

Arttu Pakarinen

Verkkolähetyksen tekninen määrittäminen Esimerkkinä e-urheilutuotanto

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Mediatekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

12.4.2017

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Arttu Pakarinen Verkkolähetyksen tekninen määrittäminen Esimerkkinä e-urheilutuotanto 40 sivua 12.4.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Mediatekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Digitaalinen media
Ohjaaja	Lehtori Jonna Eriksson
<p>Insinööriyön tarkoituksena oli e-urheilutapahtuman verkkostreamaamiseen eli internet-livelähettämiseen tarkoitettujen teknisten vaatimuksien määrittäminen ja tuotantojärjestelmän toteuttaminen. Insinööriyö perustui e-urheilutapahtuman livelähetyksen teknisten vaatimusten määrittämiseen tilanteessa, jossa sama lähetys halutaan jakaa useampaan kuin yhteen verkkojakelukanavaan samanaikaisesti. Työssä tutkittiin samalla eri jakelukanavien toiminnallisia eroja ja otettiin selvää verkkolähetystekniikan tulevaisuuden teknologioista. Insinööriyöraportti tarjoaa tietoa siitä, mitä verkkolähetyksen teknistä toteutusta suunniteltaessa tulee ottaa huomioon niin toteuttavan tahon kuin katsojankin näkökulmasta.</p> <p>Insinööriyö toteutettiin tutustumalla alalla vallitseviin käytäntöihin, joihin myös insinööriyön tuotannon tekninen toteutus perustuu. Työ toteutettiin yhteistyössä kansallisen jakelukanavan edustajien kanssa, ja tietosisältö pohjautuu lähetysorganisaation edustajien haastatteluihin, painettuihin teoksiin sekä internetjulkaisuihin. Insinööriyössä tutkittiin myös e-urheilulähetysten vaikutusta jakelualustojen tarjoamiin mahdollisuuksiin.</p> <p>Insinööriyössä selvisi, että e-urheilun globaalit markkinat ovat saaneet palveluntarjoajat kehittämään uusia toimintamalleja vastaamaan uuden viihdegenren vaatimuksiin. Verkkolähetyksien kannalta tärkeiden teknologioiden kehittyminen myös tulevina vuosina mahdollistaa entistä mobiilimman ja toimintavarmemman streamaamisen paikasta riippumatta. Tällöin perinteisten televisiolähetyksien teknologia väistyy uudenlaisen internetpohjaisen mediajakelun tieltä.</p>	
Avainsanat	E-urheilu, verkkolähetystekniikka, streamaaminen, IPTV

Author Title Number of Pages Date	Arttu Pakarinen Technical specification of webcasting Case: e-sports production 40 pages 12 April 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Media Technology
Specialisation option	Digital Media
Instructors	Jonna Eriksson, Principal Lecturer
<p>The purpose of this study was to define the technical requirements of an e-sports event online stream, and to implement the production system.</p> <p>The thesis was based on determining the technical requirements for a live broadcast of an e-sport event in a situation when the same broadcast is aimed to be streamed into more than one distribution channel simultaneously. I also examined the functional differences between the different distribution channels and clarified the future technologies of webcasting. The thesis report provides information on what technical details should be taken into consideration, when designing a webcast, both from producers and viewers point of view.</p> <p>The thesis is based on exploring the prevailing practices in the work field, and also implementing those practices in the example broadcasting scenario. The work was carried out in cooperation with representatives of the national broadcasting network. The informational content is based on interviews with representatives of broadcast organizations, books and internet publications.</p> <p>The study also investigated the impact of e-sports on the services provided by distribution platforms. The global market of e-sports has forced the service providers to develop new operating models to meet the demands of the new form of entertainment. The future development of web broadcasting technologies in the upcoming years will also make it possible for more mobile and more reliable streaming, regardless of the location. In the future, traditional television broadcasts are diverted to a new kind of internet-based media distribution technology.</p>	
Keywords	e-sports, online streaming technology, streaming, IPTV

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Lähetyksen tekniset vaatimukset	2
2.1	Kameratekniikka	2
2.2	Monikameratuotanto	2
2.3	Äänitekniikka	6
2.4	Videomikseri	10
2.5	Äänimikserit	16
2.6	AV-yhteys	17
2.7	Lähetysgrafiika	21
2.8	Verkon vaatimukset lähetyksen kannalta	24
2.9	Jakelukanavien vaatimukset	26
2.10	E-urheilun ominaispiirteitä	30
2.11	Katsojan vaatimukset	31
3	Produktion tekninen toteutus	32
3.1	Produktiossa käytetty tekniikka	32
3.2	Yhteys toteuttavan tiimin sisällä	33
3.3	Tapahtuman juonto ja pelaajahaastattelut	34
3.4	Grafiikan ja äänen käsittely	34
3.5	Lähetyksen videomiksaus ja kameroiden operatiivinen toiminta	35
3.6	Mainosten ajaminen lähetykseen	36
4	Lähetystekniikan tulevaisuus	36
4.1	Jakelukanavien muutokset	36
4.2	Kansalliset lähetysohjelmaajat muutoksen keskellä	37
4.3	Tulevaisuuden kehitykseen vaikuttavat teknologiat	38
4.3.1	5G-verkko	38
4.3.2	IPv6-verkko	39
5	Johtopäätökset	40
	Lähteet	42

Lyhenteet

AAC_LC	Digitaalisen äänisisällön pakkaus ja varastointimuoto.
CDN	Content Delivery Network eli sisällön jakelujärjestelmä, joka on eriytetty verkkopalvelun erillisen datan jakelua varten. CDN:n toiminta perustuu käyttäjän haluaman sisällön välittämiseen, esimerkiksi verkkovideoiden osalta. Verkkopalvelussa käyttäjän valitsema sisältö tuodaan käyttäjän nähtäväksi CDN:n kautta.
MP3	Digitaalisen äänisisällön pakkaus- ja varastointimuoto.
NDI	NewTek-organisaation kehittämä avoin protokolla tuotantotason videoyhteen sopivan datan kuljettamiseen verkossa.
H.264/H.265	Digitaalisen videosisällön pakkaus- ja varastointimuoto.
HD	Teräväpiirtokuva-resoluutio.
RCA	RCA-liitin. Suunniteltu käytettäväksi koaksiaalikaapelin kanssa. Kaapelin avulla voidaan kuljettaa audio- tai videosignaalia.
VOD	Video on demand. Interaktiivinen tv-tekniikka, jonka avulla kuluttajat voivat katsella ohjelmaa reaaliaikaisesti tai ladata ohjelmia ja katsoa niitä myöhemmin. Palvelu toteutetaan yleisesti internetin välityksellä.

1 Johdanto

Muutos kuluttajien suhtautumisessa televisioon jakelukanavana on ollut merkittävä viimeisen kymmenen vuoden aikana. Erilaisten päätelaitteiden käyttö television rinnalla on yleistynyt, ja ajatusmalli yksikanavaisesta mediankulutuksesta on avartunut sisältämään myös muita mediasisältöjä. Sosiaalinen media on omalta osaltaan muuttanut suhtautumista myös sisällöntuotantoon, jossa jokainen käyttäjä voidaan nähdä niin sisällön tuottajana kuin kuluttajanakin. Ajatus sisällön aikaan sidottavuudesta on myös hälventynyt verkkovideoiden yleistyessä, mutta miten vaikutus näkyy live-sisällöntuotannossa nyt ja tulevaisuudessa?

Insinööriyön aihe pohjautuu Yleisradion kiinnostukseen tutkia e-urheilulähetyksien mahdollisuuksia eri jakelukanavilla. Aihealue on rajattu kuitenkin kattamaan myös laajempi kuva, jossa internetlähetystekniikkaa voidaan soveltaa käytännössä mihin tahansa lähetykseen, joka halutaan jakaa suorana kansallisessa valtiorahoiteisessa verkkopalvelussa. Lähtökohtaisesti haluan tutkia, miten nämä lähetykset on toteutettu aikaisemmin ja miten nykyteknologia vastaa katsojan vaatimuksiin verkkolähetystekniikan osalta. Tutkimuksen pohjalla on myös halu selvittää, ovatko e-urheilulähetyksien asetamat vaatimustasot johdattaneet jakelutekniikan kehittymiseen kyseiseen suuntaan.

Insinööriyö perustuu tietopohjaosuuteen ja toiminnalliseen osuuteen. Toiminnallinen osuus pohjautuu esimerkkituotantoon eli produktioon, jossa käydään läpi lähetystekniset vaatimukset, joita produktio asettaa. Produktioesimerkin tavoitteena on tuottaa opas sellaiselle taholle, jonka tavoitteena on tuottaa suhteellisen mobiilisti verkkolive-tuotanto, joka vastaa valtakunnallisen lähetystason kuluttajavaatimuksia. Opas selvittää lukijalle, mitä verkkolivetuotannolla tarkoitetaan, ja siinä käydään läpi, mitä tällaista lähetystä suunniteltaessa tulee ottaa huomioon. Insinööriyössä pohditaan lopuksi vaihtoehtoja, onko tuotantoratkaisujen kehittäminen mahdollista, tuottaako se lisäarvoa suoralle ohjelmalle ja onko sen hyödyntäminen lopulta strategisesti kannattavaa vai ei.

Tietopohja koostuu verkkosuoratoiston eri palveluiden ja käsitteiden osiosta sekä ratkaisujen tuottamisen kannalta toteutustekniikan teoriasta. Ensimmäinen osuus selvittää lukijalle, mikä verkkolivetuotanto on, ja kertoo eri palveluiden ominaispiirteet ja käsitteet. Toisessa osuudessa lukijalle selvitetään käytännön esimerkin avulla, miten e-urheilutapahtumalähetykset voidaan käytännössä toteuttaa ja mitä tapahtuman lähetystä

suunniteltaessa tulee ottaa huomioon. Tietopohjaosuudesta on rajattu esimerkiksi keskeisimmät tapahtumasuunnittelun, ohjauksen, valo- ja äänisuunnittelun tiedot pois, koska opinnäytetyö keskittyy käsittelemään livetuotantoa ja pääosin tuotannossa käytettävää tekniikkaa ja vain välillisesti itse tapahtumaa ja sen toteutusta.

2 Lähetysten tekniset vaatimukset

Seuraavassa aihealueessa käsittelemme e-urheilutuotannon teknisiä vaatimuksia tuottavan osapuolen näkökulmasta. Aihealueessa kerrotaan ja rajataan pääpiirteittäin, mitä teknistä kalustoa, osaamista ja infrastruktuuria produktiota toteuttaessa tulee ottaa huomioon.

2.1 Kameratekniikka

Vaaditun kameratekniikan valinta riippuu lähetysten luonteesta. Jos kyseessä on tapahtuma, jossa katsojan pääfokus ei ole videokuvassa, voidaan videokuvan resoluutiolla laadusta myös joustaa. Myös kameroiden määrä riippuu lähetysten luonteesta. Toisaalta useampaa kuvakulmaa voidaan käyttää elävöittämään lähetystä tai myös mahdollisena tehokeinona esimerkiksi kohteiden vaihtumisen välillä. (Musburger & Kindem 2009: 47–48.) Nykyisin käytössä olevat kamerat voivat olla joko miehitettyjä, jolloin kameran toimintaa ohjaa kuvaushenkilö, tai robottikameroita, joiden ohjaus voidaan toteuttaa kauko-ohjattuna.

2.2 Monikameratuotanto

Ensimmäinen vaihe monikameratuotantoa suunniteltaessa on valita tuotantoon sopivat kamerat. Parhaan mahdollisen lopputuloksen varmistamiseksi pyritään käyttämään saman valmistajan samanmallisia kameroita. Tällöin videomateriaali kameroiden välillä näyttää varmasti samalta, mutta myös kommunikointi kuvausryhmän sisällä helpottuu, kun kaikki käyttävät samanlaista kalustoa. Jos produktiossa ei voida esimerkiksi taloudellisista syistä käyttää samanmallisia kameroita, pyritään kuitenkin käyttämään saman valmistajan kameroita, sillä jokaisen kameravalmistajan kuvavärimaailma on yleensä hieman erilainen.

Valittujen kameroiden asetusten tulee olla yhtenäiset. Ensisijaisesti tärkeimmät asetukset videomateriaalin kuvien yhtenäistämiseksi ovat kuvataajuus, valotus ja valkotasapaino. Tuotantotason videokamerat mahdollistavat asetusten helpon muuttamisen, kun taas kuluttajatasen kameroissa asetukset ovat yleisesti ottaen valikoiden takana.

Kuvataajuus ja frame-asetukset

Framen eli kuvakehyksen koko ja kuvataajuus tulee määrittää samaksi kaikkien kameroiden kesken. Ennen asetusten määrittämistä tulee selvittää jakelualustan määrittämät asetukset, joilla tuotanto toteutetaan. Tämän avulla voidaan määrittää kuvataajuus ja kuvakoko kaikille produktiossa käytettäville kameroille.

Framen resoluutio ilmoitetaan kuvapistemääränä eli pikseleinä. Resoluutio kertoo yksittäisten kuvapisteiden määrän vaakasuunnassa kertaa kuvapisteiden määrä pystysuunnassa. Kirjoitushetkellä uusimmat videokamerat tukevat vähintään High Definition-kuvaresoluutiota, jossa kuvasuhde on 16:9. Erilaisille videokuvaresoluutioille on alan standartointijärjestö ITU-R:n määrittämät standardit (taulukko 1). (Parameter values for the HDTV standards for production and international programme exchange 2015: 2,6.)

Taulukko 1. HD-videostandardit (Parameter values for the HDTV standards for production and international programme exchange 2015: 2, 6).

Videostandardi	Resoluutio	Skannaus	Kuvataajuus
720p	1280 x 720	Progressiivinen	23,976; 24; 25; 29,97; 30; 50; 59,94; 60; 72
1080i	1920 x 1080	Lomitettu	25 (50 osaa/s); 29,97 (59,94 osaa/s); 30 (60 osaa/s)

1080p	1920 x 1080	Progressiivinen	24 (23,976); 25; 30 (29,97); 50; 60 (59,94)
-------	-------------	-----------------	---

Kuvataajuus taas tarkoittaa nopeutta, jolla videon kuvia kaapataan tai esitetään peräkkäin. Esimerkiksi televisiokuvan europalainen PAL-järjestelmä perustuu alun perin kahteenkymmeneenviiteen kuvaan sekunnissa ja amerikkalainen NTSC-järjestelmä kolmeenkymmeneen kuvaan sekunnissa. Alun perin määritelmät ovat pohjautuneet kansallisen sähköverkon määrittämään sähkövirran taajuuteen. (Waggoner 2010: 68–69.)

Myös analogisen television videokuvan määritelmän mukaan videokuva voidaan esittää tai kaapata progressiivisesti tai lomitettusti. Lomitettu (interlaced) kuvataajuus on alun perin suunniteltu vähentämään analogisen videokuvan välkkymistä esittämällä videokuva kahdessa osassa vuoron perään. Progressiivisessa kuvataajuudessa kuva näytetään ruudulla yhdellä kertaa, eli esimerkiksi kaksikymmentäviisi kuvaa sekunnissa. Edelleen digitaalisten videokameroiden kuvataajuudet perustuvat analogisen videokuvan määritelmiin parhaan mahdollisen yhteensopivuuden saavuttamiseksi. (Waggoner 2010: 68–69.)

Kuvakoon ja kuvataajuuden määritykset määräytyvät käytännössä edelleen jakelukanavan rajoitusten mukaan, ja parhaan mahdollisen tuloksen saamiseksi kameroiden asetukset tulee asettaa vastaamaan jakelukanavan asettamia rajoituksia. Eri jakelukanavien määritelmiä käsitellään laajemmin luvussa 2.9 Jakelukanavien vaatimukset.

Valkotasapaino

Nykyaikaiset videokamerat ovat pitkälti automatisoituja ja älykkäitä laitteita, mutta edellyttävät jonkin verran opastusta, jotta ymmärtämää, miten näytettävät asiat halutaan tulkita. Esimerkiksi valkoista paperia näytettäessä, osaa ihminen yleensä tulkita olosuhteista riippumatta, että kyseessä on valkoisen värinen paperi. Vaikka nykyisissä kameroissa onkin samankaltaista automatiikkaa värien tunnistamiseen, on valkotasapaino monikameratuotannossa määritettävä samaksi kaikkien käytettävien kameroiden

kesken. Useimmissa kameroissa on useita esiasetuksia, ja tuotantotason kamerat mahdollistavat mukautetun valkotasapainon määrittämisen, jossa kameran edessä pidetään esimerkiksi valkoista korttia, jolloin kamera osaa tasapainottaa näytettävät värit sen hetken valo-olosuhteissa.

Tärkeintä valkotasapainon määrittämisessä on, että kameroiden valkotasapaino määritetään samaksi, joko manuaalisesti tai käyttämällä samaa värilämpötilaa, joka esitetään Kelvin-yksikkönä (K). Värilämpötila kuvastaa kuvassa esiintyvien värien lämpimyyttä tai kylmyyttä. Yksinkertaisesti, mitä alempi värilämpötila, sitä lämpimämpi kuva. Karkeasti ottaen 2500–3500 K edustaa punertavaa valoa, 3000–4000 K auringonnousun kaltaista keltaisen valoa, 5000–6500 K päivänvaloa, 6500–8000 K harmaan pilvistä päivänvaloa ja 8000–10000 K varjoista päivänvaloa (Tarrant 2003: 48-49). Käytännössä, jos kameran tuottama kuva on liian sininen, on värilämpötila silloin todennäköisesti liian korkea. Värimäärittelyn kannalta on myös paljon muita asioita, joita voidaan ottaa huomioon, mutta värilämpötilan peruskäsitteen ymmärtäminen auttaa ymmärtämään ja sovittamaan yhteen värimäärittelyt eri kameroiden välillä.

Valotusaika

Valotusaika (suljinaika) tarkoittaa aikaa, jonka kukin yksittäinen kuvakehys on alttiina valolle. Videotuotannossa valotusaika on lähes aina sekunnin murto-osa. Lukema, jolla kameran valotusaika esitetään, viittaa sekunnin murto-osan nimittäjään. Jos esimerkiksi asetetaan kameran valotusajaksi 60, se tarkoittaa, että jokainen kuvakehys on alttiina valolle 1/60 sekuntia. Usein tehtävä virhe on rinnastaa valotusaikaa kuvataajuuteen, toisin sanoen 1/100 valotusaika rinnastetaan 100 kuvaan sekunnissa. Näin ei kuitenkaan ole, vaan esimerkiksi 24p-toteutuksessa jokainen tallennettavasta kahdestakymmenestä neljästä kuvakehyksestä altistuu valolle 1/100 sekuntia. (Millerson & Owens 2009: 122.)

Nyrkkisääntönä voidaan ajatella, että valotusajan tulee olla kaksi kertaa kuvataajuuden nopeus. Esimerkiksi 30 kuvaa sekunnissa valotusaika tulisi määrittää 1/60 sekunniksi. Tämä sääntö ei kuitenkaan ole hakattu kiveen, vaan on riippuvainen halutusta lopputuloksesta. (Millerson & Owens 2009: 122.)

2.3 Äänitekniikka

Vaaditun äänitekniikan määrittäminen riippuu lähetyksen luonteesta. Valittujen äänilähteiden määrä voi koostua mikrofoneista tai muista äänilähteistä (esimerkiksi soittimet, tietokoneäänet, jne.) Jos kyseessä on tapahtuma, jossa ääni on jo valmiiksi ohjattu paikalla olevan yleisön kuultavaksi, voidaan mahdollisuuksien mukaan käyttää tapahtumapaikan mikseripöydän äänilähtöä myös toteutettavan produktion yhtenä äänilähteenä. Käytännössä kuitenkin lähetyksen äänitekniikka koostuu aina vähintään yhdestä mikrofonilähteestä. Seuraavassa osiossa käyn lävitse mikrofonien perustoimintaperiaatteen, joka helpottaa ymmärtämään produktion valittavien mikrofonien ominaispiirteitä.

Mikrofonien valinta tilanteesta riippuen

Mikrofonit voidaan luokitella kolmella eri tavalla: niiden sähköisen impedanssin, elementtirakenteen, tai suuntakuvion mukaan. Produktion mikrofoni valinnat tehdään myös sen perusteella, mitä lopputulosta mikrofonivalinnalla tavoitellaan tai minkälaisia taltiointiomaisuuksia produktiossa tarvitaan. (Musburger 2002: 66–68.)

Sähköinen impedanssi

Mikrofonit luokitellaan joko pieni impedanssisiksi tai korkeaimpedanssisiksi.

Impedanssi on vastuksen monipuolinen määritelmä, joka sisältää myös induktanssin ja kapasitanssin. Lähes kaikissa ammattitason mikrofoneissa on yleisesti ottaen pieni impedanssi. Matalan impedanssisten mikrofonien äänisignaali kestää paremmin siirtoa pidemmillä matkoilla ilman ääniaallon laskostumista. Tällaiset mikrofonit tulee ideaalisesti yhdistää mikseriin suojatulla kaapelilla ja XLR-liittimellä. Tämä mahdollistaa äänisignaalin kulkemisen balansoidusti ja parhaan mahdollisen äänentaltiointimahdollisuuden. (Talbot-Smith 1997: 54, 56.) Äänilähteiden kaapelointia käsitellään laajemmin luvussa 2.6 AV-yhteys.

Mikrofonin rakenne

Mikrofonit luokitellaan elementtirakenteen (anturin) mukaan kolmeen eri tyyppiin: dynaamiset, nauha- tai kondensaattorimikrofonit. Nauhamikrofoneja käytetään käytän-

nössä vain studio-olosuhteissa, ja ne ovat yleisesti ottaen painavia ja erittäin herkkiä häiriöäänille, esimerkiksi tuulelle. (Talbot-Smith 1997: 38, 40.)

Dynaaminen mikrofoni on mikrofonityypeistä yleisin, ja sitä käytetään laajalti muun muassa live-esitysten yhteydessä. Dynaamiset mikrofonit ovat toimintaperiaatteeltaan hyvin yksinkertaisia ja siksi kustannustehokkaita. Dynaaminen mikrofoni voi koostua yksinkertaisimmillaan neljästä osasta: kalvosta, sähköä johtavasta kelasta, magneettista ja virran johtimesta. Ilman liike saa mikrofonin kalvon värähtelemään, ja se liikuttaa kalvoon kiinnitettyä kelaa magneettikentän sisällä, joka indisoi vaihtojännitteen, joka ohjataan johdinta pitkin syntyneen äänisignaalin eteenpäin esimerkiksi vahvistimeen, jolloin äänestä saadaan tallennuskelpoista. (Talbot-Smith 1997: 38, 40.) Dynaamisten mikrofonien suosio esimerkiksi konserttikäytössä perustuu niiden kestävyteen sekä mahdollisuuteen muuttaa äänialto sähköenergiaksi ilman ulkopuolista virtalähdettä tai vahvistusta.

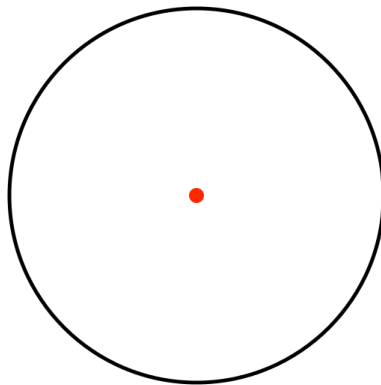
Kondensaattorimikrofonien toimintaperiaate on huomattavasti monimutkaisempi kuin dynaamisten mikrofonien, ja ne tarjoavat täten myös huomattavasti edistyksellisemmän mahdollisuuden ottaa vastaan äänisignaalia. Kondensaattorimikrofonit ovat vähitellen korvanneet useimpien muiden mikrofonien käytön produktioissa. Alun perin kondensaattorimikrofonit olivat kalliita ja suuria ja niiden tarvitsemat vahvistimet ja virtalähteet täytyi sijoittaa kohtuullisen lähelle mikrofontia. Nykyisin kuitenkin puolijohdepiirien ja miniesivahvistimien mahdollistamana on kondensaattorimikrofoneista tullut huomattavasti käytännöllisempiä. (Talbot-Smith 1997: 40-41.) Sisäänrakennettu esivahvistin on hyvin herkkä ja tarjoaa tehokkaan taajuusvasteen, koska se on kuitenkin rakenteeltaan pieni. Esivahvistin voi saada virtansa joko patterista tai mikserin phantom-virtalähteestä. Phantom-virtaa käsitellään laajemmin luvussa 2.5 Äänimikserit.

Erilaiset mikrofoni suuntakuviot

Produktion äänilähteitä suunniteltaessa yksi tärkeimmistä huomioon otettavista seikoista on miettiä, minkälaiselta alueelta ääni halutaan taltioida. Erilaiset mikrofonit tarjoavat erilaisia suuntakuvioita, joilla mikrofoni ottaa äänisignaalia vastaan. Mikrofonin suuntakuviot tarkoittaa esitystä mikrofonin herkkydestä ottaa ääntä vastaan äänen kulkusuuntaan nähden. Dynaamisia ja kondensaattorimikrofoneja valmistetaan useilla suuntakuvioilla, joista käsitellään seuraavassa pallo, kardioidi, kahdeksikko ja super-

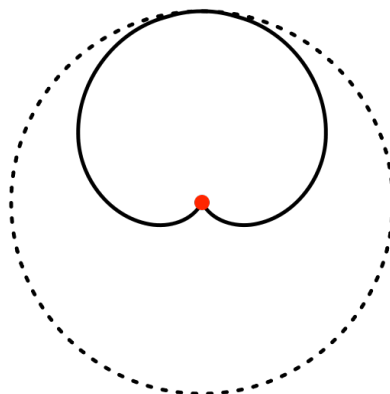
kardioidi. Pääsääntö mikrofonin suuntakuvioita miettiessä on valita mikrofoni mahdollisuuksien mukaan parhaiten vastaamaan haluttua taltiointia.

Pallokuviainen mikrofoni ottaa äänisignaalia vastaan mikrofonin ympäriltä riippumatta äänen tulosuunnasta (kuva 1), tai mikrofonin asennosta (Talbot-Smith 1997: 43). Useat esimerkiksi kaulukseen kiinnitettävät solmiomikrofonit ovat pallokuvioisia, jolloin puhujan ääni saadaan helposti taltioitua.



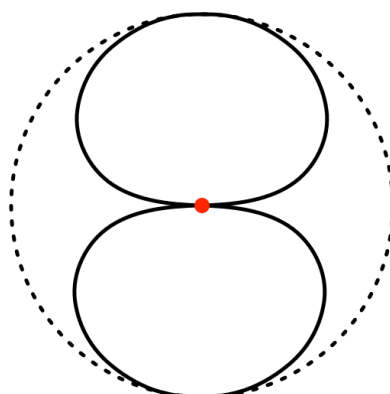
Kuva 1. Pallokuvioisen mikrofonin suuntakuvi.

Kardioidikuviainen mikrofoni (suomalaisittain myös herttakuviainen mikrofoni, kuva 2) on yleisin käytettävistä mikrofonikuvioista. Suuntakuvi soveltuu äänisignaalin taltioimiseen mikrofonin edestä ja osittain sivusta. (Talbot-Smith 1997: 45.) Kardioidikuvioiset mikrofonit eivät ole myöskään yhtä herkkiä äänen kierrolle kuin pallomikrofonit, jos äänilähteitä ja mikrofoneja on asetettu useita lähelle toisiaan.



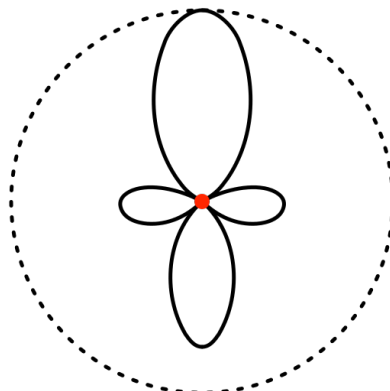
Kuva 2. Kardiodikuvioisen mikrofonin suuntakuvio.

Kahdeksikkokuvioinen mikrofoni (kuva 3) ottaa äänisignaalin vastaan mikrofonin edestä ja takaa, mutta vaimentaa mikrofonin sivusta tulevat äänet. Kahdeksikkokuvioisia mikrofoneja käytetään esimerkiksi haastattelutilanteissa tai erityisissä äänitystilanteissa. (Talbot-Smith 1997: 44.)



Kuva 3. Kahdeksikkokuvioisen mikrofonin suuntakuvio.

Superkardioidikuvio (puhekielessä myös shotgunkuvio, kuva 4) on suunniteltu ottamaan äänisignaalia vastaan erittäin kapealta alalta, jopa viiden asteen leveysalalta (Musburger 2002: 68). Sen äänisensitiivinen alue on käytännössä suoraan eteenpäin mikrofonista ja myös pieneltä alueelta mikrofonin takaa.



Kuva 4. Superkaediodikuvioisen mikrofonin suuntakuvio.

2.4 Videomikseri

Videomikseri on yleisesti ottaen laite, jota käytetään useiden videolähteiden sovittamiseen yhteen päälähtöön. Videomikserit mahdollistavat myös erilaisten efektien ja kuvien yhteensovittamisen videolähteisiin, esimerkiksi toisen videolähteen näyttäminen osittain toisen videolähteen päällä, tai videolähteen häivyttämisen toiseen videolähteeseen. Videomikserit ovat käsitteellisesti samanlaisia kuin äänimikserit, eli laitteessa otetaan vastaan useita tulolähteitä, lähteisiin tehdään halutut prosessoinnit ja päälähtö ohjataan eteenpäin yhteen tai useampaan kohteeseen (esimerkiksi verkkoon).

Videomiksauslaitteisto tulee valita lähteiden määrän ja tuotannon vaatimusten mukaan. Yksinkertaisimmillaan lähetys voidaan toteuttaa yhdellä lähteellä, esimerkiksi yksittäisen henkilön juontama mobiili Periscope-lähetys. Kuitenkin mentäessä ammattimaisempaan tuotantoon erilaisten lähteiden määrä (kuten kamerat, grafiikka jne.) moninkertaistuu ja tällöin videomikseri tulee valita haluttujen lähteiden määrän mukaan. Eri-laiset videomikseriratkaisut tarjoavat hyvin erilaisia mahdollisuuksia ja kompleksitasoja lähdevirtojen miksaamiseen keskenään, ja tässä yhteydessä käsitellen kirjoitushetkellä yleisesti käytössä olevia videomikseriratkaisuja. Videomikserien vertailun päätarkaste-lun kohde on vertailla, minkälaisia mahdollisuuksia nykyisin käytössä olevat eri hinta- ja tuotantotason videomikserit tarjoavat ja miten ne mahdollisesti muuttuvat tulevaisuu-

dessa. Kirjoitushetkellä videomikserit voidaan jakaa kahteen pääkategoriaan: software- ja fyysiset videomikserit.

Software-pohjaiset videomikserit

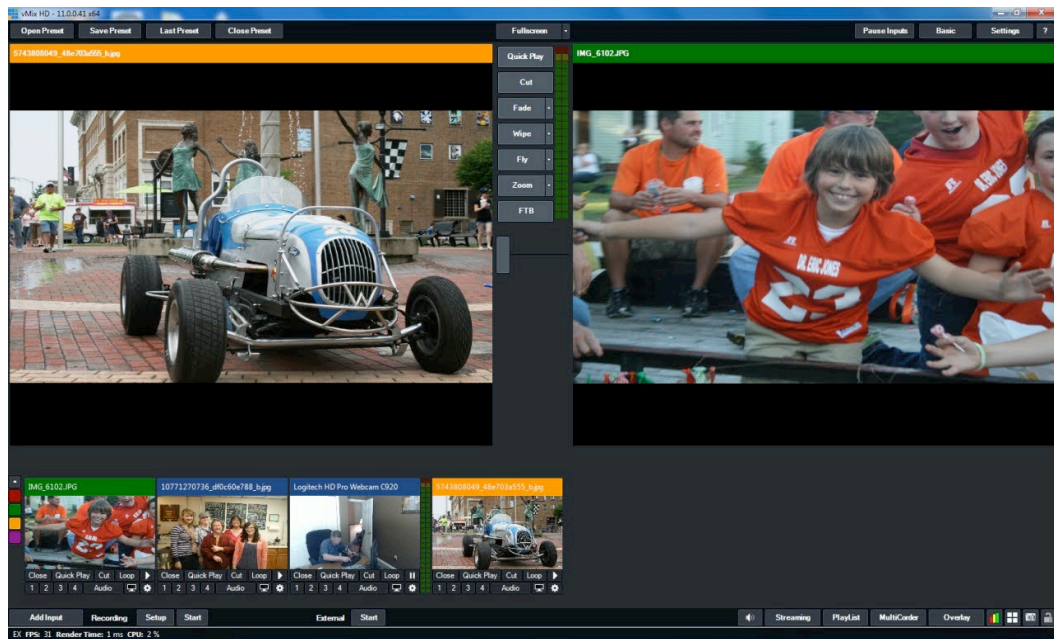
Software-pohjainen videomikseri hyödyntää perinteiseen tietokoneeseen kytkettyjen lähdevirtojen miksaamiseen tietokoneohjelmistoa. Software-pohjainen miksaus edellyttää, että tietokoneeseen voidaan ottaa vastaan videolähteitä joko erillisen videokortin tai verkon avulla.

Software-pohjaisten videomiksereiden käyttö on yleistynyt merkittävästi tietokoneiden laskentakapasiteettikyvyn kasvaessa. Yleisesti ottaen software-pohjaiset videomikserit ovat kokonaiskustannuksiltaan huomattavasti edullisempia fyysisiin videomiksereihin verrattuna, ja ne tarjoavat käytännössä hyvin samankaltaisia ominaisuuksia. Tilanteesta ja tuotannon suuruudesta riippuen esimerkiksi kannettavan tietokoneen käyttäminen lähdevirtojen miksaamiseen voi riittää. Kuluttajätietokoneiden laskentakapasiteetin kasvaessa edelleen voidaan tuotantokaluston määrän olettaa pienenevän tulevina vuosina entisestään, kuitenkin kirjoitushetkellä yleisesti ottaen software-videomikserit yhdistetään verkkotuotantoon ja fyysiset videomikserit televisiotuotantoon ja/tai taltioimiseen.

VMix

VMix on videomiksausohjelmisto, joka mahdollistaa tietokoneen käytön lähteiden miksaamiseen ja suoran streamaamisen verkkoon. Ohjelmisto mahdollistaa miksaamisen verkkolähteiden, tiedostojen ja lisenssistä riippuen useiden kameroiden välillä. VMix-ohjelmistoa voidaan käyttää suuren mittakaavan usean kamerasuorituksen tai yksinkertaisiin, yhden henkilön webcam-tuotantoihin. (VMix Live Production & Streaming Software.) VMix-ohjelmiston käyttöliittymä mukailee fyysisten videomiksereiden käyttöliittymää (havainnollistettu kuvassa 5).

VMix-ohjelmisto tarjoaa myös mahdollisuuden videomiksausien tallentamiseen ja jakamisen suoraan jopa kolmeen eri jakelupalveluun.



Kuva 5. VMix -ohjelmiston käyttöliittymä.

VMix-ohjelmiston laitteistovaatimukset vaihtelevat lisenssin ja käyttötarpeen mukaan, mutta parhaan mahdollisen lähetys ja tallointi lopputuloksen kannalta on suotavaa käyttää VMixin määrittelemiä suositusvaatimuksia.

Taulukko 2. VMix -ohjelmiston laitteistovaatimukset.

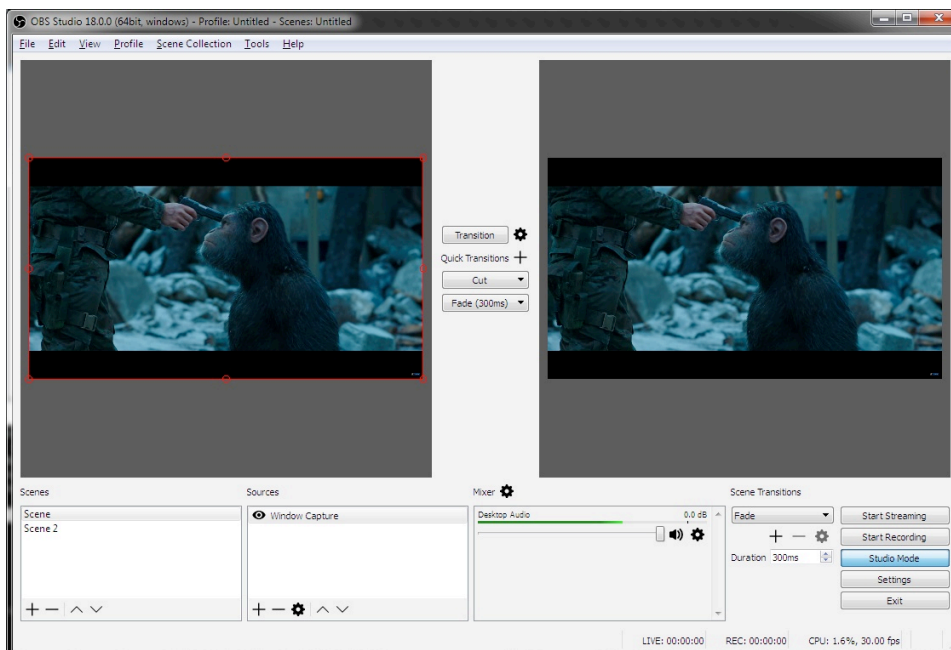
	Minimi	Suositteltu
Käyttöjärjestelmä	Windows 7 tai uudempi	Windows 10
Proessori	2 GHz Dual-Core Processor	Intel Core i7 Processor 3 GHz+
RAM-muisti	1 GB DDR2	8 GB DDR3
Kiintolevy	7200 RPM kiintolevy lähetystal- lennuksien varten	Solid State Disk

Graphics Card	DirectX 10 -yhteensopiva	Dedicated Nvidia Card 1 GB:n sisäisellä mustilla
Näytön resoluutio	1280 x 720	1920 x 1080

Open Broadcaster Software

Open broadcaster software (OBS) on ylivoimaisesti yleisin kotikäytössä oleva verkkoli-
velähetystyökalu. Yksi merkittävimmistä syistä ohjelmiston suosioon on, että se on il-
mainen, sekä sen helppokäyttöisyys. Kirjoitushetkellä uusin OBS Studio -ohjelma tar-
joaa mahdollisuuden luoda erilaisia skenaarioita, joissa voidaan yhdistää esimerkiksi
videolähteitä, kuvia tai tekstiä yhdeksi kokonaisuudeksi. Ohjelmisto tarjoaa mahdolli-
suuden videomiksausken taltioimiseen ja samanaikaiseen streamaamiseen. (Open
Broadcaster Software.)

Vaikka OBS ohjelmistona (kuva 6) onkin suhteellisen rajallinen verrattuna muihin listat-
tuihin vaihtoehtoihin, se tarjoaa mahdollisuuksia myös isompiin tuotantoihin. Insinööri-
työn produktioesimerkissä, jossa sama videomiksaus tulee lähettää samanaikaisesti
sekä valtakunnallisen jakelijan jakeluympäristöön että kaupallisen toimijan jakeluympä-
ristöön, OBS tarjoaa helppokäyttöisen ja yksinkertaisen työkalun mainosten lisäämi-
seen valmiin videomiksausken päälle.



Kuva 6. Open Broadcaster -ohjelmiston käyttöliittymä.

Videokaappauskortti

Software-pohjaisen videomikserin toiminnan oletuksena on, että tietokone, jolla ohjelmaa suoritetaan, pystyy ottamaan vastaan erilaisia videolähteitä. Yleisin tapa, jolla videolähde voidaan ottaa vastaan tietokoneeseen, on joko ulkoinen tai tietokoneeseen integroitu videokortti. Videokorttien toiminta perustuu videosignaalin muuttamiseen digitaaliseen muotoon, jolloin videosignaalia voidaan käyttää suoraan software-pohjaisen videomikserin videolähteenä. (Papacharalampous 2008: 680.) Videokaappauskorttien toiminta voi sisältää videosignaalin kompressoinnin tai suoran siirtämisen, riippuen videokortin ja tietokoneen välisestä yhteydestä. Tällöin videosignaalin viive voi olla muutamasta sekunnista viiveettömään signaalin siirtoon, ja tämä tulee ottaa huomioon produktiota suunniteltaessa.

Fyysiset videomikserit

Fyysinen videomikseri on laite, joka suunniteltu juuri videolähdevirtojen (ja joissain tapauksissa myös äänilähdevirtojen) yhdistämiseen ja niiden välillä leikkaamiseen. Kaupallisesti saatavilla olevia laitteita on useita, ja ne mahdollistavat hyvin erilaisia valmiusasteita ja toiminnallisuuksia. Tässä luvussa käyn näistä läpi muutamia kohtuullisen pieneen tuotantoon sopivia laitteita.

TriCaster 8000

Insinööriyön esimerkkitapahtuman tuotannossa käytetty videomikseri TriCaster 8000 tarjoaa mahdollisuuden yhteensä 24 videolähteen välillä miksaamisen ja kahden verkkolähteen yhdenaikaisen käyttämisen. Laite on suunniteltu vastaamaan vaativankin käyttäjän tarpeeseen, joten se mahdollistaa kaikkien videolähteiden samanaikaisen tallentamisen ja antaa useita mahdollisuuksia videon suoraan streamaamiseen ja/tai eteenpäin ajamiseen. Laitteisto antaa käytännössä kattavat mahdollisuudet ajaa ja yhdistää video- ja äänivirtoja yhdeksi monipuoliseksi kokonaisuudeksi ja ajaa tuotanto esimerkiksi suoraan verkkoon ja/tai esimerkiksi tuotantoauton kautta kansalliseen televisioverkkoon. Tricaster 8000-laitteiston suurin yksittäinen hyöty on tapahtuman eri lähteiden samanaikainen miksaaminen ja tallentaminen. Tämä mahdollistaa tapahtumataltioinnin helpon jälkituotannon ja säästää merkittävän paljon aikaa, joka muutoin menisi eri tallenteiden kokoamiseen ja yhteensovittamiseen. (TriCaster8000.)

Laitteiston kokonaiskustannukset ovat kuitenkin huomattavan suuret, joten jos kyseessä ei ole kaupallinen produktio, voi laitteiston käyttäminen olla haastavaa. Laitteiston perusyksikön kokonaiskustannukset ovat kirjoitushetkellä noin 35 000 euroa. (TriCaster8000.)

Roland V-1HD

Valitsin fyysisistä videomiksereistä vertailukohdaksi huomattavasti kuluttajatasoa lähempänä olevan vaihtoehdon, kuin edellisessä kappaleessa käsitellyn TriCaster 8000. Tällöin lukija pääsee helpommin käsitykseen siitä, minkälaisia eroavaisuuksia erilaisten videomikserien välillä on.

Roland V-1HD-laite voi ottaa vastaan yhteensä neljä eri HDMI-tuloa ja tukee korkeintaan 1080p-resoluutiota. Laite sisältää myös kaksi HDMI-ulostuloa sekä yhteensä 12-kanavaisen äänimikserin. Vaikka Roland V-1HD vastaakin pienemmän produktion tarpeisiin hyvin, tulee lopullisen videosignaalin streamaaminen ottaa huomioon laitetta käytettäessä. Laite ei tue suoraa streamaamista verkkoon, vaan videomikserin yhteen miksattu videosignaali tulee ohjata eteenpäin esimerkiksi tietokoneeseen, josta lähetys voidaan lähettää verkkoon, esimerkiksi jopa erillisen software-videomikserin kautta. (Roland.)

Laitteiston kokonaishinta on kirjoitushetkellä noin tuhat euroa (Roland).

2.5 Äänimikserit

Äänimikseri on laite, joka ottaa vastaan äänisignaaleja ja mahdollistaa äänilähteiden käsittelyn ja edelleen ohjaamisen yhtenä tai useampana äänilähteenä. Äänimikseri tulee valita toteutettavan produktion kokoluokka huomioon ottaen. Jos kyseessä on esimerkiksi tapahtuma, voidaan tilanteesta riippuen tilassa esitettävät äänet ohjata erillisestä tilaäänimikseristä lähetysäänimikseriin, mikä voi helpottaa äänikokonaisuuden hallitsemista. (Talbot-Smith 1997: 101.) Kuitenkin tapahtumassa, jossa yleisölle esitettävä ääni eroaa produktiossa esitettävistä äänistä, tulee äänisuunnittelu toteuttaa lähe-tykselle optimaalisimmalla tavalla.

Ennen mikserin valintaa tulee tapahtumasuunnittelijan kanssa käydä lävitse äänilähteiden määrä ja laatu. Yleisimmin esimerkiksi e-urheilutapahtumassa käytettäviä äänilähteitä ovat esimerkiksi selostaja/selostajat (1–2 kpl mikrofoneja), peliäänet (selostajien tietokoneesta lähtöääni), mahdollinen väliaika tai taustamusiikki (tietokoneen lähtöääni) ja pelaajahaastattelupiste (1–2 mikrofonia). Tällöin äänilähteiden määrä jää yleisesti noin kahdeksan kanavan kokoluokkaiseksi (2 äänilähdettä on hyvä varata ylimääräiseksi). Toisaalta taas esimerkiksi konserttitaltioinneissa äänilähteiden määrä nousee helposti moninkertaiseksi tähän verrattuna. Tärkeintä produktion äänimikseriä valittaessa on ymmärtää äänimikserin perustoimintaperiaatteet ja tarvittavien äänilähteiden määrä. Tässä luvussa käyn lävitse eri säätöominaisuuksia, joita on useimmista äänimiksereistä.

Heikompien äänisignaalien vahvistaminen phantom-virralla

Kondensaattromikrofonit vaativat toimiakseen virransyötön joko paristosta tai äänimikserin phantom-virrasta. Phantom-virta tuottaa äänilähdölle 48 V:n käyttöjännitteen. Phantom-jännitteestä ei ole haittaa dynaamisille mikrofoneille, mutta jos käytettävä mikrofoni ei tarvitse ulkoista käyttöjännitettä, tulee phantom-virta kytkeä pois kyseiseltä äänilähteeltä. (Talbot-Smith 1997: 55.)

Äänilähteen tason (signaalin jännitteen) säätäminen

Eri äänilähteitä voidaan sekoittaa keskenään halutussa suhteessa tai esimerkiksi vaimentaa jokin äänilähteistä tarpeen mukaan kokonaan. (Talbot-Smith 1997: 105.)

Äänen ulostulon seuranta eli monitorointi

Äänen monitorointia voidaan tehdä visuaalisesti seuraamalla mahdollista monitorointimittaria sekä auditiivisesti kuuntelemalla ulostuloääntä, tilanteesta riippuen. Ulostuloääntä voidaan myös säätää äänimikserin master-asetuksesta. (Talbot-Smith 1997: 71-72.)

Äänisignaalin taajuusvasteen manipulointi eli ekvalisointi

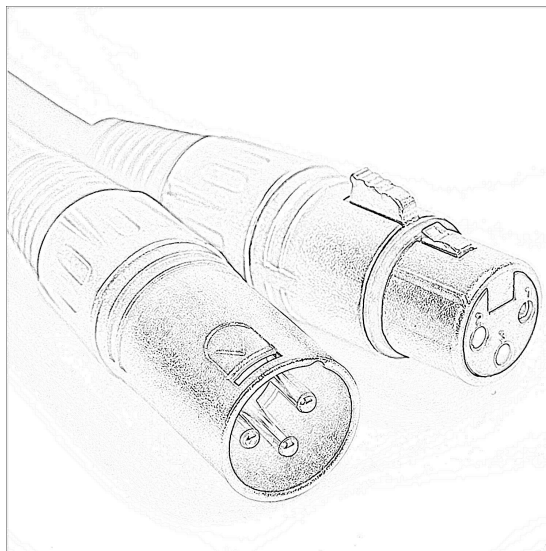
Ekvalisoinnilla tarkoitetaan tarkemmin äänisignaalin eri äänitaajuuksien korostamista tai vaimentamista. Esimerkiksi häiritsevästi korostuvia äänitaajuuksia voidaan leikata äänisignaalista pois, jolloin äänisignaali saadaan kuulostamaan luonnollisemmalta. (Talbot-Smith 1997: 107.)

Näiden lisäksi äänimikserit tarjoavat usein mahdollisuuden lisätä äänisignaaliin efektejä, kuten esimerkiksi keinotekoisia kaikua. Erilaisten ääniefektien käyttö voi olla tarpeellista esimerkiksi haluttaessa korostaa jotakin tapahtumatilannetta.

2.6 AV-yhteys

Kirjoitushetkellä tuotantotason mikrofoni-audioyhteydet toteutetaan XLR-liitännällä (kuva 7) balansoitua linjakaapelia pitkin. Audiosignaali kuljetetaan kahta sisäistä linjaa pitkin, ja kaapelin sisällä kulkeva kolmas johto on maakaapeli. Tämä ratkaisu mahdollistaa maksimaalisen suojauksen signaalin kulkeutumiseen virheettä kaapelia pitkin ja suojaaa signaalia mahdolliselta audiointerferenssiltä. (Musburger 2002: 64.)

Myös balansoimatonta esimerkiksi RCA-liitintä ja koakselikaapeliyhteyttä voidaan käyttää joissain tilanteissa audiosignaalin kuljettamiseen. Balansoimaton linja voi kuitenkin häiriintyä FM-signaaleista, joten produktion ääniyhteyksiä suunniteltaessa tulee balansoimattoman linjan käyttöä välttää yli 3 metriä pitkillä matkoilla. (Musburger 2002: 64.)



Kuva 7. Kolmenapainen XLR-liitin.

Videosignaalin kuljettamiseen on käytössä useita eri liitintä- ja kaapelistandardeja. Kirjoitushetkellä tuotantokäytössä yleisimmin käytössä olevat standardit ovat SDI- ja HDMI-yhteydet. Seuraavaksi käyn lävitse, mitä nämä standardit käytännössä tarkoittavat ja minkälaisia mahdollisuuksia ja rajoitteita ne asettavat produktiota suunniteltaessa.

SDI - Serial Digital Interface

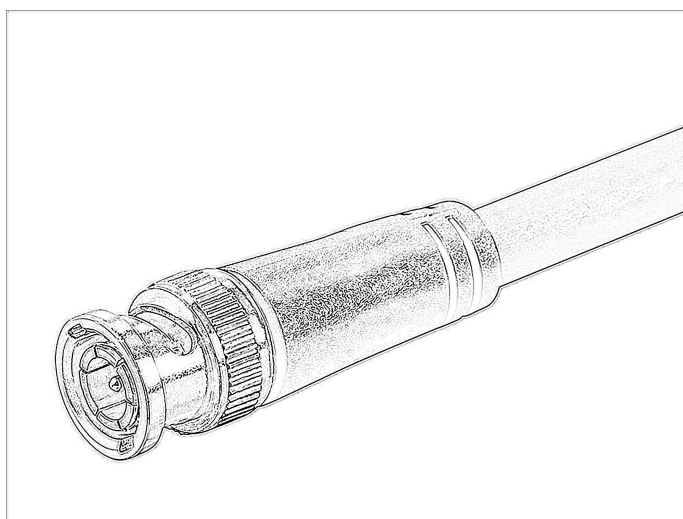
SDI-liitintä ja kaapelointi ovat laajimmin käytössä oleva standardi videosignaalin kuljettamiseen yli 10 metriä pidemmille matkoille. Kuvaresoluution kasvaessa ovat myös liitintästandardit kehittyneet vastaamaan vaatimuksia eri kuvanopeuksille ja kuvako'ille. Tässä listauksessa käyn lävitse, mitä eri SDI-liitintästandardit käytännössä tarkoittavat karkeasti PAL-maissa:

HD-SDI-standardi – tukee maksimissaan 1920 × 1080-resoluutiota ja 50i/25P-kuvanopeutta; HD-SDI-standardi tukee myös 1280 × 720 resoluutiota ja 50P-kuvanopeutta.

3G SDI-standardi – tukee maksimissaan 1920 × 1080 resoluutiota ja 50P-kuvanopeutta.

6G SDI-standardi – tukee maksimissaan 4096 × 2160 resoluutiota ja 25P-kuvanopeutta.

12G SDI-standardi – tukee maksimissaan 4096 × 2160 resoluutiota ja 50P-kuvanopeutta.

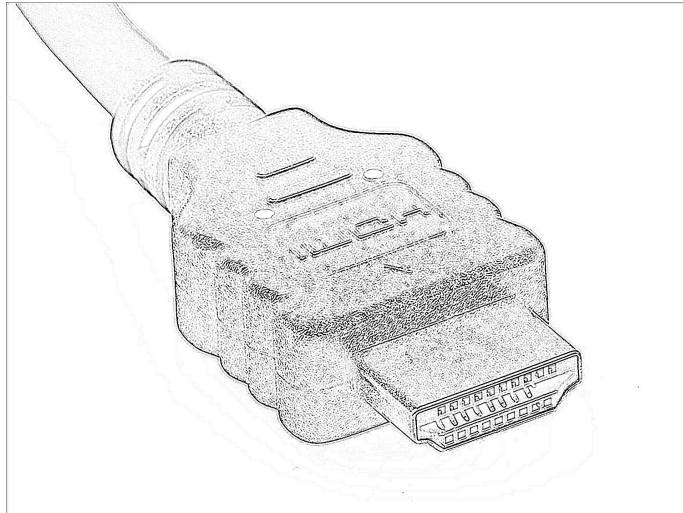


Kuva 8. SDI-kaapeleissa käytettävä BNC-mallinen liitäntäplugi mahdollistaa kaapelin nopean yhdistämisen, mutta suojaa kaapelia tahattomalta irtoamiselta

SMPTE-järjestön määrittämät SDI-liitäntästandardit sisältävät variaatiota signaalin määritelmässä. SDI-signaali on yleensä 8- tai 10-bittinen, ja samaan kaapeliin voidaan yhdistää 16 bit / 48 kHz -äänisignaali, jonka kanavamäärä voi olla 2, 4, 8, tai 16 sitten ääntä ei ole lainkaan. SDI-signaalien tarkempaan selvitykseen tarvittaisiin huomattavasti kattavampi käsittely. Käytännössä kuitenkin SDI-kaapelointia suunniteltaessa tulee ottaa huomioon, millä kuvanopeudella ja resoluutiolla produktio toteutetaan. Esimerkiksi 12G SDI-liitäntälle varattavan SDI-kaapelin tulee olla hyvin häiriösuojattu ja varmistetusti hyvälaatuinen. (3gb/s SDI for Transport of 1080p50/60, 3D, UHDTV1 / 4K and Beyond.)

HDMI - High Definition Multimedia Interface

HDMI-yhteys on yleisimmin kuluttajatasolla käytössä oleva AV-yhteyteen käytettävä liitäntä. Käytännössä suurin osa nykyisin käytössä olevista monitoreista, pelikonsoleista, tietokoneista ja jopa videokameroista käyttää video- ja/tai äänisignaalin siirtämiseen HDMI-yhteyttä. HDMI-liitäntä (kuva 9) mahdollistaa pakkaamattoman videosignaalin ja joko pakatun tai pakkaamattoman äänisignaalin siirtämisen samaa kaapelia pitkin.



Kuva 9. HDMI-liitin.

Vaikka HDMI-kaapelille ei ole varsinaisesti määritetty maksimipituutta, on signaalin heikkeneminen otettava huomioon käytettäessä HDMI-kaapelointia. Käytännössä riippuen HDMI-kaapelin laadusta voidaan kaapelointia käyttää videosignaalin kuljettamiseen maksimissaan viidentoista metrin matkalle. (How Long Can HDMI Cable Be Run?.) Tässä listauksessa käyn lävitse, mitä HDMI-liitännälle määritetyt kaapelistandardit käytännössä tarkoittavat:

Standard HDMI-kaapeli – tukee resoluutiota 1080i ja 720p

Standard HDMI with Ethernet -kaapeli – tukee resoluutioita 1080i ja 720p; samaa kaapelia pitkin voidaan kuljettaa myös Ethernet-yhteys

High Definition HDMI -kaapeli – tukee maksimissaan 4096 × 2160 -resoluutiota ja 50P-kuvanopeutta

High Definition HDMI with Ethernet -kaapeli – tukee maksimissaan 4096 × 2160 -resoluutiota ja 50P-kuvanopeutta; samaa kaapelia pitkin voidaan kuljettaa myös Ethernet-yhteys. (Venuti 2008.)

Kaapeliyhteyksien suojaaminen

Tapahtuman kaapelien vetoja suunniteltaessa tulee ottaa huomioon myös kaapeliyhteyksien suojaaminen. Yleisötapahtumissa yleinen käytäntö on suojata produktion kaapelit teippaamalla ne lattiaan ja mahdollisuuksien mukaan pois kulkuväyliltä. Tällöin vältetään sekä henkilövahingoilta että varmistetaan, etteivät toteutetut liitännät pääse purkautumaan tahattomasti. Myös kaapelien vedonpoisto tulee suorittaa mahdollisuuksien mukaan kaikille mahdollisille kaapelille. Tuotantotasolla yleinen käytäntö on toteuttaa kaapelien teippaus Gaffateipillä. Gaffateippi on rakenteeltaan yhtä vahvaa kuin ilmastointiteippi, mutta se on myös suunniteltu irtoamaan helposti, jättämättä kaapeleihin liimajälkiä.

Tärkeintä tapahtuman AV-yhteyttä suunniteltaessa on tuntee pääpiirteittäin eri kaapeliyhteyksien mahdolliset ominaispiirteet ja toteuttaa produktion kannalta tarpeelliset kaapeloinnit vaadittavalla varmuustasolla. Ääni- ja videolähteiden datamäärän kasvaessa vuosittain ja mentäessä suuremmille resoluutio- ja kuvanopeustasoille on myös kaapeli- ja liitäntäyhteyksien kehityttävä vastaamaan vaaditun datamäärän kuljetuksen tarpeisiin. Varsinkin videosignaalin kuljetukseen suunniteltujen kaapelien ominaispiirteet tekevät tekniikasta huomattavan kalliita, joten viime vuosina myös erilaiset adapterit, joiden avulla signaalia voidaan kuljettaa Cat-6 Ethernet -kaapelia pitkin ovat yleistyneet. Tulevaisuudessa todennäköisintä on, että kaikki mahdollinen tietoliikenne produktion sisällä toteutetaan suoraan Cat-6-yhteydellä (tai vastaavalla Ethernet yhteydellä).

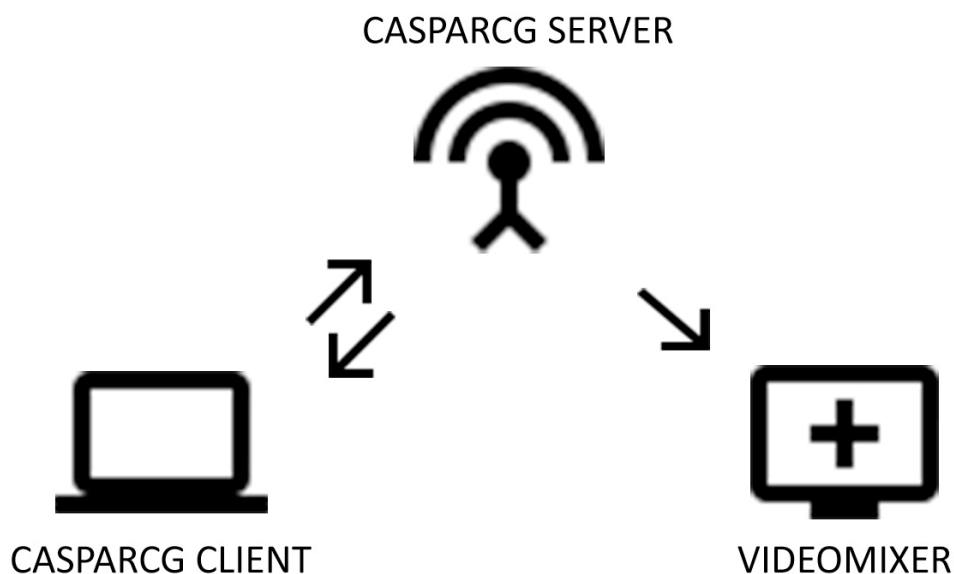
2.7 Lähetysohjelma

Varsinkin urheilulähetyksissä yleinen lähetysohjelma, kuten ottelutilastot, voidaan toteuttaa useilla eri tavoilla. Vaikka eri ohjelmaohjelmat mahdollistavatkin eriaikaisia valmiuksia muuttaa lähetyksessä näytettävää ohjelmaa nopeastikin, on silti hyvä valmistella ja suunnitella lähetyksessä haluttu ohjelma jo hyvin ennakkoon ennen virallista tapahtumamomenttia. Tämä helpottaa suoran lähetyksen ohjaamista ja leikkaamista merkittävästi. Yksinkertaisimmillaan lähetysohjelma voidaan toteuttaa tekemällä se

halutulla animointi- tai grafiikkatyökalulla ennakkoon, mutta myös ohjelmallisesti voidaan mahdollistaa grafiikkaan mahdollisesti tulevat muutokset yksinkertaistetusti. Tässä aihepiirissä käyn lävitse ohjelmistoratkaisun, joka on suunniteltu tämän toiminnan helpottamiseen ja on laajalti käytössä niin harraste- kuin ammattitasolla.

CasparCG

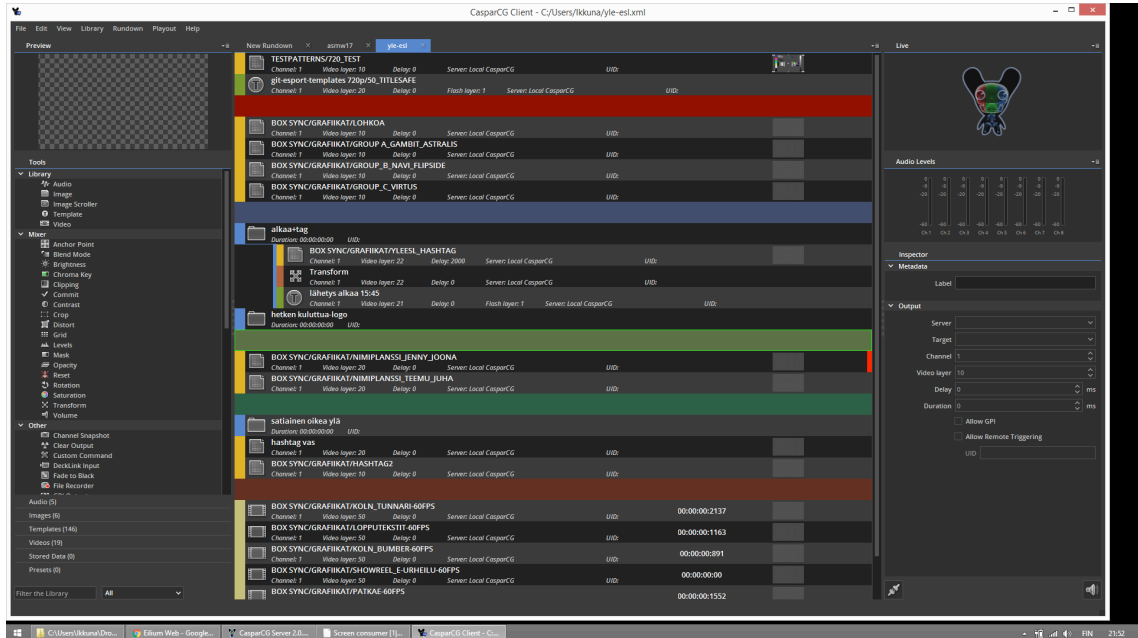
CasparCG tarjoaa ilmaisen ohjelmiston grafiikan ajamiseen. CasparCG:n toiminta perustuu ohjelmiston paikalliseen palvelimeen, joka mahdollistaa grafiikan nopean muuttamisen reaaliajassa. Tämä toiminnallisuus on erittäin tärkeää varsinkin nopeatempoisessa urheilulähetyksessä. CasparCG:n palvelimeen ollaan yhteydessä erillisellä työpöytäohjelmistolla (havainnollistettu kuvassa 10), jonka avulla palvelimelle voidaan tehdä ennakkoon grafiikkapohjia, ja niiden sisältöä voidaan muokata tapahtuman edessä. Palvelimelle tulevaa grafiikkavirtaa voidaan käyttää videomikserin NDI-lähteenä, jos laite pystyy ottamaan vastaan NDI-lähteitä tai fyysisenä lähteenä erillisestä tietokoneesta esimerkiksi HDMI- tai SDI-yhteyttä pitkin. (CasparCG Documentation.)



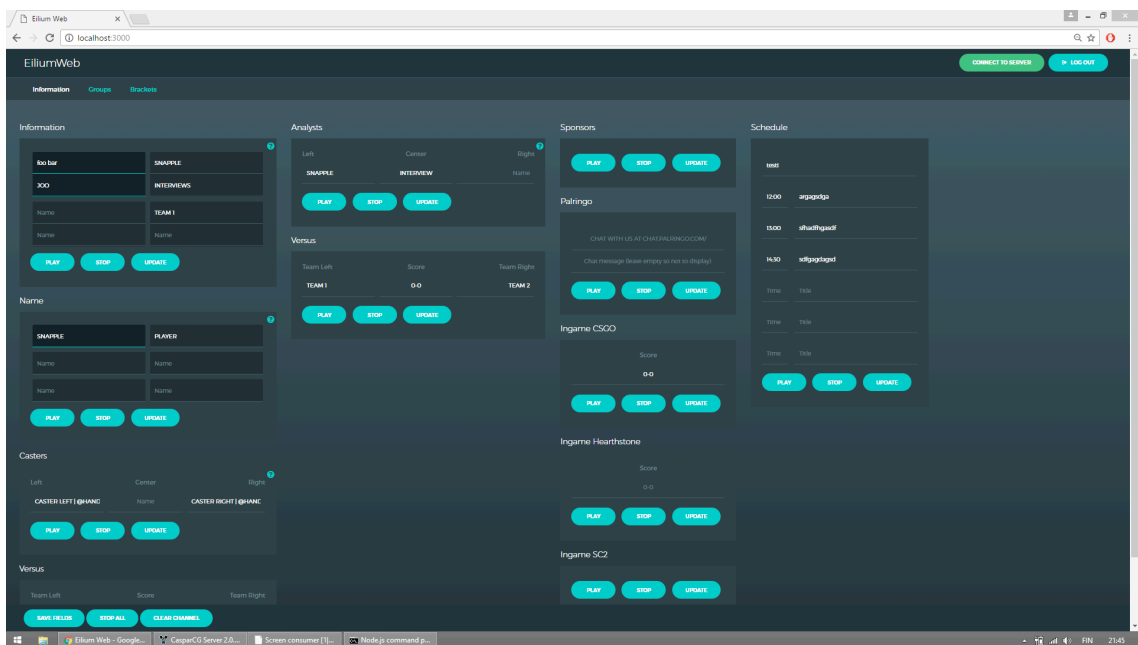
Kuva 10. CasparCG-ohjelmiston toimintaperiaate.

Koska CasparCG-ohjelmisto perustuu avoimeen lähdekoodiin, on tuotannon mahdollista muokata ohjelma omaan käyttötarkoitukseensa mahdollisimman sopivaksi (kuva 12). Ohjelman perusversio tarjoaa myös hyvin yksinkertaisen käyttöliittymän erilaisten

muutosten ja ennakkovalmisteluiden tekemiseen (kuva 11). CasparCG:n merkittävä etu on myös mahdollisuus sisällyttää ääniraita grafiikkaan ja tämän avulla elävöittää esimerkiksi näytettävää grafiikan muutosta.



Kuva 11. CasparCG-ohjelmiston oletuskäyttöliittymä.



Kuva 12. CasparCG:n muokattu käyttöliittymä EiliumWeb (Pesonen. EiliumWeb).

Videomikserin sisäiset työkalut

Myös useat videomikseriohjelmistot ja -laitteet tarjoavat mahdollisuuden käyttää esimerkiksi tekstiä suoraan lähetyksen sisäisenä lähteenä. Vaikka ajatus ohjelmiston sisäisestä grafiikan muutoksesta kuulostaakin omalla tavallaan järkevältä, koska yksi työvaihe voidaan ikään kuin ohittaa, käyttäisin henkilökohtaisesti tätä ratkaisua vain tilanteessa, jossa lähetykseen on ollut hyvin vähän aikaa valmistautua. Yleisesti ottaen videomikserien sisäiset grafiikkatyökalut ovat suhteellisen rajallisia eivätkä tarjoa välttämättä produktiolle haluttua grafiikan laatutasoa.

2.8 Verkon vaatimukset lähetyksen kannalta

Tapahtuman toimintavarmuuden varmistamiseksi verkkoyhteyden tulee olla priorisoitu vain lähetyksen toteutuskäyttöön. Suurin yksittäinen tekijä kaistanleveyden vaatimuksen määrittämiseksi on lähetyksen laatu. Jos lähetettävä video on resoluutioltaan 320 x 240 pikseliä, on lähetyksen viemä datamäärä suhteellisen pieni, kun taas täydellä HD-resoluutiolla on datamäärä huomattavasti suurempi. Kun kuluttajapuolella ollaan siirtymässä kohti 4K-resoluutiota, kaistanleveysvaatimukset streamaamiselle kohtaavat suuria korotuksia tulevaisuudessa, jos lähetyksiä halutaan viedä näille korkeille resoluutiotasoille.

Toinen datamäärää kasvattava tekijä on videon kuvataajuus. Kuvataajuus viittaa siihen, kuinka monta stillikuvaa muodostaa yhden sekunnin videota. Verkkolähetyksissä lähes kaikki videot koodataan taajuuteen 30 kuvaa sekunnissa. Kuitenkin urheilu- ja videopelien videovirrat pyritään kodaamaan taajuuteen 60 kuvaa sekunnissa, jolloin katsoja voi nähdä muutokset kuvassa sekunnin murto-osassa. 60 kuvaa sekunnissa on noin kaksi kertaa suurempi datamäärältään verrattuna 30 kuvaan sekunnissa ja vaatii täten kaksi kertaa enemmän kaistanleveyttä. (Simpson & Greenfield 2009: 86–87.)

Jotta voi ymmärtää kaistanleveyden määrittämisen lähetyksen kannalta, tulee lähetystä ajatella perinteisen videon koodauksen tavoin. Koodaus on käytännössä videotiedoston pakkaamista pienempään tiedostokokoon, mikä helpottaa tiedoston välitystä esimerkiksi juuri internetin välityksellä. Livestreamien ylivoimaisesti yleisin koodaus standardi on H.264-koodekki, joka tuottaa kohtuullisen pieniä tiedostoja, jotka voidaan avata lähes millä tahansa laitteella. Koodekin lisäksi erittäin merkittävässä roolissa tiedos-

tokoon lopputuloksen kannalta on bittinopeus, jolla tiedosto koodataan. Bittinopeus kertoo, kuinka paljon dataa yhteen sekuntiin videotiedostoa pakataan, yksikkönä kbps tai Mbps. Käytännössä vertaamalla lähetyksen käytössä olevan verkon lähetyksenopeutta ja videostreamin bittinopeutta, voidaan määrittää karkea arvio siitä millä laadulla lähetystä voidaan kyseisellä verkolla lähettää. Esimerkiksi jos lähtevä videostreami määritetään koodattavaksi bittinopeudella 500 kbps, on internetyhteyden lähetyksenopeuden oltava vähintään 500 kbps. Todellisuudessa internetyhteyden lähetyksenopeudet vaihtelevat käytännössä kuitenkin sekunneittain, mikä tarkoittaa sitä, että lähetyksen luotettavuuden varmistamiseksi, tulisi internetyhteyden lähetyksenopeuden mielestäni olla vähintään kaksinkertainen verrattuna lähetyksen bittinopeuteen. (Simpson & Greenfield 2009: 84, 89.)

Huomioitavaa on myös bittinopeuden merkitys eri koodekkien välillä. Esimerkiksi 2 Mbps -koodattu H.264-video on parempilaatuinen kuin 1 Mbps -koodattu. Kuitenkin esimerkiksi H.265-koodekilla koodattu video bittinopeudella 1 Mbps on laadultaan parempi kuin 2 Mbps H.264-video. Samoin esimerkiksi videon kuvakoko vaikuttaa vain tiedostoon käytettyyn bittinopeuteen. Eri kuvakoon videoita voidaan koodata käyttäen H.264-kooderia ja samalla bittinopeudella. Käytännössä tällöin sama bittimäärä levitetään suuremmalle kuva-alalle, jolloin laatu pienemmässä kuvakokoluokassa on visuaalisesti parempi. (Recommendation H.265 2016: i.)

Riippuen siitä, mihin jakelukanavaan lähetykset lähetetään, tulee lähetyksen eri laadut ottaa huomioon. Halutaanko loppukäyttäjälle mahdollistaa vaihtoehtoja katsoa samaa lähetystä eri laaduilla riippuen loppukäyttäjän verkkoyhteyden latausnopeudesta?

Yleisesti ottaen suuret lähetyiskanavat kuten Yle Areena, Twitch ja YouTube, hoitavat lähetyksen eri laatujen toteutuksen, jolloin lähettävän osapuolen tulee huolehtia vain parhaan mahdollisen laadun lähettämisestä jakelukanavalle. Kokemukseni mukaan, kun kaikki tarvittavat elementit kaistanleveyden vaatimuksen määrittämiselle ovat olemassa, ne voidaan yhdistää kaavaan ja laskea arvio koko kaistanleveyden vaatimukselle: (bittinopeus sekunnissa yhdistettynä kaikista video- ja äänistreameista) x (Lähetettävien formaattien määrä) x 2 = vaadittava internetyhteyden lähetyksenopeus, jolla lähetykset voidaan toteuttaa luotettavasti.

2.9 Jakelukanavien vaatimukset

Tapahtumalähetyksen jakelukanava asettaa osaltaan teknisiä rajoituksia sille, miten lähetyssignaalia halutaan ja voidaan ottaa vastaan. Seuraavaksi käyn lävitse kirjoitushetkellä e-urheilulähetyksien näkökulmasta yleisimmin käytössä olevat jakelukanavat ja niiden ominaispiirteet niin katsojan kuin lähetysorganisaationkin näkökulmasta.

Twitch.tv

Yksityisten pelilähetyksien ja e-urheilun ympärillä toimiva verkkolähetyalusta Twitch.tv on ylivoimaisesti suurin esiteltävistä lähetykskanavista (New Twitch Rankings: top games esports total viewing hours). Twitch.tv:tä pidetään kirjoitushetkellä suurimpana kanavana e-urheilun näkökulmasta. Esimerkiksi vuoden 2011 Dreamhack winter -pelitapahtuman lähetyks keräsi yhteensä yli 1,7 miljoonaa yksittäistä katsojaa (Dreamhack and Twitch.tv announce record breaking online viewership). Twitch.tv on kaupallinen jakelukanava, joka mahdollistaa jakelukanavan käytön mainoskomissiosopimuksella. Twitch.tv-palvelu hoitaa myös lähetyksen eri kuvalaatujuen transkoodauksen, jos lähetyks toteutetaan palvelun määrittämillä spekseillä.

Taulukko 3. Twitch.tv:n lähetyksvaatimukset (Broadcast Requirements).

Vaatimukset videosignaaliille	Vaatimukset äänisignaaliille
Koodekki jolla videokuva on pakattu: H.264 (x264), vakiobittinopeudella	Koodekki jolla ääni on pakattu: AAC-LC tai MP3
Keyframejen väli: 2 sekuntia	Näytteenottotaajuus: mikä tahansa (AAC) tai 44,1 kHz (MP3)
Suurin bittinopeus: 3500	Suurin bittinopeus: 160 kbps (AAC) tai 128 kbps (MP3)

Jos kaikki lähetykselle asetetut vaatimukset täyttyvät, välitetään katsojille edelleen transkoodaamattomana lähetyksvirta tai käyttäjän internetyhteydestä riippuen alempia kuvalaatuja. Tällöin lähetyks on katsottavissa myös esimerkiksi puhelimilla.

YouTube Live

Vaikka YouTube on internetin ylivoimaisesti suurin ja laajimmin käytetty palveluratkaisu videoiden jakamiseen, on palvelu silti jäänyt varsinkin e-urheilu livelähetysten osalta kilpailijansa Twitch.tv:n varjoon (YouTube is now more popular than Google.com on desktop computers 2016). Käytännössä vielä kirjoitushetkelläkin YouTube yhdistetään enemmän kasuaaliseen pelaamiseen ja Twitch.tv taas enemmän ammattimaiseen e-urheiluun. YouTube omistava Google on jopa yrittänyt ostaa Twitch.tv:n saadakseen enemmän jalansijaa livelähetyssektorilla. Twitch.tv:n kieltäytyessä tarjouksesta on YouTube vuonna uudelleenjulkaissut oman verkkolähetysalustansa. Uudelleenjulkaisun päätavoitteena on saada lisää markkinaosuutta e-urheilun ja ammattipelaamisen sektorilta. (Lewis 2015.)

YouTube Liven ongelmakohtaksi e-urheilun näkökulmasta on osoittautunut YouTube Liven tekijänoikeussäädökset, ja taloudelliset lähtökohdat. Twitch.tv:n ja YouTube Liven toiminnallisuuden eroavaisuus antaa täysin erilaiset mahdollisuudet käyttää tekijänoikeussuojattua äänimateriaalia lähetyksen taustalla. Twitch.tv:n ja Sony Entertainmentin välisen sopimuksen mukaan livelähetyksen uudelleen katsottavissa oleva taltiointi näytetään ensimmäisen tunnin osalta ilman ääniraitaa, jolloin lähetyksen tuottaja välttyy tekijänoikeusmaksuilta taltiointin osalta (huom. ei suoran lähetyksen) (Russell 2014). YouTube Liven tekijänoikeussäädös ei sisällä sopimusta taltiointin osalta, ja tekijänoikeusrikkomuksia seurataan automaattisesti jopa livelähetyksen aikana. Twitch.tv:n integroitu tippipalvelu, joka mahdollistaa pelaajan tai muun lähettävän tahon taloudellisen tukemisen suoraan lähetykskanavan sisällä, on ollut myös merkittävä syy Twitch.tv:n suosiolle verrattuna YouTube Liveen.

Suurimmat e-urheilulähetykset jaetaan kirjoitushetkellä lähes poikkeuksetta enemmän Twitch.tv:hen, mutta YouTube Liveä käytetään myös mahdollisuuksien mukaan jakelukanavana muiden rinnalla samanaikaisesti. YouTube Liven tekniset vaatimukset videokuvalla ovat taulukon 4 mukaiset.

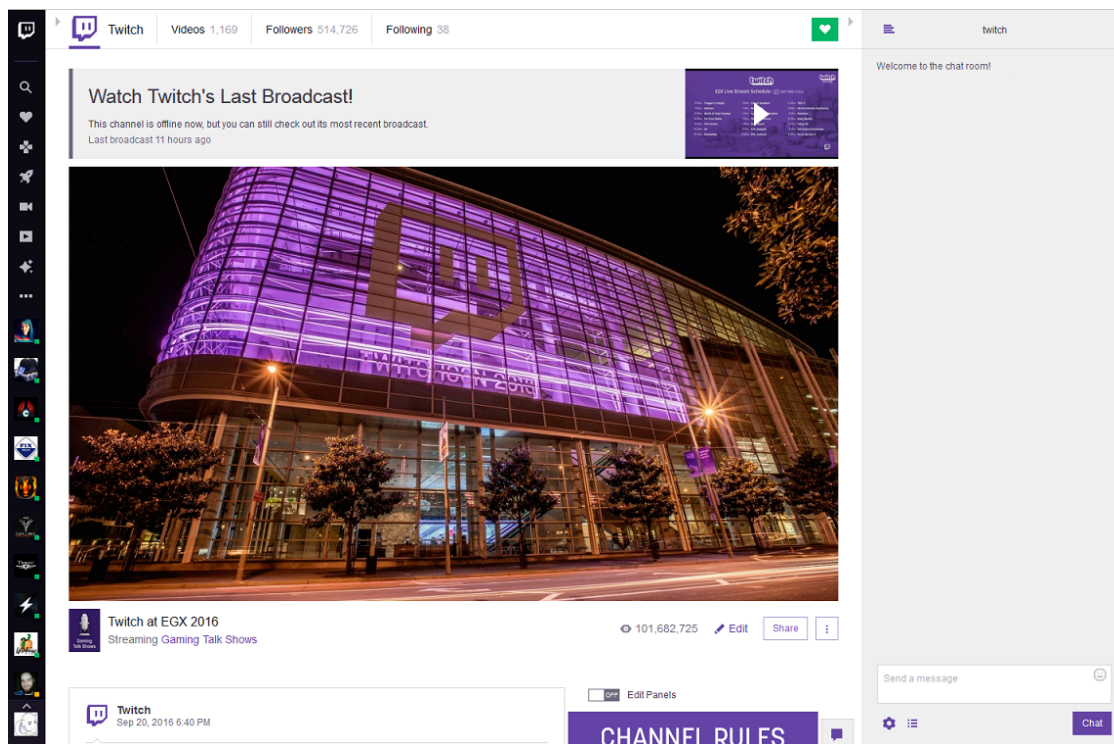
Taulukko 4. YouTube Liven lähetyksivaatimukset (Live encoder settings, bitrates, and resolutions).

Vaatimukset videosignaaliille	Vaatimukset äänisignaaliille
Koodekki jolla videokuva on pakattu: H.264, va-kiobittinopeudella	Koodekki, jolla ääni on pakattu: AAC-LC tai MP3
Kuvanopeus korkeintaan 60 kuvaa sekunnissa	Näytteenottotaajuus: 44,1 kHz
Keyframejen väli: suositellusti 2 sekuntia, mutta korkeintaan 4	Suurin bittinopeus: 128 kbps stereo-äänelle

Verkkolähetyksalustojen tarjoama lisäarvo

Verkkolähetyksalustojen, kuten YouTube Liven ja Twitch.tv:n, suurin tarjoama lisäarvo lähettävän tahon kannalta on alustan personoitavuus. Lähetyksen yhteydessä näytettävät kuvat ja tekstit auttavat brändin rakentamisessa. Toisaalta alustaa voidaan hyödyntää myös esimerkiksi lahjoitusten keräämiseen, tapahtumaan tai henkilöön liittyvien tavaroiden myyntiin tai maksullisena mainostilana.

Katsojan kannalta jakelualustat tarjoavat mahdollisuuden tilata tai seurata lähetyksen tuottamaa tahoa, jolloin käyttäjä saa ilmoituksen aina kun lähettäjän seuraava lähetyks on alkanut. Katsojat voivat myös keskustella lähetyksestä lähetyksen yhteydessä esitettävässä keskusteluosiossa. Keskusteluosion avulla katsoja voi olla aktiivisena osallistujana yhteydessä muihin katsojiin sekä lähettävän tahon kanssa. Suuremmissa e-urheilutapahtumissa keskustelua ylläpitää erillinen e-urheilutapahtuman toteuttavaa tahoa edustava henkilö tai esimerkiksi selostaja.



Kuva 13. Lähetyksen yhteydessä voidaan näyttää muuta katsojaa mahdollisesti kiinnostavaa materiaalia, esimerkiksi keskustelualueen säännöt tai linkki lähettäjän muihin sosiaalisen median profileihin (Channel page guide).

Lähetyksen jakaminen suorana televisiojakuun

E-urheilun tuotanto voidaan jakaa kahteen leiriin keskusteltaessa televisiotuotannosta. Verkkolähetyksalustojen suuren suosion takia ovat monet e-urheiluorganisaatiot siirtäneet priorisoinnin pois televisiojaketusta. Esimerkiksi täysin e-urheilun ympärille keskittynyt korealainen televisiokanava MBCGame lopetti toimintansa vuonna 2012 taloudellisista syistä. (Tack 2013.) Kuitenkin useat toteuttavat organisaatiot ovat halunneet viedä e-urheilulähetyksiä myös televisiojaketun puolelle, pääintressinä saada e-urheilun ympärille korkealaatuista tuotantotasoa ja mahdollisesti uusia katsojia esimerkiksi perinteisen urheilun katsojakunnasta. Televisiojaketun on nähty myös olevan enemmän suuria mainostajia kiinnostava formaatti. (Kolev 2013.)

E-urheilun suoraan jakelun kannalta ongelmallista on PAL-maissa käytettävä kuvanopeus. Suurin osa nykyisin ammattitasolla pelattavista peleistä perustuu vähintään 60 kuvaa sekunnissa -formaattiin, kun taas eurooppalainen PAL-kuvastandardi 25 kuvaa sekunnissa. Käytännössä kuvanopeus joudutaan skaalaamaan alaspäin, mikä vaikuttaa lähetyksen kuvanlaatuun. Myös kuvaresoluution merkitys vaihtelee televisiokana-

van toteutuksen ja määräyksien mukaan. Arvioiden mukaan e-urheilun katsojakunnasta noin 60 % on tottunut pelaamaan myös itse lähetyksessä pelattavaa peliä, jolloin merkittävän informaation häviämisen voidaan nähdä häiritsevän katsojakokemusta (Irwin 2016).

2.10 E-urheilun ominaispiirteitä

Vaikka videopelien suunnittelun pohjalla on aina pääasiassa pelaajan käyttäjäkokeemus, on monet pelit suunniteltu vastaamaan myös e-urheilun teknisiä tarpeita suunnittelusta lähtien. Pelikehittäjät voivat myös päättää lisätä myöhemmin e-urheilua edistäviä ominaisuuksia tai tehdä jopa kompromisseja pelin suunnittelussa edistääkseen pelin e-urheilumahdollisuuksia. Sellaiset pelit kuin Dota2 tai League of Legends on ainakin osittain suunniteltu tukemaan amatillista kilpailua julkaisusta lähtien (Senior 2011) (Sullivan 2011).

Spectator-tila

Sen lisäksi, että pelaajat voivat osallistua tiettyyn peliin, monet pelinkehittäjät ovat lisänneet peliin niin sanotun spectator-tilan, jonka avulla käynnissä olevaa peliä voidaan seurata reaaliajassa. Toiminto voi vaihdella niin, että katsojat voivat katsella pelin etenemistä haluamansa kilpailevan pelaajan näkökulmasta tai vaihtoehtoisesti yleisnäkymänä koko pelialueesta, jolloin katsoja voi seurata mitä tahansa pelissä tapahtuvaa toiminnallisuutta. Spectator-tila on joissain tapauksissa hieman viivästetty, joten kilpailevaa joukkuetta estetään saamasta kilpailuetua. (Sullivan 2011.)

E-urheilulähetyksissä näytettävä kuva on yleisimmin ottelusta esitettävää spectator-tilan kuvamateriaalia, jota selostajat kommentoivat.

Verkkopelaamisen yleistyminen

E-urheilun yleistymiseen on vaikuttanut merkittävästi verkkopelaamisen lisääntynyt mahdollistuminen. Pelin verkkopelaamista tukevat palvelimet on usein erotettu eri maiden alueille, jolloin pelaajat voivat perustaa reaaliaikaisia yhteyksiä eri puolilla maailmaa. E-urheilun kannalta puhtaan verkkopelaamisen varjopuolia ovat kuitenkin lisääntyneet vaikeudet tunnistaa huijaaminen verrattuna fyysisiin tapahtumiin ja toisaalta suu-

remman verkon latenssi, joka voi vaikuttaa negatiivisesti pelaajien suorituskykyyn, erityisesti korkeilla kilpailutasoilla. Useita erityisesti pienempiä kilpailuja kuitenkin järjestetään puhtaasti verkossa.

Paikallisverkko

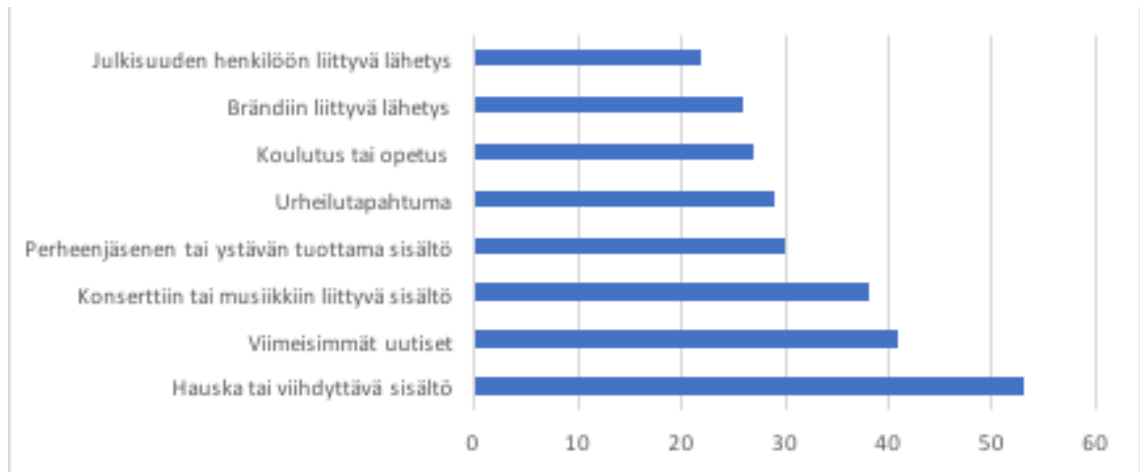
Pelien pelaaminen paikallisverkon sisällä mahdollistaa pelaamisen lyhyellä viiveellä ja yleisesti paremmalla laadulla. Koska kilpailijoiden on paikallisverkon sisällä pelattaessa oltava fyysisesti läsnä, helpottuu esimerkiksi pelin valvonta ja huijaamisen estäminen merkittävästi. Tällöin voidaan myös taata kaikille kilpailijoille samat laitteistotason mahdollisuudet. Käytännössä suurin osa isommista e-urheiluturnauksista toteutetaan tapahtuman järjestäjän määrittämässä paikallisverkossa. (McWhertor 2012.)

2.11 Katsojan vaatimukset

Sosiaalisen median sovellusten, kuten Periscopopen, Facebook liven tai Twitch.tv:n, ansiosta käytännössä kuka tahansa käyttäjä pystyy lähettämään livekuvaa suurille yleisöille ympäri maailman esimerkiksi mobiililaitteellaan. Verkkolivelähetykset ovat tulleet huomattavan suureksi osaksi käyttäjien arkea. Voidaan olettaa, että ilmiön pohjalta yleisön vaatimus verkkolähetyksen teknisen toteutuksen laadusta on laskenut ja toisaalta kilpailun kasvaessa lähetyksen sisältövaatimukset ovat kasvaneet.

Katsojalle tärkeintä on saada informaatio muodosta riippumatta juuri tapahtumahetkellä. Global web indexin tutkimuksen mukaan vuonna 2016 toiseksi suurin osa verkkolivelähetyksen kiinnostuksen kohteista keskittyi viime hetken uutisiin. Tärkein ja eniten mielenkiintoa herättävä livenessisältö on hauska tai viihdyttävä sisältö. (Mander 2016.)

Kuvassa 14 näkyy prosentuaalinen kiinnostuksen jakautuminen livenessisällölle livelähetysovelluksissa.



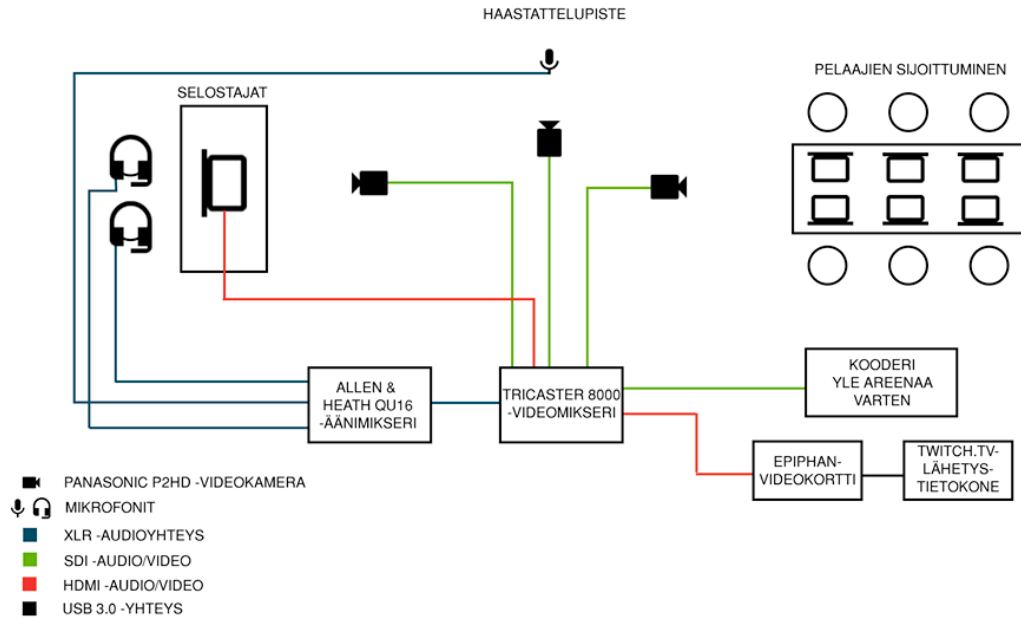
Kuva 14. Prosentuaalinen kiinnostuksen jakautuminen livesisällölle livelähetyssovelluksissa (Mander 2016).

3 Produktion tekninen toteutus

3.1 Produktiossa käytetty tekniikka

Tässä luvussa esiteltävä produktio perustuu Metropolian järjestämään Unigames-tapahtumaan, jossa verkkoon lähetettävä sisältö perustuu yliopistojen väliseen League of the Legends -peliturnauksen loppuotteluun. Lähetys näytettiin suorana Yle Arenassa ja Twitch.tv:ssä, ja tämä asetti tiettyjä vaatimuksia käytettävälle lähetystekniikalle.

Lähetystekniikan keskeisimpänä työkaluna oli TriCaster8000-videomikseri, johon yhdistetyt kamerat, pelivideovirta, grafiikka ja ääni miksataan yhdeksi kokonaisuudeksi. Produktiossa käytettiin Allen&Heath QU16 -äänimikseriä, jossa peli- ja selostajaäänille tehtiin halutut prosessoinnit, minkä jälkeen ääni ohjataan suoraan TriCaster8000:een yhdeksi äänilähteeksi. Lähetyksessä käytetyt äänet erotettiin täysin paikalla olevan yleisön tilaäänistä, ja tämä omalta osaltaan helpottaa lähetyssäänien nopeaakin muokkaamista ja käsittelyä. Yhteen koottu lähetyskokonaisuus ohjattiin suoraan TriCaster8000:sta ääni- ja videovirtana SDI-kaapelia pitkin Yleisradion omaan kooderiin, jonka kautta lähetys ohjattiin Yle Arenan omaan CDN:ään ja sitä kautta eri laatuversioina Yle Arenaan. Toisaalta TriCaster8000:sta lähetys ohjattiin HDMI-kaapelia pitkin Epiphan-videokaappauskortin läpi erilliseen lähetystietokoneeseen. Tässä tietokoneessa lähetysten päälle lisäti erilliset sponsorimainokset ja lähetys ohjataan suoraan Twitch.tv:hen. Lähetystekniikan suunnitelma on havainnollistettu kuvassa 15.



Kuva 15. UniGames-tapahtuman lähetystekniikan suunnitelma.

3.2 Yhteys toteuttavan tiimin sisällä

Tuotantoa toteuttavan tiimin sisällä yhteydenpito toteutetaan yleisesti com-järjestelmällä. Informaation kulku pitää tiimin jäsenet koko tapahtuman läpi tietoisena parhaillaan tapahtuvista asioista ja siitä, mihin tulee seuraavaksi varautua. Esimerkiksi ohjaaja tai videomiksaaja voi pyytää kameramiehiä muuttamaan haluttua kuvakulmaa tai rajausta, tai selostajille halutaan informoida mahdollisesti muuttuneesta aikataulusta. Ohjaaja tai videomiksaaja informoi myös lähetyksen kulusta muille tiimin jäsenille, esimerkiksi mitä kuvaa näytetään juuri tällä hetkellä ja mihin kuvasisältöön siirrytään seuraavaksi. Komennot ja informoinnit kameraoperaattoreille ovat yleisesti vakiintuneet toteuttavan tiimin sisällä ja riippuvat käytännössä tuotannon kokoluokasta ja tiimin omasta vakiintuneesta terminologiasta. Perinteisesti komennot voivat sisältää esimerkiksi halutun kuvakoon muutoksen tietylle kameralle, kameran kohteen seuraamisen ja sen, milloin kamera siirtyy näytettäväksi lähetykseen. (Korvenoja 2004: 124.)

3.3 Tapahtuman juonto ja pelaajahaastattelut

Produktion mittaluokasta riippuen tulee juontoa varten varata haluttu määrä videokameroita sekä mikrofoneja selostajia varten. Myös pelaajahaastattelua varten tulee varata mikrofoni.

Pienen mittakaavan e-urheilutapahtumissa on yleistä, että juontajana toimivat henkilöt muuttavat seuratun pelaajan kuvaa spectator-tilassa samalla, kun selostavat, mitä pelissä sillä hetkellä tapahtuu. Suurissa tapahtumissa katsojakuva voidaan joko ohjata selostajille tai vaihtoehtoisesti toteuttaa samalla tavalla kuin pienemmissä tapahtumissa. Yleisenä käytäntönä selostajat toimivat myös studiokommentaattoreina ennen e-urheilua ottelua tai sen jälkeen. Tästä syystä videomikseriin yhdistetty kameraindikaattori joka osoittaa ovatko selostajat kamerakuvana lähetyksessä vai eivät, on hyödyllistä lisätä myös tuotannon teknisiin vaatimuksiin.

Pelaajahaastattelut voidaan toteuttaa staattisella kameraratkaisulla, jossa ennen peliä tai sen jälkeen pelaajilta kysytään tunnelmia tapahtumaan ja suoritukseen liittyen. Tärkeintä kokonaisuuden kannalta on, että pelaajat ja myös muut toimihenkilöt ovat tietoisia tapahtuman aikataulutuksesta ja siihen mahdollisesti tulevista muutoksista. Jos tapahtuman aikataulutus jostain syystä venyy, ovat pelaajahaastattelut hyviä vaihtoehtoja, joilla lähetyssaikaa eri otteluiden välillä voidaan täyttää. Muita vaihtoehtoja voivat olla esimerkiksi edellisen ottelun analysointi uusintojen perusteella tai seuraavan ottelun ennakoanalysointi.

3.4 Grafiikan ja äänen käsittely

Produktioesimerkissä yhden henkilön vastuualueeseen kuuluu sekä tarvittavan peligrafiikan ja turnaustaulukoiden päivittäminen ja ajaminen lähetykseen, että lähetyksen äänitasojen valvominen ja miksaaminen. Henkilön tulee olla tietoinen tapahtuman aikataulutuksesta, jolloin grafiikan ja esimerkiksi äänimikserin esiasetusten määrittäminen helpottuu huomattavasti.

Äänenkäsittely

Esimerkin produktiossa äänilähteiden määrä oli suhteellisen pieni. Äänet tulivat selostajilta, pelaajien haastattelupisteeltä tai esimerkiksi valitusta taustamusiikkilähteestä. Kuitenkin kokonaisuus tulee testata ja ajaa lävitse muutamaan kertaan ennen lähetystä, ja äänitasoja tulee seurata aktiivisesti suorana niin paikallisesti kuin lähetyksestäkin. Kokemukseni mukaan yleisimmiksi ongelmiksi äänimiksauksen kannalta osoittautuvat ääni- ja videomikserin väliset asetukset, jotka tulee tarkistaa ennen lähetyksen aloittamista. Useat tuotantotason äänimikserit tarjoavat myös mahdollisuuksia tehdä esiasetuksia äänilähteille, mikä helpottaa liveäänen käsittelyä merkittävästi. Esiasetukset mahdollistavat muun muassa erilaisten tehtävien ennalta määrittämisen, kuten esimerkiksi muiden kuin selostajamikrofonien kytkeminen äänettömäksi tai pelkästään taustamusiikin soittaminen.

Grafiikan ajaminen lähetykseen

Esimerkin henkilön tulee seurata aktiivisesti lähetyksen tapahtumia ja tehdä sitä mukaa muutoksia esimerkiksi ottelukaavioihin ja lähetyssajankohtiin ja ajaa grafiikan vaatimuksen mukaan lähetykseen. Esimerkiksi esiteltävien pelaajien nimiplanssien kirjoittaminen ennakkoon helpottaa grafiikan ajamista merkittävästi. Myös muun mahdollisen grafiikan, kuten aikataulupohjien ja mahdollisten mainosten, ajankohta tulee miettiä tarkkaan ennen lähetyksen aloittamista.

3.5 Lähetyksen videomiksaus ja kameroiden operatiivinen toiminta

Esimerkkiproduktiossa henkilö, joka on vastuussa lähetyksen videomiksauksesta vastaa pääasiassa lähetyksessä näkyvän kuvan määrittämisestä. Produktion kokoluokasta riippuen, voidaan lähetyksessä käyttää myös erillistä ohjaajaa. E-urheilutapahtumien luonteen vuoksi on ohjaajan käyttö kuitenkin harvinaista, sillä yleensä juontajat vastaavat näytetystä pelikuvasta. Videomiksaajan tulee kuitenkin olla tietoinen tapahtuman kokonaiskuvasta ja ohjata lähetystä luontevasti otteluiden välillä. Lisäksi jos produktiolla ei ole erillistä ohjaajaa, tiedonvälitys ryhmän sisällä kulkee yleensä videomiksaajan kautta.

Yleisesti ottaen videomiksaaja on vastuussa myös kameroiden operatiivisesta toiminnasta eli kameramiesten ja selostajien ohjeistamisesta.

Robottikameroiden käyttö mahdollistaa parhaimmillaan yhden henkilön samanaikaisen videomiksauksen sekä kameroiden operatiivisen toiminnan (olettaen, että kamerat pysyvät staattisina leikkausten välillä). E-urheilulähetykselle tyypillistä on taukojen ajaksi sumennettu kamerakuva tapahtumamiljööstä, jonka päälle ajetaan tiedotusgrafiikkaa tapahtuman jatkumisajankohdasta.

3.6 Mainosten ajaminen lähetykseen

Produktiossa, jossa jakelukanava kieltää mainosten näyttämisen lähetyksessä, tulee toteutus miettiä erilaisesta lähtökohdasta. Esimerkin produktiossa lähetykseen ajettiin kansallisesti rahoitettuun jakelukanavaan (Yle Areena) ja samanaikaisesti mainosrahoitettiin jakelupalveluun (Twitch.tv). TriCaster 8000:ssa yhteen miksattu video- ja äänisignaali ohjattiin suoraan Yle Areenaan ja toisaalta edelleen HDMI-yhteydellä toisen lähetystietokoneen videokorttiin. Mainosten näyttämisestä vastaava tietokone otti vastaan TriCaster 8000:sta tulevan video- ja äänisignaalin Open Broadcaster -ohjelmistoon, jossa videokortti oli asetettu yhdeksi lähteeksi. Open Broadcasteriin ladataan lähteeksi tapahtuman sponsoreiden antamat mainokset (esimerkiksi logot, videot tai muut kuvat). Henkilö, joka on vastuussa mainosten ajamisesta Twitch.tv-lähetykseen miksaa videokuvaan annetut mainokset ennakkoon sovituille hetkillä. Joissain tilanteissa saatetaan pientä mainosbanneria näyttää koko lähetyksen ajan videokuvan päällä. Mainosten ajamisesta vastaava henkilö vastaa usein myös lähetyksen seuraamisesta eri jakeluverkoista ja samalla esimerkiksi Twitch.tv-lähetyksen keskustelualueen ylläpidosta.

4 Lähetystekniikan tulevaisuus

4.1 Jakelukanavien muutokset

Uusien teknologioiden mahdollistamat markkinat ovat lisänneet merkittäviä muutoksia broadcasting maailmaan. Viime vuosina syntyneet uudet alustat muodostavat uudenlaisen e-urheiluun yhdistettävän niin sanotun sosiaalisen TV:n, joka mahdollistaa katsojan interaktiivisen osallistumisen lähetykseen ja henkilökohtaisella tasolla sitoutumisen lähetettävään sisältöön. Lähetyksen toteuttavat tahot eivät enää ole riippuvaisia

perinteisistä lähetyksen menetelmistä, mikä mahdollistaa myös laajemman kilpailun niin sisällön kuin monipuolisuudenkin osalta esimerkiksi e-urheilussa.

E-urheilun pohjalle syntyneet jakelualustat, kuten Twitch.tv, ovat mielestäni vauhdittaneet jo pitkään ennustetun verkkopohjaisen televisiojakelun eli Internet Protocol Television (IPTV) toteutumista. Esimerkiksi vuoden 2017 helmikuussa julkaisuvaiheeseen siirtynyt YoutubeTV mahdollistaa yhdysvaltalaisen kaapelikanavien katsomisen internetin välityksellä kiinteään kuukausihintaan. Myös Yleisradion näkemyksessä täysin internetiin siirtyvän televisiolähetyksen toteutuminen olisi mahdollista jo noin viiden vuoden kuluttua kirjoitushetkestä.

Suomessa IPTV:n mahdollistuminen on oletettavan todennäköistä, sillä valtioneuvoston määrittämä Laajakaista kaikille -hanke on antanut jo teoriassa 99 % vakituisista asunnoista ja julkishallinnon organisaatioista tasa-arvoisen mahdollisuuden liittyä huippunopeaan tietoliikenneyhteyteen riippumatta asuinpaikasta. Hankkeen määritelmän mukaan käytännössä enintään kahden kilometrin etäisyydellä asutuksesta tulee olla vähintään 100 mbit/s -valokuitukaapelin tietoliikenneyhteys (Valtioneuvosto 2015). Ennen valtioneuvoston määrittämää rajoitusta ainoa rajoittava tekijä IPTV:n kannalta on ollut valtiorahoitteisten toimijoiden, kuten Yleisradion, Suomen lain pohjalta määritetty velvoite mahdollistaa kansallisen televisiopalvelun katsominen, missä tahansa valtion rajojen sisäpuolella (Laki Yleisradio Oy:stä luku 3 § 7). Toisaalta IPTV mahdollistaa nykyisten kansallisen televisiojakuverkon rajoitteiden (kuten esimerkiksi kuvanopeuden ja data-rajoitusten) poistumisen, jolloin myös televisiosta tulee käyttäjän määritysten mukainen mediavastaanotin (Honka 2016). Yleisradion mukaan myös lähetysorganisaatiot joutuvat muutamaa toimintatapaansa ja strategiaansa uuden digitelevision määrittämisen mukaiseksi.

4.2 Kansalliset lähetysorganisaatiot muutoksen keskellä

Kuluttajakunnan tottumusten muutos on ajanut myös suuret lähetysorganisaatiot muokkaamaan tarjoamiaan palveluita. "Video on demand- eli tilausvideotyypiset verkkopalveluratkaisut ovat nousseet suuriksi kuluttajaelämyksiksi perinteisen televisiotarjonnan rinnalle. Kuluttaja ei ole enää riippuvainen yhdestä laitteesta tai tietystä lähetyssajakohdasta, jolloin hänen haluamansa sisältö on nähtävissä. Organisaatioiden tarjoamat verkkopalvelut antavat myös uudenlaisen mahdollisuuden seurata suorana sa-

maa televisiolähetystä kuin perinteisestä televisioverkosta. Alan toimijoiden mukaan lähettävä organisaatio on tulevaisuudessa lähinnä sisältöjen kokoaja, jossa lähetyspalveluun kerätään erilaisia videosisältöjä, joita katsoja voi halutessaan katsoa haluamassaan järjestyksessä ja ajankohtana. (Haapa-aho & Ljungberg 2017). Väitettä tukee myös kirjoitushetkellä julkaisussa olevan YoutubeTV:n määrittelemät ominaisuudet, joissa katsojalle annetaan lähetetyn ohjelman jälkeen mahdollisuus katsoa aiheeseen liittyviä videoita ja lisämateriaaleja video on demand -tyyppisesti YouTube-palvelusta (Jarvey 2017). Alan toimijoiden mukaan lähetysorganisaatioiden suorien lähetysten fokus tulee olemaan entistä enemmän uutisten ja suurien urheilulähetysten ympärillä, joissa lähetysten tuotantoarvo halutaan pitää korkealla. Kehityskulun voidaan olettaa jatkavan samaan suuntaan, jolloin myös televisio päätelaitteena oletettavasti muuttuu internetvideoiden vastaanottimeksi ja kilpailu jakeluorganisaatioiden kesken kasvaa (Haapa-aho & Ljungberg 2017).

4.3 Tulevaisuuden kehitykseen vaikuttavat teknologiat

Verkkoteknologian kehittyminen viimeisen kymmenen vuoden aikana on mahdollistanut tietoyhteiskunnan syntymisen ja internetin vaikutuksen lähes jokaisen yksittäisen henkilön ja organisaation toimintaan. Verkkoteknologioiden kehittyminen myös jatkossa mahdollistaa useiden kirjoitushetkellä lähetystekniikassa olevien rajoitteiden poistumisen esimerkiksi mobiiliin tiedonsiirron osalta.

4.3.1 5G-verkko

5G-verkko viittaa viidennen sukupolven langattomaan tiedonsiirtoon. 5G mahdollistaa huippunopean mobiililaajakaistan käytön ja on arvioidusti noin sata kertaa nopeampi kirjoitushetkellä käytössä olevaan 4G-mobiiliverkkoon verrattuna (Osseiran ym. 2014: 26–35). 5G-standardin kehittäminen on edelleen kesken, ja sen oletetaan valmistuvan vuosikymmenen loppuun mennessä. 5G:n mukanaan tuoma hyöty on huippunopea tiedonsiirto paikasta riippumatta 5G-verkon sisällä. Tällöin tiedonsiirto mobiilisti tulee entistä varmemmaksi ja tämä voidaan oletettavasti nähdä myös esimerkiksi livelähetysten määrän ja laadun kasvuna. 5G-standardin esiversioihin perustuvia verkkoja aiotaan ottaa käyttöön esimerkiksi jo vuoden 2018 Etelä-Korean talviolympialaisissa (Lucas 2017). Alan toimijoiden mukaan esimerkiksi ainakin kiireellisenä nähtävien uutisten livelähetttäminen paikasta riippumatta voitaisiin toteuttaa mobiilisti (Haapa-aho &

Ljungberg 2017). Lähetysorganisaatiot eivät enää välttämättä ole riippuvaisia nopeista kaapeliyhteyksistä puhuttaessa lähetystekniikasta, kuitenkin verkkoteknologian kehittymisen todellisia vaikutuksia voidaan vain spekuloida ennen varsinaista siirtymistä uuteen verkkostandardiin.

4.3.2 IPv6-verkko

IPv6-verkko on nykyisin käytössä olevan IPv4-verkon jatkajaksi kehitetty verkkoprotokolla. IPv6-verkko käyttää 128-bittistä osoitemäärää, mikä tarkoittaa noin 340×10^{36} osoitetta. IPv4-verkon 32-bittiseen ja noin 4×10^9 osoitemäärään verrattuna verkon kokoluokka tulee olemaan massiivinen. Osoitemäärän kasvattaminen on suurin yksittäinen syy uuden protokollan kehitykselle, sillä IPv4-verkon osoitemäärä on käymässä vähiin (Ipv6.org.) IPv6-verkon käyttöön siirtyminen on alkanut verkkoyhtiöiden osalta ympäri maailman, ja esimerkiksi yhdysvaltalainen verkkoyhtiö Verizon Wirelessin asiakkaista 70 % käytti IPv6-verkkoa jo vuoden 2015 aikana (Swisscom Doubles IPv6 Deployment – Verizon Wireless Hits 70% IPv6 2015).

IPv6-verkon mukanaan tuomat hyödyt loppukäyttäjän kannalta ovat merkittävät, sillä nykyisen IPv4-protokollan yhteydessä käytettävää osoitteenkääntöä ei tarvita. Osoitteenkääntö (NAT) tekee esimerkiksi internetistä sisäverkkoon tehtävien yhteyksien muodostamisesta monimutkaisempaa, mikä voi aiheuttaa yhteysongelmia esimerkiksi monin pelissä, jossa useampi henkilö pelaa peliä osoitteenkäännön takaa. IPv6-verkon julkisia osoitteita riittää kaikille laitteille, jolloin internetverkon reitittäminen helpottuu merkittävästi. Tällöin esimerkiksi lähetysteknisten laitteiden määrä oletettavasti kasvaa entisestään. (FAQs.)

Toinen merkittävä IPv6-verkon hyöty jakelutekniseltä kannalta on multicastingin eli niin sanotun ryhmälähetyksen käytön vakiintuminen. Multicasting on myös yleisesti IPv4-verkossa käytetty toiminnallisuus, jossa yksi lähetettävä datapaketti lähetetään useaan kohteeseen samanaikaisesti. Multicast-lähetykselle on määritetty tietty vastaanotto-ryhmä, johon käyttäjä voi halutessaan liittyä. Multicastingia käytetään yleisesti juuri esimerkiksi varhaisissa IPTV-sovelluksissa. IPv6-verkon multicastingtoiminnallisuus on hyvin saman kaltainen kuin IPv4-verkkostandardissa, mutta lähetystavasta on poistettu tiettyjä rajoittavia protokollia, jotka helpottavat multicastingtoiminnallisuuksien kehittämistä. (Ipv6.org.) Koska IPv6-standardissa multicasting on standardoitu, voidaan olettaa, että myös IPTV-sovellusten käyttö lisääntyy.

5 Johtopäätökset

E-urheilun mukanaan tuomat uudenlaiset livelähetyksmahdollisuudet ovat synnyttäneet uudenlaisen internetpohjaisen yhteisön ja markkinapaikan. Mielestäni e-urheilulähetykset ovat olleet tärkeässä asemassa muuttamassa katsojien ja lähetyksorganisaatioiden lähestymistapaa livelähetyksien lähetysteknisestä näkökulmasta, ja täten ne ovat vaikuttaneet uusien teknologioiden ja ratkaisujen syntymiseen. E-urheiluun liitettävä interaktiivinen lähetyks, jossa katsojat voivat kommentoida sisältöä, on suoraan vaikuttanut myös muiden IPTV-tyyppisten interaktiivisten lähetyksmuotojen syntymiseen.

Myös uusien helppokäyttöisten verkkojakelualustojen syntyminen on vaikuttanut verkkokatsojamäärien huomattavaan kasvuun. Käyttäjät eivät välttämättä tarvitse erillistä ohjelmaa haluamansa lähetyksen katsomiseen verkosta, vaan lähetyks voidaan seurata selaimella ja käyttäjän haluamalla päätelaitteella. Lisäksi interaktiivinen lähestymistapa e-urheilulähetyksiin on mahdollistanut ammattipelaajille uudenlaisen tavan saada tuloja katsojien lahjoituksista. Ammattipelaajat eivät ole enää riippuvaisia vain yrityssponsoreista, vaan tarjoamalla katsojia viihdyttävää sisältöä pelaaja voi tehdä harrastuksestaan ammatin katsojien tukemana. Toisaalta myös ammattipelaamisen yleistymisen on tuonut mahdollisuuden tehdä videopelaamisesta ammatti, mikä ei ollut mahdollista vielä vuosituhaten alussa. Pelaajien ja yleisön vuorovaikuttaminen on mielestäni ollut merkittävässä asemassa murtautamaan perinteisen passiivisen katsojakokemuksen rajoja. Koska e-urheilu on tuore viihdegenre, tarjoaa sen tietynlainen arvaamattomuus jännitystä ja nautittavaa sisältöä niin katsojille, kuin koko markkina-alalle.

Insinööriyön esimerkkiproduktion toteutustapa osoittaa, että e-urheilun ja interaktiivisten livelähetyksien käytännöt eivät ole vielä täysin vakiintuneet, verrattuna esimerkiksi perinteisten television tarjoamiin suoriin lähetyksiin urheilun tai musiikin alalla. Tällöin uusien, kokeilunhaluisten ja innovatiivisten katsojakokemusta edistävien elementtien lisääminen lähetykseseen on myös helpompaa.

Tämä tutkimus osoittaa, että teknologian kehitys on luonut mahdollisuuden uudenlaisen viihteen genren syntymiseen. Käyttäjien kiinnostusta aktiiviseen ja helposti lähestyttävään mediasisältöön on, ja lähetyksorganisaatioiden on vastattava tämän kysynnän kasvuun luomalla lisää mahdollisuuksia niin sisällöntuotannon kuin kuluttamisen kan-

nalta. Yhteisöllinen lähestymistapa livelähetyksiin tuo yhdistelmän mukavuutta ja viihdettä ja luo uutta sosiaalista sisältöä, jota perinteisen lähetyksen menetelmät eivät tarjoa.

Lähteet

3Gb/s SDI for Transport of 1080p50/60, 3D, UHD TV1 / 4k and Beyond. Verkkodokumentti. Smpte. <<https://www.smpete.org/sites/default/files/2013-09-10-3GSDI-Hudson-V3-Full.pdf>>. Luettu 11.2.2017.

Broadcast Requirements. Verkkodokumentti. Twitch.tv. <<https://help.twitch.tv/customer/portal/articles/1253460-broadcast-requirements>>. Luettu 18.2.2017.

CasparCG Documentation. Verkkodokumentti. CasparCG.com. <http://casparcg.com/wiki/Main_Page>. Luettu 11.2.2017

Channel page guide. Verkkodokumentti. Twitch.tv <<https://help.twitch.tv/customer/en/portal/articles/2580258-channel-page-guide>> Luettu 18.3.2017.

Dreamhack and Twitch.tv. announce record breaking online viewership. 2011. Verkkodokumentti. Dreamhack.se. <<http://www.dreamhack.se/dhw11/2011/12/06/dreamhack-and-twitch-tv-announce-record-breaking-online-viewership/>>6.12.2011. Luettu 23.3.2017.

FAQs. Verkkodokumentti. IPv6.org. <<http://www.ipv6.org.nz/ipv6-faqs/>>. Luettu 7.4.2017.

Haapa-aho, Jarkko & Ljungberg, Toni. 2017. Kehityspäällikkö & Streaming media development manager. Yleisradio Oy, Helsinki. Haastattelu 8.2.2017.

Honka, Niina. 2016. Yle ottaa loikan kohti verkkotelevisiota. Verkkodokumentti. Yle <<http://yle.fi/aihe/artikkeli/2016/09/20/yle-ottaa-loikan-kohti-verkkotelevisiota>>. 20.9.2016. Luettu 1.4.2017.

How Long Can HDMI Cable Be Run? Verkkodokumentti. Blue Jeans Cable. <<http://www.bluejeanscable.com/articles/how-long-can-hdmi-run.htm>>. Luettu 18.2.2017.

Irwin, Arianna. 2016. 2017 Is The Year of eSports. Verkkodokumentti. Votion. <<http://blog.votion.co/2017-is-the-year-of-esports>>. 22.11.2016. Luettu 25.3.2016.

Jarvey, Natalie. 2017. YouTube TV Launches in Five Markets. Verkkodokumentti. Billboard. <<http://www.billboard.com/articles/business/7751691/youtube-tv-launches-in-five-markets>>. 6.4.2017. Luettu 7.4.2017.

Kolev, Radoslav. 2013. DreamHack partners with MTG for eSports studio in Stockholm. Verkkodokumentti. Go Sugamers. <<http://www.gosugamers.net/news/25446->

dreamhack-partners-with-mtg-for-esports-studio-in-stockholm>. 25.9.2013. Luettu 18.3.2017.

Korvenoja, Pekka 2004. TV-kameratyön perusteet. Helsinki: Helsingin ammattikorkeakoulu Stadia.

Laajakaista kaikille hankkeeseen lisää vauhtia. 2015. Verkkodokumentti. Valtioneuvosto. <http://valtioneuvosto.fi/artikkeli/-/asset_publisher/laajakaista-kaikille-hankkeeseen-lisaa-vauhtia>. Luettu 1.4.2017

Laki Yleisradiosta. 2005. 7/19.8.2005

Lewis, Richard. 2015. YouTube to relaunch livestreaming service with focus on esports and gaming. Verkkodokumentti. Dot Esports. <<https://dotesports.com/general/youtube-google-esports-livestreaming-1647>> 24.3.2015. Luettu 23.3.2017.

Live encoder settings, bitrates, and resolutions. Verkkodokumentti. Google. <<https://support.google.com/youtube/answer/2853702?hl=en>> Luettu 18.2.2017

Lucas, Erwan. 2017. In South Korea, the race is on for Olympics 5G next year. Verkkodokumentti. Phys.org. <<https://phys.org/news/2017-02-south-korea-olympics-5g-year.html>>. 28.2.2017. Luettu 1.4.2017.

Mander, Jason. 2016. Trends 2016: Rise of Live Streaming. Verkkodokumentti. Global Web Index. <<https://www.globalwebindex.net/blog/trends-2016-rise-of-live-streaming>>. 7.1.2016. Luettu. 23.3.2017.

McWhertor, Michael. 2012. League of Legends LAN version in development at Riot Games, Mac client news coming. Verkkodokumentti. Polygon. <<http://www.polygon.com/2012/10/17/3515164/league-of-legends-lan-version-in-development-at-riot-games-mac-client>>. 12.10.2012. Luettu 23.3.2017.

Millerson, Gerald & Owens, Jim. 2009. Television production. Amsterdam: Focal Press.

Musburger, Robert B. & Kindem, Gorham. 2009. Introduction to Media Production. Amsterdam: Focal Press.

Musburger, Robert B. 2002. Single-camera video production. Amsterdam: Focal Press.

New Twitch Rankings: top games eports total viewing hours. 2016. Verkkodokumentti. NewZoo.com. <<https://newzoo.com/insights/articles/new-twitch-rankings-top-games-esports-total-viewing-hours/>>.14.7 2016. Luettu 23.3.2017.

Open Broadcaster Software. Verkkodokumentti. OBS project. <<https://obsproject.com/>>. Luettu 17.2.2017.

Osseiran, A., Boccardi, F., Braun, V., Kusume, K., Marsch, P., Maternia, M., Queseth, O., Schellmann, M. & Schotten, H. 2014. Scenarios for 5G mobile and wireless communications: the vision of the METIS project. IEEE Communications 52/2014.

Papacharalampous, George. 2008. External video PC card for digital recording during otolaryngological endoscopic examination. Verkkodokumentti. <<http://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1016/j.otohns.2008.01.017>>. Luettu 11.3.2017.

Parameter values for the HDTV standards for production and international programme exchange. 2015. Verkkodokumentti. International Telecommunication Union. <https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/bt/R-REC-BT.709-6-201506-!!!PDF-E.pdf>. Luettu 28.3.2017.

Pesonen, Ossi. EiliumWeb. Verkkodokumentti. <<https://github.com/OssiPesonen/Eilium>>. Luettu 11.2.2017.

Recommendation H.265. 2016. Verkkodokumentti. International Telecommunication Union. <<https://www.itu.int/rec/T-REC-H.265-201612-I/en>>. Luettu 11.2.2017.

Roland. V-1HD HD Video Switcher. Verkkodokumentti. Roland. <<https://proav.roland.com/global/promos/v-1hd/>>. Luettu 11.2.2017.

Russell, Holly. 2014. Twitch cleans house by removing copyrighted audio and archived video. Verkkodokumentti. The Geek. <<http://www.geek.com/games/twitch-cleans-house-by-removing-copyrighted-audio-and-archived-video-1601461/>> 8.7.2014. Luettu 18.2.2017.

Senior, Tom. 2011. Dota 2 tournament showcases Valve's e-sports spectator package. Verkkodokumentti. PC Gamer. <<http://www.pcgamer.com/dota-2-tournament-showcases-valves-e-sports-spectator-package/>>. 17.8.2011. Luettu 18.3.2017.

Simpson & Greenfield. 2009. IPTV and Internet video: expanding the reach of television broadcasting. Amsterdam: Focal Press.

Sullivan, Lucas. 2011. The full breakdown on League of Legends' Spectator Mode. Verkkodokumentti. PC Gamer. <<http://www.pcgamer.com/the-full-breakdown-on-league-of-legends-spectator-mode/>>. 17.6.2011. Luettu 18.3.2017

Swisscom Doubles IPv6 Deployment – Verizon Wireless Hits 70% IPv6. 2015. Verkkodokumentti. Internet Society. <<http://www.internetsociety.org/deploy360/blog/2015/08/swisscom-doubles-ipv6-deployment-verizon-wireless-hits-70-ipv6/>>. Luettu 7.4.2017

Tack, Daniel. 2013. Riot games, "league of legends" and the future of eSports. Verkkodokumentti. Forbes. <<https://www.forbes.com/sites/danieltack/2013/09/04/riot-games-league-of-legends-and-the-future-of-esports/#1989079b613f>>. 4.9.2013. Luettu 18.3.2017.

Talbot-Smith, Michael. 1997. Audio Explained. Oxford: Focal Press.

Tarrant, Jon. 2003. Digital Camera Techniques. Oxford: Focal Press.

TriCaster8000. Verkkodokumentti. NewTek.
<<https://www.newtek.com/tricaster/8000/>>. Luettu 11.3.2017.

Venuti, Steve. 2008. Introducing HDMI 1.4 Specification Features. Verkkodokumentti.
<http://www.hdmi.org/download/press_kit/PressBriefing_HDMI1_4_Final_083109.pdf>.
Luettu 18.2.2017.

vMix Live Production & Streaming Software. Verkkodokumentti. vMix.
<<http://www.vmix.com/software>>. Luettu 18.2.2017.

Waggoner, Ben. 2010. Compression for great video and audio: master tips and common sense. Burlington, MA: Focal Press.

YouTube is now more popular than Google.com on desktop computers. 2016. Verkkodokumentti. The Telegraph.
<<http://www.telegraph.co.uk/technology/2016/02/01/youtube-is-now-more-popular-than-googlecom-on-desktop-computers/>>. 1.2.2016. Luettu 23.3.2017.

