



HTTP Live Streaming

Kalle Honkanen

Opinnäytetyö
Toukokuu 2011
Tietotekniikka
Tietoliikennetekniikka
Tampereen ammattikorkeakoulu

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Tampere University of Applied Sciences

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tietotekniikan koulutusohjelma
Tietoliikennetekniikan suuntautumisvaihtoehto

HTTP Live Streaming

Opinnäytetyö 31s.
Toukokuu 2011

Tässä työssä käsiteltävä HTTP Live Streaming -protokolla on nopeasti yleistynyt vakiintuneisiin Internet-standardeihin perustuva suoratoistoprotokolla, jonka avulla voidaan rakentaa esimerkiksi korkealaatuinen mobiililaajakaistaverkon kautta toimiva radio- tai televisiopalvelu, jonka sisältöä voidaan muokata käyttäjäkohtaisesti.

Protokollan määrittävä standardi ei ole vielä aivan täysin valmis, mutta se on jo laajalti käytössä Applen päätelaitteille tuotetuissa palveluissa, heidän asettamiensa vaatimusten vuoksi. Protokollaan on työssä perehdytty hyvin käytännönläheisesti ja sen eri ominaisuuksille on mietitty käytännön sovellutuksia, mikä osaltaan auttaa protokollan toimintatavan sisäistämistä.

Vaikkakin HTTP-suoratoistoprotokolla on tässä työssä käsitelty lähinnä mobiilikäyttäjän näkökulmasta, soveltuu se hyvin myös kiinteän verkkoyhteyden omaaville päätelaitteille, kuten tietokoneille ja olohuoneen mediakeskuksille. Tekniikka ei myöskään aseta rajoituksia lähetettävän kuvan- tai äänenlaadulle, joten myös teräväpiirtolähetyksen toteutus on mahdollista tämän tekniikan avulla. Protokolla määrittelee myös muutamia audio- ja videoraitojen pakkaukseen liittyviä erityisvaatimuksia, joiden avulla kuvan ja äänen korkealaatuisuus saadaan varmistettua. HTTP-suoratoistoprotokollan suurin tämän hetkinen rajoite on se, että sen avulla toteutetut suoratoistomediavirran toimivat ainoastaan muutamilla päätelaitteilla, mikä osaltaan rajoittaa tämän tekniikan yleistymistä. Käytännössä HTTP-suoratoistotekniikka kuitenkin hyödyntää paljon jo olemassa olevia standardeja, mikä osaltaan helpottaa sen käyttöönottoa ja yleistymistä.

Asiasanat: HTTP-suoratoisto, HTTP Live Streaming, Apple Streaming, iPhone Streaming

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Information Technology
Telecommunication Engineering

HTTP Live Streaming

Final thesis 31 pages.
May 2011

The subject of this final thesis is HTTP Live Streaming protocol, this protocol combines standards that already exists adding just a little bit new components to the mix. With this protocol service providers can build services like mobile TV/Radio, which are server over cellular data network. Unlike broadcasting services, HTTP streaming connections are built individually for each user, which means that customized service can be provided for each user.

Standard that is used to define this protocol is not even completely ready yet. Despite this, many of the services that are provided for Apple devices are already build with this protocol due their restrictions. In this final thesis this new protocol is covered in practical level with few service/feature examples. This approach should make it easier for reader to understand and digest all elements of this protocol.

Although the focus of this work are the mobile services protocol can be also used to provide services for terminals like desktop computers or even media centers which are using broadband connection. Moreover this protocol doesn't set any limitations for Audio/Video streams which means that it can be also used to for services that provides High Definitions media streams. Since compressing methods of the audio and video streams are in the big role in HTTP Live Streaming protocol they are also covered in this work. Lastly some practical tests are done with all supported platforms to ensure that protocol works as it's indented to work. Some tests are also performed with the media players that are not officially supported. Personally I was quite surprised that some of these players worked quite well with the test streams even without official support. This shows that sometimes new techniques created without creating too much new.

Key Words: HTTP Live Streaming, Apple Streaming, iPhone Streaming.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	2
LYHENTEET JA TERMIT	5
1 JOHDANTO	8
1.1 Applen referenssidokumentointi, työkalut sekä päätelaitevalmius	9
1.2 IETF HTTP Live Streaming Internet-Draftin nykytila	9
2 HTTP-SUORATOISTON PERUSTEET	11
2.1 Perustoimintaperiaate	11
2.2 Toimintatavan tarkastelu	12
2.3 Kontainerit ja kodekit	13
3 HTTP-SOITTOLISTAT	15
3.1 Rakenne	15
3.2 DBA-soittolistat.....	16
3.3 Soittolistamerkinnot.....	17
3.3.1 EXT-X-TARGETDURATION.....	17
3.3.2 EXT-X-MEDIA-SEQUENCE	18
3.3.3 EXT-X-KEY	19
3.3.4 EXT-X-PROGRAM-DATE-TIME	19
3.3.5 EXT-X-ALLOW-CACHE	20
3.3.6 EXT-X-ENDLIST	20
3.3.7 EXT-X-STREAM-INF	21
3.3.8 EXT-X-DISCONTINUITY	22
3.3.9 EXT-X-VERSION	22
4 HTTP-SUORATOISTON KANSSA YHTEENSOPIVAT MEDIATOISTIMET	23
4.1 Mediatoistimet iOS- ja OS X -ympäristössä	23
4.1.1 iOS 3.0 ja uudemmat käyttöjärjestelmät	24
4.1.2 Mac OS X 10.6 ja uudemmat käyttöjärjestelmät	24
4.2 Mediasoittimet Windows 7 -ympäristössä	25
4.2.1 VLC Player (v 1.1.6).....	25
4.2.2 Windows Media Player (v. 12.0.7600.16667)	26
5 YHTEENVETO.....	28

LYHENTEET JA TERMIT

AAC	Advanced Audio Coding, audioenkoodauksessa käytetty kodekki.
AAC LC	Advanced Audio Coding (Low Complexity), audioenkoodauksessa käytetty kodekki.
AES-128	Advance Encryption Standard -menetelmän mukainen salausstandardi, joka käyttää 128 bittistä salausavainta.
Apple Inc.	Amerikkalainen tietokoneita, viihde-elektroniikkaa, mobiililaitteita ja ohjelmistoja valmistava yritys.
DBA	Dynamic Bit-rate Adaptation -tekniikan avulla suoratoistettavan mediatiedoston bittivirta voidaan sovittaa siirtotienbittivirtaa vastaavaksi.
DVB	Digital Video Broadcasting, digitaalisen lähetystekniikan standardiperhe, johon kuuluu mm. DVB-T (antenniverkko), DVB-C (kaapeliverkko) sekä DVB-H (mobiililaitteet).
EDGE	Enhanced Data rates for Global Evolution, niin kutsuttu 2,5G-mobiilidataverkko.
Enkooderi	Videon ja äänen kompressoinnista vastaava komponentti. (Encoder)
FPS	Frames Per Second, videokuvaa sekunnissa.
GPRS	General Packed Radio Service, niin kutsuttu 2G-mobiilidataverkko.
HE-AAC version 1 profile	High-Efficiency Advanced Audio Coding v. 1 on AAC-LC-tekniikan laajennus, joka käyttää Spectral Band Replication (SBR) -tekniikkaa parantaakseen pakkaustehokkuutta etenkin pienillä bittivirroilla.
HE-AAC version 2 profile	High-Efficiency Advanced Audio Coding v. 2, tämä versio 2 käyttää SBR-tekniikan lisäksi myös Parametric Stereo -tekniikkaa, joka lisää stereosignaalin pakkaustehokkuutta.

H.264	Edistynyt videokuvan pakkaustekniikka, tunnetaan myös nimillä MPEG-4 Part 10 ja AVC.
IESG	Internet Engineering Steering Group on IETF:n alaisuudessa toimiva standardointijärjestö jonka kautta Internet-ehdotelmien standardointi voidaan suorittaa.
IETF	Internet Engineering Task Force on avoimiin työryhmiin pohjautuva järjestö, jonka päätavoite on tuoda esille ja ratkaista Internetin ongelmia riippumattomasta näkökulmasta.
iOS	Applen kehittämä käyttöjärjestelmä, joka on suunniteltu sekä mobiililaitteille että sulautetuille laitteille, kuten: iPhone, iPad, iPod Touch ja Apple TV.
Key Frame	Videoenkoodauksessa käytetty nimitys referenssikuvalle ja -kehykselle. Tunnetaan myös nimellä I-frame tai I-slice.
Parseri	Komponentti, joka yhdistää kompressoitua video- ja ääniraidat yhdeksi kokonaisuudeksi. (Parser)
RealNetworks Inc.	Vuonna 1995 perustettu yritys, joka keskittyy Internet-median tuottamiseen sekä jakeluun.
RTSP	Real Time Streaming Protocol, Internet-median suoratoistoon kehitetty protokolla.
SBR	Spectral Band Replication (kts. HE-AAC version 2 profile).
M3U8 ja M3U	Mediasoittolistatyyppiä, joita käytetään niin paikallisen kuin suoratoistettavankin median toistamiseen. Edellä mainittu käyttää UTF-8-kirjasinenkoodausta ja jälkimmäinen puolestaan Windows-1252-muotoista enkoodausta.
Mac OS X	Applen kehittämä käyttöjärjestelmä, joka on suunniteltu sekä tietokoneille että palvelimille. Nimen lopussa oleva X-kirjain ilmaisee kehitysversiota 10.
MPEG-TS	MPEG transport stream, standardoitu kontainermuoto, joka on käytössä esimerkiksi DVB-lähetyksissä sekä HTTP-suoratoistossa.

MOD	Media on Demand -käsite on yleistys Audio on Demand ja Video on Demand -tyyppisistä palveluista. Suoratoistotunnon sisältämä mediantoistaminen aloitetaan siis vasta kun käyttäjä niin haluaa.
Vidiator Inc	Internet-mediahallintaan ja suoratoistoon keskittynyt yritys. Perustettu vuonna 2002.
QuickTime (Player)	Applen kehittämä mediasoitinsovellus, joka on käytössä sekä iOS että Mac OS X -ympäristöissä.
URL	Uniform Resource Locator määrittää verkossa olevan tiedon tyyppin (Schema) ja sisällön.

1 JOHDANTO

Tietoverkkojen nopeutuessa erilaiset suoratoistoteknologiat (Streaming technology) ovat tulleet todella suosituksi niin äänen kuin kuvankin välityksessä. Modernit 3G-verkot mahdollistavat suoratoistotekniikan käytön, jonka avulla esimerkiksi televisiölähetykset voidaan lähettää myös mobiilitietoverkon kautta lähes reaaliajassa. Tämänkaltaisia palveluita nimitetään yleisesti mobiilitelevisioksi (Mobile TV). Tässä opinnäytetyössä käsiteltävä suoratoistoprotokolla on HTTP Live Streaming.

Työssä tarkasteltavana yrityksenä toimii Rubberduck Media Lab (nyk. Aspiro TV), jonka erityisosaamista ovat erilaiset suoratoistotekniikoihin keskittyneet palvelut, joita Aspiro TV toimittaa teleoperaattoreille maailmanlaajuisesti. Vielä vuoden 2009 ajan lähes kaikki yrityksen tuottamat palvelut toteutettiin Real Time Streaming Protocol (RTSP)-tekniikka käyttäen, jonka avulla suoratoisto palveluita tuotettiinkin lähes kaikille mobiilikäyttäjärjestelmille. Esimerkkeinä näistä käyttäjärjestelmistä mainittakoon Symbian, JavaPlatform sekä WindowsMobile. Kehittyneistä älypuhelinikäyttäjärjestelmistä Applen kehittämä iOS oli oikeastaan ainoa käyttäjärjestelmä, joka ei toiminut suoraan RTSP-suoratoistolinkkien kanssa. Mainittu iOS-käyttäjärjestelmä on käytössä esimerkiksi iPhone-sarjan älypuhelimessa, sekä iPad-sormitietokoneissa. Koska iPhone-käyttäjät ovat aktiivisia mediapalveluiden käyttäjiä, oli Aspiro TV kehittänyt tälle alustalle oman mobiilisovelluksen, jonka avulla myös iOS-käyttäjät pystyivät vastaanottamaan RTSP-protokollalla toteutettuja suoratoistopalveluita.

Applen laitteiden osalta siirtyminen RTSP-protokollasta HTTP Live Streaming-protokollaan tapahtui vuosien 2009 - 2010 aikana, jolloin Apple loi uusia linjauksia sovellus- ja palvelutuottajille. Yhtenä suurena muutoksena oli listattu siirtyminen HTTP-suoratoistoprotokollaan pohjautuvaan tekniikkaan. Linjaus oli todella selkeä: mikäli palveluntarjoajat halusivat tarjota asiakkailleen palveluita, jotka lähettävät suuria määriä dataa mobiilidataverkon kautta, oli nämä palvelut toteutettava HTTP Live Streaming -protokollalla. Protokollan lisäksi Apple asetti laajennettuja vaatimuksia esimerkiksi suoratoistossa käytettyjen profiilien luontiin, mikä myös osaltaan rajasi palveluntuottajien vapautta kehittää palveluita heidän parhaaksi katsomallaan tavalla. (HTTP Live Streaming Overview 2011).

Aspiro TV:n tapauksessa tämä tarkoitti sitä, että RTSP-tekniikka jäi palvelemaan muita päätelaitteita ja uusi HTTP Live Streaming -tekniikka rakennettiin yksinomaan Applen mobiilipäätelaitteita varten. Suurin syy HTTP Live Streaming -protokollan tukemiseen oli se, että valtaosa loppuasiakkaista käytti Applen päätelaitteita ja niille jo kehitetty mobiilisovellus toimi myös HTTP Live Streaming -protokollan kanssa pienten muutosten jälkeen. Palvelinpuolen toteutus tehtiin Vidiatorin Xenon-tuoteperheen ohjelmistokomponentteja käyttäen, koska yrityksellä oli jo tietotaitoa heidän RTSP-sovelluksistaan, jota pystyttiin hyödyntämään myös HTTP-ympäristön kehityksen yhteydessä. Tämän lisäksi osa jo olemassa olevista tuotantokomponenteista toimi myös HTTP Live Streaming -ympäristössä, joten osa valmiista komponenteista pystyttiin hyödyntämään ilman suuria muutoksia tai investointeja.

Työssä käsitelty protokolla ei ole yleisiin digitaalisiin mobiilitelevisioverkkoihin kehitetty tekniikka, kuten esimerkiksi Digital Video Broadcasting - Handhelds (DVB-H). Näitä DVB-H-lähetyksiä on testattu myös Suomessa paikallisten toimijoiden toimesta. HTTP Live Streaming -suoratoistotekniikassa yhteys muodostuu yksilöllisesti päätelaitteen ja palvelimen välille, mikä mahdollistaa esimerkiksi Media On Demand (MOD) -tyyppiset palvelut, jotka eivät ole mahdollisia perinteisen tyyppisissä radio- ja televisioverkoissa, kuten DVB-H:ssa. (DVB Fact Sheet 2008, 1 - 2; Mobiili-tv -pilotti käynnistyy Suomessa 2006).

1.1 Applen referenssidokumentointi, työkalut sekä päätelaitevalmius

Applen iOS-päätelaitteet olivat valmiina vastaanottamaan HTTP Live Streaming -protokollan mukaista suoratoistomediaa heti iOS 3.0:n julkaisun jälkeen joka tapahtui 17. kesäkuuta 2009 (iOS version history 2011; iOS SDK Release Notes... 2011). Hie-man myöhemmin Apple julkaisi myös referenssikirjastoonsa artikkelin, jossa yksinkertaistettu sisällöntuottomenettely oli kuvattu. Menettely perustui Applen omien työkalujen käyttöön ja oli tarkoitettu lähinnä käyttäjille, joilla oli tarve luoda joitakin kymmeniä mediatiedostoja manuaalisesti. Siinä ei kuitenkaan käsitelty suurien automatisoitujen kokonaisuuksien hallintaa kovin laajasti, eikä esimerkiksi kuvan- ja äänenpakkauksessa tarvittaviin enkoodereihin pureuduttu kovin perusteellisesti. Ohjeistuksesta kävi kuitenkin hyvin ilmi järjestelmän yleisrakenne sekä tarvittavat ohjelmisto- ja laitekomponentit. (Best Practices for Creating... 2010)

HTTP-suoratoistoon soveltuvia ohjelmistoja on nykyisin saatavilla myös kolmansilta osapuolilta, kuten Vidiatorilta sekä jo hyvin pitkään alalla toimineelta RealNetworksilta (Xenon Internet Pack 5.0.... 2009; new HTTP Live Streaming support 2010). Alalla on myös monia toimijoita, jotka tarjoavat sisällönhallinta- ja suoratoistosovelluksia mediataloille tai jopa suoraan loppukäyttäjille. Näitä ovat esimerkiksi Encoding.com sekä Aspiro TV (new HTTP Live Streaming support. 2010; Filippo De Vita 2010).

Vaikka RTSP-protokollasta piti luopua heti iOS 3.0 -julkaisun jälkeen, saivat palvelukehittäjät käytännössä kohtuullisen siirtymäajan jo olemassa olevien RTSP-pohjaisten palveluiden käyttöön, jotta mm. RTSP-tekniikkaa käyttävät asiakasohjelmat ehdittiin päivittää ja tuotantoympäristö saatiin sovitettua HTTP Live Streaming -käyttöä varten. Rubberduck Media Lab siirtyi käyttämään HTTP Live Streaming -tekniikkaa iOS 3.0 -päivityksen tehneille käyttäjille vaiheittain vuoden 2010 aikana.

1.2 IETF HTTP Live Streaming Internet-Draftin nykytila

Tätä työtä kirjoittaessa HTTP Live Streaming -standardi ei ollut vielä valmis, mutta se oli edennyt viidenteen versioon Internet Engineering Task Force (IETF) -nimisen Internet-forumin vedoksissa. IETF on avoimiin työryhmiin perustuva standardoindijärjestö, jonka tavoitteena on ennen kaikkea olla läpinäkyvä, avoin, tekninen sekä tehokas. IETF-forumin yhteydessä toimii Internet Engineering Steering Group (IESG), jonka kautta IETF:n Internet-luonnoksia (Internet-Draft) voidaan standardoida. HTTP Live Strea-

ming -protokollan yhteydessä virallisen standardoinnin merkitystä voidaan pitää hieman kyseenalaisena, sillä tekniikka on jo laajasti käytössä, vaikkakin varsinaista standardia ei ole vielä edes olemassa. (Alvestrand 2004; IETF Overview. 2004; Pantos & May 2011, 1 - 2)

Monissa yhteyksissä tekniikasta on käytetty myös nimeä ”Apple’s HTTP Live Streaming”, joka kertoo selvästi sen, ketä tämän tekniikan kehittäminen eniten kiinnostaa. Myös nykyinen Internet-luonnos on lähes yksinomaan Applen käsialaa, joten vielä on hyvin epäselvää, kuinka muut toimijat tulevat reagoimaan tähän muutokseen. Valitettavaa on se, että RTSP ja HTTP Live Streaming -tekniikoissa ei käytetä kovin paljoa samoja komponentteja. Tämä puolestaan nostaa palveluntarjoajien kustannuksia ja monimutkaistaa esimerkiksi sisällönhallintaratkaisuja merkittävästi, kun kahta rinnakkaista tekniikkaa joudutaan kehittämään, ylläpitämään ja tukemaan mobiilisuoratoistossa. Palveluntarjoajien on kuitenkin pakko sopeutua tähän tilanteeseen, mikäli he haluavat tarjota palveluitaan kaikille suosituille mobiilialustoille.

Epäselvää on myös se, haluaako Apple, että myös muut mobiilikäyttöjärjestelmien kehittäjät siirtyisivät tukemaan tätä uutta suoratoistoprotokollaa. Valinnan vaikeutta lisää myös se, että nykyisin hyvin laajasti käytössä oleva RTSP-protokolla on todettu hyväksi ja käyttökelpoiseksi. Esimerkiksi Aspiro TV:n iPhonelle kehittämä RTSP-asiakasohjelma oli hyvä ja toimiva, mutta se ei valitettavasti täyttänyt Applen uusia määräyksiä. Näiden tekniikoiden lisäksi suoratoistoprotokollien välistä kilpailua kiristää Adoben kehittämä flash-tekniikka, joka on saatavilla esimerkiksi Android-alustalle (Flash Player 10.1 for Android... 2011).

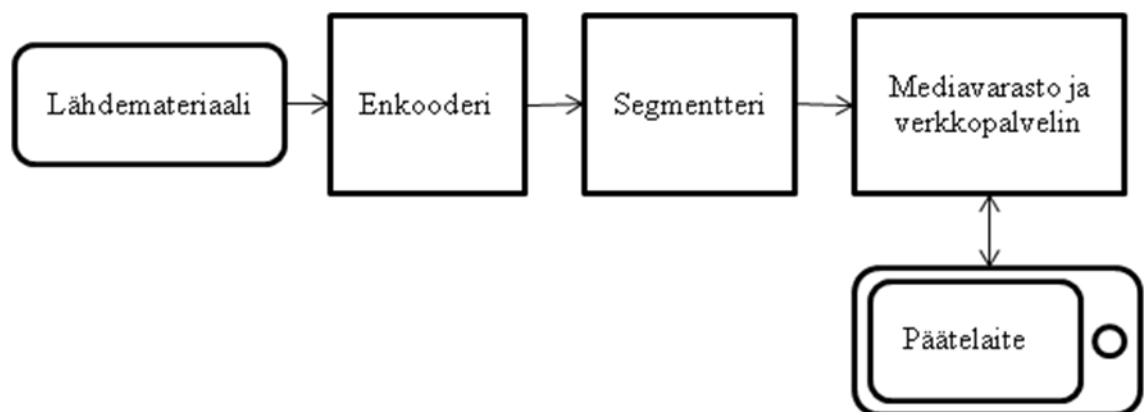
2 HTTP-SUORATOISTON PERUSTEET

Ennen HTTP-suoratoisto tekniikan yksityiskohtiin syventymistä on tärkeää ymmärtää tekniikan perustoimintaperiaate, jonka sisäistämisen jälkeen voidaan syventyä mm. protokollan käyttämiin soittolistoihin, sekä muihin tekniisiin yksityiskohtiin. HTTP-suoratoistoprotokolla poikkeaa myös toimintavaltaan perinteisistä suoratoistotekniikoista, jonka vuoksi tässä kappaleessa tarkastellaan myös hieman lähemmin protokollaan toimintaperiaatetta. Avain lopuksi tässä kappaleessa käsitellään vielä video- ja ääniraitojen pakkaustekniikkaa, sekä siihen liittyviä erityispiirteitä.

2.1 Perustoimintaperiaate

Perustoimintaperiaatteeltaan HTTP Live Streaming -tekniikka on melko yksinkertainen, kuten kuvasta 1 voidaan todeta. Kaiken lähtökohtana toimii vapaavalintainen lähdemateriaali, jonka käyttäjä haluaa julkaista HTTP-suoratoistumuodossa. Lähdemateriaali voi olla lähes mitä tahansa, tietokoneen kovalevyllä tallennettu videotiedosto tai esimerkiksi suora kuva- tai äänilähde valvontakamerasta. (HTTP Live Streaming Overview 2010, 10.)

Ensimmäinen vaihe on syöttää valittu materiaali enkooderille, joka käsittelee mediavirran päätelaitteelle (esim. iPhone) sopivaan muotoon. Tämän jälkeen segmentteri pilkkoo enkoodatun mediatiedoston 10 sekunnin mittaisiksi palasiksi ja luo protokollan mukaisen soittolistan. Sekä soittolista, että mediatiedostot tallennetaan lopuksi yhteiseen mediavarastoon, jossa ne odottavat, kunnes päätelaite pyytää tiedostoa HTTP-verkkopalvelimelta. (HTTP Live Streaming Overview 2010, 10 - 12.)



KUVA 1. Yksinkertaistettu järjestelmäkuvaus

Suoratoistotunto (Streaming Session) alkaa, kun käyttäjä klikkaa suoratoistolinkkiä esimerkiksi uutispalvelun verkkosivuilta tai päätelaitteelle asennetusta asiakassovelluksesta (Client Application). Suoratoistotunnon aluksi päätelaite pyytää soittolista verkkopalvelimelta. Verkkopalvelin vastaa tähän pyyntöön lähettämällä soittolistan päätelaitteelle. Päätelaitteenmediatoistinohjelmisto tarkistaa soittolistalla määritetyt ominaisuudet sekä aloittaa ensimmäisen soittolistalla määritetyn mediatiedoston lataamisen. Latauksen valmistuttua toisto alkaa välittömästi päätelaitteessa. Mediatoistimen toista-

essa ladattuja mediasegmenttiä etualalla, päätelaite jatkaa uusien tiedostojen lataamista taustalla soittolistan mukaisessa järjestyksessä. Tiedostojen latausten valmistuessa ne siirtyvät paikalliseen jonoon odottamaan, josta mediasoitin toistaa ne samaa soittolistaa käyttäen. (HTTP Live Streaming Overview 2010, 13.)

Jotta suoratoistointunto sujuisi katkotta, on tärkeitä, että mediasegmenttien lataus kestää vähemmän aikaa kuin niiden toisto. Tämän saavuttamiseksi käytössä olevan verkkonopeuden tulee olla tunnettu, jotta suoratoistettavan median bittivirta voidaan sovittaa verkkonopeutta vastaavaksi. Yhtenäisen toiston saavuttamiseksi HTTP-suoratoistoprotokollassa on määritelty tekniikka joka säätää suoratoistettavan median bittivirtaa kulloisiinkin verkko-olosuhteisiin sopivaksi. Hyvin toteutetulla HTTP-suoratoistoprotokollaan perustuvalla palvelulla voidaan siis saavuttaa katkoton ja lähes reaaliaikainen toisto kaikissa verkko-olosuhteissa.

2.2 Toimintatavan tarkastelu

Tekniseltä toteutukseltaan HTTP Live Streaming -protokolla ei ole varsinainen suoratoistoprotokolla, kun sitä verrataan esimerkiksi RTSP-protokollaan. Käsitteenä suoratoisto tarkoittaa itse asiassa, että mediatiedostoa voidaan toistaa samanaikaisesti, kun sitä ladataan. Kuten edellisessä kappaleessa on selostettu, näin ei itse asiassa tapahdu HTTP-suoratoistoprotokollaa käyttäessä. Mediatiedostot nimittäin toistetaan soittolistan mukaisessa järjestyksessä sen jälkeen kun ne on kokonaan ladattu paikalliseen muistiin. Internet-ehdotelman nimessäkin ilmenevä englanninkielinen sana Streaming tarkoittaa virtausta, jonka suoratoistotekniikoista puhuttaessa voidaan mieltää siten, että yksi tiedosto virtaa verkon läpi ilman katkoksia. HTTP-suoratoistoprotokollaa käytettäessä tämä virtaus ei ole aivan yhtä läpinäkyvää, koska mediasisältö on segmentoitu 10 sekunnin mittaisiin osiin, joita käsitellään suoratoistotunnon aikana yksittäisinä tiedostoina, yhtenäisen mediavirran sijaan.

Kun mediatiedosto suoratoistetaan verkon läpi RTSP-protokollaa käyttäen, se tapahtuu siten, että päätelaite toistaa ladattavaa tiedostoa lähes reaaliajassa ilman, että tiedostoa pätkitään toistoa varten. Tämä ero on merkittävä, kun eri tekniikoilla toteutettuja palveluita tarkastellaan teknisestä näkökohdasta. On kuitenkin huomattava, että molemmat tekniikat toimivat loppukäyttäjän kannalta hyvin samankaltaisesti, joten ei ole varsinaisesti väärin kutsua HTTP Live Streaming -tekniikka suoratoistoprotokollaksi. Toimintamalliltaan tekniikka on kuitenkin lähempänä progressiivista tiedostolatausta (Progressive Downloading), kuin puhdasta suoratoistoa. Yksinkertaistamisen vuoksi HTTP Live Streaming -protokollaa kutsutaan tässä työssä kuitenkin HTTP-suoratoistoksi, joka kuvaa hyvin tekniikan yleisolemusta.

On myös tärkeitä ymmärtää, että HTTP-suoratoistoprotokolla on niin sanottu verkkokontrolliprotokolla (Network Control Protocol), joka kontrolloi suoratoistointuntoa HTTP-protokollan päällä. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että kaikki liikennöinti tapahtuu portin 80 läpi (List of TCP and UDP port numbers 2011). Tämä osaltaan yksinkertaistaa esimerkiksi palomuurin suunnittelua, sekä joidenkin mobiilioperaattoreiden

käyttämää välityspalvelinsuunnittelua, sillä kaikki mobiililaitteiden vaatimat verkko-toiminteet suoritetaan yhden yhteisen portin läpi.

RTSP-protokollaa käyttävissä palveluissa tilanne on usein se, että varsinainen palvelun-tarjoajan verkkosivu on rakennettu HTTP-palvelimelle, jonka liikennöinti suoritetaan portin 80 läpi (List of TCP and UDP port numbers 2011). Lisäksi suoratoistoistunnon alkaessa myös Real-Time Transport Protocollan (RTP) käyttämä portti 554 tulee olla auki, jotta suoratoistoistunto saadaan suoritettua esteittä (List of TCP and UDP port numbers 2011). Käytännössä on ilmennyt, että monet mobiilioperaattoreiden käyttämät välityspalvelimet torjuvat portin 554 läpi tapahtuvan liikennöinnin, joka estää RTSP-suoratoistopalveluiden sujuvan käyttämisen.

2.3 Kontainerit ja kodekit

Kontainerit ja kodekit ovat hyvin ratkaisevassa asemassa HTTP-suoratoistoprotokollaan perustuvissa palveluissa. Tämän vuoksi niiden perusominaisuudet ja vaatimukset on hyvä ymmärtää ennen protokollan määrityksiin syventymistä. Tässä työssä kontainerit ja kodekit on esitetty hyvin yleisellä tasolla, sillä aihealue on hyvin laaja ja monimutkainen sekä jatkuvasti kehittyvä.

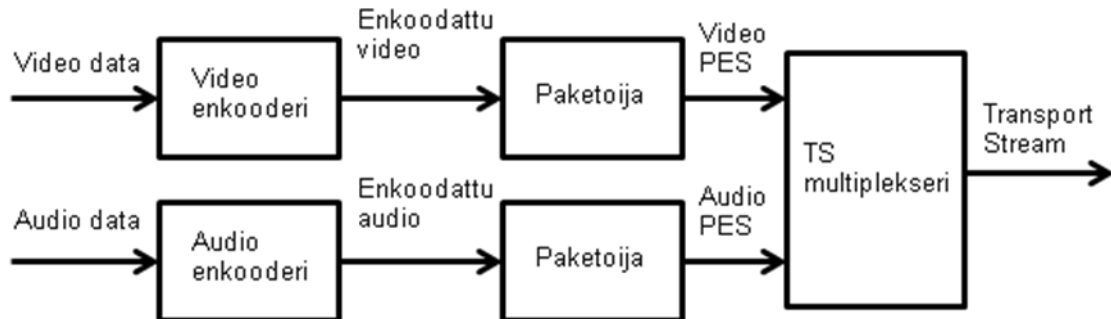
Kontainerin käyttö on määritelty melko karkeasti IETF:n Internet-ehdotelmassa, mutta sen tarkempi määrittely on kuvattu ISO/IEC 13818 -sarjan standardeissa (Pantos & May 2011, 1-2). Kuvan ja äänen pakkaukseen käytettyjä kodekkeja ei ole erikseen määritelty standardissa, mutta niiden käyttöön ja ilmaisuun on annettu ohjeistusta yleisellä tasolla (Pantos & May 2011, 8, 13-14). Kaikki tässä työssä tehdyt testit on toteutettu Applen suosittelemia kodekkeja käyttäen. Nämä kodekit ovat H.264 Baseline Profile 3.0 -kodekki videolle, sekä HE-AAC-kodekki äänelle (Best Practices for Creating... 2010).

Video- ja audioenkooderit kompressoivat mediavirrat niille asetettua pakkausalgoritmia käyttäen. Näistä pakkausalgoritmeista täytetään myös yleisnimitystä kodekki (Codec). Kodekkien pakkausalgoritmeja voidaan myös säätää monella tapaa. Videokodekille voidaan määrittää esimerkiksi haluttu bittivirta, resoluutio sekä referenssikehysten määrä (key frame). Keskeisimmät audiokodekille asetettavat määritykset ovat haluttu bittivirta, näytteenottotaajuus sekä kanavamäärä (mono tai stereo).

Kuvassa 2 on esitetty suoratoisto-mediatuotannossa käytetty video- ja audioraitojen enkoodaus (encoding) ja multipleksointi (muxing). Kuten kuvasta nähdään, video- ja audioraidat käsitellään erillisinä virtoina aina multiplekserille asti, jossa ne yhdistetään yhdeksi siirtovirraksi (Transport Stream). On myös mahdollista, että käsiteltävä mediatiedosto sisältää ainoastaan videota tai ääntä. Tämänkaltaisessa tapauksessa mediatiedosto käsitellään samaa ketjua käyttäen tosin siten, että toinen enkooderi on joutilaana, kunnes sitä taas tarvitaan.

Paketoija (Packetizer) lisää Packetized Elementary Stream (PES) -kehiksen enkooderilta saamaansa mediavirtaan. Tässä kehyksessä asetetaan esimerkiksi paketin pituuteen, kopiosuojaukseen sekä virheentunnistukseen liittyviä määrityksiä. (ISO/IEC 13818-1 2000, 31.)

Lopuksi TS-multiplekseri (TS muxer) paketoi PES-virrat yhdeksi kokonaisuudeksi siirtotietä varten. Lopputuloksena syntyy siirtovirta, johon kuuluvat mm. video- ja audio-virtojen synkronointitiedon sekä virheenkorjaustiedot. (MPEG transport stream 2011.)



KUVA 2. Enkoodaus ja paketointi (ISO/IEC 13818-1 Standardi. 2000. ISO/IEC, s. 5; muokattu)

HTTP-suoratoistotekniikassa segmentterin pilkkoo tämän valmiin siirtovirran vielä siten, että jokainen ladattava ja toistettava mediasegmentti pitää sisällään 10 sekuntia enkoodattua ja paketoitua mediainformaatiota. Tämä segmentointi tuokin lisävaatimuksia videon enkoodaukseen, sillä nykyiset videonpakkaustekniikat perustuvat videokuvassa tapahtuvien muutoksien tunnistamiseen. Kun kuvassa tapahtuva muutos tai liike tunnistetaan, voidaan kuva pakata siten, että muuttumatonta kuvan osaa ei tarvitse piirtää uudestaan, ainoastaan kahden kuvan välinen ero piirretään. Talletustilan säästö syntyy siitä, kun kuvassa olevia muuttumattomia pisteitä ei toisteta. Vastaanottopäässä kuva pystytään piirtämään kokonaiseksi siten, että kuvan muutokset piirretään aina edellisen kokonaisen kuvan päälle alkaen kokonaisesta referenssikuvasta. (Motion compensation 2011.)

Toimiakseen muutoksentunnistukseen perustuvat pakkaustekniikat vaativat kuitenkin kokonaisia kuvia määrätyn väliajoin. Nämä kokonaiset referenssikuvat (Key frame) toimivat aina uutena vertailukohtana muutoksia tunnistavalle algoritmille. (264/MPEG-4 AVC 2011). Applen suositus on se, että esimerkiksi H.264-kodekkia käyttäessä kokonaisia referenssikuvia lähetettäisiin aina kolmen sekunnin välein (HTTP Live Streaming Overview FAQ 2010).

Käytännössä tämä tarkoittaa että kun enkoodatun videomateriaali kuvavirta on 25 kuvaa sekunnissa, on ainoastaan joka 75. kuvakehys kokonainen referenssikuva, loppujen 74 kuvakehysten ollessa ainoastaan muutoksia ilmaisevia kuvakehysiksi. Mainittu 25 kuvaa/s nopeus on tyypillinen kuvanpäivitysnopeus esimerkiksi suomalaisille televisiölähetetyksille, joiden alkuperäinen kuvanpäivitysnopeus on 50 kuvaa sekunnissa. Koska kuvanpäivitysnopeus on tasan puolet alkuperäisestä, säilyvät kuvan liiketoistominaisuudet alkuperäisen kaltaisina, kuitenkin siten, että alkuperäistä kuvanpäivitysnopeutta on pystytty pienentämään mobiilidatakaistan säätämiseksi.

3 HTTP-SOITTOLISTAT

Soittolistat ovat hyvin keskeisessä asemassa HTTP-suoratoistossa. Sekä mediatiedostojen lataus että toisto tapahtuu näihin listoihin tehtyjen merkintöjen perusteella. Soittolistat ovat tyypiltään laajennettuja M3U8-soittolistoja ja ne käyttävät tekstin enkoodaukseen UTF-8-standardia (Pantos & May 2011, 5).

Soittolistat suositellaan nimettäväksi M3U8- tai M3U-tiedostopäätteellä, mutta joissakin tapauksissa soittolistan tyyppi voidaan merkitä myös sisällön metatyyppimerkinnän avulla (Content Type), jolloin soittolistan tiedostonimenpääte on vapaavalintainen. On suositeltavaa, että UTF-8-soittolistoille käytetään m3u8-tiedostopäätettä, jonka viimeinen merkki ”8” kuvaa käytettyä tekstin UTF-8-muotoista enkoodausta. On kuitenkin huomattava, että näitä samoja soittolistamuotoja käytetään myös muissa sovelluksissa (esimerkiksi MP3-musiikkisoittimien soittolistat), joten ei voida automaattisesti olettaa kaikkien tämän tyyppisten soittolistojen olevan nimenomaan HTTP-suoratoistoon tehtyjä soittolistoja. (Pantos & May 2011, 5.)

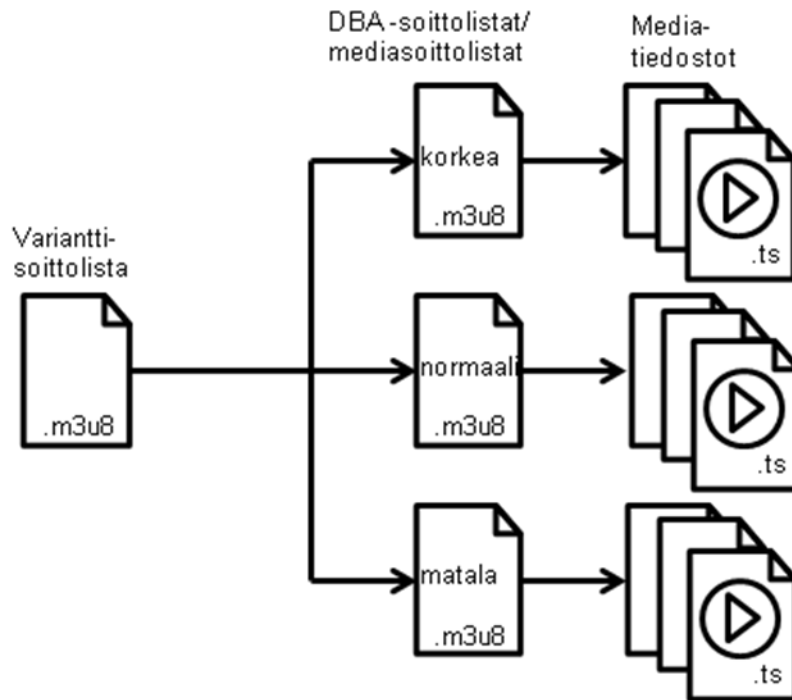
Yksinkertaisimmissa sovelluksissa soittolistat ovat staattisia eli muuttumattomia listoja, jotka sisältävät melko yksinkertaisen URL-osoitelistauksen sekä joitakin HTTP-suoratoistoon liittyviä määrityksiä. Jokainen listalla oleva URL-osoite määrittää mediavarastossa olevan mediasegmentin sijainnin, joita mediasoitin lataa ja toistaa listan mukaisessa järjestyksessä. (Pantos & May 2011, 17). Nämä staattiset soittolistat ovat käytössä esimerkiksi MOD-palveluissa, joissa esimerkiksi elokuva on ennalta valmisteltu mediavarastoon suoratoistoa varten. Staattiset soittolistat ovat siis käyttökelpoisia silloin, kun suoratoistettava mediatiedosto on muuttumaton tallenne, joka voidaan enkoodata ja segmentoida kokonaan ennen suoratoistotunnon alkua.

Suoratoistolähetyksissä, joissa lähdemateriaali on suoran radio- tai televisiolähetyksen kaltaista ääntä tai kuvaa on soittolista tyypiltään dynaaminen. Käytännössä tämä tarkoittaa, että enkooderi käsittelee materiaalia lähes reaaliajassa ja segmentteri luo uusia mediasegmenttejä sekä päivittää suoratoistosoittolistaa sitä mukaa, kun se saa uutta sisältöä enkooderilta. Virallisessa IETF-dokumentoinnissa tämänkaltaisista soittolistoista käytetään nimeä ”Sliding Window Playlist”. Tämä termi kuvaakin soittolistan toimintatapaa melko hyvin, sillä soittolistan sisältö muuttuu sitä mukaa, kun uusia mediasegmenttejä on saatavilla. (Pantos & May 2011, 12 - 13.)

3.1 Rakenne

Kuvassa 3 on esitetty soittolistojen perusrakenne sekä niiden keskinäiset suhteet. Kuten kuvasta ilmenee, soittolistojen rakenne voi olla myös puumainen, mikäli dynaaminen bittivirransäätö (Dynamic Bit-rate Adaptation (DBA)) tai vaihtoehtoisella kodekilla luodut mediasoittolistat ovat käytössä. Kuvassa oleva variantti soittolista (Master Playlist tai Variant Playlist) voi siis pitää sisällään kaksi tai useampia mediatoistolistoja. (Pantos & May 2011, 13 - 14 ,18.)

Silloin kun tarkasteltavasta suoratoistotiedostosta ei ole saatavilla useita variantteja, toimii yksittäinen mediasoittolista toistimen ainoana soittolistana. Tällöin soittolistarakenne ei ole puumainen, koska yksi soittolista sisältää kaiken tarvittavan informaation mediatiedostojen lataamista ja toistoa varten.



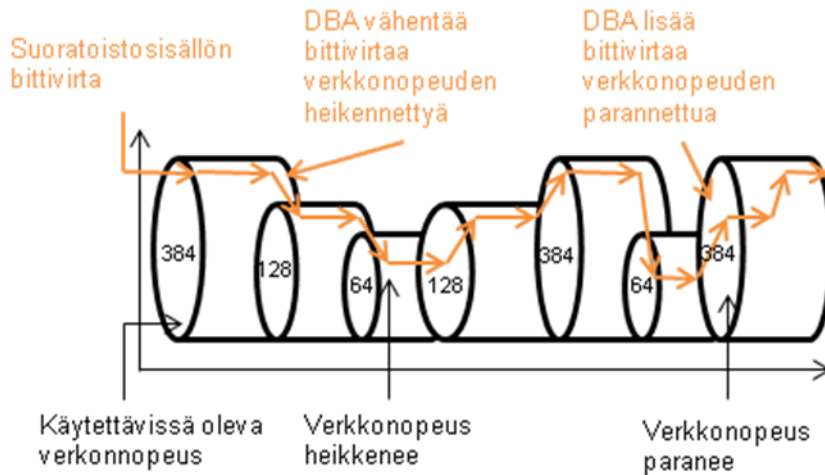
KUVA 3. Soittolistojen rakenne (On Demand Video Encoding, 2011. <http://www.encoding.com/iphonestreaming>, muokattu)

3.2 DBA-soittolistat

Dynaamisen bittivirran sovituksen avulla päätelaite voi valita vallitseviin verkko-olosuhteisiin parhaiten soveltuvan mediabittivirran suuruuden. Kuvassa 4 on esitetty, kuinka bittivirran säätö käytännössä toimii palvelussa, joka perustuu kolmeen DBA-soittolistaan. Päätelaitteessa oleva mediatoistinohjelma mittaa käytettävissä olevaa verkkonopeutta jatkuvasti ja valitsee kulloisiinkin olosuhteisiin parhaiten sopivan DBA-soittolistan. Käytännössä loppukäyttäjä siis kokee korkeamman kuvan- ja äänenlaadun, kun verkkonopeus on hyvä, ja huonomman vastaavasti silloin, kun verkko-olosuhteet ovat jälleen heikentyneet. Käytännössä bittivirran säätö tapahtuu asteittain siten, että mediasoitin siirtyy aina viereiselle soittolistalle, eikä hyppää esimerkiksi suoraan DBA-soittolistan korkeimmalta soittolistalta matalimmalle. Käytännössä päätelaitteen mediatoistimella on aina sen verran dataa puskurimuistissa, että hetkellinen kaistan riittämättömyys ei tuota ongelmia. Tärkeintä on se, että kaistaa on pidemmällä aikavälillä riittävästi käytössä. (Xenon Platform 5.0: Product Description 2009, 12 - 13.)

Mobiiliverkkojen läpi tapahtuvassa suoratoistossa DBA-tekniikka parantaa käyttäjäkokemusta huomattavasti, kun suoratoistettavan medianbittivirta voidaan sovittaa kulloinkin vallitseviin verkko-olosuhteisiin lähes reaaliajassa ilman, että suoratoistoa

tarvitsee käynnistää uudelleen. Suoratoistopalvelut, jotka on toteutettu ilman dynaamista bittivirransovitusta, on käytännössä sidottu käyttämään jatkuvasti pienintä bittivirtaa, jotta suoratoistoistunto pystytään suorittamaan katkotta. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että hyvissä verkko-olosuhteissa suurin osa saatavilla olevasta verkkokapasiteetista jää käyttämättä.



KUVA 4. DBA-tekniikan toimintakuvaus (Xenon Platform 5.0: Product Description 2009, s. 12; muokattu)

3.3 Soittolistamerkinnot

Seuraavissa kappaleissa tullaan käsittelemään kaikki IEF:n Internet-ehdotelmassa määritellyt laajennetut soittolistamerkinnot (Additional Tag). Kaikki laajennetut HTTP-soittolistamerkinnot voi tunnistaa siitä, että ne alkavat soittolistassa merkinnällä ”#EXT-X...”. Näiden laajennettujen merkintöjen lisäksi soittolistat sisältävät muita M3U-määritelmän mukaisia merkintöjä, joita käytetään varianttisoittolistoissa mediasoittolistojen URL-osoitteiden esittämiseen, sekä mediasoittolistoissa mediasegmenttien URL-osoitteiden esittämiseen. Yksinkertaisuuden vuoksi tässä työssä laajennetuista soittolistamerkinnoista käytetään nimitystä tagi, joka tulee englannin kielen sanasta tag, joka puolestaan tarkoittaa merkintää tai nimikettä. (Pantos & May 2011, 4 - 5.)

3.3.1 EXT-X-TARGETDURATION

Tagi EXT-X-TARGETDURATION on pakollinen osa mediasoittolistaa ja se on niin sanottu laajennettu soittolistamerkintä (EXT-X) ja täten käytössä ainoastaan HTTP-suoratoistosoittolistoissa. Merkinnän avulla määritellään soittolistalla olevien mediatiedostojen suurin sallittu soittoaika, kuvassa 5 esitetyssä esimerkissä arvoksi on määritetty 10 sekuntia. (Pantos & May 2011, 6.)

```
#EXT-X-TARGETDURATION:10
```

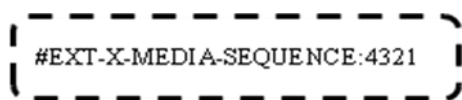
KUVA 5. Esimerkki tagista EXT-X-TARGETDURATION

Applen dokumenteissa suositellaan käytettäväksi 10 sekunnin arvoa, joka osoittautui hyväksi arvoksi myös käytännön kokeissa. Arvon tulee olla identtinen videotiedostojen pituuden kanssa, jotta soittolistan toisto kokonaisuutena on mahdollista. Poikkeuksena mainittakoon, että soittolistan viimeinen videotiedosto voi olla lyhyempi kuin 10 sekuntia, mikäli suoratoistettavan mediatiedoston kokonaiskesto ei ole jaollinen kymmenellä. (HTTP Live Streaming Overview FAQ 2010.)

Arvon muuttaminen vaikuttaa suoraan suoratoistotunnon alussa tarvittavan puskuroinnin määrään, koska suoratoistettavan mediatiedoston kokonaisbittivirta on optimoiduissa sovelluksissa lähes identtinen siirtotien todellisen siirtonopeuden kanssa. Jos arvoa esimerkiksi muutetaan kymmenestä sekunnista viiteen sekuntiin, puolittuu myös suoratoistotunnon alussa tarvittavan puskuroinnin määrä. Tämä puolestaan parantaa käytettävyyttä, kun alussa suoratoistotunnon alussa oleva odotusaika lyhenee käytännössä puoleen.

3.3.2 EXT-X-MEDIA-SEQUENCE

Ensimmäisen soittolistalla olevan mediatiedoston sekvenssinumeron määrittävä tagi EXT-X-MEDIA-SEQUENCE mahdollistaa käytännössä dynaamisten soittolistojen käytön, joissa mediatiedostoja poistetaan soittolistalta sitä mukaan kun uusia tiedostoja lisätään listan loppuun. Tämä tagi on vaihtoehtoinen: Mikäli tagi esiintyy soittolistalla, tulee sen esiintyä siellä ainoastaan yhden kerran. Mikäli tagia ei ole määritelty soittolistassa, sen oletetaan olevan nolla. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että ensimmäinen mediatiedostosekvenssi on oletuksena nolla. Seuraavien videotiedostojen sekvenssinumero saadaan yksinkertaisesti kasvattamalla sekvenssi numeroa yhdellä. Käytännössä siis soittolistalla olevat mediatiedostot ladataan ja toistetaan kronologisessa järjestyksessä. Kuvassa 6 esitetyssä esimerkissä sekvenssinumeroksi on asetettu 4321. (Pantos & May 2011, 6.)



KUVA 6. Esimerkki tagista EXT-X-MEDIA-SEQUENCE

Dynaamisia soittolistoja käytettäessä sekvenssinumeron käyttö on käytännössä pakollista, jotta tiedostot voidaan ladata ja toistaa oikeassa järjestyksessä. Sekvenssinumeron avulla varmistetaan myös, että samaa mediatiedostoa ei ladata ja/tai toisteta kahdesti. Vastaavasti varmistetaan myös siitä, että yksikään mediatiedosto ei jää lataamatta ja/tai toistamatta. Käytännössä segmentteri hoitaa soittolistan päivittämisen lisäämällä yhden mediatiedoston soittolistan loppuun, poistamalla yhden vanhentuneen mediatiedoston soittolistan alusta ja lopuksi kasvattamalla EXT-X-MEDIA-SEQUENCE-tagin arvoa yhdellä.

Tyypillisesti soittolistalla olevat videotiedostot on myös nimetty sekvenssinumeroa mukailleen segmentterin toimesta. On kuitenkin muistettava, että mediatiedostojen nimi ei

ratkaise tiedoston sekvenssinumeroa soittolistalla, vaan se määräytyy puhtaasti sekvenssinumeron perusteella. (Soittolistaesimerkki. 2011.)

3.3.3 EXT-X-KEY

Tagi EXT-X-KEY määrittää tarvittaessa mediatiedostojen kryptaus menetelmän. Tämä tagi on vapaaehtoinen ja se voi olla arvoltaan joko ”NONE” tai ”AES-128”. Mikäli tagia ei ole määritelty tai sen arvo on ”NONE”, kryptaus ei ole käytössä. Mikäli arvoksi on määritelty ”AES-128”, kryptaus tehdään AES-128-menetelmää käyttäen salausavaimen pituudella 128 bittiä. Kryptauksessa käytetään myös PKCS7-täyttöä (padding). (Pantos & May 2011, 6 - 7)

AES-128-kryptaus on menetelmänä todella tehokas, ollen kuitenkin riittävän kevyt myös mobiilisovelluksissa käytettäväksi. PKCS7-täyttöä käytetään kun mediatiedoston bittimäärä ei ole riittävän suuri kryptografian suorittamista varten. Salauksenalustamisvektori (Initialization Vector) on oletuksena sama kuin mediatiedoston sekvenssinumero. IV-merkinnällä tälle vektorille voidaan kuitenkin määritellä sekvenssinumerosta poikkeava arvo, kuten kuvassa 7 olevassa esimerkissä on tehty. (Pantos & May 2011, 6 - 7.)

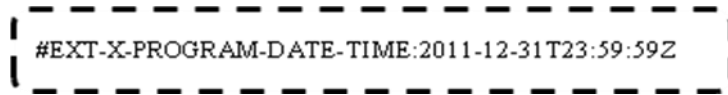
```
#EXT-X-KEY:METHOD=AES-128,URI=https://priv.example.com/key.php?r=52,IV=1234
```

KUVA 7. Esimerkki tagista EXT-X-KEY

Tämä tagi voi esiintyä soittolistalla myös useammin kuin kerran. On siis mahdollista, että osa suoratoistotunnosta on salattua ja osa ei ole. Tämän puolestaan mahdollistaa sovellukset, joissa esimerkiksi mainosten aikana HTTP-suoratoisto on salaamatonta. Vastaavasti salaus voidaan kytkeä päälle, kun esimerkiksi elokuva jatkuu mainoskatkon jälkeen ilman, että suoratoistotuntoa tarvitsee katkaista ja uudelleen käynnistää. (Pantos & May 2011, 6 - 7.)

3.3.4 EXT-X-PROGRAM-DATE-TIME

Soittolistoissa voidaan käyttää myös tagia EXT-X-PROGRAM-DATE-TIME, joka määrittää soittolistalla seuraavaksi esiintyvän mediatiedoston alun ajankohdan ja/tai päivämäärään ISO/IEC 8601:2004 -standardin mukaisesti (Pantos & May 2011, 7). Kuvassa 8 esitettyssä on määritetty ajan hetki, joka on vuoden 2011 joulukuun 31. päivän 23. tuntiin 59. minuutin 59. sekunti. Kirjainta ”T” käytetään erottamaan päivämäärä ajasta ja lopussa oleva ”Z” kirjan määrittää aikavyöhykkeen sijainniksi Coordinated Universal Time (UTC) -referenssi aikavyöhykkeen. Päätelaitteen ohjelmiston on siis osattava tulkita esitetty aikaleima siten, että se on todenmukainen päätelaitteen sijainnin kanssa. (ISO 8601 -standardi 2004, 11 - 12.)

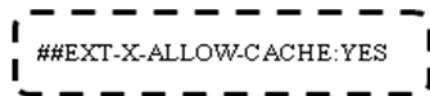


```
#EXT-X-PROGRAM-DATE-TIME:2011-12-31T23:59:59Z
```

KUVA 8. Esimerkki tagista EXT-X-PROGRAM-DATE-TIME

3.3.5 EXT-X-ALLOW-CACHE

EXT-X-ALLOW-CACHE on vapaaehtoinen tagi, joka määrittää sen, että saako asiakasohjelmisto tallentaa ladatut mediatiedoston myöhempää käyttöä varten vai ei. Kuvassa 9 esitetyssä esimerkissä tagin attribuutiksi on asetettu ”YES”, joka tarkoittaa sitä, että mediatiedostot voidaan tallentaa myöhempää käyttöä varten. Mikäli tagia ei ole määritelty soittolistalla, mediatiedostojen tallentaminen ei ole sallittua. (Pantos & May 2011, 7.)



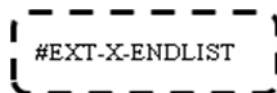
```
##EXT-X-ALLOW-CACHE:YES
```

KUVA 9. Esimerkki tagista EXT-X-ALLOW-CACHE

Talletuksen ollessa sallittua on päätelaitteenohjelmistoon mahdollista toteuttaa esimerkiksi taaksepäinkelaus, suoranmediatoiston pysäytysominaisuus sekä monia muita ajansiirtotoimintoja (Time Shifting 2011). Tätä työtä kirjoittaessa kaikki virallisesti tuetut asiakasohjelmistot osasivat suorittaa 30 sekunnin hypyn ajassa taaksepäin. Ohjelmien rajoitteena oli kuitenkin se, että hypyn jälkeen ei ollut mahdollisuutta palata suoratoistoon, vaan toisto jatkui 30 sekuntia viivästettynä.

3.3.6 EXT-X-ENDLIST

EXT-X-ENDLIST on vapaaehtoinen tagi, jolla ilmaistaan, että soittolistaan ei tulla lisäämään enää uusia mediatiedostoja. Tagin esitysmuoto on esitetty kuvassa 10. Mikäli tagi esiintyy soittolistalla, sen tulee esiintyä ainoastaan kerran. Se voi kuitenkin esiintyä missä kohtaa soittolistaa tahansa. Mikäli tagi esiintyy esimerkiksi aivan soittolistan alussa, voi olla, että listalla on vielä satoja mediasegmenttejä jotka toistetaan soittolistan mukaisessa järjestelmässä. Tagin esiintyminen ei siis automaattisesti tarkoita, että myös mediatiedostojen lataus ja toisto loppuu välittömästi. (Pantos & May 2011, 7.)



```
#EXT-X-ENDLIST
```

KUVA 10. Esimerkki tagista EXT-X-ENDLIST

On myös mahdollista, että dynaamiset soittolistat eivät sisällä tätä lopetus tagia lainkaan, mikäli ne päivittyvät jatkuvasti uusilla mediatiedostoilla. Tämän tyyppisiä suoratoistosovelluksia ovat esimerkiksi suorien radio- ja televisiolähetysten kaltaiset suoratoistolähettykset, jotka voivat pyöriä 24 tuntia vuorokaudessa vuoden ympäri ilman kat-

koja. Tyypilliset MOD-tyyppiset suoratoistolähetykset puolestaan sisältävät tämän tagin esimerkiksi soittolistan viimeisellä rivillä. (Using HTTP Live Streaming 2010.)

3.3.7 EXT-X-STREAM-INF

Tagi EXT-X-STREAM-INF on käytössä ainoastaan varianttisoittolistoissa (Variant Playlist). Tagissa määriteltyjen attribuuttien avulla esitetään eri mediasoittolistojen ominaisuudet, joista päätelaitteen ohjelmisto valitsee itselleen parhaiten sopivan vaihtoehdon. Valinnassa otetaan huomioon vallitsevat verkko-olosuhteet (kaistanleveys), päätelaitteen tukemat kuvan ja äänen dekodausmuodot sekä päätelaitteen näytön resoluutio. (Pantos & May 2011, 8.)

Kuvassa 11 esitetyssä esimerkissä ”PROGRAM-ID=1”-merkintä ilmaisee, että kaikki kolme listalla olevaa URL -linkkiä edustavat eri versioita samasta suoratoistomedia sisällöstä. (Pantos & May 2011, 8.)

```
##EXTM3U
#EXT-X-STREAM-INF:PROGRAM-ID=1,BANDWIDTH=2560000
http://example.com/mid.m3u8
#EXT-X-STREAM-INF:PROGRAM-ID=1,BANDWIDTH=7680000
http://example.com/hi.m3u8
#EXT-X-STREAM-INF:PROGRAM-
ID=1,BANDWIDTH=65000,CODECS="mp4a.40.2"
http://example.com/audio-only.m3u8
```

KUVA 11. Esimerkki tagista EXT-X-STREAM-INF (Pantos & May 2011, s18, muokattu)

BANDWIDTH-merkintä puolestaan ilmaisee suoratoistomedian vaatiman kaistanleveyden. Arvo on ilmaistu bitteinä sekuntia kohden ja se sisältää myös kontainerin kehyksen vaatiman tilan. (R. Pantos & May 2011, 8.) DBA-soittolistojen yhteydessä tämä kaistanleveyttä ilmaiseva tagi on ratkaisevassa asemassa, kun päätelaitteen mediasoitin vertaa hetkellistä langattoman verkon siirtonopeutta saatavilla oleviin varianttisoittolistojen bittivirtoihin. DBA-järjestelmä voidaan luoda esimerkiksi siten, että GPRS-, 3G- ja Wi-Fi-verkkonopeuksille on kaikille oma suoratoistomediasoittolista. Applelle tuotettavien HTTP Live Streaming -tekniikkaa käyttävien palveluiden on korkeiden bittivirtojen ohella pidettävä sisällään vähintään yksi mediavirta, jonka kokonaisbittivirta on alle 64 kilobittiä sekunnissa. Tämä DBA-soittolista voi pitää sisällään sekä audiota että videota. Käytännössä näin kapea kaista ei kuitenkaan riitä kunnollisen videon välittämiseen, joten myös ainoastaan ääntä sisältävää materiaalia voidaan hyödyntää. (HTTP Live Streaming Overview 2010, 18.)

CODECS-merkinnän avulla voidaan puolestaan ilmaista suoratoistomedian dekodauksessa käytetyt kodekit. Mikäli tagi on käytössä, tulee ilmaisu tehdä RFC4281-standardin esittämällä tavalla. (R. Pantos & May 2011, 8.) Esimerkin toiseksi viimeisellä rivillä oleva ”mp4a-40.2”-teksti tarkoittaa, että mediatiedosto käyttää MPEG-4 audio

-tyyppistä koodausta, kuten mp4a-lyhenteestä voidaan päätellä. Numerot 40 ja 5 ovat puolestaan niin sanottuja ObjectTypeIndicator (OTI) -arvoja, joita käytetään tarkentamaan kodekki-informaatiota. Tässä tapauksessa arvo 40 viittaa MPEG-4 Audio -dekoodauksen ja arvo 2 osoittaa, että AAC-low complexity -variaatiota on käytetty median luontiin. (Gellens, Singer & Frojdh 2005, 7.)

Kuvassa 10 esitetyssä esimerkissä ilmenevien tagien lisäksi on määritelty vielä ”RESOLUTION”-tagia, jota voidaan käyttää suoratoistomediatiedoston videokuvan piste-tarkkuuden ilmoittamiseen. Tarkkuus ilmoitetaan siten, että vaakapikselien määrä ilmoitetaan ennen pystypikseleitä. Esimerkiksi iPhone 3G -päätelaitteelle optimoidun suoratoistolinkin tagin arvo olisi ”RESOLUTION=480X320”.

3.3.8 EXT-X-DISCONTINUITY

Vapaaehtoinen tagi EXT-X-DISCONTINUITY ilmaisee, että soittolistalla seuraavaksi esiintyvä videotiedosto ei ole tyyppiltään samankaltainen edellisen kanssa. Muutos voi olla jokin seuraavista: tiedostotyyppi, mediatiedostojen numero tai tyyppi, enkoodauksessa käytetty parametri, enkoodauksen sekvenssi tai aikaleiman sekvenssi. Tämän tagin esiinnyttyä päätelaitteen mediasoittimen tulee valmistautua uudelleen käynnistämään sen enkoodauksessa käyttämänsä parserit sekä dekooderit. (Pantos & May 2011, 8 - 9.)

Käytännössä tämä tagi voi esiintyä esimerkiksi silloin, kun televisiokanavan lähetykset vaihtuu radiolähetykseksi esimerkiksi yön ajaksi, tässä tapauksessa videokuvan dekoodaukseen käytetty kodekki poistuu käytöstä kokonaan. Tämä edellä kuvattu ennalta arvaamaton muutos voi aiheuttaa ongelmia mediasoittimella, mikäli se olettaa että videoraita on saatavilla myös jatkossa. Tagi siis ikään kuin varoittaa mediasoitinta tulevasta muutosta. Vaihtoehtoisesti tagia voidaan käyttää esimerkiksi silloin, kun suoratoistolähetyksen enkoodaukseen tehdään muita suurempia muutoksia suoran lähetyksen aikana.

3.3.9 EXT-X-VERSION

Tagi EXT-X-VERSION ilmaisee soittolistan yhteensopivuusversionumeroa. Mikäli tagi ei esiinny, oletetaan soittolistan olevan versiota yksi. Koska versionumero koskee koko soittolistaa, se voi esiintyä ainoastaan kertaalleen. (Pantos & May 2011, 9.)

4 HTTP-SUORATOISTON KANSSA YHTEENSOPIVAT MEDIATOISTIMET

Kuten edellä mainittu HTTP Live Streaming -suoratoisto standardiehdotelma on Applen kehittämä tekniikka. Tästä johtuen myös kaikki virallisesti tuetut mediasoitinohjelmistot ovat Applen valmistamia. On myös hieman epäselvää onko Applen tarkoitus kehittää standardia siten, että se laajentuisi myös muiden toimijoiden käyttöön. Tässä kappaleessa on käyty läpi virallisesti tuetut ohjelmistoalustat, sekä testattu muutamia vaihtoehtoisia mediasoittimia.

Kaikki tässä kappaleessa esitetyt testit on suoritettu Vidatorin HTTP-suoratoistoympäristössä tuotettujen testilinkkien avulla. Linkit on toteutettu siten, että niiden ominaisuudet eivät ylitä päätelaitteen toisto-ominaisuuksia, joka osaltaan auttaa sulkemaan pois osan ulkoisista ongelmista. Testeissä on käytetty sekä DBA-ominaisuudella varustettuja dynaamisia varianttisuoratoistosoittolistoja sekä yksinkertaisempia ennalta määriteltyjä staattisia soittolistoja. Varianttisoittolistoja ja/tai mediasoittolistoja ei ole tässä työssä esitetty niiden suuren määrän ja koon vuoksi. Rakenteeltaan ne vastaavat kuitenkin täysin kappaleessa 3 esitettyä mallia. Kaikki suoratoistomediatiedostot oli dekodattu käyttäen Applen suosittelemia kodekkeja H.264 ja HE-AAC (Best Practices for Creating... 2010). Sekä käytetyn kontainerin että kodekkien toimivuus testattiin jokaisella soittimella ennen varsinaisten suoratoisto testien aloittamista. Tällä varmistettiin, että testaus kohdistuu nimenomaan HTTP-suoratoisto kykenevyyden testaamiseen, mediatoisto ominaisuuksien sijasta.

4.1 Mediatoistimet iOS- ja OS X -ympäristössä

Applen mobiilipäätelaitteista HTTP-suoratoistoprotokollan kanssa toimivat seuraavat 17.06.2009 julkaistuun iOS 3.0 -mobiilikäyttöjärjestelmään päivitettyt laitteet: iPhone-älypuhelimet (versiot 3G, 3GS ja 4) , iPod touch -multimediasoittimet sekä iPad-sormitietokoneet (versiot 1 ja 2). Näistä laitteista ainoastaan iPhone toimitetaan aina sekä 3G, että Wi-Fi ominaisuuksilla varustettuina. iPad-laitteissa WiFi-ominaisuus on vakiovaruste, mutta myös 3G-ominaisuus on saatavilla lisähintaan. iPod touch -malliston laitteet toimitetaan puolestaan aina ainoastaan Wi-Fi-ominaisuudella varustettuna. (iOS version history 2011; List of iOS devices.)

Kaikki Applen tietokoneet on toimitettu 28.08.2009 lähtien OS X (10.6) -sarjalaisella tai sitä uudemmalla käyttöjärjestelmällä, joten ainakin teoriassa kaikki nykyisin myynnissä olevat Applen tietokoneet kykenevät HTTP-suoratoistoon. OS X -päivitys on myös saatavilla jo aikaisemmin ostettuihin laitteisiin Applen verkkokaupan kautta, joten HTTP-suoratoistotuki on melko laaja myös Applen tietokoneiden puolella. Applen tietokoneita on tarjolla useita erityyppisiä sarjoja, joista mainittakoon esimerkiksi MacBook Air -kannettavat, Mac Mini -pöytäkoneet sekä Mac Pro -tehotietokoneet. Kaikki edellä mainitut ovat keskenään hyvin erityyppisiä laitteita, joten tuki kattaa niin kannettavaan käyttöön suunnitellut kannettavat, pienet pöytä-tietokoneet sekä ammattikäyttöön suunnitellut työjuhdat. (Mac OS X: Tekniset tiedot 2011.)

4.1.1 iOS 3.0 ja uudemmat käyttöjärjestelmät

iOS 3.0 -käyttöjärjestelmäperheen edustaja toimi Applen iPhone 3G -älypuhelin, joka oli päivitetty käyttöjärjestelmäversioon 4.2.1. Kuten oletettua, sekä ennalta valmistellut staattiset soittolistat, että suoranmedian toistoon tarkoitettut dynaamiset soittolistat toimivat laitteessa ongelmitta. Laite osasi myös valita kulloisiinkin verkko-olosuhteisiin parhaiten sopivan DBA-soittolistan, joka voitiin havaita videotoiston laadun vaihteluna päätelaitteen näytöllä, sekä palvelinpuolella lokimerkinnöistä. Verkko-olosuhteiden muutokset eivät kuitenkaan katkaisseet toistoa missään vaiheessa, joten käyttäjäkokemus pysyi laadunvaihteluista huolimatta hyvänä ja tasaisena.

Käytännössä mediatoisto tapahtui siten, että suoratoistolinkin painamisen jälkeen käyttöjärjestelmän mediatoistin avautui automaattisesti verkkoselaimen päälle, latasi puskurimuistin täyteen ja aloitti suoratoiston. Kun käyttäjä lopetti suoratoiston tai kuin koko suoratoistomediatiedosto oli toistettu, mediasoitin sulkeutui ja verkkoselain palautui etualalle.

Applen dokumentoinnin mukaan iPad laitteissa HTTP-suoratoisto voidaan suorittaa myös siten, että mediatoistin on sulautettu esimerkiksi verkkosivulle tai mobiilisovellukseen (HTTP Live Streaming Overview - Introduction: 2010). Tämän ominaisuuden avulla esimerkiksi uutisiin liittyviä videoita voidaan toistaa samalla, kun käyttäjä lukee uutiseen liittyvää tekstiä tai tarkastelee esimerkiksi talousuutisiin liittyviä taulukoita. Toisena käyttökohteena voidaan ajatella esimerkiksi nettiradiota, jonka toisto voidaan aloittaa suoraan verkkosivulta ilman, että laitteen mediatoistin valtaa koko näyttöä. Radiokanavaa kuunnellessa radioaseman verkkosivulla voidaan tarkastella esimerkiksi päivänohjelmistoa tai tarkastella radion soittolistoja.

4.1.2 Mac OS X 10.6 ja uudemmat käyttöjärjestelmät

Mac OS X 10.6 -käyttöjärjestelmäperheen käyttötestit suoritettiin iMac 24” -tietokoneella, johon oli asennettu Mac OS X 10.6.6 käyttöjärjestelmä, sekä Applen QuickTime-mediasoitin, jonka versio oli 10.0(118). Myös tässä tapauksessa sekä staattiset soittolistat, että dynaamiset suoratoistosoitlistat toimivat ongelmitta. Koska tietokone oli kytketty laajakaistaverkkoon, toisto tapahtui siten, että DBA-soittolistan korkealaatuisin mediasoitlista oli käytössä jatkuvasti. Tämä oli havaittavissa esimerkiksi videotoiston tasaisesta korkeasta laadusta sekä palvelunpuolen lokimerkinnöistä.

Suoria suoratoistomedialinkkejä käytettäessä, verkkoselain avaa QuickTime-mediasoitimen, joka aloittaa mediatoiston automaattisesti puskuroidin valmistumisen jälkeen. Sen jälkeen kun suoratoistomediatiedosto on kokonaan toistettu, tai kun käyttäjä lopettaa toiston, jää mediasoitin etualalle valmiustilaan, josta käyttäjä voi toistaa staattisen suoratoistosoitlistan uudestaan tai jatkaa suoran dynaamisen soittolistan toistoa. Vaihtoehtoisesti käyttäjä voi sulkea mediasoitimen, mikäli hän ei halua jatkaa suoratoistoa.

Myös OS X 10.6 -käyttöjärjestelmäperheen tietokoneille voidaan käyttää verkkosivuille sulautettuja HTTP-suoratoistomediaelementtejä, aivan kuten edellisessä kappaleessa (4.1.1) oli kuvattu iPad-sormitietokoneen kohdalla (HTTP Live Streaming Overview - Introduction: 2010). Käytännön testeissä sulautetut medialinkit toimivat OS X -laitteella oletetusti, joten sulautettujen HTTP-suoratoistomeditiedostojen avulla on mahdollista toteuttaa esimerkiksi verkkoradio kotisivut, joissa radioaseman suoraa lähetystä voidaan kuunnella suoraan verkkosivulla ilman, että erillistä mediasoitinta tarvitsee avata.

Toteutukseltaan sulautettujen suoratoistomeditiedostojen linkitys on samankaltainen käyttöjärjestelmien kesken, joskin tietokoneella tapahtuvassa toistossa verkkosivulle sulautetut mediatiedosto käsitellään verkkoselaimeen asennetun liitännäisen (Plug-in) kautta. Vastaavasti iPad-sormitietokoneen tapauksessa toisto tapahtuu käyttöjärjestelmän sisäänrakennetun oletus-soittimen kautta, joten toimintamalli on tältä osin hieman erilainen käyttöjärjestelmien välillä. Loppukäyttäjän kannalta molemmat toteutukset toimivat kuitenkin käytännössä samalla tavalla, kunhan tietokonekäytössä vaadittava laajennus on asennettu selaimen.

Kun suoratoistotapahtumaa verrataan iOS-käyttöjärjestelmään pohjautuvien mobiililaitteiden toimintatapaan, on se hyvin samankaltainen, joskin tietokoneella suoritettu suoratoistoistunto pitää sisällään joitakin toimintoja, jotka on toteutettu hieman eri logiikalla mobiililaitteissa. Tämä johtuu siitä seikasta, että iOS-älypuhelinkäyttöjärjestelmässä esimerkiksi ohjelmien sulkeminen tapahtuu automaattisemmin, kuin tietokoneille rakennetussa käyttöjärjestelmässä.

4.2 Mediasoitin Windows 7 -ympäristössä

Tätä työtä kirjoittaessa HTTP Live Streaming -suoratoistoprotokolla ei ollut vielä virallisesti tuettuna minkään Windows-ympäristöön saatavilla olevan mediasoitimen toimesta. Kaikki tässä kappaleessa esitetyt testit on suoritettu Windows 7 32bit Ultimate Edition -käyttöjärjestelmää käyttävällä tietokoneella. Testatuista mediasoitimista ainakin VLC Player on saatavilla myös Linux-alustalle, joten tulokset ovat ainakin siltä osin käyttöjärjestelmä riippumattomia.

Periaatteessa ainakin staattisten soittolistojen tulisi toimia ongelmitta kaikilla soittimilla, sillä kaikki kappaleessa 3 läpikäytyt HTTP-suoratoistolle ominaiset laajennetut soittolistamerkinnot on merkitty ”#”-etuliitteellä. Yleisessä M3U-soittolistamäärittelyssä tämä merkintä tarkoittaa kommenttia tai toimintaohjetta, joita mediasoitimen ei tulisi käsitellä, mikäli se ei niitä ymmärrä (M3U 2011).

4.2.1 VLC Player (v 1.1.6)

VLC-mediasoitin on avoimen verkkoyhteisön kehittämä alustariippumaton mediatoistin, joka tukee useita eri audio-/videokodekkeja, sekä kontainermuotoja, ilman erikseen asennettavia laajennusosia (VLC media player 2011). Tuettujen ominaisuuksien listalla on mainittuna esimerkiksi AAC- ja H.264-kodekit sekä MPEG Transport Stream

-kontainermuoto, jotka ovat käytössä myös testisoittolistojen mediatiedostoissa. VLC - mediasoitin toistaa myös monia suoratoistoprotokollia, joskaan saatavilla olevassa dokumentaatiossa HTTP Live Streaming -protokollaa ei ole mainittu.(VLC playback Features. 2011.)

Käytännön testeissä osoittautui, etteivät DBA-soittolistat tai dynaamiset suorat soittolistat toimineet VLC-mediasoitimen kanssa lainkaan. Tämä johtuu melko varmasti siitä, että edellä mainittujen soittolistojen toiminta perustuu laajennettuihin soittolistamerkin- töihin, joita ei ole ohjelmoitu mediasoittimeen.

Staattisten soittolistojen osalta tilanne oli kuitenkin toinen. Soitin osasi nimittäin toistaa tämän tyyppisiä soittolistoja kokonaisuudessaan. Ongelmana oli kuitenkin se, että soitin ei osannut ladata uusia mediatiedostoja taka-alalla samanaikaisesti, kun se toisti jo aikaisemmin ladattuja tiedostoja etualalla, kuten OS X -ympäristössä toimivat mediasoitimet tekivät. Tämän rajoitteen johdosta toistettavien 10 sekunnin mittaisten mediasegmenttien välillä oli aina noin sekunnin mittainen tauko, joka käytössä pilasi käyttäjäkoemuksen. Suoritettu testi osoittaa kuitenkin, että yksinkertaisimmillaan tarvittavat muutokset jo olemassa oleviin soittimiin voivat olla hyvinkin pieniä, sillä tietyntyyppi- set suoratoistosoittolistat toimivat jo nyt kohtuullisesti.

4.2.2 Windows Media Player (v. 12.0.7600.16667)

Microsoftin mediatoistin on edennyt kehityksessä jo versioon 12 asti, joka on tätä työtä kirjoittaessa tarjolla ainoastaan Windows 7 -käyttäjärjestelmille. Poikkeuksellista tässä versiossa edellisiin versioihin nähden on se, että sekä H.264-video- ja AAC-audio- enkoodaus ovat tuettuna ilman erikseen asennettavia lisäosia. Näiden kodekkien lisäksi myös HTTP-suoratoistossa käytetty MPEG Transport Stream -kontainermuoto on tuet- tuna suoraan. Aikaisemmissa versioissa sekä kodekit että kontainerit asennettiin soiti- melle erillisinä laajennusosina, joka monimutkaisti mediasoitimen käyttöönottoa hu- mattavasti. (Windows Media Player 12. 2011.)

Ensimmäisessä testissä osoittautui jälleen, että DBA-soittolistat sekä dynaamiset suorat soittolistat eivät toimineet lainkaan tämän mediasoitimen kanssa. Tilanne on todennä- köisesti kuten edellä, eli kappaleessa 3 kuvattuja laajennettuja soittolistamerkintöjä ei ole yksinkertaisesti ohjelmoitu soittimeen.

Toisessa testissä testattiin soittimen kykyä toistaa staattisia ennalta määriteltyjä media- soittolistoja. Ennakko-oletuksen vastaisesti soitin ei kuitenkaan kyennyt toistamaan edes yksinkertaisia staattisia soittolistoja. Soittimen raportoima virheilmoitus oli seuraavan lainen: ”Windows Media Player cannot play the file. The Player might not support the file or might not support the codec that was used to compress the file.” Virheilmoitus tarkoittaa, että soitin ei kykene toistamaan sille syötettyä mediatiedostoa, koska sen tie- dostotyyppi tai sen kompressoinnissa käytetty kodekki ei ole yhteensopiva mediasoitin- men kanssa. Todellisuudessa kyseinen virheilmoitus voi myös johtua siitä, että soittolis- taa on yritetty käsitellä mediatiedostona.

Tämä virheilmoitus oli pienoinen yllätys, sillä käytetty soittolista oli hyvin yksinkertainen, myös käytetyt kodekit sekä kontaineri oli dokumentaation mukaan tuettuna. Testeissä varmistettiin vielä mediatiedostojen ja mediasoittimen yhteensopivuus tuomalla yksittäinen mediasegmentti tuotantoympäristöstä paikalliselle koneelle muita kanavia pitkin. Tällä tavoin rajattiin ulos kodekeista sekä kontainerista johtuvat ongelmat. Kuten oletettua mediasoitin kykeni toistamaan yksittäistä mediasegmenttiä ongelmitta, joten valmistajan lupaus tiedostomuodon tukemisesta täyttyi.

Kun mediatiedostojen ja mediasoittimen yhteensopivuus oli varmistettu, jäi ainoaksi toimimattomaksi osaksi käytetyt soittolistat. Todennäköisesti soittolista ei toiminut koska yleisen M3U-soittolistamäärittelyn mukaan soittolistojen kirjainkoodaus (character encoding) on määritelty suoritettavaksi Windows-1252-muodossa, HTTP-suoratoistossa käytetyn UTF-8-kirjankoodauksen sijaan (M3U 2011). Soitin ei myöskään tunnistanut paikalliselle asemalle tallennettuja M3U8-soittolistoja automaattisesti, vaan se piti syöttää soittimelle siten, että soittimen oma automatisoitu tuettujen tiedostojen tunnistus ohitettiin.

Jälleen voidaan todeta, että osa HTTP-suoratoistossa käytetyistä ominaisuuksista toimii jo nyt myös tässä Windows 7 -käyttöjärjestelmän mukana toimitettavassa multimedia-soittimessa, vaikka Microsoft ei ole virallisesti ilmoittanut kyseessä olevan mediasoittimen tukevan HTTP-suoratoistoprotokollaa.

5 YHTEENVETO

Jo viidenteen versioon yltänyt IETF:n HTTP Live Sreaming -Internet-ehdotelma on jo nyt toimiva ja hyvin valmisteltu kokonaisuus. Tämän osoittaa jo se, että protokollan avulla on jo toteutettu monia suoratoistopalveluita useita eri tuotantoympäristöjä ja ohjelmistoja käyttäen. Protokolla sisältää myös monia todella mielenkiintoisia ominaisuuksia ja tapoja käyttää uudelleen jo olemassa olevia protokollia ja tekniikoita, osaltaan tämä helpottaa myös palveluntuottajien ja ohjelmistokehittäjien työtä, kun monet protokollan käyttämisestä paloista ovat jo ennalta tuttuja.

Hieman surullista on se, että markkinat on osittain pakotettu siirtymään tähän tekniikkaan, joka vääristää kilpailua ja voi johtaa siihen, että paras mahdollinen tekniikka ja innovaatiot voi jäädä saavuttamatta. On myös tärkeätä huomata, että tällä hetkellä ainoat virallisesti tuetut päätelaitteet ja ohjelmistot löytyvät Applen tuotevalikoimasta, mikä rajoittaa merkittävästi sen mahdollisuuksia menestyä laajemmin.

Verkkoteknisesti protokolla luo puolestaan uusia mahdollisuuksia, kun kaikki liikennöinti voidaan monissa sovelluksissa suorittaa suoraan HTTP:n läpi, joka osaltaan sulkee pois esimerkiksi mahdollisia palomuuriongelmia. Toisaalta kun kaikki liikennöinti tapahtuu yhden portin läpi rajaa se myös verkon ylläpitäjän mahdollisuuksia rajoittaa liikennettä tarpeen vaatiessa.

Kaiken kaikkiaan on hienoa todeta, että protokollan käyttömahdollisuudet ovat todella laajat ja että sen tukemiseen voidaan käyttää paljon jo olemassa olevaa tietoa ja osaamista. Nähtäväksi jää, ovatko markkinat valmiit vastaanottamaan tämän uuden protokollan, kun markkinoilla on jo olemassa monia samankaltaiseen käyttöön soveltuvia kilpailijoita.

LÄHTEET

Alvestrand, H. 2004. A Mission Statement for the IETF. Luettu 2.3.2011
<http://www.ietf.org/rfc/rfc3935.txt> 07.03.2011

DVB Fact Sheet: Broadcasting to Handhelds. DVB Project Office. 2008 Tulostettu
 03.03.2011
http://www.dvb.org/technology/fact_sheets/DVB-H_Factsheet.pdf

Filippo V. 2010 iPhone app. Luettu 23.03.2011
<http://www.aspiro.com/en/TV/Apps/iPhone/>

Flash Player 10.1 for Android 2.2 Release Notes. Päivitetty 24.02.2011. Adobe Systems
 Incorporated. Luettu 23.03.2011
http://kb2.adobe.com/cps/860/cpsid_86018.html

Gellens, R., Singer, D, & Frojdh, P. 2005. The Codecs Parameters for "Bucket" Media
 Types. Tulostettu 14.03.2011
<http://tools.ietf.org/pdf/rfc4281.pdf>

H.264/MPEG-4 AVC Muokattu 17.03.2011. Wikipedia Luettu 22.03.2011
<http://en.wikipedia.org/wiki/H.264>

Helix Media Delivery Platform. RealNetworks Ltd. 2011. Luettu 03.03.2011.
<http://www.realnetworks.com/helixplatform.aspx>

HTTP Live Streaming Overview - Introduction. Päivitetty 2010-11-15. Apple Inc. Luet-
 tu 17.03.2011
<http://developer.apple.com/library/ios/#documentation/networkinginternet/conceptual/streamingmediaguide/Introduction/Introduction.html>

IETF Overview. 2004 Luettu 3.3.2011
<http://www.ietf.org/proceedings/79/overview.html>

iOS Reference Library: Best Practices for Creating and Deploying HTTP Live Stream-
 ing Media for the iPhone and iPad. Päivitetty 19.04.2010. Apple Inc. Luettu 02.03.2011
http://developer.apple.com/library/ios/#technotes/tn2224/_index.html

iOS Reference Library: HTTP Live Streaming Overview FAQ. päivitetty 15.11.2010.
 Apple Inc. Luettu: 08.03.2011
<http://developer.apple.com/library/ios/#documentation/NetworkingInternet/Conceptual/StreamingMediaGuide/FrequentlyAskedQuestions/FrequentlyAskedQuestions.html>

iOS Reference Library: HTTP Live Streaming Overview Introduction. päivitetty
 15.11.2010. Apple Inc. Luettu 03.03.2011
<http://developer.apple.com/library/ios/#documentation/networkinginternet/conceptual/streamingmediaguide/Introduction/Introduction.html>

iOS Reference Library: iOS SDK Release Notes for iOS 3.1. Päivitetty 2010.03.08.
 Apple Inc. Luettu 03.03.2011
<http://developer.apple.com/library/ios/#releasenotes/General/RN-iPhoneSDK-3/index.html>

iOS version history: 3.x Third major release of the OS Päivitetty 07.03.2011. Wikipedia Luettu 03.03.2011

http://en.wikipedia.org/wiki/IOS_version_history#3.x:_Third_major_release_of_the_OS

ISO 8601 International Standard Third edition Representation of dates and times. 2004. ISO. Tulostettu 10.03.2011

http://dotat.at/tmp/ISO_8601-2004_E.pdf

ISO/IEC 13818-1 International Standard Second edition Data elements and interchange formats — Information interchange — Representation of dates and times. 2000. ISO/IEC

List of iOS devices. Päivitetty 07.03.2011. Wikipedia. Luettu 24.03.2011

<http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Lipophobicity&action=history>

List of TCP and UDP port numbers. Muokattu 18.03.2011 Wikipedia. Luettu 18.03.2011

http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=List_of_TCP_and_UDP_port_numbers&action=history

M3U. Päivitetty 13.3.2011. Wikipedia Luettu 17.3.2011

<http://en.wikipedia.org/wiki/M3U>

MAC OS X Developer Library: Using HTTP Live Streaming. Päivitetty 15-11-2010. Apple Inc. Luettu 10.03.2011

Mac OS X: Tekniset tiedot. Luettu 17.03.2011

<http://www.apple.com/fi/macosex/specs.html>

MPEG transport stream. Muokattu 07.03.2011. Wikipedia. Luettu 18.03.2011

http://en.wikipedia.org/wiki/MPEG_transport_stream

Mobiili-tv -pilotti käynnistyy Suomessa. Muokattu 30.11.2006. Digita Oy Luettu 23.03.2011

<http://www.mobiilitv.fi/Press/Tiedotteet/8548/8550>

Motion compensation. Muokattu 16.03.2011 Wikipedia. Luettu 22.03.2011

http://en.wikipedia.org/wiki/Motion_compensation

new HTTP Live Streaming support. Julkaistu 31.03.2010. encoding.com. Luettu 22.03.2011

<http://blog.encoding.com/?p=246>

R. Pantos & W. May. 2010. IETF Internet-Draft: HTTP Live Streaming. Tulostettu 25.02.2011

<http://tools.ietf.org/pdf/draft-pantos-http-live-streaming-05.pdf>

Soittolistaesimerkki. 2011. Apple Inc. Tulostettu 09.03.2011

http://devimages.apple.com/iphone/samples/bipbop/gear1/prog_index.m3u8

Time shifting. 2011. Wikipedia. Luettu 10.03.2011

http://en.wikipedia.org/wiki/Time_shifting

VLC media player. Päivitetty 02.02.2011. Wikipedia. Luettu 17.03.2011

http://fi.wikipedia.org/wiki/VLC_media_player

VLC playback Features: Input -, Video- & Audio formats. 2011 VideoLAN organization Luettu 17.03.2011

<http://www.videolan.org/vlc/features.php>

Windows Media Player 12. Muokattu 07.03.2011. Wikipedia. Luettu 18.03.2011

http://en.wikipedia.org/wiki/Windows_Media_Player_12

Xenon Internet Pack 5.0: iPhone Guide. Vidiator Ltd. 2009. Ohjelmiston mukana toimitettu sähköinen ohjekirja. Tulostettu 02.03.2011

Xenon Platfrom 5.0: Product Description. 2009 Vidiator Ltd.. Ohjelmiston mukana toimitettu sähköinen ohjekirja. Tulostettu 23.03.2011