
Multimedian tuottaminen ja jakaminen Kainuussa



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Mediatekniikan ko.

Riihimäki, kevät 2015

Mikko Malinen



RIIHIMÄKI
Mediatekniikan ko.
Mediajärjestelmät

Tekijä	Mikko Malinen	Vuosi 2015
Työn nimi	Multimedian tuottaminen ja jakaminen Kainuussa	

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli hahmottaa lukijalle monikamera-tuotantoon perustuvan suoratoiston eli streamauksen eri vaiheita ja erilaisia tekniikoita. Opinnäytetyö perustuu YouTuben avulla tuotettavaan suoratoistoon, ja käyttää apuna tämän toteuttamiseen Telestreamin Wirecast-ohjelmistoa. Työssä käydään läpi, kuinka streamaus tapahtuu YouTuben ja Wirecastin kanssa sekä tekniikkaa, jota tämän tyyppisessä streamauksessa käytetään. Lisäksi työssäni käydään läpi molempien ohjelmistojen käyttöä sekä mahdollisuuksia jakaa materiaalia eri verkkosivuille. Tekniseen osaan kuuluvat myös videokuvan rakenteen avaaminen sekä siihen liittyvät toimenpiteet, jotta materiaalia voidaan streamata verkossa. Työn tarkoituksena oli luoda rakenne toimivalle järjestelmälle, jolla Kuhmon kaupungin valtuustonkokouksia voidaan streamata internetin välityksellä.

Opinnäytetyön idean sain Kainuun sosiaali- ja terveydenhuollon kuntayhtymän tietohallinnolta, joka antoi työlleni tekniset määritykset, jotka koskivat lähinnä järjestelmän käyttöalustaa. Työ pohjautuu Windows-käyttöjärjestelmän ympärille luotavaan järjestelmään, jonka avulla voidaan välittää multimediaa loppukäyttäjille. Tämä työ keskittyy Kuhmon kaupungin valtuustonkokousten streamaamiseen.

Työn teoriaosuudessa käydään aluksi läpi tekniset vaatimukset järjestelmälle, mitä streamaaminen on sekä videokuvan käsittelyyn ja julkaisuun liittyviä toimenpiteitä, kuten enkoodaaminen ja siihen liittyvät toimenpiteet. Lisäksi työssä esitellään perinteiset streamauksen välitysprotokollat ja niiden eri ominaisuuksia. Työssä käsitellään YouTuben sekä Wirecastin eri ominaisuuksia ja toimintatapoja live-streamien tuottamiseen.

Lopputuloksissa todetaan monikameratuotannon teknisen toteuttamisen periaatteet live-streameihin YouTuben kautta sekä se, miten loppukäyttäjät voivat katsella streameja saumattomasti. Lisäksi lopputuloksissa esitetään esimerkkejä, kuinka valtuustonkokoukset voitaisiin streamata ammattimaisesti toteutettuna teknisen määrityksen puitteissa.

Avainsanat Streaming, monikameratuotanto, tekninen suunnittelu.
Sivut 50 s.

RIIHIMÄKI

Degree programme in Media Technology

Media systems

Author

Mikko Malinen

Year 2015

Subject of Bachelor's thesis
Kainuu

Production and delivery of Multimedia in


ABSTRACT

The main purpose of this thesis was to provide an insight into the multiple phases in a multi-camera production and the different stages of streaming and the techniques of producing live-streaming events. This thesis is based on how to produce live streaming via YouTube by using Telestream's Wirecast-software and the techniques which are used in this method. The thesis contains instructions on how to use these software platforms and the different possibilities for sharing the streams to the end-user. The technical parts of this thesis contain the structure of the video and different work phases that are needed to produce live-streaming events for internet publishing. The goal was to create a structure for a working streaming system which could be used to live-stream Kuhmo-city's council meetings via the internet.

The idea for this thesis was given to me by the IT-management of Kainuu Social Welfare and Health Care Joint Authority who also gave me some technical definitions about the streaming systems operation platform. The thesis project was based on for creating a streaming system around a Windows-operating system which could be used to provide streams and multimedia for the end-users.

The thesis starts with the technical specifications and details of a live-stream system and the technical work phases for producing video materials and publishing it. It also provides some basic information about live-streaming and the different work phases around it. These work phases contain video encoding and different operations and methods to encode and decode videos. The thesis contains also an insight to the basics of video streaming methods and broadcasting protocols. It also describes different methods for producing live-streams for YouTube using Wirecast and the methods and features which these platforms provide for the broadcasting user.

The end of the project contain the basic technical details for producing live-streams via YouTube and instructions on how end users can watch these streams seamlessly. It also provides some examples on how council meetings could be professionally streamed using the technical definitions as a guideline for the streaming system.



Keywords Streaming, multi-camera production, technical planning

Pages 50 p.

SANASTO

Enkooderi	Encoder	Laite tai ohjelmisto, joka pakkaa tietynlaisen algoritmin mukaisesti dataa, jolloin tiedoston kokoa saadaan pienennettyä.
Dekooderi	Decoder	Laite tai ohjelmisto, joka purkaa tietynlaisen algoritmin mukaisesti pakattua dataa sen alkuperäiseen muotoon.
Koodekki	Codec	Yhdistelmä sanoista Compressor ja Decompressor. Koodekkeilla hallitaan äänen- ja kuvasignaalin pakkaamista ja purkamista.
H.264	H.264	H.264 eli MPEG-4 AVC on videonpakkaus standardi, jonka avulla voidaan pakata videota ja ääntä haluttuihin tiedostomuotoihin.
x264	x264	Avoimeen lähdekoodiin perustuva videonpakkauksen käytettävä enkoodaus muoto. Koodekki ei poikkea erityisemmin H.264:n toiminnoista, vaan toteuttaa samanlaisen pakkauksen kuin H.264.
HEVC/H.265	High Efficiency Video Coding/H.265	Moving Pictures Expert Groupin ja Video Coding Expert Groupin kehittämä videonpakkaus standardi, jonka on suunniteltu korvaavan H.264 koodekin.
VP9	VP9	Ilmaiseen lähdekoodiin perustuva videonpakkaus standardi, jota mm. YouTube käyttää osissa videoistaan.
.mp4	.mp4	Moving Pictures Expert Group part 4 on Motion Pictures Expert Groupin kehittämä standardi tiedostomuoto, joka tukee H.264

		sekä avoimeen lähdekoodiin perustuvaa ilmaista x264 koodekkia.
.avi	.avi	Microsoftin kehittämä Audio Video Interleave niminen tiedostomuoto, joka tukee H.264 sekä avoimeen lähdekoodiin perustuvaa ilmaista x264 koodekkia.
.mkv	.mkv	Matroska on avoimeen lähdekoodiin perustuva tiedostomuoto, joka tukee H.264 sekä avoimeen lähdekoodiin perustuvaa ilmaista x264 koodekkia.
AAC	AAC	Advanced Audio Coding, on standardi digitaalisen äänen pakkaamiseen.
.mp3	.mp3	MP3 on lyhenne MPEG-1 Audio Layer 3:stä, joka on MPEG-1 standardin mukainen äänenpakkausmenetelmä.
Kaapparikortti	Capture Card	Videokuvan taltiointiin ja lähettämistä varten kehitetty PCIe väylään asennettava tai ulkoisesti toimiva laite, jonka avulla kuva voidaan tuoda sisään ja käsitellä PC-koneella ennen lähettämistä.
Multicast	Multicast	Useaan eri lähteeseen yhtä aikaa toteutettava stream.
Stream	Stream	Suoratoisto, joka voi sisältää videota, ääntä sekä erilaisia dokumentteja. Stream voidaan toteuttaa reaaliaikaisesti tai lataamalla materiaali mediapalvelimelle.
GOP	GOP	Lyhenne sanoista Group of Pictures, jolla tarkoitetaan frameistä koostuvaa I/B/P-rakennetta.
Frame	Frame	Yksittäinen videokuvan osa, eli yksittäinen stillikuva, joista videokuva koostuu.
Stilli-kuva	Still frame	Yksittäinen liikkumaton kuva joista videoleike koostuu.

Frame rate	Frame rate	Kuvataajuus, jolla ilmaistaan, kuinka monta kuvaa yhden sekunnin ajanjaksoilla esitetään. Tätä arvoa kuvaa FPS eli frames per second.
RTMP-yhteys	RTMP	Real Time Messagin Protocol on TCP-yhteyksiin perustuva protokolla, jonka avulla voidaan luoda yhteys PC-tietokoneen ja serverin välille.
Adaptiivinen streaming	Adaptive streaming	Streaming tekniikka, joka perustuu siihen, että katsojalle lähetetään streamista kaistaleveydelle optimoitu versio.
Dynaaminen streaming	Dynamic streaming	Streaming tekniikka, jossa katsojalle lähetetään samasta streamista useita eri kuvanlaadun ja kaistaleveyden omaavia versioita, joista käyttäjä voi itse valita parhaiten sopivan omalle verkkoyhteydelleen.
MPEG-DASH	MPEG-DASH	Dynamic Adaptive Streaming over HTTP. Streaming tekniikka, jossa yhdistyvät adaptiivisen ja dynaamisen streamauksen edut. Katsojalle lähetetään vain ne tiedoston osat, jotka hän katsoo. Osat lähetetään käyttäjän verkkoyhteydelle optimaalisella laadulla.
MPD	Media Presentation Description	MPEG-DASH:n käyttämä manifestitiedosto, jonka avulla mediatoistin hakee toistettavan materiaalin soittimelle.
DASH Client	DASH Client	Verkkosivustolla sijaitseva DASH tekniikkaa tukeva multimediatoistin.
Content ID	Content ID	YouTuben käyttämä kopiosuojaus toiminto, joka tutkii kaiken lähetettävän materiaalin sisällön ja määrittää kopiosuojatun materiaalin omistajan haluamat toiveet materiaalille.

YouTube	YouTube	Googlen omistama videopalvelu, joka mahdollistaa rekisteröityneille käyttäjillä videoiden tallentamisen internettiin sekä live-streamien lähettämisen.
Wirecast	Wirecast	Telestream-yhtiön kehittämä tuoteperhe, joka mahdollistaa käyttäjälle live-streamien ohjaamisen, lähettämisen sekä enkoodaamisen.
USB	Universal Serial Bus	Sarjaväyläarkkitehtuuriin perustuva standardi, jolla voidaan liittää erillisiä laitteita tietokoneeseen.
HD/SDI	High definition/Serial digital interface	Esimerkiksi ammattilaiskäyttöön tehtyjen videokameroiden kuvan siirtämiseen tarkoitettu kaapeli, jonka avulla kuva voidaan tuoda PC-koneeseen.
HDMI	High Defenition Multi Interface	Kuvan ja monikanavaäänien siirtämiseen kehitetty liitännästandardi, jonka avulla kuvaa voidaan siirtää PC-koneeseen.
Multicam	Multicam	Monikameratuotantoon viittaava termi. Eli kahden tai useamman kuvalähteen lähettämistä tai editoimista.
HD-laatu	High Definition	Korkean kuvalaadun määritelmä, joka on 1920 x 1080 resoluutioista.
Resoluutio	Image resolution	Video- tai stillikuvan muodostavien pikselien määrä, joka ilmaistaan pikselien määrä vaakasuunnassa x pikselien määrä pystysuunnassa. Esim. 1920 x 1080.
MIME-tyyppi	MIME-type	Internetissä käytettävä standardi, joka kertoo mediasisällön tiedostomuodon.
CPU	Central Prosessing Unit	Tietokoneen osa, joka suorittaa tietokoneohjelmien käskyjä.
Transkoodaaminen	Transcoding	Transkoodaaminen on digitaalisten tiedostojen

		muuntamista yhteensopivaksi erilaisille käyttöpäätteille.
CDN	Content Delivery Network	CDN on laaja kokonaisuus servereitä, jotka on sijoitettu useisiin datakeskuksiin. Nämä serverit siirtävät dataa usealle eri käyttäjälle yhtä aikaa.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	TEKNISET VAATIMUKSET	2
2.1	Kainuun sosiaali- ja terveydenhuollon tietohallinnon määrytykset	2
2.2	Käyttäjävaatimukset	3
2.3	Loppukäyttäjän päätelaitteiden vaatimukset	3
3	STREAMING	4
3.1	RTMP-Streaming	5
3.2	Dynaaminen Streaming	5
3.3	Adaptiivinen Streaming.....	6
3.4	MPEG-DASH.....	6
3.4.1	MPEG-DASHin toiminta	8
4	FRAMET	9
4.1	Constant Bitrate.....	10
4.2	Variable Bitrate	10
5	KOODEKIT	10
5.1	H.264.....	12
5.2	H.265.....	14
5.3	VP9.....	16
6	MULTICAM-TUOTANTO	17
7	KÄYTTÖOIKEUKSIEN HALLINTA	17
7.1	Content ID YouTubessa	18
8	YOUTUBE	18
8.1	Live streaming.....	20
9	KUVA JA ÄÄNI.....	23
9.1	Kaapparikortin toiminta	23
9.2	Kuva- ja äänitekniikka livetuoannossa.....	23
9.3	Ominaisuudet Wirecastissä	24
10	WIRECASTIN TEKNISET VAATIMUKSET.....	24
10.1	Wirecast tuoteperhe.....	25
11	OHJELMISTO	26
11.1	Lähetysten Ohjaaminen	30
12	UPOTUS.....	35

13 VIDEOITTEN HALLINTA JA TALLENNUS	38
14 LOPPUKÄYTTÄJÄ.....	40
15 YHTEENVETO	41
LÄHTEET	46

1 JOHDANTO

Opinnäytetyöni perustuu Kainuun sosiaali- ja terveyshuollon kuntayhtymän tarpeeseen jakaa multimediaa sisäisille ja ulkoisille käyttäjille kuntayhtymän verkossa. Tässä opinnäytetyössä sisällöllä tarkoitetaan eri kaupunkien ja kuntien valtuustojen kokousten videoimista ja lähettämistä niin, että yksityiset henkilöt voivat katsoa kokousta joko reaaliajassa tai jälkikäteen. Näin pyritään tuomaan kokouksissa käytäviin asioihin ja päätöksiin läpinäkyvyyttä ja vaikuttavuutta.

Työn tavoitteena on luoda yhteen kaupunkiin järjestelmä, jonka avulla valtuustojen kokoukset voidaan parhaiten julkaista sekä kartoittaa järjestelmä, jonka voi jatkossa ottaa yhtenäisesti käyttöön Kainuun sosiaali- ja terveydenhuollon kuntayhtymän eri kaupungeissa ja kunnissa. Julkaisualustana toimii YouTube, jonka videotoistin voidaan tarvittaessa upottaa Kuhmon kaupungin verkkosivuille.

Työn tarkoituksena on siis luoda Kuhmon kaupungille toimiva ratkaisu, jolla voidaan levittää valtuuston kokoukset ja niiden päätökset internetin välityksellä nähtäväksi.

Opinnäytetyöhön liittyy tietynlaisia teknisiä ominaisuuksia, jotka live-streamaus järjestelmän tulee täyttää. Vaateina Kainuun sosiaali- ja terveyden huollon kuntayhtymän tietohallinnolta olivat seuraavat:

- Järjestelmän tulee olla Windows-pohjainen, helppokäyttöinen ja tarvittaessa muunneltavissa esimerkiksi koulutustilanteiden, tai muiden tilanteiden tallentamiseen ja mahdolliseen live-lähettämiseen. Laitteet tulevat pääsääntöisesti sijaitsemaan Kuhmon kaupungin valtuustonsalissa, jossa pääasiallinen käyttö tapahtuu. Streamien tulee olla myös saatavilla mahdollisimman monelle päätelaitteelle.

Käyttöalustana opinnäytetyössäni toimii Googlen omistama YouTube- videopalvelu sekä sen live-streamausmahdollisuus. Ohjelmistona live-streamausta varten toimii Telestreamin kehittämä Wirecast, jonka avulla voidaan tehdä live-streamejä RTMP-yhteyden avulla YouTubeen.

Opinnäytetyössäni käydään läpi live-streamaamisen perusteet, kun kohteena toimii YouTube, lähetyksen ohjaamisen ohjelmistolla sekä siihen liittyviä toimintoja. Lisäksi opinnäytetyössä käydään läpi se, mitä live-streamien tekeminen vaatii teknisiltä ominaisuuksiltaan, kuten koodekit ja erilaiset protokollat, joihin streamaaminen YouTubeen avulla perustuu. Työssäni käydään läpi myös YouTubeen ja Wirecastin erilaisia ominaisuuksia materiaalin hallintaan, sen jälkieditoimiseen ja julkaisuun liittyviä toimenpiteitä.

Wirecast ohjelmistona sallii käyttäjän lähettää materiaalia erilaisille RTMP-servereille. Ohjelmistossa itsessään on valittavissa erilaisia videopalveluita, kuten YouTube, joihin lähettämistä varten tarvitaan lähinnä käyttäjätunnusten validoiminen sekä live-stream tapahtuman luominen. Vaihtoehtoisesti

käyttäjä voi myös ottaa yhteyden myös omaan palvelimeen, josta stream voidaan jakaa käyttäjille. Ohjelmistossa itsessään ohjataan lähetettäviä kuvälähteitä sekä enkoodataan lähetettävä data käyttäjän haluamalla koodikilla haluttuun tiedostomuotoon, jolloin tiedonsiirto on nopeampaa ja kaistaleveys ei kasva järjettömän suureksi.

YouTube-käyttöalustana mahdollistaa live-streamien tekemisen sekä niiden jakamisen ja upottamisen eri verkkosivustoille. Käyttäjällä pitää olla YouTube-tili ja käyttäjän täytyy varmistaa tilin aitous, jotta hän voi ottaa Live Events -ominaisuuden käyttöönsä. Tällä hetkellä YouTube tarjoaa streamien laaduksi korkeintaan HD-tasoisin 1080p lähetyksen ja minimissään 240p tasoisin lähetyksen. Kuvanlaatu ja lähettäminen riippuvat käytettävissä olevasta kaistaleveydestä sekä siitä, millainen alkuperäinen lähetettävä materiaali on ja miten materiaali on enkoodattu. Kuvataajuudessa YouTuben maksimi rajoitus on 60 framea/s. Videopalvelu toimii tietokoneiden selaimissa, riippumatta käyttöjärjestelmästä sekä mobiililaitteissa ja tableteissa. YouTube ei tällä hetkellä tosin tarjoa tukea Windows Phonen käyttäjille live-streameissaan.

2 TEKNISET VAATIMUKSET

Tässä luvussa eritellään streamaus-järjestelmän teknisiä vaatimuksia. Vaatimukset koostuvat Kainuun sosiaali- ja terveydenhuollon tietohallinnon ohjeista streaming-järjestelmän toiminnoille sekä sen pääasiallisille tavoitteille.

Lisäksi luvussa kerrotaan käytettävien ohjelmistojen ja alustojen vaatimuksista sekä loppukäyttäjille osoitetuista teknisistä vaatimuksista.

2.1 Kainuun sosiaali- ja terveydenhuollon tietohallinnon määrittäykset

Opinnäytetyöhön liittyy tietynlaisia teknisiä ominaisuuksia, jotka live-streamausjärjestelmän tulee täyttää. Vaateina Kainuun tietohallinnon puolelta ovat seuraavat: Järjestelmän tulee olla Windows-pohjainen, helppokäyttöinen ja tarvittaessa muunneltavissa esimerkiksi koulutustilanteiden, tai muiden tilanteiden tallentamiseen ja mahdolliseen live-lähettämiseen. Laitteet tulevat pääsääntöisesti sijaitsemaan Kuhmon kaupungin valtuustosalissa, jossa pääasiallinen käyttö tapahtuu. Tämän lisäksi toivottavaa olisi että streameja voitaisiin katsella mahdollisimman monelta päätelaitteelta.

Tämä tarkoittaa sitä, että järjestelmän tulee olla monimuotoinen sen lähetysominaisuuksiltaan sekä yhteensopiva erilaisten käyttöjärjestelmien ja alustojen kanssa.

2.2 Käyttäjävaatimukset

Käyttäjällä tulee olla YouTube-tili, jotta streamit voidaan toteuttaa YouTube'n kautta. Tämän luominen tapahtuu YouTube'n verkkosivuilla, jossa käyttäjä luo tilin sekä kirjautumistunnuksen, joka tyypillisesti on sähköpostiosoite. Live-streamaus -ominaisuuden käyttöönotto vaatii varmennekoodin, jonka käyttäjä saa matkapuhelimeensa, eli käyttäjän on varmennettava tilinsä. Tämä johtuu siitä, että YouTube pyrkii rajoittamaan yhdelle henkilölle luotujen tilien määrää, millä taas pyritään estämään palvelun väärinkäyttöä. Kun YouTube'n lähettämä varmennekoodi on syötetty tilinominaisuuksista löytyvään ikkunaan, on live-streamien luominen mahdollista.

Käyttäjällä tulee olla myös YouTubea tukeva enkooderi/lähetysohjelma, jotta materiaalia voidaan streamata liveinä. Tässä opinnäytetyössä keskitytään Telestreamin Wirecastiin, jolloin käyttäjällä voi olla maksullinen tai ilmainen ohjelmisto käytössään. Wirecastilla toteutetaan kuvamateriaalin enkoodaaminen ja lähettäminen YouTube'n servereille. Wirecast itsessään vaatii PC:ltä erilaisia tehoja, riippuen versiosta sekä siitä, millaista materiaalia halutaan lähettää. Nämä tehokkuusarvot liittyvät PC:n suorituskykyyn. Vaateet erilaisille lähetysjärjestelmille voidaan katsoa Wirecastin Example Setup-dokumentista tai tarkastamalla ne Telestreamin verkkosivustoilta.

Kaistaleveyden vaatimukset riippuvat siitä, minkälaisella kuvanlaadulla streamia halutaan lähettää. YouTube vaatii HD-tason lähetystä varten 3-6 Mb/s kaistaleveyttä. Tähän kannattaa lisätä vähintään noin 20 prosenttia lisää, jotta kaistaleveys riittää. Wirecastin antamat minimi vaatimukset kaistaleveydelle ovat 12 Mb/s lähetyskaistaa sekä 12 Mb/s latauskaistaa. (Telestream 2014; Telestream 2015.)

Käyttöjärjestelmä	Windows 7, tai uudempi (suositeltavaa käyttää 64-bittistä käyttöjärjestelmää.)
CPU eli Prosessori	Intel i7 tai parempi.
Muisti	8 Gt DDR3 RAM tai enemmän
Grafiikkakortti/näytönohjain	GeForce tai Radeon, 1 Gt muistilla, tai parempi
Capture card/kaapparikortti	Matrox VS 4
Ohjelmisto	Wirecast Pro

Kuvio 1. Esimerkki tietokoneen kokoonpanovaatimuksista, jos käyttäjä lähettää live-streamia kolmella ammattitason videokameralla. (Telestream 2014.)

2.3 Loppukäyttäjän päätelaitteiden vaatimukset

Loppukäyttäjän päätelaitteella streamin katsomiseen ei ole suuria vaatimuksia. Käyttäjä tarvitsee lähinnä selaimen, jossa on Flash-plugin tai YouTube'n mobiili/tablettisovelluksen, jotta käyttäjä voi katsoa streameja. Jos käyttäjän Flash-plugin on vanhentunut, pyytää YouTube päivittämään sen, minkä jälkeen streamit ovat katseltavissa. Loppukäyttäjät voivat katsoa myös

streamit jälkikäteen, sillä ne tallentuvat automaattisesti YouTubeen lähettävän käyttäjän tilille. Käyttäjä voi halutessaan pyytää YouTubelta HTML5-toistinta, jos käyttäjän selain ei tätä automaattisesti tue. Livenä tapahtuvat streamit kuitenkin lähetetään edelleen vanhan Flash-pohjaisen toistimen kautta.

Windows Phonen käyttäjille live-streamit voidaan peilata, käyttämällä JW Playerin tapaista videotoistinta. Tämä vaatii sen, että lähettävä osapuoli upottaa JW Playerin javascriptillä toimivan toistimen verkkosivuille sekä määrittää toistimen hakemaan materiaalin YouTubesta streamattavasta lähteestä. Tämä lähde on tyypillisesti URL-osoite, jonka YouTube muodostaa, kun uusi live-stream tapahtuma luodaan.

3 STREAMING

Streaming tarkoittaa suoratoistoa, jossa siirretään dataa internetyhteyden avulla julkaisijalta loppukäyttäjälle. Itse välitettävä data voi olla esimerkiksi liikkuva kuvaa ja ääntä, joka on enkoodattu ja paketoitu haluttuun tiedostomuotoon, jotta tiedonsiirtäminen on sulavampaa ja nopeampaa. Koska tietoa siirretään verkon yli, niin täytyy tiedonsiirrossa ottaa huomioon kaistaleveys eli nopeus jolla dataa voidaan siirtää sekunnin mittaisessa ajassa. Kaistaleveyteen voidaan vaikuttaa ”pakkaamalla” dataa pienemmäksi, jolloin tarvittava kaistaleveyden tarvetta voidaan pienentää huomattavasti. (Ozer 2009.)

Streamit voidaan toteuttaa useita eri protokollia ja tekniikoita käyttäen. Protokollat ja tekniikat vaihtelevat välitysmetodeiltaan jonkin verran.

Streamit voidaan toteuttaa monilla eri tavoilla. Yleisimpiä tapoja ovat dynaaminen streamaaminen, adaptiivinen streamaaminen sekä tässä opinnäytetyössä läpikäytävä molempia teknologioita yhdistävä MPEG-DASH, joka on molempia tekniikkoja yhdistelevä tekniikka. Kaikki tekniikat pyrkivät tuottamaan käyttäjälle mahdollisimman hyvän kuva- ja äänenlaadun, saumattoman ja sulavan katselukokemuksen kohtuullisella kaistaleveydellä.

Streamaaminen poikkeaa progressiivisesta lataamisesta niin, että käyttäjän ei tarvitse ladata koko videotiedostoa puskurimuistiinsa toistaakseen materiaalin. Dataa lähetetään pienissä osissa, jolloin pyritään optimoimaan kaistaleveyden tarvetta. Riippuen tekniikasta, käyttäjä voi valita haluamansa kuvanlaadun, tai kuvanlaadun määrittää käytössä oleva kaistaleveys.

Streamattava materiaali on lähes poikkeuksetta pakattu jollain koodekilla haluttuun lähetysmuotoon. Koodekkien valinta riippuu siitä, mitä halutaan lähettää, millaisella laadulla ja miten paljon kaistaleveyttä on käytettävissä. Videomateriaalin lähettämiseen on monia erilaisia koodekkeja, joista tällä hetkellä yleisin on H.264, joka mahdollistaa hyvänlaatuisen videon lähettämisen kohtuullisen pienilläkin kaistaleveyksillä. (Ozer 2011.)

Streamaamisen yleistyminen web-ympäristössä on mahdollistanut erilaisen materiaalin jakamisen suurille määrille katsojia. Streamaamisen kehityk-

seen on oleellisesti vaikuttanut PC-tekniikan kehittyminen sekä verkkoyhteyksien nopeutuminen. Tämä on mahdollistanut videoiden sekä muun materiaalin jakamisen internetissä. (Girod 2006.)

3.1 RTMP-Streaming

Real Time Messaging Protocol on Macromedian kehittämä tekniikka, jossa video- ja äänidataa siirretään verkon yli. Nykyään Macromedia on Adoben omistama ja Adobe on ottanut Macromedian kehittämiä teknisiä ratkaisuja omiin tuotteisiinsa käyttöön. Tekniikka perustuu TCP-yhteyksiin eli Transmission Control Protocolin käyttöön, joiden avulla luodaan yhteyksiä tietokoneiden välille. Videon ja äänen siirtäminen perustuu siihen, että katselijan web-selaimen liitännäisenä toimiva Flash-toistin ottaa yhteyden serveriin ja luo reaaliaikaisen keskusteluyhteyden sen kanssa. Tämä mahdollistaa toistimen ja serverin tiedonsiirron edestakaisin reaaliajassa. (Parmar & Thornburg 2012.)

Toiminta alkaa, kun enkooderi ja serveri avaavat yhteyden keskenään. Tämän jälkeen serveri pyytää tietynlaista datastreamia enkooderilta, joka toimittaa sen serverille. Tämän jälkeen serveri lähettää saadun datan toistimelle. Serveri pystyy jakamaan samaa yhdestä lähteestä tulevaa streamia monelle eri toistimelle yhtä aikaa, jos serverillä on tarpeeksi kaistaleveyttä ja resursseja välittää dataa monelle eri taholle yhtä aikaa. Servereitä voi olla useita ja ne voidaan kiinnittää toisiinsa. Tämä mahdollistaa sen, että tapahtuva tiedonsiirto toistimen ja serverin välillä jakautuu, mikä mahdollistaa streamien toteutuksen suurille katsojamäärille. Kun serveri saa lähetetyn streamin enkooderilta, luo se toistoa varten URL-osoitteen, tämä URL-osoitteen tieto siirretään toistimelle, jolloin stream on mahdollista toistaa. (Wowza 2015.)

YouTuben live-stream toteutetaan käyttämällä RTMP-protokollaa enkooderin sekä YouTuben serverin välillä. Kun lähetettävä data on siirretty enkooderilta serverille, siirtää serveri taas manifestoidun tiedon loppukäyttäjän toistimelle. Koska YouTube käyttää tässä toistossa taas MPEG-DASH-tekniikkaa, niin dataa lähetetään loppukäyttäjän verkkoyhteyden perusteella sopivalla kuvanlaadulla ja tieto on fragmentoitu pieniksi paketeiksi, jotta kaistaleveyttä voidaan säästää.

3.2 Dynaaminen Streaming

HDS on Adoben ratkaisu streamaamiseen HTTP-protokollaa käyttäen. Lyhenne HDS tarkoittaa HTTP Dynamic Streaming. Tämä tekniikka toimii samalla periaatteella kuin Applen kehittämä HLS eli HTTP Live Streaming. Stream koostuu videotiedoston osista, jotka lähetetään mediaserveriltä loppukäyttäjän toistimelle. Jotta osat toistuvat oikein, tarvitsee toistin jonkinlaisen manifestin, jonka avulla se osaa toistaa oikeat osat oikeaan aikaan. (Adobe 2015.)

Dynaamisella suoratoistolla tarkoitetaan sitä, että loppukäyttäjä voi vaihtaa videon kuvanlaatua ja skaalausta tarvittaessa, jos esimerkiksi katselijan verkkoyhteys ja tietokoneen teho eivät riitä alkuperäisen videon toistamiseen tarvittavia vaatimuksia. Tämä tarkoittaa sitä, että samasta streamista toimitetaan useata eri versiota, jotka poikkeavat toisistaan kuvanlaadultaan ja kuvasuhteeltaan. Tämä mahdollistaa sen, että käyttäjä voi katsoa streamia päätelaitteeltaan mahdollisimman saumattomasti sekä vaihdella itse kuvanlaatua, jolloin saadaan aikaiseksi katselukokemus, joka on mahdollisimman katkeamaton ja saumaton. Tämä eroaa perinteisestä progressiivisesta lataamisesta niin, että videota ei ladata kokonaan koneelle, vaan video latautuu käyttäjän puskurimuistiin eli bufferiin. Tällä mahdollistaa kaistaleveyden käyttämisen tehokkaammin. (Adobe 2013.)

3.3 Adaptiivinen Streaming

Adaptiivinen streaming tarkoittaa sitä, että loppukäyttäjälle toimitetaan verkon yli streamattavaa videota pienissä osissa. Toimitettavien osien laatu määräytyy katselijan verkkonopeudesta sekä prosessorikuorman funktiosta. Tämä tarkoittaa sitä että tuleva stream laskee laatuaan pienemmälle bittiarvolle, jos katsojan verkkoyhteys tai prosessori ei pysty käsittelemään tulevaa dataa tarpeeksi nopeasti ja sulavasti.

Videot on hajotettu osiin, jotta toistaminen ei kuormittaisi käytettävissä olevaa kaistaleveyttä liikaa. Tämä myös tarkoittaa sitä, että jos käyttäjä haluaa vaihtaa kuvanlaatua sopivammaksi itselleen, tulee hänen kuvanlaatua vaihtaessa odottaa, että seuraava videosegmentti alkaa. Videosegmentit jaotellaan alkavaksi keyframien avulla. Tämä tarkoittaa että jokainen segmentti alkaa yleensä keyframella ja päättyy keyframeen. Segmentin pituus vaihtelee pituudeltaan sen perusteella, millainen ajanjakso framien väliin on haluttu määrittää. Adaptiivista streamia tehdessä, on hyvä sijoittaa keyframien vaihto muutaman sekunnin välein. Tämä helpottaa siirtymistä kuvalaatujen välillä ja takaa loppukäyttäjälle sulavamman katselu kokemuksen. (Ozer 2011.)

Käytännössä streamattavan videon kuvanlaatu riippuu loppukäyttäjän verkkoyhteyden tasosta. Mikäli käyttäjän verkkoyhteyden taso ei riitä HD-tasoisien videon katseluun, tippuu katseltavan streamin laatu. Laadun tiputtaminen streamin jatkuvan toistamisen takaamiseksi päätellään automaattisesti käytössä olevan toistimen puskurin eli bufferin koosta ja toistimen pudottamista frameistä. Framien tiputtaminen tarkoittaa sitä, että videoleikkeen kaikki framet eivät toistu. Jos loppukäyttäjän verkkoyhteydet ovat todella hitaat, tapahtuu niin, että streamin kuvanlaatu laskee alemmalle tasolle, kunnes toistosta tulee ongelmaton ja sulavaa.

3.4 MPEG-DASH

MPEG-DASH eli Dynamic Adaptive Streaming over HTTP on dynaamisen ja adaptiivisen streamaus-teknologiaa yhdistävä tekniikka. Tämä tarkoittaa sitä, että kuten adaptiivisessä streamauksessa, videotiedosto pilkotaan tietyn

pituisiin osiin, mutta tämä toteutetaan samaan aikaan luomalla videotiedostoista monia eri tiedonsiirtokapasiteetiltaan poikkeavia osia. Tämä tarkoittaa että taustalla on idea dynaamisesta streamauksesta, joka on kuitenkin jaettuna pätkiin, kuten adaptiivisessa streamissa. Tämä mahdollistaa sen, että loppukäyttäjä voi vaihtaa haluttua kuvaresoluutiota nopeammin ja ilman, että video katkeaa tai että video alkaa lataamaan itseään uudelleen puskurimuistiin, minkä jälkeen videota voidaan toistaa. Tämä tarkoittaa myös sitä, että käytettävä toistimen bufferia tarkkaillaan ja jos verkkoyhteydet eivät riitä HD-tasoiseen toistoon, tippuu streamin kuvalaatu pienemmäksi, jolloin loppukäyttäjän kaistaleveys riittää streamattavan videon toistamiseen sulavasti. (Ozer 2011.)

YouTube käyttää omassa streaming- ominaisuudessaan MPEG-DASHiä joka toteuttaa streamin verkon yli HTTP-protokollaa käyttäen. YouTuben tekniikka valjastaa osittain myös loppukäyttäjän selaimen välimuistin avukseen. Tämä tarkoittaa sitä että video latautuu välimuistiin, mikä taas mahdollistaa videon katselun aikana siirtymisen jo valmiiksi ladattuihin kohtiin, ilman että videota tarvitsee ladata uudelleen. Kuvassa 1 nähdään YouTuben teknisiä ominaisuuksia streamistä.

MPEG-DASH on ISO-standardin mukainen tekniikka. Se on hyvin läheistä sukua dynaamisen streamauksen ja adaptiivisen streamauksen tekniikoille. MPEG-DASH on tekniikaltaan siis monen erilaisen tekniikan yhdistelmä, joka mahdollistaa streamauksen monille eri alustoille. Tämä tarkoittaa sitä, että streamit voidaan järjestää eri alustoille riippumatta niiden varsinaisista toiminta ympäristöistä, sillä DASH-tekniikka on kehitetty usean eri laitevalmistajan ja sisällöntuottajan välitysmetodeja yhdistelemällä. Tämä helpottaa lähetystoimintaa, koska samaa multimedia sisältöä ei tarvitse erikseen enkoodata usealle eri laitteelle. (DASH Industry Forum 2013; DASH Industry Forum 2015.)



Kuva 1. Tilastoja YouTube'n kautta tehdystä live-streamistä. Kuvassa näkyy että YouTube käyttää MPEG DASH-tekniikkaa sekä muita teknisiä ominaisuuksia streamistä.

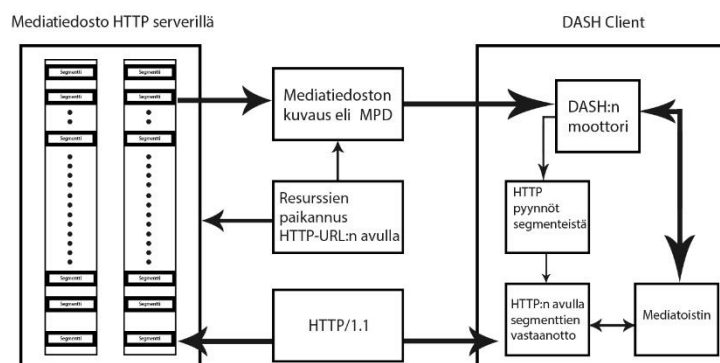
3.4.1 MPEG-DASHin toiminta

Tekniikkana MPEG-DASH on nuori ja kokoajan kehittyvä. Toiminta perustuu HTTP-serverin ja DASH Clientin väliseen kommunikaatioon. MPEG-DASH ei ole koodekista tai tiedostoformaattista riippuvainen, vaan se tukee useita eri formaatteja, joilla multimediaa voidaan välittää loppukäyttäjälle.

Mediatiedostot täytyy ensin enkoodata ja paketoita haluttuun formaattiin sekä halutuille bittiarvoille. Tämän jälkeen tiedostot voidaan tallentaa HTTP-serverille, josta lähetetään Media Presentation Description manifestitiedosto DASH Clientille.

Media Presentation Description eli MPD-manifestitiedosto sisältää tiedot segmentteihin jaetun mediatiedoston eri ominaisuuksista. Näitä ominaisuuksia ovat lähetettävän materiaalin MIME-tyyppi, kuvasuhde, bittiarvo, segmenttien pituusarvot sekä niiden sijainnit serverillä.

DASH Client koostuu neljästä eri osasta, joilla mahdollistetaan multimedian toistaminen verkkosivustoilla. MPD-manifesti lähetetään ensin DASH Clientin DASH Access Enginelle, joka avaa yhteyden toistimeen. DASH Access Engine tarkkailee loppukäyttäjän kaistaleveyttä ja lähettää reaaliaikaisen pyynnön HTTP-serverille pienemmällä tai suuremmalla kaistaleveydellä toistuville segmenteille, jotka on määritetty MPD-manifestissa. Tämän avulla voidaan taata loppukäyttäjälle mahdollisimman saumaton katselukokemus. HTTP-serveriltä segmentit siirretään toistimelle HTTP/1.1-yhteyden avulla. DASH Access Engine tulkitsee MPD-manifestin, jossa näkyvät segmenttien järjestys ja sisältö. Jos loppukäyttäjän kaistaleveys ei esimerkiksi riitä 1080p videon katseluun, lähettää DASH Access Engine reaaliaikaisen pyynnön pienemmälle resoluutiolle, joka on määritetty MPD-manifestissa, ja jonka jälkeen HTTP/1.1-yhteydellä haetaan oikeat segmentit serveriltä URL-osoitteiden avulla. (Wowza 2015.)



Kuva 2. HTTP-serverin ja DASH Clientin toimintaperiaate.

MPEG-DASH jakautuu profiileihin, joita ovat staattinen ja dynaaminen. Dynaaminen-profiili on suunniteltu käytettäväksi live-streamejä toteuttaessa. Tämä mahdollistaa MPD-manifestien muodostamisen lennossa sekä DASH-Clientin profiilista riippuen, niiden päivittämisen tietyn aikajakson välein. Segmenttien dynaaminen lataaminen perustuu Simple Live Client ja Main Live Clienttien toimintaan. Molemmat DASH-Client -muodot mahdollistavat MPD-manifestien päivittämisen. Ne eroavat lähinnä siinä, että Main Live Client pystyy päivittämään muodostuvien segmenttien URL-osoitteet MPD-manifestia vastaaviksi esimerkiksi segmenttien sisällön perusteella. Jos palveluntarjoaja haluaa näyttää live-streamit On Demand-tyyppisinä videoina, niin live-streamien aikana syntynyt MPD-manifesti toimii myös tässä tapauksessa. Tämä tarkoittaa sitä, että MPD-manifestista ei tarvitse luoda uutta versiota, vaan vanhan version sisältämät segmenttien osoitteet ja muodot kelpaavat myös On Demand-videoissa. (DASH Industry Forum 2015.)

4 FRAMET

Videoleike itsessään koostuu stilli-kuvista, joita esitetään sekunnin aikana useita peräkkäin, jolloin videoleikettä katsellessa muodostuu elämys liikkuvasta kuvasta. Tämä toteutetaan esittämällä stilli-kuvia sekunnin aika jaksoilla useita peräkkäin. Yhden sekunnin sisällä tapahtuvia framien vaihdoksia mitataan arvolla frames per second, eli fps. Fps-arvolla ilmaistaan siis videoleikkeen kuvataajuutta.

Jos videoleikkeen fps-arvo on 30, tarkoittaa se sitä, että sekunnin aikana katsojalle esitetään 30 stilli-kuvaa. Mitä enemmän frameja esitetään, sen sulavampi videossa tapahtuva liike on.

Framet itsessään jakautuvat Key Frameihin/ I-frameihin, jotka aloittavat ja lopettavat videosekvenssin. Nämä framet sisältävät eniten tallennettavaa dataa, sillä ne ovat kokonaan esitettäviä stilli-kuvia. Key/ I-framien välissä olevat framet voivat olla joko P-frameja, jotka ennustavat key framien välissä tapahtuvia muutoksia mentäessä lineaarisesti eteenpäin, tai B-frameja, jotka ennustavat kuvassa tapahtuvaa liikettä, joko edellä olleesta P-framesta tai seuraavasta framesta.

Framien avulla voidaan enkoodata videota pienempään tilaan. I-frames vievät suhteessa eniten tilaa siirrettävässä datassa, sillä ne pitävät sisällään lähtökohdat seuraavien framien muutoksiin. P- ja B-frames taas tallentavat tietoa Key/I-framien muutoksista. Tämä tarkoittaa sitä, että kaikkea muuttuvaa dataa ei tarvitse erikseen tallentaa, jolloin saadaan pakattua videotiedosto pienempään muotoon. (Keränen, Lamberg & Penttinen 2005, 217-220.)

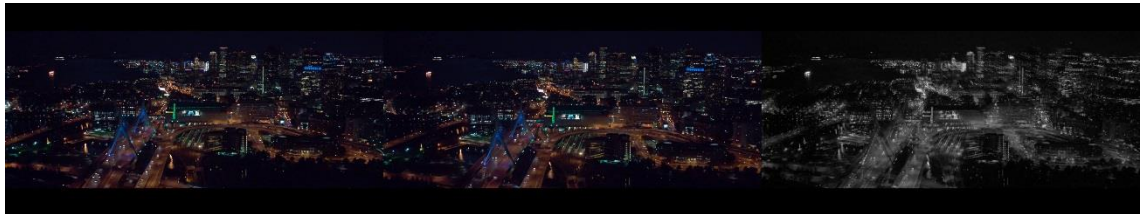
Framien enkoodaus tapahtuu tietyin matemaattisin algoritmein. Algoritmit käyttävät erilaisia metodeja jotka riippuvat koodekista sekä koodekin eri ominaisuuksista, joita se käyttää videokuvan pakkaamiseen. Yleisimpiä tapoja ovat CBR- ja VBR-tekniikat.

4.1 Constant Bitrate

Kun enkoodauksessa käytetään CBR eli Constant Bitrate -tekniikkaa, tarkoitetaan mallia, jossa video enkoodataan vastaamaan tiettyä bittiarvoa. Tämä tarkoittaa sitä että videoleike toistuu tällä samaisella bittiarvolla riippumatta siitä, onko enkoodatuissa frameissa dataa, joka voitaisiin pakata tiiviimmin. Videoleikkeelle annetaan siis tietty bittiarvo, jolla koko videoleike pakataan. Kun puhutaan videon streamaamisesta, CBR-tekniikka mahdollistaa paremmin soveltuvan toteutuksen, sillä tarvittava datamäärä voidaan laskea etukäteen, jotta voidaan toteuttaa streamaus halutulla kaistaleveydellä. Huonona puolena tekniikassa voidaan nähdä se, että kun bittiarvo asetetaan tiettyyn marginaaliin, niin dataa häviää paljon enemmän. (Ozer 2009.)

4.2 Variable Bitrate

VBR eli Variable Bitrate -tekniikassa käytetään hyväksi framien sisältämän datan tarkastelua. Jokainen frame koodataan yksilöllisesti. Jos frameissa on paljon vaihtelua, esimerkiksi liikkeessä, framin sisältämää dataa pakataan vähemmän. Jos frame sisältää vaikka pelkkää mustaa väriä, voidaan framin sisältämää dataa pakata huomattavasti enemmän. VBR-tekniikka tarjoaa siis parhaimman laadun käytettävissä olevaan tallennuskapasiteettiin nähden, sillä pakkausmäärä vaihtelee tilanteen ja tarpeen mukaan. VBR-tekniikka on suhteellisen hidasta, mutta mahdollistaa optimaalisemman tuloksen pakkaamista ajatellen. Hitautensa vuoksi VBR-tekniikka ei sovellu live-tilanteiden streamaamiseen kovin hyvin. Lisäksi vaihtelut bittiarvossa aiheuttavat hankaluuksia toteuttaa sulava lähetys tietyllä kaistaleveydellä. (Microsoft 2015; Ozer 2009.)



Kuva 3. Framien väliset muutokset kahden framen välillä.

5 KOODEKIT

Videoita pakataan koodekkien avulla. Koodekki on pakkauksenhallintaan perustuva algoritmi, jolla voidaan pakata ja purkaa kuva- ja äänisignaalia. Jotta pakattu signaali voidaan katsoa, pitää se toiston yhteydessä purkaa ja palauttaa alkuperäiseen muotoonsa. Tätä kutsutaan dekodeeraamiseksi. Dekodeeraus tapahtuu yleensä vasta loppukäyttäjän katsellessa videota, joka on lastattu haluttuun tiedostomuotoon. (Keränen, Lamberg & Penttinen 2005, 212-222.)

Koodekit ovat tietynlaisia signaalin pakkaamis ja purkamis algoritmeja. Niiden avulla voidaan pakata video- ja äänisignaalia pienemmäksi, jolloin

ne käyttävät vähemmän kaistaleveyttä. Koodekit eivät ole kuitenkaan tiedostoja itsessään, sillä samalla koodekilla voidaan tallentaa videota ja ääntä useisiin eri tiedostomuotoihin, esimerkiksi .avi, .mp4 ja .mkv muotoihin. Tämä tarkoittaa sitä että ”raakavideo” voidaan muuntaa pienemmäksi esimerkiksi H.264 koodekin avulla. Tätä koodekkia tukevat erilaiset videotiedostomuodot kuten MP4, H.264, joka on Moving Pictures Expert Groupin kehittämä lisensoitu standardi videonpakkaamista varten, ja se on yleisin videon ja äänen pakkaamiseen käytetty koodekki. Koodekki ratkaisee sen, kuinka suuri videotiedosto on, kuinka nopea se on ja minkä kokoinen videotiedostosta tulee. (Ozer 2014.)

Tiedostomuodot itsessään ovat siis koodekkien pakkaaman datan kuljetusalustoja. Saman koodekin pakkaamaa dataa voidaan tallentaa erilaisiin tiedostomuotoihin kuten .mp4, .avi tai .mkv. Koodekilla pakattu data siis ”kääritään” haluttuun videoformaattiin, jonka avulla video saadaan toistumaan.

Videon kuvaamista ja jatkokäsittelyä määrittävät videokuvan laatu sekä sen lähetyksimuoto käyttäjälle. Korkean resoluution materiaali mahdollistaa paremman kuvanlaadun lähettämisen käyttäjälle sekä myös mahdollisen videon alaspäin skaalaamisen pienemmälle resoluutiolle paremmin, eli jos video kuvataan 1080p/30 fps-arvolla, voidaan video skaalata 720p/30 fps muotoon, jolloin videon lähettäminen pienemmällä kaistanleveydellä onnistuu paremmin ja videon varsinainen resoluutio ja yksityiskohdat eivät kärsi. Nyrkkisääntönä on hyvä muistaa, että korkealaatuista videota voidaan pakata ja skaalata alaspäin, mutta käänös toiseen suuntaan ei ole järkevää, sillä videokuva muuttuu pikselöityneeksi ja epätarkaksi, jolloin katselukokemus loppukäyttäjän osalta kärsii huomattavasti. (Ozer 2009.)

HD-tasoisien videosignaalin lähetyks esimerkiksi YouTuben kautta, käyttäen Wirecastia, tarvitsee noin 3 - 6 Mb/s kaistaleveyttä. Jotta streamin lähettäminen on teräväpiirtona järkevää, on kaistaleveyttä hyvä olla enemmän. (Google 2015.)

Ennen kuin videokuva voidaan lähettää on signaalit enkoodattava, jotta datan lähettäminen ei vaadi järjettömiä määriä kaistaleveyttä. Tämä koskee myös äänisignaalia.

Enkoodauksen tavoitteena on pienentää videon lähettämiseen ja vastaanottamiseen tarvittavaa kaistaleveyttä. MPEG-4 Part 10-formaatti on yleisin käytössä oleva videon pakkausmuoto, joka noudattaa suoraan H.264 standardia. Tämän avulla video voi olla esimerkiksi .avi, .mp4 tai .mkv tiedostomuotoista.

Monikameratuotanto toteutetaan yleensä usealla kameralla. Tämä tarkoittaa usean eri kuvalähteen näyttämän kuvan siirtämistä verkon yli katselijalle. Tällainen järjestelmä vaatii yleensä kamerat, mahdollisen kaapeloinnin, esimerkiksi BNC-liittimillä varustetut kaapelit, joiden avulla kuvaa voidaan siirtää. Lisäksi järjestelmä tarvitsee kuvamikserin, johon nämä videomateriaalit siirretään sekä videopalvelimen, jonka avulla käyttäjä voi siirtää lähetettävää enkoodattua signaalia loppukäyttäjälle.

Videon järkevän lähettämisen ja vastaanottamisen määrittää käytettävissä oleva kaistaleveys. Jotta videota voidaan lähettää järkevästi, niin videota pyritään pakkaamaan, jotta lähetykseen vaadittavaa kaistaleveyttä voidaan pienentää. Pakkaamismuotona voidaan käyttää useita eri koodekkeja. YouTube tukee tällä hetkellä vain H.264 ja x264 koodekkeja, jolloin voidaan jompaakumpaa käyttää lähettämiseen. Kun käytetään koodekkeja, voidaan verkon yli lähettää HD-tasoisia videota sekä hyvänlaatuista äänisignaalia. On hyvä miettiä etukäteen, millaisella resoluutiolla video halutaan käyttäjille näkyville. (Google 2015.)

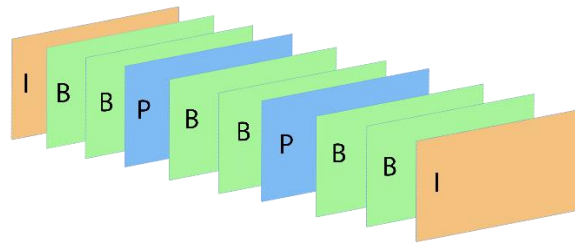
Esimerkiksi, jos Kuhmon kaupunginvaltuustojen kokouksista lähetettävä video on HD-tasoisia, tarkoittaa sitä, että käytetään H.264 koodekkia ja lähetetään MP4 tiedostomuotoista videota verkon yli, jolloin tämä vaatii kaistaleveydeltä vähintään 6 Mb/s nopeutta. Kaistaleveyden vaatimukset tulevat todennäköisesti pienemmään jatkossa, kun H.264:n korvaajaksi suunniteltu H.265 koodekki saadaan valmiiksi ja yleiseen käyttöön. Tämä johtaa siihen, että videoiden kokoa ja tarvittavaa kaistaleveyttä voidaan pienentää jatkossa käyttämällä uutta standardia, joka mahdollistaa videon pakkaamisen paljon pienemmäksi, ilman että kuvan resoluutio ja laatu kärsii.

5.1 H.264

H.264 eli MPEG-4 Part 10 Advanced Video Coding on videonpakkausformaatti. Tämä on standardoitu tekniikka, joka on yleisin pakkausmetodi nykyisille video sisällöille. H.264 käyttää hyväkseen makroblokkeja, eli näytteitä yksittäisistä kuvaframeista sekä kuvassa tapahtuvien muutosten eroja. (Richardson 2002.)

Makroblokit itsessään käsittelevät videoleikkeen valoisuuden sekä väriarvojen vaihteluita. Blokkien koko voi vaihdella 4x4-16x16 arvojen välillä. Tämä tarkoittaa sitä, että blokit ottavat yksittäisestä frameista näytearvoja, joiden perusteella voidaan päätellä seuraavan framien muutokset väriavaruudessa. Jos videokamera kuvaa 4:4:4 kuvaa, tarkoittaa tämä sitä, että yhdessä framessa on 4 luminanssi näytettä, jotka kuvaavat valoisuuden vaihtelua sekä 4 krominanssin, eli väritiedon vaihtelua ja 4 väritiedon vaihtelujen eroja. Yleisimmät videokamerat kuvaavat 4:2:0 tai 4:2:2 arvoilla olevaa kuvaa. Täten esimerkiksi makroblokkien ollessa 16x16, tarkoittaa tämä sitä että luminanssisignaalille on varattu 16 blokkia ja väriarvojen vaihteluille taas loput 16, eli kahdeksan kappaletta sinisävyille ja loput kahdeksan punasävyille. Tämä perustuu siihen, että ihmisen silmä pystyy erottamaan valoisuuden vaihtelun paljon paremmin kuin värierojen vaihtelua.

H.264 koodekki myös tarkastelee eroja I-framien ja sitä seuraavien P- tai B- framien välillä. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että videoleikkeessä tarkkaillaan peräkkäisten framien muutoksia toisiinsa nähden. Jos kuva-alueessa on kohtia, jotka säilyvät liikkumattomina, voidaan niiden sisältämä informaatiota käyttää hyväksi seuraavassa esitettävässä framessa. Framet muodostavat GOP-rakenteen, eli Group of Picturesin, joka määrittää missä järjestyksessä framet esitetään. (Richardson 2002.)



Kuva 4. Esimerkki GOP-rakenteesta

H.264 pakkauksessa on valittavissa erilaisia profiileja, joiden tarkoituksena on määrittää pakkausmäärä yksilöidysti halutulle päätelaitteelle tai järjestelmälle. Yleisimmin enkoodereissa on käytössä näistä profiileista vähintään kolme, jotka ovat Baseline, Main ja High -profiilit. Nämä profiilit määrittävät videon dekoodaamiseen tarvittavat resurssit sekä enkoodauksen monimutkaisuuden.

Profiileilla on myös omat tasot, joilla kontrolloidaan mm. maksimi resoluutiota, frame ratea ja bittiarvoa, jota dekooderi käyttää enkoodatun kuvan purkamiseen ja muuttamiseen tämän jälkeen videokuvaksi. Tasot määrittävät luma-näytteiden, makroblokkien, frame raten sekä maksimiresoluution halutulle profiilille. Tasoja vaihtelemalla voidaan videon dataa pakata joko tehokkaasti tai löysemmin, riippuen halutusta lopputuloksesta. Esimerkiksi YouTube antaa suositukseksi live-streameihin Main -profiilin tasolla 4.1, mikä tarkoittaa sitä, että videota pakataan niin, että sen maksimi resoluutio voi olla 1280x720 frame raten ollessa 68.3, 1920x1080 frame raten ollessa 30.1 ja 2048x1024 frame raten ollessa 30.0. Tämä profiili ja taso mahdollistavat HD-tasoisien videon katselun täydellä resoluutiolla.

Yhteenvedon voidaan todeta, että profiilit määrittävät enkoodauksessa käytettävän tekniikan ja enkoodauksen kompleksisuuden. Profiilien eri tasot määrittävät yksityiskohtiin liittyviä seikkoja jokaiselle profiilille, kuten videon resoluution ja datanopeuden.

Tietyt H.264 profiilit tukevat myös erityyppisiä entropiakoodauksia. Näitä vaihtoehtoja ovat CAVLC eli Context-Adaptive Variable Length Coding ja CABAC eli Context-Adaptive Binary Arithmetic Coding. Näistä kahdesta CAVLC tuottaa huonompaa laatua, mutta tätä tekniikkaa käyttäessä signaali on helpompaa dekodata. CABAC tuottaa taas parempaa laatua, mutta dekoodaaminen on hitaampaa. Pakkaamisen tehokkuus suhteutettuna molempiin metodeihin on noin 5-15 % parempaa CABAC-tekniikkaa käytettäessä. CABAC itsessään on häviötön pakkausmetodi, vaikka se kuuluukin H.264 koodekin alle, joka taas on häviöllinen. CABAC-tekniikka perustuu binääriarvoihin, jotka muodostuvat videoleikkeen sisällön todennäköisyyk-

sistä, jotka tämän jälkeen käännetään sarjaksi 1 ja 0, jotta signaalia dekoodaaminen onnistuu. CABAC-tekniikkaa käytetään yleisesti tehtäessä live-streamejä ja H.264 koodekin profiileista ainakin Main ja High, käyttävät tätä metodia. (Richardson 2002; Richardson 2002.)

Kun videota enkoodataan, sille voidaan määrittää, kuinka suuri videon keskiarvoinen bittiarvo tulisi olla. Tämä mahdollistaa VBR-tyyppisen enkoodaamisen, jossa framien pakkaaminen voi vaihdella bittiarvolta, mutta enkoodatun videon laatu säilyy ja tallennuskapasiteetti voidaan pitää pienenä. Bittiarvoa ja lopputuloksen laatua voidaan parantaa määrittämällä ns. Pass-määrät. Tämä tarkoittaa määrää, kuinka monta kertaa video käydään läpi enkoodausvaiheessa. Tällä pyritään antamaan enkooderille enemmän tietoa videon datasisällöstä, jolloin voidaan pakata dataa tehokkaammin. Ensimmäisellä kierroksella videon data analysoidaan ja tallennetaan log-tiedostoksi. Tämä log-tiedosto otetaan käyttöön toisella kierroksella, jolloin se käsitellään uudelleen ja video pakataan niin, että kuvanlaatu säilyy mahdollisimman hyvänä. Tämä metodi ei kuitenkaan sovi live-streamaukseen, koska se vie aikaa. Live-tuotannoissa käytetään yleensä enkoodaamisen osalta CBR-tekniikkaa, jossa lähetettävälle kuvalle annetaan jonkinlainen bittiarvo. Bittiarvon määrittäminen riippuu lähetykselle varatusta kaistaleveydestä, eli sekunnin ajanjaksolla lähetettävän videostreamin bittiarvo tulisi olla pienempi kuin käytössä olevan kaistaleveyden, jotta signaalin vastaanottaminen ja lähetys onnistuu luontevasti. Bittiarvoksi voidaan määrittellä esimerkiksi 4,5 Mb/s, jolloin lähetettävä signaali pakataan niin, että yhden sekunnin videoleike siirtyy 4,5 Mb/s arvolla. Tämä voi kuitenkin johtaa ongelmiin kuvanlaadun kanssa, jos videossa on paljon värisävyjä, paljon liikettä tai muita tekijöitä jotka kasvattavat signaalin sisältämää bittiarvoa ennen enkoodaamista. (FFmpeg 2015.)

5.2 H.265

High Efficiency Video Coding eli HEVC on videonpakkaus standardi, joka on H.264/MPEG-4 AVC standardin seuraaja. Koodekkia kehittävät Moving Pictures Experts Group (MPEG) sekä Video Coding Experts Group (VCEG). Koodekin kehittäminen alkoi vuonna 2004, kun VCEG aloitti tutkimukset MPEG-4 AVC standardin parantamisen mahdollisuuksista, minkä jälkeen MPEG liittyi projektiin hieman myöhemmin.

Koodekin tavoitteet ovat yksinkertaisesti parantaa videon pakkausalgoritmeja niin, että videota voidaan pakata tehokkaammin kuin H.264 standardissa. Tarkoituksena on parantaa videon framien pakkaamista 50 % tehokkaammaksi ja vähemmän tilaa vieväksi kuin H.264 standardissa ilman, että kuvanlaatu kärsii. Videon pakkaaminen noin 50 % tehokkaammin karsii videon lähettämistä varten tarvittavaa kaistaleveyttä sekä pienentää videotiedoston kokoa. Tämä tarkoittaa sitä, että H.265 standardi mahdollistaa esimerkiksi 4K resoluutioisen videon lähettämisen paljon tehokkaammin, ottaen huomioon kaistaleveyden, jota 4K resoluutio tarvitsisi, jos se pakattaisiin H.264 standardilla. Lisääntyvä tarve korkearesoluutioiselle kuvalle sekä sen lähettämiseksi käyttäjien katsottavaksi, on yksi syy, miksi H.265 on tekniikaltaan odotettu pakkausmuoto. Tämä tarkoittaa sitä, että kun enkoodaustekniikka otetaan laajemmin käyttöön, niin esimerkiksi elokuvia

voidaan julkaista 4K resoluutiolla Blu-Raylle. Koodekin tekniikka voi myös mahdollistaa paremman tekniikan lähettää televisiosta Ultra HD-materiaalia. (Dreier 2015.)

Enkoodaaminen tapahtuu periaatteiltaan samoilla tekniikoilla kuin H.264:n enkoodaaminen, eli frameista pyritään poistamaan sellaista dataa, jota ihmissilmä ei pysty erottamaan. HEVC korvaa aiemmissä standardeissa käytetyn 16x16 makroblokkijärjestelmän uudella CTU/LCU tekniikalla eli Coding Tree Unit/Largest Coding Unit, joka mahdollistaa suuremman blokkijärjestelmän käyttämisen yksittäisissä frameissa. Blokkien koko voidaan määrittää 16x16 pikselin ja 64x64 pikselin väliltä, jolloin videon muuttuvaa dataa voidaan ennustaa paremmin ja videoleikkeen pakkaaminen onnistuu tehokkaammin. H.265 koodekki käyttää entropiakoodauksessaan CABAC-tekniikkaa, joka on periaatteiltaan samanlainen kuin aikaisemmassa H.264 standardissa käytetty CABAC-tekniikka. H.264 koodekin käyttämiä tekniikkoja on pyritty parantamaan kaikilta osa-alueilta, jotta pakattavaa dataa voidaan ennustaa paremmin framien välisissä muutoksissa ja ihmissilmälle huomaamatonta dataa voidaan poistaa tehokkaammin. Periaatteessa H.264 enkoodaustekniikka toiminnaltaan yksinkertaisempaa kuin H.265:n tekniikka. Kompleksisuuden lisääminen tarkoittaa H.265 osalta parempaa pakkaus-suhdetta ilman resoluution tai laadun kärsimistä. (Reinhardt 2014; Richardson 2013.)

Tällä hetkellä H.265 koostuu kahdesta profiilista, Main ja High joilla määritetään enkoodauksen kompleksisuus ja dekoodaamiseen tarvittavat resurssit. Lisäksi H.265:n profiilit sisältävät omat tasot eli Levelit, aivan kuten H.264 koodekissa, joita on kolmetoista kappaletta. Profiilien tasot määrittävät videoleikkeen resoluution ja datanopeuden sekä muita yksityiskohtia, kuten edeltävässä H.264 koodekissa. Profiileissa käyttötarkoitus riippuu päätelaitteen ja sovelluksen monimuotoisuudesta sekä bittiarvon maksimi nopeudesta. Tasot 1-3.1 ovat yksistään Main profiilille suunnattuja, kun taas tasoilla 4-6.2 voidaan käyttää joko Main -profiilia tai High -profiilia, riippuen mikä on haluttu resoluutio ja bittiarvo videoleikkeelle.

H.265:n käyttö on laajentumassa nykyisiin järjestelmiin ja medioihin. Useat eri tahot kehittävät tai ovat julkaisseet HEVC:iä tukevia sovelluksia, kuten piirisarjoja, koodekkeja ja toistimia. Erilaiset laitevalmistajat joutuvat julkaisemaan HEVC:iä tukevia piirisarjoja, jotta laitteiden käyttäjät voivat jatkossa katsella H.265 pakattua materiaalia ongelmitta. H.265 ja H.264 ovat molemmat patentoituja koodekkeja, mikä tarkoittaa sitä että, MPEG-LA myöntää lisenssejä koodekkien käyttöä varten. Tosin MPEG-LA ei ole vielä ilmoittanut H.265 koodekin lisensoinnista ja siihen liittyvistä käyttöehdoista julkisuuteen. Myös H.265:stä on tehty avoimeen lähdekoodiin perustuva ohjelmistomuoto, joka on nimetty x265:ksi. Tämä vastaa toiminta periaatteiltaan H.265, aivan kuten sen edeltäjä x264 vastaa H.264:n toiminta periaatteita. (Ozer 2013.)

5.3 VP9

Google julkaisi joulukuussa 2012 WebM ja Matroska -videoformaattia tukevan videon pakkaamista varten kehitellyn formaatin. VP9 on ilmainen ja vapaassa käytössä oleva formaatti. VP9 mahdollistaa videomateriaalin lähettämisen HTML 5 ympäristössä, jota ollaan tuomassa HTML 4.01 tilalle. HTML 5 on kehittyneempi versio HTML 4.01 merkintäkielestä, johon verkkosivustot perustuvat. (Dreier 2015.)

VP9 ei ole tiedostomuoto, vaan koodekki, jolla video ja ääni voidaan pakata. VP9 on eräänlainen algoritmi joka jakaa videotiedoston kuvasarjaksi, jonka tarkkuus ja väriarvot riippuvat siitä, miten paljon videota halutaan pakata. Jokaiselle framelle annetaan enkoodaus vaiheessa erillinen järjestysnumero sekä aikaleima, jotta kuva ja ääni voidaan synkronoida oikeaan järjestykseen ja pituuteen, kun koodausta puretaan. Profiilista riippuen voidaan tiedostoa pakata värien ja kuvanlaadun perusteella pienemmäksi, riippuen halutusta tiedostokoosta. VP9 käyttää enkoodaustekniikassaan samantyyppistä blokkijärjestelmää kuin H.264 ja H.265. Blokkien koko vaihtelee 64x64 kokoisista superblokeista, mitkä voidaan jakaa pienimmillään 4x4 kokoisiksi blokeiksi. Kuten H.264 ja H.265 koodekeissa, niin myös VP9 käyttää näiden blokkien antamia näytearvoja framien pakkaamiseen.

Profiileja VP9:ssä on 4 kappaletta, jotka ovat Profile 0, Profile 1, Profile 2 ja Profile 3. Profiilien väliset erot näkyvät bittisyvyyksissä sekä väriarvojen pakkausmetodeissa eli Chroma Subsampling arvoissa. Oletusarvoisesti video on Profile 0 antamissa arvoissa 4:2:0 muotoista, jolloin yhdessä framessa on 4 luminanssinäytettä ja 2 krominanssinäytettä, kun taas Profile 1 mahdollistaa videon frameille 4:2:2 tai 4:4:4 muotoon sekä tuen alpha- ja syvyyskanavalle.

Google otti VP9:n käyttöön YouTubessa, sillä H.264 koodekin patentin omistava MPEG-LA ei ole antanut takeita siitä, että koodekin ja sen patenttien käytölle ei anneta rajoitteita tai siitä ei tehdä maksullista. (Bultje & Frost 2013; Richardson 2014.)

VP9:n tukee myös 8K-resoluutiota ja toimii myös YouTuben 4K resoluutiouisessa materiaalissa. Koodekki siis voidaan tallentaa WebM-tiedostomuotoiseksi tai MKV-tiedostomuotoiseksi. Syyskuussa 2014 Google ilmoitti, että se on alkanut kehittämään VP9:ää eteenpäin ja uusi julkaisu VP10 ilmestyy arviolta 18 kuukauden kuluttua kehityksen alkamisesta. VP10 on suunniteltu vastaamaan H.265-standardin ominaisuuksia.

VP9-koodekki käyttää ilmaiseen lähdekoodiin perustuvaa Ogg Vorbis audiokoodekkia. Tämä koodekki on muuntaa ääniraidan .ogg tiedostopäätteiseksi. Äänenpakkaus tapa on hyvin samanlainen, kuin esimerkiksi .mp3 tai .aac tiedostoissa, eikä se näin ollen poikkea laadultaan näistä pakkausmuodoista. YouTube tukee live-streameissa AAC-LC pakattua stereoääntä. (Mukherjee nda.)

6 MULTICAM-TUOTANTO

Multicam-tuotanto on lyhenne sanoista multiple camera setup, joka tarkoittaa vapaasti suomennettuna monikameratuotantoa. Tuotanto perustuu yleensä kahden, tai useamman, kameran kuvalähteiden lähettämiseen yhtä-aikaisesti.

Multicam-tuotanto on usein ohjattua toimintaa, mikä tarkoittaa sitä että lähetysten tyyppistä riippumatta, ohjaaja valitsee lähetettävän kuvalähteen kahdesta tai useammasta kamerasta. Kameroiden kuvalähdettä voidaan vaihdella erilaisten leikkausten avulla sekä kameroiden kuvalähteitä voidaan yhdistää yhtenäiseksi kuvaksi, jossa näkyvät useamman kameran kuvalähteet yhtä aikaa.

Multicam-tuotanto kehitettiin alun perin televisio-ohjelmien ja elokuvien käyttöön. Se mahdollistaa erilaisten kuvakulmien käytön sekä niiden väliset vaihdot nopeasti. Tästä on etua esimerkiksi live-streameissa, jolloin käyttäjälle voidaan tuoda useita eri kuvakulmia lähetykseen, jolloin katsoja saa laajemman käsityksen tapahtumasta sekä tarkempia kuvakulmia tapahtuman esiintyjistä. (Todorovic 2006, 7.)

Multicam-tuotannossa verkkoon on oleellista se, että kaikki kamerat toimivat kuvasuhteen, frame raten ja kaapeloinnin kautta samalla tavalla. Tämä tarkoittaa sitä, että jos tehdään livetuoantoa, niin kameroiden tulisi olla asetuksiltaan samanlaisia, jotta kuvamateriaalia voidaan lähettää loppukäyttäjälle ongelmitta. Ongelmia voi syntyä esimerkiksi enkoodaamis -vaiheessa, jos kameroiden frame rate on kaikissa erilainen. Lisäksi laadullisia ongelmia voi ilmetä, jos kamerat kuvaavat erilaisella kuvasuhteella tai kuvalaadulla. Tämä voi aiheuttaa streamiin viivettä tai muita ongelmia, esimerkiksi toistettavuuden ja subjektiivisen kuvanlaadun kokemisen kanssa.

7 KÄYTTÖOIKEUKSIEN HALLINTA

Verkojulkaisuissa on tärkeää ottaa huomioon julkaistavan materiaalin sisältö. Useat videopalvelut tarkkailevat ja valvovat sisältöjään, jottei kopiosuojattua tai laitonta materiaalia pääse levittämään, jollei julkaisijalla ole materiaalin julkaisua varten tarvittavia lupia. Tällä myös rajoitetaan mediasisällön vastaanottajan mahdollisuuksia esimerkiksi kopioida, lähettää tai tallentaa sisältöä.

Käyttöoikeuksien hallinta eli DRM perustuu siihen, että video enkryptataan tietyllä salausavaimella, minkä jälkeen loppukäyttäjän päälaitte purkaa salauksen silloin, kun käyttäjällä ja laitteella on tarvittava oikeus materiaalin tarkastelemiseen. Materiaalin kopioiminen voidaan estää kokonaan, tai kopioituun materiaaliin voidaan lisätä esimerkiksi vesileima, josta ilmenee, mistä sisältö on kopioitu tai mitä kyseinen materiaali sisältää. Monet eri palvelut käyttävät erilaisia DRM -palveluita ja tapoja suojata kopiosuojatun materiaalin laittoman hallussapidon ja sen jakamisen. (Adobe 2013.)

7.1 Content ID YouTubessa

Käyttöoikeuksien hallinta YouTubessa toimii Content ID-toiminnolla. Järjestelmä perustuu siihen, että materiaalin julkaisijat eli artistit, elokuvastudiot jne. antavat YouTubelle käyttöön materiaalia, joka tämän jälkeen tallennetaan referenssinä YouTuben tietokantoihin. Tämän jälkeen YouTubeen ladattavia uusia videoita verrataan näihin tietokantoihin, jolloin voidaan todeta, sisältääkö video kopiosuojattua materiaalia vai ei. Content ID-palvelu tunnistaa kopiosuojatun materiaalin äänen ja kuvan perusteella.

Videon sisällön tunnistaminen tapahtuu, vaikka ladatun videon laatu olisi erilainen kuin referenssimateriaalin laatu. Jos ladatulla videolla on materiaalia joka on kopiosuojattua, YouTube ilmoittaa asiasta käyttäjälle ja toimii alkuperäisen materiaalin omistajan toivomalla tavalla sen suhteen, mitä käyttöoikeuden alkuperäinen hallitsija haluaa videolle tehtävän.

Video tai sen osia voidaan poistaa, sen ääniraita voidaan poistaa, video voidaan alistaa alkuperäisen sisällöntuottajan mainoskäyttöön, tai ladattu video voidaan jättää palveluun ilman mitään toimia. Toiminnot riippuvat kopiosuojatun materiaalin omistajan vaatimuksista.

YouTuben Content ID -palvelu toimii automaattisesti ja se tarkastelee myös live-streamejää. Tämän avulla YouTube pystyy tarkastelemaan ja seulomaan palveluun lähetettävää materiaalia nopeasti ja tarkasti. Väärästä kopiosuojarikkomuksesta voi tehdä valituksen, joka käsitellään ja materiaali tarkastetaan uudelleen. Jos materiaali ei sisällä kopiosuojattua materiaalia, poistuu ilmoitus ja käyttäjä saa julkaista videon ilman jatkotoimia. Kopiosuojatun materiaalin lähettäminen voi johtaa käyttäjän YouTube-tilin sulkemiseen, tai sen osien, kuten live-streamauksen, poistamiseen käyttäjältä. Rajoitukset poistuvat yleensä automaattisesti kuuden kuukauden kuluttua. (Google 2015.)

8 YOUTUBE

YouTube on Googlen omistama videopalvelu. YouTube toimii käyttöalustana internetin välityksellä ja sinne lähetettävät videot ladataan YouTuben servereille, joita Google operoi. Tämä mahdollistaa tiedon tallennuksen ja levittämisen verkon kautta miljoonille ihmisille yhtä aikaa.

YouTube mahdollistaa myös live-streamien lähetyksen YouTube Live -ominaisuuden avulla. Palvelu vaatii kuitenkin käyttäjätilin sekä Live Events -ominaisuuden käyttöönoton. YouTube palvelualustana on oiva valinta, sillä useat eri streamaus-ohjelmistot tarjoavat mahdollisuuden lähettää live-streamit YouTuben kautta, jolloin lähetystä varten on valmiiksi palvelin, toistin sekä mahdollisuus upottaa/jakaa videoita verkkosivuille.

YouTuben toistin vaatii selaimen, esimerkiksi Internet Explorer, Mozilla Firefox, Google Chromen, tai Applen Safarin, ja Adoben omistaman Flash pluginin toimiakseen live-streamien osalta. Tämänhetkinen vaatimus verkon nopeudelle videotiedostojen lähettämisessä on 1 Mb/s ja vastaan ottamisessa 500 kb/s. YouTube on myös ottanut HTML 5 tekniikan käyttöönsä,

mikä tarkoittaa sitä että uudemmilla selaimilla, joilla tämä tuki on, ei tarvitse enää Adoben Flash pluginia YouTuben On-Demand -videoille. Tämän avulla on pyritty parantamaan käyttäjien tietoturvaan sekä mahdollistamaan erilaisten videokoodekkien käyttö ja yhteensopivuuden, jotta materiaali on katsottavissa mahdollisimman monella eri päätelaitteella sulavasti. Lisäksi YouTubea on julkaistu mobiililaitteille oma sovellus, jolloin käyttöympäristö laajentuu myös älypuhelimiin ja tabletteihin. (Google 2015.)

Videon live-streamaaminen vaatii kuitenkin käytettävältä verkolta kaistaleveyttä 300 kb/s – 6 Mb/s. YouTube toimii kaikilla yleisimmillä käyttöjärjestelmillä, kuten Windows, iOS ja Linux, minkä takia palvelun kautta voidaan lähettää haluttua dataa monille eri käyttäjille järjestelmästä riippumatta. Tämä koskee myös yleisimpiä mobiililaitteiden käyttöjärjestelmiä. (Google 2015.)

YouTubella on tällä hetkellä yli miljardi käyttäjää. Videoita palveluun ladataan 300 tuntia joka sekunnin ajan. Palvelu on käytettävissä 75 maassa ja videoita katsellaan päivittäin miljoonia tunteja. (Google 2015.)

Live-streamien tekeminen YouTubeen tapahtuu MPEG-DASH ja RTMP-tekniikoita käyttäen. Videosignaali lähetetään enkooderilta YouTuben serverille, käyttäen hyväksi RTMP -tekniikkaa. Tämä tarkoittaa sitä, että enkooderi luo RTMP -protokollan yhteyden YouTuben -palvelimelle, jossa video siirretään katsojan loppupäänteen toistimelle MPEG-DASHin ominaisuuksien mukaan. Tämä tarkoittaa sitä, että video transkoodataan ja pilkotaan pieniin segmentteihin, jotka lähetetään käyttäjälle. Käyttäjän verkkoyhteydestä riippuen, kuvanlaatu voi vaihdella, sillä Adaptiivisen streamauksen tavoin, myös MPEG-DASH käyttää hyväkseen toistimen puskurimuitia. Tämä tapa mahdollistaa sulavan ja ongelmattoman toiston videolle, kun kuvanlaatu optimoidaan käyttäjän verkkokapasiteetin mukaiseksi.

Video ID: ideAjH82TAI [x]

Dimensions: 1920 x 1080 * 1

Resolution: 1920 x 1080@30

Volume: 85%

Stream Type: https

CPN: tI3GQ60F0aZZpt_B

Mime Type: video/mp4; codecs="avc1.640028"

DASH: yes (137/140)

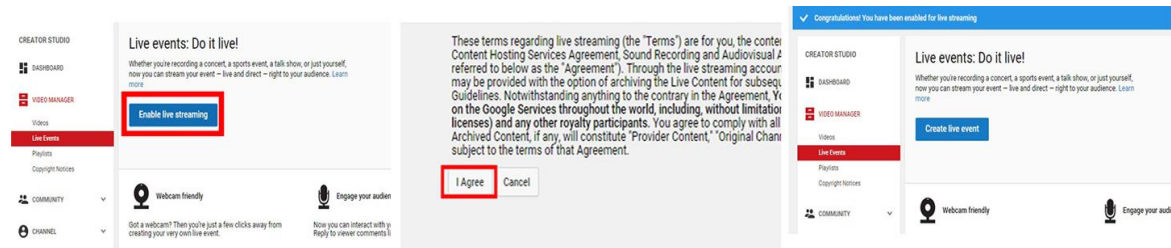
Bandwidth: 19693 Kbps

Decoded Frames	Dropped Frames	Parsed Frames	Presented Frames
352	10	-	-
Video Bytes Decoded	Audio Bytes Decoded	Painted Frames	Paint Delay
1057257	190960	-	-

Kuva 5. Videon teknisiä tilastoja Stats for Nerds -toiminnon avulla.

8.1 Live streaming

YouTuben live-stream -ominaisuus täytyy aktivoida erikseen käytettävän tilin ominaisuuksista. Ominaisuuden aktivointi tarvitsee tilin validoinnin, joka tapahtuu Googlen lähettämällä koodilla kanavanhallitsijalle. Tämä tapahtuu yleensä tekstiviestin kautta. Aktivointi onnistuu myös puhelimella soittamalla palvelun aktivoimisnumeroon. Kun käyttäjän kanava on validoitu, voidaan live-ominaisuus ottaa käyttöön ja käyttäjä voi alkaa luomaan live-streameja YouTuben kautta. Streamit saadaan näkyviin joko YouTuben sisäisesti tai vaihtoehtoisesti upottamalla streamattava video YouTuben toistimen kanssa halutuille verkkosivuille. (Google 2015.)



Kuva 6. Live-streamaus-ominaisuuden käyttöönotto YouTubessa.

Streamia luotaessa tulee huomioida että YouTube käyttää RTMP -protokollaa omien serverien ja lähettävän enkooderin välillä. Enkoodatun signaalin tulee olla MP4-tiedostomuotoista, joka on pakattu H.264 -koodekkia käyttäen. H.264 koodekissa on suositeltavaa käyttää Main-profiilia ja 4.1 tasoa. Lähettävän streamin maksimikuvataajuus on 60 fps. Yleisimmät kuvataajuudet vaihtelevat 24 fps -30 fps-arvojen välillä. Kuvataajuus tosin voi vaihdella, riippuen kaistaleveyden kuormittumisesta sekä enkooderille tulevasta prosessorikuormasta, jolloin esimerkiksi enkooderi voi tiputtaa lähetettävän materiaalin kuvataajuutta. Ääni videolle tulee AAC-LC koodekillä 44.1 kHz:n näytteenottotaajuudella ja 128 kb/s bittinopeudella. Koska stream muunnetaan RTMP-muodosta MPEG-DASHiksi, niin videoon lisätään key frameja noin kahden sekunnin välein, jotka helpottavat loppukäyttäjän resoluution vaihtamista, niin että videon toistaminen jatkuu sulavasti. Tämä tapahtuu YouTuben omilla servereillä, joissa signaali transkoodataan MPEG-DASH -tekniikalle sopivaksi.

Taulukko 1. YouTuben antamat ohjeet live-streamien enkoodaukseen.

Korkein live-streamien resoluutio 1920 x 1080	Bittiarvot: 6 Mb/s, 4,5 Mb/s, 3 Mb/s.
Pienin live-streamien resoluutio 426 x 240	Bittiarvot: 0,7 Mb/s, 0,4 Mb/s, 0,3 Mb/s
Protokolla, jolla YouTube ottaa streamin vastaan:	RTMP Flash Streaming
Suosittelut videokoodekit:	H.264, 4.1 taso
Suosittelut audiokoodekit:	AAC tai MP3
Bittiarvon enkoodaus:	CBR eli Constant Bit Rate

Taulukko 2. YouTube'n suositellut lisäasetukset enkoodaukseen.

Kuvapisteen kuvasuhde:	Neliö
Kuvatyytit:	Progressiivinen, 2 B-ruutua, 1 viite-ruutu
Entropiakoodaus:	CABAC eli Context-adaptive binary arithmetic coding

Streamin luominen alkaa menemällä oman kanavan Video Manager -osiin. Tämän jälkeen valitaan Live Events -kohta, minkä jälkeen ohjelma pyytää tekemään uuden live-tapahtuman.

Tämän jälkeen tapahtumalle tulee antaa nimi. Tämä helpottaa videon hallintaa jälkikäteen ja auttaa katsojia saavuttamaan halutut sisällöt. Otsikon lisäksi voidaan määrittää täsmällinen kellonaika streamin alkamiselle sekä kuvaus, jossa kerrotaan mitä tulevassa streamissä tapahtuu. Streamille voidaan myös määrittää erilaisia tageja, jotka kertovat videosisällöstä sekä mahdollistavat streamin lokeroinnin tietyn aihealueen alle. Tagien käyttö ei ole pakollista, mutta tämäkin helpottaa loppukäyttäjän hakutoimintaa, jolla hän voi etsiä videon myös jälkikäteen. Myös videon näkyvyys voidaan määrittää tässä vaiheessa. Vaihtoehtoina tähän ovat Public, joka tarkoittaa sitä, että videon voi katsoa kuka tahansa ja video löytyy hakutoimintaa käyttämällä, Unlisted jolla taas voidaan piilottaa video yleisestä hausta sekä Private, jolloin videon saavat näkyviin ne henkilöt, joille se erikseen halutaan näkyviin. Advanced Settings -välilehdellä voidaan muuttaa eri asetuksia esimerkiksi kommentoinnin ja muiden streamin ominaisuuksien osalta. Täältä voidaan säätää streamille viive aikaa, estää/sallia kommentointi, estää/sallia videon upotus ja jakaminen sekä tilastoinnin näkyvyys julkiselle yleisölle. (Google 2015.)

Kun tarvittavat otsikoinnit ovat valmiina, voidaan siirtyä YouTube'n enkooderin asetuksiin. Täällä valitaan maksimi bittiarvo lähetettävälle streamille, joka tulee kestämään koko streamin lähetyksen ajan. Videon resoluutio on porrastettu viiteen eri pykälään, joiden bittiarvo sekä kaistaleveyden vaatimukset vaihtelevat 300 kb/s – 6 Mb/s väliltä. Kuvanresoluutio vaihtelee taas 240p matalaresoluutioisen kuvan ja 1080p HD-kuvan väliltä. Jos käyttäjä valitsee korkeimman resoluution streamilleen, niin YouTube luo automaattisesti myös pienemmät resoluutiot streamille. Bittiarvon määrittäminen määrittää myös lähetettävän resoluution. Lähetettävälle streamille voidaan lisätä myös oma erillinen kuva, joka esiintyy vain videon esikatselunäkymässä. Kuva voi olla muodoltaan jpg, gif, bmp ja png formaattia, jotka ovat yleisesti käytössä olevia kuvaformaatteja.

Tämän jälkeen samalta välilehdeltä valitaan haluttu enkooderi. YouTube tukee erilaisia enkoodereita. Palvelussa on myös mahdollista valita muutama esiasetettu enkooderi, kuten Wirecast tai Flash Media Live Encoder. Tämän jälkeen siirrytään varsinaiseen enkoodaus ohjelmistoon, jossa tehdään käyttäjän tunnistus, mahdollinen enkooderin asetusten määrittäminen YouTubea varten sekä varmistetaan signaalinkulku YouTubeen. (Google 2015.)

Wirecast-ohjelmistossa valitaan Output -valikon alta löytyvä Output Settings -osio, tämä avaa valikon josta ulosmenevän signaalin serveri määritellään. Pikavalinnoista löytyy oletuksena YouTube, jota painamalla saadaan asetukset, joista ensimmäisenä täytyy valita Authenticate -kohta. Tämän avulla varmennetaan käyttäjän YouTube-tili, jonka kautta live-stream on tarkoitus lähettää. Varmennus tapahtuu selaimen aukeavan lupa-pyyynnön kautta, jossa Google pyytää lupaa hallinnoida tiliä. Hyväksymällä tämän OK-painikkeella, avaa Wirecast omassa päässään luettelon YouTubeen luoduista live-eventeistä. Listassa näkyvät kaikki käyttäjän luomat YouTube Live Eventit, joista valitaan haluttu. Tämän jälkeen voidaan määrittää YouTubeelle vara-serveri käyttöön sekä enkoodaukseen liittyviä asetuksia ja haluttu viive streamille.

Videota varten käyttäjälle tarjotaan esiasetukset YouTubea varten, mutta käyttäjä voi valita koodekkilistastaan haluamansa koodekin käyttöön. Käyttäjä voi määrittää myös lähetettävän videosignaalin frame raten, H.264 koodekin käytettävän profiilin ja käytettävän kaistaleveyden. Lisäksi käyttäjä voi halutessaan määrittellä kuinka monen framen jälkeen uusi Key frame tulee. Key frame -asetukset ovat automaattisesti 60 framessa, mikä tarkoittaa sitä, että key frameja tulee esimerkiksi 30 fps videossa noin 2 sekunnin välein. Näiden ominaisuuksien säätäminen kannattaa tehdä kameran lähettämän videosignaalin frame ratea vastaavaksi. Live-streamien toteutus Wirecastilla YouTubeen onnistuu vain H.264 tai x264 koodekilla ja ohjelmistossa itsessään on määriteltynä sopivat enkoodausasetukset YouTubeelle, joita ohjelmisto tarjoaa automaattisesti, kun käyttäjä varmistaa oman tilinsä ja lähetysasetukset Wirecastissa. Esiasetuksien käyttö vähentää mahdollisten virheiden määrää lähetysvaiheessa.

Audiosignaali koodataan AAC-muodossa, ja tätä varten voidaan valita näytteenottotaajuus sekä bittiarvot, minkä avulla määritetään minkä laatuista ääntä YouTubeen lähetetään. Kun molemmat asetukset ovat valmiina, voidaan halutut asetukset tallentaa sen hetkiseen käyttöön, tai vaihtoehtoisesti esiasetuksiksi, jotka voidaan ottaa uudelleen käyttöön jatkossa.

Output -valikosta voidaan myös valita lähetettävän streamin erillinen tallennus. Tämä tapahtuu vasemmasta alareunasta kohdasta Add. Tallennusformaatteina Wirecast tukee MP4, MOV ja Windows Media -tiedostoja.

Sen jälkeen kun käyttäjä on asettanut halutut enkoodausasetukset ja tallennusasetukset, kuitataan valinnat painamalla OK. Tämän jälkeen päästään varsinaiseen käyttöliittymänäkymään, jossa streamin ohjaaminen tapahtuu. Kun lähetys halutaan aloittaa, täytyy täältä painaa Stream-nappulaa. Tämän jälkeen Wirecast alkaa kommunikoida YouTubeen servereiden kanssa luomalla RTMP-yhteyden YouTubeen ja Wirecastin enkooderin välille.

Enkooderin ja YouTubeen serverin välisen yhteydenavaamisen jälkeen tulee YouTubeen Live Manager -välilehdellä käynnistää esikatselu. Tämän aikana YouTube varmistaa RTMP-yhteyden enkooderin sekä oman serverinsä välillä. YouTube varmistaa esikatselun aikana myös streamin kunnan sekä laadun ja bittiarvon. Kun RTMP-yhteys on varmistettu, voidaan lähetys

aloittaa suoraan painamalla Start Streaming-painiketta. Tulevaa streamia voidaan tarkkailla esikatseluikkunasta, tai samasta ikkunasta, josta streamin katselijat näkevät lähetyksen. Streamin aikana katsoja voi myös liikkua takaisinpäin videon aikajanalla, jolloin käyttäjät voivat katsoa streamia lähetyksen alusta alkaen. Streamissa itsessään on pieni viive, joka vaihtelee noin 30 sekunnista ylöspäin. Viivettä voidaan myös kasvattaa Advanced Settings osiossa tai enkooderissa. Viive syntyy siinä, kun YouTuben palvelimet ottavat enkooderilta signaalin sisäänsä, transkoodaavat sen ja pilkkovat sen pieniin segmentteihin, jotka siirretään tämän jälkeen toistimelle.

YouTuben streamaus tukeutuu RTMP-protokollaan, mutta serveriltä tuleva data itse toistimelle käyttää HTTP-protokollaa ja MPEG-DASH-tekniikkaa videon toistamiseen. Tämä takaa sen, että lähetyks saadaan mahdollisimman helposti ja ongelmitta käyttäjille. Koska käytössä on MPEG-DASH, tarkoittaa tämä myös sitä, että koko videota ei lähetetä katsojan päätelaitteen puskurimuistiin, vaan video päätetään osiin, jotka lähetetään loppukäyttäjälle. Tämän avulla käyttäjälle lähetetään vain ne osat, jotka käyttäjä katsoo, jolloin voidaan vähentää kaistanleveyden tarvetta sekä mahdollistaa nopea ja sulava kuvanlaadun vaihtaminen sekä siirtyminen videolla eri ajankohtaan. (Google 2015.)

9 KUVA JA ÄÄNI

Kuvan ja äänen streamaaminen vaatii lähettävältä osapuolelta ns. capture-cardin, eli kaapparikortin, ja tätä korttia tukevan ohjelmiston. Wirecast-ohjelmisto tukee erilaisia kaapparikortteja, joiden avulla videokuvaa voidaan siirtää ammattikameroilla, laajalla valikoimalla IP-kameroita sekä Web-kameroilla itse ohjelmistoon enkoodattavaksi.

9.1 Kaapparikortin toiminta

Kaapparikortit tuovat videokameroista saatavan kuvan tietokoneelle. Kortit asennetaan joko tietokoneen PCI-väylään, tai vaihtoehtoisesti esimerkiksi USB3-kaapelin avulla tietokoneen USB3-väylään. Markkinoilla on olemassa kortteja, joissa on valmiina H.264 enkooderi, joka pakkaa videokameralta saapuvan raavan videosignaalin. Korteissa on yleensä sisään tulevalle videosignaaleille yksi tai useampi Input-liitin. Liittimet voivat vaihdella HDMI-liittimistä BNC-tyyppisiin liittimiin. Kaapparikortit toimivat ohjelmisto- sekä laitekohtaisesti, jolloin on tärkeää varmistaa että kaapparikortin valmistaja tukee tietokoneella käytettävää käyttöjärjestelmää sekä streamaamiseen käytettävää ohjelmistoa, jolloin voidaan varmistaa kaikkien laitteiden yhteensopivuus. (Siglin 2007.)

9.2 Kuva- ja äänitekniikka livetuoannossa

Live-streamissä äänen lähettäminen voidaan toteuttaa erilaisin tavoin. Ammattitason videokameroissa on yleensä mahdollista liittää kameraan parempilaatuisia mikrofoneja, joilla voidaan tallentaa ääni- sekä kuvasignaali sekä lähettää nämä signaalit yhtä aikaa tietokoneelle, jossa signaalit enkoodataan

ja lähetetään. Vaihtoehtoisesti voidaan myös käyttää erillisiä mikrofoneja, joilla varmistetaan koko tapahtuman ääntälennus sekä lähetys paremmin.

Jos käytössä on erillisiä mikrofoneja, tulee lähettävässä tietokoneessa olla äänikortti, johon on kytketty äänimikseri, jotta äänisignaali voidaan tuoda tietokoneelle. Mikrofonit tarvitsevat yleensä ns. phantom-virran toimiakseen, jota voidaan lähettää mikseristä itsestään. Lisäksi ammattitason käytössä olevissa mikrofoneissa on yleensä käytössä XLR-kaapeli signaalin lähettämiseen. Mikseri mahdollistaa paremman äänenkäsittelyn, sillä äänen voimakkuutta sekä taajuuksia voidaan muunnella, ennen kuin signaali etenee lähetettäväksi. Tästä muodostuu myös ongelma, jossa ääni saattaa kulkea eri aikaan kuin kuva, mikä voidaan korjata viivästyttämällä ääntä tai kuvaa. Jos äänisignaali tuodaan videokuvan kanssa samaa kaapelia lähettävälle tietokoneelle, tätä ongelmaa ei pitäisi tapahtua. Ammattitason kameeroihin voidaan myös kytkä erilliset mikrofonit tarvittaessa, jolloin äänisignaali saadaan kulkemaan kuvasignaalin kanssa yhtä aikaa. Jotkut mikserit voivat vaatia erillisen äänikortin toimiakseen tietokoneella. (Laaksonen 2006, 230-246; Sony 2008.)

9.3 Ominaisuudet Wirecastissa

Wirecast ja YouTube tukevat molemmat monia erilaisia videotiedostomuotoja. Optimaalisin tulos saadaan kuitenkin käyttämällä H.264 koodekkia, jonka asetuksia voidaan Wirecastissa muuttaa profiilien antamien rajojen mukaisesti.

Wirecast-ohjelma tukee erillisen äänen- ja kuvasignaalin lähettämistä. Tämä kuitenkin vaatii sen, että kuva- sekä ääni on synkronoitava yhteen, jotta molempien lähettäminen yhtä aikaa onnistuu ongelmitta. Erilaisille kamera lähdeille on valittavissa haluttu äänilähde, jonka valitsemalla saadaan lähetettävään kuvaan myös haluttu ääni mikrofoneista. Eri kuvalähteille voidaan siis valita erilaisia äänilähteitä. Äänien tuominen erillisestä mikseristä voi aiheuttaa viivettä äänisignaaliin, jonka voi korjata Wirecastin Pro-versiossa, siihen tarkoitettulla ominaisuudella. Äänen tuominen mikseristä voidaan tehdä erilaisilla kaapeleilla, riippuen mikserin mallista sekä äänikortista. Yleisiä tapoja siirtää ääni mikseriltä tietokoneeseen ovat mm. RCA, USB tai FireWire. (Telestream 2013.)

10 WIRECASTIN TEKNISET VAATIMUKSET

Telestreamin Wirecast-ohjelmisto tarvitsee minimi vaatimuksina tietokoneelta käyttöjärjestelmän, jonka tulisi olla Windows 7, tai mahdollisesti uudempi. Lisäksi Telestreamin Wirecastin asennusmanuaalissa suositellaan, että käyttöjärjestelmä on 64-bittinen. Prosessoriksi suositellaan Intelin i3 prosessoria, tai parempia saman sarjan prosessoreita. RAM-muistin osalta Telestream suosittelee, että koneessa on vähintään 4 gigaa DDR 3 muistia. Grafiikkakortiksi Telestream suosittelee GeForcen tai Radeonin 512 MB korttia, tai mahdollisesti parempaa korttia. Jos Wirecastin tallennustoimintoa halutaan käyttää, tulee koneessa olla myös tallennustilaa. Tallenteille

voidaan osoittaa erillinen kiintolevy, sillä tallenteiden lopullinen tiedostokoko voi olla todella suuri.

Parhaimmat toiminta ominaisuudet ohjelmiston kannalta ovat, kun tietokoneessa on 64-bittinen Windows 7 -käyttöjärjestelmä, Intelin i7-sarjan prosessori, tai mahdollisesti parempi prosessori, 8 gigaa DDR3 RAM-muistia sekä GeForce tai Radeonin 1 gigan grafiikkakortti, tai mahdollisesti parempi. Myös USB3-portteja on suositeltavaa olla käytettävissä, sillä osa markkinoilla olevista capture cardeista toimii USB3-porttien avulla. Suositeltavaa on että ohjelmistolla streamaamista varten on käytettävissään myös 12 Mb/s kaistaleveyttä, vaikka YouTube ei vaadi kuin 6 Mb/s kaistaleveyttä HD-tasoisien kuvien lähettämiseen live-streameissa. Korkeampi käytössä oleva kaistaleveys varmistaa sen, että streamit voidaan lähettää ongelmitta. Prosessorin sekä RAM-muistin riittävyys ja riittävä kaistaleveys ovat tärkeimmät ominaisuudet, kun live-streamia halutaan toteuttaa. (Telestream 2014.)

Wirecast tukee myös useita eri kaapparikortteja, joiden avulla lähetettävä materiaali voidaan tuoda ohjelmistoon. Korttien valmistajilla on erilaisia kortteja eri käyttötarkoituksiin. Korttien ominaisuudet riippuvat siitä, kuinka monta kameraa halutaan käyttöön ja millä kaapeloinnilla kameroiden halutaan lähettävän kuvaa. Telestreamin testaamat PC:lle sopivat kortit ovat Black Magicin, Magewellin, AVerMedian, Yuanin, Wariosystems in Osprey-sarjan sekä Matroxin valmistamia. Kyseiset korttien mallit ja tuotemerkit ovat nähtävissä Telestream Wirecast Source Input Support-dokumentissa, joka on ladattavissa Telestreamin -verkkosivuilta. Dokumentti sisältää kortteja, joiden toiminta sekä yhteensopivuus Wirecastin kanssa on testattu ja todettu. Testauksen ovat suorittaneet joko laitevalmistajat itse tai Telestream. Kortit vaihtelevat PCIe -väylään asennettavista korteista USB 2.0 tai USB 3.0 porttiin liitettävistä korteista. (Telestream 2014.)

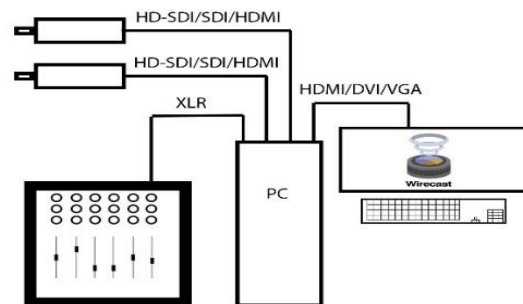
- Audio mikserien valmistajista Peavey, Pyle Pro, Mackie, Nady sekä Behringerin mikserien on todettu toimivan yhteensopivuudeltaan Wirecastin kanssa.
- Ammattitason videokameroista mm. Canonin XA10/20/25, XF100/105/300/305, Panasonicin AG-HMC80/150, AC130A/160A, HPX250/255/370, JVC:n GY-HM150U/600/710U/750/650 sekä Sonyn PMW 100/300/EX1/3/3s, HXR-NX5U, PXW-Z100 sarjojen videokamerat on todettu yhteensopivaksi Wirecastin kanssa. Lisäksi Wirecast tukee erilaisia IP-kameroita sekä laajan valikoiman Web-kameroita eri valmistajilta.

10.1 Wirecast tuoteperhe

Wirecast-ohjelmisto on itsessään jaettu kolmeen eri tuoteperheeseen. Vaihtoehtoina ovat ilmaisversio, jossa lähetettävään kuvaan ja ääneen kuitenkin lisätään Wirecastin vesileima. Tuoteperhe sisältää myös maksulliset Wirecast Studio- ja Wirecast Pro-ohjelmistot. Myös YouTubea varten on kehitelty Wirecast for YouTube-sovellus, mutta tämän sovelluksen negatiivinen

puoli on siinä, että se ei salli kaikkien ammattitason laitteiden käyttöä, vaan on lähinnä tehty ns. ”web-cast” lähetyksiä varten, joissa kuvaaminen tapahtuu kotikäyttöisillä videokameroilla, tai vaihtoehtoisesti web-kameroilla.

Wirecast Pro on tuoteperehen kattavin ohjelmistopaketti, joka sallii useamman ammattitason kameran signaalin lähettämisen, erilaisia enkoodausvaihtoehtoja sekä palvelun käyttämisen muille suoratoistoa tukeville palveluille. Hinnat vaihtelevat 495 dollarista 995 dollariin. Lisäksi YouTubea varten kehitetty oma sovellus sisältää sekä Studio- että Pro-tason käyttölisenssit, joissa palvelut ja ohjelmiston tuomat vaihtoehdot määräytyvät lisenssin tason mukaan. Parhaan laiteteknisen ratkaisun sekä mahdollisuudet tuottaa ammattimaista live-streamia löytyy Wirecast Pron tuotepaketista. (Telestream 2015.)



Kuva 7. Esimerkki kytkentätavasta kahdelle kameralle ja audiomikserille.

11 OHJELMISTO

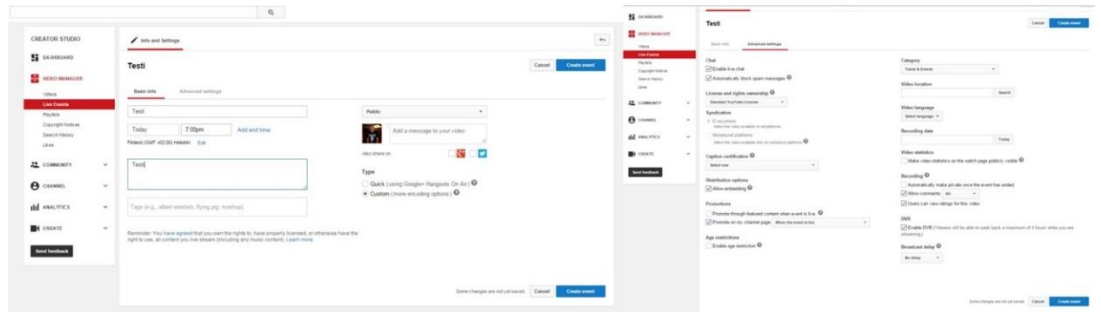
Wirecast on Telestreamin julkaisema ohjelmisto, jolla voidaan enkoodata ja ohjata live-streamiä eri videopalveluille, servereille ja videotoistimille. Ohjelmisto itsessään tarjoaa tukea laajalle valikoimalle erilaisia videonkaappamiseen tarkoitettuja kortteja, jotka ovat erikseen listattuna Telestreamin verkkosivustoille sekä dokumentoitu ohjelmiston valmistajan tai kaapparikortin valmistajan toimesta.

Kaapparikortin asentamisen jälkeen, Wirecast tunnistaa laitteen kuvamateriaalia tai äänisignaalia sisään tuovaksi laitteeksi. Yleisimmät ammattitason kamerat voivat lähettää signaalia erilaisten HD/SDI- tai HDMI-kaapeleiden avulla kaapparikortille, joka puolestaan käsittelee ja pakkaa dataa siirrettäväksi lähettämistä varten. Tämän jälkeen ohjelmistosta valitaan halutut kamera- ja äänisisääntulot, joista valitaan lähetettävä kuva streamiin.

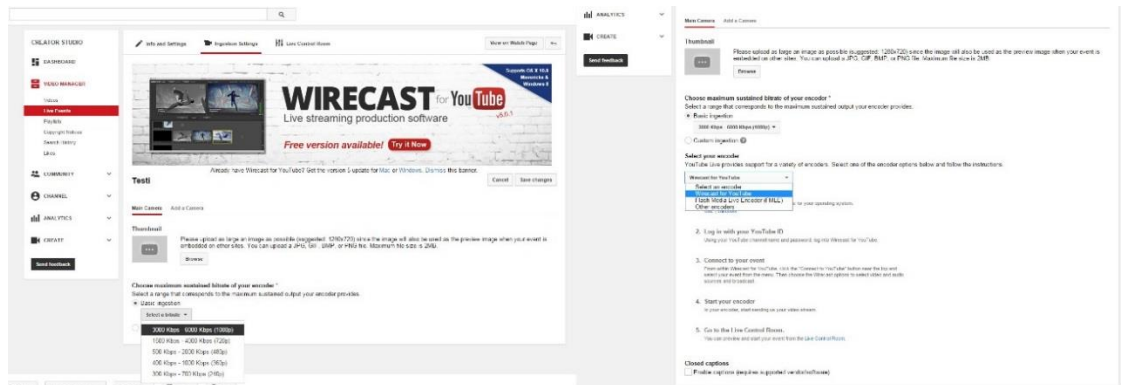
Wirecast toteuttaa streamauksen RTMP-protokollalla. Tämä tarkoittaa sitä, että streamaamista varten täytyy olla jonkinlainen mediapalvelin tai serveri,

joka kykenee käsittelemään saapuvan signaalin ja lähettämään sen taas tois-
timelle, jota loppukäyttäjä käyttää.

YouTubeen live-streamin toteuttaminen vaatii käyttäjältä aktivoitun You-
Tube -tilin sekä live-stream ominaisuuden aktivoinnin. Tämän jälkeen käyt-
täjä luo uuden live-tapahtuman sekä valitsee enkooderin ja lähetettävän ku-
vamateriaalin kuvanlaadun. Korkeimmilla kuvanlaaduille streamaaminen
vaatii noin 6 Mb/s kaistaleveyttä, joten internetyhteyden nopeus määrittää
lähettettävän kuvanlaadun, jotta stream toistuu sulavasti ja ongelmitta.



Kuva 8. Live-eventin luominen YouTubeissa



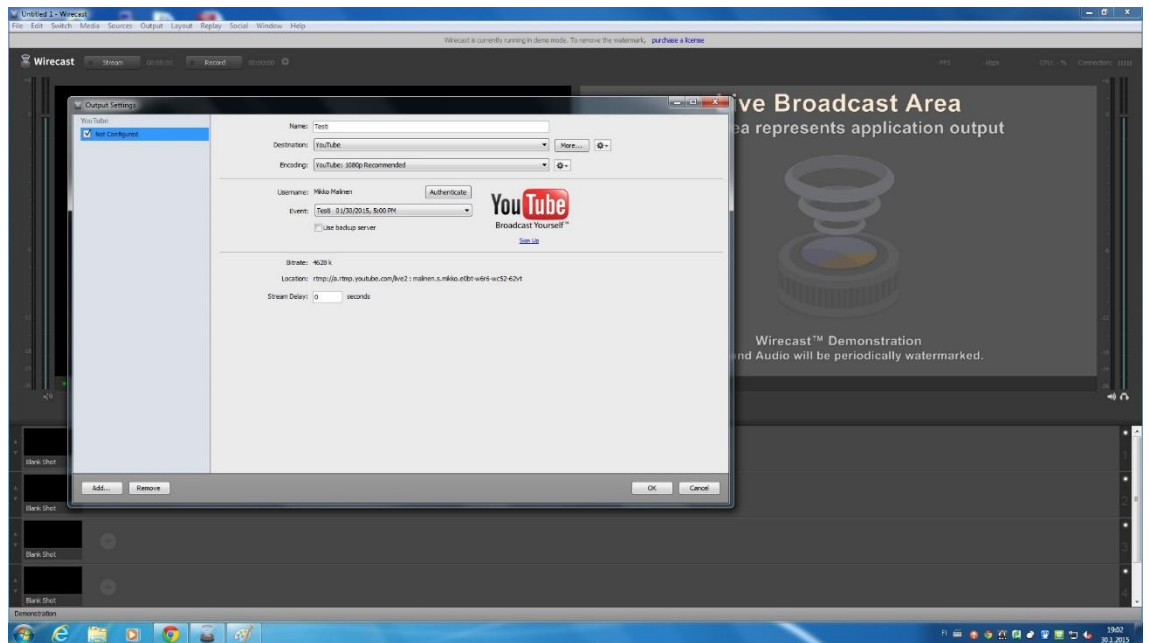
Kuva 9. Kuvanlaadun sekä käytettävän kaistanleveyden ja enkooderin valinta

Kun enkooderi, kuvanlaatu ja kaistaleveys on määritetty, siirrytään Wire-
cast-ohjelmistoon, jossa avataan Output-välilehti, jolloin ohjelmisto kysyy
materiaalin lähettämistä varten serverin IP-osoitetta. Pikavalikoista voidaan
valita YouTube, jolloin ohjelma pyytää käyttäjää varmistamaan käyttöoi-
keudet tiliin.



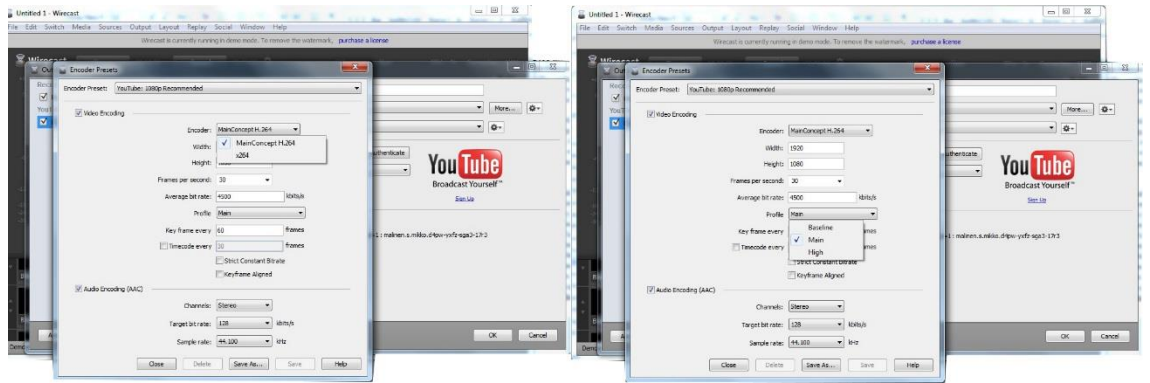
Kuva 10. Streamin kohteen valinta, YouTube-tilin varmennus sekä käyttöoikeuksien myöntäminen

Tämä tapahtuu oletusselaimeen avautuvassa ikkunassa, jossa käyttäjältä pyydetään oikeuksia hallinnoida käyttäjän YouTube-tiliä sekä lupaa jonka avulla sovellus ja Google saavat hallita käyttäjän tietoja soveltuvien käyttöehtojen ja tietosuojakäytäntöjen mukaisesti. Samalla YouTube luovuttaa tiedot live-streamien teknisistä tiedoista sekä live-stream tapahtumien nimistä, joista käyttäjä voi valita haluamansa tapahtuman.



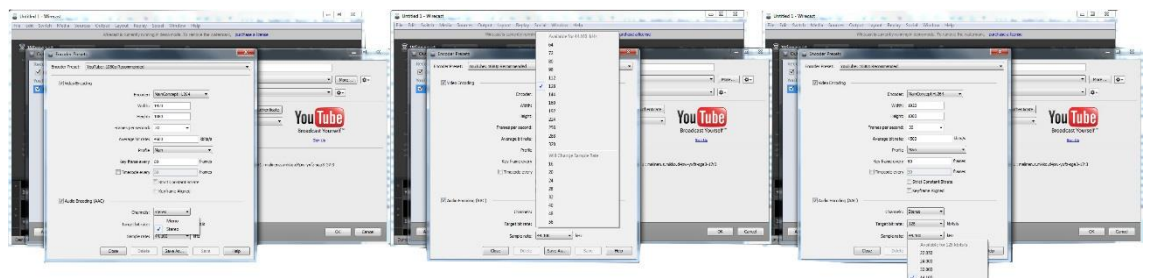
Kuva 11. Streamattavan tapahtuman valinta

Kun lupa on myönnetty, täytyy käyttäjän valita halutun live-tapahtuman nimi Wirecastin tapahtuma-listasta johon ilmestyvät kaikki YouTubeessa luodut live-tapahtumat. Tämän jälkeen voidaan vielä säätää live-enkooderin asetuksia halutuiksi. Enkooderin asetuksista kannattaa tarkistaa koodekki ja koodekin käyttämä profiili. Asetukset YouTubea varten määrittyvät yleensä automaattisesti sen jälkeen kun käyttäjä on varmentanut tilinsä YouTubeen ohjelmistossa. Koodekkina streamiä varten toimii H.264 ja koodekin profiili on Main. Asetuksia voidaan kuitenkin halutessaan vaihtaa tai tallentaa/ladata valmiita profiileja, mutta streamiä tehtäessä YouTubeen käyttäjän kannattaa käyttää oletusasetuksia, jotka latautuvat ohjelmistoon automaattisesti. Jos materiaalia lähetetään johonkin muuhun live-streamien mahdollistavaan palveluun, voidaan enkoodausasetuksia muokata halutulla tavalla näiden palvelujen antamien määritelmien mukaisesti.



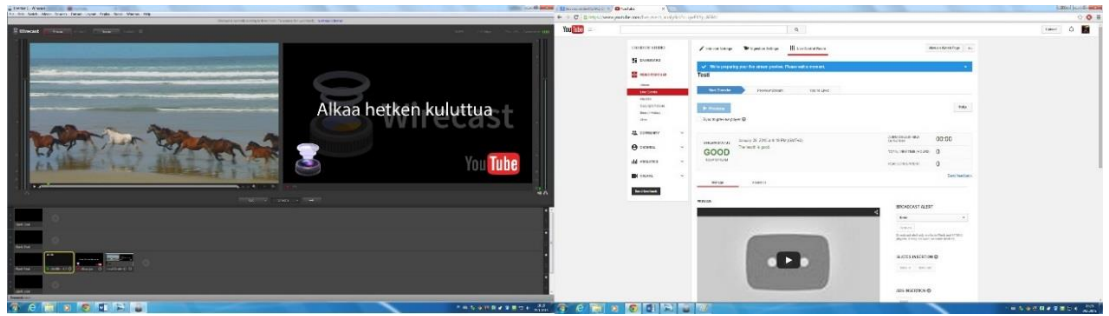
Kuva 12. Wirecast-ohjelman enkoderiasetukset koodekin ja profiilin osalta.

YouTubea varten lähetettäviin streameihin Wirecast käyttää oletuksena H.264-koodekkia mikä tarkoittaa sitä, että ääni ja kuva noudattavat MPEG-4 standardia, jolloin videokuva voidaan tallentaa esimerkiksi .mp4 -muotoon ja ääni on tämän standardin mukaan AAC -tyyppinen. Äänen osalta käyttäjä voi halutessaan valita yksikanavaisen tai monikanavaisen äänen lähettämisen eli mono- tai stereoääntä sekä valita äänen bittiarvon ja näytteenottotaajuuden. Nämä ominaisuudet jakautuvat käytettävän koodekin profiilin mukaan.



Kuva 13. Wirecast-ohjelman enkoderin ääniasetukset, kun käytössä on H.264 koodekki ja Main-profiili.

Lähetysasetusten valintojen jälkeen käyttäjä painaa OK-nappulaa välilehden alaosasta, jolloin livelähetyksen testaaminen voidaan aloittaa. Painamalla Stream-nappulaa ohjelmistosta, Wirecast luo RTMP-yhteyden YouTube:n servereille. Serverille saapuva signaali vaatii YouTube:n käyttöliittymästä Pre-View/Esikatselun tekemisen, jonka aikana YouTube:n serveri sekä Wirecast varmistavat yhteyden välilleen. Pre-View/Esikatselu vie aikaa muutamasta sekunnista minuuttiin, minkä jälkeen YouTube antaa tietoja käyttöliittymässään streamin kunnosta ja signaalin laadusta. Kun tämä on tehty, voi käyttäjä aloittaa live-lähetyksensä. Tämän jälkeen Wirecastissa voidaan ohjata lähetettävää kuvaa, dokumentteja, videota tai ääntä halutulla tavalla. Ohjelmistossa voidaan vaihtaa kameroiden kuvälähteitä, tai rinnastaa kaksi samanaikaista kuvakulmaa lähetettäväksi. Kuvälähteiden määrä riippuu siitä, kuinka monelle kameralle kaapparikortti on suunniteltu.



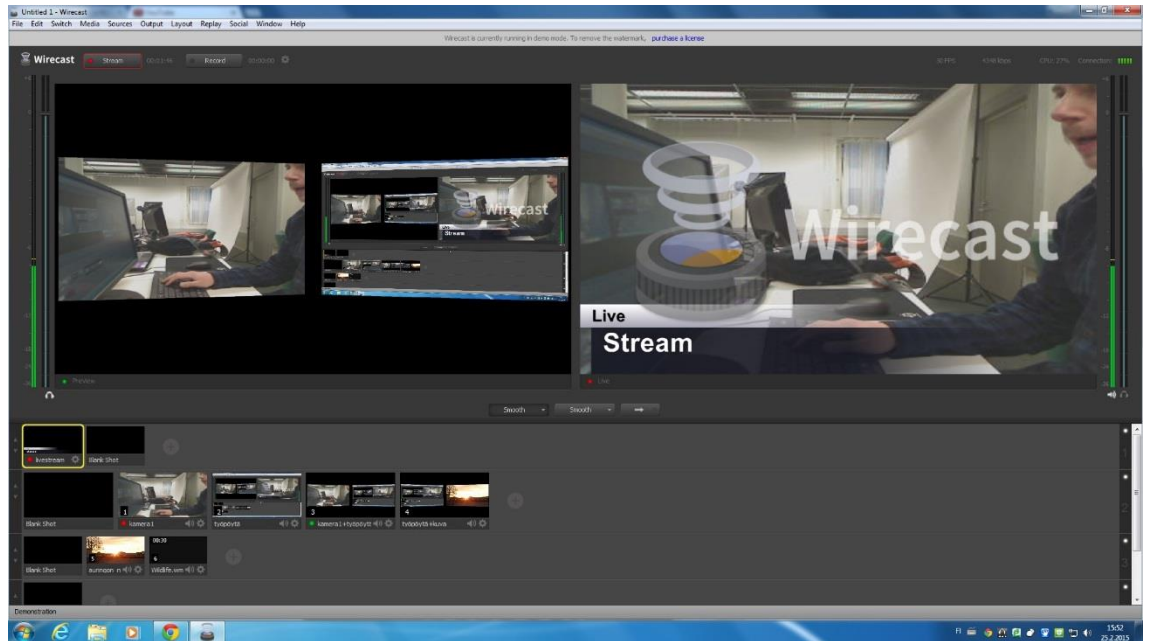
Kuva 14. RTMP-yhteyden tarkastus Wirecastin ja YouTube:n välillä.



Kuva 15. Live-streamin aloitus Live Control Roomissa sekä Live-stream loppukäyttäjän näkymästä YouTube:ssa.

11.1 Lähetyksen Ohjaaminen

Kameroiden ohjaaminen lähetykseen tapahtuu Wirecast -ohjelmistossa, kuten myös kuva- ja äänisignaalien enkoodaaminen. Käyttäjä valikoi lähetettävän kuvasignaalin, joka tämän jälkeen näkyy loppukäyttäjälle YouTube:n toistimesta. Kuvalähteiden ohjaaminen tapahtuu Wirecastissa klikkaamalla kuvalähdettä hiirellä, vaihtoehtoisesti näppäimistön numeronäppäimillä tai erillisellä kuvamikserillä. Numeronäppäinten käyttö vaatii kuva- ja äänilähteiden määrittämisen eri numeroille, jolloin ohjelmisto mahdollistaa kameroiden vaihtelun näppäimiä painamalla. Pikanäppäinten käyttö helpottaa työskentelyä, jos kameroita on paljon ja vaihdokset ovat nopeita. Vaihdokset voidaan toteuttaa suoraleikkauksina tai Wirecastissa olevilla animoiduilla leikkauksilla. Leikkaamisella voidaan poimia parempi kuvakulma, joka sopii lähetettävään streamiin ja sen sisältöön tilanteen mukaan.



Kuva 16. Näkymä Wirecastista live-streamia ohjatessa.

Wirecast tukee erilaisia tiedostoformaatteja, joita voidaan syöttää lähetykseen. Tällaisia ovat peruskuvaformaatit kuin JPEG, PNG ja BMP. Videoformaateista ainakin MP4- ja AVI -muotoiset videot voidaan lisätä ongelmitta lähetykseen. Myös äänitiedostojen lisääminen onnistuu. Lisäksi käyttäjä voi halutessaan lisätä erilaisia tekstikenttiä, logoja ja ilmoituksia streamiin. Ohjelmistossa on valmiita pohjia näille ja ne ovat läpinäkyviä, jolloin ne voidaan lisätä halutun kuvälähteen päälle, kuten kuvassa 15 kuvan oikealla puolella. Käyttäjä voi lisätä myös itsetekemiään pohjia, ja tässä tapauksessa se onnistuu helpoiten PNG-kuvan avulla.

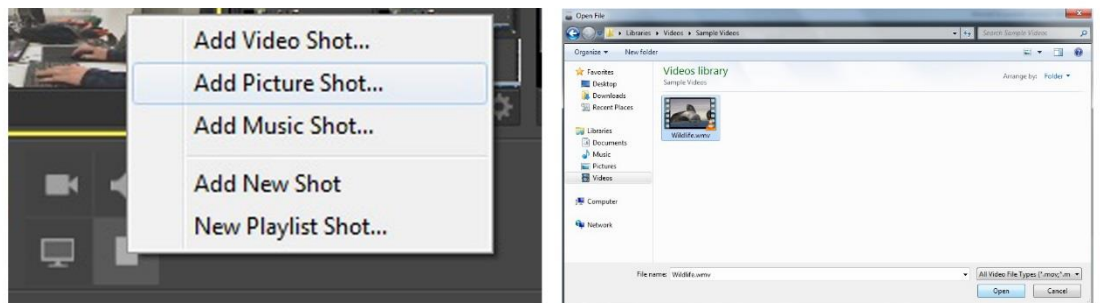
Wirecastin Desktop Presenter -sovelluksen avulla, myös erilaisten tekstipohjaisten tiedostojen lähettäminen streamiin onnistuu. Desktop Presenter -sovellukselle voidaan määrittää erikseen lähetettävä tiedostomuoto ja sovellus, josta materiaali halutaan esiin. Yleisesti Desktop Presenter -ohjelma lähettää kuvaa koneen työpöydällä tapahtuvista tapahtumista. Tämä onnistuu esimerkiksi Microsoft Officen tiedostoille ja PDF-muotoisille tiedostoille. Desktop Presenterin käyttäminen onnistuu, joko ns. etäkäyttönä, jolloin sovellus asennetaan sille koneelle, josta materiaali halutaan. Tämän jälkeen tämän koneen IP-osoite määritetään Wirecastiin sille koneelle, josta ohjaaminen tapahtuu. Desktop Presenter-ohjelmisto on myös Wirecastissä oletuksena, mutta tämä sovellus näyttää vain ohjaavan koneen työpöydän, eli se kaappaa vain paikallisen työpöydän tapahtumia. Jos Desktop Presenteriä halutaan käyttää etäohjauksen avulla, niin silloin tulee varmistaa että kone jolla Wirecastin lähettäminen ja ohjaaminen tapahtuvat sekä kone jolta kuvaa halutaan tuoda lähetykseen, ovat samassa verkossa.

Lähetykseen voidaan lisätä erilaista materiaalia painamalla työskentely alueella olevaa plus-symbolia. Tämän jälkeen voidaan määrittää onko lisättävä materiaali uusi kamera, äänilähde, työpöytä näkymä vai jokin tiedosto, jonka käyttäjä haluaa sisällyttää live-streamiin.



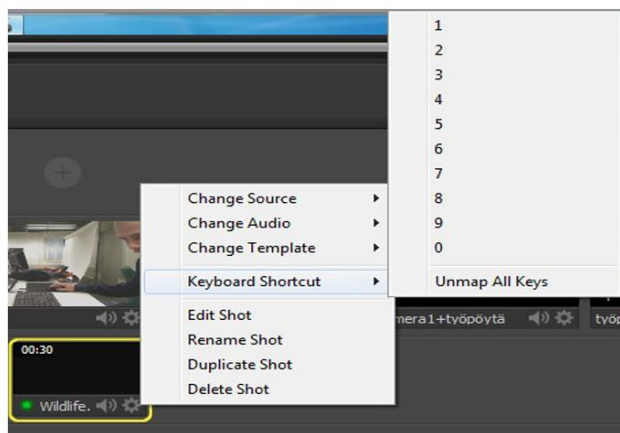
Kuva 17. Materiaalin lisääminen sekä lisättävän materiaalin erilaiset ikonit.

Tämän jälkeen käyttäjä määrittää haluamansa materiaalin, esimerkiksi videon, jonka hän haluaa lisätä. Lisääminen tapahtuu painamalla haluttua symbolia, minkä jälkeen Wirecast avaa valikon, josta käyttäjä valitsee tiedostonsa tai A/V-lähteensä.



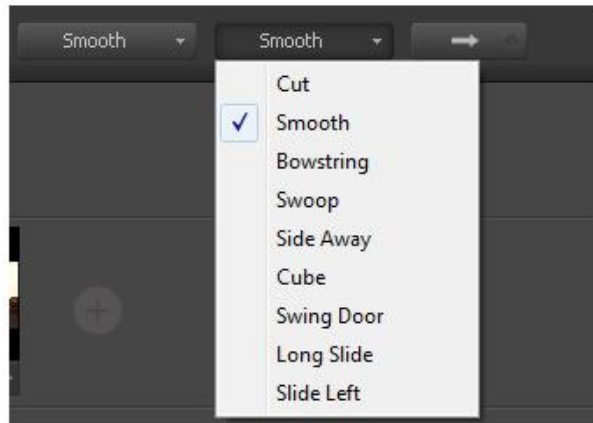
Kuva 18. Video sisällön lisääminen sekä tiedoston etsiminen käyttäjän kansioista Wirecastissä.

Tämän jälkeen lisätty tiedosto tai A/V-lähde ilmestyy ohjausvalikkoon. Käyttäjä voi halutessaan lisätä uudelle lähteelle pikanäppäimen jonka avulla voidaan määrittää, mitä numeronäppäintä painamalla tiedosto saadaan esikatseluun. Pikanäppäimet voidaan säätää numeroarvoille 0-9. Käyttäjä voi käyttää myös Enter-näppäintä vaihtaakseen esikatselussa olevan kuva tai äänilähteen suoraan lähetykseen.



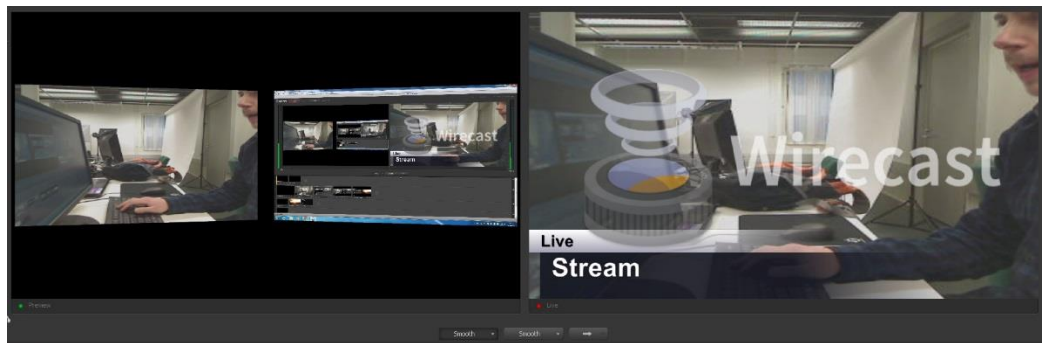
Kuva 19. Pikanäppäimen lisääminen tiedostolle.

Kuva ja äänilähteiden vaihdokset voidaan animoida, tai käyttäjä voi käyttää suoraa leikkausta. Animoitu vaihdos on hieman hitaampi, mutta kuva vaihtuu varsinaiseen lähetykseen esikatselu-ikkunasta hieman tyylikkäämmin. Käyttäjä voi myös valita leikkauksen ajan tai haluamansa animaation leikkaukseen. Leikkausten asetukset voidaan säätää, joko suoraan Enterillä tapahtuviin vaihdoksiin joissa oletusarvona on Cut eli suora leikkaus, tai vaihtoehtoisesti varsinaiseen kuvanvaihdos-painikkeen avulla tapahtuviin leikkauksiin, joissa oletusarvona on Smooth eli animoitu hidaskäyttö.



Kuva 20. Kuvaleikkausten asetukset ja erilaiset animaatiot.

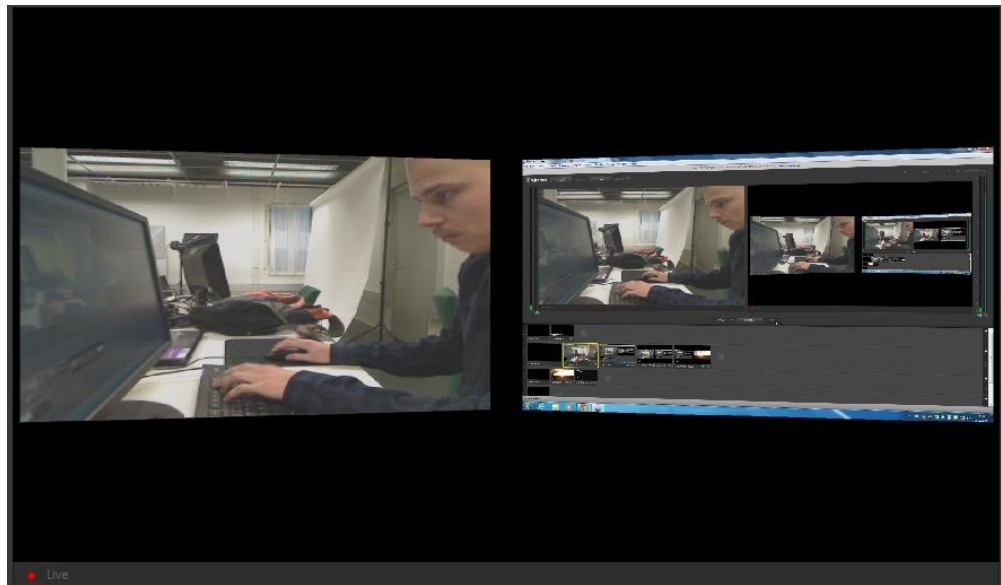
Pre-view ikkunassa voidaan esikatsella seuraavaa kuvälähtöä jota streamiin halutaan lähettää. Esikatselun avulla voidaan jäsentää streamin ohjaamista paremmin. Se helpottaa työskentelyä, sillä sen avulla voidaan nähdä onko seuraava suunniteltu kuvanvaihdos oleellinen ja mitä kyseinen kuvakulma sisältää. Käyttäjä voi myös halutessaan tarkastella esikatseluikkunassa kuvien tai videotiedostojen sisältöä sekä muokata niiden kuvasuhdetta tarpeen vaatiessa. Esikatseluikkunassa voi myös testata ilmoitus-ikkunoiden sisältöä, ennen kuin ne liitetään varsinaisen live-streamiin lähetettävän kuvan päälle.



Kuva 21. Kuvälähteet Pre-view ikkunassa ja varsinaisessa live-streamissä.

Käyttäjä voi myös määrittää useamman kuvälähteen näkymään samaan aikaan. Wirecastissa on erilaisia esiasetuksia tämän tekemistä varten. Näiden esiasetusten avulla voidaan kontrolloida kuvälähteiden sijaintia sekä niiden

kokoa. Tämä tapahtuu kuvalähteen asetuksista, joista voidaan vaihtaa esiasetusta. Esiasetus on oletuksena Fullscreen View, eli kuvalähde on määritetty näkymään kokonäytön kokoisena. Vaihtamalla esiasetuksen esimerkiksi kahdelle kuvalle, voidaan tämän jälkeen lisätä halutut kuvanäkymät Change Source-asetuksista sekä määrittää niiden sijainnit. Tämä voidaan myös tehdä erilliseksi kuvakulmaksi, lisäämällä uusi kamerakulma ja tekemällä tämän muokkauksen esiasetuksiin.



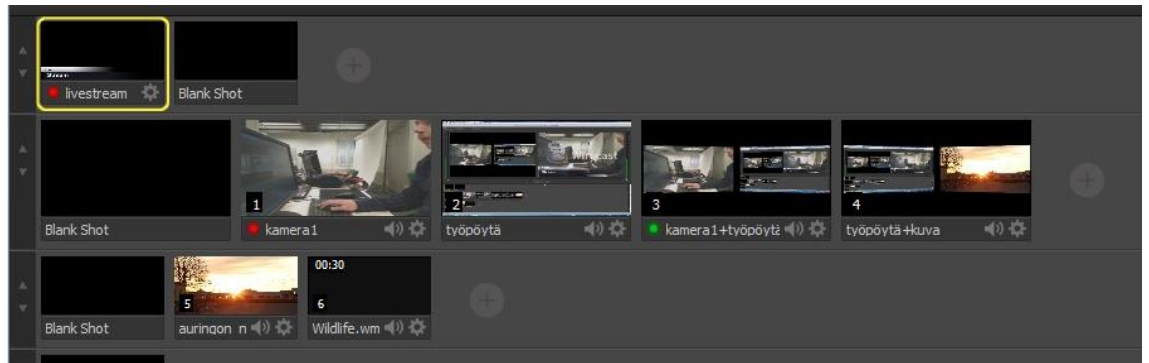
Kuva 22. Kaksi kuvalähdettä vierekkäin live-streamissä.

Ohjelmisto tarjoaa myös tarpeellista tietoa streamista itsestään. Tällaista tietoa on käytössä oleva kaistaleveys, onko stream käynnissä, tallennetaanko streamiä, streamin ääniasetukset, streamin kesto, framerate sekä CPU:n käyttö ja yhteyden laatu YouTube:n ja Wirecastin välillä. Nämä tiedot ilmestyvät ohjelmiston ylälaitaan, josta käyttäjä näkee helpoiten jos ohjelmistossa ilmenee jotain ongelmia. Ääniasetukset näkyvät erikseen esikatseluikkunalle sekä varsinaiselle lähetyssikkunalle. Nämä näkyvät ohjelman sivustalla ja liukusäätimiä säätämällä voidaan pienentää tai kasvattaa streamiin menevän äänenvoimakkuutta.



Kuva 23. Wirecastin informaatio palkki, josta nähdään onko stream-aktiivisesti käynnissä, tallennetaanko sitä erikseen, framerate, käytettävä kaistaleveys, CPU:n kuormitus sekä yhteyden laatu Wirecastin ja lähetysspalvelimen välillä.

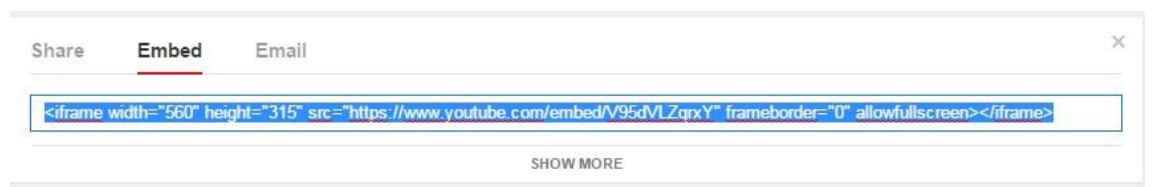
Wirecast toimii layer-periaatteella, eli halutut kuva- ja äänilähteet voidaan astella erilaisiin kerroksiin. Käyttäjä voi itse määrittellä haluamansa järjestyksen kerroksille ja niiden sisällöille. Tämä helpottaa ohjaustyöskentelyä, sillä erilaiset mediat ja kuvalähteet voidaan sijoitella eri kerroksiin, joista ne löytyvät paljon helpommin. Kerroksien järjestystä voidaan muuttaa haluamukseen ja kuvalähteitä voidaan siirtää kerrokselta toiselle ottamalla hiirellä lähteestä kiinni ja siirtämällä se halutulle kerrokselle. (Telestream 2013.)



Kuva 24. Esimerkki kerrosrakenteesta ohjaajan näkökulmasta, jossa lähetykseen laitettavat ilmoitukset ovat ylimpänä, kuvälähteet keskimmäisenä sekä erilliset medialähteet alimmalla kerroksella.

12 UPOTUS

Live-streamin upottaminen halutulle verkkosivustolle voidaan toteuttaa helpoiten kopioimalla lähdekoodiin tarvittava osa YouTuben Embed toiminnolla.



Kuva 25. Esimerkki verkkosivuston lähdekoodiin lisättävästä HTML-koodin osasta.

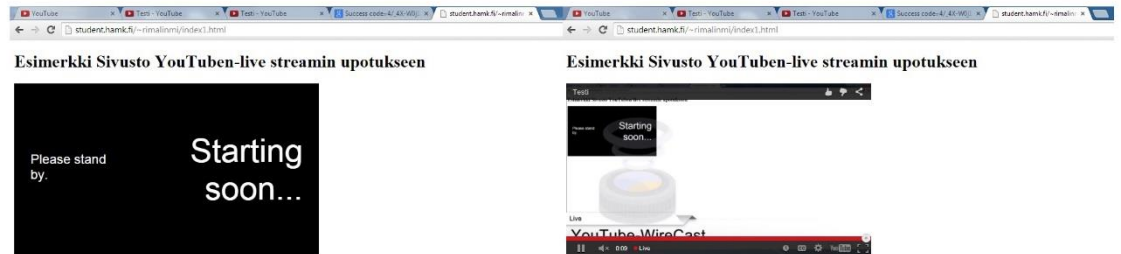
Tämä voidaan tehdä ennen streamin varsinaista aloitusta tai sen aikana. Upottaminen tapahtuu kopioimalla Embed-välilehdeltä HTML-koodin pätkä, minkä jälkeen koodi voidaan lisätä suoraan halutun verkkosivuston lähdekoodiin, jolloin stream on katsottavissa myös muualta, kuin YouTuben verkkosivuilta. Lähdekoodiin lisättävä tagi on YouTuben tapauksessa iframe-tagin, joka mahdollistaa erilaisten dokumenttien ja materiaalien lisäämisen verkkosivuilta toiselle.



Kuva 26. Kopioitu koodinosa verkkosivuston lähdekoodissa

Lähdekoodiin lisättävässä tagissa on määritelty videotiedoston koko sekä videotiedoston tiedot, minkä avulla YouTuben toistin siirtyy myös verkkosivustolle, johon video halutaan nähtäville. Kopioituun tagiin voidaan tehdä myös tarvittaessa muutoksia, jolloin sen kokoa voidaan suurentaa, tai se voidaan asettaa eri kohtaan sivuston rakenteessa. Upotetusta toistimesta

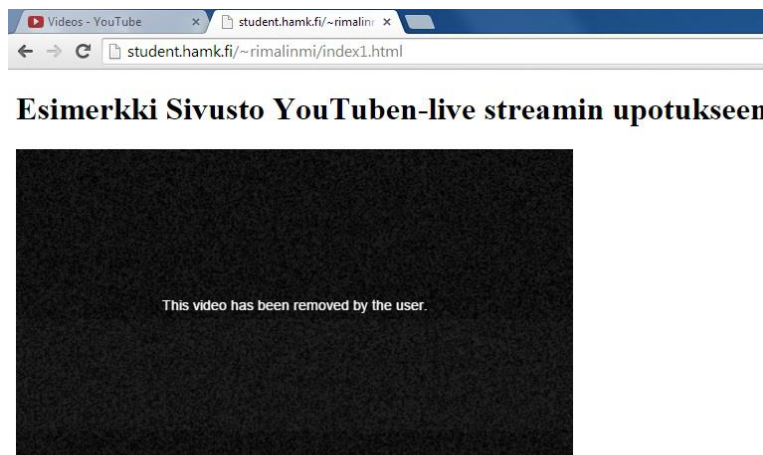
voidaan myös siirtyä YouTubeen kaksoisklikkaamalla videotointinta. Lisäksi upotettua tiedostoa voidaan myös jakaa eri sosiaalisen medioitten sivustoille, kuten Facebook, Google +, Twitter tai erilaisiin blogeja tarjoaviin verkkopalveluihin. Ennen lähetyksen alkamista upotettuun videotointimeen ilmestyy kello, joka laskee aikaa alaspäin hetkeen, jolloin live-streamin tulisi alkaa.



Kuva 27. Näkymä sivustolla ennen live-streamin alkua ja sen aikana

Kun live-streamin lähettäminen on lopetettu, voi videota katsella uudelleen verkkosivustoilta, jonne video on upotettu. Vaikka streami olisikin loppunut, voi käyttäjä silti katsoa lähetetyn streamin uudestaan, eikä varsinainen linkki poistu, tai lopeta toimintaansa, sillä lähetetty stream tallentuu YouTubeen lähettävän osapuolen YouTube videoihin.

Kun stream on lopetettu, voi lähettävä käyttäjä tehdä myös muokkauksia videoon, jotka tulevat voimaan automaattisesti myös sivustoille, mihin video on upotettu katseltavaksi. Videoiden muokkaaminen tapahtuu Video Manager-välilehdellä YouTubeessa, jossa tilin haltija voi halutessaan tehdä videoille muokkauksia tai vaikkapa asettaa ne räätälöidylle playlistille. Videota hallitseva osapuoli voi myös halutessaan poistaa videon, mikä aiheuttaa sen, että upotettu video lopettaa toimintansa. Verkkosivuille jää kuitenkin toistin, mutta se ilmoittaa katselijalle että video on poistettu YouTubea. Myös YouTube lähettää samanlaisen viestin omilla verkkosivuillaan, jos video on poistettu katseltavista.



Kuva 28. Ilmoitus videon poistamisesta

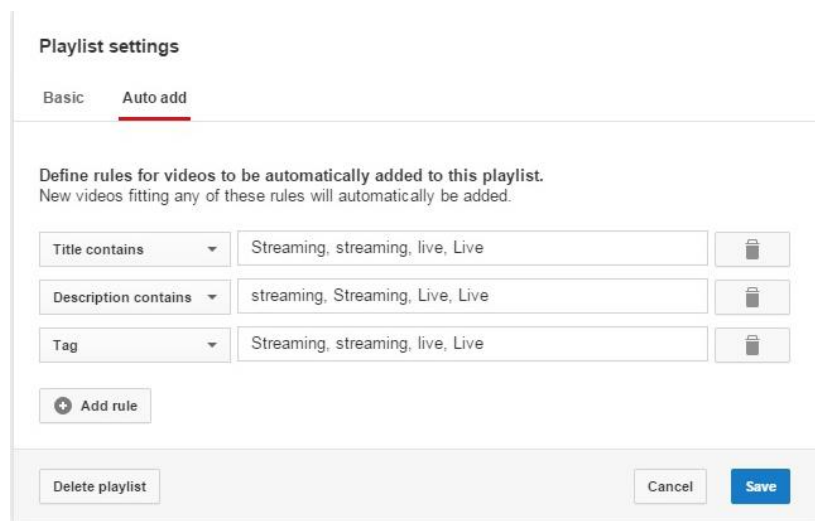
Käyttäjä voi myös halutessaan luoda videoista erilaisia playlistejä, eli sarjan videoita, jotka liittyvät toisiinsa ja jotka voidaan katsoa peräkkäin, vaihtamatta videota erikseen. Playlistin voi upottaa verkkosivuille näkyväksi käyttämällä HTML-koodia hyväksi.

```
<iframe width="1280" height="720" src="https://www.youtube.com/embed/videoseries?list=PLdMaFFBRT5vItqkFc19_upfzFd0ZEmtuf" frameborder="0" allowfullscreen></iframe>
```

Kuva 29. YouTubessa luodun Playlistin lähdekoodi, jolla Playlistin voi lisätä eri verkkosivuille

Playlistin käyttäminen mahdollistaa samanlaisten videoiden katselun yhtäjaksoisesti. Playlistin voi nimetä videoiden aihetta kuvaavaksi, jolloin tietyt Playlistit pysyvät järjestyksessä ja niiden nimestä voidaan päätellä, millaista materiaalia videot sisältävät. (Google 2015.)

Playlistin luominen tapahtuu Video Managerista, Playlists-valikosta painamalla New playlist- painiketta. Tämän jälkeen käyttäjää pyydetään nimeämään Playlist ja päättämään, onko luotava playlist yksityinen, piilotettu vai julkinen. Tämän jälkeen käyttäjä ohjataan playlistin asetuksiin, jossa päätetään playlistin sisältämät videot. Playlistille voidaan määrittää avainsanoja ja tageja, jolloin kaikki käyttäjän videot, jotka sisältävät nämä sanat videon kuvauksessa, tagi-kentässä tai videon otsikossa, lisätään automaattisesti playlistille.

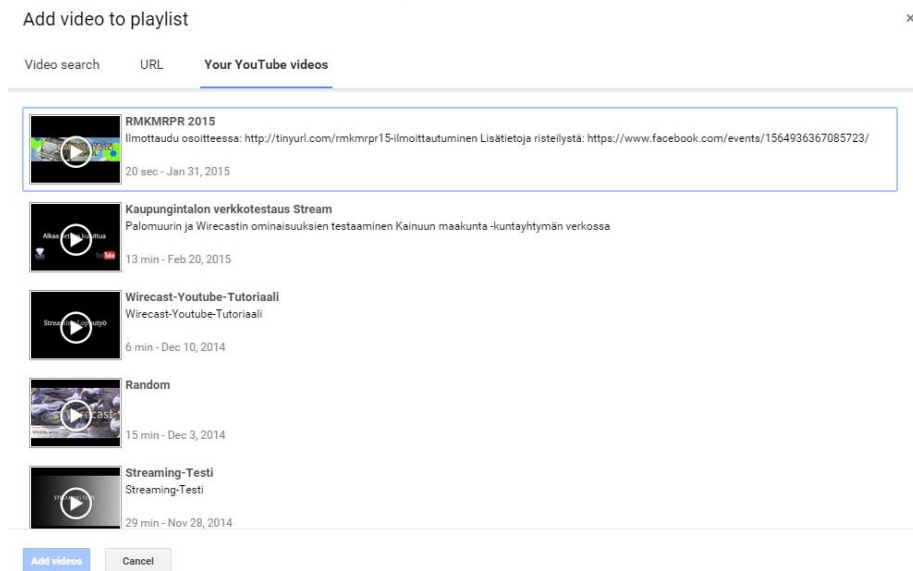


The screenshot shows the 'Playlist settings' interface with the 'Auto add' tab selected. It features three rules for automatic video addition based on title, description, and tag content. Each rule includes a dropdown menu for the field type and a text input for the keywords. At the bottom, there are buttons for 'Delete playlist', 'Cancel', and 'Save'.

Field	Rule
Title contains	Streaming, streaming, live, Live
Description contains	streaming, Streaming, Live, Live
Tag	Streaming, streaming, live, Live

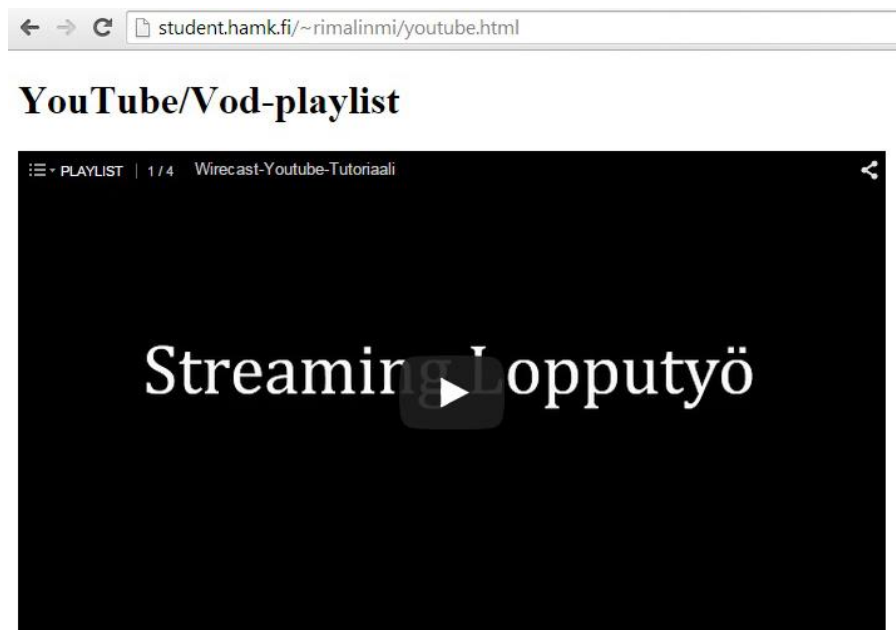
Kuva 30. Playlistille automaattisen lisäämisen avainsanat

Käyttäjä voi myös lisätä videoita haluamalleen playlistille myös manuaalisesti. Tämä tapahtuu painamalla Add Videos -painiketta luodussa playlistissä, jolloin käyttäjä voi lisätä videoita etsimällä niitä YouTubesta, URL-osoitteen perusteella, tai valitsemalla halutut videot omista YouTube -videostaan.



Kuva 31. Playlistin manuaalinen luominen

Valitut videot tuodaan playlistille, minkä jälkeen ne voidaan katsoa halutussa järjestyksessä. Playlist voidaan jakaa omalle YouTube-kanavalle, eri verkkosivuille tai esimerkiksi sosiaaliseen mediaan.



Kuva 32. Playlist upotettuna verkkosivuille

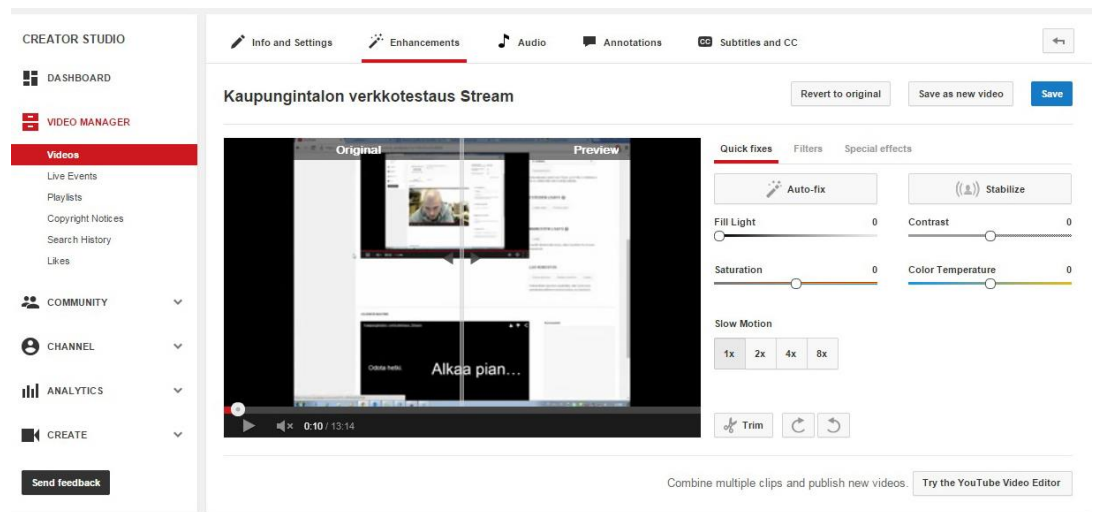
13 VIDEOITTEN HALLINTA JA TALLENNUS

YouTube ja Wirecast käyttöliittyminä mahdollistavat videosisällön lähettämisen ja vastaanottamisen loppukäyttäjää varten. YouTube toimii videon toistoalustana, jolloin streameja varten ei tarvitse pohtia erillisiä palvelinratkaisuja, jos videota halutaan katsoa myöhemmin. YouTube alustana tarjoaa videoistimen sekä laajan tuen erilaisille käyttöjärjestelmille ja käytettäville selaimille. (Google, 2015.)

Kun lähetettävää streamia aletaan toteuttaa, tarjoaa Wirecast vaihtoehdoisen tallennuksen lähetettävästä streamista. Tallennusvaihtoehtoina toimivat MP4, MOV sekä Windows Media. Tämä tarkoittaa, että sama video, joka enkoodataan ja lähetetään streaminä, voidaan myös tallentaa suoraan koneen muistiin, tai ulkoiseen muistiin käyttäen haluttua tiedostformaattia, johon pakattu video ns. ”kääritään”. Tämä mahdollistaa sen, että tallenne itsessään voidaan arkistoida, tai siirtää se erilaiselle videontoistoalustalle jälkikäteen. Tämä mahdollistaa myös sen, että videota voidaan myös editoida jälkikäteen erilaisilla videoeditointi-ohjelmistoilla.

Myös YouTube tallentaa lähetetyn videon jälkikäteen katsottavaksi lähetetävän kanavan YouTube-tilille. Tämän avulla video jää YouTube palvelimelle ja on näin ollen katsottavissa myös lähetyksen jälkeen. Videoita voidaan myös piilottaa hakutuloksista tai poistaa halutessa, mutta niihin ei voi tehdä suurempia muokkauksia YouTube käyttäliittymässä. Videon katseluita varten loppukäyttäjän ei ole pakollista luoda tunnuksia YouTubeen. Vain videon kommentointi ja arviointi vaatii tämän ominaisuuden. Lisäksi videon jakaminen onnistuu ilman tunnusten tekemistä.

YouTubeen tallennettua videoleikettä voidaan muokata YouTube omassa verkkoselaimen käyttäliittymässä. Muokkauksen taso ei ole valtava, mutta esimerkiksi värisävyjen, kasvojen sumentaminen, pituuden muuttaminen, erilaisten ilmoitusten sekä tekstitysten liittäminen jälkikäteen on mahdollista. Tämä kuitenkin tarkoittaa sitä, että videoleike täytyy muuntaa uuteen muotoonsa jokaisen kerran jälkeen kun muokkauksia tehdään. Muokkauksen vaikutus näkyy vasta muutamien minuuttien kuluttua, riippuen muokkauksen laajuudesta. YouTube renderöi sisäisesti videon uudelleen. Kun muokkaukset on hyväksytyt ja tallennettu, uusien muokkauksen tekeminen onnistuu vasta, kun video on renderöitynyt uuteen muotoonsa. Tämän jälkeen video on taas katsottavissa ja valmiina uusia muotoiluja varten.



Kuva 33. YouTube videomuokaus näkymä Video Managerissa

Live-streamin aikana muokkauksia ei voi tehdä. Tosin YouTube sallii ilmoitusten ja virheilmoitusten sisällyttämisen streamiin. Nämä muokkaukset voidaan tehdä Live Control Room-välilehdessä.

Video Managerissa tapahtuvat muokkaukset koostuvat lähinnä erilaisista kuvafilttereistä, joilla kuvan värisävyjä ja lämpötiloja voidaan muuttaa. Videoon voidaan lisätä erilaisia ilmoituksia sekä tekstitykset tarvittaessa. Kuvan sävyjä sekä värilämpötiloja voidaan myös muuttaa ilman filttäreitä. Lisäksi käyttäjä voi halutessaan antaa YouTube analysoida videon sisältö sekä tehdä siihen tarvittavat muutokset kontrastien ja valoisuuden osalta käyttämällä Auto-fix-toimintoa. Myös videon alkuperäisen ääniraidan voi korvata tarvittaessa YouTube löytyvällä ilmaisella musiikilla. Tämä ominaisuus on lähinnä sellaisia videoita varten, joissa on kopiosuojattua musiikkia, jolloin voidaan välttää Content ID-toiminnon tarkistuksen yhteydessä tulevat mahdolliset sanktiot. Trim-työkalulla voidaan muuttaa videon pituutta ja videoon voidaan lisätä hidastusominaisuus, jolloin käyttäjä voi halutessaan katsoa videon hidastettuna. Tämän työkalun käyttö ei ole järkevää, ellei materiaali ole kuvattu korkealla frame ratella, jolloin esimerkiksi 50 fps-arvoista videota voidaan hidastaa ilman, että videon laatu toistaessa kärsii. Video voidaan nimetä jälkikäteen uudelleen sekä myös halutessaan piilottaa muilta käyttäjiltä. Tämä tapahtuu Info and Settings -asetuksista, josta videon tila voidaan muuttaa listaamattomaksi tai yksityiseksi. (Google 2015.)

Koska video voidaan tallentaa myös ulkoisesti, niin suurempien editointien tekeminen on järkevämpää erillisellä ohjelmalla. Tällaisia ohjelmia ovat mm. Sony Vegas, Adobe Premiere, Adobe After Effects ja Final Cut. Nämä ohjelmat antavat käyttäjälle parempilaatuisia työkaluja, joilla videota voidaan korjailla jälkikäteen.

Koska YouTube on osa Googlea, videoita voidaan analysoida Google Analyticsin kautta. Tämä kertoo videon julkaisijalle tietoa käyttäjistä, videon katselukerroista sekä keskimääräisestä katselukerran pituudesta. Näiden avulla voidaan parantaa loppukäyttäjän katselukokemusta sekä mahdollisuutta parantaa videoiden laatua perustuen käyttäjien kokemuksiin. (Google 2015.)

14 LOPPUKÄYTTÄJÄ

Halutessaan katsella live-streamiä YouTube kautta, tulee loppukäyttäjällä olla koneessaan selain jossa on Flash-plugin asennettuna. Mobiilikäyttäjille live-streamit välitetään YouTube sovelluksen mukaisesti jokaiselle päätelaitteelle. Selaimen ja pluginin avulla käyttäjä saa YouTube videotoistimen vastaanottamaan lähetettävää A/V-signaalia. Loppukäyttäjällä ei tarvitse olla YouTube tiliä, jos hän haluaa katsoa live-streamejä. Kommentoiminen ja videon arvioiminen vaativat tilin, jonka voi luoda ilmaiseksi. Käyttäjä voi myös halutessaan jakaa videon erilaisiin sosiaalisiin medioihin sekä halutessaan upottaa videon myös omille sivustoilleen. Videot löytyvät myös YouTube sivuilta, kun käyttäjä hakee niitä hakusanoilla. (Google 2015.)

Mobiililaitteille sekä tableteille on YouTubeista kehitetty oma sovellus, joka yleensä on maksuton. Tuki löytyy Applen iPhone -tuotesarjalle sekä tableteille ja Googlen Android-käyttöjärjestelmää käyttäville laitteille, joihin tämä sovellus on usein asennettu valmiiksi. Windows Phonen käyttöjärjestelmälle ei ole tällä hetkellä suoraa tukea YouTubeen live-streameille, mikä tarkoittaa sitä, että Windows Phonen kautta streamien katselu YouTubeen sovelluksesta ei tällä hetkellä onnistu. Tähän on kuitenkin kehitelty erilaisia ratkaisuja, kuten streamin ohjaaminen erilaiseen toistimeen. Alkuperäisen streamin linkki lisätään jonkin kolmannen osapuolen HTML5 tai JavaScript-pohjaiseen toistimeen, jolloin streamit saadaan näkyviin myös Windows Phonelle. Nämä toistimet, kuten YouTubeen toistin, voidaan upottaa myös halutuille verkkosivuille, joista stream halutaan esittää. Tällaisia toistimia ovat mm. JW Player ja Flowplayer. (JW Player 2014.)

Videoiden sisällön arviointi sekä kommentointi onnistuvat vain rekisteröityneiltä käyttäjiltä. Tämä tarkoittaa sitä, että jos videota haluaa kommentoida, tulee loppukäyttäjällä olla myös rekisteröity YouTube-tunnus, jonka luominen on ilmaista. Tämä kuitenkin riippuu videon asetuksista, jotka videon julkaisija on määrittänyt. Videosta voidaan estää kommentoiminen, tai sen arvostelu kokonaan, jos videon julkaisija ei halua antaa käyttäjille tällaista mahdollisuutta. Videoiden kommentointi, tai arvostelu taas eivät onnistu niissä streameissa, joissa alkuperäinen stream on lisätty toiseen toistimeen, ellei verkkosivustoille luoda erillistä kommentoinnin mahdollistavaa ominaisuutta.

YouTube on alkanut siirtämään tiedostoja HTML 5-pohjaiseksi, jolloin Flashin tarpeellisuus ei ole välttämätöntä muissa kuin live-streameissa. Esimerkiksi Googlen julkaisema Chrome-selain tukee HTML 5 videoita lähes kokonaan, joka tarkoittaa tietoturvallisuuden parannusta Flashiin verrattuna. HTML 5:n siirtyminen on tarkoittanut sitä, että YouTube on vaihtanut videoittensa koodekin VP9:n. Käyttäjä voi pyytää erikseen HTML 5-toistinta joka on toiminnoiltaan samanlainen, kuin aikaisempi Flashiin perustuva toistin. Live-streamit toistuvat tällä hetkellä vain kuitenkin Flash-pohjaisella toistimella. Tämä ei aiheuta käyttäjälle erikoisten toimintojen tekemistä, vaan verkkosivusto vaihtaa automaattisesti toistimen Flash-pohjaiseksi, kun live-stream luodaan, jolloin loppukäyttäjälle luodaan Flash-pohjainen toistin myös sivuille, joista hän streamiä katsoo. (Google 2015.)

15 YHTEENVETO

Alustana YouTube on monipuolinen sekä toimiva ympäristö useille eri laitteille. Se mahdollistaa streamien lähettämisen sekä jälkikäsitteilyn käyttäjälleen. Ympäristönä se ei vaadi erillisiä palvelinasennuksia. Lisäksi videomateriaalin jakaminen ja tuottaminen on helppoa. YouTube mahdollistaa videoitten upottamisen erillisille web-sivustoille, joista streamin saa katsottua ja välitettyä loppukäyttäjille. Ottaen huomioon, että YouTube vaatii lähetettävältä osapuolelta vain käyttäjätilin luomisen ja tilin varmuuden, minkä jälkeen live-stream ominaisuus on käytössä, on kattavan jakelumuodon tekeminen nopeaa ja helppoa. Kuvanlaadullisilta ja äänenlaadullisilta ominaisuuksilta se on riittävä, sillä sen avulla käyttäjät voivat lähettää HD-tasoisia streameja, jos tähän vaadittava kaistaleveys on olemassa. Lisäksi alustana

se toimii erilaisten streamaus-ohjelmistojen kanssa yhteensopivana, tosin osa näistä enkoodereista ja ohjelmistoista ovat maksullisia. Ajatellen Kuhmon kaupungin valtuustonkokouksia ja niiden live-streamauksia, on YouTube tehokas sovellus tähän. Se mahdollistaa erilaisten mobiililaitteiden, tablettien ja PC/Mac-käyttöliittymien tukemisen live-streameissa, jolloin lähetettävä materiaali on mahdollisimman monelle loppukäyttäjälle katsotavissa katselualustasta riippumatta. Lisäksi tiliä voidaan käyttää erilaisten mainosten ja muun videomateriaalin lähettämiseen, kunhan ne noudattavat YouTubeen käyttöoikeuksien mukaisia säännöksiä. Materiaalin jälkitarkastelu sekä sen editoiminen onnistuu verkkosivustoilla helposti ja muokkaukset tulevat voimaan lähes välittömästi, kun ne on tallennettu käyttäjän toimesta. Tekniikaltaan YouTube on kehittynyt ja kehittää itseään jatkuvasti, jotta loppukäyttäjille saataisiin mahdollisimman hyvä ja saumaton katselukokemus. YouTubeen avulla voidaan kartoittaa käyttäjien määrää, minkä perusteella voidaan miettiä kannattaako jatkossa kokousten live-streamausta varten rakentaa omaa palvelinympäristöä.

Telestreamin Wirecast-ohjelmisto puolestaan tukee YouTubea suoraan, jolloin live-streamien lähettämiseen ei vaadita käyttäjältä erikoisia asetuksia tai säädöksiä. Käyttäjälle annetaan mahdollisuus ohjata lähetystä sekä tallentaa videoita suoraan, jolloin materiaalin voi halutessaan jakaa myös muihin palveluihin. Wirecast tukee myös ns. multicast-tekniikkaa, eli saman streamin voi jakaa eri palvelimille yhtä aikaa. Tämä tekniikka vaatii koneelta paljon tehoa, jolloin koneen suorituskyky tulee olla myös kohtuullisen suuri. Wirecastin ominaisuuksiin kuuluu RTMP-streamien toteuttaminen, jolloin käyttäjä voi myös halutessaan rakentaa palvelinympäristön erikseen, ja materiaalin lähettäminen onnistuu myös näihin servereihin. Tästä on etua esimerkiksi siinä, että ohjelmistoa itsessään ei tarvitse vaihtaa, jos käyttöalustaa halutaan vaihtaa. Streamien toteuttaminen ja enkoodaaminen tapahtuvat samalla tavalla uuden ympäristön kanssa. Kaapparikorttien ja muiden laitteiden yhteensopivuus ohjelmiston kanssa on valtava, kuten erilaisten teknisten ratkaisujen ja lähetysefektien tekeminen itse lähetysvaiheessa. Käyttäjä voi määrittellä enkooderin-asetukset haluamallaan tavalla, mutta tässä on hyvä ottaa huomioon vastaanottavan palvelimen sekä toistimen erilaiset vaatimukset itse enkoodaukselle. Koska Wirecastissa pystytään lähettämään materiaalia erilaisiin videoformaatteihin, on käyttäjällä mahdollisuus levittää materiaalia useisiin eri paikkoihin ja CDN-verkostoihin. Ohjelmiston tuotepaketista riippuen, on materiaalille ja enkoodausominaisuuksille erilaisia säädöksiä sekä mahdollisuuksia. Järjestelmä toimii hyvin Windows-pohjaisilla käyttöjärjestelmillä, mikä taas sopii Kainuun Sosiaali- ja terveydenhuollon kuntayhtymän tietohallinnon antamiin määritteisiin. Ohjelmisto sallii erilaisten esiasetusten tallentamisen, mikä taas helpottaa uuden streamin luomista jatkossa. Käyttäjä voi ladata tallennetut asetukset lähetystyyppistä riippuen, jolloin asetusten määrittäminen helpottuu. Lisäksi ohjelmisto tarjoaa erilaisia esiasetuksia, joiden avulla materiaalien ja lähetyksen hallintaan liittyvien toimenpiteiden tekeminen helpottuu huomattavasti.

Kuhmon kaupungin valtuustonsalia ajatellen, olisi hyvä että kameroita olisi vähintään kaksi kappaletta. Kamerat voivat olla joko IP-kameroita tai esimerkiksi ammattikäyttöisiä kameroita, kuten Sony PMW EX-tyyppisiä.

Näiden kameroiden kuvan sisään tuominen enkooderille tapahtuu, joko HDMI-kaapelilla, tai HD/SDI-kaapeleilla. HD/SDI-kaapelin etu on siinä, että kameralta saadaan sekä kuva- että äänisignaali yhtäaikaan, joka voidaan kaapparikortilta tuoda ohjelmistoon, jossa enkoodaaminen ja lähetys tapahtuu.

Koska Kuhmon kaupungin valtuustonsalin tilat ovat suhteellisen pieniä, ei äänen vahvistamiselle yksilöllisillä pöytämikrofoneilla ole välttämättä tarvetta. Ihanteellinen tulos kuitenkin saataisiin, jos jokaiselle valtuuston edustajan paikalle asennettaisiin erillinen mikrofoni, minkä jälkeen äänet miksattaisiin erillisessä äänimikserissä. Tämän jälkeen miksatut ääniraidat tulisi tuoda enkooderiin, jossa ne yhdistetään lähetettävään kuvaan.



Kuva 34. Kuhmon kaupungin valtuustonsali.

Eri äänien kuuluvuuden takaamiselle voidaan myös kehittää erilaisia vaihtoehtoja, kuten esimerkiksi superherttakuvioisten tai hyperherttakuvioisten mikrofonien asennus valtuustosalin kattoon. Tämä mahdollistaa näiden mikrofonien suuntaaminen oikeassa kulmassa valtuustosalin edustajiin, jolloin ääntä saadaan paremmin talteen sekä kuuluviin varsinaisessa streamissä. Tämä mahdollistaa äänen osalta sen, ettei ääntä tarvitse tuoda lähetykseen pelkästään kameroiden mikrofonien avulla. Mikrofonien asettelulla ja mikrofonin kuvioinnilla sekä määrällä voidaan vaikuttaa siihen, minkä laatuista ääntä tilanteista saadaan. Perussääntönä voidaan pitää sitä, että mikrofonit pitää asentaa pareihin, jotta voidaan simuloida stereoääntä mahdollisimman hyvin. Tämä tarkoittaa myös sitä että kahdesta eri lähteestä tuleva ääni pitää miksata stereoääneksi, joka onnistuu esimerkiksi kytkemällä mikrofonit parikaapelilla samaan äänimikserin sisääntuloon, jossa äänisignaalia voidaan panoroida, ja sen jälkikäsitteily onnistuu helpoiten. Erilaisilla kuvioinneilla ja mikrofonin asettelulla voidaan vaikuttaa siihen, miten läheiseksi tai kaukaiseksi kuuloaistimme koee äänen etäisyyden. Ääniaalto, joka vahvistetaan hyperherttakuvioisella mikrofonilla 2 metrin päästä, kuulostaa samalta äänen etäisyydeltään kuin esimerkiksi ääni joka on vahvistettu pallokuvioidulla mikrofonilla 1 metrin etäisyydeltä. (Laaksonen 2006, 235.)

Laitteiston puolelta voidaan ajatella, että Kuhmon kaupungin valtuustonkokouksien hyvänlaatuisen streamin tekemiseen YouTuben kautta, Wirecast-ohjelmistoa hyväksikäyttäen, vaaditaan tarpeeksi tehokas PC-kone. Koneessa täytyy olla tarpeeksi muistia ja sen prosessorin täytyy olla tarpeeksi suoritehoinen, jotta se voi käsitellä enkoodattavaa videoita nopeammin.

Suosituksena Telestreamiltä on 64-bittinen Windows 7, tai uudempi, käyttöjärjestelmä. Kokouksien streamaamista varten voidaan myös hankkia erillinen streamausta varten kehitelty kone. Näiden koneiden etuna on suorituskyvyn määrä ja se että koneen komponentteja ei tarvitse tilata tai hankkia erikseen, vaan kone on suoraan käyttövalmis. Wirecastia tukevia streamaamiseen tarkoitettuja koneita valmistaa mm. Newtek, minkä TriCaster-sarjan koneet ovat yhteensopivia Wirecastin ja Windows-käyttöjärjestelmän kanssa. Suositellut koneen tarkemmat tehot voidaan tarkastaa Wirecastin ohjelmistoversiosta ja käyttötarkoituksesta riippuen Wirecastin Example Setup-dokumentista, jonka voi ladata Telestreamin kotisivuilta. Tässä tiedostossa on erilaisia esimerkki kokoonpanoja sekä niiden vaatimuksia tietokoneelta.

Lisäksi koneessa tarvitsee olla Wirecastin kanssa yhteensopiva kaapparikortti, jonka avulla kuvalähteiden materiaali voidaan tuoda sisään itse ohjelmistoon, jossa se enkoodataan ja lähetetään YouTubeen tai muuhun vastaavaan palveluun. Kaapparikortin merkki ja malli riippuu siitä, kuinka monta kuvalähdettä/kameraa halutaan käyttää lähetyksessä. Nämä tiedot voidaan tarkastaa Wirecastin Source Input Support-dokumentista, joissa näkyvät erilaiset kaapparikortit ja niiden käyttöjärjestelmätuki. Lisäksi audiomikseri ja mahdollinen äänen vahvistus valtuustonjäsenille voi olla tarpeellinen, vaikka useissa ammattitason kameroissa on valmiina mikrofonit, mutta näitä mikrofoneja ei voida välttämättä sijoitella niin, että optimaalisen äänenlaatu olisi taattu. Jos ääntä vahvistetaan erillisillä mikrofoneilla, tarvitsee järjestelmään lisätä myös audiomikseri, josta ääni voidaan tuoda PC:lle ja sitä kautta myös Wirecastiin, jossa äänisignaali yhdistetään videokuvan kanssa. Erillisen äänen sisääntuonti voi aiheuttaa ongelmia äänen sekä kuvan synkronointiin, mikä voidaan korjata esimerkiksi asettamalla ääniraitaan viivettä. Tämän tekeminen voi tapahtua erilaisilla lisälaitteilla, kuten Behringer Shark FBQ100 avulla. Wirecastin Pro -versiossa ohjelmistossa itsessään on äänenviiveen muodostamiseen mahdollistava funktio, jolla videon ja äänen synkronointi voidaan korjata. Ääniviive syntyy lähinnä sen takia, että videokuvan prosessoiminen ja siirtäminen on raskaampaa ja vie enemmän aikaa kuin pelkän äänen siirtäminen. Tämä korostuu esimerkiksi, jos kameran sisäänvienti on toteutettu HDMI-kaapelilla.

Ohjelmistoina molemmat, YouTube ja Wirecast, sopivat ominaisuuksiltaan sekä toiminnoiltaan valtuustonkokousten streamaamiseen. Ne tarjoavat käyttäjälle mahdollisuuden lähettää hyvää ja laadukasta materiaalia sekä mahdollistavat teknisesti erilaisten toteutustapojen käyttämisen. Lopputyöskäyttäjille materiaalin tuottaminen on helppoa, vaikka se vaatii Windows Phone -käyttäjille erilaisen toimintaympäristön live-streamejä ajatellen. Wirecast -ohjelmiston voi tarvittaessa muuttaa toimivaksi eri palvelinympäristöön, jolloin myös sellaisen materiaalin tuottaminen, jota ei haluta yleiseen jakoon, onnistuu samalla ohjelmalla.

Jos järjestelmä otetaan muilla Kainuun alueen kaupungeissa käyttöön, on järjestelmää rakennettaessa otettava huomioon tilan pinta-ala. Tämä tarkoittaa sitä, että jos kokoustilojen pinta-ala on Kuhmon kaupungin valtuustonsalia suurempi, niin esimerkiksi yksilöllisten mikrofoniin käyttämistä jokaiselle valtuuston jäsenelle on harkittava, jotta äänet ja keskustelu saadaan

lähetettävään streamiin parempilaatuisina. Tällaisessa tapauksessa voidaan ajatella, että jokaiselle edustajalle voidaan asentaa omalle paikalleen ns. joutsenkaula-mikrofoni, jotka ovat yleisessä käytössä erilaisissa konferensseissa ja tapahtumissa, joissa puhujat pysyvät paikallaan.

Toinen huomioitava asia on se, että jos kokoukset ovat salaisia tai koulutus-tapahtuman levittäminen julkisesti ei ole toivottua, niin välityspalvelin täytyy vaihtaa erilaiseksi. YouTube tarjoaa omissa vaihtoehtoissaan videoille private-tilan, jolloin videota voidaan katsoa kun loppukäyttäjälle lähetetään erillinen linkki videoon. Tietoturvan kannalta on parempi kuitenkin, että videot jaetaan erilliseltä palvelimelta ja sille räätälöidyltä toistimelta, joka on upotettu tähän käyttöön tarkoitetulle verkkosivustolle. Tämä voi tapahtua esimerkiksi luomalla verkkosivustolle erillinen toistin, josta video toistetaan. Suositeltavaa on ottaa sivustoille käyttöön salasanasuojaus, jota ilman loppukäyttäjä ei pääse katsomaan videota. Tällaisissa tapauksissa Wirecast-ohjelmisto voi toimia edelleen enkooderina sekä lähetysohjelmalla, mutta palvelinasetukset täytyy muuttaa niin, että video lähetetään näille videoille tarkoitetulle mediapalvelimelle, josta video tai stream jaetaan halutuille käyttäjille. Tällaisen järjestelmän rakentaminen, verrattuna YouTubeen, on hieman kalliimpaa, ja lisäksi sen ylläpitäminen vaatii teknistä osaamista palvelinrakenteista.

Välityspalvelimia voidaan vuokrata tai ostaa, riippuen käyttölaajuudesta ja jatkokäytön tarpeellisuudesta. Yksi hyvä vaihtoehto on esimerkiksi ostaa lisenssi Wowza Streaming Engineen, jonka voi asentaa käyttötarkoituksesta riippuen fyysisesti palvelimelle tai pilvipalvelimeen. Tämän avulla lähettäminen onnistuu käyttöalustasta ja käyttöjärjestelmästä riippumatta loppukäyttäjän katseltavaksi. Wowzan ratkaisu streamaamiseen tarjoaa myös laajan ratkaisun toistimelle, sillä järjestelmä tukee kaikkia yleisimpiä kolmannen osapuolen multimediatoistimia. Streamin pystyttäminen tässä tapauksessa vie kuitenkin huomattavasti enemmän aikaa sekä vaatii teknistä osaamista palvelimien hallinnasta ja esimerkiksi javascript-ohjelmointi kielestä, jolloin voidaan luoda toistin sekä sen asetukset, jonka avulla stream tai videot halutaan toistaa. (Wowza 2015.)

LÄHTEET

- Adobe. What is HTTP Dynamic Streaming?. 2015. FAQ. <http://www.adobe.com/products/hds-dynamic-streaming/faq.html>
- Adobe. HTTP Dynamic Streaming Specification. 2013. PDF-tiedosto. <http://www.images.adobe.com/content/dam/Adobe/en/dev-net/hds/pdfs/adobe-hds-specification.pdf>
- Adobe. 2013. Adobe Primetime DRM Datasheet. PDF-tiedosto. <http://www.images.adobe.com/content/dam/Adobe/en/solutions/project-primetime/pdfs/adobe-primetime-drm-data-sheet.pdf>
- Bischofberger, L. 2014. Wirecast 6 is Here!. Telestream Blog. News. <http://telestreamblog.telestream.net/2014/11/wirecast-6/>
- Bultje, R. & Frost, M. 2013. Building a Next-Generation, Open Source Video Codec. Google I/O 2013. PDF-tiedosto. [http://commodatastorage.googleapis.com/io-2013/presentations/258%20-%20VP9%20Preso%20for%20IO%20\(FINAL\).pdf](http://commodatastorage.googleapis.com/io-2013/presentations/258%20-%20VP9%20Preso%20for%20IO%20(FINAL).pdf)
- DASH Industry Forum. 2013 Overview of MPEG-DASH standard. <http://dashif.org/mpeg-dash/>
- DASH Industry Forum. 2015. About. <http://dashif.org/about/>
- DASH Industry Forum. 2015. Guidelines for Implementation: DASH-IF Interoperability Points version 3.0. PDF-tiedosto. <http://dashif.org/wp-content/uploads/2015/04/DASH-IF-IOP-v3.0.pdf>
- Dreier, T. 2015. Frost & Sullivan Shows the Appeal of HEVC Across the Industry. Streaming Media. Articles. <http://www.streamingmedia.com/Articles/Editorial/Featured-Articles/Frost-%26-Sullivan-Shows-the-Appeal-of-HEVC-Across-the-Industry-102081.aspx?CategoryID=429>
- Dreier, T. 2015. YouTube Defaults to HTML5 Video and VP9 Codec for Most Browsers. Streaming Media. Articles. <http://www.streamingmedia.com/Articles/News/Online-Video-News/YouTube-Defaults-to-HTML5-Video-and-VP9-Codec-for-Most-Browsers-101749.aspx>
- FFmpeg. 2015. FFMpeg and H.264 Encoding Guide. Encoding. <https://trac.ffmpeg.org/wiki/Encode/H.264>
- Girod, B. Video Over Networks. 2006. PDF-tiedosto. <http://web.stanford.edu/class/ee398b/handouts/lectures/08-VideoOverNetworks.pdf>
- Google 2015. Live Encoder Settings, bitrates and resolutions. Live Streaming Guide. https://support.google.com/youtube/answer/2853702?hl=en&ref_topic=2853712

Google 2015. Live Encoder Settings, bitrates and resolutions. Live Streaming Guide. https://support.google.com/youtube/answer/2853702?hl=en&ref_topic=2853712

Google. 2015. How Content ID Works. YouTube Help. <https://support.google.com/youtube/answer/2797370?hl=en>

Google. 2015. System Requirements. YouTube Help. https://support.google.com/youtube/answer/78358?hl=en&ref_topic=3014328

Google. 2015. Live Streaming Guide: Choose Ingestion Settings. YouTube Help. https://support.google.com/youtube/answer/6088349?hl=en&ref_topic=2853712

Google. 2015. Statistics. Press. <https://www.youtube.com/yt/press/statistics.html>
https://support.google.com/youtube/answer/2853700?hl=en&ref_topic=2853712

Google. 2015. Signing Up: Verify Your Account By Phone. YouTube Help. https://support.google.com/youtube/answer/171664?hl=en&ref_topic=3024170

Google. 2015. Live Streaming Guide: Create a Live Event. YouTube Help. https://support.google.com/youtube/answer/2853700?hl=en&ref_topic=2853712

Google. 2015. Live Streaming Guide: Choose Ingestion Settings. YouTube Help. https://support.google.com/youtube/answer/6088349?hl=en&ref_topic=2853712

Google. 2015. Sharing Videos: Embed Videos and Playlists. YouTube Help. <https://support.google.com/youtube/answer/171780?hl=en>

Google. 2015. System Requirements. YouTube Help. <https://support.google.com/youtube/answer/78358?hl=en>

Google. 2015. YouTube video editor and enhancements: YouTube Video Editor. YouTube Help. https://support.google.com/youtube/answer/183851?hl=en&ref_topic=3014750

Google. 2015. Analyze and optimize your channel: Analyze Channel Performance with YouTube Analytics. YouTube Help. https://support.google.com/youtube/answer/92725?hl=en&ref_topic=1115985

Google. 2015. YouTube HTML5 Video Player. YouTube Help. <https://www.youtube.com/html5>

JW Player. 2014. YouTube Video Embed. Embedding. <http://support.jwplayer.com/customer/portal/articles/1406725-youtube-video-embed>

Keränen V., Lamberg N. & Penttinen J. 2005. 217-220. Digitaalinen Media. 1. painos, Porvoo: WS Bookwell.

Keränen V., Lamberg N. & Penttinen J. 2005. 212-222. Digitaalinen Media. 1. painos, Porvoo: WS Bookwell.

Laaksonen, J. 2006. 230-246. Äänityön Kivijalka. 1. painos, Porvoo: Painoyhtymä.

Laaksonen, J. 2006. 235. Äänityön Kivijalka. 1. painos, Porvoo: Painoyhtymä.

Microsoft. 2015. Variable Bit Rate (VBR) Encoding. Dev CenterDesktop. [https://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/dd743964\(v=vs.85\).aspx](https://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/dd743964(v=vs.85).aspx)

Mukherjee, D. nda. A Technical Overview of VP9: The Latest Royalty-Free Video Codec from Google. PDF-Tiedosto. <http://files.mee-tup.com/9842252/Overview-VP9.pdf>

Ozer, J. 2009. Streaming 101: Basics - Codecs, Bandwidth, Data Rate and Resolution. Streaming Learning Center. Articles. <http://www.streaminglearningcenter.com/articles/streaming-101-the-basics---codecs-bandwidth-data-rate-and-resolution.html>.

Ozer, J. 2011. What Is Streaming?. Streaming Media. Articles. <http://www.streamingmedia.com/Articles/ReadArticle.aspx?ArticleID=74052>

Ozer, J. 2011. What Is Adaptive Streaming?. Streaming Media. Articles. <http://www.streamingmedia.com/Articles/Editorial/What-Is-.../What-is-Adaptive-Streaming-75195.aspx>

Ozer, J. 2011. What Is MPEG-DASH?. Streaming Media. Articles. <http://www.streamingmedia.com/Articles/Editorial/What-Is-.../What-is-MPEG-DASH-79041.aspx>

Ozer, J. 2009. Streaming 102: Codecs, plus VBR and CBR, and I, B and P Frames. Streaming Learning Center. Articles. <http://www.streaminglearningcenter.com/articles/streaming-102-codecs-plus-vbr-and-cbr-and-i-b-and-p-frames.html>

Ozer, J. 2014. Mastering the Adobe Media Encoder. PDF-tiedosto. http://www.streaminglearningcenter.com/AME_Reference.pdf

Ozer, J. 2009. Streaming 101: The Basics – Codecs, Bandwidth, Data Rate and Resolution. Streaming Learning Center. Articles. <http://www.streaminglearningcenter.com/articles/streaming-101-the-basics---codecs-bandwidth-data-rate-and-resolution.html>

Ozer, J. 2014. What Is HEVC (H.265)?. Streaming Media. Articles. <http://www.streamingmedia.com/Articles/Editorial/What-Is-.../What-Is-HEVC-%28H.265%29-87765.aspx>

Parmar, H. & Thornburg, M. 2012. Adobe's Real Time Messaging Protocol. PDF-tiedosto. http://www.images.adobe.com/content/dam/Adobe/en/devnet/rtmp/pdf/rtmp_specification_1.0.pdf

Reinhardt, R. 2014. H.265 versus H.264: Choosing Your Best Options. PDF-tiedosto. <http://conferences.infotoday.com/documents/203/2014SMWest-A105.pdf>

Richardson, I. 2002. White Paper: A Technical Introduction to H.264/AVC. PDF-tiedosto. <https://www.vcodex.com/images/uploaded/342454811635986.pdf>

Richardson, I. 2002. White Paper: H.264/AVC Intra Prediction. PDF-tiedosto. <https://www.vcodex.com/images/uploaded/508913062130377.pdf>

Richardson, I. 2002. White Paper: H.264/AVC Context Adaptive Binary Arithmetic Coding (CABAC). PDF-tiedosto. <https://www.vcodex.com/images/uploaded/305302921126475.pdf>

Richardson, I. 2002. White Paper: H.264/AVC Context Adaptive Variable Length Coding. PDF-tiedosto. <https://www.vcodex.com/images/uploaded/249924598523709.pdf>

Richardson, I. 2013. HEVC: An introduction to High Efficiency Video Coding. PDF-tiedosto. <https://www.vcodex.com/images/uploaded/452853087451536.pdf>

Richardson, I. 2014. HEVC and VP9 codecs: Try them yourself. PDF-tiedosto. <https://www.vcodex.com/images/uploaded/483553364251863.pdf>

Siglin, T. 2007. How to Choose a Video Capture Card. Streaming Media. Articles. <http://www.streamingmedia.com/Articles/Editorial/Featured-Articles/How-to-Choose-a-Video-Capture-Card-64920.aspx>

Sony. 2008. XDCAM EX Family Brochure. PDF-tiedosto. <http://www.sony.co.uk/res/attachment/file/65/1237485216665.pdf>

Telestream. Wirecast 6 Example Setups. 2014. PDF-tiedosto. <http://www.telestream.net/pdfs/technical/Wirecast-6-Example-Setups.pdf>

Telestream. Wirecast 6 Tutorial for Windows. 2015. PDF-tiedosto. <http://www.telestream.net/pdfs/user-guides/Wirecast-6-User-Guide-Windows.pdf>

Telestream. 2015. Wirecast 6 Tutorial for Windows. PDF-tiedosto. <http://www.telestream.net/pdfs/user-guides/Wirecast-6-User-Guide-Windows.pdf>

Telestream. 2014. Wirecast 6 Example Setups. PDF-tiedosto. <http://www.telestream.net/pdfs/technical/Wirecast-6-Example-Setups.pdf>

Telestream. 2015. Wirecast 6 Source Input Support. Features. <http://www.telestream.net/wirecast/devices.htm>

Telestream. 2015. Wirecast 6 User Guide for Windows. PDF-tiedosto. <http://www.telestream.net/pdfs/user-guides/Wirecast-6-User-Guide-Windows.pdf>

Telestream. 2015. Find the right live video streaming solution for you. Pricing. <http://www.telestream.net/wirecast/compare.htm>

Todorovic, A. 2006. 7. Television Technology Demystified: A Non-technical Guide, 1. painos, Focal Press

Wowza. How to set up live-streaming using an RTMP-based encoder 2015. Tutorials. <http://www.wowza.com/forums/content.php?36-How-to-set-up-live-streaming-using-an-RTMP-based-encoder>

Wowza. 2015. How to do MPEG-DASH streaming. Tutorials. <http://www.wowza.com/forums/content.php?508-How-to-do-MPEG-DASH-streaming>

Wowza. 2015. Wowza Streaming Engine Specifications. Tech Specs. <http://www.wowza.com/products/streaming-engine/specifications>

