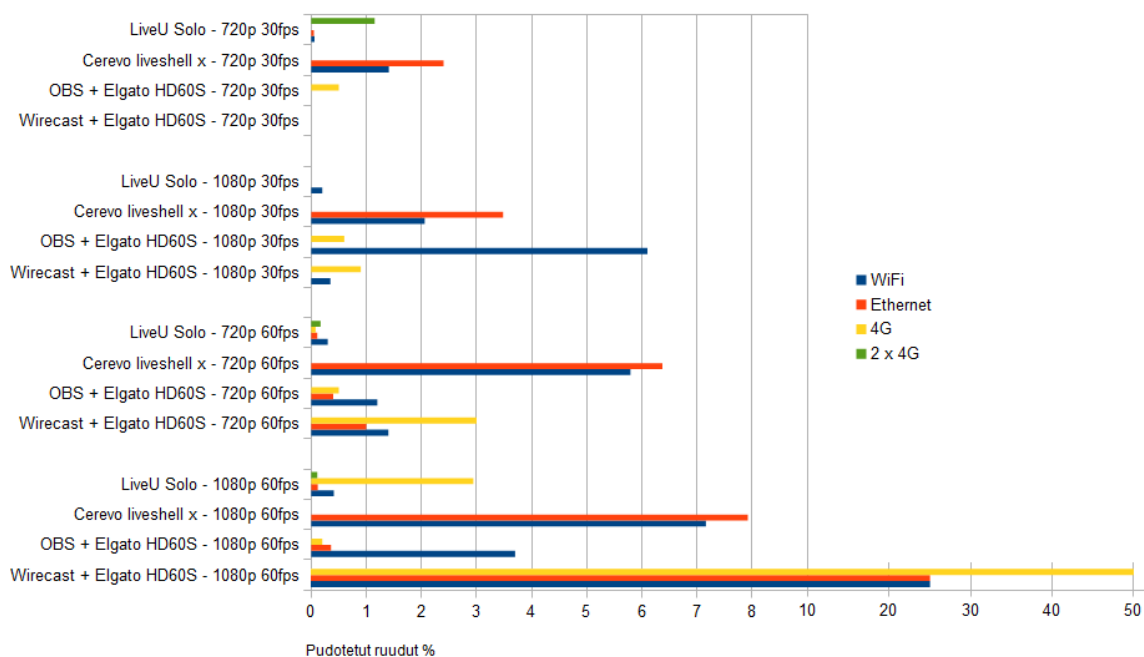


Kuva 19. Vertailu OBS:n ja Wirecastin suorittimenkäytöstä.

Bittinopeudet (kuva 15) ja viive (kuva 16) näyttävät OBS:llä ja Wirecastilla molemmilla tasaisen nousun kuvanlaadun nousun mukana. Viiveen nousu pysyy tasaisena molemmilla, kun käytetään Ethernetiä, mutta OBS:llä on kuitenkin selvästi alhaisempi viive joka kuvanlaadulla. Käytettäessä Wi-Fiä tai 4G:tä eli langattomia verkkoja ohjelmien viiveessä tapahtuu käänne (kuva 16). OBS aloittaa Wifissä pienemmällä viiveellä, mutta viive ohittaa lineaarisessa nousussa Wirecastin viiveen siirryttäessä 60-ruudunpäivitysnopeuden puolelle. 4G:tä käyttäessä viiveet pysyvät suhteellisen tasaisina, kun ottaa huomioon Wirecastin suuren viiveen lopussa tietokoneen tehon loputtua. OBS kuitenkin aloittaa suuremmalla viiveellä, mutta Wirecastin viive nousee lineaarisesti korkeammaksi siirryttäessä 60-ruudunpäivitysnopeuteen. Korkeimman kuvanlaadun kohdalla molempien bittinopeus on lähes sama ja suositeltujen rajojen sisäpuolella, minkä tulisi riittää tämän laadun striimaukseen. OBS:llä se myös riitti, sillä kuorma koneella oli paljon pienempi. Wirecast kuitenkin käytti alemmilla kuvanlaaduilla paljon vähemmän kaistanleveyttä kuin OBS, mutta nousee pal-

jon jyrkemmin laadun parantuessa (kuva 15). OBS:n kaistanleveyden käyttö nousi paljon loivemmin, ja 4G-striimauksessa se jopa pysyi erittäin alhaisena riippumatta kuvanlaadusta (kuva 15). Korkeampien kuvanlaatuisten striimauksen ei tulisi edes olla mahdollista näin alhaisella bittinopeudella, mutta striimi ei silti pudottanut yhtään ruutua 4G-testeissä (kuva 20). Kuvanlaatu kuitenkin ajoittain pikselöityi, mutta palasi nopeasti. OBS:llä oli myös yksi lyhyt puskurointi 1920 x 1080 -resoluutiolla ja 30-ruudunpäivitysnopeudella, kun Wi-Fi heikentyi hetkellisesti ja ruutuja putosi lähes 10 prosenttia (kuva 20). Muuten ohjelmajohjaisten testien kuvanlaatu oli määritelty, hyvä laatu.

Kun verrattiin ohjelmajohjaisia koodereita laitepohjaisiin, bittinopeudet (kuva 15) pysyivät laitteilla enemmän tasaisina tai jopa laskevina, kun ohjelmilla arvot nousivat kuvanlaadun mukana. Viiveet (kuva 16) kummallakin nousivat erittäin tasaisesti ja tasoittuivat vain enemmän kuvanlaadun kasvaessa. Pudotettujen ruutujen (kuva 20) perusteella Cerevo liveshell x hävisi kaikille, sillä se pudotti kasvavasti, huomattavan määrän enemmän ruutuja muihin nähden.



Kuva 20. Pudotettujen ruutujen määrä prosentteina testeissä.

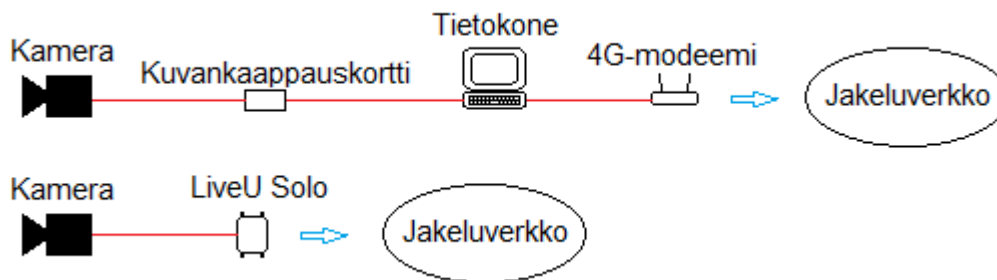
4.5 Metropolian live-tuotanto 2.0

Kun insinööriyössä tehtyjen testien perusteella jaotellaan, minkälaisiin tuotantoprojekteihin testatut laitteet ja ohjelmat sopivat, on kolme selvää tapausyhteyttä:

Tapaus 1: Ulkoinen kuvauspaikka yhden kameran asetelmalla

Tämä tarkoittaa kuvauspaikkaa, jossa ei ole saatavilla kuin 4G-verkkoyhteys. Verkojensidontatekniikan ansiosta LiveU Solo-videokooderi on selvä valinta tähän tapaukseen sekä parhaan kaistanleveyden että kevyen ja helposti siirrettävän kaluston puolesta. Tällä laitteella ja asetelmalla striimaus onnistuu helposti, vaikka liikkuisi kuvauksen aikana paikasta toiseen. Laitetta voi kuljettaa helposti esimerkiksi reppussa ja kameraa käsissä. Ohjelmajohdattavilla koodereilla asetelma olisi sama, mutta LiveU Solon tilalla olisi tietokone ja langaton 4G-modeemi. Tämä ei muuta kaluston painoa tai kuljetettavuutta ollenkaan, mutta liikkuminen striimin aikana ei onnistu tietokoneella samalla tavalla. Kameraa tulisi käyttää langattomana, ja sen tulisi pysyä tietokoneen kuuluvuusalueella yhteyden säilyttämiseksi. Kuva 21 näyttää asetelmien vertailun.

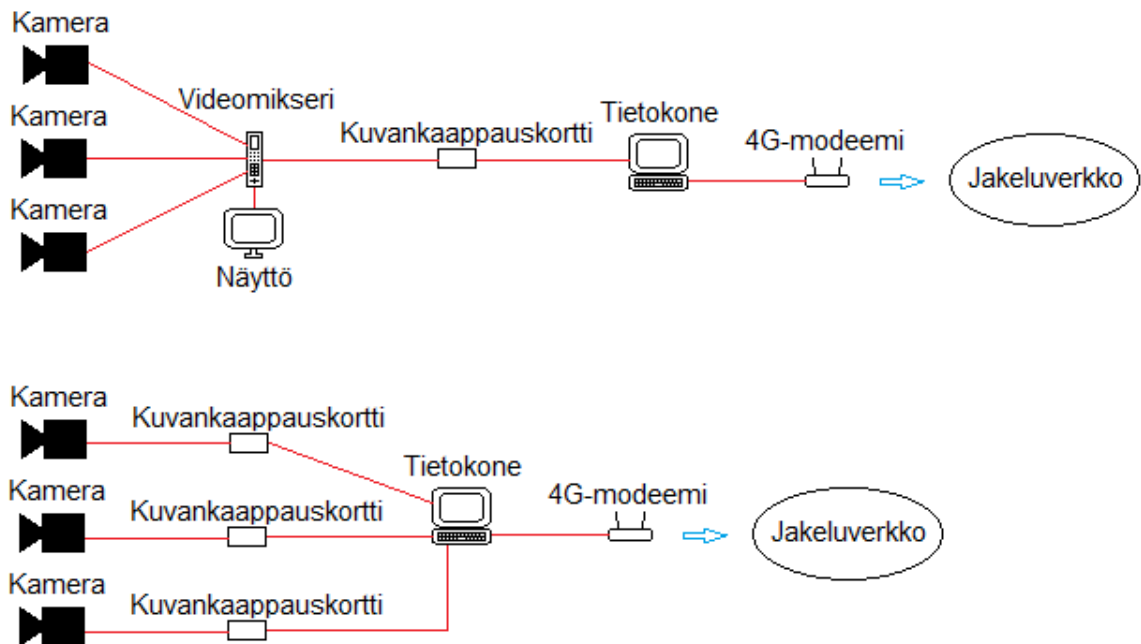
Koska 4G-verkot ovat kuitenkin erittäin epävakaita, striimin eheyden ja kuvan laadun säilymisen vuoksi LiveU Solo on oikea valinta tähän tapaukseen. Kuitenkin, jos striimi vaatii tekstejä tai kuvia lähetykseen, tarvitaan videomikseri, joka tekee kalustosta lähes samankokoisen ja rajoittaa liikkumista striimin aikana. Ohjelmajohdattava kooderi käytettäessä kuvat ja tekstit voidaan lisätä samalta tietokoneelta, jossa pakkaus tapahtuu. Testauspaikan 4G-verkkoalue oli varmasti huonoimmasta päästä, sillä siellä oli kaikkina aikoina parhaimmillaan kaksi palkkia yhteyden vahvuutta. LiveU Solo pystyi silti lähettämään testeissä parasta kuvanlaatua ilman keskeytyksiä ja kuvan laadun heikentymistä.



Kuva 21. Yhden kameran asetelmat 4G:tä käytettäessä.

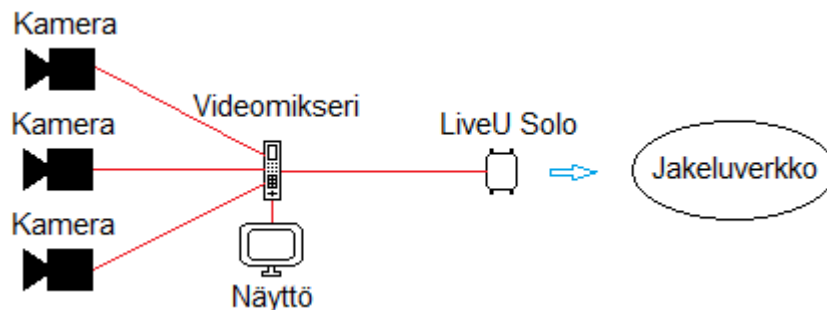
Tapaus 2: Ulkoinen kuvauspaikka monikamera-asetelmalla

Tämä tapaus tarkoittaa samanlaista kuvauspaikkaa kuin ensimmäisessä tapauksessa, mutta tällä kertaa käytössä on useampi kamera. Ohjelmapohjaista kooderia käytettäessä kaluston määrä pysyy samana, uusia kameroita lukuun ottamatta. Jokainen kamera tarvitsee oman kuvankaappauskortin ja porttipaikan tietokoneesta. Jos porttipaikat loppuvat tai tietokoneen teho ei riitä, on otettava käyttöön laitepohjainen videomikseri. Useimmissa ohjelmapohjaisissa koodereissa on samaan ohjelmaan tehty ohjelmapohjainen videomikseri, jolla voi selviytyä, kunhan tietokoneessa riittää tehoa. Molemmissa testatuissa koodereissa, OBS ja Wirecast, on videomikseriominaisuudet. Tällä saa lisättyä striimiin kuvia ja tekstiä ja yksinkertaiset kameranvaihtoanimaatiot onnistuvat, mutta laitepohjainen videomikseri on luotettavampi. Kuva 22 vertaa asetelmia ohjelmapohjaista kooderia käytettäessä laitepohjaisella -ja ohjelmapohjaisella videomikserillä. Ohjelmapohjaista videomikseriä käytettäessä jokainen kamera vaatii oman kuvankaappauskortin ja porttipaikan tietokoneesta. Laitepohjaisella videomikserillä ainoa kuvankaappauskortti on tietokoneen ja videomikserin välissä ja kamerat ovat kiinni videomikserissä.



Kuva 22. Ohjelmapohjainen kooderiasetus käyttäessä laitepohjaista ja ohjelmapohjaista videomikseriä.

Laitepohjaisilla koodereilla videomikseri tarvitaan heti, jos kameroita on enemmän kuin yksi tai lähetyks tarvitsee kuvia tai tekstejä. Kuva 23 näyttää aselman laitepohjaisen kooderin ja videomikserin käytöstä.



Kuva 23. Laitepohjainen kooderi käytössä laitepohjaisen videomikserin kanssa.

Tässä tapauksessa selvästi kevyin tuotantokalusto olisi ohjelmapohjaista kooderia käyttäessä, jos oletetaan, ettei kameroita ole kuin muutama. Muussa tapauksessa tuotantokalustot eivät eroaisi lähes ollenkaan painoltaan. Ohjelmapohjaisista koodereista valitsisin OBS:n aina Wirecastin sijasta, jos pakkaus on tehtävä tietokoneella ja laitepohjaista kooderia ei ole saatavilla. OBS ei vaadi paljon tietokoneelta, kooderin asetukset ovat paljon vapaammat ja monipuolisemmat ja ohjelmisto on ilmainen. Kuitenkin jos laitepohjainen kooderi on saatavilla, valitsisin sen varmistaakseni virheettömän lähetyksen ja helppokäyttöisyyden. Laadukkaan striimin saavuttaminen

edellyttää parasta verkkoyhteyttä, jolla varmistetaan riittävä kaistanleveys bittinopeudelle. Varmin valinta tapahtumapaikalle olisi LiveU Solo: näin ei tarvitse riskeerata striimin laatua tai tinkiä kuvanlaadusta huonon yhteyden takia.

Tapaus 3: Kuvauspaikka Ethernet-yhteydellä

Tässä tapauksessa tapahtumapaikalla on saatavilla muun muassa Ethernet-yhteys. Tämä ei kuitenkaan tarkoita, että yhteys olisi nopea, mutta se on paljon luotettavampi ja vakaampi kuin langaton yhteys. Kaikki testatut kooderit pystyisivät striimaamaan näissä olosuhteissa korkeimmalla kuvanlaadulla ammattitasoista lähetystä, kunhan muu kalusto on asianmukainen. Kuitenkin jos haluaa varmistaa kaistanleveyden riittämisen tai välttää striimin katkeamisen, jos Ethernet-yhteys kaatuisi jostain syystä, on aina hyvä käyttää verkkojensidontatekniikkaa, sillä tällä tekniikalla pystyy sitomaan muitakin verkkoja kuin 4G:tä.

Tulevaisuutta ajatellen, koska vähemmän kalustoa on parempi, mutta pitää silti pystyä tuottamaan hyvällä laadulla luotettavia lähetyksiä haastavistakin paikoista, ohjelmajohdattava kooderi on hyvä valita kevyemmän kaluston vuoksi, mutta tarvittaisiin hyvän verkkoyhteyden saamiseksi 4G-verkkojensidontatekniikkaa käyttävä modeemi. Tutkimuksen perusteella tiedettiin, että suurin vaikutus striimin laatuun ja luotettavuuteen on verkkoyhteydellä. Yhteyden tyyppiin ja laatuun taas vaikuttivat tapahtumapaikan sijainti ja muut verkon käyttäjät. Ehdottaisin verkkojensidontatekniikkaan investointia, jotta se saadaan käyttöön myös ohjelmajohdattavia koodereita käytettäessä. Tulevaisuudessa jos halutaan tehdä 4K-lähetyksiä, ei LiveU Solo enää pysty tähän ja on päivitettävä esimerkiksi LU600 HEVC:iin, jolla voidaan sitoa myös tulevaisuuden 5G-verkkoyhteydet. Tutkimuksen perusteella 5G-verkot eivät kuitenkaan ole tulossa käyttöön suurimpien kaupunkien ulkopuolelle vuosiin. LU600 HEVC tukee myös 360- ja VR-videota, jos tällaisille striimeille tulee tarve. Ammattikorkeakoulun tämänhetkisessä kenttätuotantoon soveltuvassa videomikserissä on myös vain neljä sisääntuloa videolähteille eikä tukea 4K:lle, joten jos lähetyksiin lisätään kameroita, on tämäkin päivitettävä. Mutta ennen kuin investoidaan verkkojensidontatekniikkaan käyttöön, myös ohjelmajohdattavilla koodereilla on hyvä käyttää LiveU Soloa. Verkkojensidontatekniikkaa on hyvä hyödyntää myös sisätiloissa, sillä tekniikalla voi sitoa muitakin yhteyksiä 4G:n lisäksi varmistamaan kaistanleveyden luotettavuutta. Kameroiden lisääntyessä on myös tärkeää saada kuorma pois tietokoneel-

ta, eli on parempi käyttää laitepohjaista videomikseriä myös ohjelmapohjaisilla koodereilla.

5 Yhteenveto

Opinnäytetyössä testattiin live-tuotannon tietovirtoja ja niiden liikkumista, muutamaa kooderilaitetta ja -ohjelmaa, ja tehtiin näistä kehitysehdotukset Metropolian reaaliaikaiseen videotuotantoon. Työssä käytiin läpi koko videotuotantoprosessi, käytetyt laitteet, tekniikat ja niiden toiminta. Työtä voi myös käyttää oppaana, kun halutaan valita oikeat laitteet ja menetelmät omaan live-tuotantoon kaikenkokoisilla budjeteilla. Muun muassa keskityttiin oikeiden kameroiden, koodereiden ja verkkojen valitsemiseen erilaisissa projekteissa, mutta äänituotantoon, valaistukseen ja editointiin ei menty syvällisesti työn aiheen laajuuden vuoksi. Ammattikorkeakoulun nykytilanne kaluston ja tyyppillisten tuotantoprojektien osalta selvitettiin haastattelemalla.

Testeihin käytettiin LiveU Solo- ja Cerevo liveshell x -kooderilaitteita ja kahta ohjelmapohjaista kooderia, OBS ja Wirecast. Kamerana käytössä oli Canon LEGRIA HF R26, ja kuvankaappauskorttina toimi Elgato HD60S. Testeissä selvitettiin laitteiden toiminnallisia eroja eri kuvanlaaduilla, eri verkoissa. Tutkittiin, mikä laite sopisi kuhunkin tilanteeseen parhaiten, miltä asetelmat näyttävät ja kuinka niitä voidaan parantaa tulevaisuudessa. Testien tulosten perusteella live-tuotannon tapahtumapaikasta riippumatta parasta kuvanlaatua luotettavalla yhteydellä ja ehjällä striimillä lähetti aina LiveU Solo. Tutkimuksen perusteella tiedettiin, että suurin vaikutus striimin laatuun ja luotettavuuteen on verkkoyhteydellä. Yhteyden tyyppiin ja laatuun taas vaikuttivat tapahtumapaikan sijainti ja muut verkon käyttäjät. LiveU Solo erosi suuresti muista laitteista verkkojensidontatekniikallaan, joka ratkaisi valinnan. Jos projektiin ei kuitenkaan ole saatavilla laitepohjaista kooderia, valittiin ohjelmapohjaisista koodereista OBS, sillä testien perusteella ohjelma vaati vähemmän tietokoneelta, on monipuolisempi ja vapaampi asetuksista sekä ilmainen. Ohjelmapohjaista kooderia käytettäessä tuotantokalusto oli kevyempi, mutta langattomilla verkkoyhteyksillä striimi oli epävakaampi ja riskialttiimpi kuin laitteilla.

Kehityksinä Metropolian live-tuotantoon testien ja tutkimuksen perusteella ehdotettiin verkkojensidontatekniikkaan investointia, jotta se saadaan käyttöön myös ohjelmapohjaisia koodereita käytettäessä. Tulevaisuudessa jos halutaan tehdä 4K-lähetyksiä, ei LiveU Solo enää pysty tähän ja on päivitettävä esimerkiksi LU600 HEVC:iin, jolla voidaan sitoa myös tulevaisuuden 5G-verkkoyhteydet. Tämä tukee myös 360- ja VR-videota. Ammattikorkeakoulun tämänhetkisessä kenttävideomikserissä oli myös vain neljä sisääntuloa videolähteille eikä tukea 4K:lle, joten jos lähetyksiin lisätään kameroita, on sekin päivitettävä.

Työ antaa syvällisen ja monipuolisen kuvan videon live-tuotannosta. Aloittaessani opinnäytetyötä olin ollut mukana muutamassa pienemmässä videotuotantoprojektissa ja tiesin suurin piirtein eri laitteiden roolin, mutta tehdessäni työtä opin niiden syvällisemmän tarkoituksen ja toiminnan. Tutkimusta olisi voinut jatkaa pidemmälle, menemällä syvemmin jakeluverkkoihin, äänituotantoon, valaistukseen ja siihen, miten kuvanlaadun nostaminen 4K/8K-laatuun vaikuttaa kaikkeen läpikäytyyn tässä työssä.

Lähteet

1. Gomez, Jaime S. & Compesi, Roland J. 2017. Introduction to Video Production. 2nd Edition. E-kirja. Routledge.
2. Internet Streaming: What It Is and How It Works. Verkkoaineisto. Lifewire. <<https://www.lifewire.com/internet-streaming-how-it-works-1999513>> Luettu 12.2019.
3. Auerbach, Karl. 2014. Severe Tire Damage, The Internet's First Live Band. Verkkoaineisto. <<https://history-of-the-internet.org/videos/std/>> 20.7.2014. Luettu 12.2019.
4. Reiner, Andrew. 2019. Is Cloud-Based Streaming Video Games' Future? Verkkoaineisto. <<https://www.gameinformer.com/opinion/2019/03/21/is-cloud-based-streaming-video-games-future>> 21.3.2019. Luettu 12.2019.
5. Onlive Games on Demand. Verkkoaineisto. OnLive. <<http://onlive.com/>> Luettu 12.2019.
6. Mangurten, Brad. What is a Cyclorama? Verkkoaineisto. <<https://www.chicagocanvas.com/what-is-a-cyclorama/>> Luettu 1.2020.
7. What does CDN stand for? CDN Definition. Verkkoaineisto. Akamai. <<https://www.akamai.com/us/en/cdn/what-is-a-cdn.jsp>> Luettu 1.2020.
8. Wilbert, Max. 2018. 7 Reasons To Use an OVP Instead of a Content Distribution Network. Verkkoaineisto. <<https://www.dacast.com/blog/content-distribution-network/>> 26.3.2018. Luettu 1.2020.
9. The minimum internet speeds for streaming video in 2019. Verkkoaineisto. ZEN. <<https://www.zen.co.uk/blog/posts/zen-blog/2019/04/18/the-minimum-internet-speeds-for-streaming-video-in-2019>> Luettu 1.2020.
10. Kishore, Aditya. 2017. Worried About Bandwidth for 4K? Here Comes 8K! Verkkoaineisto. <<https://www.lightreading.com/video/4k-8k-video/worried-about-bandwidth-for-4k-here-comes-8k!/d/d-id/737330>> 17.10.2017. Luettu 1.2020.
11. Hendrickson, Josh. 2020. 8K TV Has Arrived. Here's What You Need to Know. Verkkoaineisto. <<https://www.howtogeek.com/397365/8k-tv-has-arrived.-heres-what-you-need-to-know/>> 6.1.2020. Luettu 1.2020.
12. Linna, Vilma. 2017. Virtual studio combines the real world with virtual environment. Verkkoaineisto. <<http://kehointeractive.com/2017/04/03/virtual-studio-combines-the-real-world-with-virtual-environment/>> Luettu 2.2020.
13. Real-time Broadcast Compositing System. Verkkoaineisto. Zero Density. <<https://www.zerodensity.tv/product-brief/>> Luettu 2.2020.

14. Reality Keyer and fine tuning. Verkkoaineisto. Zero Density. <<https://docs.zerodensity.tv/reality28/reality-walkthrough/reality-keyer-and-fine-tuning>> Luettu 2.2020.
15. Yeager, Charles. 2019. Everything You Need to Know About Chroma Key and Green Screen Footage. Verkkoaineisto. <<https://www.premiumbeat.com/blog/chroma-key-green-screen-guide/>> 29.7.2019. Luettu 2.2020.
16. Zero Density and DreamWall are Making Science Fiction Reality with Teleportation. Verkkoaineisto. Zero Density. <<https://www.zerodensity.tv/zero-density-and-dreamwall-are-making-science-fiction-reality-with-teleportation/>> Luettu 2.2020.
17. Foust, Jim & Fink, Edward J. & Gross, Lynne. 2017. Video Production, 12th Edition. E-kirja. Routledge.
18. VanHelder, Mike. ISO: What It Is and How to Control It. Verkkoaineisto. <<https://www.videomaker.com/what-is-iso>> Luettu 2.2020.
19. Reck, Kellan. 2019. Video Recording Limits in Mirrorless and DSLR Cameras. Verkkoaineisto. <<https://www.borrowlenses.com/blog/video-recording-limits-in-mirrorless-and-dslr-cameras/>> 20.6.2019. Luettu 2.2020.
20. Chernova, Merta. 2019. Mobile live streaming: how to go live using cellular Internet. Verkkoaineisto. <<https://www.epiphan.com/blog/mobile-live-streaming-over-cellular/>> 28.1.2019. Luettu 2.2020.
21. Hoffman, Chris. 2018. What is "Beamforming" on a Wireless Router? Verkkoaineisto. <<https://www.howtogeek.com/220774/htg-explains-what-is-beamforming-on-a-wireless-router/>> 3.10.2018. Luettu 2.2020.
22. LU600 HEVC. Verkkoaineisto. LiveU. <<https://www.liveu.tv/products/field-units/lu600>> Luettu 3.2020.
23. Sheldrick, Jordan. 2019. Bandwidth for streaming: how much do I need? Verkkoaineisto. <<https://www.epiphan.com/blog/bandwidth-for-streaming/>> 31.7.2019. Luettu 3.2020.
24. Chernova, Merta. 2018. What is 5G and what will it mean for live video? Verkkoaineisto. <<https://www.epiphan.com/blog/what-is-5g/>> 4.12.2018. Luettu 3.2020.
25. 5G - Entistäkin nopeampi ja viivetön verkko. Verkkoaineisto. DNA. <<https://www.dna.fi/5g-verkko>> Luettu 3.2020.
26. Tietoa 5G-verkosta. Verkkoaineisto. Elisa. <<https://elisa.fi/asiakaspalvelu/aihe/mobiililaajakaista/ohje/5g/>> Luettu 3.2020.
27. Sorjonen, Ossi. 2020. Tuntiopettaja, Metropolia Ammattikorkeakoulu. Helsinki. Haastattelu 11.3.2020.
28. Chernova, Marta. 2019. How to choose a camera for live streaming.

- Verkkoaineisto. <<https://www.epiphan.com/blog/choosing-a-live-streaming-camera/>> 6.2019. Luettu 3.2020.
29. Bychok, Alexander. 2018. How to monitor the quality of live streaming? Verkkoaineisto. <<https://restream.io/blog/how-to-monitor-the-quality-of-live-streaming/>> 7.8.2018. Luettu 3.2020.
30. Small, Nick. 2019. Software vs. Hardware Encoders for Live Video Streams. Verkkoaineisto. <<https://www.dacast.com/blog/software-vs-hardware-encoders-for-live-video-streams/>> 30.10.2019. Luettu 3.2020.
31. Fox, Alexander. 2017. What is H.265, and Why Is It Better than H.264? Verkkoaineisto. <<https://www.maketecheasier.com/h265-vs-h264/>> 7.8.2017. Luettu 3.2020.
32. Hardware Vs. Software Encoders: Why Hardware Encoders Are Better For Live Streaming. 2019. Verkkoaineisto. BoxCast. <<https://www.boxcast.com/blog/hardware-vs-software-encoders>> 21.2.2019. Luettu 3.2020.
33. Masur, Matt. 2019. Video Encoder Options: Hardware vs. Software. Verkkoaineisto. <<https://switchboard.live/blog/video-encoder-options-hardware-vs-software>> 9.7.2019. Luettu 3.2020.
34. Inplas Projects for TV. Verkkoaineisto. Inplas Fabrications Ltd. <<http://inplas.co.uk/tv/index.html>> Luettu 3.2020.
35. Itv news studio. Verkkoaineisto. Pinterest. <<https://fi.pinterest.com/pin/558798266245392532/>> Luettu 3.2020.
36. Mini HDMI® TO 3G-SDI CONVERTER. Verkkoaineisto. Omnigates. <<https://omnigates.com/products/mini-hdmi-to-3g-sdi-converter>> Luettu 3.2020.
37. Pomerantz, Buck. Sound mixers buying guide. Verkkoaineisto. Crutchfield. <<https://www.crutchfield.com/S-O5ZU95SWfgX/learn/sound-mixers-shopping-guide.html>> Luettu 3.2020.
38. The Best Live Video Switchers (Mixers) for beginners. 2019. Verkkoaineisto. BoxCast. <<https://www.boxcast.com/blog/the-best-live-video-switchers-mixers-for-beginners>> 14.2.2019. Luettu 3.2020.
39. ROLAND V-1HD HDMI HD-VIDEO MIKSERI. Verkkoaineisto. Suomilammi. <<https://kauppa.suomilammi.fi/product/6013/roland-v-1hd-hdmi-hd-video-mikseri>> Luettu 3.2020.
40. Blackmagic design ATEM mini HDMI Live Stream Switcher. Verkkoaineisto. B&H. <https://www.bhphotovideo.com/c/product/1507214-REG/blackmagic_design_swateminimini_atem_mini_switcher_control.html?sts=pi&pim=Y> Luettu 3.2020.
41. Allard, Matthew. 2019. Atomos Ninja V hands-on review. Verkkoaineisto. <<https://www.newsshooter.com/2018/11/26/atomos-ninja-v-hands-on-review/>> Luettu 3.2020.

42. Nurmela, Joonas. 2020. Mikä 5G? Tätä uusi verkkoteknologia tarkoittaa. Verkkoaineisto. <<https://global.techradar.com/fi-fi/news/miten-5g-toimii-kokosimme-kaikki-tarkeimmat-seikat-taman-hetken-kuumimmasta-verkkoteknologiasta>> 9.3.2020. Luettu 4.2020.
43. Wilbert, Max. 2018. How to Monitor Your Live Video Stream Using Real-Time Analytics. Verkkoaineisto. <<https://www.dacast.com/blog/how-to-monitor-live-video-stream-using-real-time-analytics/>> 27.8.2018. Luettu 4.2020.
44. Teleportation powered by Reality Engine® is making distances irrelevant in television worldwide! 2019. Verkkoaineisto. Zero Density. <<https://www.zerodensity.tv/teleportation-in-finnish-ice-hockey-powered-by-reality-engine/>> 8.2.2019. Luettu 4.2020.
45. Chapter 1: Content Delivery Network Explained. Verkkoaineisto. GlobalDots. <<https://www.globaldots.com/content-delivery-network-explained>> Luettu 4.2020.

Testitulostaulukko

Taulukko näyttää neljän testatun kooderin bittinopeuden, viiveen ja pudotettujen ruutujen määrän kolmessa eri verkkotyypissä ja neljällä eri kuvanlaadulla.

	Ruudut / Resolutio sekunti	Bitinopeus (kb/s) WiFi	Pudotetut ruudut (%) WiFi	Viive (s) WiFi	Bitinopeus (kb/s) Ethernet	Pudotetut ruudut (%) Ethernet	Viive (s) Ethernet	Bitinopeus (kb/s) 4G	Pudotetut ruudut (%) 4G	Viive (s) 4G	Bitinopeus (kb/s) 2x4G	Pudotetut ruudut (%) 2x4G	Viive (s) 2x4G	CPU (%) WiFi	CPU (%) Ethernet	CPU (%) 4G
LiveU Solo	720p 30	940	0,06	25	3860	0,05	24	4340	0	28	4950	1,15	29			
LiveU Solo	1080p 30	2450	0,2	27	2210	0	21	5280	0	26	3840	0	23			
LiveU Solo	720p 60	2590	0,3	28	2680	0,11	15	2770	0,08	24	5070	0,17	20			
LiveU Solo	1080p 60	1500	0,41	24	2540	0,12	34	4550	2,94	32	2940	0,11	16			
Cerovo liveshell x	720p 30	2700	1,41	30	2200	2,4	23									
Cerovo liveshell x	1080p 30	2700	2,06	17	2200	3,48	33									
Cerovo liveshell x	720p 60	2200	5,79	29	2200	6,37	28									
Cerovo liveshell x	1080p 60	2000	7,16	33	2200	7,92	34									
OBS + Elgato HD60S	720p 30	3750	0	12	3650	0	9	1200	0,5	25				5	2,3	3,1
OBS + Elgato HD60S	1080p 30	3500	6,1	14	3750	0	14	1157	0,6	27				2	3,1	5,1
OBS + Elgato HD60S	720p 60	4255	1,2	34	3900	0,4	33	1200	0,5	34				7,5	7,1	7,8
OBS + Elgato HD60S	1080p 60	5128	3,7	37	4755	0,36	28	1171	0,2	32				11,1	10,4	12
Miracast+	720p 30	1800	0	20	1569	0	20	1664	0	21				47	56	46
Miracast+	1080p 30	3000	0,35	36	4995	0	27	4690	0,9	30				70	65	73
Miracast+	720p 60	4300	1,4	33	3500	1	23	3649	3	21				68	60	65
Miracast+	1080p 60	5000	25	31	5323	25	32	5255	50	44				99	100	100