

Olavi Paananen

# IPTV ja lisäarvopalvelut laajakaistaverkoissa

Tietotekniikan  
pro gradu -tutkielma  
22. kesäkuuta 2006

Jyväskylän yliopisto

Tietotekniikan laitos

Jyväskylä

**Tekijä:** Olavi Paananen

**Yhteystiedot:** laolpaan@cc.jyu.fi

**Työn nimi:** IPTV ja lisäarvopalvelut laajakaistaverkoissa

**Title in English:** IPTV and Value Added Services in Broadband Networks

**Työ:** Tietotekniikan pro gradu -tutkielma

**Sivumäärä:** 100

**Tiivistelmä:** Tässä tutkielmassa perehdytetään lukija IPTV-palveluihin liittyviin tekniikoihin, protokolliin ja standardeihin. Eri aiheisiin perehdytään ajatellen IPTV-palveluita yleisesti, mutta erityisesti painottaen PalHaLa-projektissa toteutettua IPTV-pilottiverkkoa, koska dokumentin päätavoitteena on dokumentoida pilottiverkko. Pilottiverkosta on esitetty verkon rakenne, kaikkien laitteiden ja palvelimien toiminta sekä lopuksi IPTV-palveluiden hallintaan tarkoitettu PalHaLa-portaali.

**English abstract:** This document introduces techniques, protocols and standards related to IPTV services. Different subjects are presented regarding to IPTV services in general and specially emphasizing the pilot network implemented in PalHaLa project. This is because the documentation of the pilot network is the main objective of this document. The chapter representing the pilot network describes the structure of the network and the functionality of all of the servers and devices in the network in detail. Final chapter documents the PalHaLa portal which is used to manage the IPTV services.

**Avainsanat:** IPTV, MPEG, DVB, MHP

**Keywords:** IPTV, MPEG, DVB, MHP

# Sisältö

<b>Sanasto</b>	<b>1</b>
<b>1 Johdanto</b>	<b>5</b>
1.1 IPTV	6
1.2 PalHaLa-projekti	7
1.3 Tutkimusongelma	7
1.4 Tutkielman rakenne	8
<b>2 Käytettyjä protokollia ja tekniikoita</b>	<b>9</b>
2.1 Ryhmälähetys	9
2.1.1 PIM	10
2.1.2 IGMP	10
2.2 RTP ja RTSP	11
2.3 DSL-tekniikat	12
2.3.1 ADSL	12
2.3.2 VDSL	13
2.4 RADIUS	13
<b>3 Digitelevisioon liittyviä standardeja</b>	<b>15</b>
3.1 MPEG ( <i>Moving Picture Experts Group</i> )	15
3.1.1 MPEG-vuot	16
3.1.2 DSM-CC	17
3.2 DVB ( <i>Digital Video Broadcasting</i> )	19
3.2.1 Verkosta riippuvat protokollat	21
3.2.2 Verkosta riippumattomat protokollat	22
3.2.3 Palvelutiedot (engl. <i>Service information</i> )	23
3.3 MHP ( <i>Multimedia Home Platform</i> )	23
3.3.1 Arkkitehtuuri	24
3.3.2 MHP-sovellukset	26
3.4 IPTV ( <i>Internet Protocol Television</i> )	28
3.4.1 Arkkitehtuuri	28

3.4.2	Palvelujen löytäminen ja valinta (engl. <i>Service Discovery and Selection</i> ) . . . . .	30
3.4.3	MPEG-2 kuljetusvoiden lähettäminen IP-protokollan yli . . . . .	32
3.4.4	Verkon asetusten toimittaminen ja laitteen konfigurointi . . . . .	32
3.4.5	VoD ( <i>Video-on-Demand</i> ) . . . . .	33
<b>4</b>	<b>Pilottiverkon dokumentaatio</b>	<b>34</b>
4.1	Aliverkot ja verkon osoitteet . . . . .	34
4.2	Verkon laitteiden konfiguraatioiden kuvaus . . . . .	35
4.2.1	Juniper M5 reititin . . . . .	35
4.2.2	Cisco Catalyst 2950 kytkin . . . . .	36
4.2.3	Nokia IP530 palomuuuri . . . . .	36
4.2.4	DSLAM . . . . .	37
4.2.5	Set-top-boxit . . . . .	39
4.3	Palvelimien toiminta ja käyttötarkoitukset . . . . .	41
4.3.1	Palvelinkoneet . . . . .	41
4.3.2	RADIUS-palvelin . . . . .	42
4.3.3	Ondems IPTV-palvelin . . . . .	42
4.3.4	DHCP-palvelin . . . . .	43
4.3.5	Set-top-box-konfiguraatiopalvelin . . . . .	43
4.3.6	Apache WWW-palvelin ja PHP-tulkki . . . . .	44
4.3.7	Ortikonin sovellukset . . . . .	45
4.3.8	MySQL-tietokantapalvelin . . . . .	45
4.3.9	NetWrapper . . . . .	45
4.3.10	Pelipalvelimet x 2 . . . . .	46
4.3.11	VLC media player - web-kamera . . . . .	47
4.3.12	PalHaLa VoD-palvelin . . . . .	47
4.3.13	Viztool . . . . .	48
4.4	Palveluiden käyttötapauskuvaukset . . . . .	48
4.4.1	Kanavan vaihtaminen . . . . .	48
4.4.2	EPG:n käyttäminen . . . . .	49
4.4.3	Set-top-boxin käynnistäminen . . . . .	49
<b>5</b>	<b>PalHala-portaalin dokumentaatio</b>	<b>51</b>
5.1	Tietokanta . . . . .	51
5.2	Nauhoitussovelluksen dokumentaatio . . . . .	52
5.2.1	Nauhoituspalvelimen sovellus . . . . .	52
5.2.2	Tietokanta . . . . .	55

5.2.3	WWW-portaalin toteutus . . . . .	56
5.2.4	Nauhoituksen katsominen . . . . .	57
5.2.5	Nauhoitusprosessin kulku . . . . .	57
5.2.6	Sovelluksen jatkokehitys . . . . .	58
5.3	Kanavienhallintasovellus . . . . .	61
5.3.1	Kanavienhallintasivusto . . . . .	61
5.3.2	Tilauksenpäättymiskriпти . . . . .	63
5.3.3	Tietokanta . . . . .	63
5.3.4	Maksullisen kanavan tilaaminen . . . . .	63
5.4	Muut portaalin toiminnot . . . . .	64
5.4.1	Dynaaminen kaistansäätö . . . . .	64
5.4.2	VoD . . . . .	66
5.4.3	Tietokannan hallintasivusto . . . . .	68
5.4.4	Laskutusraportti . . . . .	68
<b>6</b>	<b>Yhteenveto</b>	<b>71</b>
	<b>Viitteet</b>	<b>72</b>
	<b>Liitteet</b>	
<b>A</b>	<b>Verkosta riippuvien DVB-protokollien standardeja</b>	<b>76</b>
<b>B</b>	<b>DVB:n palvelutietojen käyttötarkoitukset</b>	<b>78</b>
<b>C</b>	<b>Juniper M5 -reitittimen konfiguraatitiedosto</b>	<b>79</b>
<b>D</b>	<b>Infocast-palvelimen konfigurointitiedosto</b>	<b>84</b>
<b>E</b>	<b>portalurls.xml</b>	<b>91</b>
<b>F</b>	<b>Pilottiverkon IP-osoitteet</b>	<b>92</b>
<b>G</b>	<b>Pilottiverkon palvelimien tekniset tiedot</b>	<b>94</b>

## Sanasto

<b>ADSL</b>	<i>(Asymmetric Digital Subscriber Line)</i> Asymmetrinen modeemitekniikka, joka käyttää datansiirtoon puhelinlinjoja.
<b>AF</b>	<i>(Assured Forwarding)</i> Palvelunlaatuluokka eriytettyjen palveluiden verkossa.
<b>CAT</b>	<i>(Conditional Access Table)</i> Taulukko, joka lähetetään MPEG-2 TS:n yhteydessä. Sisältää tietoa kanavan mahdollisesta salauksesta.
<b>CSS</b>	<i>(Cascading style sheets)</i> XHTML-kuvauskielessä käytetty tyylilomakestandardi.
<b>DF</b>	<i>(Default Forwarding)</i> Palvelunlaatuluokka eriytettyjen palveluiden verkossa.
<b>DOM</b>	<i>(Document Object Model)</i> Rajapinta, jonka avulla ohjelmat ja skriptit voivat dynaamisesti muuttaa dokumentin sisältöä.
<b>DSLAM</b>	<i>(Digital Subscriber Line Access Multiplexer)</i> Laite, jonka avulla DSL-laitteet kytketään kiinni runkoverkkoon.
<b>DSM-CC</b>	<i>(Digital Storage Media - Command and Control)</i> MPEG-2-standardissa määritetty protokollajoukko datan lähettämiseen MPEG-2 TS:n mukana.
<b>DTD</b>	<i>(Document Type Definition)</i> Käytetään määrittelemään XML-dokumentin elementit.
<b>DVB</b>	<i>(Digital Video Broadcasting Project)</i> Konsortio, joka määrittää standardeja digitaalisen television toimittamiseen liittyen.
<b>DVB-HTML</b>	XML-sovellus, joka on kehitetty kuvauskieleksi digitaalitelevisiopäätelaitteisiin MHP-standardissa.
<b>DVB-J</b>	Java-kielelle toteutettu rajapinta MHP-standardissa digitaalitelevisiopäätelaitteille.

<b>DVBSTP</b>	<i>(DVB Service discovery and selection Transport Protocol)</i> IPTV-palveluiden löytämiseen ja valintaan liittyvien XML-tiedostojen lähettämiseen IP-ryhmälähetysten yli kehitetty protokolla.
<b>DVD</b>	<i>(Digital Versatile Disk)</i> Yleisesti käytössä oleva tallennusformaatti.
<b>DVMRP</b>	<i>(Distance Vector Multicast Routing Protocol)</i> Ryhmälähetysreititysprotokolla, joka perustuu etäisyysvektoreihin.
<b>ECMAScript</b>	JavaScriptin standardoitu versio.
<b>EF</b>	<i>(Expedited Forwarding)</i> Palvelunlaatuluokka eriytettyjen palveluiden verkossa.
<b>EPG</b>	<i>(Electronic Program Guide)</i> Elektroninen tvohjelmaopas, josta käyttäjä voi tarkastella ohjelmatietoja. Tiedot lähetetään ohjelmälähetysten mukana.
<b>ES</b>	<i>(Elementary Stream)</i> MPEG-2 päävuoto, josta muodostetaan PES.
<b>HTML</b>	<i>(Hypertext Markup Language)</i> Kuvauskieli, jolla voidaan tehdä WWW-sivuja.
<b>IANA</b>	<i>(Internet Assigned Numbers Authority)</i> Organisaatio, joka valvoo internet-osoitteiden määrittämistä.
<b>IEC</b>	<i>(International Electrotechnical Commission)</i> Kansainvälinen standardointiorganisaatio.
<b>IGMP</b>	<i>(Internet Group Management Protocol)</i> Protokolla ryhmälähetysryhmien hallintaan.
<b>IP</b>	<i>(Internet Protocol)</i> Internetissä laajassa käytössä oleva OSI-mallin verkkokerroksella toimiva protokolla.
<b>IPTV</b>	<i>(Internet Protocol Television)</i> IP-protokollan päällä lähetettävä televisiolähetys.
<b>ISO</b>	<i>(International Organization for Standardization)</i> Kansainvälinen standardointiorganisaatio.
<b>JBOSS</b>	Laajimmassa käytössä oleva Java EE-standardia noudattava sovelluspalvelin.
<b>MD5</b>	<i>(Message-Digest algorithm 5)</i> Laajassa käytössä oleva tiivistäalgoritmi.

<b>MHP</b>	( <i>Multimedia Home Platform</i> ) DVB-projektin suunnittelema standardi, joka määrittelee teknisen toteutuksen päätelaitteeseen toteutettavien sovellusten vastaanottamiseen ja suorittamiseen
<b>MOSPF</b>	( <i>Multicast Extensions to Open Shortest Path First</i> ) Ryhmälähetysprotokolla, joka laajentaa OSPF-protokollaa.
<b>MPEG</b>	( <i>Moving Picture Experts Group</i> ) Työryhmä, joka vastaa digitaalisten videonpakkausformaattien kehittämisestä.
<b>MySQL</b>	Vapaa tietokantaohjelmisto, joka on laajassa käytössä.
<b>NIT</b>	( <i>Network Information Table</i> ) Taulukko, joka lähetetään MPEG-2 TS:n yhteydessä. Sisältää tietoa lähetyksverkosta.
<b>PES</b>	( <i>Packetized Elementary Stream</i> ) MPEG-2:n paketoitu perusvuo, joka asetetaan sisällöksi MPEG-2 TS:iin ja PS:iin.
<b>PHP</b>	( <i>PHP: Hypertext Preprocessor</i> ) Skriptikieli, joka on tarkoitettu käytettäväksi pääasiassa WWW-sivujen yhteydessä.
<b>PID</b>	( <i>Packet Identifier</i> ) MPEG-2 TS:n paketin tunnistekenttä.
<b>PIM-DM</b>	( <i>Protocol Independent Multicast - Dense Mode</i> ) Ryhmälähetysreititysprotokolla, joka on levinnyt laajalle internetissä.
<b>PIM-SM</b>	( <i>Protocol Independent Multicast - Sparse Mode</i> ) Ryhmälähetysreititysprotokolla, joka on levinnyt laajalle internetissä.
<b>PMT</b>	( <i>Program Map Table</i> ) MPEG-2 TS:ään kuuluva taulukko, joka sisältää tietoa vuohon kuuluvien eri ohjelmien osista.
<b>PPP</b>	( <i>Point-to-Point Protocol</i> ) OSI-mallin verkkokerroksella toimiva protokolla.
<b>PS</b>	( <i>Program Stream</i> ) MPEG-2 vuo, jota käytetään MPEG-2-tiedostojen tallentamiseen esimerkiksi DVD-levylle.
<b>RADIUS</b>	( <i>Remote Authentication Dial In User Service</i> ) Laajassa käytössä oleva autentikointiprotokolla.



<b>RPC</b>	( <i>Remote Procedure Call</i> ) Protokolla, jonka avulla voidaan kutsua toisten prosessien toimintoja samassa tai eri koneessa.
<b>RTP</b>	( <i>Real-Time Transport Protocol</i> ) Pääosin multimediasovelluksissa käytetty kuljetusprotokolla.
<b>RTSP</b>	( <i>Real-Time Streaming Protocol</i> ) Multimediavoiden yhteyden luontiin käytetty protokolla.
<b>Ryhmälähetys</b>	(engl. <i>Multicast</i> ) Lähetystapa, jossa lähetetään dataa määrätylelle vastaanottajajoukolle.
<b>SDI</b>	( <i>Serial Digital Interface</i> ) Tätä standardia käytetään korkealaatuisen pakkaamattoman videokuvan siirtoon.
<b>Set-top-box</b>	Päätelaite, joka muuttaa IPTV:n välityksellä tulevan signaalin analogiseksi television ymmärrettävään muotoon.
<b>Synkronointilukko</b>	(engl. <i>Mutex</i> ) Säieohjelmoinnissa käytettävä mekanismi, jolla saadaan kaksi säiettä synkronoitua keskenään.
<b>TCP</b>	( <i>Transmission Control Protocol</i> ) OSI-mallin kuljetuskerroksella toimiva yhteydellinen protokolla.
<b>TS</b>	( <i>Transport Stream</i> ) MPEG-2 vuo, jota käytetään esimerkiksi streaming-palveluissa.
<b>UDP</b>	( <i>User Datagram Protocol</i> ) OSI-mallin kuljetuskerroksella toimiva yhteydetön protokolla.
<b>VDSL</b>	( <i>Very high speed Digital Subscriber Line</i> ) Modeemitekniikka, joka käyttää datansiirtoon puhelinlinjoja.
<b>VoD</b>	( <i>Video-on-Demand</i> ) Videolähetysten reaaliaikaista vastaanottamista ja katselamista tilauspohjaisesti.
<b>Yhdeltä yhdelle - lähetys</b>	( <i>Unicast</i> ) Lähetystapa, jossa lähetetään dataa yhdeltä lähettäjältä yhdelle vastaanottajalle.
<b>Yleislähetys</b>	Lähetystapa, jossa paketit kulkeutuvat kaikille saman lähiverkon laitteille.
<b>XHTML</b>	( <i>eXtensible HyperText Markup Language</i> ) XML-sovellus, jolla voidaan tehdä WWW-sivuja.
<b>Xlet</b>	MHP-ohjelmoinnissa käytettävä termi MHP-ohjelmasta.
<b>XML</b>	( <i>eXtensible Markup Language</i> ) W3C:n määrittelemä kuvauskieli, jolla voidaan tuottaa rakenteisia dokumentteja.

# 1 Johdanto

Digitaaliset televisiolähetykset ovat tällä hetkellä tutkimuskohteena monesta eri näkökulmasta, koska eri puolilla maailmaa ollaan siirtymässä analogisesta digitaaliseen televisiolähetykseen. Suomessakin digitaalitelevisiolähetykset aloitettiin pääkaupunkiseudulla 1.9.2000, jonka jälkeen ne ovat laajentuneet kattamaan lähes koko maan ja siirtyminen rinnakkaisista analogisesta ja digitaalisesta lähetyksistä pelkkään digitaaliseen suoritetaan 31.8.2007 hallituksen periaatepäätöksen mukaisesti [1].

Siirtomedioiden digitaalisissa televisiolähetyksissä käytetään tällä hetkellä jo olemassa olevia verkkoja, kuten esimerkiksi antenni- ja kaapeliverkkoja, mutta uusia teknologioita kehitetään ja standardoidaan koko ajan. IPTV (*Internet Protocol TeleVision*) eli IP-verkkoja (*Internet Protocol*) siirtomedioidena käyttävä digitaalinen televisiolähetys on myös yksi mahdollinen vaihtoehto, joten sen mahdollisuuksien tutkiminen on aloitettu ja eriasteisia toteutuksia maailmalla on jo saatavillakin. Joitakin projekteja on viety jopa kaupalliselle asteelle, mutta ongelmana tässä on, että kaikki toteutukset ovat täysin valmistajakohtaisia eikä standardoituja ratkaisuja ole vielä olemassa.

IPTV on mielenkiintoinen vaihtoehto, koska käytettävä verkko olisi tällöin suoraan kaksisuuntainen, kun taas aikaisemmin esimerkkeinä mainitut antenni- ja kaapeliverkot ovat yksisuuntaisia yleislähetysverkkoja, joihin paluukanava täytyy toteuttaa erikseen. Siirtokanavan kaksisuuntaisuus mahdollistaa monien lisäpalveluiden yksinkertaisemman toteutuksen ja television liittämisen suoraan internettiin, joka tuo paljon lisäarvoa kodin viihdekeskukselle. Suurimman lisäarvon IPTV:n lisäpalveluista tuovat tilausvideot (engl. *Video-on-Demand*), jotka ovat reaaliaikaisesti palvelimelta lähetettyjä videoita. Tilausvideot voivat olla tulevaisuudessa vuokravideoiden korvaajia, koska katselun voi aloittaa heti kun haluaa, kotoa poistumatta.

Tämä tutkielma on tehty Jyväskylän yliopiston tietotekniikan laitoksen PalHaLa-projektille. Projektin lyhenne tulee sanoista ”Palvelun hallinta laajakaistaisissa ryhmälähetyksissä”. Tutkielma tutustuttaa lukijan ensinnäkin kaikkiin PalHaLa-projektissa toteutetussa pilottiverkossa käytettyihin protokolleihin ja standardeihin ja sen jälkeen kuvaa käytännön toteutuksen projektin IPTV-pilottiverkosta.

## 1.1 IPTV

IPTV:hen liittyviä standardeja ei ole vielä tähän mennessä laadittu, mutta digitaalisten videolähetysten standardointiin erikoistunut DVB-projekti (*Digital Video Broadcasting project*) on laatinut teknisen määrittelyn digitaalisen televisiolähetysten toteuttamisesta IP-verkoissa [30]. Tekninen spesifikaatio määrittelee muun muassa IPTV-lähetyksessä käytettävät protokollat sekä palveluiden mainostamiseen käytettävät protokollat ja tekniikat. Myös ISMA:lla (*Internet Streaming Media Alliance*) on IPTV-työryhmä, joka koostuu palveluntarjoajista ja laitevalmistajista. Sen tehtävänä on valvoa kehitteillä olevia standardeja ja spesifikaatioita, valvoa yhteensopivuutta sekä mainostaa sovelluksia, jotka läpäisevät yhdenmukaisuusvaatimukset [2]. IPTV:n kehittämisessä ovat mukana myös monet muut organisaatiot, joista esimerkkinä Pariisissa järjestettävä TVoDSL-konferenssi, joka järjestetään TV-lähetysten toteuttamisesta DSL-liittymien yli kiinnostuneille yrityksille [3].

Eri organisaatioiden ohella myös yritykset ovat kiinnostuneita IPTV:hen liittyvistä osa-alueista. Yritykset valmistavat muun muassa set-top-boxeja, ohjelmistoja sekä end-to-end-sovelluksia IPTV-asiakkaille. Set-top-box muuttaa IP-verkon kautta tulevan digitaalitelevisiolähetysten television ymmärtämään analogiseen muotoon. Set-top-boxeja valmistavat esimerkiksi seuraavat yritykset: Advanced Digital Broadcast, Amino Communications, Kreatel, Motorola, Pace Micro Technology, Samsung ja Siemens. Ohjelmistovalmistajia tai end-to-end-sovelluksia valmistavia yrityksiä ovat: Alcatel, Cisco systems, Ericsson, Espial, Microsoft, Nortel, Siemens ja UTStarcom. Mutta ongelmana yritysten sovelluksissa siis on, että yleisiä rajapintoja sovellusten välille tai muitakaan standardeja ei ole vielä luotu, joten yhteensopivuusongelmia ilmenee. Monet firmat tarjoavatkin end-to-end-sovelluksia eli toimittavat koko tarvittavan ohjelmiston itse.

Monet operaattorit ympäri maailmaa ovat kuitenkin tekniikan kehittymättömyydestä huolimatta jo aloittaneet kaupallisen IPTV-palvelun. Taulukossa 1.1 on esitelty IPTV-operaattoreita asiakasmäärineen eri puolilta Eurooppaa ja Aasiaa. Aasiassa asiakasmäärät ovat jo todella suuria, kun taas Euroopassa tekniikkaa aletaan ottaa vasta käyttöön.

Suomessakin on yksi yritys, joka on aloittanut kaupallisen IPTV-palvelun. Helsingissä sijaitseva Maxisat tarjoaa internet laajakaistapalveluita, joista yksi palvelu on Maxinetti IPTV-palvelut. Satelliittiohjelmapalveluja Maxisat tarjoaa pääkaupunkiseudulla noin 2000 talouteen [4].

Taulukko 1.1: IPTV operaattoreita maailmalla [2].

<b>Operaattori</b>	<b>Maa</b>	<b>Tilaaajien lkm</b>
Chunghwa Telecom	Taiwan	40000
Fastweb	Italia	161000
France Telecom	Ranska	100000+
Free Telecom	Ranska	160000+
Softbank	Japani	80000
PCCW	Hong Kong	416000
Telefonica	Espanja	40000
TeliaSonera	Ruotsi	117000

## 1.2 PalHaLa-projekti

PalHaLa oli Jyväskylän yliopiston tietotekniikan laitoksen tutkimusprojekti. Projektin nimi ”PalHaLa” on lyhenne sanoista: ”Palvelun hallinta laajakaistaisissa ryhmälähetyksissä”. Aikaväli, jolloin projekti toteutettiin oli 1.6.2004-31.5.2006. Yhteistyökumppaneina PalHaLa-projektissa toimivat Digita, Elisa / Kesnet, Yomi Service / SysopenDigia, SofiaDigital, Nokia Networks, Ortikon Interactive sekä TEKES.

Projektin päätavoite oli rakentaa pilottiverkko, jolla tarjotaan eri videopalveluja DSL-asiakkaille. Testivaiheen aikana tarjottiin asiakkaille digitaalinen televisiolähetys ja lisäarvopalveluita. Projektin tuotoksena syntyneitä dokumentteja ovat kaksi erikoistyötä, kaksi kandidaatintutkielmaa, kaksi pro gradu -tutkielmaa ja seitsemän konferenssiartikkelia. Tämä opinnäyte toimii pohjana projektin raportille, jossa kootaan yhteen kaikki tuotokset. Tärkeimpänä projektin tuotoksena on pilottiverkko, joka on myös tämän dokumentin tärkein osio. Oma tehtäväni projektissa oli dokumentoida pilottiverkko ja toteuttaa lisäarvopalveluita kokoava PalHaLa-portaali.

## 1.3 Tutkimusongelma

Tässä tutkielmassa tutkitaan IPTV-palveluiden toimivuutta laajakaistaisissa verkoissa. IPTV-standardit ovat vasta muotoutumassa, joten PalHaLa-projektissa testattiin käytännössä miten IPTV-palvelu saadaan toteutettua ADSL-verkossa tämänhetkisinä tekniikoilla. Testauksessa tärkeimpänä tekniikkana on ryhmälähetys ja sen toiminta ADSL-verkoissa.

Lisäksi tutkitaan millaisia lisäpalveluita voitaisiin tarjota IPTV-asiakkaille ja ideoiden pohjalta toteutetaan palveluita pilottiverkon asiakkaiden käytettäväksi. Lisä-

palveluiksi mahdollisia vaihtoehtoja ovat muun muassa tilausvideot (engl. *Video-On-Demand*) ja pelit. Toteutetut lisäpalvelut dokumentoidaan tässä opinnäytteessä.

## **1.4 Tutkielman rakenne**

Luku 2 kertoo lyhyesti projektissa käytetyistä tekniikoista. Luku 3 kertoo tarkemmin digitaalisessa televisiolähetyksessä käytetyistä standardeista ja tekniikoista. Luku 4 kuvaa PalHaLa-projektissa toteutetun pilottiverkon rakenteen, luku 5 projektin aikana toteutetun PalHaLa-portaalin ja luku 6 päättää opinnäytteen.

## 2 Käytettyjä protokollia ja tekniikoita

Tässä luvussa kerrotaan lyhyesti pilottiverkon toteuttamiseen käytetyistä tekniikoista ja protokollista. Kappaleessa tutustutaan lähetystekniikkaan ja muutamiin protokoliin, joita käytetään autentikointiin, reititykseen ja multimediasyhteyksien luontiin ja multimediatatan lähettämiseen.

### 2.1 Ryhmälähetys

Internetin kehittymisen myötä on tullut markkinoille uusia sovelluksia, joita varten on tullut tarvetta lähetystapojen kehittämiseksi. Lähettäminen normaalilla yhdeltä yhdelle (*engl. unicast*) -tekniikalla olisi lähettäjälle ja verkolle liian raskasta tilanteessa, jolloin yhden lähettäjän on lähetettävä dataa monelle vastaanottajalle.

Ryhmälähetys (*engl. multicast*) on datan lähettämistä nolalle tai monelle vastaanottajalle verkossa yhden ryhmäosoitteen avulla, joka määrittää vastaanottajien ryhmän [5]. Esimerkiksi vastaanottajat A, B, C ja D ovat assosioitu ryhmäosoitteeseen X. Kun paketti lähetetään osoitteeseen X, se toimitetaan kaikille ryhmään kuuluville vastaanottajille.

Ryhmälähetys kuormittaa lähettäjää vain saman verran kuin datan lähettäminen yhdelle vastaanottajalle. Mikäli ryhmässä on enemmän vastaanottajia ryhmälähetysreitittimet monistavat lähetetyn paketin monelle vastaanottajalle siten, että monistaminen tapahtuu aina mahdollisimman lähellä vastaanottajasolmua, jolloin verkon rasitus saadaan minimoitua. Ryhmälähetykseen on kehitetty monia reititysprotokollia, kuten esimerkiksi PIM-SM (*Protocol Independent Multicast - Sparse Mode*) [6], PIM-DM (*Protocol Independent Multicast - Dense Mode*) [7], DVMRP (*Distance-Vector Multicast Routing Protocol*) [8] sekä MOSPF (*Multicast Extension to Open Shortest Path First*) [9].

Jäsenyys ryhmään on dynaaminen eli ryhmään voi liittyä ja ryhmästä voi poistua minä ajanhetkenä hyvänsä. Paikkaa tai jäsenien lukumäärää ei ole rajoitettu ryhmissä ja yksi voi kuulua myös moneen ryhmään. Ryhmään kuulumattomatkin voivat lähettää dataa ryhmäosoitteeseen. Ryhmä voi olla joko pysyvä tai tilapäinen ja pysyville ryhmille on määritetty varatut IP-osoitteet. Pysyvä ryhmä säilyy, vaikka sen jäsenien määrä vähenee nolnaan, mutta tilapäinen ryhmä poistuu tässä tilanteessa käytöstä. Ryhmäosoitteet, joita ei ole varattu pysyville osoitteille on varattu tilapäisille osoitteille.

Ryhmälähetyksiin käytetään D-luokan IP-osoiteavaruutta eli osoitteiden 224.0.0.0 ja 239.255.255.255 väliin jäävää aluetta. 224.0.0.0 on osoite, jota ei varata minkään ryhmän käyttöön ja 224.1.1.1 on varattu ryhmälle, johon kuuluvat kaikki aliverkon jäsenet. Muiden tunnettujen pysyvien ryhmien ryhmälähetysosoitteet on julkaistu IANA:n (*Internet Assigned Numbers Authority*) määrityksissä [10].

### 2.1.1 PIM

Tällä hetkellä PIM-SM on suositelluin ryhmälähetyksen protokollista, koska se ei ole riippuvainen yhdeltä yhdelle -reititysprotokollasta, ryhmän jäsenet voivat liittyä eksplisiittisesti ja ryhmälähetykspuuta voidaan vaihtaa jaetusta puusta lyhyimmään polun puuksi. Se ei ole kuitenkaan tähän mennessä vielä laajalle levinnyt internetissä. PIM-SM-protokollan toteutuksen monimutkaisuus ja kontrolliviestien tuoma kuormitus ovat tähän mennessä haitanneet protokollan leviämistä. Kyseiset asiat ovat myös tällä hetkellä tutkijoiden päätutkimuskohteita.

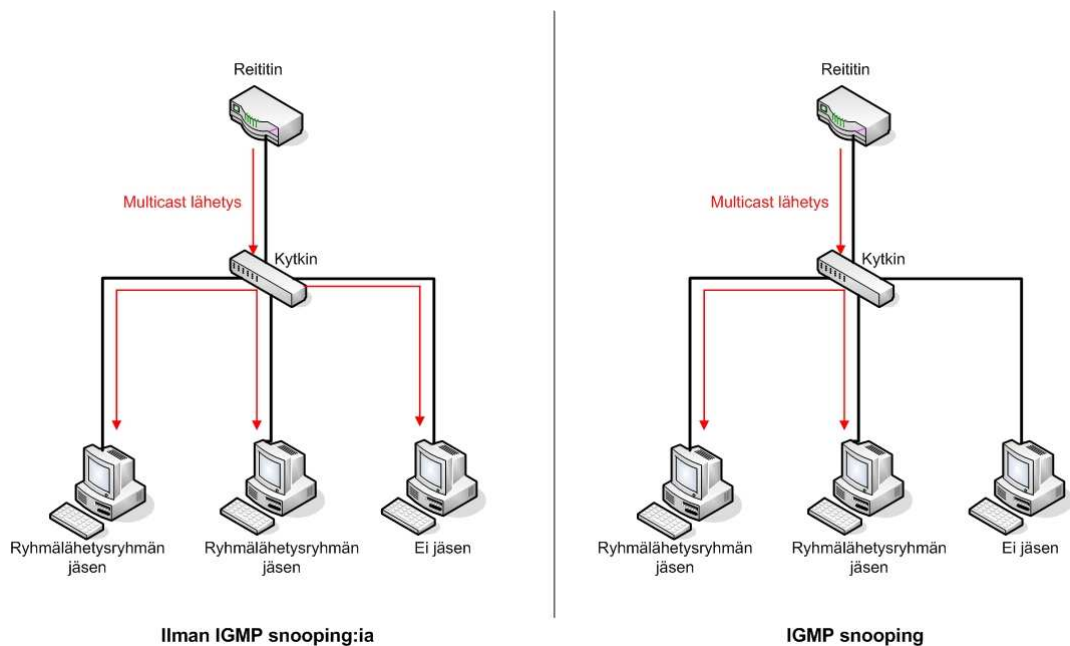
PIM-DM on toinen protokollan variaatio, joka on tarkoitettu käytettäväksi, kun käyttäjiä on tiheästi. Protokolla luo aina optimaalisten polkujen puun reititykseen. Protokolla ei ole niin yleisessä käytössä kuin PIM-SM.

Eri variaatioita käytetään myös yhdistettynä niin sanottuna PIM-SM/DM-hybridiprotokollana. Tämä tarkoittaa, että protokollana käytetään PIM-SM:ää, mutta kun liikenne kasvaa tietyn rajan yli vaihdetaan käyttämään PIM-DM-protokollaa.

### 2.1.2 IGMP

Reitittimet ja isäntäkoneet käyttävät IGMP:tä (*Internet Group Management Protocol*) IPv4-ryhmälähetyksissä ryhmästä poistumisen ja ryhmään liittymisen ilmoittamiseen läheisille ryhmälähetyksreitittimille. IGMP:stä on tehty jos kolme eri versiota, joista uusin on määritelty vuonna 2002 [14].

Koska IGMP toimii IP-protokollan päällä eivät MAC-tasolla toimivat kytkimet pysty tietämään mitkä vastaanottajat kuuluvat mihinkin ryhmälähetyksryhmään. Tätä varten on kehitetty ”IGMP snooping”-tekniikka, joka tutkii milloin verkossa kulkee IGMP-viestejä ja tallentaa ne omaan muistiinsa. Ilman ”IGMP snooping”-tekniikkaa kytkin lähettää ryhmälähetyksen pakettit yleislähetyksenä (*engl. broadcast*) eli kaikki aliverkon jäsenet saavat ryhmälähetyksen vaikka eivät kuuluisikaan ryhmään. ”IGMP snooping”-tekniikan avulla kytkin saa tietää ketkä aliverkon jäsenet kuuluvat kuhunkin ryhmälähetyksryhmään ja osaa lähettää pakettit oikeille vastaanottajille. Kytkimien toimintaa eri tilanteissa on kuvattu kuvassa 2.1.



Kuva 2.1: Kytkimien toiminta eri tilanteissa.

## 2.2 RTP ja RTSP

Tässä kappaleessa esitellään pilottiverkossa multimedialähetyksissä käytettyjä protokollia. RTSP:tä (*Real-Time Streaming Protocol*) käytetään yhteyden hallintaan ja RTP:tä (*Real-Time Transport Protocol*) kuljetusprotokollana. Protokollista RTSP:tä käytetään VoD-sovelluksissa ja RTP:tä IPTV:ssä ja VoDeissa.

RTSP on tarkoitettu yhden tai useamman multimediamiuvon kontrollointiin. Protokolla hoitaa signaloinnin yhteyden luomisessa ja sen jälkeen hallinnoi yhteyttä. RTSP on sovellustason protokolla, joten se ei ota kantaa kuljetustason protokollaan. Käytettävänä protokollana voi olla esimerkiksi TCP tai UDP. RTSP ei myöskään ota kantaa miten videovuon streamaus on toteutettu. Yhteyden luomisen jälkeen RTSP:llä voi kontrolloida vuota videonauhurin tapaan. Protokollassa on viestityypit streamauksen aloittamiseen, taukoon, kelaukseen ja pysäyttämiseen. Tarkempaa tietoa RTSP:stä löytyy viitteestä [11].

RTP tarjoaa datankuljetukseen tarvittavat toiminnot sovelluksille, jotka lähettävät reaaliaikaista dataa, kuten esimerkiksi videolähetystä. RTP tukee sekä yhdeltä yhdelle -lähetystekniikkaa että ryhmälähetystä. RTP on myöskin riippumaton allaolevasta lähetystekniikasta, joten sitä voidaan käyttää RTSP:n tavoin esimerkiksi TCP:n tai UDP:n päällä. RTP:hen kuuluu kaksi osaa: RTP, protokolla datan kuljetukseen ja RTCP (*Real-Time Transport Protocol*), protokolla, jolla voidaan monitoroida palvelunlaatua ja jäsenien tietoja meneillään olevassa sessiossa. Lisää tietoa RTP:stä löytyy



viitteestä [12].

## 2.3 DSL-tekniikat

DSL-tekniikoilla (*engl. Digital Subscriber Line*) tarjotaan laajakaistaisia internet-palveluita käyttämällä liittymänä runkoverkkoon jo olemassa olevia puhelinlinjoja. DSL-perheeseen kuuluu monia eri tekniikoita kuten esimerkiksi ADSL (*engl. Asymmetric DSL*), VDSL (*engl. Very-High-Data-Rate DSL*) ja HDSL (*engl. High-Speed DSL*). DSL-tekniikoita on sekä symmetrisiä että asymmetrisiä. Symmetriset tekniikat tarjoavat saman yhteysnopeuden verkosta käyttäjälle ja käyttäjältä verkkoon, kun taas asymmetriset tekniikat tarjoavat isomman nopeuden verkosta käyttäjälle kuin käyttäjältä verkkoon. Kappale on perustuu lähteeseen [13].

### 2.3.1 ADSL

ADSL on asymmetrinen DSL-tekniikka, joka pystyy siirtämään tietoa pitkiäkin välimatkoja. Sen tarjoama tiedonsiirtonopeus on riittävä yksityisille käyttäjille sekä pienyrityksille. Suurin osa internet sovelluksista ja käyttötavoista vaatii paljon enemmän kaistaa verkosta käyttäjälle kuin käyttäjältä verkkoon, joten asymmetrisyys tekee ADSL:stä tehokkaan juuri normaaliin internetkäyttöön.

ADSL-tekniikka käyttää puhelinlinjoja siten, että se jakaa ne kolmeen kanavaan: käyttäjältä verkkoon -kanava, verkosta käyttäjälle -kanava ja kanava puhelinpalvelulle (*engl. POTS, Plain Old Telephone Service*) tai ISDN kanava (*engl. Integrated Services Digital Network*). Datansiirtokanavat on erotettu puhelinpalveluille varatuista kanavista, jotta ADSL:n virheellisen toiminnan aikana olisi silti mahdollistaa soittaa normaaleja puheluita.

ADSL liittymätyyppien nopeudet vaihtelevat paljon riippuen liittymätyypistä, lähetysmatkan pituudesta ja verkon kunnosta. Normaalin ADSL-liittymän nopeus käyttäjältä verkkoon (*engl. upstream*) on maksimissaan 800 kilobittiä sekunnissa ja verkosta käyttäjälle (*engl. downstream*) 7 Megabittiä sekunnissa. Taulukossa 2.1 on listattu muutamia normaalin ADSL-liittymän verkosta käyttäjälle nopeuksia eri johtimien paksuuksilla ja nopeuksilla johtimen ja välimatkan vaikutuksen näyttämiseksi. ADSL2 ei tuonut rajuja muutoksia tiedonsiirtonopeuksiin. Verkosta käyttäjälle nopeus on maksimissaan 1 Megabitti sekunnissa ja verkosta käyttäjälle 8 Megabittiä sekunnissa. ADSL2+:n nopeus eroaa huomattavasti edeltäjistään. Nopeus verkosta käyttäjälle maksimissaan 24 Megabittiä sekunnissa ja käyttäjältä verkkoon 1 Megabitti sekunnissa. Nämä ovat kuitenkin vain maksiminopeuksia, jotka pienenevät, kun lähetysmatka kasvaa.

Taulukko 2.1: Normaalin ADSL-liittymän nopeudet eri johtimien paksuuksilla ja välimatkoilla.

Nopeus	Johtimen paksuus	Välimatka
1.5 tai 2.0 Mbit/s	0.5 mm	5.5 km
1.5 tai 2.0 Mbit/s	0.4 mm	4.6 km
6.1 Mbit/s	0.5 mm	3.7 km
6.1 Mbit/s	0.4 mm	2.7 km

### 2.3.2 VDSL

VDSL on DSL-tekniikka, joka on suunniteltu sekä symmetriseksi, että asymmetriseksi. Muuten VDSL eroaa ADSL:stä siten, että runkoverkko tuodaan siinä lähemmäksi päätelaitetta, jolloin voidaan tarjota suurempia nopeuksia. Maksimikantama VDSL-tekniikalla on noin 1.5 km, mutta nopeus putoaa silloin hyvin pieneksi. Tämän takia myös VDSL:n lähetystekniikka on huomattavasti yksinkertaisempi. Normaali VDSL tarjoaa maksimissaan verkosta käyttäjälle 55 Megabitin ja käyttäjältä verkkoon 15 Megabitin nopeuden.

VDSL:stä on kehitteillä myös uudistettu versio VDSL2, joka on monelta osin parempi edeltäjäänsä verrattuna. VDSL2 nopeus parhaimmillaan on 100 Megabittiä molempiin suuntiin, se pystyy yhtä pitkiin lähetysmatkoihin kuin ADSL2+ ja se on yhteensopiva ADSL-standardien kanssa ja se tukee palvelunlaatuomintoja (*engl. QoS, Quality of Service*).

## 2.4 RADIUS

RADIUS (*engl. Remote Authentication Dial In User Service*) on autentikointiprotokolla, joka on alunperin tarkoitettu käytettävän modeemipalveluissa [15]. Nykyään protokolla on laajassa käytössä monissa muissakin tilanteissa. Tässä kappaleessa esitetty kuvaus esittää RADIUS-protokollan käytön PPP-protokollan (*Point-to-Point Protocol*) yhteydessä. RADIUS:sta on kuitenkin mahdollista käyttää myös muiden protokollien yhteydessä ja ottaa käyttöön muitakin attribuutteja kuin tässä kappaleessa mainitut.

RADIUS-protokolla toimii RADIUS-palvelimella, johon RADIUS-asiakkaat ottavat yhteyden käyttäen protokollaa. Asiakkaana toimivat NAS (*Network Access Server*)-laitteet, kuten esimerkiksi palvelimet tai reitittimet. RADIUS-asiakkaan käyttäjä syöttää autentikointitiedon asiakkaalle, joka suorittaa autentikoinnin käyttäen RADIUS-protokollaa. Tätä varten asiakas luo ”Access-Request” -viestin, joka koostuu käyttäjän

nimestä, salasanasta, asiakkaan tunnisteesta ja portin tunnisteesta, johon käyttäjä ottaa yhteyttä. Salasana on suojattu käyttämällä MD5-algoritmia.

”Access-Request” -viesti toimitetaan RADIUS-palvelimelle, joka ensimmäiseksi yrittää validoida asiakkaan. Jos asiakas on validi yrittää palvelin tunnistaa seuraavaksi käyttäjän tietokannasta viestiin liitettyjen tietojen perusteella. Tietokannasta palvelin saa selville vaatimukset, joiden pitää täytyä tämän käyttäjän autentikoimiseksi. Nämä ehdot sisältävät salasanan ja mahdollisesti portin tai portit ja asiakkaan tai asiakkaat mihin käyttäjä voi ottaa yhteyden. Palvelin voi myös yrittää tunnistamista muilta palvelimilta.

Jos joku ehdoista ei toteudu niin palvelin lähettää ”Access-Reject” -vastauksen, joka tarkoittaa, että autentikointi epäonnistui. Mikäli kaikki ehdot toteutuu eli autentikointi onnistui voi RADIUS-palvelin sen jälkeen lähettää ”Access-Challenge”- tai ”Access-Access” -viestin.

”Access-Access” viesti lähetetään vastauksena mikäli kaikki tiedot ovat oikein eli, kun autentikointi on onnistunut. Viestiin liitetään kaikki tiedot tarjottavasta palvelusta ja konfiguraatiot, joita tarvitaan kyseisen palvelun tarjoamiseen.

”Access-Challenge” -viesti lähetetään asiakkaalle mikäli RADIUS-palvelin haluaa varmistaa käyttäjän oikeellisuuden. Tässä viestissä lähetetään viesti käyttäjälle, johon käyttäjän tulee vastata ennalta määritetyllä tavalla. Tämä ei kuitenkaan ole välttämättä tuettu kaikissa asiakkaissa, jotka ottavat yhteyttä RADIUS-palvelimiin. Mikäli käyttäjä vastaa ”Access-Challenge” -viestiin vastaa palvelin siihen ”Access-Reject” -, ”Access-Access” - tai uudella ”Access-Challenge” -viestillä.

## 3 Digitelevisioon liittyviä standardeja

Tämä luku kertoo digitaalisessa televisiolähetyksessä käytettävistä standardeista ja tekniikoista sekä IPTV-tekniikasta. Aluksi käydään läpi tekniikat, joita käytetään digitaalitelevisiossa ja sen jälkeen selvitetään IPTV-tekniikkaa vertaamalla sitä aiemmin esitettyyn. Tekniikoilla on hyvin paljon yhteistä, mutta totetukset eroavat, sekä kuvan lähettämisessä, että lisäpalveluiden tarjoamisessa.

### 3.1 MPEG (*Moving Picture Experts Group*)

MPEG on yksi suosituimmista kuvan ja äänen pakkaustekniikoista. MPEG-komitea on osa JTC1:tä (*Joint Technical Committee*), joka on ISO:n (*International Standards Organization*) ja IEC:n (*International Electrotechnical Commission*) perustama. MPEG on suosittu, koska se ei ole pelkkä yksi standardi vaan joukko standardeja, jotka ovat sopivia monenlaisille sovelluksille. Komitea perustettiin vuonna 1988 ja tähän mennessä sen jäsenien määrä on kasvanut 15:sta monikymmenkertaiseksi ja se on luonut monia standardeja, kuten esimerkiksi MPEG-1, MPEG-2 ja MPEG-4. [19]

MPEG-1 (ISO/IEC 11172) oli ensimmäinen komitean luoma standardi ja se julkaistiin vuonna 1993. Se suunniteltiin pakkaamaan kuva- ja siihen liittyvää äänivuota 1.5 Mbps yhteisnopeudella, joka vastaa normaalin videonauhurin tasoa. Standardi sopii hyvin videokuvan toistoon CD-ROM levyiltä ja lähettämiseen verkossa. MPEG-1 ei määrittelyt vuon koodaajan toteutusta, kuvan laatua eikä myöskään koodauksen laatua. Tästä johtuen oli mahdollista kehittää koodaustekniikoita tekemättä muutoksia standardiin. Samaa mallia on käytetty kaikissa MPEG-standardeissa.

MPEG-2 (ISO/IEC 13818) on MPEG-1 -standardin laajennos, joka tarvittiin yleislähetystekniikoihin korkeammilla datanopeuksilla. Standardi pystyy pakkaamaan SDTV-kuvaa (*Standard Definition Television*) 3-15 Mbps ja HDTV-kuvaa (*High Definition Television*) 15-30 Mbps nopeudella. MPEG-2 laajentaa myös MPEG-1 -standardin äänikoodausta monikanavaiseksi surroundäänikoodaukseksi. [16]

MPEG-2 -standardi on tehty tukemaan eri bittinopeuksia, joten purkajia varten on luotu eri profiileja (engl. *Profiles*) ja tasoja (engl. *Levels*), jotta standardi olisi skaalautuva erilaisille sovelluksille. Profilit ovat eri osajoukkoja pakkaamiseen käytetyistä työkaluista ja tasot määrittelevät parametreja, kuten esimerkiksi nopeuden ja kuvakoon. Standardia käytetään tällä hetkellä muiden muassa digitaalisiin televisiolähetysiin ja

DVD-tallenteissa.

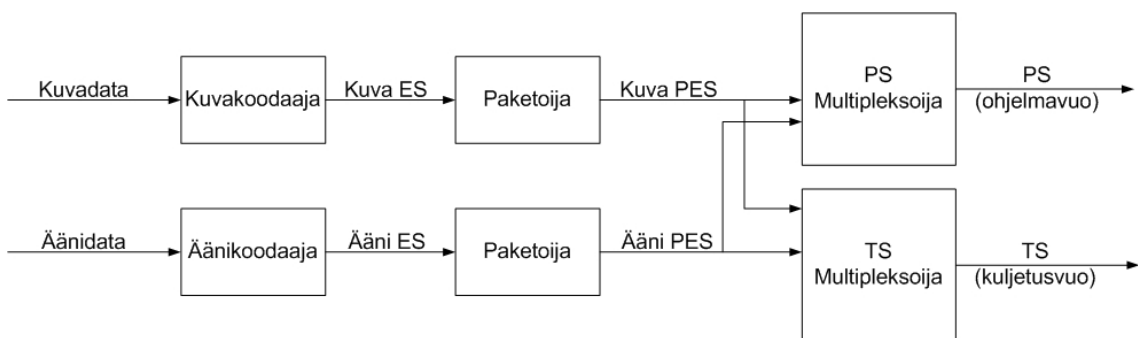
MPEG-4 -standardi (ISO/IEC 14496) tukee tehokkaampia pakkausmenetelmiä, on skaalautuvampi eri nopeuksille ja tukee interaktiivisuutta. Standardi oli alun perin suunnattu tukemaan paremmin pienempiä datanopeuksia. Nopeudet ovat välillä 5-64 kbps ja 2 Mbps [17].

Suurin ero edellisiin standardeihin verrattuna MPEG-4:ssä on objekteihin jakaminen. Alkuperäisestä kuvasta jaetaan eri kokonaisuudet objekteiksi, jotka voivat olla joko ääni- tai kuvaobjekteja. Tämän jälkeen kuvaan voi myös lisätä erillisiä, esimerkiksi tietokoneella luotuja objekteja. Jokainen objekti voidaan pakata eri menetelmällä sekä lähettää erikseen ja lopuksi ne liitetään yhteen ja näytetään vastaanottimessa.

### 3.1.1 MPEG-vuot

Tässä kappaleessa käsitellään tarkemmin MPEG-2 -standardin vuotyyppejä. Tämän tutkielman kannalta nämä vuotyypit ovat tärkeitä, koska MPEG-2 -standardi on käytössä DVB-standardissa, IPTV:ssä ja PalHaLa-testiverkossa, joista puhutaan myöhemmin tässä luvussa ja tulevilla luvuilla.

MPEG-2 -standardissa on määritelty kaksi vuotyyppiä perusvuoiden (engl. *ES*, *Elementary Stream*) yhdistämiseen: Ohjelma- ja Kuljetusvuo (engl. *PS*, *Program Stream*; *TS*, *Transport Stream*). Nämä vuot muodostetaan siten, että perusvuosta muodostetaan ensin paketoitu perusvuo (engl. *PES*, *Packetized Elementary Stream*), jonka jälkeen käyttötarkoituksesta riippuen paketoitu perusvuo lisätään dataksi ohjelma- tai kuljetusvuopaketteihin. Kuvassa 3.1 on kuvattu käsitteellinen rakenne ohjelma- ja kuljetusvuoiden luomisesta.



Kuva 3.1: MPEG Ohjelma- ja kuljetusvuoiden muodostaminen. [19]

Perusvuot ovat dataa, jonka kuvan tai äänen pakkaaja muodostaa. Perusvuoista muodostetaan paketoitua perusvuoita käsittelyn helpottamiseksi. Paketoitulla perusvuolla ei ole kiinnitettyä pakettikokoa vaan se vaihtelee sovelluksen mukaan.

Ohjelmavuo on perusvoiden yhdistelmä. Perusvuo voi olla, joko kuvaperusvuon ja ääniperusvuoiden yhdistelmä tai monen äänivuon yhdistelmä, jotka ovat synkronoitu yhteen. Paketit ovat vaihtelevan kokoisia ja yleensä ne ovat suurehkoja, koska ohjelmavuo on tarkoitettu käytettäväksi virheettömissä ympäristöissä, kuten esimerkiksi talletettaessa dataa esimerkiksi DVD:lle.

Kuljetusvuota käytetään, kun data halutaan lähettää verkon yli. Kuljetusvuo voi sisältää yhden tai monta perusvuota yhdistettynä. Pakettikoko kuljetusvuossa on vakio-kokoinen ja jokainen perusvuo täytyy varustaa myös kelloviitteellä (engl. *PCR, Program Clock Reference*), jotta vastaanottaja saa synkronoitua saapuvan datan.

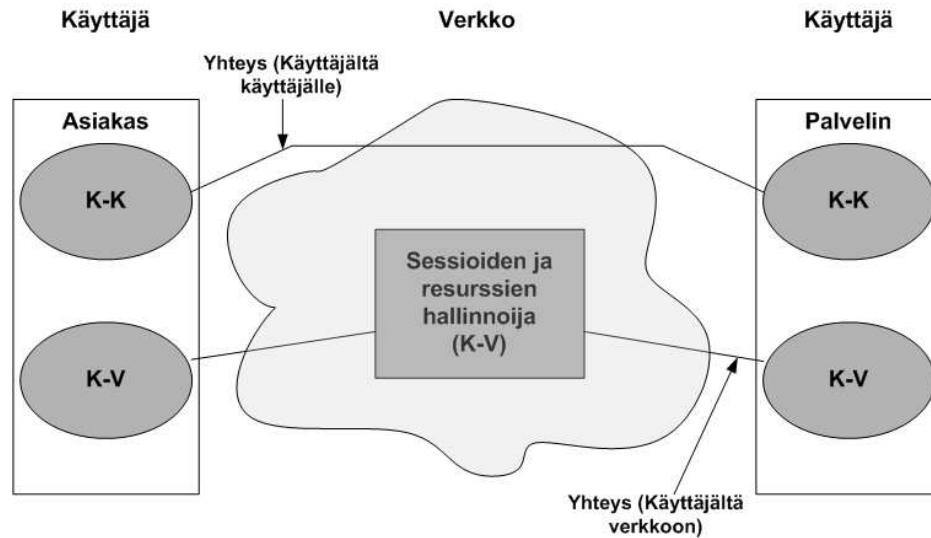
Koska kuljetusvuo voi sisältää monia eri perusvuoita on sen otsikkotiedoissa PID-kenttä (*Packet Identification*), joka kertoo minkälaisesta datasta paketti koostuu ja mahdollistaa vastaanottajan pakettien erottelun. Jotta vastaanottajapää saa tietää mitä kukin PID sisältää, lähetetään sille tiedot PSI-informaatiolla (*Program Specific Information*).

PSI-informaatio kuljetetaan eri tyyppisissä taulukoissa kantovuon sisällä. PAT (*Program Association Table*) sisältää jokaiselle ohjelmalle PID:n, joka kuuluu kyseisen ohjelman PMT:lle (*Program Map Table*). PAT-viestit käyttävät aina PID:ä 0. PMT taas sisältää kaikkien kyseiseen ohjelmaan kuuluvien pakettien PID:t. Yksi ohjelma ei siis tässä yhteydessä tarkoita esimerkiksi televisio-ohjelmaa vaan yhtä kokonaisuutta, kuten esimerkiksi kanavaa, johon voi kuulua monta eri perusvuota, kuten ääni- ja kuvaperusvuot. PAT sisältää myöskin PID:t NIT:ille (*Network Information Table*), jotka sisältävät lisätietoa ohjelmasta. Toinen taulu, jolle on olemassa kiinnitetty PID on CAT (*Conditional Access Table*), joka sisältää informaatiota vuon salauksesta. MPEG-2 -standardissa vain PAT ja PMT ovat pakollisia.

### 3.1.2 DSM-CC

DSM-CC (*Digital Storage Media - Command and Control*) on MPEG-2 standardin osa, joka määrittelee protokollajoukon, jonka avulla voidaan tarjota multimediasovelluksia laajakaistaverkoissa [18]. MPEG-2 -standardin ensimmäinen osio määrittää ensimmäisen version DSM-CC:stä, joka oli tarkoitettu voien kontrollointiin, mutta myöhemmin siitä tehtiin standardin oma osansa ja se on laajentunut monitasoisiviseksi. DSM-CC määrittelee nyt protokollat joilla on mahdollista tarjota kokonaisia multimediasovelluksia käyttäjälle.

DSM-CC määrittellään toiminnallisen viitemallin avulla (engl. *Functional Reference Model*), joka koostuu kolmesta pääkomponentista: palvelin(engl. *server*), asiakas(engl. *client*) ja verkko(engl. *network*). Toiminnallinen viitemalli on esitetty kuvassa 3.2. Ku-



Kuva 3.2: DSM-CC toiminnallinen viitemalli.

vassa on esitetty myös yhteystyypit, jotka ovat käyttäjältä käyttäjälle - ja käyttäjältä verkkoon -yhteydet. Verkko koostuu toiminnallisessa mallissa verkosta ja sessioiden ja resurssien hallinnoijasta (engl. *Session and Resource Manager*), joka on looginen kokonaisuus, joka tarjoaa keskitetyn resurssien ja sessioiden hallinnan. Käyttäjältä verkkoon -yhteys on viestintää käyttäjän ja sessioiden ja resurssien hallinnoijan välillä.

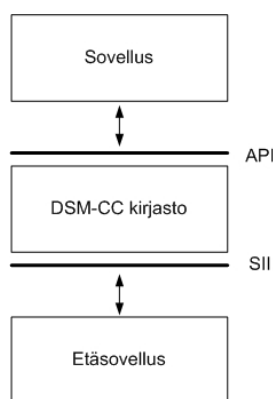
DSM-CC -määrittäminen kattaa kuusi erillistä protokolla-aluetta, joista jokainen on oma kokonaisuutensa, joten yhden kokonaisuuden toteutus ei riipu muista:

- Verkkosessio ja resurssien kontrollointi
- Asiakkaan konfigurointi
- Tiedostojen lataaminen asiakkaalle
- Videovuon kontrollointi
- Yleiset interaktiiviset sovellukset
- Yleiset yleislähetyssovellukset : data- ja objektikarusellit sekä digitaalisen yleislähetyskanavanvaihto

Tässä kappaleessa käydään läpi vain ”Yleiset interaktiiviset sovellukset” - ja ”Tiedostojen lataaminen asiakkaalle” -protokolla-alueita ja ”Yleiset yleislähetyssovellukset” -protokolla-alueen data- ja objektikarusellit, koska niitä käytetään DVB-standardissa.

DSM-CC:n käyttäjältä käyttäjälle osio määrittää API (*Application Portability Interface*)- ja SII (*Service Interoperability Interface*)-rajapinnat, jotka on esitelty kuvassa 3.3. Rajapinnat toimivat sekä lokaaleissa palveluissa että palveluissa, jossa on joko

yksi- tai kaksisuuntaista interaktiivisuutta. Lokaalit palvelut toteutetaan käyttämällä API-rajapintaa. Yksisuuntainen interaktiivisuus toteutetaan käyttäjältä käyttäjälle objektikaruselleilla (engl. *User-to-User Object Carousel*) ja API-rajapinnan avulla sekä kaksisuuntainen interaktiivisuus toteutetaan käyttämällä SII-rajapintaa. SII rajapinta toimii RPC:n (*Remote Procedure Call*) kautta [21].



Kuva 3.3: API ja SII rajapinnat.

Datakaruselli on verrattavissa analogisen televisiolähetysten mukana lähetettävää teksti-tv:hen. Jokainen teksti-tv:n sivu lähetetään vuorollaan ”karusellimaisesti” ja käyttäjä joutuu aina odottamaan pyytämäänsä sivua niin kauan, kun kyseinen sivu tulee lähetysvuoroon. Datakaruselli on jaettu moduuleihin, joita lähetetään samalla tavalla kuin sivuja teksti-tv:ssä. Datakaruselli lähetetään televisiolähetysten mukana kapseloituna MPEG-TS:n sisään. Objektikaruselli on rakennettu datakarusellin päälle ja se tarjoaa menetelmän, jolla voidaan toimittaa käyttäjille monimutkaisempia kokonaisuuksia, kuten esimerkiksi tiedostorakenteita.

### 3.2 DVB (*Digital Video Broadcasting*)

DVB-projekti(engl. *Digital Video Broadcasting project*) on vuonna 1993 perustettu konsortio, joka kehittää standardeja digitaaliseen televisiolähetykseen ja datansiirtoon liittyen [20]. Se ei kuitenkaan ole valtuutettu itse standardoimaan luonnoksiaan vaan ne lähetetään kansainvälisille standardointiorganisaatioille standardoitavaksi. DVB-projektiin kuuluu laitevalmistajia, verkko-operaattoreita ja muita tahoja yli 35:stä maasta ja sen suunnittelema standardeja on otettu käyttöön ympäri maailmaa digitaaliseen televisiolähetykseen.

DVB-standardi koostuu kymmenistä eri osista ja standardin osat on jaoteltu seuraaviin osiin [20]:



- pääsynvalvonta (engl. *Conditional Access*)
- interaktiivisuus (engl. *Interactivity*)
- rajapinnat (engl. *Interfacing*)
- internet protokolla (engl. *Internet Protocol*)
- mittaus (engl. *Measurement*)
- MHP (engl. *Multimedia Home Platform*)
- multipleksointi (engl. *Multiplexing*)
- tekstitys (engl. *Subtitling*)
- lähettäminen (engl. *Transmission*).

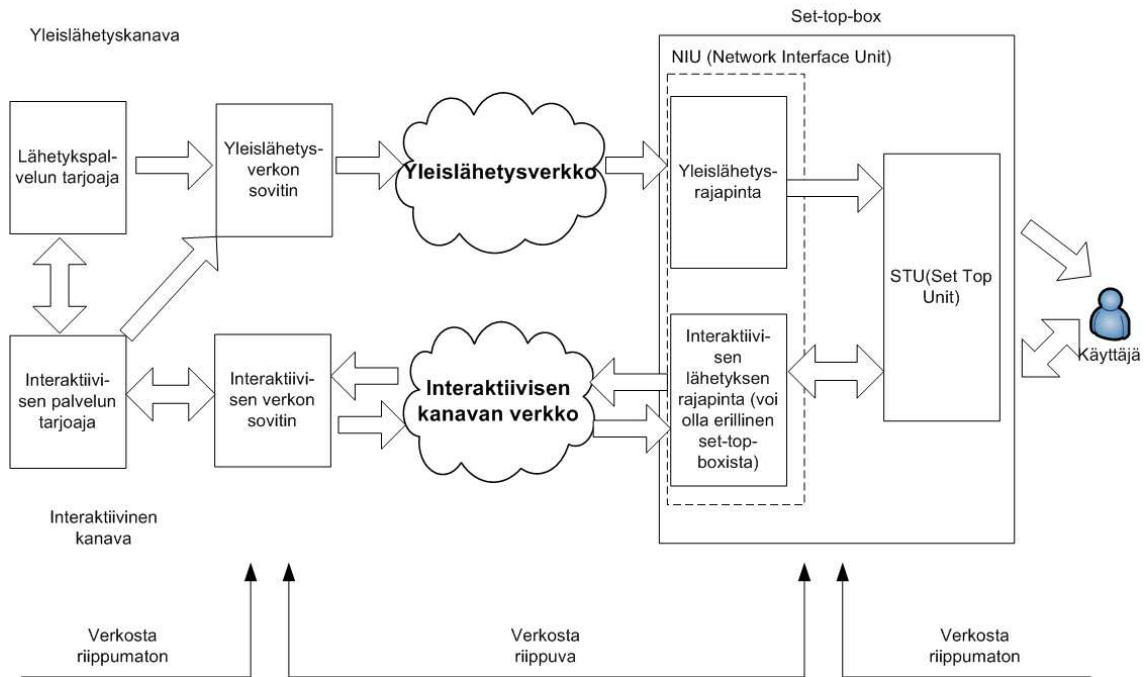
Tässä kappaleessa perehdytään vain niihin osiin standardista, jotka ovat tutkielman kannalta oleellisia, koska standardi on liian laaja esitettäväksi tässä kokonaisuudessaan. MHP-standardista puhutaan kappaleessa 3.3.

DVB-standardien kokonaisuutta voidaan tarkastella standardissa [22] määritetyn interaktiivisten DVB-järjestelmien yleisellä viitemallilla, joka on esitetty kuvassa 3.4. Jos halutaan toteuttaa interaktiivisia palveluita käyttäjälle täytyy interaktiokanava toteuttaa käyttäjän ja palveluntarjoajan välille, mutta se ei kuitenkaan ole pakollinen.

Kuvassa esitetty yleislähetyskanava voi kulkea antenni-, kaapeli- tai satelliittiverkon kautta. Kaikkiin eri verkkoihin on määritetty omat lähetystekniikat standardin ”lähettäminen”-osiossa. Eri verkkoihin on olemassa myös monenlaisia variaatioita standardeista eri lähetystekniikoille. Esimerkiksi antenniverkossa lähettämiseen, jossa vastaanottajina on kannettava laite, on kehitetty oma standardinsa.

Kuvassa on esitetty myös interaktiokanava, jonka kautta käyttäjä ja palveluntarjoaja voivat kommunikoida keskenään. Standardin ”interaktiivisuus”-osio määrittelee eri toteutustavat interaktiokanavan toteuttamiseen. Interaktiokanava voidaan toteuttaa esimerkiksi PSTN:n (*Public Switched Telecommunications Network*) tai ISDN:n (*Integrated Services Digital Networks*) kautta.

DVB-lähetyksen mukana täytyy luonnollisesti lähettää paljon muutakin informaatiota kuin kuvaa, ääntä ja dataa interaktiivisiin sovelluksiin liittyen. Käyttäjälle täytyy lähettää tietoa lähetyksen sisällöstä, jotta käyttäjä osaa käsitellä saamaansa dataa oikein. Tätä varten käytetään palvelutietoja (engl. *Service Information*), jotka on laajennettu versio MPEG-2-TS-PSI:stä.



Kuva 3.4: Yleinen viitemalli interaktiivisille DVB-järjestelmille. [22]

Kuva 3.4 myös jakaa mallin kahteen eri kokonaisuuteen: verkosta riippuvat ja verkosta riippumattomat protokollat. Seuraavissa kappaleissa tarkastellaan DVB-standardia tämän jaottelun pohjalta sekä viimeisessä kappaleessa esitellään palvelutietoja hieman tarkemmin.

### 3.2.1 Verkosta riippuvat protokollat

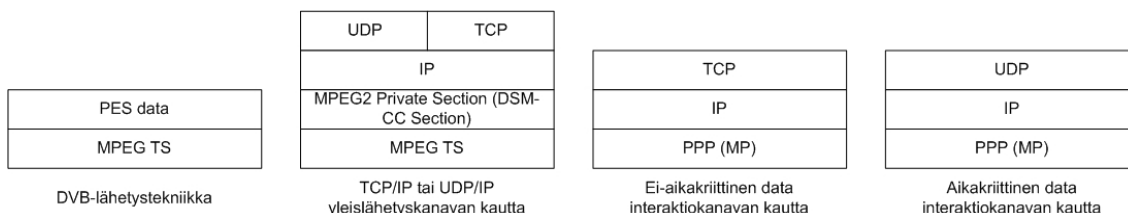
Verkosta riippuvat protokollat määrittävät lähetyksen fyysisen toteutuksen eri siirto-medioille sekä yleislähetyksen toteuttamiseen että interaktiokanavan toteuttamiseen. Molemmat osa-alueet sisältävät lukuisia eri standardeja, joten tässä aliluvussa käydään kaikkiin eri standardeihin yleiskatsaus. Taulukossa A on listattu standardit, jotka määrittelevät eri lähetystekniikat.

Liitteen A taulukko on jaettu kahteen osaan: yleislähetyksen standardit ja interaktiokanavan standardit. Yleislähetyksen standardit osassa listataan eri yleislähetysverkoissa käytettävät tekniikat video-, ääni- ja muun datan lähettämiseen. Interaktiokanavan standardeissa käydään kaikki tähän mennessä määritetyt standardit interaktiivisen kanavan toteuttamiseen.

### 3.2.2 Verkosta riippumattomat protokollat

Verkosta riippumattomien protokollien avulla suoritetaan kaikki datansiirto käyttäjän ja palveluntarjoajan välillä. Lähetettävä data koostuu ääni- ja kuvadatasta sekä sovelluksiin liittyvästä datasta ja interaktiivisiin palveluihin liittyvästä kontrollidatasta. DVB-standardissa interaktiivisille palveluille on määritelty viisi loogista kanavaa, joilla on oma tehtävänsä eri datan siirrossa. Loogiset kanavat on vielä voitu jakaa osiin yleislähetyskanava- ja interaktiokanavapuolen toimintoihin. Kaikkia loogisia kanavia ei ole pakollista toteuttaa. Luku perustuu lähteisiin [22] ja [21].

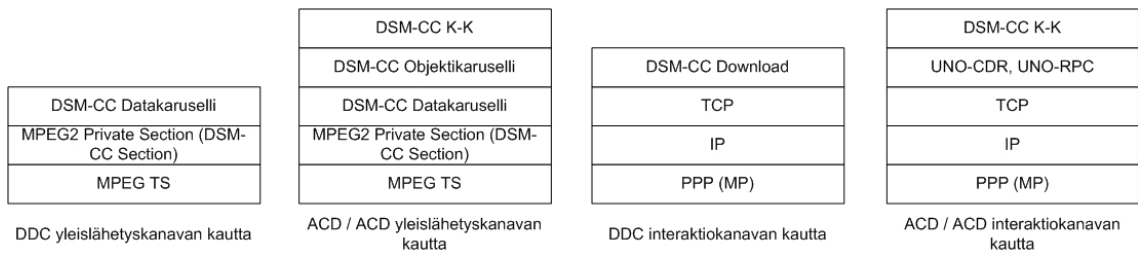
Looginen kanava 1 on yksisuuntainen kanava yleislähetyspalvelun tarjoajalta käyttäjälle ja kaksisuuntainen kanava interaktiivisen palvelun tarjoajalta käyttäjälle. Lähetettävä data on video-, ääni- ja sovelluksiin liittyvää dataa. Data voidaan lähettää yleislähetyskanavaa pitkin käyttämällä normaalia DVB-lähetystapaa eli sisällyttämällä data MPEG-TS:n sisään tai sisällyttämällä IP-paketteja MPEG-TS:n sisään käyttämällä MPE-tekniikkaa (engl. *Multi-protocol Encapsulation*). Interaktiokanavalla tiedon- siirtoon käytetään PPP-protokollaa (engl. *Point-to-Point Protocol*), jonka päällä käytetään, joko TCP/IP- (engl. *Transmission Control Protocol*) tai UDP/IP-protokollia (engl. *User Datagram Protocol*) lähetettävän datan aikakriittisyydestä riippuen. Kuvassa 3.5 on esitetty eri tilanteiden protokollapinit.



Kuva 3.5: Loogisen kanavan 1 protokollapinit.

Looginen kanava 2 on kaksisuuntainen kanava set-top-box:in sovelluskerrokselta palveluntarjoajalle. Kanavalla lähetetään sekä yleislähetyskanavan että interaktiokanavan kautta sovelluksiin liittyvää kontrollidataa DDC (engl. *Data Download Control*) ja ACD/ACD (engl. *Application Control Data / Application Communication Data*). Yleislähetyskanavalla käytetään protokollana kappaleessa 3.1.2 määriteltyjä DSM-CC:n protokollia MPEG-TS:n päällä ja interaktiokanavalla käytetään myös DSM-CC:n protokollia, mutta vain TCP/IP:n päällä. Protokollapinit eri datan lähettämiseen on esitetty kuvassa 3.6.

Looginen kanava 3 ei ole yleensä käytössä DVB-palveluissa. Se on kaksisuuntainen kanava, joka on tarkoitettu session hallintaan käyttäjän tai palveluntarjoajan ja sessioiden hallinnoijan välillä. Looginen kanava 4 on kaksisuuntainen kanava resurssien



Kuva 3.6: Loogisen kanavan 2 protokollapinit.

kontrollointiin ja soiton yhdistämiseen, mutta se on riippuvainen verkosta, joten sitä ei ole määritelty tässä kappaleessa. Looginen kanava 5 on yksisuuntainen kanava käyttäjältä palveluntarjoajalle, joka on tarkoitettu käyttäjän rajapintojen tunnistamiseen, jotta palveluntarjoaja voi päätellä mitä dataa käyttäjälle lähetetään. Kanava on myös tarkoitettu mahdolliseen verkon hallintaan.

### 3.2.3 Palvelutiedot (engl. *Service information*)

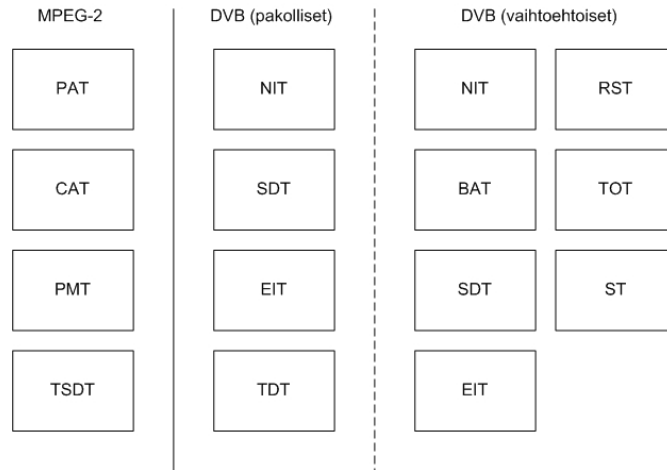
Palvelutietoja lähetetään DVB-lähetysten mukana, jotta käyttäjä saisi enemmän tietoa lähetettävästä datasta ja pystyisi käsittelemään sitä oikein. Palvelutiedot on suurimmaksi osaksi DVB-standardin määrittämiä, mutta osa niistä on peräisin MPEG-standardista. DVB-laajentaa MPEG-standardissa määritettyjä ohjelmakohtaisia palvelutietoja (engl. *Program Specific Information*), jotka on esitetty kappaleessa 3.1.1.

Kuvassa 3.7 on esitetty kaikki palvelutietotaulukot, jota käytetään DVB:ssä ja liitteessä B kuvataan lyhyesti kaikkien taulukoiden käyttötarkoitus. Ohjelmakohtaiset palvelutiedot lähetetään aina sen MPEG-TS:n mukana, jonka tietoja ne kantavat, kun taas muut DVB:ssä määritetyt palvelutiedot voivat kulkea eri kantovuon sisällä tai jopa eri verkossa.

## 3.3 MHP (*Multimedia Home Platform*)

MHP on DVB-projektin suunnittelema standardi, joka määrittelee teknisen toteutuksen päätelaitteeseen toteutettavien sovellusten vastaanottamiseen ja suorittamiseen [27]. MHP laajentaa jo olemassaolevaa DVB -standardia näiden toimintojen osalta.

MHP-standardissa on määritelty kolme sovellusaluetta (engl. *Application areas*): Tehostettu yleislähetys (engl. *Enhanced Broadcasting*), interaktiivinen yleislähetys (engl.



Kuva 3.7: Palvelutiedot DVB:ssä.

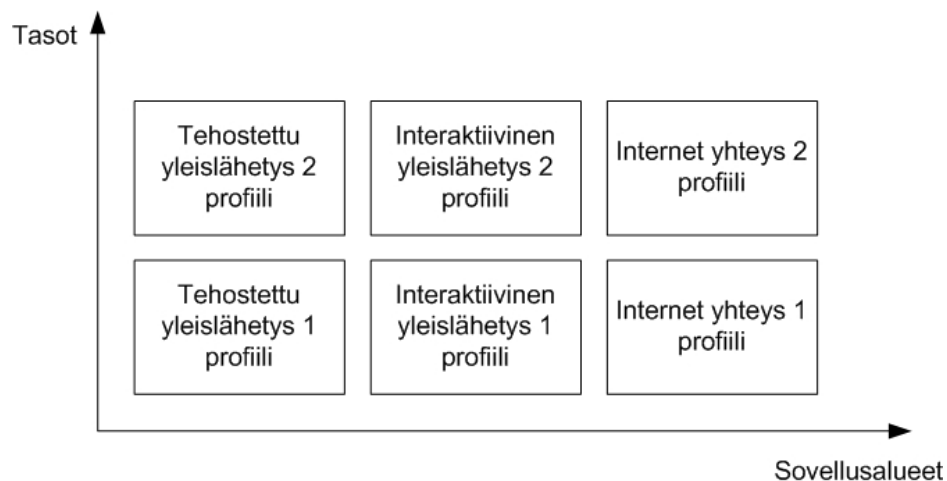
*Interactive Broadcasting*) ja internet yhteys (engl. *Internet Access*). Tehostettu yleislähetys yhdistää digitaalisen yleislähetysten ladattavilla sovelluksilla, jotka pystyvät paikalliseen interaktiivisuuteen, joten tämä sovellusalue ei vaadi paluukanavaa. Interaktiivinen yleislähetys -sovellusalue sijoittuu kolmen edellämainitun välimaastoon. Se tarjoaa joitakin interaktiivisia palveluja ja tarvitsee interaktiokanavan(engl. *Interaction Channel*). Internet yhteys -sovellusalue on tarkoitettu internet-palveluiden tarjoamiseen päätelaitteen kautta, joten se luonnollisesti myöskin tarvitsee tehokkaamman interaktiokanavan. Se tarjoaa myös yhteyden yleislähetys- ja internet-palveluiden välille.

Kaikki toteutukset eivät kuitenkaan tue kaikkia sovellusalueita ja nykyiset sovellusalueet myös kehittyvät, joten sovellusalueet on jaettu profiileihin (engl. *Profile*). MHP 1.1 -määrittelyssä on sovellusalueet jaettu kuvan 3.8 esittämällä tavalla. Alemman tason profiilit ovat aina samalla sovellusalueella ylemmän tason osajoukkoja sekä tehostettu yleislähetys on interaktiivisen yleislähetysten osajoukko. Muut profiilien ja sovellusalueiden väliset riippuvuudet on jätetty myöhempien standardien määriteltäväksi.

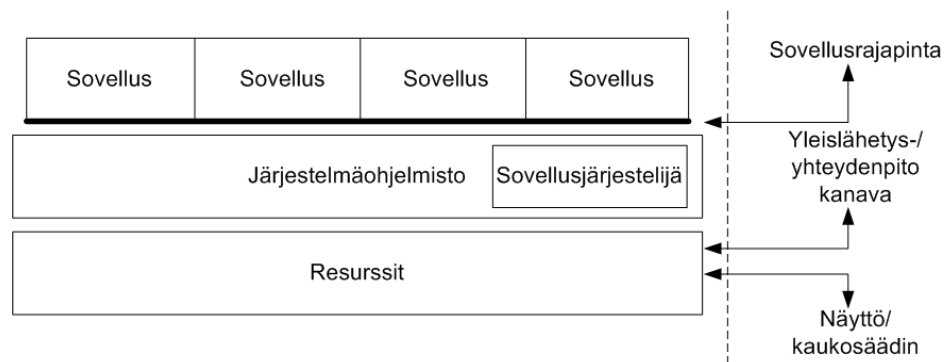
### 3.3.1 Arkkitehtuuri

MHP-arkkitehtuuri koostuu kolmesta tasosta: resurssit(engl. *Resources*), järjestelmäohjelmisto(engl. *System Software*) ja sovellukset(engl. *Applications*). Sovellusrajapinta sijaitsee järjestelmäohjelmiston ja sovellusten välillä. Arkkitehtuuri on esitetty kuvassa 3.9.

Resursseihin kuuluu laitteisto- ja ohjelmistoresurssit. Resurssit tarjoavat toimintoja



Kuva 3.8: Sovellustasot ja profiilit.



Kuva 3.9: MHP-arkkitehtuuri.

ohjelmistojen käyttöön. Laitteistoresursseja on esimerkiksi prosessori ja muisti sekä ohjelmistoresursseja MPEG-prosessointi ja grafiikkamoottori. Laitteistoresurssit voivat koostua useammasta kokonaisuudesta, mutta resurssit näytetään ylemmälle kerrokselle kuitenkin yhtenäisenä kokonaisuutena.

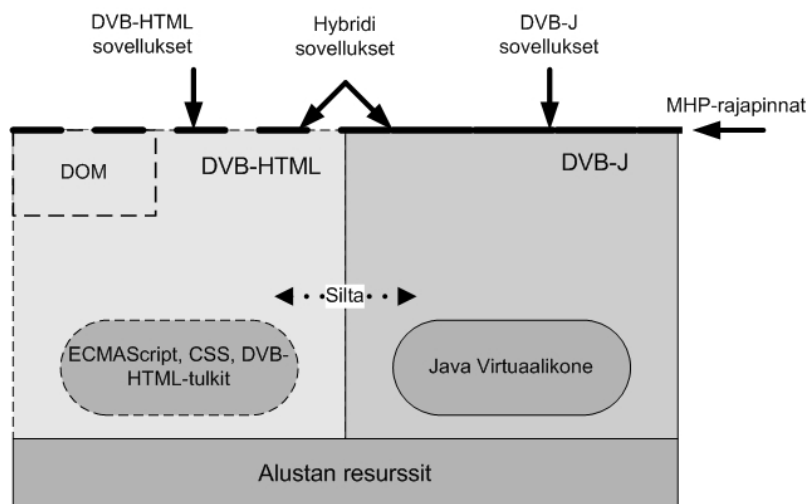
Järjestelmäohjelmisto tarjoaa rajapinnan sovelluskerrokselle järjestelmän resursseihin, jotta sovelluksilla ei pääsisi niihin suoraan käsiksi. Järjestelmäohjelmistokerrokseen kuuluu myös sovellusjärjestelijä (engl. *Application Manager*), joka toimii yhteistyössä jokaisen sovelluksen kanssa ja vastaa sovellusten elinkaaresta. MHP-määrittely ei puutu laitteen toteutukseen ollenkaan, vaan laite on MHP-sopiva, kun se toteuttaa määritetyn rajapinnan.

Sovellukset käyttävät järjestelmäohjelmiston tarjoamaa määriteltyä sovellusrajapintaa toimintojensa suorittamiseen. Tämä mahdollistaa sovellusten siirrettävyyden, koska ne eivät riipu laitteistovalmistajasta. MHP-sovelluksista kerrotaan enemmän seuraavassa kappaleessa.

### 3.3.2 MHP-sovellukset

Sovellukset lähetetään MHP-laitteelle yleislähetysten mukana kuljetusvuon sisältämässä objektikarusellissa (engl. *Object Carousel*) samaan tavalla kuin kuva- ja äänilähetykset. Objektikaruselli voi sisältää joko yhden tai monta sovellusta ja vastaavasti kantovuoro voi sisältää yhden tai monta objektikarusellia. Jokaiselle objektikarusellille määritetään kantovuossa oma ohjelmatunniste. Jos karusellissa on monta sovellusta niin käyttäjä saattaa joutua odottamaan ennen kuin haluamansa sovellus tulee karusellissa kohdalle ja pääsee lataamaan sitä.

MHP 1.1 -määrittelyssä (engl. *Multimedia Home Platform*) on määritetty eri kieliiä ja yhteyksiä kielten välille sovellusten toteuttamista varten. Kielet ja niiden väliset yhteydet on esitetty kuvassa 3.10. Sisältöpohjaisten sovellusten toteuttamista varten on laadittu DVB-HTML-kuvauskieli(engl. *DVB HyperText Markup Language*), joka on XML (engl. *eXtensible Markup Language*) sovellus. Standardin mukaan MHP-päätelaitteessa on oltava DVB-HTML-asiakas (engl. *DVB-HTML client*), joka osaa näyttää DVB-HTML-dokumentteja. DVB-HTML muistuttaa WWW-sivuilla käytettävää HTML-kuvauskieltä määrittelyltään ja käyttötarkoituksiltaan. DVB-HTML:lle on määritetty DTD (engl. *Document Type Definition*), joka kuvaa dokumenttien rakenteen. Kielellä kuitenkin kuvataan vain dokumentin rakenne, joten tyylin määrittämiseen täytyy käyttää erillisiä tyyliomakkeita XML-standardin mukaisesti. DVB-HTML:ssä käytetään CSS2-tyyliomakkeita.



Kuva 3.10: MHP-sovellusrajapinnat [28].

Vuorovaikutteisuuden lisäämiseksi DVB-HTML-asiakkaiden tulee pystyä käsittelemään ECMAScript-komentokieltä [29], joka on JavaScript-komentokielen standardoitu versio. Sillä voidaan tuoda DVB-HTML-sivuille vuorovaikutteisuutta ja dyna-

misuutta, jota DVB-HTML-kieli ei itse tarjoa. DVB-HTML-dokumenttien käsittelyn monipuolistamiseksi on sen määrittelyyn lisätty myös DOM-rajapinta (engl. *Document Object Model*), jonka avulla saadaan ECMAScript-komentokielestä käsin muokattua DVB-HTML-dokumentin rakennetta dynaamisesti. ECMAScript-kielellä on myös mahdollista päästä käsiksi Java-rajapinnan toimintoihin siihen tarkoitettu sillan avulla. DVB-HTML-sivuihin on myös mahdollista sisällyttää DVB-J-sovelluksia (*DVB Java*), Xlet:jä, jolloin sovellukset toimivat DVB-HTML-asiakkaassa samalla tavalla, kuten Java Appletit WWW-selaimissa. DVB-HTML-selaimen tulee myös tukea muita mediatyyppejä, joista esimerkkeinä yleisimmät kuvaformaattit ja MPEG-videokuva.

DVB-HTML-sovellukset ohjautuvat tapahtumien mukaan, joita voi syntyä käyttäjän, sovelluksen tai ulkoisten tapahtumien tuottamana. Käyttäjä voi luoda tapahtuman sovelluksessa klikkaamalla linkkiä dokumentissa. Sovelluksen tuottama tapahtuma voi olla esimerkiksi skripti, joka laukaisee toiminnon, joka muuttaa sivun rakennetta. Ulkoiset tapahtumat tulevat lähetysvirran mukana. Ulkoisia tapahtumia voidaan linkittää DOM-tapahtumiin määrittelemällä ne tapahtumatuottaja-tiedostossa (engl. *Event Factory File*). Tällaisia tapahtumia voi esimerkiksi olla uutisotsikoiden muuttuminen sivulla, jolloin sivu täytyy päivittää.

MHP-vastaanottimeen on mahdollista myös toteuttaa sovelluksia Java-ohjelmointikielillä. MHP 1.1 -määrittelyssä on määritelty Java-ohjelmointikieltä varten DVB-J -rajapinta, jolla Java-koodista päästään käsittelemään laitteen sisäisiä toimintoja. DVB-J -sovellus eroaa tavallisesta Java-sovelluksesta rajapintansa ja rajoituksiensa takia. DVB-J- rajapinta sisältää toimintoja, joilla on mahdollista esimerkiksi saada DVB-palvelutietoja (engl. *Service Information*), näyttää grafiikkaa ja luoda käyttöliittymä televisioruudulle optimoiduilla komponenteilla. MHP-päätelaitteessa on sisällä Java virtuaalikone (engl. *Java Virtual Machine*), joka suorittaa Java-sovellukset. Jokainen sovellus suoritetaan pääsääntöisesti omassa virtuaalikoneessaan.

Kuten DVB-HTML:stä kertovassa kappaleessa hieman aikaisemmin kerrottiin on DVB-HTML -koodiin mahdollista sisällyttää Xlet:jä ja ECMAScript-komentokielellä on mahdollista päästä käsiksi joihinkin DVB-J -rajapinnan toimintoihin. Lisäksi on myös mahdollista tehdä DVB-J -sovellus, joka tuottaa DVB-HTML -dokumentin.

DVB-J -sovelluksilla on huomattavasti helpompaa toteuttaa sovelluksia, joissa pääpaino on tiedon käsittelemisellä ja vuorovaikutteisuudella, kun DVB-HTML puolestaan taas on tarkoitettu ensisijaisesti tiedon esittämiseen ja vähäiseen interaktiivisuuteen. Sovelluskehittäjän tulee valita sovelluksen tyypistä riippuen oikea toteutusväline.



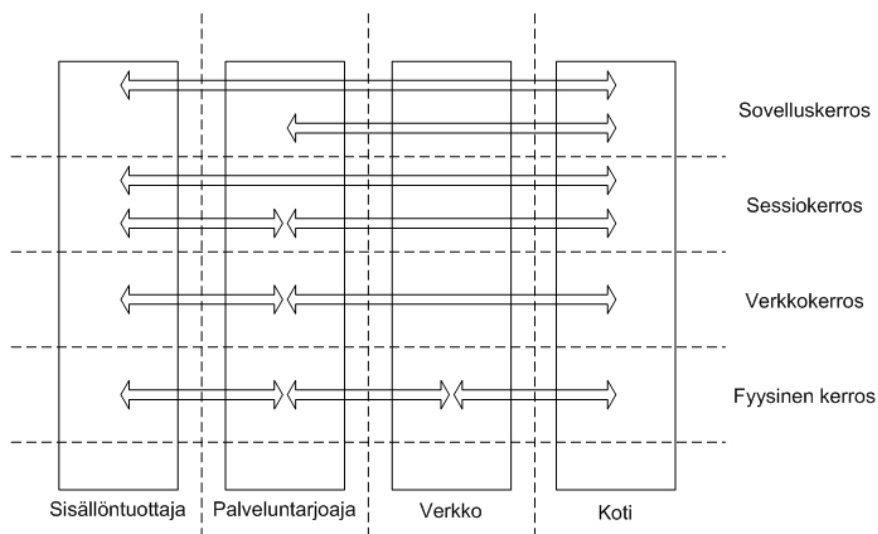
### 3.4 IPTV (*Internet Protocol Television*)

IPTV tarkoittaa digitaalisen televisiopalvelun lähettämistä IP-verkon välityksellä. Kuten edellisessä kappaleessa on esitetty DVB-yleislähetysverkkostandardeissa suoritetaan interaktio käyttäjän ja interaktiivisen palvelun tarjoajan välillä IP-protokollan yli, mutta itse televisiolähetys lähetetään yleislähetysverkkoa jonkin yleislähetysverkon kautta. IPTV:ssä kaikki lähettäminen tapahtuu IP-verkon yli.

DVB-projekti on laatinut spesifikaation liittyen digitaalitelevisiolähetysten toteuttamiseen IP-verkoissa [30]. Spesifikaatio on kuitenkin suunniteltu tukemaan varhaisia IPTV:n versioita ja tutkimaan eri vaihtoehtoja kehitysaskelina kohti laajamittaisempaa IPTV:tä [31]. Tällä hetkellä markkinoilla on monenlaisia toteutuksia IPTV:lle, koska tämänhetkinen versio spesifikaatiosta julkaistiin vasta viime vuonna ja kysyntää palvelulle oli jo aikaisemmin. Suurin ero spesifikaatioon käytännön toteutusten välillä on lisäpalveluiden tuottaminen mitä ei mainita dokumentissa lainkaan. Seuraavissa kappaleissa käydään läpi spesifikaation rakennetta.

#### 3.4.1 Arkkitehtuuri

IPTV-arkkitehtuurille on esitelty neljä eri osapuolta: sisällöntuottaja, palveluntarjoaja, verkko ja koti. Arkkitehtuurimallissa on esitetty myös eri kerrokset, jotka kommunikoivat keskenään: fyysinen-, verkko-, sessio- ja sovelluskerros. Spesifikaatiossa määritetty arkkitehtuurimalli on esitetty kuvassa 3.11. Eri osapuolet kommunikoivat rajapintojen välityksellä keskenään, jotka ovat esitetty kuvassa katkoviivoilla. Suurin osa kommunikatiosta tapahtuu palveluntarjoajan ja kodin välillä.



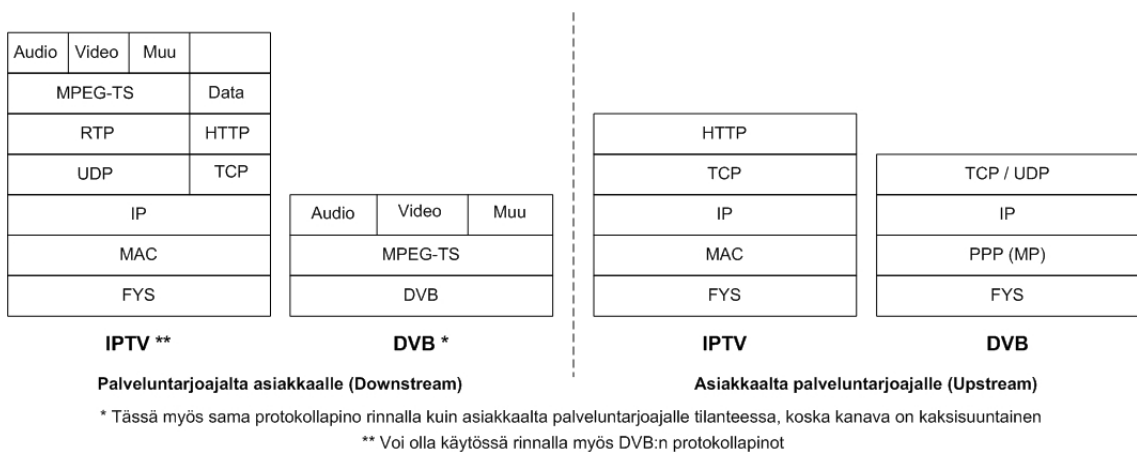
Kuva 3.11: IPTV-arkkitehtuurimalli [30]

Sisällöntuottaja on joukko tahoja, jotka tuottavat sisältöä digitaaliseen televisioon. Sisällöntuottajat voivat olla esimerkiksi ohjelman tarjoajia tai pelien toteuttajia. Palveluntarjoaja tarjoaa sisällöntuottajan tuottamat palvelut käyttäjille, joten palveluntarjoaja tässä tapauksessa ei tarkoita internet-yhteyden tarjoajaa vaan multimediapalveluiden tarjoajaa, joskin yhteyden tarjoaminen voi kuulua palveluntarjoajan tehtäviin. Seuraava domain eli verkko koostuu luonnollisesti IPTV:ssä IP-verkosta. Käytännön toteutus IP-verkosta kotiin tulisi tänäpäivänä olemaan ADSL-, kaapelimodeemi- tai kiinteä liittymä.

Koska IPTV on yhteydessä internettiin, on päätelaitteeseen helppo toteuttaa WWW-selain, jolla voi toteuttaa lisäpalveluja. DVB-projektin laatimassa spesifikaatiossa ei kuitenkaan mainita mitään tästä aiheesta. Kuitenkin tällä hetkellä markkinoilla olevista päätelaitteista suurin osa sisältää juuri WWW-selaimen, jolla voidaan tarjota lisäpalveluita käyttäjille. Monet päätelaitteet tarjoavat myös JavaScript-rajapinnan, jolla pääsee käsiksi laitteen sisäisiin toimintoihin. Tämän hetken päätelaitteet eivät tuo juuri lainkaan MHP-standardin määrittelemiä rajapintoja, vaan kaikki palvelut tuotetaan juuri JavaScript-rajapintojen avulla. Ongelmana tässä on tietenkin se, että rajapinnat eivät ole missään standardoituja vaan, kaikki ovat valmistajakohtaisia. Muutenkaan päätelaitteen toteutusta ei IPTV-spesifikaatiossa ole määriteltykään kunhan se vain toteuttaa määritetyn rajapinnan.

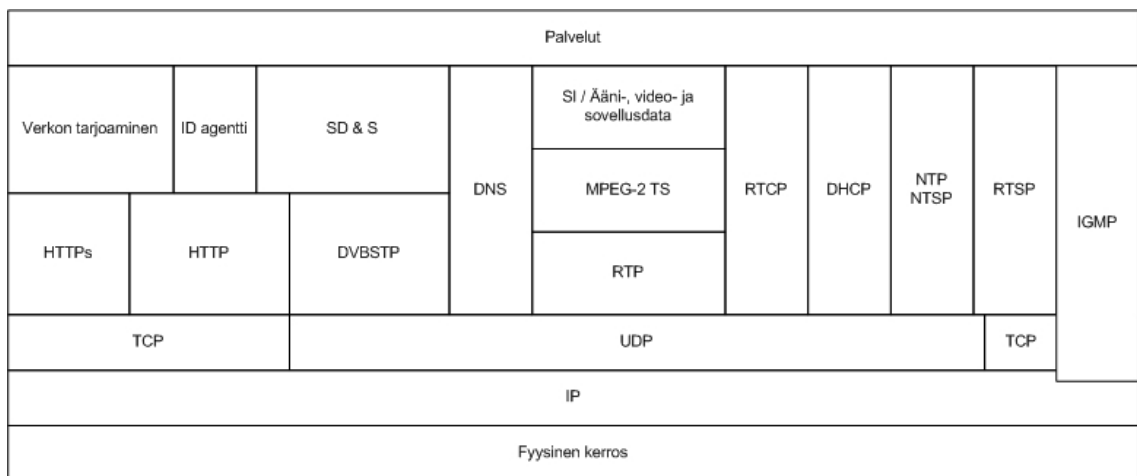
Normaaliin DVB-lähetykseen verrattuna pääero IPTV:ssä on yhteysmalli. Lähetys- ja interaktioverkko ovat molemmat sama verkko, koska yhteys on kaksisuuntainen IP-verkossa ja yhteyksien nopeus on myös riittävä digitaalisten multimediapalveluiden tarjoamiseen. Luonnollisesti myös lähetysten protokollissa on eroa, koska verkko eroaa normaaleista yleislähetysverkoista. Kuvassa 3.12 on esitetty kaikki televisiokuvan ja lisäpalveluiden tarjoamiseen käytetyt protokollat IPTV:ssä verrattuna DVB:hen. Lähetystekniikkana IPTV:ssä käytetään ryhmälähetystä, joten protokollana on tällöin UDP. Palveluntarjoajalta käyttäjälle tulee myös dataa TCP-protokollan päällä, koska lisäpalvelut tehdään vielä WWW-sivujen avulla, jolloin käytetään HTTP-protokollaa. Käyttäjältä palveluntarjoajalle lähetetään vain TCP-protokollalla, koska liikenne on vain HTTP-pyyntöjä. Mikäli päätelaite on MHP-yhteensopiva käyttää se myös protokollia, jotka on määritetty DVB-standardissa.

IPTV:ssä käytetään muuhun signaalointiin monia muitakin protokollia. Tarkempi kuvaus protokollapinosta on esitetty kuvassa 3.13. Protokollapino on esitetty tässä, mutta protokollien käyttötarkoitus on esitetty tarkemmin seuraavissa kappaleissa. Ylin kerros protokollapinossa on rajapinta, jonka päätelaitteen tulee toteuttaa. Protokollat eivät välttämättä ylety aivan ylimmille kerroksille OSI-mallissa, mutta protokollien vaikutusalue on venytetty ylös asti kuvaamaan sitä, että laitteen tulee toteuttaa



Kuva 3.12: IPTV:ssä ja DVB:ssä lähetykseen ja palveluihin käytettävät protokollat.

kyseinen protokolla. Merkityn alueen alareuna kertoo kyseisen protokollan kerroksen OSI-mallissa. Suurin osa kuvassa 3.13 esitetyistä protokollista on esitetty seuraavissa kappaleissa ja loput on esitetty pintapuolisesti julkaisussa [31] ja yksityiskohtaisesti spesifikaatiossa [30].



Kuva 3.13: Kaikki spesifikaation mukaisen IPTV-palvelun toteuttamiseen tarvittavat protokollat. [30]

### 3.4.2 Palvelujen löytäminen ja valinta (engl. *Service Discovery and Selection*)

Palvelujen löytämisellä ja valinnalla tarkoitetaan tekniikkaa, jolla käyttäjä tai päätelaitte löytää palvelut verkosta ja miten se konfiguroituu vastaanottamaan niitä. Tähän on esitetty kaksi toteutustapaa: DVB:n palvelutiedot tai dokumentissa määritetty tapa.

Koska palveluntarjoajalla on mahdollisuus olla lähettämättä palvelutietoja kuljetusvuon mukana säästääkseen lähetyskaistaa on spesifikaatiossa määritetty vaihtoehtoinen tekniikka kyseisen toiminnon suorittamiseen.

Kun kaikki DVB:n palvelutiedot lähetetään kuljetusvoiden mukana tällöin täytyy palveluntarjoajan vain tarjota minimaalinen tieto palveluista spesifikaatiossa määritetyn tekniikan avulla. Loput tarvittavasta tiedosta ilmoitetaan palvelutiedoissa. Ja kun taas palvelussa, jossa lähetetään vain MPEG-standardin määrittämät ohjelma-kohtaiset palvelutiedot täytyy jokaiselle palvelulle lähettää täydellinen informaatio sen sijainnista.

Päätelaite etsii palveluita eri menetelmillä seuraavassa järjestyksessä:

1. Jos verkon asetusten toimittaminen on toteutettu palvelut löytyvät lähetetyistä konfiguraatiotiedoista. Jos kyseinen kohta on tyhjä päätelaite siirtyy seuraavaan kohtaan.
2. Kun laite liittyy verkkoon pyytää se omaa osoitettaan DHCP-protokollalla. Samalla voidaan laitteelle toimittaa palvelujen domaineja, jotka päätelaite tarkastaa käyttäen sovelletusti DNS-protokollan menetelmää, joka on kuvattu standardissa [32]. Jos palvelut eivät ole valideja siirtyy laite seuraavaan kohtaan.
3. Seuraavaksi päätelaite käyttää samaa menetelmää kuin edellisessä kohdassa palveluiden löytämiseen. Jos laite ei löydä valideja palveluita se siirtyy seuraavaan.
4. Päätelaite liittyy IANA:n rekisteröityihin ryhmälähetysosoitteisiin. Mikäli valideja DVBSTP-protokollan paketteja ei tule määrääjässä siirtyy laite seuraavaan kohtaan.
5. Jos mitään palveluita ei ole löydetty tähän mennessä käyttäjä saa syöttää palvelun URL:n ja mahdollisen porttinumeron itse.

Kun palvelu on löydetty täytyy päätelaitteen päästä käsiksi palveluun, jonka se voi tehdä käyttäen, joko IGMP- tai RTSP-protokollaa. IGMP-protokolla tulee kyseeseen, kun päätelaite haluaa päästä käsiksi johonkin ryhmälähetyksellä lähetettävään lähetykseen. Päätelaite lähettää ryhmälähetysreitittimelle ”IGMP-join”-viestin, jolloin reititin lisää sen kyseiseen ryhmälähetysryhmään. Vaihtoehtona voidaan käyttää myös ryhmälähetyspalveluihin liittyttäessä RTSP-protokollaa esimerkiksi salattuun palveluun liittyttäessä. Tilausvideopalveluihin liittyttäessä käytetään aina RTSP-protokollaa.

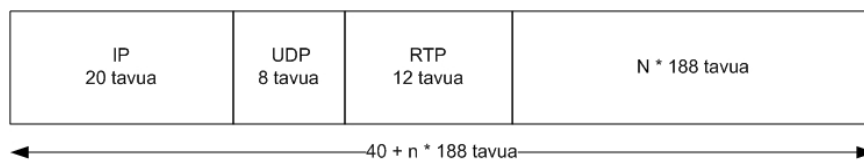
Palvelujen löytämis- ja valintatiedot ryhmälähetyspalveluissa lähetetään käyttäen DVBSTP-protokollaa (*DVB SD&S transport protocol*), joka on mainittu protokollapi-  
nossa 3.13. DVB-projekti on kehittänyt tämän yksinkertaisen protokollan tätä käyttöä

varten, koska kyseiseen tehtävään ei ollut ennen sopivaa protokollaa. Yhdeltä yhdelle-lähetyksissä käytetään samojen tietojen lähettämiseen HTTP-protokollaa.

### 3.4.3 MPEG-2 kuljetusvoiden lähettäminen IP-protokollan yli

DVB-projekti on valinnut MPEG-2-standardin käytettäväksi ensimmäisessä IPTV-spesifikaatiossa, koska se on saatavilla kaikkialla ja MPEG-4-standardin kanssa olisi myös yhteensopivuusongelmia normaalien DVB-lähetyksien kanssa. Spesifikaatiota kuitenkin laajennetaan koko ajan vastaamaan tämänhetken standardeja.

Palveluntarjoajalla on mahdollisuus lähettää televisiolähetys samalla tavalla IP-verkossa kuten se lähetetään muissakin DVB-lähetyksissä eli yhdessä MPEG-2 kuljetusvuossa lähetetään yksi kanavapaketti. Vaihtoehtoisesti palveluntarjoaja voi pilkkoa kaikki kanavat omiin kuljetusvoihinsa. Kuljetusvuot taas pakataan RTP-paketteihin (*Real-Time Protocol*) ja sen jälkeen UDP- ja IP-paketteihin. Tämä on esitetty kuvassa 3.14. Paketin yhteiskooksi tulee  $40 + n * 188$  tavua, koska otsikkotiedoista tulee 40 tavua yhteensä ja yksi MPEG-2-TS-paketti on kooltaan 188 tavua. MPEG-2-TS-paketteja voi pakata yhden RTP-paketin sisään niin paljon kuin haluaa, mutta ei ole järkevää ylittää käytettävän verkon MTU:ta (*Maximum Transfer Unit*). Jos MTU ylitetty joudutaan paketteja pilkkomaan mikä lisää reitittimien ja palvelimien taakkaa.



Kuva 3.14: RTP-paketti MPEG-2 hyötykuormalla.

### 3.4.4 Verkon asetusten toimittaminen ja laitteen konfigurointi

Verkon asetusten toimittaminen ja laitteen konfigurointi (engl. *Network provisioning*) tarkoittaa verkon asetusten toimittamista verkon yli ja päätelaitteen automaattista konfiguroitumista kyseisten asetusten mukaisesti. DVB-projektin spesifikaatiossa kyseinen optio ei ole kuitenkaan pakollinen toteuttaa päätelaitteeseen. Asetukset toimitetaan XML-tiedostoina ja kyseisten XML-tiedostojen DTD:t on valmiiksi määritelty valmiiksi viestityypeittäin. Tietojen siirtoon käytetään HTTP- ja HTTPs-protokollia. Päätelaitteen tulee tukea HTTP-komennoista GET ja POST, jotta tietojen hakeminen XML-lomakkeelta olisi mahdollista.

### 3.4.5 VoD (*Video-on-Demand*)

VoD eli tilausvideot on tekniikka, joka tarkoittaa videodatan reaaliaikaista lähettämistä käyttäjän pyynnöstä. Tilausvideotekniikkaa käsittelevässä tutkimuksessa esiintyy muutamia eri termejä koskien erityyppisiä tilausvideopalveluita. TVoD (*True VoD*)-tai PVoD (*Pure VoD*)-termit tarkoittavat palvelua, jossa käyttäjälle lähetetään tilausvideo yhdeltä yhdelle -lähetystekniikalla ja käyttäjälle tarjotaan myös yleisimmät videonauhurin toiminnot videon katseluun, kuten esimerkiksi kelaus ja tauko. Toinen pääkategoria tilausvideoissa on NVoD (*Near VoD*). NVoD-tekniikasta on olemassa monia eri variaatioita, mutta sen perusideana on, että tilausvideo lähetetään monelle asiakkaalle yhtäaikaan. Asiakkaiden täytyy NVoD-palvelua käyttääkseen tilata palvelu ja odotettava jonkin aikaa lähetyksen alkamista. NVoD-tekniikka vähentää käyttäjäystävällisyyttä, mutta pienentää resurssien käyttöä huomattavasti palveluntarjoajan ja verkon osalta mikäli käyttäjämäärä on suuri. Pienellä käyttäjämäärällä se tuo lisää kuormitusta palvelimille.

Tilausvideot ovat olleet tutkimuskohteena jo yli kymmenen vuoden ajan, joten kyse ei ole uudesta tekniikasta. Tutkimusalueita tilausvideoissa on lukuisia, joista esimerkkinä levyn käyttö tilausvideopalvelimilla ja lähettämisen tehostaminen. Tilausvideopalvelinten tekniikoita pyritään tehostamaan mahdollisimman paljon, koska lähetettävä datan määrä on todella suuri tilausvideoissa. Myös tämän takia nykyään panostetaan NVoD-tekniikan tutkimiseen, koska se antaa paljon skaalautuvamman vaihtoehdon perinteiselle PVoD-tekniikalle. Tutkimusta NVoD-tekniikkaan liittyen löytyy lähteistä [33], [34] ja [35].

IPTV-palvelussa tilausvideotekniikka on yksinkertainen toteuttaa, koska set-top-box:t ovat IP-verkossa, kun taas DVB-lähetyksessä yleislähetysverkoissa on toteutus tehtävä NVoD-periaatteen variaatiolla, koska yksittäistä vastaanottajaa ei ole mahdollista tavoittaa. DVB-yleislähetysissä tilausvideot voidaan toteuttaa litteessä [26] määritetyllä tavalla, jossa samalla kanavalla lähetetään portaittain samaa ohjelmaa ja tilausvideopalvelua varten määritetyllä tavalla palveluteidoilla kuvataan palvelu päätelaitteelle, jotta se osaa näyttää käyttäjälle seuraavana alkavan ohjelman. Palvelutiedoista käytetään PMT-, SDT- ja EIT-tauluja, joiden merkitys DVB:ssä on kuvattu kappaleessa 3.2.3.

## 4 Pilottiverkon dokumentaatio

PalHaLa-projektissa on toteutettu pilottiverkko, jossa testataan IPTV- ja muita palveluita ADSL-asiakkaille. Tämä luku kuvaa tarkasti pilottiverkon rakenteen ja jokaisen verkon laitteen ja palvelimen, konfiguraation ja tarkoituksen. Luvun lopussa on esitetty käyttötapauksia eri palveluille, joissa tarkastellaan mitkä osapuolet ovat osallisena kyseisiin tapahtumiin.

PalHaLa-pilottiverkko on rakennettu Jyväskylään keskustan ja Kuokkalan alueelle. Verkko koostuu seuraavista komponenteista: reititin, pilottiverkon kytkin, kaksi DSLAMiä, palomuri, kahdeksan palvelinta sekä Elisan ja yliopiston ATK-keskuksen kytkimiä.

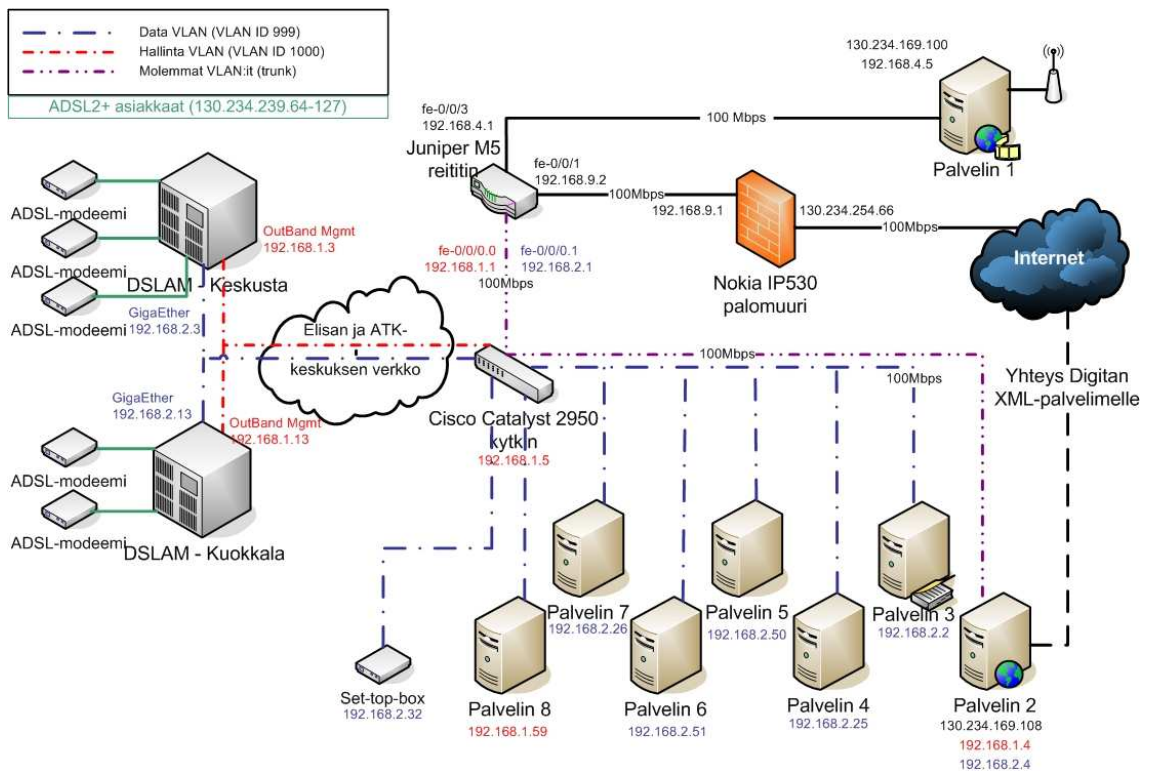
Laitteista reititin, palomuri, pilottiverkon kytkin ja palvelimet sijaitsevat Jyväskylän yliopiston tietotekniikan laitoksen tietoliikennelaboratoriossa. DSLAM:it sijaitsevat Kuokkalassa ja keskustassa Elisan laitetoissa. Lisäksi pilottiverkon kytkimen ja DSLAM:ien välissä sijaitseva Elisan verkko sisältää joitakin kytkimiä. Kuvassa 4.1 on esitetty pilottiverkon rakenne.

### 4.1 Aliverkot ja verkon osoitteet

Pilottiverkkoon kuuluu kaksi virtuaalista lähiverkkoa(engl. *VLAN, Virtual Local Area Network*): hallinnointi- ja data-lähiverkko. Lisäksi verkko sisältää laitteita, jotka kuuluvat molempiin lähiverkkoihin. Seuraavissa kappaleissa on esitelty molemmat lähiverkot ja niihin kuuluvat laitteet. Kuvassa 4.1 on esitetty hallinnointilähiverkko sinisellä ja datalähiverkko punaisella.

Hallinnointilähiverkko toteutettiin pilottiverkkoon, koska DSLAM:eille menee vain yksi fyysinen linja, mutta sinne tarvitaan kaksi loogista liityntää. Kuitenkin muiden laitteiden eriyttämiseen kahteen eri lähiverkkoon ei ole ollut tarvetta, jonka takia hallinnointilähiverkko onkin jäänyt vähälle käytölle. Lähiverkolle on varattu IP-osoiteavaruudeksi 192.168.1.-alkuiset osoitteet ja virtuaalisen aliverkon muodostamiseen tarkoitettu 802.1q VLAN-id hallinnointialiverkolle 1000.

Datalähiverkko on alunperin tarkoitettu kaiken datan lähettämiseen, joka ei liity laitteiden hallinnointiin. Suurin osa laitteista on kytketty pilottiverkossa pelkästään datalähiverkkoon. Datalähiverkolle on varattu 192.168.2.-alkuiset IP-osoiteavaruudet ja datalähiverkon 802.1q VLAN-id on 999.



Kuva 4.1: PalHaLa-pilottiverkko.

Verkon laitteilla on eri lähiverkkoihin kuuluvia IP-osoitteita sekä myöskin julkisia osoitteita. Lisäksi eri kanavien lähettämiseen on varattu ryhmälähetysosoitteita. Liitteessä F on listattu kaikki IP-osoitteet, jotka ovat käytössä pilottiverkossa.

## 4.2 Verkon laitteiden konfiguraatioiden kuvaus

Tässä kappaleessa esitellään pilottiverkkoon liitettyjen laitteiden toiminta. Kaikki laitteet löytyvät tämän luvun alussa esitetystä kuvasta 4.1. Tässä kappaleessa kuvataan vain verkon laitteiden toiminta ja seuraavassa kappaleessa on erikseen esitelty kaikki pilottiverkon palvelimet.

### 4.2.1 Juniper M5 reititin

Pilottiverkon reitittimenä toimii Juniper:in M5 reititin, jossa on käyttöjärjestelmänä Junos 6.0 rel. 1.5. Reitittimessä on 4 fyysistä liityntää ja niistä on käytössä pilottiverkossa 3. Yksi liityntä on täysin käyttämättä ja yksi liityntä on jaettu kahteen loogiseen liityntään. Liitynnät 0.0, 0.1 ja 2 tukevat IGMP-protokollaa ja kaikki liitynnät tukevat PIM-SM/DM-protokollaa. Taulukossa 4.1 on listattu liityntöjen IP-osoitteet ja tuetut



protokollat. Reitittimen konfiguraatitiedosto löytyy kokonaisuudessaan opinnäytetyön liitteenä C.

Taulukko 4.1: Reitittimen liitynnät.

<b>Liityntä:</b>	<b>IP-osoite:</b>	<b>Protokollat:</b>
0.0	192.168.1.1	PIM-SM/DM, IGMP
0.1	192.168.2.1	PIM-SM/DM, IGMP
1	192.168.9.2	PIM-SM/DM
2	ei käytössä	PIM-SM/DM, IGMP
3	192.168.4.1	PIM-SM/DM

Reitittimen konfiguraatioon on jouduttu lisäämään staattisesti kaikkien IPTV-kanavien ryhmälähetysryhmät, koska IGMP-protokollan viestit eivät pääse set-top-box:eilta reitittimille asti. Tämä johtuu määrittämättömästä kytkimien yhteistoiminnasta johtuvasta viasta ”IGMP-snooping”-tekniikassa, joten se on jouduttu ratkaisemaan staattisella määrittelyllä.

Viimeinen tärkeä kohta reitittimen konfiguraatiossa on reitti, joka on luotu reitittimeltä DSLAM:ille. Osoitteavaruuksiin 130.234.239.64/27 ja 130.234.239.96/27, jotka ovat DSLAM:ien julkisia osoitteita, tuleva liikenne ohjataan suoraan vastaavien DSLAM:ien yksityisiin data-aliverkon osoitteisiin 192.168.2.13 ja 192.168.2.3.

#### 4.2.2 Cisco Catalyst 2950 kytkin

Pilottiverkkoon on liitetty kytkin, joka on Cisco:n catalyst 2950 kytkin varustettu IOS 12.1(14)EA1a -käyttöjärjestelmällä. Kytkimeen on liitetty kaikki palvelimet palvelinta 1 lukuunottamatta sekä DSLAM:it ja reititin. Kytkimelle on tehty kaksi eri aliverkkoa: hallinta- ja data-aliverkko. Aliverkot on jaettu porteille siten, että data-aliverkko on määrätty portteihin (0/1)-(0/16) ja hallinta-aliverkko porteille (0/17)-(0/32). Kytkimellä on ”IGMP-snooping”-tekniikka asetettu päälle. Lisäksi kytkimellä on 16 vapaata ”trunk”-porttia.

#### 4.2.3 Nokia IP530 palomuri

Palomuurina pilottiverkossa toimii Nokian IP530 palomuri, jossa sovelluksena toimii Checkpoint FW-1. Palomuri ei ole aktiivisessa roolissa pilottiverkossa, vaan sille on asetettu yksinkertaiset säännöt: kaikki liikenne pilottiverkosta ulos on sallittu ja liikenne pilottiverkon sisälle on kielletty - muuutamin pienin poikkeuksin. Palomuuriin on asennettu myös NAT-sääntöjä (*Network Address Translation*), joiden merkitys selviää

tarkemmin kappaleessa 4.2.5.

#### 4.2.4 DSLAM

Tässä kappaleessa esitetään pilottiverkon DSLAM:ien toiminta yksityiskohtaisesti. Kappale perustuu PalHaLa-projektissa aikaisemmin tehtyyn opinnäytetyöhön, jossa perehdytään DSLAM:ien toimintaan perusteellisemmin [36].

DSLAM:einä pilottiverkossa toimii Nokian D500 ja D500 RAM, joissa on 1 GB runkokortit ja 48 paikkaiset ADSL2+-asiakasliittymäkortit. Asiakasliittymät, jotka ovat liitetty DSLAM:eihin ovat kaikki ADSL2+-liittymiä ja nopeudet liittymille on konfiguroitu taulukon 4.2 osoittamalla tavalla. Kaikki asiakasliittymät yhdellä DSLAM:illa käyttävät samaa ”loop-back”-osoitetta, jota käytetään myös yhdyskäytävänä (engl. *gateway*). Tämä toteutustapa on valittu IP-osoitteiden säästämiseksi. Kuokkalan osoite on 130.234.239.65 ja keskustan DSLAM:illä 130.234.239.97. Pilottiasiakkaiden osoiteavaruudet ovat Kuokkalan DSLAM:illä 130.234.239.64/255.255.255.224 ja keskustan DSLAM:illä 130.234.239.96/255.255.255.224. DSLAM:ien osoiteavaruudet on esitetty myös selkeämmin kuvassa 4.2. DSLAM:eille on konfiguroitu DHCP-proxy, joka ohjaa DHCP-kyseleyt Jyväskylän yliopiston DHCP-palvelimelle IP-osoitteeseen 130.234.4.30, koska pilottiverkossa ei tarvitse käyttää omaa DHCP-palvelinta.

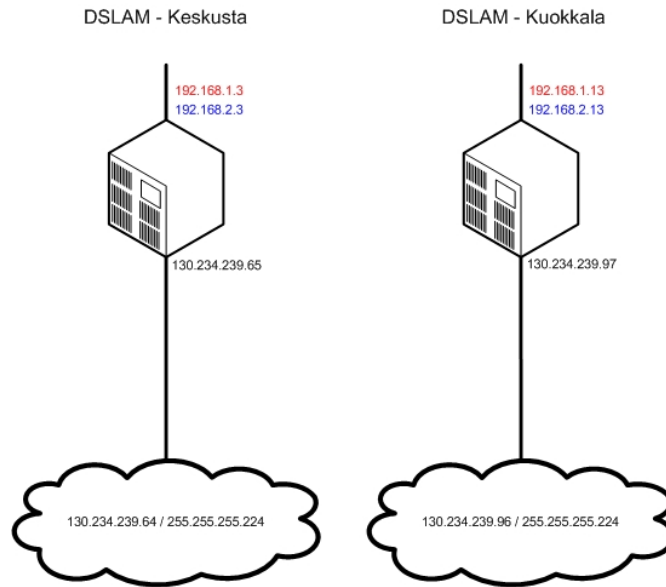
DSLAM kuuluu kaikkiin ryhmälähetysryhmiin, jotka ovat käytössä pilottiverkossa. Toisin sanoen kaikki kaikki ryhmälähetysdata lähetetään DSLAM:ille ja DSLAM tutkii liittymiltä saapuvien IGMP-viestien perusteella mikä data pitää lähettää eteenpäin kullekin liittymälle. Tällä toteutustavalla saadaan vähennettyä kanavan vaihtoon kuluvaa aikaa, koska IGMP-viestejä ei tarvitse lähettää reitittimelle asti.

Taulukko 4.2: Pilottiverkon ADSL2+-liittymien nopeudet.

Downstream	Taattu downstream	Upstream
30 Mbit/s	10 Mbit/s	1 Mbit/s

DSLAM:eillä on käytössä moodi RBE(*Routed Bridged Encapsulation*). Moodi toimii siten, että DSLAM:illä on reititysominaisuuksia runkoverkon suuntaan, mutta asiakkaiden suuntaan se toimii OSI-mallin toisella kerroksella. Tällöin ADSL-modeemi ei tarvitse IP-osoitetta asiakkaan päässä. DSLAM:in tarvitsee kuitenkin osata toimia IP-tasolla runkoverkon suuntaan, jotta se osaisi karsia tulevan ryhmälähetysdatan ja lähettää sen vain tilanneille asiakkaille.

Ryhmälähetyksen pääsynhallinnan (engl. *Multicast access control*) avulla voidaan rajoittaa ryhmälähetysryhmien vastaanottoa porttiin, asiakkaan MAC-osoitteeseen tai



Kuva 4.2: DSLAM:ien liitynnät.

molempiin perustuen. Vastaanotto sallitaan tietylle ryhmälähetysosoiteryhmälle eli kanavapaketille. Kanavapaketit määritetään DSLAM:in asetuksissa. Kanavapaketit ja niiden sisällöt on kuvattu taulukossa 4.3.

DSLAM:illa voidaan määrittellä eri PTD:itä (*Packet Traffic Descriptor*) eli luokittelusääntöjä ryhmälähetysliikenteelle ja jokaiselle PTD:lle tulee määrittää liikenne-luokka. IP-liikenteelle on määritetty kolme eri luokkaa: EF (*Expedited forwarding*), AF (*Assured forwarding*) ja DF (*Default forwarding*). Lisäksi vielä AF-luokka on jaettu neljään osaan. Luokat viittaavat eriytettyjen palveluiden (engl *Differentiated Services*) verkoissa käytettäviin palveluluokkiin. Lähteessä [37] kerrotaan yleisesti eriytytyistä verkoista sekä lähteissä [38] ja [39] tarkemmin AF ja EF luokista. Pilotissa käytettävään PTD:hen on valittu liikenneluokaksi AF4, vaikka aikakriittistä IPTV-dataa varten olisi järkevää käyttää EF-luokkaa. Käytännön testit kuitenkin osoittivat, että kyseinen luokka toimii huomattavasti paremmin. AF4-luokalla on mahdollisesti suu-remmat puskurit käytössä, joten se pystyy parempaan palveluun, koska IPTV-data on erittäin purskeista.

Jokaiselle PTD:lle määrätään myös PIR (*Peak information rate*), CIR (*Committed information rate*), PBS (*Peak burst size*) ja CBS (*Committed burst size*). PIR kertoo sallitun hetkellisen maksimin tietovirrassa, CIR kertoo mikä on taattu kaistan-määrä, PBS kertoo maksimi purskekoon ja CBS taatun purskekoon. Kun määritetään asiakkaan tiedot DSLAM:ille, annetaan sille myös PTD, jota kyseisen asiakkaan ryh-mälähetysdata noudattaa. Pilottiverkon IPTV-lähetykselle määrätyn PTD:n arvot ja

Taulukko 4.3: Ryhmälähetysryhmät DSLAM:illä.

Ryhmän nimi	Kanavien lkm	Käyttäjien lkm	Ryhmälähetysosoitteet
kreatel	3	5	224.2.2.2 224.2.2.11 224.2.2.13
mainos	8	5	239.2.1.100 239.2.1.101 239.2.1.102 239.2.1.103 239.2.1.109 239.1.1.110 239.2.1.112 239.2.1.113
maksu	1	4	239.3.1.1
yle	5	5	239.2.1.104 239.2.1.105 239.2.1.106 239.2.1.107 239.2.1.108
pele	1	10	239.2.1.111

liikenneluokka on esitetty taulukossa 4.4. Yhden asiakkaan tiedot on taas puolestaan esitetty taulukossa 4.5, josta ilmenee muun muassa PTD.

Taulukko 4.4: IPTV-lähetysten PTD.

Nimi	Luokka	PIR	PBS	CIR	CBS
testi_af_3	AF4	10500	50000	9000	45000

#### 4.2.5 Set-top-boxit

Pilottiverkkoon on valittu set-top-boxeiksi Kreatelin mallit IP-STB 1720. Set-top-boxeissa on MIPS-prosessori integroidulla TV-video-prosessointi ja MPEG dekoodeerilla, jonka suoritusteho on 420 DMIPS:ä. Laitteissa on 128 Mt DRAM- ja 256 kilotavua flash-muistia. Laitteen käyttöjärjestelmä on Linux-pohjainen sekä se on varustettu MPEG-1-, MPEG-2- ja MPEG-4-dekoodereilla. Laitteessa on normaalit liitännät,

Taulukko 4.5: DSLAM-asiakkaan tiedot.

<b>Sub-interface</b>	3/4 "client_4"
<b>Type</b>	PVC 0 100 LLC RBE
<b>Loopback subif</b>	"keskusta_loopback"
<b>DHCP relay pool</b>	"atk_keskus"
<b>Multicast</b>	enabled
<b>Multicast PTD</b>	testi_af_3
<b>Mcast max streams</b>	20
<b>Ping</b>	enabled
<b>Subscriber ID</b>	
<b>OAM</b>	disabled
<b>OAM endpoint</b>	NONE
<b>OAM cell type</b>	NONE
<b>OAM lpbk loc id</b>	
<b>OAM lpbk result</b>	unknown
<b>Std conditions</b>	

kuten RCA äänelle ja SCART ja S-VIDEO kovalle ja lisäksi DVB-T-liityntä digitaalitelevisiosignaalin vastaanottamiseen antenniverkosta.

Set-top-boxin käynnistyessä verkkovirrasta poiskytkemisen jälkeen suoritetaan kuvassa 4.3 esitetty prosessi. Ensimmäisenä laite saa DHCP-palvelimelta normaalien DHCP-palvelimen välittämien tietojen lisäksi metakanavan ryhmälähetysosoitteen. Mikäli osoitetta ei toimiteta, kuuntelee set-top-box oletuksena osoitetta 224.2.2.2:22222. Kyseisestä osoitteesta lataamastaan bootcast info -tiedostosta set-top-box saa ryhmälähetysosoitteet seuraavia prosesseja varten. Seuraavaksi vuorossa olevaa splash-kuvaa yritetään ladata vain kerran ja mikäli se ei onnistu siirrytään seuraavaan askeleeseen, koska se ei ole elintärkeä tiedosto. Splash-kuva on latauksen aikana ruudulla näytettävä kuva. Viimeinen prosessi on ladata boot image, joka sisältää set-top-boxin ohjelmiston. Mikäli tiedoston lataaminen ei onnistu taulukossa 4.6 kuvatun option 134 kertoman latausmäärän maksimirajan ylittymisen jälkeen, aloitetaan uusi latausprosessi. Liitteenä E on portalURLs XML-tiedosto, joka kertoo osoitteet, joihin otetaan yhteyttä, kun käynnistysprosessi on onnistuneesti suoritettu. [44]



Kuva 4.3: Set-top-boxin konfigurointi käynnistyessä.

Melkein kaikki set-top-boxit sijaitsevat DSLAM:ien takana. Testaamisen vuoksi muutama laite on liitetty suoraan kytkimeen. Kyseiset laitteet sijaitsevat kaikki Jyväskylän yliopiston tietotekniikan laitoksen tiloissa. Yksi set-top-box sijaitsee opiskelijoiden oleskelutilassa, yksi henkilökunnan kahvihuoneessa ja yksi tietoliikennelaboratorion avotilassa. Kaikki laitteet, jotka ovat kiinni verkossa ADSL-modeemien kautta omistavat julkisen IP-osoitteen, koska ne on tarkoitettu pilottiasiakkaille. Kytkimeen kiinnitetyt laitteet puolestaan omistavat yksityisen IP-osoitteen, mutta niilläkin on mahdollista päästä julkiseen verkkoon palomuriin asetetun NAT:in (*Network Address Translation*) ansiosta.

### 4.3 Palvelimien toiminta ja käyttötarkoitukset

Pilottiverkossa on käytössä useita palvelimia eri tarkoituksiin. Tässä aliluvussa kuvataan kaikkien palvelinkoneiden ja -sovelluksien toiminta. Aliluvussa 4.3.1 esitetään kaikkien palvelimien tekniset tiedot ja lopuissa aliluvuissa esitetään palvelinsovelluksien toimintaa. Käytössä olevat palvelimet sijaitsevat fyysisesti Jyväskylän yliopiston tietotekniikan laitoksen tietoliikennelaboratoriossa. Ohjelmien nauhoitukseen käytettävän palvelimen toiminta on kuvattu erillisessä aliluvussa 5.2.

#### 4.3.1 Palvelinkoneet

Tässä kappaleessa esitellään kaikki palvelinkoneet, jotka on liitetty pilottiverkkoon. Koneista esitellään tekniset tiedot taulukkomuodossa, listataan kaikki palvelinohjelmat, jotka sijaitsevat koneessa sekä kerrotaan kaikki IP-osoitteet, jotka koneella on eri verkkoliitynnöille. Kaikkien palvelimien tekniset tiedot on listattu liitteessä G.

Palvelin 1 on kytketty kiinni suoraan reitittimeen. Palvelin 1 on prosessoriteholtaan hyvä, koska siihen asennettu palvelinohjelma tarvitsee paljon suoritustehoa. Lisälaitteina koneeseen on asennettuna kolme DVB-korttia. Palvelimelle on tehty sekä julkinen että yksityinen liityntä. Julkinen liityntä ei ole tarpeellinen pilottiverkon toiminnan suhteen, mutta se on asetettu, jotta ohjelmistopäivitys ja ylläpito olisi mahdollista pilottiverkon ulkopuolelta.

Palvelin 2 sisältää monta eri palvelinohjelmistoa, joten se on hyvin tärkeässä roolissa pilottiverkossa. Kone on kuitenkin suoritusteholtaan perustasoa, koska siihen asennetut sovellukset eivät ole raskaita. Koneella on kolme IP-osoitetta - yksityiset sekä hallinta- että data-aliverkkoon ja julkinen osoite. Palvelimelle on määritetty julkinen osoite, jotta sillä voidaan ottaa yhteys digitaaliseen palvelimeen internetin kautta. Yhteys on esitetty myös kuvassa 4.1.

Palvelin 3 on tarkoitettu pelkästään RADIUS-palvelinohjelmiston käyttöön. Palvelinta ei käytetä tällä hetkellä mihinkään, koska käyttäjän tunnistamiseen on tehty uusi menetelmä kanavienhallintasovelluksessa, joka on esitetty kappaleessa 5.3.

Palvelin 4 toimii samaan aikaan nauhoituspalvelimena ja VoD-palvelimena. Koneeseen on asennettu DVB-C-kortti, jotta nauhoitussovellus pääsee käsiksi digitaalitelevisiolähettykseen. Kovalevytilaa täytyisi palvelimessa olla huomattavasti enemmän mikäli palvelin olisi kaupallisessa verkossa, mutta pilottiverkkoon 40 Gigatavun kovalevy on riittävä.

Palvelimet 5 ja 6 on varattu SofiaDigitalin pelisovellusta varten. Käyttöjärjestelmänä palvelimissa on Windows XP professional, jotta ohjelmien asennukset ja päivitykset pystytään suorittamaan Windowsin etätyöpöytäyhteyden yli SofiaDigitalin Jyväskylän toimiston pilottiverkkoon liitetystä liittymästä. Molemmat koneet ovat suoritusohjelmien todella hyviä ja lisälaitteena molemmissa koneissa on SDI-kortit.

Palvelin 7 on web-kameralla varustettu kone, joka on lisätty verkkoon vain tuomaan lisäsisältöä IPTV-tarjontaan. Kone on suorituskyvyltään huono, mutta web-kameran kuvan lähettäminen ei vaadi paljoa prosessoritehoa ja koneella ei ole muita tehtäviä. Fyysisesti kone sijaitsee tietotekniikan laitoksen yhdessä kahvihuoneessa ja kuvaa kahvipannua.

Palvelin 8 on asennettu pilottiverkkoon, jotta Viztool sovellusta voidaan käyttää pilottiverkossa. Koneen suoritusohjelmien teho on perustasoa, koska sovellus ei vaadi huipputehoista konetta.

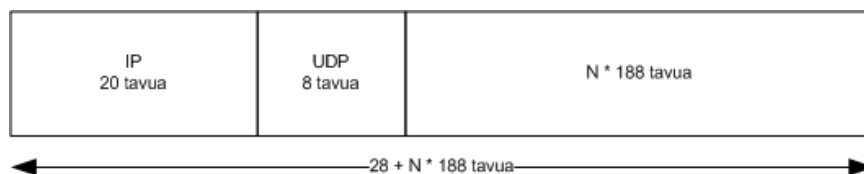
### **4.3.2 RADIUS-palvelin**

Lopullisessa pilottiverkossa RADIUS-palvelinta ei käytetä ollenkaan. Palvelin on kiinni verkossa, koska aikaisemmassa testivaiheessa pääsy suojatuille kanaville tarkistettiin RADIUS-palvelimen avulla. RADIUS-palvelinta olisi mahdollista käyttää kaikkien PalHaLa-portaalin asiakkaiden tunnistamiseen, jolloin palvelimelle saataisiin automaattisesti kirjautumisesta tiedot talteen. Näin saataisiin keskitettyä käyttäjien kirjautuminen vain yhteen paikkaan, kun tällä hetkellä tunnistautuminen tehdään tietokantaan talletettujen käyttäjätunnusten perusteella.

### **4.3.3 Ondems IPTV-palvelin**

Ondems IPTV-palvelinkoneelle on asennettu Ondems-nimisen yrityksen toteuttama IPTV-palvelinsovellus. Sovellus vastaanottaa DVB-lähetystä ja lähettää sen eteenpäin pilottiverkon asiakkaille ryhmälähettyksenä. Käytännössä se paketoi DVB-lähettyksen MPEG-2-TS:t IP- ja UDP-kehyykseen ja lähettää ne eteenpäin reitittimelle ryhmä-

lähetysoitteisiin. Paketin rakenne on esitetty kuvassa 4.4. Tässä ei käytetä RTP-protokollaa UDP-protokollan päällä, koska pilottiverkossa käytettävät Kreatelin set-top-boxit eivät ymmärrä sitä. Lisäksi poistamalla RTP-protokolla säästetään kaistaa, joka on hyvin tärkeää suuriliikenteisessä IPTV-verkossa. Koska pilottiverkossa käytettävät set-top-boxit eivät ole MHP-yhteensopivia karsitaan lähetyksestä pois kaikki MHP-sovellukset, palvelutiedot ja muu ylimääräinen data, jotta ne eivät turhaan kuormittaisi verkkoa.



Kuva 4.4: Pilotissa käytettävä IPTV-pakettien rakenne.

Palvelinkoneeseen on asennettu kolme DVB-T-korttia, joiden avulla se vastaanottaa suomessa lähetettävät kolme kanavapakettia. Tämä sen takia, koska yksi kortti pystyy virittymään vain yhdelle taajuudelle kerrallaan ja kaikki kanavapaketit lähetetään omilla taajuuksillaan. Muut olennaiset Ondems IPTV-palvelimen tekniset ominaisuudet on esitetty taulukossa G.1. Koneen täytyy olla suhteellisen tehokas suorituskyvyltään, koska se joutuu käsittelemään paljon dataa koko ajan.

#### 4.3.4 DHCP-palvelin

Tällä hetkellä pilottiverkon DHCP-palvelin ei ole käytössä. Oman DHCP-palvelimen sijasta käytetään Jyväskylän yliopiston ATK-keskuksen DHCP-palvelinta julkisten IP-osoitteiden määrittämiseen. DHCP voi myös tarjota set-top-boxeille ryhmälähetysooitteen optiolla 128, jossa lähetetään bootcast info -tiedosto. Käytetyt DHCP-optiot on selitetty taulukossa 4.6. Jos kyseistä osoitetta ei lähetetä DHCP:n mukana set-top-boxit kuuntelevat oletuksena ryhmälähetysooitetta 224.2.2.2:22222.

#### 4.3.5 Set-top-box-konfiguraatiopalvelin

Set-top-box-konfiguraatiopalvelimen tehtävä on konfiguroida päätelaitteet niiden käynnistyessä. Konfigurointi tapahtuu käyttäen kolmea eri ryhmälähetyskanavaa: meta-, bootcast- ja splash-kanava. Metakanavalla lähetetään tämänhetkinen aika ja bootcast info -tiedosto, joka sisältää set-top-boxin tarvitsemia tietoja, splash-kanava on tarkoitettu splash-kuvan lähettämiseen, joka ei ole pakollinen ja bootcast-kanava bootcast-imagen lähettämiseen. Palvelin lähettää kanaville koko ajan niille kuuluvia tiedosto-



Taulukko 4.6: DHCP-optiot.

Optio	Nimi	Kuvaus	Arvot
128	BootCast osoite	Asettaa ryhmälähetysosoitteen ja portin BootCast-protokollalle.	Tyyppi: Merkkijono, Arvot: <ip-osoite>:<portti>, Oletus: 224.2.2.2:22222
134	Maksimi BootCast latausyritykset	Set-top-boxin tekemä lautausyrityksien määrä bootcast info -tiedostolle ja boot imagelle, mikäli virhe ilmaantuu. <b>Huom!</b> Splash image ladataan vain kerran.	Tyyppi: Tavu, Arvot: 1-255, Oletus: 3
135	BootCast aika-raja	Sekuntimäärä, jonka set-top-box odottaa seuraavaa data-pakettia ladattaessa bootcast info -, splash image - tai boot image -tiedostoa.	Tyyppi: Tavu, Arvot: 1-255, Oletus: 10

ja. Pilottiverkossa käytettävä set-top-box-konfiguraatiopalvelimen asetukset on esitetty liitteessä D. [44]

Bootcast-imagesta projektissa on käytetään kahta eri versiota, koska kyseisissä imageissa on käytössä eri TOI/JS:n versiot ja molempia niistä tarvitaan. Lisäksi uudempi versio ei ymmärrä VLC:n lähettämää vuota, koska kyseiseen imageen on tehty jotain muutoksia myös videosoittimen toteutukseen. Tulevaisuudessa kuitenkin voidaan siirtyä käyttämään uutta image-tiedostoa, kun saadaan uusi VoD-palvelin, joka osaa lähettää oikeanlaisia voita. Tällöin täytyy PalHaLa-portaalin VoD-funktiot toteuttaa uudelle TOI/JS:n versiolle.

#### 4.3.6 Apache WWW-palvelin ja PHP-tulkki

WWW-palvelin ja PHP-tulkki tarvitaan, koska niiden avulla on helppo toteuttaa lisäpalveluita IPTV-asiakkaille. Set-top-boxeissa on WWW-selain, joten WWW-sivut on luonnollisin vaihtoehto. PalHaLa-portaali 5 on myös toteutettu kokonaisuudessaan PHP-kielellä. Apache palvelimesta on asennettuna versio 2.0.40 ja PHP-tulkista versio

4.4.0.

### 4.3.7 Ortikonin sovellukset

Ortikon Interaktive on toteuttanut middlewaren set-top-boxeille käyttäen J2EE-arkkitehtuuria tukevaa JBoss-sovelluspalvelinta. Middleware huolehtii set-top-boxin hallintaan liittyvistä asioista, kuten kanavien vaihtamisesta ja palveluvalikon näyttämisestä. Middleware käynnistyy heti onnistuneen käynnistysprosessin jälkeen. Lisätietoja JBoss-sovelluspalvelimesta saa JBoss:n kotisivuilta [43]. Lisäksi Ortikon on toteuttanut EPG-sovelluksen (*Electronic Program Guide*), elektronisen ohjelmaoppaan, joka näyttää kaikki tietokannassa olevat ohjelmatiedot. Tietokannassa on määritelty kanavat, lähetysajat, ohjelmien nimet ja ohjelmien kuvaukset.

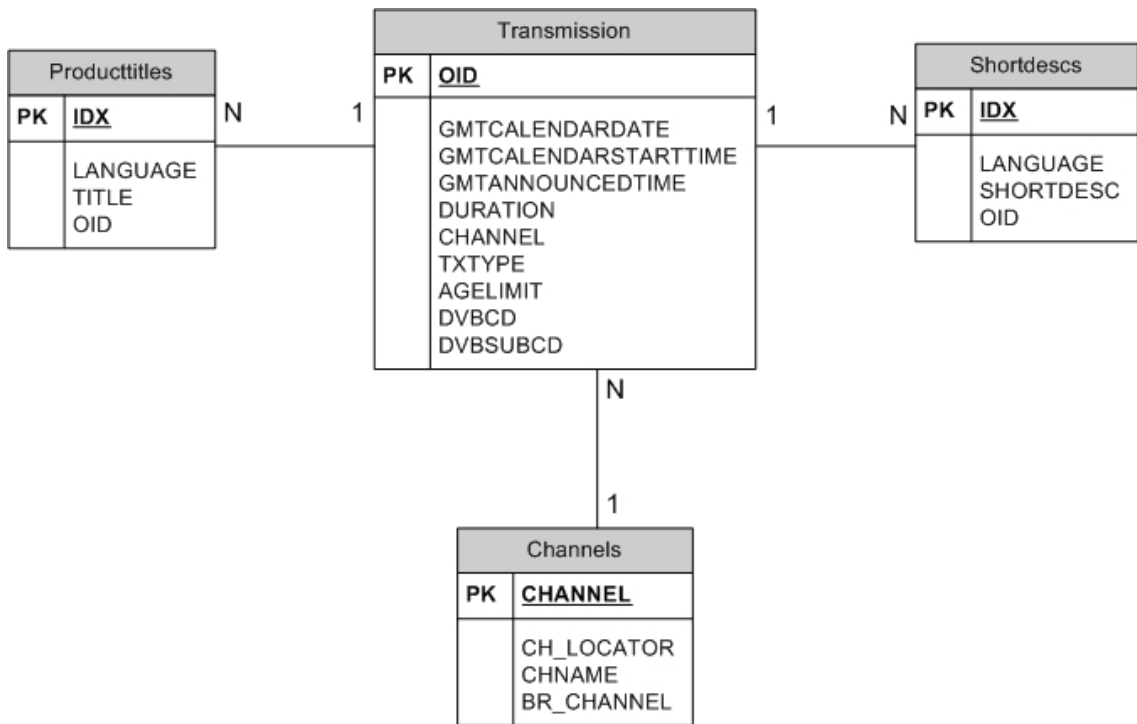
### 4.3.8 MySQL-tietokantapalvelin

Sekä PHP-kielillä toteutetut sivut ja JBoss-sovelluspalvelimelle toteutetut sovellukset käyttävät MySQL-tietokantapalvelinta (versio 4.0.20). Kaikki pilotissa olevat sovellukset käyttävät palvelimella olevaa EPG-tietokantaa. Osa tietokannan tauluista on lisätty EPG-sovellusta varten ja loput PalHaLa-portaalia varten. Kuvassa 4.5 on esitetty Ortikonin sovelluksen taulut, joita käytetään PalHaLa-portaalissa sekä taulujen väliset kardinaalisuudet. Osa Ortikonin luomista tauluista on jätetty pois, koska niitä ei käytetä mihinkään tai taulujen käyttötarkoitusta ei tiedetä.

Ortikonin luomia tietokantatauluja ovat: `Channels`, `Producttitles`, `Shortdescs` ja `Transmission`. `Channels`-taulu sisältää kaikkien IPTV-kanavien tiedot, `Producttitles`-taulu sisältää kaikkien ohjelmien nimet, `Shortdescs`-taulu sisältää kaikkien ohjelmien kuvauksen ja `Transmission` sisältää kaikkien ohjelmien lähetystiedot. Ohjelmien nimet ja kuvaukset ovat eri taulussa, jotta niille voidaan tarjota käännökset eri kielille. Tietokannan taulut, jotka liittyvät PalHaLa-portaaliin esitetään kappaleessa 5.1. Näitä tietokannan tauluja käytetään EPG:ssä ja nauhoitussovelluksessa.

### 4.3.9 NetWrapper

NetWrapper on WTS:n kehittämä sovellus, jolla verkon laitteita pystytään konfiguroimaan automaattisesti. PalHaLa-projektin yhteydessä NetWrapperiä käytetään vain porttien avaamiseen ja sulkemiseen asiakkailta kanavien tilausten alkamisten ja loppumisten yhteydessä sekä yhteyksien nopeuksien muuttamiseen. Vaikka sovellus on kuitenkin tarkoitettu koko verkon hallintaan, PalHaLa-portaalissa sitä käytetään kahden laitteen hallintaan komentorivipohjaisesti WWW-sivustolta käsin. Lisätietoja NetW-



Kuva 4.5: EPG:n taulut taulut.

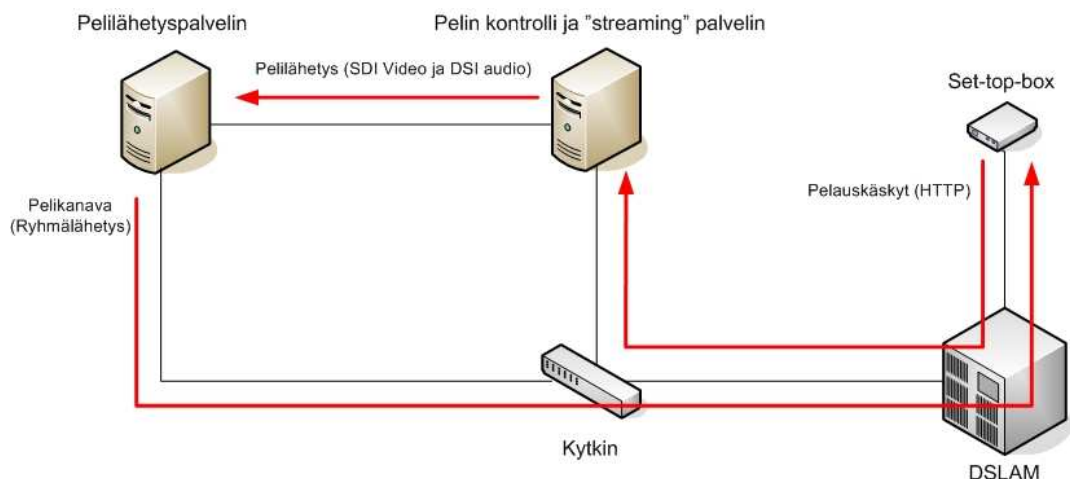
rappersistä löytyy WTS:n kotisivuilta [40].

#### 4.3.10 Pelipalvelimet x 2

SofiaDigitalin pelipalvelimeen tarvitaan kaksi fyysistä konetta, koska koko prosessi on liian raskas yhden koneen suoritettavaksi. Toinen palvelimista pyörittää pelejä ja lähettää niiden videokuvan SDI-kortin (*Serial Digital Interface*) avulla toiselle koneelle. Toinen koneista muuttaa saadut SDI-formaatin mukaiset videokuvat MPEG-2 muotoon ja lähettää ne ryhmälähetyksenä IPTV-verkkoon. Pelaamisen aikana kulkevien viestien kulku on esitetty kuvassa 4.6.

Pelien pelaaminen suoritetaan IPTV set-top-box:in kaukosäätimellä. Tämä on mahdollista siten, että pelattaessa avataan pelipalvelimelta WWW-sivu, johon on sisällytetty pelikanavalla oleva kuva päälaitteen TOI/JS-rajapinnan avulla. Käyttäjälle on tarjottu erilaisia toimintoja, joilla käyttäjä pystyy pelaamaan peliä. Sivuilta lähetetyt HTTP-viestit menevät pelipalvelimen WWW-palvelimelle ja sitä kautta muokkaavat peliä.

Pelikoneet on liitetty toisiinsa SDI-liitännän avulla. SDI on pakkaamattoman kuva- ja äänidatan siirtämiseen tarkoitettu tekniikka. Tällä voidaan siirtää myös korkealaatuaista kuvaa, jolloin luonnollisesti nopeudet nousevat korkealle. Suurin nopeus, 360



Kuva 4.6: Kaavio pelien kulusta.

Megabittiä sekunnissa on kuitenkin harvemmassa käytössä.

Pilottiverkossa pelien pelaaminen on ilmaista, mutta mikäli ne liitettäisiin kaupalliseen projektiin täytyisi niihin suunnitella laskuttamistoiminnot. Käyttäjät voitaisiin tunnistaa set-top-boxien MAC-osoitteiden avulla ja laskutus voisi tapahtua esimerkiksi viesteittäin tai peliajan mukaan pelin hengen mukaan.

#### 4.3.11 VLC media player - web-kamera

VLC media player on monipuolinen multimediaohjelma, joka osaa näyttää monia eri ääni- ja videoformaatteja ja voi toimia "streaming" -sovelluksena. Palvelin 7:aan on käynnistetty VLC-ohjelma siten, että se lähettää web-kamerasta saamaansa dataa yhteen ryhmälähetysosoitteeseen. Kameran ulostuloformaatti on MJPEG ja VLC muokkaa saamansa datan MPEG2-TS-muotoon ja lähettää sen UDP:n päällä. Web-kameran käyttämä ryhmälähetysosoite on 239.3.1.1 ja portti 1234. VLC:n komento on esitetty alla.

```
vlc -vvv v4l:/dev/video:frequency=-1:norm=pal:adev=/dev/audio --sout
#transcode{vcodec=mpgv,acodec=mpga}:std{access=udp,mux=ts,
url=239.3.1.1:1234} --udp-caching=500 --sout-udp-caching 500
```

#### 4.3.12 PalHaLa VoD-palvelin

PalHaLa-projektissa toteutettiin VoD-palvelin, josta RTSP-signaali ja prosessien hallinta on toteutettu itse ja tilausvideon lähettäminen on hoidettu käyttämällä VLC media playeriä. Palvelimeen ei ole toteutettu muita ominaisuuksia kuin videon kat-

somisen aloitus ja lopetus. Palvelin ei siis käsittele muuta kuin RTSP-viestejä, joilla hoidetaan yhteyden luomiseen ja katkaisemiseen tarkoitettu signaalointi.

VoD-palvelimella on yksi soketti kuuntelemassa RTSP-porttia ja se vastaanottaa kaikki RTSP-yhteydenotot. Vastaanotettuaan yhteydenoton, palvelin suorittaa keskustelun asiakkaan kanssa ja onnistuneen keskustelun jälkeen tarkastaa tietokannasta tilatun ohjelman pituuden. Tämän jälkeen palvelin aloittaa uuden prosessin, jossa VLC lähettää asiakkaan tilaamaa vuota asiakkaan IP-osoitteeseen. Palvelin pitää kaikki prosessit hallinnassaan ja lopettaa ne mikäli elokuvan kesto tulee täyteen tai asiakas lähettää lopetusviestin.

### 4.3.13 Viztool

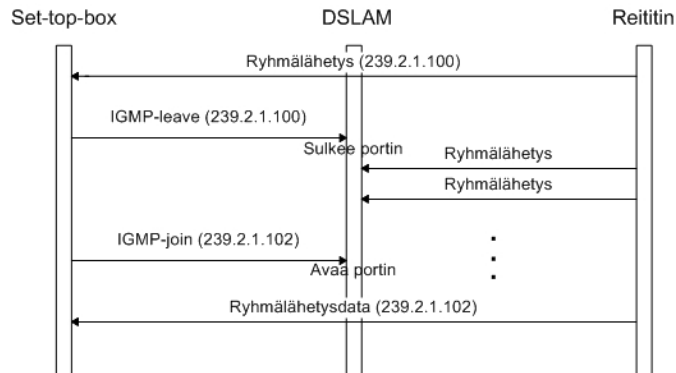
Viztool on Jyväskylän yliopiston tietotekniikan laitoksen samannimisessä tutkimusprojektissa kehitetty verkon visualisointityökalu. Ohjelmalla voi monitoroida verkkoa ja verkon laitteita SNMP-pohjaisesti. Viztool sovellusta käytetään pilottiverkossa esimerkiksi televisiokanavien katsojamäärien tutkimiseen ja sisällön QoS-mittauksiin. Lisätietoa VizToolista saa lähteestä [41].

## 4.4 Palveluiden käyttötapauskuvaukset

Tässä kappaleessa kuvataan mitkä osapuolet pilottiverkossa keskustelevat eri käyttötilanteissa. Käyttötilanteista on käsitelty yleisimmät tapaukset, jotka vaativat lisäselvitystä. Nauhoitussovellukseen ja kanavienhallintasovellukseen liittyvät käyttötapauskuvaukset on esitelty erikseen kappaleissa, joissa kuvataan sovellusten toiminta 5.2 ja 5.3.

### 4.4.1 Kanavan vaihtaminen

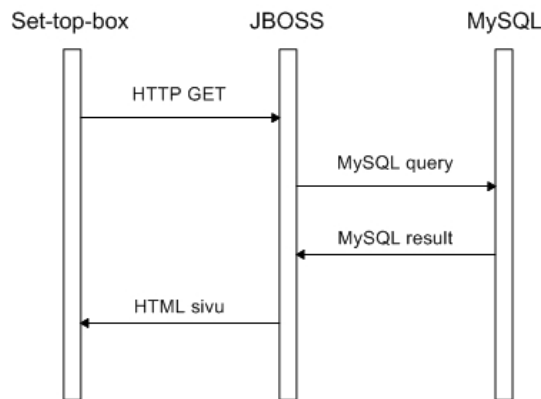
Käyttäjä on katsomassa MTV3-kanavaa (239.2.1.100) ja vaihtaa kanavaa neloselle (239.2.1.102). Tällöin aluksi set-top-box lähettää IGMP-leave -viestin reitittimelle. Kuitenkaan reitittimelle menevälle viestillä ei ole merkitystä, koska DSLAM kuuluu kaikkiin ryhmälähetysryhmiin ja päästää ryhmälähetysliikenteen läpi perustuen saamiinsa IGMP-viesteihin. Tässä tapauksessa DSLAM sulkee käyttäjältä MTV3:n ryhmälähettyksen. Tämän jälkeen set-top-box lähettää reitittimelle IGMP-join -viestin, koska haluaa liittyä nelosen ryhmälähetysryhmään. Samalla tavalla DSLAM lukee paketin ja avaa asiakkaalle kyseisen ryhmälähettyksen. Kuvassa 4.7 on esitetty sama sekvenssikuvio.



Kuva 4.7: Sekvenssikaavio kanavien vaihtamisesta.

#### 4.4.2 EPG:n käyttäminen

Kun käyttäjä haluaa käyttää EPG:tä, lähettää set-top-box viestin JBoss-sovelluspalvelimelle ja pyytää tältä EPG:n aloitussivua. JBoss-palvelin muodostaa sivun tekemänsä MySQL-kyselyn perusteella ja sen jälkeen palauttaa sivun set-top-boxille. EPG:n käyttämisen viestien kulku on esitetty kuvassa 4.8.

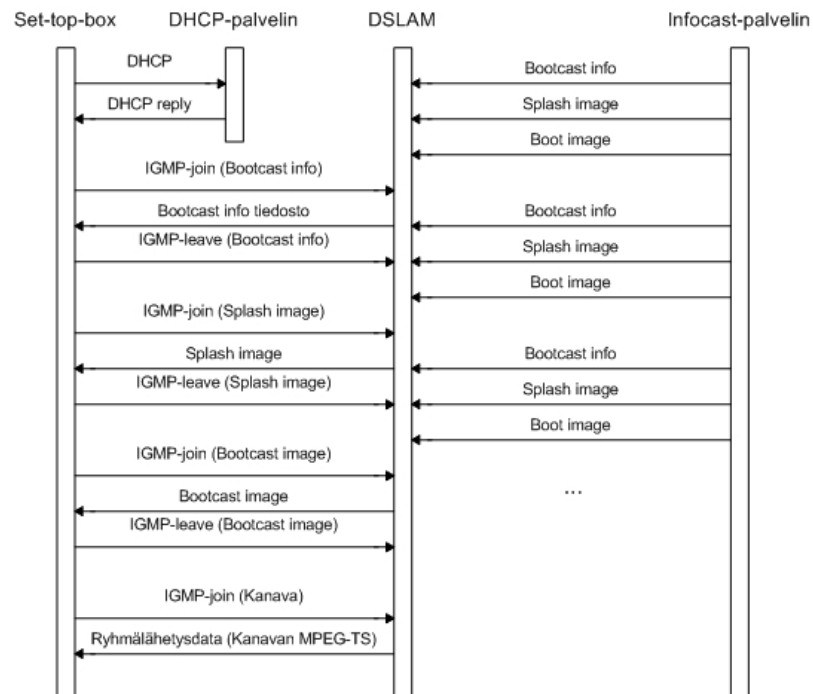


Kuva 4.8: Sekvenssikaavio EPG:n käyttämisestä.

#### 4.4.3 Set-top-boxin käynnistäminen

Set-top-boxin käynnistämässä on neljä eri toimivaa osapuolta: set-top-box, DHCP-palvelin, reitin ja Infocast-palvelin. Set-top-box ottaa yhteyden DHCP-palvelimeen ensimmäiseksi saadakseen IP-osoitteen ja muita perustietoja. Tämän jälkeen set-top-box tarvitsee bootcast info -tiedoston, splash imagen sekä boot imagen, joita infocast-palvelin lähettää ryhmälähetystenä eri ryhmälähetysosoitteisiin. Tätä varten set-top-boxin täytyy liittyä IGMP-protokollaa käyttäen ryhmälähetysryhmiin ja vastaanottaa tiedostot edellisessä järjestyksessä. Mikäli tiedostojen lataus ei onnistu yritetään osia

tiedostoista ladata uudestaan. Tiedostojen lataaminen on kuvattu tarkemmin luvussa 4.2.5. Viestinvälitys on esitetty myös kuvassa 4.9.



Kuva 4.9: Sekvenssikaavio set-top-boxin käynnistämisestä.

## 5 PalHala-portaalin dokumentaatio

Opinnäytetyön yhteydessä toteutettiin PalHaLa-projektiin myös PalHaLa-portaali, johon on koottu projektin aikana toteutettuja WWW-sovelluksia IPTV:n hallintaan. Portaaliin toteutettiin kaksi eri käyttöliittymää: toinen toimintojen käyttämistä varten eli asiakkaan puoli ja toinen tietokannan hallintaa varten eli järjestelmänhallitsijan puoli. Asiakkaan puolen toiminnot jakaantuvat viiteen pääosaan: nauhoituspalvelu, kanavien tilaaminen, VoD, dynaaminen kaistansäätö ja laskutusraportti. Seuraavissa kappaleissa on esitelty tietokanta, asiakaspuolen palveluista nauhoituspalvelut ja kanavien tilaaminen ja viimeisessä kappaleessa on esitelty loput portaalin toiminnoista ja tietokannanhallintasovellus. Nauhoituspalvelu ja kanavien hallinta on jaettu omiin kappaleihinsa, koska ne ovat laajempia kokonaisuuksia.

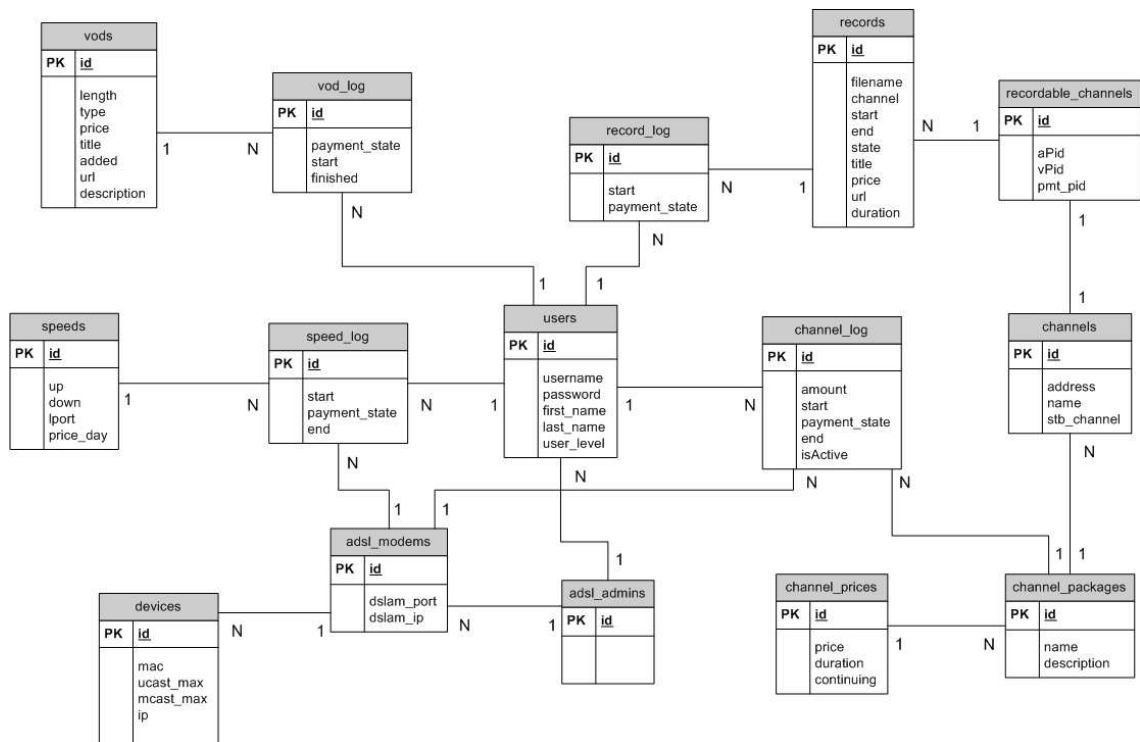
### 5.1 Tietokanta

PalHaLa-portaaliin on toteutettu tietokanta, joka on liitetty yhteen Ortikonin toteuttaman tietokannan kanssa. Portaalin tietokanta jakautuu kahteen osaan: portaalissa yleisesti käytössä olevat taulut ja eri portaalin osiin liittyvät taulut. Kaikki portaalin tietokannan taulut ja niiden kardinaalisuudet on esitetty kuvassa 5.1.

Järjestelmän yleiseen toiminnallisuuteen liittyy neljä eri tietokantataulua: **users**, **adsl\_modems**, **adsl\_admins** ja **devices**. Users sisältää kaikkien käyttäjien tiedot: nimi, käyttäjätunnus, salasana ja käyttäjätaso. Käyttäjätunnusta ja salasanaa käytetään luonnollisesti sisäänkirjautumisessa ja käyttäjätason avulla käyttäjä voidaan tunnistaa joko asiakkaaksi tai järjestelmänvalvojaksi. Käyttäjätaso on luettelo tyyppiä ja voi saada arvokseen, joko **customer** tai **admin**.

Taulu **adsl\_modems** sisältää tiedot kaikista ADSL-liittymistä. Jokaisesta liittymästä tallennetaan liittymän tunniste, DSLAM:in liityntä ja DSLAM:in IP-osoite. Taulua liittymistä tarvitaan, koska kanavanhallinta ja kaistansäätö muokkaavat DSLAM:in arvoja liityntäkohtaisesti. Taulu **adsl\_admins** puolestaan tallentaa kaikki käyttäjät, jotka ovat vastuussa jostain ADSL-liittymästä. Yksi käyttäjä voi olla vastuussa monesta liittymästä ja yhdellä liittymällä voi olla monta hallitsijaa. Taulu **devices** liittyy myös tiiviisti yhteen ADSL-liittymään, koska siihen tallennetaan kaikkien ADSL-liittymän takana olevien laitteiden tiedot. Yhdestä laitteesta tallennettavat tiedot ovat: liittymän tunniste, johon se kuuluu, MAC-osoite ja IP-osoite.





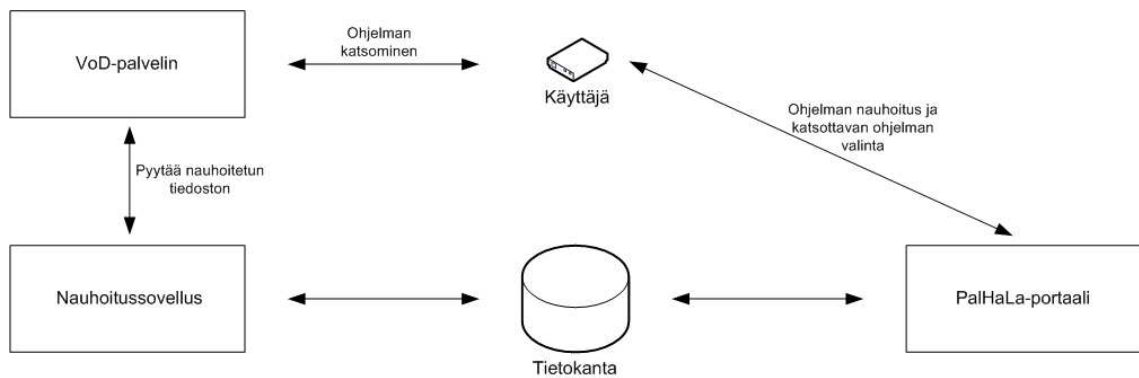
Kuva 5.1: PalHaLa-portaalin taulut.

## 5.2 Nauhoitussovelluksen dokumentaatio

Nauhoitussovellus on PalHaLa-portaalin yhteyteen toteutettu sovellus, jolla voi nauhoittaa televisio-ohjelmia palvelimelle ja nauhoituksen jälkeen katsella nauhoituksia tilausvideona. Sovelluksen kokoonpanoon kuuluu kaksi erillistä fyysistä palvelinta. Toisella koneella pyörii nauhoitussovellus, joka nauhoittaa ohjelmat ja toisella koneella osana PalHaLa-portaalia on sivusto, joka toimii käyttöliittymänä sovellukseen. Tietokanta toimii rajapintana sovelluksen eri osien välillä siten, että käyttöliittymänä toimiva sivusto lisää tietokantaan nauhoitusten tiedot ja nauhoituspalvelin tutkii tietokantaa ja nauhoittaa ohjelmia sen mukaisesti. Videon katselemisessä käyttäjä ottaa yhteyden ensin WWW-palvelimeen, jonka jälkeen päätelaite ottaa yhteyden VoD-palvelimeen. Yleinen kaavio sovelluksen toiminnasta on kuvassa 5.2. Seuraavat aliluvut esittävät sovelluksen teknisen toiminnan ja jatkokehitysideat.

### 5.2.1 Nauhoituspalvelimen sovellus

Nauhoituspalvelimen sovellus toimii palvelimella G.4. Toteutuskielenä nauhoituspalvelimeen valittiin C, koska DVB-kortille on toteutettu rajapinta C-kielelle [42], joka tarjoaa monipuoliset mahdollisuudet käsitellä DVB-vastaanotinta. Rajapinta tarjoaa



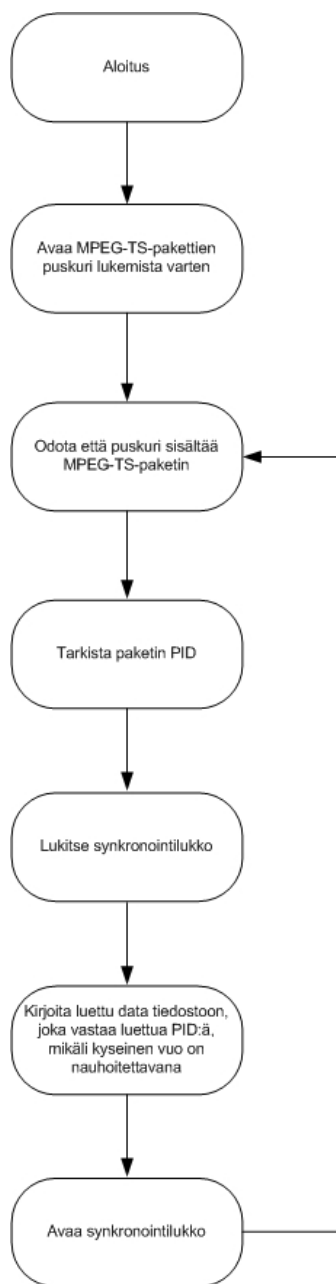
Kuva 5.2: Nauhoitussovelluksen eri osapuolet.

esimerkiksi mahdollisuuden käsitellä kortille saapuvien MPEG-2 TS -pakettien sisältöä.

Sovelluksen pää rakenne koostuu kahdesta säikeestä, joista toinen päivittää nauhoitusparametreja ja toinen suorittaa varsinaisen ohjelmien nauhoittamisen. Säie, joka nauhoittaa ohjelmat on `record`-säie ja parametreja päivittävä säie on `pes_updater`-säie.

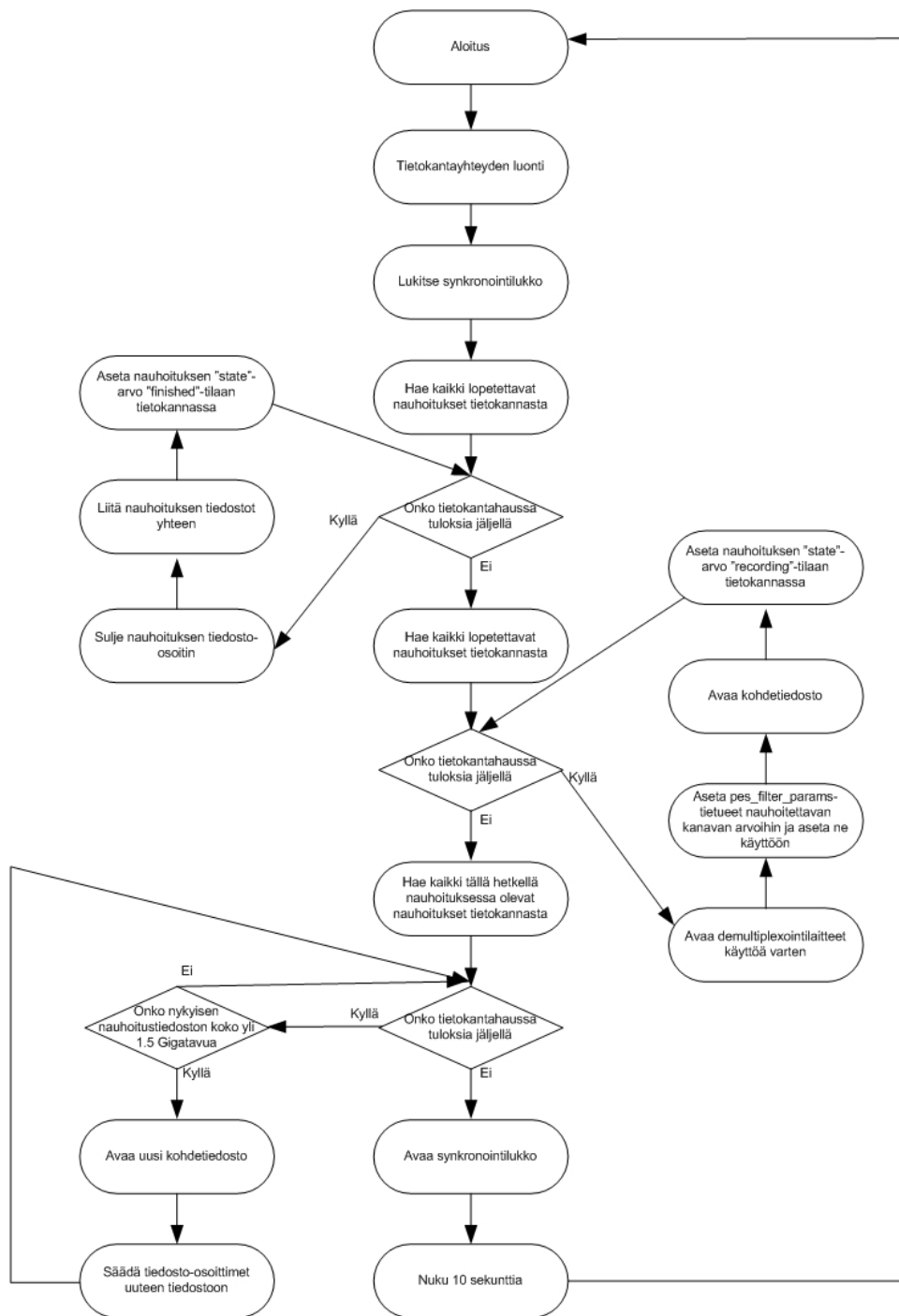
`Record`-säikeen tilakaavio on esitetty kuvassa 5.3. Säikeen toiminnallisuus on yksinkertainen, koska säikeellä ei ole muuta toimintoa kuin ohjelman nauhoittaminen. Käytännössä säikeen ei tarvitse tehdä muuta kuin ottaa DVB-rajapinnan määräämästä pseudo-tiedostosta MPEG-TS-paketti, lukea sen PID-kenttä ja tallettaa se oikeaan tiedostoon PID-kentän mukaan, mikäli kyseinen ohjelma on asetettu nauhoitettavaksi. Jokaisesta ohjelmasta talletetaan audio- ja videopakettien lisäksi PMT-taulut, ja PAT-taulu talletetaan jokaiseen talletukseen. Tiedostojen hallintaan on käytössä globaali tiedosto-osoitintaulukko, jota molemmat säikeet käyttävät. Säikeet täytyy synkronoida synkronointilukolla (engl. *Mutex*), koska muuten tiedosto-osoittimet saattaisivat osoittaa väärään paikkaan niitä käytettäessä.

`PES_updater`-säie on toiminnaltaan monimutkaisempi. Säikeen päätehtäviä on kolme: nauhoituksen aloittaminen, nauhoituksen lopettaminen ja tiedostokoon tarkkailu. Nauhoituksen aloittamista ja lopettamista säie seuraa vertaamalla tietokantaan talletettua lopettamisaikaa sekä tämänhetkistä kellonaikaa. Nauhoituksen aloittamisessa säie avaa uuden tiedoston kirjoittamista varten ja muuttaa tietokannasta nauhoituksen käynnistyneeksi. Nauhoituksen lopettamisessa kaikki nauhoituksen tiedostot liitetään yhteen ja viimeinen tiedosto-osoitin suljetaan sekä tietokantaan asetetaan nauhoitus lopetetuksi. Nauhoitukset täytyy jakaa moneen tiedostoon, koska tiedostoonkirjoitusfunktioilla ei ole mahdollista kirjoittaa yli 2 Gigatavun ylittäviä tiedostoja. Koska nauhoituksen koot ovat suuria täytyy tiedostojen yhdistämisessä jakaa säie vielä kahteen



Kuva 5.3: Record-säikeen tilakaavio.

eri prosessiin, jotta lukko saadaan avattua Record-säikeelle. Säikeen toinen prosessi kuolee heti kun se saa kaikki tiedostot yhdistettyä. Viimeinen säikeen päättehtävä eli tiedostokoon tarkkailu suoritetaan niin, että tarkkaillaan kaikkien nauhoituksessa olevien tiedostojen kokoa ja kun se ylittää 1.5 Gigatavua jaetaan nauhoitus toiseen tiedostoon. Näitä vaiheita suoritetaan silmukassa, joka nukkuu 10 sekuntia joka kierroksella. Säikeen tilakaavio on esitetty myös kuvassa 5.4.



Kuva 5.4: PES\_updater-säikeen tilakaavio.

## 5.2.2 Tietokanta

Nauhoitussovelluksen tietokantaan kuuluu kolme eri tietokantataulua: `record_log`, `records` ja `recordable_channels`. Taulut ovat esitetty kuvassa 5.1. Taulut on sijoitet-

tu samaan tietokantaan kuin Ortikonin tekemä EPG-sovellus, koska nauhoitussovellus tarvitsee tietoa sen tauluista. Ortikonin taulut on esitetty kuvassa 4.5.

**Records**-taulu sisältää jokaisen nauhoituksen tiedot. Yksi taulun rivi on aina yksi nauhoitus. Taulun avainkenttä **id** viittaa **Transmission**-taulun **OID**-kenttään. **Filename**-kenttä on nauhoituksen tiedoston nimi, joka asetetaan aina muotoon **[id].mpg**. **Channel** on viite nauhoitussovelluksen käyttämään toiseen tauluun **recordable\_channels**. **Start** ja **end** ovat aikaleimoja, joista **start** ilmoittaa ohjelman alkamisajan ja **end** loppumisajan. **State**-sarake on **enum** tyyppinen, jolla on arvot **not\_started**, **recording** ja **finished**. Tilat ilmaisevat nauhoituksen tilan ja eri tilat tarkoittavat vaihtoehtoja ei aloitettu, nauhoitetaan ja valmis. **Title**-sarake on nauhoitetun ohjelman nimi. **Price** sarake kertoo nauhoituksen katsomisen hinnan euroissa, **url** sisältää tarkan URLin kyseiseen tiedostoon palvelimella ja **duration** kertoo nauhoituksen keston muodossa **hh:mm:ss**. Taulukossa 5.1 on esitetty esimerkki **records**-taulusta. Esimerkistä on poistettu **id**-, **duration**-, **url**- ja **price**-kenttä sekä **channel**-kentän nimi on lyhennetty, jotta taulukko sopii sivulle.

**Recordable\_channels**-taulu sisältää kanavat, joita käyttäjän on mahdollista nauhoittaa. Kaikkia IPTV-kanavia ei ole mahdollista nauhoittaa, koska nauhoituspalvelimessa on vain yksi DVB-kortti, joten tässä ei voida käyttää **Channels**-taulua. Lisäksi kanavista tarvitaan **PID**:t, joten erillisen taulun lisääminen tietokantaan on järkevää. Taulun sarake **id** on suora viite **Channels**-taulun **CHANNEL**-kenttään ja **vPid**- ja **aPid**-kentät kertovat kanavan video- ja audio-**PID**:t sekä **pmt\_pid**-kenttä kertoo kyseisen kanavan **PMT**-taulun **PID**in.

Taulukko 5.1: Ote records-tietokantataulusta karsituin tiedoin.

filename	ch	start	end	state	title
369169.mpg	3	20060205002007	20060205002000	finished	LauantaiAction: Vihollinen vuoteessani (K15)
4087041.mpg	4	20060210210000	20060210231000	not_started	Elokuva: Paluu tulevaisuuteen II
380819.mpg	6	20060209193000	20060209200000	recording	Simpsonit

### 5.2.3 WWW-portaalin toteutus

Nauhoitussovellukseen liittyy myös käyttöliittymä, joka on WWW-sivustona toteutettu PalHaLa-portaaliin PHP/HTML/CSS-kielillä. Sivustoon kuuluu kolme sivua: ohjelmien nauhoitussivu, nauhoitusten selaussivu ja nauhoitusten katsomissivu. Lisäksi

sivustoon kuuluu nauhoituksen aloittamisskripti, joka on tärkein sivuston osa. Käyttöliittymä onkin rakennettu vain tämän tiedoston testaamiseen ja jatkossa on tarkoitus sisällyttää tämä skripti osaksi monipuolisempaa käyttöliittymää.

Ohjelmien nauhoitussivu näyttää kaikki nauhoitettavien kanavien ohjelmat viikon ajalta. Kuvassa 5.5 on esitetty kuvakaappaus nauhoitusten asettamissivusta. Jokaisesta ohjelmasta on linkki nauhoituksen aloittamisskriptiin, jolle annetaan parametrina ohjelman OID ja URL, johon skriptin tulee uudelleenohjautua suorituksen jälkeen. Skripti lisää nauhoituksen tiedot tietokantaan yhdistelemällä tietoja toisista tauluista. Uudelleenohjauksessa parametrina annettuun URL:iin lisätään yksi GET-parametri, joka ilmaisee nauhoituksen lisäämisen onnistumisen. Nauhoitusten selaamissivu näyttää kaikki asetetut nauhoitukset ja niiden tilan.

#### 5.2.4 Nauhoituksen katsominen

Nauhoituksen katsomista varten PalHaLa-portaalin nauhoitusten katsomissivulle on toteutettu Kreatelin set-top-boxien TOI/JS-rajapintaa käyttämällä toiminto, jolla voi katsoa nauhoituksia. Elokuvan käynnistämis-, pysäytys- ja kelaustoiminnot on sidottu kaukosäätimen erikoisnäppäimiin. Lisäksi käyttäjä voi suurentaa kuvan koko ruudun kokoiseksi. Rajapinnan funktiot käyttävät RTSP-protokollaa signaalointiin VoD-palvelimen kanssa.

Nauhoitusten katsomiseen liittyy kolme sivua: asetettujen nauhoitusten selaussivu, nauhoituksen tietojen katselu ja nauhoituksen katsomissivu. Asetettujen nauhoitusten selaussivulla listataan kaikki asetetut nauhoitukset riippumatta niiden senhetkisestä tilasta. Käyttäjä voi tältä sivulta valita katsottavan nauhoituksen päätyneiden nauhoitusten joukosta. Kuva 5.6 esittää kuvakaappauksen nauhoitusten selaussivusta. Käyttäjä voi valita katsottavan nauhoituksen painamalla linkkiä nauhoituksen nimessä. Tästä käyttäjä pääsee nauhoituksen tietojen katseluun. Tällä sivulla näytetään kaikki nauhoituksen tiedot ja linkki, josta voi ostaa kyseisen nauhoituksen. Kuvassa 5.7 on esitetty kuvakaappaus nauhoitusten tietojen katselusivusta. Nauhoituksen ostamissivu on muuten yhtäläinen edellisen sivun kanssa, mutta siihen on lisätty toiminnot, joita tarvitaan nauhoituksen katselemiseen. Kuvassa 5.8 on esitetty kuvakaappaus nauhoitusten katselusivusta.

#### 5.2.5 Nauhoitusprosessin kulku

Nauhoituksen asettamisessa set-top-boxin selain ottaa yhteyden WWW-palvelimeen ja pyytää WWW-sivua. WWW-palvelin suorittaa WWW-sivun skriptin ja palauttaa WWW-sivun set-top-boxin selaimelle. WWW-sivun skripti ottaa yhteyden tietokan-

## PalHaLa-portaali

---

[Etusivu](#) | [Nauhoitukset](#) | [VoD](#) | [Kanavat](#) | [Nopeuden vaihto](#) | [Lasku](#) | [Ulos](#)

**- Nauhoitukset -**

---

[Aseta nauhoituksia](#) | [Selaa nauhoitettuja](#)

**Kanavat**

[MTV3](#) | [Nelonen](#) | [Subtv](#) | [Nelonen+](#) | [MTV3+](#)

**Viikompäivät**

[Perjantai](#) | [Lauantai](#) | [Sunnuntai](#) | [Maanantai](#) | [Tiistai](#) | [Keskiviikko](#) | [Torstai](#)

**MTV3 - Perjantai**

- [13:30:00OTV](#)
- [15:00:00Bozi](#)
- [15:30:00Voittopotti](#)
- [17:05:00Melrose Place](#)
- [18:00:00Everwood](#)
- [19:00:00Seitsemän Uutiset](#)
- [19:15:00Kauppalehden talousuutiset](#)
- [19:25:00Päivän sää](#)
- [19:30:00Studio Impossible](#)
- [20:00:00Suurin pudottaja](#)
- [21:00:00Kurjat kuppilat](#)
- [22:00:00Kymmenen Uutiset](#)
- [22:20:00Tulosrautu](#)
- [22:30:00Sinkkuelämää](#)
- [23:10:00Kuukauden parhaat sekunnit](#)
- [23:15:00Puhallus \(K15\)](#)

PalHaLa-projekti, Jyväskylän Yliopisto, <http://www.ad.jyu.fi/PalHaLa>

Kuva 5.5: Nauhoitusten asettaminen.

tapalvelimeen ja asettaa nauhoituksen tietokantaan. Samaan aikaan nauhoituspalvelin tutkii koko ajan tietokantaa ja mikäli sinne on asetettu uusi asetus ja nauhoituksen aloituskellonaika on mennyt aloittaa nauhoituspalvelin nauhoituksen. Kun nauhoitus on loppunut ottaa nauhoituspalvelin yhteyden tietokantapalvelimeen ja asettaa nauhoituksen valmiiksi. Nauhoitusprosessin sekvenssikaavio on esitetty kuvassa 5.9.

### 5.2.6 Sovelluksen jatkokehitys

Sovelluksen jatkokehityksessä olisi alussa keskityttävä luomaan jokaiselle käyttäjälle oma tili, johon käyttäjä saa tietyn määrän kovalevytilaa ohjelmien nauhoitukseen. Jo-



## PalHaLa-portaali

---

[Etusivu](#) | [Nauhoitukset](#) | [VoD](#) | [Kanavat](#) | [Nopeuden vaihto](#) | [Lasku](#) | [Ulos](#)

**- Selaa nauhoitettuja -**

[Aseta nauhoituksia](#) | [Selaa nauhoitettuja](#)

Siirry nauhoitusten katseluun klikkaamalla linkkiä, joka on nauhoitetun ohjelman nimessä

**Nauhoitetut:**

Id:	Nimi:	Pvm:
6	<a href="#">Testiohjelma 6</a>	(2006-06-01 13:15:00)
373098	<a href="#">O.C.</a>	(2006-05-30 20:00:00)
373664	<a href="#">Enkelit (K15)</a>	(2006-06-01 23:10:00)
394276	<a href="#">Madventures II (K15)</a>	(2006-05-19 23:35:00)
403402	<a href="#">Ostoskanava</a>	(2006-06-01 10:35:00)
404562	<a href="#">Rahalinko</a>	(2006-05-30 11:35:00)
4092573	<a href="#">Elokuva: Elukka</a>	(2006-05-19 21:05:00)

PalHaLa-projekti, Jyväskylän Yliopisto, <http://www.ad.jyu.fi/PalHaLa>

Kuva 5.6: Nauhoitusten listaus.

kaiselle käyttäjälle tulisi tarjota perustoiminnot nauhoitusten käsittelyyn, kuten esimerkiksi nauhoitusten poistaminen ja lajitteleminen. Jos joku toinen käyttäjä on nauhoittanut jonkin ohjelman minkä käyttäjä on itse jättänyt nauhoittamatta, mutta on omistanut oikeudet kanavaan ohjelman lähetyshetkenä, on järkevää, että käyttäjällä on mahdollisuus katsella myös sitä nauhoitusta. Jos käyttäjälle tarjotaan mahdollisuus katsoa toisten nauhoituksia olisi siitä järkevää periä maksu, koska käyttäjä voisi näin säästää omaa levytilaansa katsomalla muiden nauhoituksia. Myöskin nauhoituksiin, joiden kanavaoikeuksia käyttäjä ei ole lähetyshetkellä omistanut olisi mahdollista tarjota katsomismahdollisuus, mutta luonnollisesti suurempaa korvausta vastaan.

Yksi toiminnallisuus nauhoitussovelluksessa, joka lisää IPTV:n arvoa, olisi toiminto, jonka valitsemalla sovellus nauhoittaa kaikki ohjelmat aina ja poistaa ne automaattisesti tietyn ajan jälkeen. Esimerkiksi viikon puskuri olisi vielä levynkäytöltään suhteellisen järkevä, koska ohjelmia ei tarvitse nauhoittaa kuin kerran jokaiselle käyttäjälle. Tämän option lisäksi käyttäjällä voisi olla oma levytila, jonne voi tallettaa säilöön tärkeimmät nauhoitukset.

Ongelmana sovelluksen kaupallisessa käyttöönotossa kuitenkin on laki, jonka mu-



**PalHaLa-portaali**

[Etusivu](#) | [Nauhoitukset](#) | [VoD](#) | [Kanavat](#) | [Nopeuden vaihto](#) | [Lasku](#) | [Ulos](#) |

**- Katso nauhoitus -**

<b>Nimi:</b>	O.C.
<b>Pituus:</b>	1 tunti
<b>Kuvaus:</b>	Vaikka Ryan päätyi jälleen kaltereiden taakse, Cohenin perhe otti hänet uudelleen hoiviinsa. Pitkien etsintöjen jälkeen Ryanin äiti saadaan vihdoin kiinni, ja hän tulee tapaamaan poikaansa.
<b>Hinta:</b>	2€
	<a href="#">Katso elokuva</a> (maksu elokuva)
	<a href="#">Takaisin</a>

PalHaLa-projekti, Jyväskylän Yliopisto, <http://www.ad.jyu.fi/PalHaLa>

Kuva 5.7: Nauhoituksen ostaminen.

**PalHaLa-portaali**

[Etusivu](#) | [Nauhoitukset](#) | [VoD](#) | [Kanavat](#) | [Nopeuden vaihto](#) | [Lasku](#) | [Ulos](#) |

**- Katso nauhoitus -**

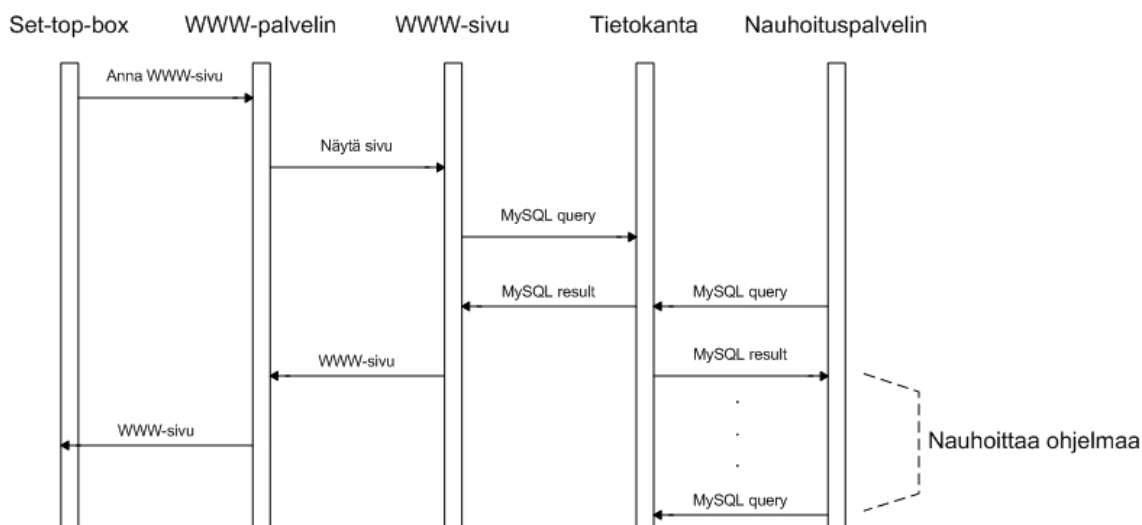
<b>Nimi:</b>	O.C.
<b>Pituus:</b>	1 tunti
<b>Kuvaus:</b>	Vaikka Ryan päätyi jälleen kaltereiden taakse, Cohenin perhe otti hänet uudelleen hoiviinsa. Pitkien etsintöjen jälkeen Ryanin äiti saadaan vihdoin kiinni, ja hän tulee tapaamaan poikaansa.
<b>Hinta:</b>	2€
	<a href="#">Takaisin</a>

Aloita videon katselu       Koko ruutu käyttöön  
 Pysäytä video               Pieni kuva

PalHaLa-projekti, Jyväskylän Yliopisto, <http://www.ad.jyu.fi/PalHaLa>

Kuva 5.8: Nauhoituksen katsominen.

kaan toiselle henkilölle voi nauhoittaa ohjelmia televisiosta mikäli nauhoitus tehdään yksinomaan hänelle. Palvelu olisi mahdollista toteuttaa noudattaen tätä lakia, mutta



Kuva 5.9: Sekvenssikaavio ohjelman nauhoittamisesta.

silloin yksi parhaista ideoista eli levytilan säästäminen, ei olisi enää käytettävissä. Sovelluksen tulisi nauhoittaa jokaiselle nauhoittajalle oma kopionsa nauhoituksesta.

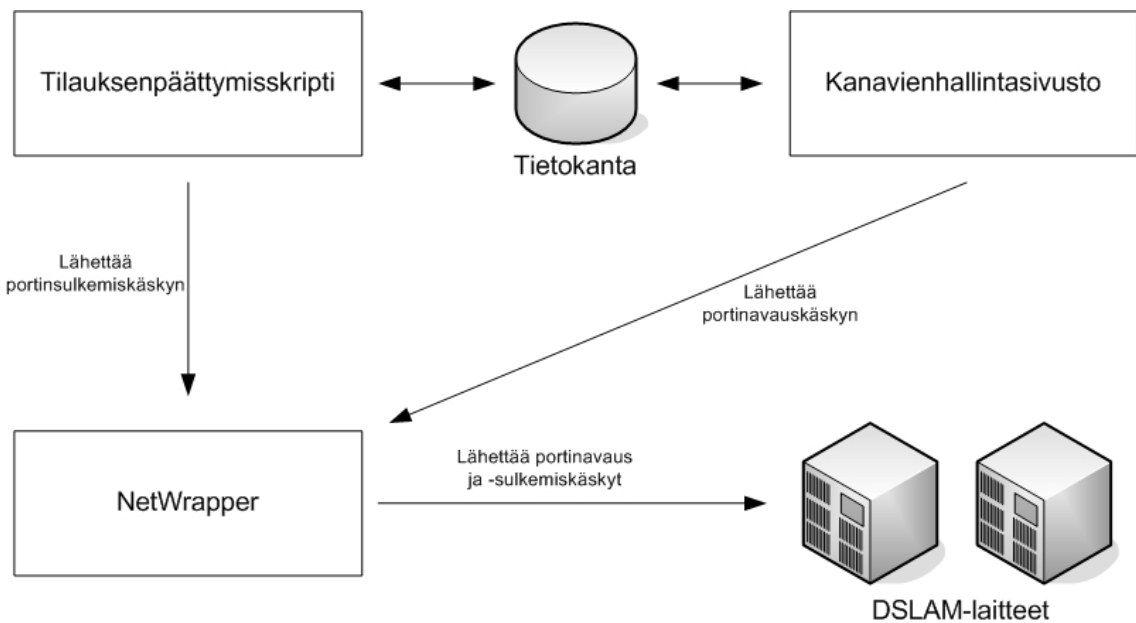
Resurssien puute ei tule siis olemaan ongelma ohjelmien nauhoittamisessa, mutta sovelluksen käyttäjämäärän kasvaessa VoD-palvelimet vaativat paljon suoritustehoa ja kaistaa. Nauhoitusten määrän kasvaessa myös esimerkiksi nVoD-palvelujen tarjoaminen monimutkaistuu, koska jokainen nauhoitus tulisi lähettää omassa ryhmälähetysosoitteessaan. Mutta mahdolliset tulevaisuudessa tehtävät sovelluksen testaukset näyttävät, miten ohjelmien lähetystä tulisi tehostaa. Tällä hetkellä nauhoitusten katselussa käytetään PalHaLa projektissa toteutettua VoD-palvelinta. Jatkossa olisi järkevää vaihtaa sovellus johonkin kaupalliseen palvelimeen, koska tehokkuskysymyksiä ei ole mietitty PalHaLa VoD-palvelimessa.

## 5.3 Kanavienhallintasovellus

Maksullisten kanavien tilaamisen testaamiseen on kehitetty kanavienhallintasovellus, jolla pystytään asettamaan kaikille kanaville hinnoittelu, käyttäjälle mahdollisuus maksaa kanava ja estetään maksamattomien kanavien katsominen. Sovellus koostuu kuvassa 5.10 esitetyistä osista. Sovelluksen kaikki eri osapuolet toimivat palvelin 2:ssa.

### 5.3.1 Kanavienhallintasivusto

Sivustolla on kaksi päätoimintoa mitä käyttäjä voi suorittaa. Maksullisen kanavan tilaaminen ja maksullisen kanavan jatkuvan tilauksen lopettaminen. Käytännössä asiakas ei



Kuva 5.10: Kanavienhallintasovelluksen arkkitehtuuri.

tilaa kanavia vaan kanavapaketteja, koska DSLAM:issä kanavien estäminen ja salliminen tapahtuu ryhmälähetysryhmille clientauth-toiminnon avulla. Ryhmälähetysryhmät pilottiverkon DSLAM:eilla on esitetty taulukossa 4.3.

Kanavapakettien tilaaminen tapahtuu siten, että käyttäjä ensiksi valitsee kanavapaketin, jonka haluaa tilata. Paketin valitsemisen jälkeen käyttäjä valitsee maksutavan liittymälle. Jokaiselle kanavapaketille on suunniteltu omat maksutavat tietokantaan. Tilaukset voivat olla joko määräaika- tai jatkuvia ja molempien aikajakso on vapaasti määriteltävissä. Käyttäjä joutuu määrittelemään myös liittymän tunnisteen, johon haluaa kanavapaketin tilata ja kyseisen liittymän hallitsijan käyttäjätunnuksen sekä salasanan, jos itsellä ei ole siihen oikeuksia. Tämän menettelyn avulla käyttäjä voi esimerkiksi naapurissa käymässään tilata maksullisen kanavan naapurin liittymään, mutta laskutus tulee hänelle itselleen. Vastaavasti taas hallinnoijan salasana tarvitaan, jotta väärinkäyttöä ei ilmenisi. Kanavavarojen lopettaminen on hieman yksinkertaisempaa. Käyttäjä valitsee käyttöliittymästä kanavapaketin nimen, jonka tilauksen haluaa lopettaa ja painaa lähetysnappia.

Kummassakin tapauksessa PHP-skripti käsittelee tietokantaa. Kanavapaketin tilaamisessa lisätään tietokantaan uusi rivi ja tilauksen poistamisessa asetetaan kyseisen tilauksen loppuneeksi. Lisäksi skripti kutsuu komentoriviltä NetWrapper-sovellusta, jonka avulla voidaan lähettää käskyjä DSLAM:ille. NetWrapper, joko sallii tai estää tilanteen mukaan kanavapaketin lähetyksen kyseiseen liityntään. Alla on esitetty esimerkki NetWrapperin komennosta, jolla saa avattua kanavapaketin valitulle liittymälle.

```
/usr/local/NetWrapper/bin/ExecNWCommand.sh -cp  
address=192.168.2.13,uid=admin,pw=admin,pw2=admin -et  
ClientAuth -c Add -a channelPkg=maksu,port=3/1
```

### 5.3.2 Tilauksenpäättymiskripti

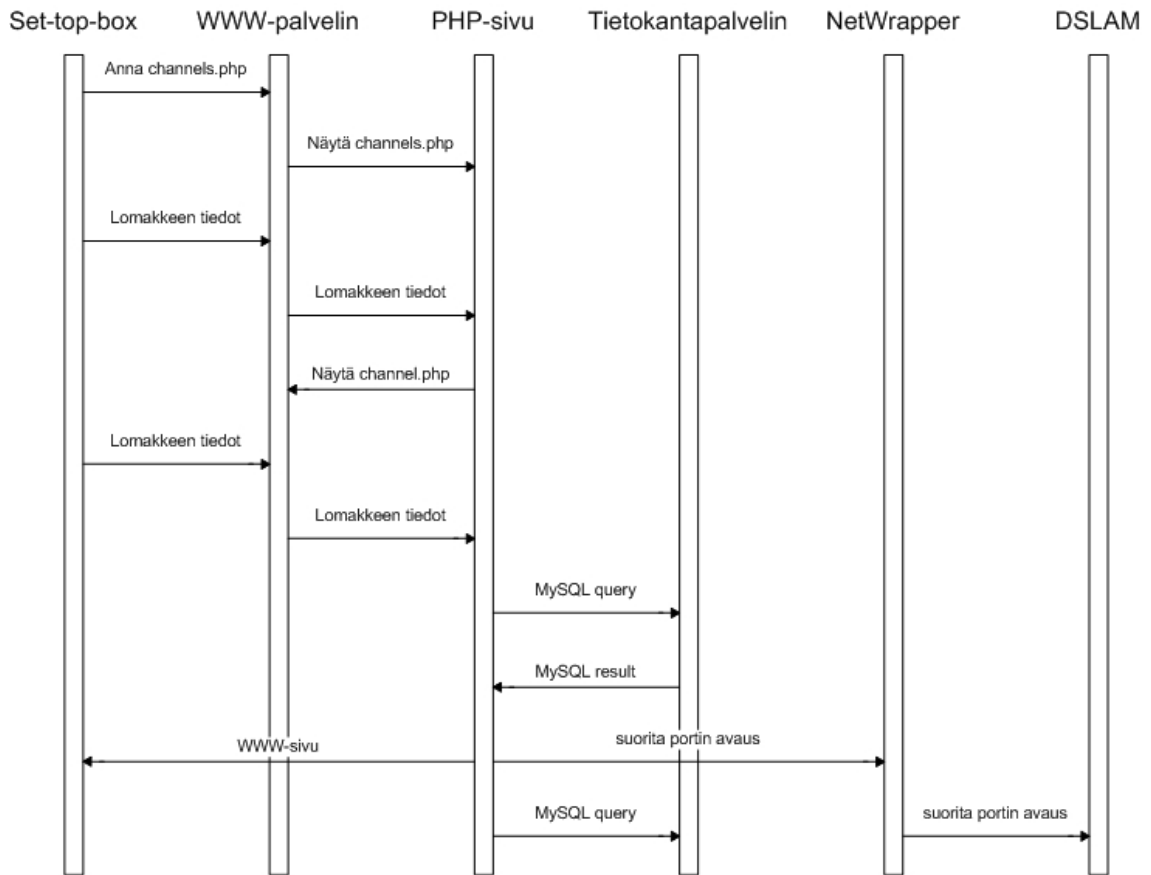
PHP-skripti on koko ajan käynnissä omana prosessinaan palvelimella. Se tarkkailee tietokannasta vanhentuneita tilauksia ja tilauksen vanhentuessa se kääntää NetWrapper-sovelluksen sulkea kyseisen kanavan ryhmälähetysosoitteen ja portin tilauksen tehneeltä käyttäjältä, jotta asiakas ei pysty katselamaan kyseistä kanavaa ja lisäksi lisää tietokantaan tiedon, että tilaus on päättynyt.

### 5.3.3 Tietokanta

Kanavienhallintasovelluksen tietokanta toimii palvelin 2:n MySQL-tietokantapalvelimella ja on sisällytetty Ortikonin EPG-tietokantaan. Taulut löytyvät kuvasta 5.1. Tietokanta koostuu neljästä taulusta: `channel_log`, `channels`, `channel_packages` ja `channel_prices`. Taulu `channel_log` on lokitaulu, joka sisältää tiedot kaikista kanavatilauksiin liittyneistä tapahtumista. Taulu `channels` sisältää tiedot kaikista kanavista ja `channel_packages` taas kokoaa kanavat paketteihin, joita on mahdollista tilata. Tauluun `channel_prices` on tallennettu taas jokaiselle eri kanavapakettille eri tilaustavat.

### 5.3.4 Maksullisen kanavan tilaaminen

Maksullisen kanavan tilaamisessa on yhteensä kuusi eri toimivaa osapuolta: set-top-box, WWW-palvelin, PHP-sivu, tietokantapalvelin (MySQL), NetWrapper ja DSLAM. Aluksi set-top-box ottaa yhteyden WWW-palvelimeen ja pyytää `channels.php`-sivua. Sivusta otettu kuvakaappaus on esitetty kuvassa 5.12. WWW-palvelin suorittaa sivun `channels.php` skriptit ja lähettää skriptien tuloksen set-top-boxille. Skripti ohjaa suorituksen `channel.php`-sivulle, joka näyttää kyseisen kanavapaketin maksutavat. Sivun kuvakaappaus on esitetty kuvassa 5.13. Tämän jälkeen käyttäjä valitsee kanavapakettille maksutavan ja lähettää lomakkeen tiedot palvelimelle. Palvelin antaa tiedot skriptin käsiteltäväksi. Skripti suorittaa tämän jälkeen kyselyn tietokantaan ja tietojen perusteella kutsuu NetWrapper-sovellusta siten, että kanavapaketti sallitaan kyseiselle käyttäjälle. Sama prosessi on esitetty sekvenssikaaviona kuvassa 5.11.



Kuva 5.11: Sekvenssikaavio maksullisen kanavan tilaamisesta.

## 5.4 Muut portaalin toiminnot

PalHaLa-portaalissa on myös muitakin toimintoja, mutta ne ovat hieman kooltaan pienempiä, joten ne esitetään samassa kappaleessa. VoD-palvelun toiminta myös muistuttaa paljon nauhoituspalvelun nauhoitusten katsomista, joten sitä ei tarvitse esitellä kovin laajasti.

### 5.4.1 Dynaaminen kaistansäätö

PalHaLa-portaalista on mahdollista säätää yhteyden nopeutta tarpeiden mukaan. Tämä on mahdollista NetWrapper-sovelluksen ansiosta, jolla on mahdollista ottaa yhteyttä DSLAM:iin ja säätää nopeus valitulle liittymälle. Komennosta on esimerkki kappaleen lopussa. Kaistansäädön käyttöliittymässä on myös sama toiminnallisuus, kuten kanavapakettien tilaamisessa. Nopeuden voi tilata mihin tahansa liittymään kuka tahansa, kun tietää kyseisen liittymän hallinnoijan käyttäjätunnuksen ja salasanan. Tämän mahdollinen käyttötarve olisi se, että menet käymään naapurissa, jossa on hidas

## PalHaLa-portaali

---

[Etusivu](#) | [Nauhoitukset](#) | [VoD](#) | [Kanavat](#) | [Nopeuden vaihto](#) | [Lasku](#) | [Ulos](#)

**- Maksulliset kanavat -**

---

Siirry kanavapakettin tilaamiseen klikkaamalla linkkiä

Kanavapaketti: Mainoskanavat ▼

Mainoskanavat  
 Yleisradion kanavat  
 Maksulliset kanavat  
 Pelikanavat

---

Peru jokin jatkuvista tilauksistasi valitsemalla kanavapaketti ja painamalla lähetä

Kanavapaketti: Ei poistettavia ▼

PalHaLa-projekti, Jyväskylän Yliopisto, <http://www.ad.jyu.fi/PalHaLa>

Kuva 5.12: Kuva kanavapakettin valinnan käyttöliittymästä.

liittymä ja haluaisit katsoa siellä VoDin. Tällöin voi nopeutta vaihtaa tilapäisesti suureksi, jolloin elokuvan katsominen onnistuu. Kuvakaappaus dynaamisen kaistansäädön käyttöliittymästä on esitetty kuvassa 5.14.

Dynaamiseen kaistansäätöön liittyy tietokannasta taulut `speeds` ja `speed_log`. `Speeds` sisältää mahdolliset eri nopeudet, joita käyttäjä voi valita. Nopeuksille ei ole rakennettu monimutkaista laskutusmenetelmää vaan jokainen nopeus sisältää tiedon siitä kuinka paljon se maksaa päivältä. Tauluun `speed_log` tallennetaan kaikki nopeuksien muutokset mitä käyttäjät tekevät.

Kaistansäätö on myös mahdollista suorittaa automaattisesti tarpeesta riippuen. Esimerkiksi, jos käyttäjä haluaa tavalliseen käyttöönsä liittymän, jossa on nopeutena 2Mbps/1Mbps voidaan liittymän nopeus tilausvideoita tilatessa nostaa riittävälle tasolle, jotta videoiden katselu onnistuu. Näin käyttäjän tulisi maksaa vain tilausvideon kestävältä ajalta ja palvelun käyttävyys myös parantuisi, koska nopeutta ei tarvitsisi muuttaa erikseen. Sama toiminto voitaisiin toteuttaa myös normaalien televisiokanavien katselemiseen.

Pilottiverkoissa käytettävissä DSLAM:eissä on kuitenkin virhe, jonka takia dynaa-

## PalHaLa-portaali

---

[Etusivu](#) | [Nauhoitukset](#) | [VoD](#) | [Kanavat](#) | [Nopeuden vaihto](#) | [Lasku](#) | [Ulos](#)

---

**- Kanavapakettin tilaus : Maksulliset kanavat -**

---

Hintatyyppi:  ▼

Määrä:

Adsl id:

Syötä seuraavat tunnukset, jos et ole laitteen laitteen admin.

Käyttäjätunnus:

Salasana:

PalHaLa-projekti, Jyväskylän Yliopisto, <http://www.ad.jyu.fi/PalHaLa>

Kuva 5.13: Kuva maksutavan valinnan käyttöliittymästä.

mista kaistansäätöä ei ole mahdollista käyttää. Kun NetWrapper-komento ajetaan, lakkaa ryhmälähetykset toimimasta kokonaan. Tämän jälkeen on ryhmälähetyksryhmät muodostettava uudestaan ennen kuin ryhmälähetykset saa toimimaan, joten tätä toimintoa ei kuitenkaan nykyisellä laitekokoopanolla tarjota käyttäjille.

```
/usr/local/NetWrapper/bin/ExecNWCommand.sh -cp address=192.168.2.13,
uid=admin,pw=admin,pw2=admin -et SubInterface -c Modify -a
port=3/1,maxup=10000,maxdown=10000,lport=10000
```

#### 5.4.2 VoD

VoD-osuus muistuttaa paljon PalHaLa-portaalin nauhoitusosuudessa olevia nauhoitusten selailu- ja katselusivuja. Sovellus omistaa tietokannan taulun `vods`, joka sisältää jokaisen VoDin tiedot ja toisen taulun `vod_log`, joka sisältää kaikki VoDien tilaukset. VoDien selaamissivu näyttää kaikki VoDit, jotka ovat tietokannassa ja käyttäjä voi valita listasta haluamansa VoDin katsottavaksi. VoDin katsomissivulla on käytetty samoja



## PalHaLa-portaali

[Etusivu](#) | [Nauhoitukset](#) | [VoD](#) | [Kanavat](#) | [Nopeuden vaihto](#) | [Lasku](#) | [Ulos](#)

**- Nopeuden vaihtaminen -**

Valitse nopeus:

Adsl id:

Syötä seuraavat tunnukset, jos et ole laitteen laitteen admin.

Käyttäjätunnus:

Salasana:

PalHaLa-projekti, Jyväskylän Yliopisto, <http://www.ad.jyu.fi/PalHaLa>

Kuva 5.14: Nopeudenvaihtosivu.

TOI/JS-funktioita ohjelman katsomisen aloittamiseen kuin nauhoitusten katsomisessa. Kuvissa 5.15 ja 5.16 on esitetty kuvankaappaukset VoD-käyttöliittymästä.

## PalHaLa-portaali

[Etusivu](#) | [Nauhoitukset](#) | [VoD](#) | [Kanavat](#) | [Nopeuden vaihto](#) | [Lasku](#) | [Ulos](#)

**- Tilausvideot -**

Tulos: 2 Tilausvideota | Tilausvideot 1-2  
[\[1\]](#)

Id:	Nimi:	Pituus:	Hinta:	Laji:	
1	Saw	02:25:00	5	horror	<a href="#">Maksa</a>
2	pda testi	01:00:00	1	testi	<a href="#">Maksa</a>

PalHaLa-projekti, Jyväskylän Yliopisto, <http://www.ad.jyu.fi/PalHaLa>

Kuva 5.15: Tilausvideoiden listaussivu.



**PalHaLa-portaali**

[Etusivu](#) | [Nauhoitukset](#) | [VoD](#) | [Kanavat](#) | [Nopeuden vaihto](#) | [Lasku](#) | [Ulos](#) |

**- Tilausvideon katselu -**

Video on nyt maksettu!

Nimi:	Saw
Pituus:	02:25:00
Hinta:	5
Laji:	horror
Kuvaus:	Moottorisahamies aloittaa raa'at ryhmämurhat pienessä kylässä keskellä Tennesseejokilaaksoa. Poliisi on ymmällään ja voimaton.

Aloita videon katselu       Koko ruutu käyttöön  
 Pysäytä video                       Pieni kuva

PalHaLa-projekti, Jyväskylän Yliopisto, <http://www.ad.jyu.fi/PalHaLa>

Kuva 5.16: Tilausvideon katselusivu.

### 5.4.3 Tietokannan hallintasivusto

PalHaLa-portaaliin on toteutettu sivuston hallinnoijalle tietokannan hallintaan oma portaalinsa. Hallinnoija pystyy muokkaamaan, lisäämään ja poistamaan sivuston kautta tietokannan sisältöä. Lisäksi tietokannan muokkausta varten on tietokantaan lisätty ”foreign key” -määrittelyt, jotta rivien poistaminen isäntätauluissa toisi toivotun vaikutuksen. Tietokannanhallintasivuston kautta käyttäjä pystyy muokkaamaan, lisäämään ja poistamaan käyttäjiä, nopeuksia, kanavia, kanavapaketteja, nauhoituksia, VoDeja, liittymän hallitsijoita, laitteita ja ADSL-liittymiä. Kuvassa 5.17 on esitetty kuvakaappaus tietokannanhallintasivustosta.

### 5.4.4 Laskutusraportti

Käyttäjälle tarjotaan myös toiminto, jolla voi listata kaikki kirjautuneen käyttäjän tapahtumat PalHaLa-portaalissa. Tapahtumat on jaettu osiin kuukausittain ja käyttäjä voi selata taaksepäin menneitä tapahtumia aina meneillään olevan vuoden tammikuuhun saakka. Kuvassa 5.18 on esitetty karsittu esimerkki laskutusraporttisivusta. Raportissa on tapahtumat jaettu neljään osaan: nauhoitukset, VoDit, tilatut kanavat ja nopeudet. Lisäksi sivun lopussa esitetään yhteenveto ja yhteissumma käytetyistä palveluista.

## PalHaLa-portaali

[Käyttäjät](#) | [Nopeudet](#) | [Kanavat](#) | [Kanavapaketit](#) |  
[Nauhoitukset](#) | [Vodit](#) | [Adminit](#) | [Laitteet](#) | [Liittymät](#) | [Ulos](#) |

### - Muokkaa käyttäjiä -

[Muokkaa käyttäjiä](#) | [Lisää käyttäjä](#) |

Tulos: 10 Käyttäjää | Käyttäjät 1-10

[1]

Id:	Nimi:	Taso:		
2	Olavi Paananen	customer	<a href="#">Poista</a>	<a href="#">Muokkaa</a>
7	Armi Koivula	customer	<a href="#">Poista</a>	<a href="#">Muokkaa</a>
1	Olavi Paananen	admin	<a href="#">Poista</a>	<a href="#">Muokkaa</a>
14	Keanu Reeves	admin	<a href="#">Poista</a>	<a href="#">Muokkaa</a>
13	Tom Jones	admin	<a href="#">Poista</a>	<a href="#">Muokkaa</a>
11	Kerkko Koskinen	admin	<a href="#">Poista</a>	<a href="#">Muokkaa</a>
8	Ilari Laukkanen	admin	<a href="#">Poista</a>	<a href="#">Muokkaa</a>
6	arto bryggare	admin	<a href="#">Poista</a>	<a href="#">Muokkaa</a>
5	usko mononen	admin	<a href="#">Poista</a>	<a href="#">Muokkaa</a>
15	Teemu Ruotsalainen	admin	<a href="#">Poista</a>	<a href="#">Muokkaa</a>

PalHaLa-projekti, Jyväskylän Yliopisto, <http://www.ad.jyu.fi/PalHaLa>

Kuva 5.17: Kuvakaappaus tietokannan hallintasivustosta.

# PalHaLa-portaali

[Etusivu](#) | [Nauhoitukset](#) | [VoD](#) | [Kanavat](#) | [Nopeuden vaihto](#) | [Lasku](#) | [Ulos](#) |

- Lasku : kesäkuu -

Valitse kuukausi:

[tammikuu](#) | [helmikuu](#) | [maaliskuu](#) | [huhtikuu](#) | [toukokuu](#) | **kesäkuu** |

## Nauhoitukset

Nimi:	Osto aika:	Hinta:
Madventures II (K15)	2006-06-01 09:05:10	2€
Yhteensä:		22€

## Nopeus

Nimi:	Osto aika:	Hinta:
1000 kbps / 2000 kbps	2006-06-01 09:08:28 - 2006-06-01 09:08:53	2€
1000 kbps / 12000 kbps	2006-06-01 09:08:53 - 2006-06-01 09:29:27	10€
1000 kbps / 8000 kbps	2006-06-01 09:29:27 -	80€
Yhteensä:		92€

## Lasku

Ostettu tuote:	Hinta:	
Nauhoitukset:	22€	
Vodit:	25€	
Nopeudet:	92€	
Kanavat:	45€	
Yhteensä:	184€	

PalHaLa-projekti, Jyväskylän Yliopisto, <http://www.ad.jyu.fi/PalHaLa>

Kuva 5.18: Laskutusraportti.

## 6 Yhteenveto

Tässä dokumentissa luotiin katsaus IPTV-palveluiden toteuttamisessa tarvittaviin tekniikoihin ja standardeihin. Tutkittuja alueita olivat lähetystekniikat, protokollat, MPEG-standardi ja digitaalisiin televisiolähetysiin liittyvät standardit. Tämän jälkeen dokumentoitiin IPTV-pilottiverkko, joka toteutettiin PalHaLa-projektin aikana, sekä viimeisessä kappaleessa dokumentoitiin PalHaLa-portaali. PalHaLa-portaali on pilottiverkossa käytettävä IPTV:n hallintaan tarkoitettu portaali.

IPTV kehittyy pikkuhiljaa suositukseksi vaihtoehdoksi normaalille digitaaliselle televisiolle, mutta toteutukset vaihtelevat todella paljon. Tällä hetkellä tarvitaan standardointia IPTV:n eri osa-alueisiin liittyen, jotta tulevat toteutukset saataisiin yhdenmukaisiksi. Laite- sekä sovellusvalmistajien tulisi luonnollisesti myös ottaa luodut standardit käyttöön.

Pilottiverkko toimi teknisenä toteutuksena hyvin, mutta ongelmaksi pilotin testauksessa koitui se, että testikäyttäjiä ei saatu tarpeeksi liitettyä verkkoon. Pilottiverkon toteutuksessa myös monta kertaa huomattiin tekniikoiden epäkypsyyttä, koska standardeja ei välttämättä tueta laitteissa tai niitä tuetaan virheellisesti. Tästä hyvänä esimerkkinä Kreatelin set-top-boxit, jotka eivät ymmärrä RTP-protokollaa, joka DVB-projektin laatimassa IPTV-spesifikaatiossa [30] on suositeltu käytettäväksi IPTV-lähetysissä.

Tulevaisuudessa pilottiverkon kehitystä tulisi jatkaa siten, että koko toteutus muutettaisiin standardin mukaiseksi. Tämän jälkeen tulisi pilottiverkkoon liittää lisää asiakkaita ja tutkia verkon käytettävyyttä suorittamalla kyselyitä käyttäjille.

## Viitteet

- [1] Digita Oy, saatavilla html-muodossa <URL: <http://www.digitv.fi>>, viitattu 31.3.2006.
- [2] Internet Streaming Media Alliance, saatavilla html-muodossa <URL:<http://www.isma.tv>>, viitattu 5.4.2006.
- [3] TvoDSL - Triple Play Showcase Paris 2006, saatavilla html-muodossa <URL: <http://www.upperside.fr/tvodsl2006/tvodsl2006intro.htm>>, viitattu 5.4.2006.
- [4] Maxisat, saatavilla html-muodossa <URL:<http://www.maxisat.fi/>>, viitattu 5.4.2006.
- [5] S. Deering, "Host Extensions for IP Multicasting", RFC1112, 1989.
- [6] D. Estrin, D. Farinacci, A. Helmy, D. Thaler, S. Deering, M. Handley, V. Jacobson, C. Liu, P. Sharma, L. Wei, "Protocol Independent Multicast-Sparse Mode (PIM-SM): Protocol Specification", RFC2362, 1998.
- [7] A. Adams, J. Nicholas, W. Siadak, "Protocol Independent Multicast - Dense Mode (PIM-DM): Protocol Specification (Revised)", RFC3973, 2005.
- [8] D. Waitzman, C. Partridge, S. Deering, "Distance Vector Multicast Routing Protocol", RFC1075, 1988.
- [9] J. Moy, "Multicast Extensions to OSPF", RFC1584, 1994.
- [10] Internet Assigned Numbers Authority, *INTERNET MULTICAST ADDRESSES*, saatavilla txt-muodossa <URL: <http://www.iana.org/assignments/multicast-addresses>>, 9.9.2005.
- [11] H. Schulzrinne, A. Rao, R. Lanphier, "Real Time Streaming Protocol (RTSP)", RFC2326, 1998.
- [12] H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick, V. Jacobson, "RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications", RFC1889, 1996.

- [13] DSL-forum, *DSL-forum*, saatavilla txt-muodossa <URL: <http://www.dslforum.org/>>, 5.6.2006.
- [14] B. Cain, S. Deering, I. Kouvelas, B. Fenner, A. Thyagarajan, "Internet Group Management Protocol, Version 3", RFC3376, 2002.
- [15] C. Rigney, S. Willens, A. Rubens, W. Simpson, "Remote Authentication Dial In User Service (RADIUS)", RFC2865, 2000.
- [16] P.N. Tudor, "MPEG-2 video compression", Electronics and Communication Engineering Journal, 1995.
- [17] T. Sikora, "The MPEG-4 Video Standard Verification Model", IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology Vol. 7 No. 1, 1997.
- [18] V. Balabanian, L. Casey, N. Greene, C. Adams, "An Introduction to Digital Storage Media — Command and Control", IEEE Communication, 1996.
- [19] L. Chiariglione, *The MPEG Home Page*, saatavilla WWW-muodossa <URL: <http://www.chiariglione.org/mpeg/>> viitattu 27.12.2005.
- [20] DVB-project, *DVB - Digital Video Broadcasting*, saatavilla WWW-muodossa <URL: <http://www.dvb.org/>> viitattu 27.12.2005.
- [21] DVB-project, "Digital Video Broadcasting (DVB); Guidelines for implementation and usage of the specification of network independent protocols for DVB interactive services", ETSI Technical Report TR 101 194 V1.1.1, 1997.
- [22] DVB-project, "Digital Video Broadcasting (DVB); Network-independent protocols for DVB interactive services", European Telecommunication Standard ETS 300 802, 1997.
- [23] DVB-project, "Digital Video Broadcasting (DVB); DVB specification for data broadcasting", ETSI European Standard EN 301 192 V1.4.1, 2004.
- [24] DVB-project, "Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for Data Broadcasting", ETSI Technical Report TR 101 202 V1.2.1, 2003.
- [25] DVB-project, "Digital Video Broadcasting (DVB); Specification for Service Information (SI) in DVB systems", ETSI European Standard EN 300 468 V1.5.1, 2003.
- [26] DVB-project, "Digital Video Broadcasting (DVB); Guidelines on implementation and usage of Service Information (SI)", ETSI Technical Report TR 101 211 V1.6.1, 2004.

- [27] DVB-project, "Digital Video Broadcasting (DVB); Multimedia Home Platform (MHP) Specification 1.1.2", 2005.
- [28] DVB-project, *DVB-MHP Digital Video Broadcasting Multimedia Home Platform*, saatavilla WWW-muodossa <URL: <http://www.mhp.org/>>, viitattu 21.11.2005.
- [29] ECMA, Standardizing Information and Communication Systems, "ECMAScript Language Specification", 1999.
- [30] DVB-project, "Digital Video Broadcasting (DVB); Transport of MPEG-2 Based DVB Services over IP Based Networks", ETSI Technical Specification TS 102 034 V1.1.1, 2005.
- [31] A. J. Stienstra, "Technologies for DVB Services on the Internet", Proceedings of the IEEE, Vol. 94, No. 1, 2006.
- [32] A. Gulbrandsen, P. Vixie, L. Esibov, "A DNS RR for specifying the location of services (DNS SRV)", RFC2782, 2000.
- [33] Z. Fei, M.H. Ammar, I. Kamel, S. Mukherjee, "An Active Buffer Management Technique for Providing Interactive Functions in Broadcast Video-on-Demand Systems", IEEE Transactions on Multimedia, Vol. 7, No. 5, 2005.
- [34] J.B. Kwon, H.Y. Yeom, "VCR-oriented Video Broadcasting for Near Video-On-Demand Services", IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 49, No. 4, 2003.
- [35] W. Chien, Y. Yeh, J. Wang, "Practical Channel Transition for Near-VOD Services", IEEE Transactions on Broadcasting, Vol. 51, No. 3, 2005.
- [36] O. Karppinen, "Nokia D500 DSLAM käyttöönotto", Tietotekniikan erikoistyö, 2004.
- [37] K. Nichols, S. Blake, F. Baker, D. Black, "Definition of the Differentiated Services Field (DS Field) in the IPv4 and IPv6 Headers", RFC 2474, 1998.
- [38] J. Heinanen, F. Baker, W. Weiss, J. Wroclawski, "Assured Forwarding PHB Group", RFC 2597, 1999.
- [39] V. Jacobson, K. Nichols, K. Poduri, "An Expedited Forwarding PHB", RFC 2598, 1999.

- [40] WTS Networks, "WTS Wireless Systems ltd", saatavilla WWW-muodossa <URL: <http://www.wts.fi>>, viitattu 15.6.2006.
- [41] O. Alanen, T. Hämäläinen, O. Karppinen, E. Wallenius, "Management and Analysis Case for IPTV Services", the proceedings of the 4th International Information and Telecommunication Technology Symposium, 2005.
- [42] LinuxTV project, "LINUX DVB API Version 3", 24.7.2003.
- [43] JBoss, *The JBoss application server*, saatavilla WWW-muodossa <URL: <http://www.jboss.org/>> viitattu 5.6.2006.
- [44] Kreatel, "The Kreatel IP-STB Operation and Maintenance Guide", 20.7.2004.



## A Verkosta riippuvien DVB-protokollien standardeja

Taulukko A.1: Yleislähetysten ja interaktiokanavan toteuttamiseen määritetyt standardit [20].

<b>Yleislähetysten standardit</b>	
DVB-C	Kehysrakenne, kanavien koodaus ja modulointi kaapeliverkossa.
DVB-DSNG	Kehysrakenne, kanavien koodaus ja modulointi DSNG-järjestelmässä (engl. <i>Digital Satellite News Gathering</i> ) sekä muita tekniikoita DSNG-järjestelmiin liittyen.
DVB-H	Lähetystekniikka kannettaviin laitteisiin.
DVB-MC	Kehysrakenne, kanavien koodaus ja modulointi MMDS (engl. <i>Microwave Multipoint Distribution Systems</i> ) järjestelmille alle 10 GHz.
DVB-MS	10 GHz ja suuremmat MVDS-järjestelmät (engl. <i>Multipoint Video Distribution Systems</i> )
DVB-MT	OFDM modulointi mikroaaltodigitaalitelevisiolle antenniverkossa.
DVB-S	Kehysrakenne, kanavien koodaus ja modulointi 11/12 GHz satelliittiverkossa.
DVB-S2	Toisen sukupolven kehysrakenne, kanavien koodaus ja modulointi satelliittipalveluille.
DVB-SFN	Mega-frame tekniikka SFN-verkon (engl. <i>Single Frequency Network</i> ) synkronointiin.
DVB-SMATV	SMATV (engl. <i>DVB Satellite Master Antenna Television</i> ) jakelujärjestelmät.
DVB-T	Kehysrakenne, kanavien koodaus ja modulointi digitaaliseen antenniverkkoon.
<b>Interaktiokanavan standardit</b>	
DVB-RCC	Interaktiokanava kaapelitelevisiojärjestelmille.
DVB-RCCS	Interaktiokanava SMATV-järjestelmille.

DVB-RCD	Interaktiokanava DECT:n (engl. <i>Digital Enhanced Cordless Telecommunications</i> ) kautta.
DVB-RCG	Interaktiokanava GSM:n (engl. <i>Global System for Mobile Communications</i> ) kautta.
DVB-RCL	Interaktiokanava LMDS-järjestelmille (engl. <i>Local Multipoint Distribution System</i> )
DVB-RCP	Interaktiokanava PSTN:n (engl. <i>Public Switched Telecommunications Network</i> ) tai ISDN:n (engl. <i>Integrated Services Digital Networks</i> ) kautta.
DVB-RCS	Interaktiokanava satelliittiverkkoon.
DVB-RCT	Interaktiokanava antenniverkkoon.

## B DVB:n palvelutietojen käyttötarkoitukset

Taulukko B.1: Palvelutietotaulukkojen käyttötarkoitukset [25] [26].

<b>Ohjelmakohtaiset palvelutiedot (engl. <i>Program Specific Information</i>)</b>	
PAT ( <i>Program Association Table</i> )	Jokaisen MPEG-TS:n palvelun PMT:n PID ja MPEG-TS:n NIT:n PID.
PMT ( <i>Program Map Table</i> )	PMT määrittää yhteen palveluun kuuluvat PID:t.
CAT ( <i>Conditional Access Table</i> )	Säilöo tietoja käytetystä CA-järjestelmästä (engl. <i>Conditional Access</i> ).
NIT ( <i>Network Information Table</i> )	Esittää MPEG-TS:ien ryhmittely- ja viritystiedot.
<b>DVB:n palvelutiedot (engl. <i>Service Information</i>)</b>	
BAT ( <i>Bouquet Association Table</i> )	Sisältää tietoja palvelujen ryhmittelystä ja jokaiseen ryhmään kuuluvat palvelut.
SDT ( <i>Service Description Table</i> )	Sisältää lisätietoja jokaisesta palvelusta järjestelmässä kuten esimerkiksi palvelun nimen tai palveluntarjoajan.
EIT ( <i>Event Information Table</i> )	Listaa tapahtumat ja niihin liittyvät tiedot.
RST ( <i>Running Status Table</i> )	Sisältää tapahtumien tilat. Tämä taulu lähetetään vain, kun jonkin tapahtuman tila muuttuu.
TDT ( <i>Time and Date Table</i> )	Sisältää tämänhetkisen ajan ja päivämäärän.
TOT ( <i>Time Offset Table</i> )	Sisältää tämänhetkisen ajan ja päivämäärän ja paikallisen aikaeron.
ST ( <i>Stuffing Table</i> )	Toimii täytteenä ja käytetään korvaamaan puuttuvia osioita yhtenäisyyden saavuttamiseksi.
SIT ( <i>Selection Information Table</i> )	Käytetään nauhoitetuissa vuoissa. Toimii yhteenvetona kaikista palvelutietotauluista.
DIT ( <i>Discontinuity Information Table</i> )	Käytetään nauhoitetuissa vuoissa. Lisätään silloin, kun vuon palvelutiedot saattavat olla epäjatkuvia.

## C Juniper M5 -reitittimen konfiguraatiodosto

```
version 6.0R1.5; system {
  host-name Junnu;
  root-authentication {
    encrypted-password "$1$AVYFgeqr$Y3GIxea/BS3R5zhr/VeuY0";
  }
  login {
    user JuniperRemote {
      uid 2001;
      class superuser;
      authentication {
        encrypted-password "$1$L4MFEgVO$LxCqbvTMq.IlvPJtGHBeu/";
      }
    }
    user tera {
      uid 2000;
      class operator;
      authentication {
        encrypted-password "$1$a8suHnND$GJVZf/b3egP.w5N6rxi/K/";
      }
    }
  }
  services {
    ssh {
      protocol-version [ v2 v1 ];
    }
    telnet;
  }
  syslog {
    user * {
      any emergency;
    }
    file messages {
```

```

        any notice;
        authorization info;
    }
}
} interfaces {
  fe-0/0/0 {
    vlan-tagging;
    unit 0 {
      vlan-id 1000;
      family inet {
        address 192.168.1.1/24;
      }
    }
    unit 1 {
      vlan-id 999;
      family inet {
        address 192.168.2.1/24;
      }
    }
  }
}
fe-0/0/1 {
  unit 0 {
    family inet {
      address 192.168.9.2/24;
    }
  }
}
fe-0/0/2 {
  unit 0 {
    family inet {
      address 192.168.3.1/24;
    }
  }
}
fe-0/0/3 {
  unit 0 {
    family inet {

```

```

        address 192.168.4.1/24;
    }
}
fxp0 {
    unit 0 {
        family inet {
            address 192.168.50.1/30;
        }
    }
}
lo0 {
    unit 0 {
        family inet {
            address 127.0.0.1/32;
            address 19.19.19.19/32;
        }
    }
}
} snmp {
    community public;
} routing-options {
    static {
        route 192.168.89.0/32 next-hop [ 192.168.142.0 192.168.142.2 ];
        route 10.1.1.0/24 next-hop 192.168.2.3;
        route 10.1.2.0/24 next-hop 192.168.2.3;
        route 11.1.1.0/24 next-hop 192.168.2.3;
        route 10.3.1.0/24 next-hop 192.168.2.3;
        route 10.4.1.0/24 next-hop 192.168.2.3;
        route 130.234.239.64/27 next-hop 192.168.2.13;
        route 130.234.239.96/27 next-hop 192.168.2.3;
        route 0.0.0.0/0 next-hop 192.168.9.1;
        route 14.14.14.14/32 next-hop 192.168.3.2;
        route 192.168.5.0/24 next-hop 192.168.3.2;
    }
} protocols {
    igmp {

```

```

interface fe-0/0/0.0;
interface fe-0/0/0.1 {
    static {
        group 224.2.105.140;
        group 224.2.105.150;
        group 224.2.155.140;
        group 224.2.211.27;
        group 239.2.1.100;
        group 239.2.1.101;
        group 239.2.1.102;
        group 239.2.1.103;
        group 239.2.1.104;
        group 239.2.1.105;
        group 239.2.1.106;
        group 239.2.1.107;
        group 239.2.1.108;
        group 239.2.1.109;
        group 239.2.1.110;
        group 239.3.1.1;
        group 239.4.1.1;
    }
}
interface fe-0/0/2.0 {
    version 2;
}
}
pim {
    rp {
        static {
            address 14.14.14.14 {
                version 2;
            }
        }
    }
}
interface fe-0/0/3.0 {
    mode sparse-dense;
    version 2;
}

```

```
}
interface fe-0/0/0.1 {
    mode sparse-dense;
    version 2;
}
interface fe-0/0/2.0 {
    mode sparse-dense;
    version 2;
}
interface fe-0/0/0.0 {
    mode sparse-dense;
}
}
}
```



## D Infocast-palvelimen konfigurointitiedosto

infocastconfig.xml

```
<?xml version="1.0"?> <!DOCTYPE infocast-server SYSTEM
"infocastconfig.dtd"> <infocast-server>

  <!-- Metadata channel configuration -->
  <channel>
    <channel-parameters>
      <ip-address>224.2.2.2</ip-address>
      <ip-port-number>22222</ip-port-number>
      <time-to-live>5</time-to-live>
      <bit-rate>8</bit-rate>
      <payload-size>256</payload-size>
      <signature-type></signature-type>
    </channel-parameters>

    <!-- These objects enables IP-STB 1510
    <object>
      <name>kreatel-ip-stb-rev-6</name>
      <infocast-type>bootcastinfo</infocast-type>
      <source>
        <source-name>bootcast_1500</source-name>
        <source-type>file</source-type>
      </source>
      <precoding>crc16</precoding>
    </object>
    <object>
      <name>kreatel-ip-stb-rev-11</name>
      <infocast-type>bootcastinfo</infocast-type>
      <source>
        <source-name>bootcast_1500</source-name>
        <source-type>file</source-type>
      </source>
```

```

    <precoding>crc16</precoding>
</object>

-->

<!-- These objects enables IP-STB 1520 -->
<object>
  <name>kreatel-ip-stb-rev-7</name>
  <infocast-type>bootcastinfo</infocast-type>
  <source>
    <source-name>bootcast_1500</source-name>
    <source-type>file</source-type>
  </source>
  <precoding>crc16</precoding>
</object>
<object>
  <name>kreatel-ip-stb-rev-12</name>
  <infocast-type>bootcastinfo</infocast-type>
  <source>
    <source-name>bootcast_1500</source-name>
    <source-type>file</source-type>
  </source>
  <precoding>crc16</precoding>
</object>

<!-- This object enables IP-STB 1550
<object>
  <name>kreatel-ip-stb-rev-9</name>
  <infocast-type>bootcastinfo</infocast-type>
  <source>
    <source-name>bootcast_1500</source-name>
    <source-type>file</source-type>
  </source>
  <precoding>crc16</precoding>
</object>

```

```

-->

<!-- This object enables IP-STB 1710
<object>
  <name>kreatel-ip-stb-rev-10</name>
  <infocast-type>bootcastinfo</infocast-type>
  <source>
    <source-name>bootcast_1500</source-name>
    <source-type>file</source-type>
  </source>
  <precoding>crc16</precoding>
</object>
-->

<object>
  <name>kreatel-ip-stb-rev-15</name>
  <infocast-type>bootcastinfo</infocast-type>
  <source>
    <source-name>bootcast_1500</source-name>
    <source-type>file</source-type>
  </source>
  <precoding>crc16</precoding>
</object>
<object>
  <name>kreatel-ip-stb-rev-17</name>
  <infocast-type>bootcastinfo</infocast-type>
  <source>
    <source-name>bootcast_1500</source-name>
    <source-type>file</source-type>
  </source>
  <precoding>crc16</precoding>
</object>

<!-- This object enables IP-STB 1760
<object>

```

```
<name>kreatel-ip-stb-rev-16</name>
<infocast-type>bootcastinfo</infocast-type>
<source>
  <source-name>bootcast_1500</source-name>
  <source-type>file</source-type>
</source>
<precoding>crc16</precoding>
</object>
```

-->

```
<object>
  <name>infocast2.conf</name>
  <infocast-type>generic</infocast-type>
  <source>
    <source-name>infocastclientconfig.xml</source-name>
    <source-type>xmlfile</source-type>
  </source>
  <precoding>crc16</precoding>
</object>
```

```
<object>
  <name>config.channeltable</name>
  <infocast-type>generic</infocast-type>
  <source>
    <source-name>channeltable.txt</source-name>
    <source-type>file</source-type>
  </source>
  <precoding>crc16</precoding>
</object>
```

```
<object>
  <name>config.homepageurl</name>
  <infocast-type>generic</infocast-type>
  <source>
    <source-name>homepageurl.txt</source-name>
    <source-type>file</source-type>
```

```

    </source>
    <precoding>crc16</precoding>
</object>

<object>
  <name>config.portalurls</name>
  <infocast-type>generic</infocast-type>
  <source>
    <source-name>portalurls.xml</source-name>
    <source-type>xmlfile</source-type>
  </source>
  <precoding>crc16</precoding>
</object>

<object>
  <name>config.proxylist</name>
  <infocast-type>generic</infocast-type>
  <source>
    <source-name>proxylist.xml</source-name>
    <source-type>xmlfile</source-type>
  </source>
  <precoding>crc16</precoding>
</object>

<object>
  <name>sysconf.utctime</name>
  <infocast-type>utctime</infocast-type>
  <source>
    <source-name></source-name>
    <source-type>utctime</source-type>
  </source>
  <precoding>none</precoding>
</object>
</channel>

<!-- IP-STB 1500/1700 Boot image channel configuration -->
<channel>

```

```

<channel-parameters>
  <ip-address>224.2.2.11</ip-address>
  <ip-port-number>22222</ip-port-number>
  <time-to-live>5</time-to-live>
  <bit-rate>2048</bit-rate>
  <payload-size>1024</payload-size>
  <signature-type></signature-type>
</channel-parameters>

<object>
  <name>software_1500</name>
  <infocast-type>bootcastfile</infocast-type>
  <source>
    <source-name>palhala_060427_3.0.2.bin</source-name>
    <!-- <source-name>kreatel-bi_1500</source-name> -->
    <source-type>file</source-type>
  </source>
  <precoding>none</precoding>
</object>
</channel>

<!-- IP-STB 1500/1700 Splash image channel configuration -->
<channel>
  <channel-parameters>
    <ip-address>224.2.2.13</ip-address>
    <ip-port-number>22222</ip-port-number>
    <time-to-live>5</time-to-live>
    <bit-rate>512</bit-rate>
    <payload-size>1024</payload-size>
    <signature-type></signature-type>
  </channel-parameters>

  <object>
    <name>splash-data_1500</name>
    <infocast-type>bootcastfile</infocast-type>
    <source>
      <source-name>kreatel-splash_1500</source-name>

```

```
        <source-type>file</source-type>
      </source>
      <precoding>none</precoding>
    </object>
  </channel>

</infocast-server>
```

## E portalurls.xml

Tiedosto kertoo set-top-boxille portaalisivuston sijainnin.

```
<?xml version="1.0"?> <!DOCTYPE PortalURLs SYSTEM "portalurls.dtd">
<PortalURLs>
  <PortalURL>http://192.168.2.4:8080/epgWAR/OPortalServer?s</PortalURL>
  <PortalURL>192.168.2.4:8080/</PortalURL>
  <PortalURL>192.168.2.69/PalHaLa/</PortalURL>
  <PortalURL>192.168.2.4/</PortalURL>
  <PortalURL>192.168.2.4/portal2/</PortalURL>
  <PortalURL>mhp.sofia.fi/backstage/iptv_gc/</PortalURL>
  <PortalURL>192.168.2.50/sofia_game_ui/</PortalURL>
  <PortalURL>mhp.sofia.fi/</PortalURL>
  <PortalURL>192.168.2.4/demoportal_new/index.html</PortalURL>
  <PortalURL>http://www.google.com/</PortalURL>
</PortalURLs>
```



## F Pilottiverkon IP-osoitteet

Taulukko F.1: Pilottiverkon IP-osoitteet.

<b>Hallinnointialiverkko, 192.168.1.0/24</b>	
192.168.1.1	Juniper M5 reititin
.3	DSLAM-keskusta
.4	Palvelin 2
.13	DSLAM-Kuokkala
.59	VizTool
<b>Data-aliverkko, 192.168.2.0/24</b>	
192.168.2.1	Juniper M5 reititin
.2	Palvelin 3
.3	DSLAM-keskusta
.4	Palvelin 2
.13	DSLAM-Kuokkala
.25	Palvelin 4
.26	Palvelin 7
.32	Tietoliikennelaboratorion set-top-box
.50	Palvelin 5
.51	Palvelin 6
.69	Varattu tulevaa käyttöä varten
<b>Muu aliverkko, 192.168.4.0/24</b>	
192.168.4.1	Juniper M5 reititin
.5	Palvelin 1
<b>Muu aliverkko, 192.168.9.0/24</b>	
192.168.9.1	Nokia IP530 palomuuuri
.2	Juniper M5 reititin
<b>Pilottiasiakasverkko, 130.234.169.64/27 ja 130.234.169.96/27</b>	
130.234.239.65	Yhdyskäytävä keskustan DSLAM:in laitteille
.66-.95	Keskustan DSLAM:iin liitettyjen laitteiden IP-osoitteet
130.234.239.97	Yhdyskäytävä Kuokkalan DSLAM:in laitteille
.98-.127	Kuokkalan DSLAM:iin liitettyjen laitteiden IP-osoitteet
<b>Julkiset osoitteet</b>	

130.234.169.100	Palvelin 1
130.234.169.108	Palvelin 2
130.234.254.66	Nokia IP530 palomuuuri
<b>Ryhmälähetysosoitteet</b>	
239.2.1.100	MTV3
.101	MTV3+
.102	Nelonen
.103	Nelonen+
.104	YLE TV1
.105	YLE TV2
.106	YLE FST
.107	YLE24
.108	YLE Teema
.109	Subtv
.110	Urheilukanava
.112	The Voice
.113	Digiviihde
239.3.1.1	Kahvihuoneen web-kamera
239.2.1.111	Pelit

## G Pilottiverkon palvelimien tekniset tiedot

Taulukko G.1: Palvelin 1.

<b>Muisti</b>	480 Megatavua
<b>Proessori</b>	AMD Athlon(tm) XP 2800+
<b>Kellotaajuus</b>	2100 MHz
<b>Käyttöjärjestelmä</b>	Mandrake Linux version 10.1, Kernel version 2.6.7
<b>Lisälaitteet</b>	2 x WinTV-NOVA-T model 909 DVB-T-korttia, antenni
<b>Asennetut palvelinohjelmat</b>	Ondems IPTV-palvelin, DHCP-palvelin
<b>IP-osoitteet</b>	130.234.169.100 (julkinen) 192.168.4.5 (yksityinen)

Taulukko G.2: Palvelin 2.

<b>Muisti</b>	512 Megatavua
<b>Proessori</b>	AMD Athlon(tm)
<b>Kellotaajuus</b>	1200 MHz
<b>Käyttöjärjestelmä</b>	RedHat Linux version 9.0, Kernel version 2.4.20
<b>Asennetut palvelinohjelmat</b>	Apache PHP JBOSS STB-konfiguraatio WWW-sivustot Ortikonin IPTV middleware NetWrapper
<b>IP-osoitteet</b>	130.234.169.108 (julkinen) 192.168.2.4 (yksityinen, data-aliverkko) 192.168.1.4 (yksityinen, hallinta-aliverkko)

Taulukko G.3: Palvelin 3.

<b>Muisti</b>	256 Megatavua
<b>Proessori</b>	AMD Athlon(tm) XP Processor 1800+
<b>Kellotaajuus</b>	1500 MHz
<b>Käyttöjärjestelmä</b>	Mandrake Linux version Alpha 3.4.1, Kernel version 2.6.8
<b>Asennetut palvelinohjelmat</b>	RADIUS
<b>IP-osoitteet</b>	192.168.2.2 (data-aliverkko)

Taulukko G.4: Palvelin 4.

<b>Muisti</b>	512 Megatavua
<b>Proessori</b>	AMD Athlon(tm) XP 2600+
<b>Kellotaajuus</b>	1900 MHz
<b>Käyttöjärjestelmä</b>	Debian Linux version 1:3.3.5, Kernel version 2.6.14
<b>Kovalevytila</b>	40 Gigatavua
<b>Lisälaitteet</b>	Terratec Cinergy 1200 DVB-C-kortti
<b>Asennetut palvelinohjelmat</b>	Nauhoitussovellus PalHaLa VoD-palvelin
<b>IP-osoitteet</b>	192.168.2.25 (yksityinen, data-aliverkko)

Taulukko G.5: Palvelin 5.

<b>Muisti</b>	1024 Megatavua
<b>Proessori</b>	Intel Pentium 4
<b>Kellotaajuus</b>	3200 MHz
<b>Käyttöjärjestelmä</b>	Windows XP Professional
<b>Lisälaitteet</b>	SDI-kortti
<b>Asennetut palvelinohjelmat</b>	SofiaDigitalin pelisovellus
<b>IP-osoitteet</b>	192.168.2.50 (yksityinen, data-aliverkko)

Taulukko G.6: Palvelin 6.

<b>Muisti</b>	1024 Megatavua
<b>Proessori</b>	Intel Pentium 4

<b>Kellotaajuus</b>	3200 MHz
<b>Käyttöjärjestelmä</b>	Windows XP Professional
<b>Lisälaitteet</b>	DSI-kortti
<b>Asennetut palvelinohjelmat</b>	VLC 0.8.4a
<b>IP-osoitteet</b>	192.168.2.51 (yksityinen, data-aliverkko)

Taulukko G.7: Palvelin 7.

<b>Muisti</b>	64 Megatavua
<b>Proessori</b>	Pentium III
<b>Kellotaajuus</b>	450 MHz
<b>Käyttöjärjestelmä</b>	Debian Linux version 1:3.3.5, Kernel version 2.6.8
<b>Lisälaitteet</b>	Web-kamera
<b>Asennetut palvelinohjelmat</b>	VLC 0.8.4-test2
<b>IP-osoitteet</b>	192.168.2.26 (data-aliverkko)

Taulukko G.8: Palvelin 8.

<b>Muisti</b>	256 Megatavua
<b>Proessori</b>	AMD Duron(tm) Processor
<b>Kellotaajuus</b>	850 MHz
<b>Käyttöjärjestelmä</b>	Windows 2000 Professional
<b>Asennetut ohjelmat</b>	Viztool
<b>IP-osoitteet</b>	192.168.1.59 (hallinta-aliverkko)