
Videon multiformaattijakeluun tähtäävä workflow

MTV Katsomossa



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Mediatekniikan koulutusohjelma

Riihimäen yksikkö, kevät 2015

Eero Arkko



RIIHIMÄKI
Mediatekniikan KO

Tekijä	Eero Arkko	Vuosi 2015
Työn nimi	Videon multiformaattijakeluun tähtäävä workflow	


Työskentelen MTV:n Katsomon sisällöntuotannon puolella, tästä syystä aihekseni valikoitui videon multiformaattijakelu ja sen työvaiheet. MTV Katsomo ei tilannut opinnäytetyötä, vaan teen sen Hämeen ammattikorkeakoululle. Opinnäytetyössä käydään läpi digitaalisen videon perusteita, selvitetään mitä ovat multiformaattivideot ja miten niitä käytetään MTV:n Katsomopalvelussa.

Halusin perehtyä työhöni tarkemmin ja ymmärtää mitä kaikkea videolle tehdään läpi jotta se näkyy loppukäyttäjän päätelaitteella terävänä ja pätkimättä. Päätelaitteiden laajakirjo ja käytössä olevien verkkoyhteyksien nopeuden vaihteluvuus tuovat monia haasteita hyvä laatuisten videoiden streamaukseen. Näihin haasteisiin ratkaisuksi on kehitetty adaptiiviset videoformaatit. Esittelen neljä yleisintä adaptiiviseen streamaukseen käytettävää tekniikkaa ja perehdyn Katsomossakin käytettävään DASH-formaattiin hieman syvemmin, koska se on tekniikoista uusin ja paras. Käyn läpi myös työtehtäviini liittyviä asioita, kuten Katsomon sisällöntuotantoa ja valvontaa.

Katsomon videosisältö on DASH formaatissa, koska se on tällä hetkellä toimivin ratkaisu adaptiiviseen streamaukseen. Aiemmin käytössä olleet MSS- ja HLS-formaatit tuottivat nykyistä enemmän virheitä loppukäyttäjälle.

Avainsanat Multiformaattivideot, videostreamaus, OTT-palvelut, DASH

Sivut 16 s. + liitteet 1 s.



Riihimäki
Bachelor of Media Technology

Author Eero Arkko **Year** 2015

Subject of Bachelor's thesis Workflow aiming at multiformat video delivery in MTV Katsomo


ABSTRACT

I have been working for MTV Katsomo for over two years now and because of this I wanted to fully understand what is going on at the background. This is the reason why I chose this subject for my Bachelor's thesis. MTV Katsomo did not commission this thesis. In the thesis I will explain what multi-formatted videos are, why we need them and how we get them. I will also tell the reader more about my work assignments and how OTT-services use multi-formatted videos for their business purposes.

Multi-formatted video formats were developed because of a wide variety of end-devices and the alternating internet connections that the end users have. We needed a new kind of video format that could adapt to a change in the internet bandwidth and processor speed. When the bandwidth or processor speed decreases the video format can adapt to this by lowering the quality of the video and hence it will continue playing without any pauses. In this thesis I will go through the four most commonly used multi-format video protocols and I will concentrate more deeply on one of them because it is the newest and the most useful.

The video content in Katsomo is nowadays in a DASH format because it is the most practical solution for adaptive streaming. Earlier Katsomo used to use MSS- and HLS-formats which produced more errors for the end-users.

Keywords Multiformatted video, videostreaming, OTT-services, DASH



SANASTO

- AC-4: Dolbyn kehittämä tehokas audiokoodekki. (Dolby, 2015)
- Adaptiivinen video: Videotekniikka joka osaa säätää videon kuvanlaatua käytössä olevan kaistanleveyden ja prosessointitehon mukaan. (Streaming media, 2011)
- DASH - Dynamic Adaptive Streaming over Http: Multiformaattivideotekniikka. (Streaming media, 2011)
- DRM - Digital Rights Management: Digitaalinen tekijänoikeuksien valvomiseen käytettävä ominaisuus esim. videoformaattissa. (Defective by design, 2015)
- FTP – File Transfer Protocol: Tiedostojen siirtoon verkonyli käytettävä protokolla. (Knowledge Base, 2014)
- HDR – High Dynamic Range: Korkean dynamiikan videokuva. (Hallikainen, 2015)
- HDS - Adoben Http Dynamic Streaming: Adoben luoma multiformaattivideotekniikka. (Streaming media, 2010)
- HFR – High Frame Rate: Suuren kuvataajuuden videoformaatti. (Video university, 2015)
- HLS - Applen Http Live Streaming: Applen luoma multiformaattivideotekniikka. (Streaming media, 2011)
- Manifesti: Multiformaattivideoissa käytettävä tiedosto joka pitää sisällään erilaista tietoa videon laatu profiileista, sisällöstä ja videolohkojen aikaleimoista. (Streaming media, 2011)
- MPD - Media Presentation Description: DASH-formaatin käyttämä manifestitiedosto. (Streaming media, 2011)
- Multiformaattivideo: Videoiden suoratoistoon käytettävä videoformaatti jossa video enkoodataan monella eri laadulla. (Streaming media, 2010)
- MSS - Microsoft Silverlight Smooth Streaming: Microsoftin luoma multiformaattivideotekniikka. (Streaming media, 2011)
- OTT-palvelut: Over The Top-palvelut. TV-sisällön toimittaminen suoraan kuluttajalle internetin ylitse. (Digiday, 2015).
- VOD - Video On Demand: Ohjelmatallenna joka on katsottavissa haluttaessa. (Viestintävirasto, 2013)
- .isma-formaatti: MSS-tekniikan käyttämä videolohkon tiedostomuoto audiolle. (Streaming media, 2011)
- .ismv-formaatti: MSS-tekniikan käyttämä videolohkon tiedostomuoto videolle. (Streaming media, 2011)

SISÄLLYS

SANASTO.....	3
1 JOHDANTO.....	1
1.1 OTT-palvelut.....	1
1.2 Työnantaja.....	1
2 VIDEON MULTIFORMAATTIJAKELUN TYÖVAIHEET	2
2.1 Kuinka monta videovirtaa	2
2.2 Videovirtojen asetukset	2
2.3 Datavirran valinta.....	2
2.4 Videovirtojen enkoodaus.....	3
2.4.1 H.264 -koodekki	3
2.4.1.1. H.264:n toiminnasta lyhyesti.....	3
2.4.2 Bittivirran merkitys	5
2.4.3 CBR vs. VBR – Constant Bitrate vai Variable Bitrate.....	5
2.4.4 Consistent Keyframe Interval -asetus.....	6
2.4.5 Ääniasetukset enkoodauksessa	6
3 MULTIFORMAATTIVIDEO.....	7
3.1 Erilaiset tekniikat adaptiiviseen videon jakeluun.....	8
3.1.1 MSS – Microsoth Smooth Streaming.....	8
3.1.2 DASH – Dynamice Adaptive Streaming over Http	9
3.1.3 DASHIN tulevaisuus: DASH 3 rd Edition.....	10
3.1.4 HLS – Apple Http Live Streaming	10
3.1.5 HDS – Adobe Http Dynamic Streaming	11
3.2 Videoformaateilta vaadittavat ominaisuudet.....	11
3.3 Katsomo tällä hetkellä.....	11
4 MTV KATSOMO	12
4.1 Katsomon sisällöntuotanto	12
4.1.1 Katsomon Live-sisältö.....	12
4.1.2 Katsomon VoD-sisältö	12
4.1.3 Katsomon videoklippisisältö	13
4.2 Katsomon kaupallistaminen	13
5 LOPPUYHTEENVETO.....	14
LÄHTEET	14

Liite 1 H.264 koodekin leveleiden määritelmät.

1 JOHDANTO

Tämän insinöörityön tarkoituksena on käydä läpi internetin yli tapahtuvaan multiformaattivideon jakeluun tähtäävät työvaiheet. Esimerkki OTT-palveluna käytän opinnäytetyössä MTV:n Katsomo -palvelua. Käyn läpi eri työvaiheet, jotka videolle tehdään ennen kuin video näkyy palvelussa loppukäyttäjälle. Lisäksi opinnäytetyössä käydään läpi multiformaattivideon yleisimpiä tekniikoita.

1.1 OTT-palvelut

OTT-palvelut tarkoittavat videopalveluita joissa TV-sisältöä välitetään kuluttajille internetin välityksellä, erilaisia aplikaatioita käyttäen. Lyhenne muodostuu sanoista ”Over The Top”. OTT-palvelut mullistavat sähköisen median markkinat, ja tulee tulevaisuudessa valtaamaan alaa perinteisiltä TV-palveluilta (Digiday, 2015).

Videoiden katseleminen internetissä on kasvanut räjähdysmäisesti viime vuosina. Olemme saavuttaneet tilanteen jossa teräväpiirtolaatuista videota pystytään ja myös halutaan katsoa lähes missä tahansa ja millä tahansa älylaitteella. Kuluttajat haluavat katsoa teräväpiirtolähetyksiä junissa, busseissa ja kesämökeillä. Vaikka verkkoyhteydetkin ovat parantuneet huomattavasti, on tämä kehitys vaatinut uudistumista myös digitaalisen videon osalta. On täytynyt kehittää keinoja joilla pystytään lähettämään huippulaatuista videokuvaa pätkimättä moniin erilaisiin, eri resoluutioilla toimiviin ja eri internetyhteyksien päässä oleviin päätelaitteisiin. Tähän ongelmaan ratkaisuksi on kehitetty multiformaattivideot.

1.2 Työnantaja

MTV on tunnettu suomalainen mediatyhtiö, joka toimii osana Bonnier Mediaa. Katsomo on MTV:n OTT-palvelu ja on tällä hetkellä toiseksi katsotuin suomalainen netti-tv-palvelu. Katsomossa näkyy suurin osa MTV:n kanavilla pyörivistä ohjelmista. Tarjonnasta löytyy viihde-, dokumentti-, uutis- ja urheiluohjelmia. Maksulliselta puolelta näkyy huippu-urheilua, mm. Formula 1, Alppihiihtoa, Valioliigaa sekä Jääkiekon MM-kisat. MTV Katsomo ei ole tilannut tätä opinnäytetyötä, vaan se tehdään yhteistyössä MTV:n kanssa. Olen saanut luvan käyttää Katsomoa case-esimerkkinä.

2 VIDEON MULTIFORMAATTIJAKELUN TYÖVAIHEET

Multiformaattijakeluun on kaksi erilaista tekniikkaa, serveripohjainen ja servitön, eli HTTP:n ylitse tapahtuva jakelu. Tässä luvussa selvitetään mitä kaikkia työvaiheita HTTP:n ylitse tapahtuvassa multiformaattijakelussa on.

2.1 Kuinka monta videovirtaa

Ensimmäiseksi tulee valita, kuinka monta erilaista videovirtaa tarvitaan. Videovirtojen määrää valittaessa tulee miettiä, minkälaisilta päätelaitteilta videovirtaa katsotaan. Valintaan vaikuttaa se, minkä laatuista videota milläkin päätelaitteella pystyy toistamaan.

Nykyaikana valtaosa mobiililaitteista pystyy toistamaan HD-tasoista videokuvaa, joten äärettömän pieniresoluutioisia videovirtoja on turha jakaa, koska nykyiset laitteet pystyvät parempaan. Nykyään OTT-palvelut yleensä jakavat noin 5-6 eri laatuista videovirtaa, riippuen palvelusta. (Ozer 2012.)

2.2 Videovirtojen asetukset

Kun on päätetty montako videovirtaa halutaan jakaa, seuraavaksi tulee miettiä minkälälaatuisia nämä virrat on. Resoluutio ja bittivirran leveys on mietittävä huolella.

Resoluutiot tulee valita jakelukanavan ikkunakoko mielessä pitäen. Nykyään vakiintunut videon kuvasuhde 16:9, luo omat rajansa resoluution valintaan. Mikäli videota katsotaan tietyllä resoluutiolla, videovirran bittivirtaa voidaan säätää pienemmäksi muuttamalla esimerkiksi kuvataajuutta. (Ozer 2012)

2.3 Datavirran valinta

Datavirran, eli tietovirran, valinta kannattaa tehdä niin, että loppukäyttäjä huomaa eri videovirtojen laaduissa eron, muuten videovirran vaihtamisessa, ja näin ollen adaptiivisessa streamauksessa ei ole järkeä.

Esimerkkinä Katsomon videoasetukset:

- 1280x720p @ 2,5Mbps
- 864x486 @ 1,5Mbps
- 768x432 @ 1Mbps
- 640x360 @ 750kbps
- 512x288 @ 500kbps

Huomataan että kahden korkealaatuisimman videoprofiilin datavirran ero on 1Mbps, kun taas kahden matalalaatuisimman ero on vain 0,25Mbps. (Ozer 2012)

2.4 Videovirtojen enkoodaus

DASH tukee H.264- ja WebM-kodekkia. Adaptiiviseen videostreamaukseen sopivin kodekki on tällä hetkellä h.264. Koska se on tehokkain kodekki laadun ja tiedostokoon suhteen.

2.4.1 H.264 -kodekki

MPEG-4 part 10, tunnetaan myös nimellä h.264. Kyseessä on tällä hetkellä yksi yleisimmistä, ellei yleisin, videokodekki. H.264:ää käytetään niin DVD:llä, digitaalilähetyksissä kuin videostreamaukseenkin.

H.264 on standardisoitu kodekki, jota käyttää moni toimittaja, joilla jokaisella on erilaiset laatutasot ja säätömahdollisuudet. Applella on Apple codec, jota käytetään Apple Compressorissa ja QuickTime Prossa. MainConcept kodekki, jota käytetään Adoben, Microsoftin, Rhozetin, Sorenso Median and Telestreamin tuottamissa enkoodereissa. Kolmantena suurimpana on x264 kodekki, joka on suosittu shareware enkoodereissa. Kolmesta edellämainitusta h.264-pohjaisesta kodekista Apple codec tuottaa huomattavasti huonolaatuisinta jälkeä. x264 tuottaa hieman parempilaatuista videota kuin MainConcept. Erot x264:n ja MainConceptin välillä ei kuitenkaan ole huomattavia. (Ozer 2011.)

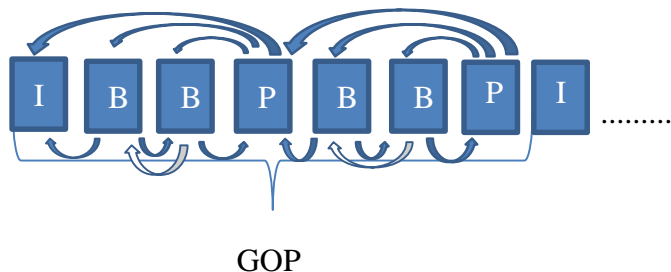
2.4.1.1. H.264:n toiminnasta lyhyesti

H.264 on häviöllinen kodekki, joka tarjoaa käyttäjälle useita eri pakkaus- tekniikoita ja algoritmeja. Mikäli lopputuotoksessa halutaan panostaa videonlaatuun, joudutaan luomaan monimutkaisempi bittivirta, joka vaatii enemmän kaistanleveyttä sekä prosessointitehoa dekodausvaiheessa. Yleisesti ottaen, mikäli videota halutaan katsella jollain muulla kuin tietokoneella, tulee profiilien (h.264 profiilit esitellään taulukossa 1 alla.) ja leveleiden kanssa olla tarkkana. Väärällä profiililla enkoodattu video ei välttämättä toimi kaikissa laitteissa. Mikäli videota katsotaan tietokoneella, ei profiileilla ole niin suurta merkitystä toimivuuden kannalta, vaan kannattaa pitää käytännön rajoitteet mielessä. Valtavia videotiedostoja ei kannata enkoodata HiP-profiililla, mikäli esimerkiksi lähdevideo on huonolaatuinen. Koska huonolaatuisesta lähdevideoista ei saa hyvälaatuista. Tasojen, eli leveleiden tarkemmat määritelmät ovat liitteenä.

Taulukko 1. H.264-koodekin profiilit

Baseline profile (BP)	Tarkoitettu lähinnä matalatehoisille laitteille. Mobiililaitteet, videopuhelut yms.
Main Profile (MP)	Alunperin tarkoitettu yleisimmäksi kuluttajaprofiiliksi lähetys ja tallennus tarkoitukseen. HiP vallannut paikan.
Extended Profile (XP)	Suunniteltu videostreamaukseen, tehokas pakkauskyky.
High Profile (HiP)	High Definition-videoille, vallannut yleisimmän profiilin paikan paikan MP:ltä.
High 10 Profile (Hi10P)	Tukee jopa 10bittiä / sample, suunniteltu korkealaatuisille videoille.
High 4:2:2 Profile (Hi422P)	Ammattikäyttöön jossa käytetään interlaced-videota. Tukee 4:2:2 –chroma.
High 4:4:4 Predictive Profile (Hi444PP)	Profiileista raskain, jopa 14bittiä / sample, 4:4:4 chroma. Jokainen kuva koodataan 3 eri värillä.

H.264, niin kuin kaikki häviölliset koodekit, jakavat videon kuvasarjoihin, eli GOPpeihin (Group Of Pictures). GOPin ensimmäine kuva on niin sanottu avainkuva (I-frame), avainkuvan jälkeen tulee muutama erotuskuva (B-frame), joiden jälkeen tulee ennustava erotuskuva (P-frame). B-frames, eli bi-directional frames, perustuu edelliseen ja seuraavaan kuvaan. Kun taas P-frame eli Predictive frame perustuu vain edeltäviin kuviin. Virheiden minimoimiseksi otetaan uusi avainkuva tietyin väliajoin (0,5s – 3s), johon verrataan sen jälkeisiä erotuskuvia saman periaatteen mukaisesti (EE Times, 2007).



Kuva 1. Havainnollistus I-, B-, ja P-kuvien toiminnasta

Videokuvan pakkaaminen tapahtuu vertailemalla perättäisiä kuvia. Algoritmit tunnistavat kuvista objektit, joille ei tapahdu mitään. Tällöin perättäisissä kuvissa muuttumattomat objektit poistetaan erotuskuvista. Algoritmit pystyvät myös seuraamaan liikkuvia objekteja ja luomaan niiden perusteella liikevektoreita, joita käyteään ennustamaan objektin sijainti seuraavassa erotuskuvassa. Tätä kutsutaan liike-ennustamiseksi. Näiden keinojen avulla saadaan videon datavirtaa pienennettyä. Mitä tarkempaa kuvaa lopputuotokseen halutaan, sitä enemmän lähdevideon dataa tarvitsee säilyttää, ja sitä suurempi datavirta syntyy (EE Times, 2007).

2.4.2 Bittivirran merkitys

Bittivirta, englanniksi bitrate, tarkoittaa yhden sekunnin mittaisen videopätkän kokoa. Bittivirran suuruuteen vaikuttavat tekijät ovat videon kuvakoko (resoluutio), kuvataajuus (framerate), äänen bittivirta, sekä tietenkin videon pakkaustapa (koodekki) jota käytetään. Yleensä bittivirta ilmoitetaan kilobitteinä per sekunti (Kbps) tai megabitteinä per sekunti (Mbps) (EE Times, 2007).



Kuva 2. Bittivirran vaikutus h.264 enkoodatun videon kuvanlaatuun. Vasemmalla 750Kbps ja oikealla 2,5Mbps (Kuva: Eero Arkko 21.5.2015.)

Yllä olevasta kuvasta käy selvästi ilmi bittivirran vaikutus kuvanlaatuun. Kuva on kuvakaappaus h.264 enkoodatulta videolta, jonka enkoodaus asetukset ovat tismalleen samat, bittivirtaa lukuun ottamatta. Kuvan vasen puolisko on 750Kbps ja kuvan oikea puoli 2,5Mbps.

2.4.3 CBR vs. VBR – Constant Bitrate vai Variable Bitrate

Adaptiivisessa videostreamauksessa halutaan, että videon laatu vaihtelee mahdollisimman vähän. Mikäli esimerkiksi käyttäjän internetyhteys heikenee, niin tällöin videoistoin vaihtaa streamin alempaan laatuluokkaan. Videoistoin valvoo jatkuvasti kuinka paljon videovirtaa on puskurimuitissa, ja mikäli määrä laskee tietyn pisteen alapuolelle se vaihtaa alemman laadun videoprofiiliin (EE Times, 2007).

Videolaadun tasaisuutta ajatellen videosisältö kannattaakin enkoodata taiseksi bittivirraksi (CBR). Näin ollen kaikki videolohkot ovat suurinpiirtein samankokoisia. Mikäli käytetään VBR-enkoodausta, ja videosisällössä on paljon liikettä, tällöin videolohkojen tiedostokoko on suurempi. Lohkojen tiedostokoon vaihtelu saattaa aiheuttaa videoprofiilin alenemisen, vaikka kyseessä ei olekaan yhteyden heikkeneminen, vaan valinta enkoodausprosessissa (EE Times, 2007).

CBR-enkoodauksessakin on huonot puolensa. Jos videossa on paljon liikettä, aiheuttaa bittivirran tasaisuus kuvanlaadun heikkenemistä. Tästä syystä monesti käytetään rajoitettua VBR-enkoodausta (Constrained VBR). Rajoitetussa VBR-enkoodauksessa asetetaan jokin raja, kuinka monta prosenttia lohkojen tiedostokoot voivat vaihdella. (Ozer 2012)

2.4.4 Consistent Keyframe Interval -asetus

Enkoodauksessa video pilkotaan muutaman sekunnin mittaisiin videolohkoihin. Näiden videolohkojen tulee alkaa aina I-Framella, eli intraframella. Intraframe on ainoa MPEG-ruutu, joka sisältää koko kuvan.

Jotta varmistetaan videolohkojen alkavan aina intraframella, tarvitaan tasainen keyframe aikaväli. Tasainen aikaväli intraframejen välille saadaan varmistamalla, ettei enkooderin asetuksissa ole scene-change detection asetus päällä.

Videolohkon kaikkien framejen tulee olla niin sanottuja IDR-frameja. Tämä tarkoittaa, että yksikään intraframen jälkeen tuleva frame ei viittaa ennen intraframea olevaan frameen. Tähän ei kuitenkaan löydy asetusta kaikista enkoodaustyökaluista. (Ozer 2012)

2.4.5 Ääniasetukset enkoodauksessa

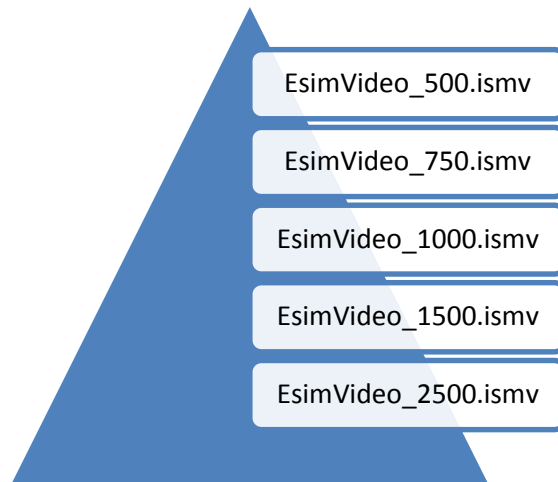
Ääniasetuksissa tulee miettiä, kuinka tärkeässä osassa katselukokemusta ääni on kyseisessä videossa. Mikäli ääni ei näyttele suurta osaa katselukokemuksessa, turvallisin valinta on enkoodata yksi, tasalaatuinen ääniraita kaikille videovirroille.

Mikäli haluaa äänen laadun skaalautuvan videonlaadun mukana, saattaa äänessä esiintyä pientä poksahdusta videon laatuprofiilin vaihtuessa. (Ozer 2012)

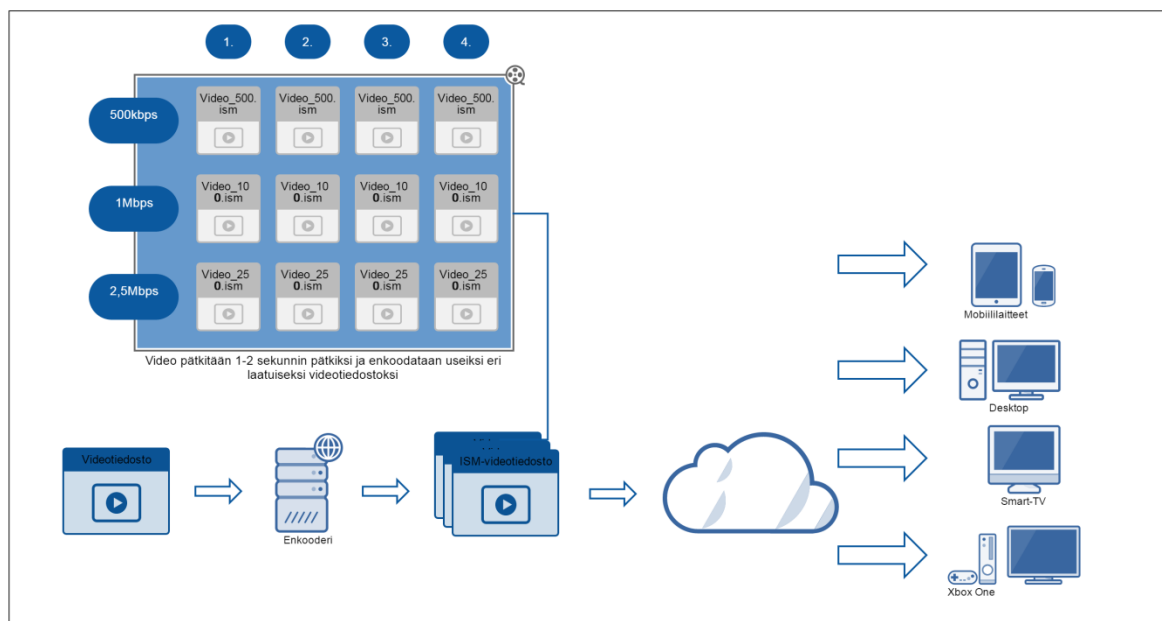
3 MULTIFORMAATTIVIDEO

Multiformaattivideota käytetään nykyään lähes kaikissa suosituissa videopalveluissa Netflixistä Youtubeen. Multiformaattivideot mahdollistavat adaptiiviset videopalvelut, tämä tarkoittaa sitä, että palvelu pystyy skaalamaan videon laatua asiakasohjelman verkkoyhteyden kaistanleveyden ja prosessointitehon mukaan. Näin päästään eroon pitkistä latausajoista ja mahdollistetaan palvelun käyttäminen useilla erilaisilla laitteilla.

Multiformaattivideot pilkkovat lähdevideon lyhyisiin lohkoihin ja enkoodaavat lohkot useaan eri laatuprofiliiin. Videolohkotiedostojen lisäksi kansiorakenteesta löytyy manifestitiedosto. Manifesti sisältää erilaista tietoa videolohkoista, niiden laatuprofileista sekä videoiden metatiedot. Manifestitiedosto keskustelee asiakasohjelman kanssa selvittääkseen katsojan käytössä olevan kaistanleveyden ja prosessointitehon, ja päättää minkä laatuprofilin videota käyttäjälle lähetetään. Joissain palveluissa videon laatu voidaan myös pakottaa, tällöin kuitenkin saattaa joutua odottamaan kun video latautuu puskurimuistiin. (Streamingmedia.com, 2015)



Kuva 3. MSS-videon eri laatuprofilit, numero kuvastaa videon bittivirtaa. Mitä suurempi bittivirta, sitä nopeamman verkkoyhteyden video vaatii



Kuva 4. Adaptiivisen videon sisällöntuotantoketju havainnollistettuna

3.1 Erilaiset tekniikat adaptiiviseen videon jakeluun

Tässä luvussa käyn lyhyesti läpi yleisimmät adaptiiviseen videostreamaukseen käytetyt standardiprotokollat. MSS- ja DASH -protokollat käydään läpi hieman syvemmin, koska ne ovat käytössä Katsomossa tällä hetkellä.

Adaptiiviseen video-streamaukseen on kehitetty muutamia erilaisia tekniikoita. MSS (Microsoft Silverlight Smooth Streaming), HLS (Applen Http Live Streaming), HDS (Adoben Http Dynamic Streaming) sekä uusimpana standardina hiljalleen yleistynyt DASH (Dynamic Adaptive Streaming over Http) ovat tekniikoista eniten käytettyjä. (RGB Networks, Adaptive HTTP Streaming Comparison 2011, 9-18.)

3.1.1 MSS – Microsoft Smooth Streaming

MSS on Microsoftin kehittämä protokolla, joka kuljettaa videokuvaa ISO MPEG-4 –videolohkoina. Videolohkot pitävät sisällään 1-2 sekuntia lähdevideota. Lähdevideo siis pilkotaan noin parin sekunnin pätkiksi ja enkoodataan erilaatuisiksi videoprofiileiksi, näitä kutsutaan laatuoprofiileiksi. Nämä videojaksotiedostot ovat ".ismv" -formaattissa, ja niihin liittyvät audiojaksot ".isma". Näiden tiedostojen lisäksi MSS:stä löytyy XML-muodossa oleva manifestitiedosto, joka sisältää tiedot videosisällön eri laatuoprofiilit, metatiedot, mahdolliset tekstitykset, sekä eri videolohkojen aikaleimat (RGB Networks, Adaptive HTTP Streaming Comparison 2011).

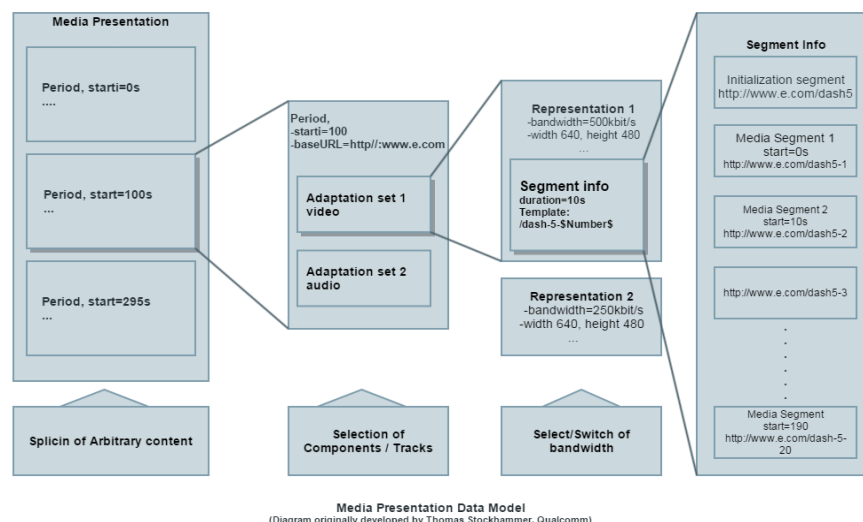
Toisin kuin HLS-protokollassa, jossa videolohkoon viitataan URL-osoitteilla soittolistassa, MSS manifestissa asiakasohjelma löytää oikean videolohkon aikakoodin perusteella.

Livestreamauksessa asiakasohjelman ei tarvitse ladata manifestia toistuvasti, vaan asiakasohjelma laskee lohkojen osoitteet suoraan videoprofiileihin. Näin formaatti kuluttaa vähemmän internetin kaistanleveyttä. (RGB Networks, Adaptive HTTP Streaming Comparison 2011, 9-18.)

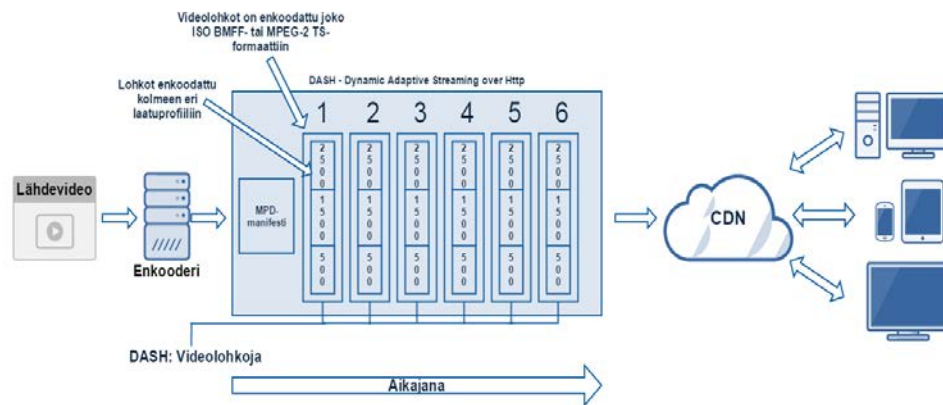
3.1.2 DASH – Dynamice Adaptive Streaming over Http

Adaptiivinen videoformaatti DASH 1st edition julkaistiin vuonna, 2012 ja nykyinen DASH 2nd edition vuonna 2014. Standardi on vallannut alaa HDS:ltä, HLS:ltä ja MSS:ltä. DASH tukee kahta eri osiomuotoa, MSS:n ja HDS:n käyttämää ISO BMFF (ISO Base Media File Format) ja HLS:n käyttämää MPEG-2 TS:ää. Näin ollen siirtymä muista protokollista DASHiin on suhteellisen helppoa. Käyttäjän ei tarvitse päivittää kirjastoistaan kuin manifestitiedostot (RGB Networks, Adaptive HTTP Streaming Comparison 2011.)

DASH-formaatin manifestitiedosto, eli MPD (Media Presentation Description)-tiedosto, on hyvin samankaltainen kuin muissakin standardeissa. Se sisältää tiedot kaikki tiedot videosisällön bittivirroista, resoluutioista ja metatiedoista. (RGB Networks, Adaptive HTTP Streaming Comparison 2011, 9-18.)



Kuva 5. Media Presentation Data Model. Havainnollistava kuva DASH-formaatin toiminnasta. (MPEG DASH: A Technical Deep Dive and Look at What's Next 2012)



Kuva 6. Havainnollistus DASH-videostreamistä

3.1.3 DASHIN tulevaisuus: DASH 3rd Edition

Kehitteillä on entistä parempi versio DASH-formaatista, DASH 3rd edition, sen julkaisuajankohta ei ole vielä tiedossa. Kolmannen sukupolven DASH-formaattiin on lisätty ominaisuuksia, joita sisällöntuottajat ja videopalveluiden tarjoajat ovat toivoneet. Parannuksia tullaan näkemään muun muassa videoiden toistonopeuksissa, mainoksien sijoittamisissa videosisältöön ja mainonnan näkyvyyden tilastoimisessa. Tavoitteena on myös saada vähennettyä ”end-to-end” -viivettä, eli aikaa joka kuluu kuvaushetkestä siihen kuin katsoja näkee tilanteen ruudullaan. DASH 3rd editionin kehitystyöryhmä tutkii myös mahdollisuuksia streamata UHD-, HFR-, HDR- ja WCG-videota sekä kehittyneempiä audiokoodekkeja kuten AC-4 ja MPEG-H. (Streaming Media 2015, 4-6.)

3.1.4 HLS – Apple Http Live Streaming

Microsoftista ja Adobesta poiketen, Apple ei käytä HLS-protokollassaan ISO MPEG -tiedostomuotoa, vaan MPEG-2 TS -muotoa, joka sisältää sekä videon että äänen. Nämä videolohkot on HTTP-serverillä tekstimuotoisen manifest-tiedoston kanssa. HLS käyttää kahta mahdollista manifestia; normal ja variant. Normal-manifesti on tekstimuotoinen soittolista URL-osoitteita (Uniform Resource Identifier), jotka osoittavat peräkkäin toistettaviin videolohkoihin. Variant-manifesti osoittaa kokoelmiin eri normal-manifesteja, jotka osoittavat eri videoprofiileilla enkoodattuihin videolohkoihin. (Streaming Media 2015, 4-6.)

Metatieto on soittolistoissa ”kommentteina”, kommentit alkavat ”#”-merkillä. Metatiedot sisältävät jaksonumeron joka liittyy eri videoprofiilien lohkoihin, tiedon videolohkon pituudesta, salauksen purkuavaimen sijainnin, aikatiedon ja videovirran tyypin. (RGB Networks, Adaptive HTTP Streaming Comparison 2011, 9-18.)

3.1.5 HDS – Adobe Http Dynamic Streaming

HDS on Adoben kehittämä protokolla, joka julkaistiin HLS:n ja MSS:n jälkeen, ja se käyttää osia molemmista protokollista. Videotiedostot ovat lohkoja MP4-tiedostoja, jotka sisältävät sekä videon että audion. MP4-tiedostot paketoidaan ISO MPEG-tiedostomuotoon niin kuin MSS:ssäkin.

Aivan kuten HLS:ssäkin, HDS lataa manifestin toistuvasti löytääkseen oikean videolohkon. HDS:ssä tuota tietoa kutsutaan bootstrap –informaatioksi, ja se on manifestissa binäärimuodossa. (RGB Networks, Adaptive HTTP Streaming Comparison 2011, 9-18.)

3.2 Videoformaateilta vaadittavat ominaisuudet

Videoformaateilta vaaditaan myös muita ominaisuuksia kuin pelkästään hyvä tiedostokoon ja kuvanlaadun välinen suhde. Formaattien tulee mahdollistaa sisällön kaupallistaminen, muuten Katsomon kaltaisten kaupallisten OTT-palveluiden ylläpitäminen ei ole missään määrin kannattavaa liiketoimintaa. Alla listaus muutamista vaadittavista ominaisuuksista.

- **Monikanavaäänet:** Mahdollistaa videon kielivalinnan, esimerkiksi jos haluat katsoa ohjelmaa ruotsinkielisenä. Katsomossa tätä mahdollisuutta ei käytetä.
- **DRM – Digital Rights Management:** Estää maksullisten lähetysten katsomisen ilmaiseksi. Esimerkiksi urheilulähetykset suojataan DRM:n avulla.
- **Tekstitykset:** Kaikissa englanninkielisissä ohjelmissa on totuttu näkemään suomenkieliset tekstit.
- **Mainonta:** Ohjelmien alussa, lopussa ja keskellä voidaan näyttää mainoksia. Joissain tapauksissa mainonta voi olla kohdennettua.
- **Stream Latency – Videovirran viive:** Yleensä videot toimivat niin että asiakasohjelma näyttää yhtä videolohkoa, pitää muistissa seuraavaa ja lataa kolmatta lohkoa. MSS-protokolla minimoi loppukäyttäjän viiveen lataamalla uuden videolohkon muistiin heti kuin edellinen on latautunut. (RGB Networks, Adaptive HTTP Streaming Comparison 2011, 9-18.)

3.3 Katsomo tällä hetkellä

Katsomon HTML-5 soitin otettiin käyttöön keväällä 2015, kun siirtymä MSS:stä ja HLS:stä DASHiin alkoi. Tällä hetkellä Katsomossa käytetään h.264 formaatissa olevaa DASH-muotoista videota. HTML5 mahdollistaa korkealaatuisen videon toiston kaikilla alustoilla ilman liitännäisiä. Katsomossa, ja monissa muissakin OTT-palveluissa, ollaankin siirtymässä hiljalleen HTML5 alustalla natiivisti toimivaan DASH (Dynamic Adaptive Streaming over Http)-videoformaattiin. (Salo Andy 2015.)

Aiemmin käytössä oli MSS-formaatin videot olivat tietokonekatsojia varten ja mobiilikäyttäjille näytettiin HLS-formaatin videoita. Tämä johtui siitä syystä että kaikki mobiililaitteet eivät tukeneet MSS-formaattia. Päivitysten myötä MSS-formaatti toimii myös mobiililaitteilla, joten Katsomo siirtyi käyttämään vain MSS-formaattia videoiden enkoodaukseen.

4 MTV KATSOMO

Katsomo on MTV:n netti-tv-palvelu, jossa voi katsoa MTV3:n Subin, AVAn ja MTV Total –kanavapaketin ohjelmat suorana tai tallenteena Internetin välityksellä. Palvelussa voit katsoa tv-kanavien suoratoistoakanaavia tai ohjelmakohtaisia live- tai VoD-lähetyksiä.

4.1 Katsomon sisällöntuotanto

Katsomoon tehdään sisältöä kolmella eri tavalla, on Live-ohjelmat, VoD-ohjelmat ja videoklipit. Kaikki videosisältö sijaitsee VMAN nimisessä videotietokannassa. VMANissa voidaan hallinnoida videosisältöä.

4.1.1 Katsomon Live-sisältö

Katsomon live-sisältö koostuu suurilta osin urheilulähetyksistä, urheilun lisäksi on joitain viihdeohjelmia joita näytetään suorana ja tietenkin uutislähetykset tulevat suorina.

Suorana tulevat ohjelmat eivät työllistä katsomotyöntekijää normaalia enempää mikäli suoraan lähetykseen ei liity lisälähetyksiä. Lisälähetyksestä esimerkkinä voi käyttää urheiluun liittyviä alku- ja loppustudio-osuuksia tai viihdeohjelmien nettijatkoja. Mikäli ohjelmaan kuuluu lisälähetys, tulee enkoodaus käynnistää ja sammuttaa käsin. Enkooderit eivät ymmärrä monen lähetyksen putkia, vaan pyrkii sammuttamaan enkooderit aina ohjelmien välissä. Tästä syystä tällaiset ohjelmat tulee hoitaa käsin. (Suhonen, sähköpostiviesti 28.4.2015)

4.1.2 Katsomon VoD-sisältö

VoD (Video On Demand) -sisällöllä tarkoitetaan ohjelmia, jotka ovat tallenteina Katsomossa ja katsottavissa milloin vain. Suurin osa tallenteista enkoodataan etukäteen ohjelmalistojen mukaisesti ja ne julkaistuvat automaattisesti samaan aikaan tv-esityksen kanssa. Myös kaikista suorista lähetyksistä jää tallenteet katsottavaksi myöhemmin. Tallenteet tulevat enimmäkseen automaattisesti, ainoa työvaihe on ajastaa ne Vmanin Scheduler-välilehdeltä.

Vmanin saa ohjelmatiedot etukäteen WHATS'On-suunnittelujärjestelmästä. Katsomon sisällöntuottaja ajastaa Vmanissa ohjelmalistojen mukaan tallenteiden julkaisut, loppu järjestelmältä hoituu automaattisesti. (Suhonen, sähköpostiviesti 28.4.2015)

4.1.3 Katsomon videoklippisisältö

Videoklippejä tehdään normaalin iltavuoron aikana noin 20-30 kappaletta. Videoklippejä käytetään www.mtv.fi uutis-, viihde-, ja urheiluartikkeleissa upotuksina. Näin saadaan lisää sisältöä uutisiin.

Videoklippejä tehdään Katsomoon kolmella eri tavalla.

- Ohjelman päätyttyä Vmanin indeksointitoiminnon avulla. Käytännössä tässä työvaiheessa kerrotaan järjestelmälle halutun klipin sijainti tallenteessa, alku- ja loppuaikojen avulla. Lisätään otsikko ja kaapataan videolta klipille kansikuva. Näiden työvaiheiden jälkeen järjestelmä transkoodaa halutun pätkän omaksi videotiedostokseen, jota voidaan käyttää halutulla tavalla.
- Klippi haetaan minuuttipalvelimelta. Minuuttipalvelin on palvelin, jossa on tallessa 24 tunnin sisällä tullut lähetys. Minuuttipalvelimia on MTV3, MAX, MTV Sport 1 ja MTV Sport 2 kanaville. Niiltä voi käydä kellonajan mukaan hakemassa halutun klipin. Käytännössä palvelimelle kerrotaan alku- ja loppuaika, jonka jälkeen palvelin lähettää klipin suoraan Vmanin kautta Katsomoon. Vmanissa klippi leikataan sopivaksi, syötetään metatiedot ja kaapataan kansikuva.
- Joskus klippejä voi tulla esim. FTP-servereiden kautta. Tällaisissa tapauksissa klipit tallennetaan ensin tietokoneelle, jonka jälkeen ne laitetaan Watchfolder-nimiseen kansioon. Watchfolder-kansiosta klippi menee encodeereiden kautta Katsomoon. Tässäkin tapauksessa Vmanissa voidaan leikata klippiä, lisätä metatiedot ja kaapata kansikuva.

Klippejä tehdään uutislähetysten ja urheilu-uutisten pääaiheista, sekä mahdollisista urheilulähetyksistä. Esimerkiksi jääkiekon MM-kisojen aikaan Katsomossa tehdään satoja videoklippejä maaleista, taklauksista, ynnä muista pelitilanteista. (Suhonen, sähköpostiviesti 28.4.2015)

4.2 Katsomon kaupallistaminen

Kuten monet muutkin OTT-palvelut, Katsomo on kaupallinen palvelu. Tämä tarkoittaa sitä että, toisin kuin Yle Areena, joka toimii verorahoilla,

Katsomo saa rahaa ainoastaan markkinoinnin kautta. Rahoitusmalleja tällä alalla on muutamia erilaisia.

1. **Transactional VOD (T-VOD):** Pay-per-view periaate, käytännössä tarkoittaa sähköistä versiota videovuokrauksesta. Eli maksat siitä mitä katsot.
2. **Subscription VOD (S-VOD):** Esimerkiksi kuukausittainen tilausmaksu, jolla saa rajoittamattoman pääsyn ohjelmistoon.
3. **Advertising-supported VOD (A-VOD):** Rahoitus tapahtuu videosisältöihin upotettujen mainoksien kautta.
4. **Subsidised VOD:** Niin sanottu Ylen malli. Video sisältö on ilmaista, eikä siinä ole mainoksia. Rahoitus tulee verotuksen tai televisiolupamaksujen kautta.

(Egta Insight Over-The-Top Television Services: A European Perspective, 2015)

Katsomossa on käytössä yllä olevista rahoitusmalleista kohdat 1,2 ja 3.

5 LOPPUYHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä käytiin läpi multiformaattivideoiden tekniikoita, Katsomo palvelun sisällöntuotannon eri työvaiheita sekä digitaalisen videon perusteita. Varmaa on, että internetissä toimivat videopalvelut eivät ole menossa mihinkään. Seuraava kehitysaskel tullaan luultavimmin näkemään videoiden kuvanlaadussa. Tämä vaatii kuitenkin pakkaustekniikoiden, päätelaitteiden ja internetyhteyksien kehittymistä.

Näiden yli kahden vuoden aikana, mitä olen työskennellyt Katsomossa, palvelu on mennyt valtavasti eteenpäin. Katsomo on aiempaa huomattavasti luotettavampi loppukäyttäjälle DASH-formaatin ansiosta. Aikasemmin, kun käytössä olivat sekä MSS- että HLS-formaatit, enkooderit tekivät kaksi kertaa enemmän töitä, koska kaikki videosisältö piti enkoodata kahteen eri formaattiin. Näin ollen virheiden todennäköisyyskin nousi.

Tällä hetkellä Katsomoon panostetaan enemmän kuin koskaan aiemmin ja tavoitteena onkin tehdä siitä suosituin suomalainen OTT-palvelu vuoden 2017 loppuun mennessä. Tämänhetkistä DASH-formaattia ei olla tois- taiseksi korvaamassa uudemmalla formaatilla.

LÄHTEET

- Adobe Delivers Flash Access 2.0 and HTTP Dynamic Streaming. 11.6.2010. Viitattu 5.11.2015. <http://www.streamingmedia.com/Articles/News/Featured-News/Adobe-Delivers-Flash-Access-2.0-and-HTTP-Dynamic-Streaming-67118.aspx>
- bab.la –sanakirja. Viitattu 5.11.2015. <http://fi.bab.la/sanakirja/englanti-suomi/codec>
- Defective by design. Viitattu 5.11.2015. <https://www.defectivebydesign.org/what-is-drm-digital-restrictions-management>
- Dolby. Viitattu 5.11.2015. <http://www.dolby.com/us/en/technologies/AC-4.html>
- Egta Insight Over-The-Top Television Services: A European Perspective. 2015. Organisaatio. egta. Viitattu 6.5.2015.
- Hallikainen M. 29.10.2015. Sähköpostiviesti. Viitattu 5.11.2015.
- Hautala R. 14.4.2015. Viesti Silverlight-tuen poistumisesta Chromesta Facebookin somepöytätyössä. Vastaanottajat Eero Arkko [Sähköpostiviesti] viitattu 6.5.2015.
- High Frame Rate (HFR) is Here at 48 fps. Viitattu 5.11.2015. <http://www.videouniversity.com/articles/high-frame-rate-hfr-is-here-at-48-fps/>
- How to Produce for Adaptive Streaming. www.streamingmedia.com. Viitattu 8.5.2015. <http://www.streamingmedia.com/Articles/Editorial/Featured-Articles/How-to-Produce-for-Adaptive-Streaming-81020.aspx>
- How video compression works. EE Times. Viitattu 15.4.2015 http://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1275437&page_number=3
- H.264 profiles and levels (Stanley posted on April 28th, 2008). Media Coder. Viitattu 26.5.2015. <http://blog.mediacoderhq.com/h264-profiles-and-levels/>
- Media Presentation Data Model. (MPEG DASH: A Technical Deep Dive and Look at What's Next 2012). RGB Networks. Viitattu 10.5.2015. <http://www.rgbnetworks.com/pdfs/RGB-MPEG-DASH-Cable12.pdf>
- RGB Networks Comparing Adaptive HTTP Streaming Technologies A Comparison of Apple's HTTP Live Streaming (HLS), Microsoft's Silverlight Smooth Streaming (MSS) and Adobe's HTTP Dynamic Streaming (HDS) 2011. http://www.rgbnetworks.com/pdfs/RGB-Adaptive-HTTP-Streaming-Comparison_1211-01.pdf

- Salo A. RGB Networks 2015.
- Simultaneous Multiformat Encoding. 3.2010. Viitattu 9.11.2015 <http://www.streamingmedia.com/Articles/Editorial/Featured-Articles/Simultaneous-Multiformat-Encoding-65750.aspx>
- Suhonen M. 28.4.2015. Opinnäytetyö: Videon multiformaattijakeluun tähtäävä workflow. Vastaanottaja Eero Arkko [Sähköpostiviesti] viitattu 5.5.2015
- The 2015 MPEF DASH Superguide. 9.2015. Streaming Media. Viitattu 30.10.2015. <http://www.streamingmedia.com/PDF/ThankYou.aspx?IssueID=5574&src=Search>
- Tilausvideopalvelu (VoD). 17.2.2013. Viestintävirasto. Viitattu 9.11.2015 <https://www.viestintavirasto.fi/tvradio/jakelujavastaanotto/iptvjainternet-tv/vod.html>
- What is Adaptive Streaming? Streamingmedia.com. Viitattu 5.11.2015. <http://www.streamingmedia.com/Articles/Editorial/What-Is-.../What-is-Adaptive-Streaming-75195.aspx>
- What is FTP, and how do I use it to transfer files? 11.6.2014. Indiana University Knowledge Base. Viitattu 7.11.2015. <https://kb.iu.edu/d/aerg>
- What is HLS (HTTP Live Streaming)? 14.10.2011. Streaming media. Viitattu 5.11.2015. [http://www.streamingmedia.com/Articles/Editorial/What-Is-.../What-is-HLS-\(HTTP-Live-Streaming\)-78221.aspx](http://www.streamingmedia.com/Articles/Editorial/What-Is-.../What-is-HLS-(HTTP-Live-Streaming)-78221.aspx)
- What is H.264?. 2011. StreamingMedia.com. Viitattu 26.5.2015. <http://www.streamingmedia.com/Articles/Editorial/What-Is-.../What-is-H.264-74735.aspx>
- What is MPEG DASH? Streamingmedia.com. Viitattu 5.11.2015. <http://www.streamingmedia.com/Articles/Editorial/What-Is-.../What-is-MPEG-DASH-79041.aspx>
- WTF is OTT? Digiday. Viitattu 24.4.2015. <http://digiday.com/platforms/what-is-over-the-top-ott/>

Liitteet merkitään omalla tyylillään:

Liite 1

H.264 koodekin leveleiden määritelmät.

H.264 Levels							
LEVEL NUMBER	MAX MACROBLOCKS PER SECOND	MAX FRAME SIZE (MACROBLOCKS)	MAX VIDEO BIT RATE (VCL) FOR BASELINE, EXTENDED AND MAIN PROFILES	MAX VIDEO BIT RATE (VCL) FOR HIGH PROFILE	MAX VIDEO BIT RATE (VCL) FOR HIGH 10 PROFILE	MAX VIDEO BIT RATE (VCL) FOR HIGH 4:2:2 AND HIGH 4:4:4 PREDICTIVE PROFILES	EXAMPLES FOR HIGH RESOLUTION @ FRAME RATE (MAX STORED FRAMES) IN LEVEL
1	1485	99	64 kbit/s	80 kbit/s	192 kbit/s	256 kbit/s	128×96@30.9 (8) 176×144@15.0 (4)
1B	1485	99	128 kbit/s	160 kbit/s	384 kbit/s	512 kbit/s	128×96@30.9 (8) 176×144@15.0 (4)
1.1	3000	396	192 kbit/s	240 kbit/s	576 kbit/s	768 kbit/s	176×144@30.3 (9) 320×240@10.0 (3) 352×288@7.5 (2)
1.2	6000	396	384 kbit/s	480 kbit/s	1152 kbit/s	1536 kbit/s	320×240@20.0 (7) 352×288@15.2 (6)
1.3	11880	396	768 kbit/s	960 kbit/s	2304 kbit/s	3072 kbit/s	320×240@36.0 (7) 352×288@30.0 (6)
2	11880	396	2 Mbit/s	2.5 Mbit/s	6 Mbit/s	8 Mbit/s	320×240@36.0 (7) 352×288@30.0 (6)
2.1	19800	792	4 Mbit/s	5 Mbit/s	12 Mbit/s	16 Mbit/s	352×480@30.0 (7) 352×576@25.0 (6)
2.2	20250	1620	4 Mbit/s	5 Mbit/s	12 Mbit/s	16 Mbit/s	352×480@30.7(10) 352×576@25.6 (7) 720×480@15.0 (6) 720×576@12.5 (5)
3	40500	1620	10 Mbit/s	12.5 Mbit/s	30 Mbit/s	40 Mbit/s	352×480@61.4 (12) 352×576@51.1 (10) 720×480@30.0 (6) 720×576@25.0 (5)
3.1	108000	3600	14 Mbit/s	17.5 Mbit/s	42 Mbit/s	56 Mbit/s	720×480@80.0 (13) 720×576@66.7 (11) 1280×720@30.0 (5)
3.2	216000	5120	20 Mbit/s	25 Mbit/s	60 Mbit/s	80 Mbit/s	1280×720@60.0 (5) 1280×1024@42.2 (4)
4	245760	8192	20 Mbit/s	25 Mbit/s	60 Mbit/s	80 Mbit/s	1280×720@68.3 (9) 1920×1088@30.1 (4) 2048×1024@30.0 (4)
4.1	245760	8192	50 Mbit/s	50 Mbit/s	150 Mbit/s	200 Mbit/s	1280×720@68.3 (9) 1920×1088@30.1 (4) 2048×1024@30.0 (4)
4.2	522240	8704	50 Mbit/s	50 Mbit/s	150 Mbit/s	200 Mbit/s	1820×1088@64.0 (4) 2048×1088@60.0 (4)
5	589824	22080	135 Mbit/s	168.75 Mbit/s	405 Mbit/s	540 Mbit/s	1920×1088@72.3 (13) 2048×1024@72.0 (13) 2048×1088@67.8 (12) 2560×1920@30.7 (5) 3680×1536@26.7 (5)
5.1	983040	36864	240 Mbit/s	300 Mbit/s	720 Mbit/s	960 Mbit/s	1920×1088@120.5 (16) 4096×2048@30.0 (5) 4096×2304@26.7 (5)
LEVEL NUMBER	MAX MACROBLOCKS PER SECOND	MAX FRAME SIZE (MACROBLOCKS)	MAX VIDEO BIT RATE (VCL) FOR BASELINE, EXTENDED AND MAIN PROFILES	MAX VIDEO BIT RATE (VCL) FOR HIGH PROFILE	MAX VIDEO BIT RATE (VCL) FOR HIGH 10 PROFILE	MAX VIDEO BIT RATE (VCL) FOR HIGH 4:2:2 AND HIGH 4:4:4 PREDICTIVE PROFILES	

(H.264 profiles and levels. 2008.)