

Ari Pesonen

Matkalla kohti IPTV:tä

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
Tietotekniikan koulutusohjelma
Insinöörityö
6.6.2011

Tekijä Otsikko	Ari Pesonen Matkalla kohti IPTV:tä
Sivumäärä Aika	54 sivua 6.6.2011
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	tietotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	tietoliikennetekniikka
Ohjaaja	yliopettaja Pertti Jäppinen
<p>Insinööri työ käsittelee IPTV:tä (Internet pohjainen televisio) ja sitä, miten siihen oli edetty. Tavoitteena oli tutustua television kehitykseen ja sen erivaiheisiin sekä mahdolliseen tulevaisuuteen. Itse työ toteutettiin hakemalla tietoa eri lähteistä, käyttäen kirjastoa ja internetiä. Parhaiten tietoa löytyi ulkomaisilta alan sivustoilta.</p> <p>Työ aloitettiin tutustumalla televisiotekniikan syntyhistoriaan, siitä edettiin tämän hetkiseen kehitys vaiheeseen, eli digitaaliseen televisioon. Tässä osiossa käytiin lävitse eri siirtokanavat koskien digitaalista televisiota. Työssä käsitellään myös seuraavat kehitysversiot digitaalisesta televisiosta eri siirtoteissä.</p> <p>Suurimman osan työstä käsittää itse IPTV. Tätä aluetta tutkiessa tuli esille joitain asioita, jotka poikkeavat ”perinteisistä” televisiotekniikoista joissa, ei käytetä tietoliikenneverkkoja. Itse IPTV on käsitteenä jonkin verran harhaanjohtava, koska se sisältää myös mm. musiikin ja pelien siirtämisen IP-liikenteessä.</p> <p>Lopputulokseksi tuli se, että lähiaikoina tuskin luovutaan perinteisestä televisiotekniikasta. Tietenkin IPTV tarjoaa hyvän lisän alalle, ja jossain määrin sillä voidaan korvata perinteinen tekniikka. Työn kautta voi tutustua eri vaihtoehtoihin, joiden kautta pääsee nauttimaan televisioviihteestä.</p>	
Avainsanat	iptv, analoginen televisio, digitv, DVB

Author Title	Ari Pesonen Matkalla kohti IPTV:tä
Number of Pages Date	54 pages 6 June 2011
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Information Technology
Specialisation option	Communications and data networks
Instructor	Principal Lecturer Pertti Jäppinen
<p>This thesis is concerned with IPTV (Internet Protocol Television) and its history. The goal was to get familiar with the history and different stages of television, and its possible future. The project was started by searching for information from different sources, using the library and the Internet.</p> <p>The thesis was carried out by reading written information on television and IPTV. The project started by going through the history of television technology up to the current stage, the digital television. The latter part covers different transport channels of digital television. Also, the next step of evolution in different transport channels is included.</p> <p>Most of the project is about IPTV. Studying this part of the project opened up aspects that differ from the traditional television which does not use the communication network. The concept IPTV is somewhat misleading, because this concept also includes transferring music and games over the web.</p> <p>The conclusion is that giving up the traditional TV technology in the near future is unlikely. Of course, IPTV will provide a good supplement industry, and to some extent, it can replace the traditional technique. Work can be found through different exchange terms, which gives access to enjoy the entertainment of television.</p>	
Keywords	IPTV, analog television, digital television, DVB

Sisälllys

Lyhenteet	6
1 Johdanto	1
2 Analoginen TV-tekniikka.....	2
2.1 Historia.....	2
2.2 Standardin muodostuminen	5
2.3 Värillisen tv-kuvan käyttöönotto.....	7
2.4 Lähetysvaihtoehdot.....	9
3 Siirtyminen digi-aikaan	10
3.1 Kehittyminen standardiksi.....	10
3.2 Maanpäällinen jakelukanava	12
3.3 Kaapeliverkossa tapahtuva jakelu	14
3.4 Satelliitin kautta tuleva lähetys	15
3.5 Matkapuhelinjakelu	16
4 IPTV:n mahdollisuudet	18
5 IPTV:n tekniset ratkaisut.....	21
5.1 Toimijat.....	21
5.2 Verkon rakenne	22
5.2.1 Televerkkoliittymä	22
5.2.2 Kaapelitelevisioliittymä.....	23
5.2.3 Matkaviestinverkon liittymä.....	24
5.3 palveluiden ohjaus	24
6 IPTV:n lupa- ja viranomaisuusvaatimukset.....	28
6.1 Toimilupakysymykset ja muut vaatimukset.....	28
6.2 palveluiden laatu ja verkonhallinta.....	30
6.3 Veloitus	31
7 IPTV:n käyttö kuluttajille.....	32
7.1 palveluntarjoajat	32
7.2 Hyödyt ja haitat.....	32
8 IPTV:n tulevaisuus ja jatkokehitys.....	35
8.1 Internet.....	35
8.2 Laajakaistaliittymät	35
8.3 Open IPTV Forum	36
8.4 Kotiverkot	39
9 Pohdintaa	40
Lähteet.....	41

Lyhenteet

3GPP	<i>Third Generation Partnership Project.</i> Usean standardointijärjestön yhteistyöorganisaatio, joka pyrkii luomaan kolmannen sukupolven matkapuhelinjärjestelmille eli 3G-järjestelmille maailmanlaajuisia teknisiä määrittelyjä. Mukana olevia järjestöjä ovat ARIB, CCSA, ETSI, ATIS, TTA ja TTC.
ABC	<i>The American Broadcasting Company.</i> Yhdysvaltalainen televisioyhtiö.
ACM	<i>Adaptive Coding and Modulation.</i> Mukautuva koodaus ja modulointi.
ATIS	<i>Alliance for Telecommunications Industry Solutions.</i> Teollisuuden liittymä televiestinnän ratkaisuja varten.
ADSL/VDSL	<i>Asymmetric/Very High Speed Digital Subscriber Line.</i> Verkkokytkintekniikoita, joiden avulla voidaan siirtää data tavallista puhelinverkkoa pitkin.
ATM	<i>Asynchronous Transfer Mode.</i> Toimintamuoto on solujen verkkoprotokolla, joka jakaa lähetettävän datan pieniin vakiomittaisiin 53 tavun soluihin ja on näin ollen pakettikytkentäinen protokolla.
BBC	<i>The British Broadcasting Corporation.</i> Ison-Britannian julkinen, vuonna 1922 perustettu yleisradioyhtiö ja tuotantoyhtiö.
CA	<i>Conditional Access.</i> Digitelevisiossa yleisesti käytetty sisällönsuojaustekniikka.
CCIR	<i>Comité consultatif international pour la radio.</i> On ITU-R:n edeltäjä.
COFDM	<i>Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing.</i> Mahdollistaa tiedon siirron lukuisilla toisiaan häiritsemättömillä taajuuskanavilla yhtä aikaa.
DLNA	<i>Digital Living Network Alliance.</i> Voittoa tavoittelematon 250:n jäsenen kauppajärjestö. Siihen kuuluu matkapuhelin-, viihde-elektronikka- ja tietokonevalmistajia sekä sisältöpalveluiden tuottajia.
DOCSIS	<i>Data Over Cable Service Interface Specifications.</i> Kansainvälinen telekommunikoinnin standardi, joka mahdollistaa huippunopean tiedon siirtämisen olemassa olevassa kaapeliverkossa.

DRM	<i>Digital Rights Management.</i> Digitaalisten käyttöoikeuksien hallinta.
DSLAM	<i>Digital Subscribe Line Access Multiplexer.</i> Laite, joka erottaa puheliikenteen dataliikenteestä tilaajaliitännässä.
DSNG	<i>Digital Satellite News Gathering.</i> Tiedon keräys yhteen läheteeseen satelliittia varten.
DVB-C	<i>Digital Video Broadcasting-Cable.</i> Digitaalinen televisio lähetykset, jotka tapahtuu kaapelitelesioverkossa.
DVB-H	<i>Digital Video Broadcasting-Handheld System.</i> Digitaalinen televisiolähetykset, joka on liikuteltavia käsilaitteita varten, esimerkiksi matkapuhelimet.
DVB-S	<i>Digital Video Broadcasting-Satellite.</i> Digitaalinen televisiolähetykset, joka tapahtuu satelliitti verkon kautta.
DVB-T	<i>Digital Video Broadcasting-Terrestrial.</i> Digitaalinen televisiolähetykset, joka tapahtuu perinteisen antenniverkon kautta.
EPG	<i>Electronic Program Guide.</i> Elektroninen ohjelmaopas.
ETSI	<i>European Telecommunications Standards Institute.</i> Riippumaton, voittoa tavoittelematon eurooppalainen telealan standardisoinimisjärjestö.
FFT	<i>A fast Fourier transform.</i> Nopea Fourier'n muunnos on algoritmi diskreetin fourier muunnoksen laskemiseksi nopeasti ja tehokkaasti.
FEC	<i>Forward Error Correction.</i> Lähetukseen lisätty koodi, jolla varmistetaan läheteen oikeellisuus vastaanottopäässä.
HDTV	<i>High-Definition Television.</i> Teräväpiirtotelesio, jonka kuvaelementtien määrä on vähintään 720 p (1280 x 720 pikseliä).
HSPA	<i>High Speed Packet Access.</i> Matkapuhelinviestintä-protokollien kokoelma, joka laajentaa ja parantaa olemassa olevien UMTS-protokollien suorituskykyä.
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronic Engineers.</i> Kansainvälinen tekniikan alan järjestö. Siihen kuuluu 160 maassa yli 370 000 jäsentä. Sen toiminnan piiriin kuuluu laaja julkaisutoiminta, tieteellisten konferenssien

järjestäminen, koulutuksen edistäminen sekä monien alan keskeisten standardien määrittely.

IETF	<i>Internet Engineering Task Force.</i> Internet-protokollien standardoinnista vastaava organisaatio.
IGMP	<i>Internet Group Management Protocol.</i> TCP/IP-pinon protokolla, joka mahdollistaa asiakkaiden liittymisen monilähetys-ryhmään
IP	<i>Internet Protocol.</i> TCP/IP-mallin Internet-kerroksen protokolla, joka huolehtii IP-tietoliikennepakettien toimittamisesta perille pakettikytkentäisessä internet-verkossa.
IPTV	<i>Internet Protocol Television.</i> Internet-protokollan käyttöön perustuva teknologia niin televisio-ohjelman jakelussa kuin paluukanavassakin.
IR	<i>InfraRed.</i> Infrapunavalon avulla tapahtuvaa tiedon siirtoa.
ISOC	<i>Internet Society.</i> Vuonna 1992 perustettu voittoa tavoittelematon järjestö internettiin liittyvien standardien, oppimisen ja sääntöjen saralta.
ITU	<i>International Telecommunications Union.</i> YK:n alainen televiestintäverkkoja ja -palveluja kansainvälisesti koordinoiva järjestö.
LDPC	<i>Low-Density Parity-Check.</i> Virheenkorjauskoodi, jonka avulla saadaan lähetettyä data häiriöisen linjaa pitkin.
LMDS	<i>Local Multipoint Distribution Service.</i> Nopeiden radioverkkojen teknologia.
LTE	<i>Long Term Evolution.</i> Edistynyt 3G-tekniikka, jonka tarkoitus on kasvattaa datan siirtonopeuksia.
MAC	<i>Media Access Control address.</i> Verkkolaitteen yksilöllinen laitetunnus.
MBMS	<i>Multimedia Broadcast Multicast Services.</i> Yhdestä pisteestä useampaan pisteeseen liitännän mahdollistava määritelmä, tulevaa ja olemassa olevaa 3GPP-mobiiliverkkoa varten.
MHP	<i>Multimedia Home Platform.</i> Digitaalisovittimia varten suunniteltu Java-ympäristö. Suomessa myös tunnettu nimellä superteksti-tv.
MoD	<i>Music on Demand.</i> Musiikin tilaamista verkon välityksellä.

MPEG	<i>Moving Picture Expert Group.</i> Ryhmän tehtävä on suunnitella nykyaikaisia videonpakkaustapoja ja standardoida niitä. MPEG-määrittelytyön tuloksia käytetään mm. tietokoneissa, DVD-soittimissa, digi-tv:ssä ja joissakin matkapuhelimissa.
NBC	<i>National Broadcasting Company.</i> Yhdysvaltalainen televisioyhtiö.
NPVR	<i>Network Based Personal Video Recorder.</i> Tallentaa verkkopalvelimille halutut ohjelmat, eikä paikalliselle kovalevyllä.
NTS	<i>Network Based Time Shifting.</i> Mahdollistaa verkosta tulevan television lähetyksen väliaikaisen pysäyttämisen.
NTSC	<i>National Television System Committee.</i> Lähinnä 60 Hz:n sähkönjakelujärjestelmää käyttävissä Tyynen valtameren ympäryksissä käytössä oleva SDTV-televisiön värijärjestelmä.
OFDM	<i>Orthogonal frequency-division multiplexing.</i> Tiedon siirtoa lukuisilla toisiaan häiritsemättömillä taajuuskanavilla yhtä aikaa.
P2P	<i>Peer-To-Peer.</i> Verkko, jossa ei ole kiinteitä palvelimia ja asiakkaita, vaan jokainen verkkoon kytketty taho toimii sekä palvelimena että asiakkaana verkon muille jäsenille.
PAL	<i>Phase Alternating Line.</i> SDTV:n laajalti käytössä oleva analogisen videokuvan värijärjestelmä ja koodausmenetelmä.
QAM	<i>Quadrature Amplitude Modulation.</i> Modulointitekniikka, joka yhdistää vaihemodulaation ja amplitudimodulaation.
QoE	<i>Quality of Experience.</i> Kokemuksen laatu, esimerkiksi kuinka nopeasti kanavat vaihtuvat television lähetystä katsottaessa.
QoS	<i>Quality of Service.</i> Termi, jolla tarkoitetaan tietoliikenteen luokittelua ja priorisointia.
QPSK	<i>Quadrature Phase Shift Keying.</i> Nelivaiheinen vaiheavainnus käyttäen neljää kanta-aallon vaihetta.
RTSP	<i>Real Time Streaming Protocol.</i> Tiedonsiirtoprotokolla multimedian suoratoistoa varten IP-verkoissa.

RTP	<i>Real-time Transport Protocol</i> . Tietoliikenneprotokolla tosiaikaisen datan, kuten äänen ja kuvan, siirtoon pakettiverkoissa.
SDTV	<i>Standard-definition TV</i> . Television kuvan siirto- ja esitystekniikkaa, joka käyttää PAL-, NTSC- ja SECAM-tekniikan kuvatarkkuutta mutta ei pysty esittämään HDTV:tä eli teräväpiirtosignaalia.
SECAM	<i>Séquentiel couleur à mémoire</i> . Analoginen television tekniikka, jota alun perin käytettiin Ranskassa.
STB	<i>Set-Top-Box</i> . Laite joka vastaanottaa signaalin ja muuttaa sen näkymään esimerkiksi televisiossa.
TISPAN	<i>Telecommunications and Internet converged Services and Protocols for Advanced Networking</i> . Seuraavan sukupolven verkon kehittäjä, toimii ETSI:n alaisuudessa-
TM-T2	DVB-ryhmän perustama tiimi DVB-T2:n kehittämiseen.
UHF	<i>Ultra High Frequency</i> . Mikroaaltojen taajuusalue välillä 0,3—3 GHz.
USB	<i>Universal Serial Bus</i> . Uudehko sarjaväyläarkkitehtuuri oheislaitteiden liittämiseksi tietokoneeseen.
UPnP	<i>Universal Plug and Play</i> . Joukko verkkoprotokollia, joiden tarkoituksena on saada erilaiset laitteet (esimerkiksi mediatoistimet, mediapalvelimet ja palomuurit) toimimaan helposti yhdessä valmistajasta riippumatta.
VCM	<i>Variable Coding and Modulation</i> . Vaihteleva koodaus ja modulointi.
VHF	<i>Very High Frequency</i> . Radiotaajuusalue 30 MHz:stä 300 MHz:iin saakka.
VoD	<i>Video on Demand</i> . Verkon kautta tilattava video.
VPN	<i>Virtual Private Network</i> . Tapa, jolla kaksi tai useampia yrityksen verkkoja voidaan yhdistää julkisen verkon välityksellä muodostamalla näennäisesti yksityinen verkko.
WiMAX	<i>Worldwide Interoperability for Microwave</i> . Langaton laajakaistatekniikka.
WLAN	<i>Wireless Local Area Network</i> . Langaton lähiverkko.

WSS

Widescreen signalling. Digitaalinen syöte, joka on lisätty TV-signaaliin kertomaan televisiolle lähetyksen kuvasuhde.

1 Johdanto

Tämän työn tarkoitus on tutkia internet-televisio tekniikkaa ja tulevaisuutta. Lähdin tutkimaan aihetta mielenkiinnosta televisiotekniikassa tapahtuvan muutoksen vuoksi. Oman näkemykseni mukaan televisiomaailmassa oli pakko lähteä tutkimaan uusia mahdollisuuksia tietotekniikassa tapahtuvan jatkuvan kehityksen johdosta.

Tutkielma alkaa analogisen television tekniikan kehityksestä ja sen eri vaiheista, siinä käydään lävitse television syntyhistoriaa ja sitä, miten on kehitytty eri vaiheiden kautta eteenpäin.

Seuraavassa osiossa perehdytään digitaaliseen televisiotekniikkaan, johon Suomessa siirryttiin täysin 1.9.2007 alkaen. Digitaalisessa televisio tekniikassa on käytössä useampia eri standardeja, jotka jaotellaan käytössä olevien antennijärjestelmien mukaan. Suomessa on käytössä kolme pääluokkaa. DVB-T (Digital Video Broadcasting, Terrestrial) on käytössä harava-antennitalouksissa; tämä tekniikka oli myös menneen analogisen tekniikan suurin lähetyiskanava. DVB-C (Digital Video Broadcasting – Cable) on käytössä kaapeliverkossa olevissa talouksissa ja DVB-S (Digital Video Broadcasting - Satellite) on satelliitin välityksellä tapahtuva lähetyksen. Näistä kolmesta yleisimmin käytössä Suomessa on DVB-T. Nämä kolme standardia ovat myös yleisesti käytössä muualla Euroopassa ja Australiassa. Näiden kolmen DVB- standardin lisäksi on DVB-H (Digital Video Broadcasting - Handhelds), joka on tarkoitettu käytettäväksi mobiilipäätelaitteissa. Tekniikka ei ole oikein levinnyt laajempaan käyttöön.

Sen jälkeen kun olen käynyt lävitse perinteisen ja digitaalisen televisiotekniikan aloitan internet-pohjaisen television käsittelyn. Tämän jälkeen syvennytään IPTV:n (Internet Protocol Television) standardiin ja siihen, missä ollaan menossa kyseisen tekniikan kanssa. Tämän jälkeen aion käydä lävitse IPTV:n tekniikan, jonka jälkeen päästäänkin sujuvasti laitteistoon. Tässä osiossa on tarkoitus tehdä katsaus laitteisiin, joiden avulla on mahdollisuus katsoa internet-televisiota, ja niitä laitteita, joita on tulossa. Käyn myös lävitse mahdollisia sovelluksia, joita IPTV tuo tullessaan. Lopuksi on tarkoitus tutkiskella tulevaisuuden näkymiä ja sitä, tuleeko IPTV syrjäyttämään perinteiset televisiolähetykset vai onko molemmille tekniikoille tilaa markkinoilla.

Työn tarkoitus ei ole syventyä aivan komponenttitasolle vaan luoda alustavaa katsausta tulevalle tekniikalle. Jokaisesta työn osa-alueesta olisi helppo kirjoittaa satoja sivuja, mutta yritän käydä asiat mahdollisimman kompaktisti lävitse.

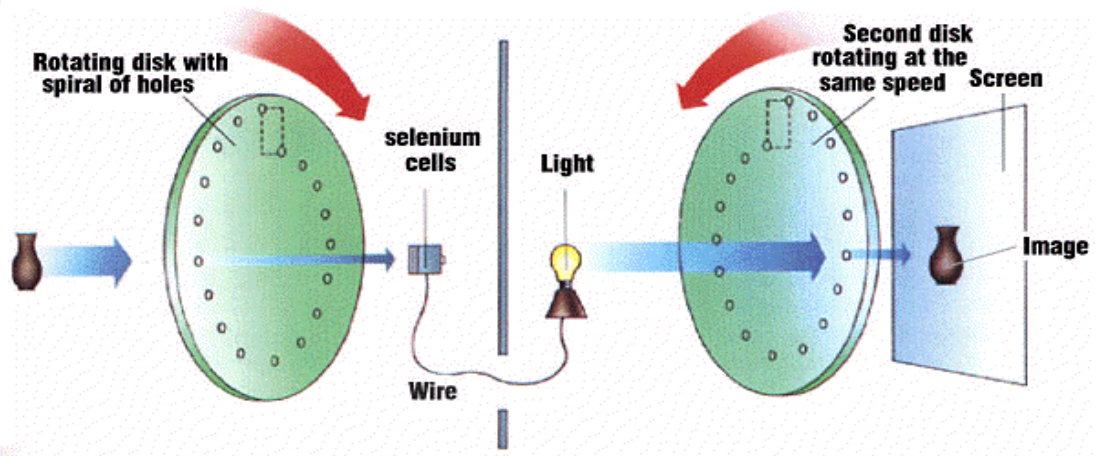
2 Analoginen TV-tekniikka

2.1 Historia

Televisio eli TV on laite, joka näyttää radioaaltoja pitkin siirrettyä liikkuvaa kuvaa. Televisiota kutsuttiin vielä 1950-luvulla myös näköradioksi. Sana televisio on uudissana kreikasta : *tele* 'kauko' ja *vision* 'näky' (<lat. *visio* 'näkeminen näky'). Televisiolähetys voidaan siirtää joko analogisena tai digitaalisena kolmella päätavalla: satelliittien kautta, kaapelia pitkin tai ulkoantennien avulla. Analoginen lähetys on poistumassa käytöstä ympäri maailman. Suomessa siirryttiin täysin digitaaliseen lähetykseen 31. elokuuta 2007. [1.]

Kuvan välittäminen sähköisessä muodossa paikasta toiseen todettiin mahdolliseksi jo yli sata vuotta sitten. Tätä varten kuva on jaettava pieniin osasiin, jotka siirretään peräkkäin vastaanotto paikalle. Kun kuvan osat ladotaan alkuperäiseen järjestykseen, vastaanotto paikalle saadaan alkuperäisen kuvan toisto. Pulmana on, miten kuva paloitellaan, miten palat siirretään ja miten ne ladotaan uudestaan kuvakokonaisuudeksi, joka alun perin lähetettiin.

Yhden käyttökelpoisen ratkaisun kuvan jakamiseksi sähköisesti osasiin esitti 1800-luvulla saksalainen keksijä Paul Nipkow. Hänen menetelmässään kuvaa katsellaan spiraalimaisen rei'itetyn levyn läpi. Kun levy pyörii riittävän nopeasti, silmä muodostaa peräkkäin nähdystä kuvan osista kokonaisen kuvan. Kun silmä korvataan valokennolla, se muuttaa kuvaa vastaavat kirkkausarvot sähköimpulsseiksi. Impulssit siirretään sähkökaapelilla vastaanottopään lamppuun, jota katsellaan samanlaisen pyörivän, spiraalimaisesti rei'itetyn levyn läpi. Kun levyt pyörivät samalla nopeudella, lampun toistamista valon välähdyksistä muodostuu alkuperäistä kuvaa vastaava kuva katselijan silmään. Menetelmä patentoitiin vuonna 1884. Siinä käytettävää pyörivää levyä alettiin kutsua Nipkowin levyksi (kuva 1). [2.]



Kuva 1. Nipkowin levyn toiminta periaate [4.]

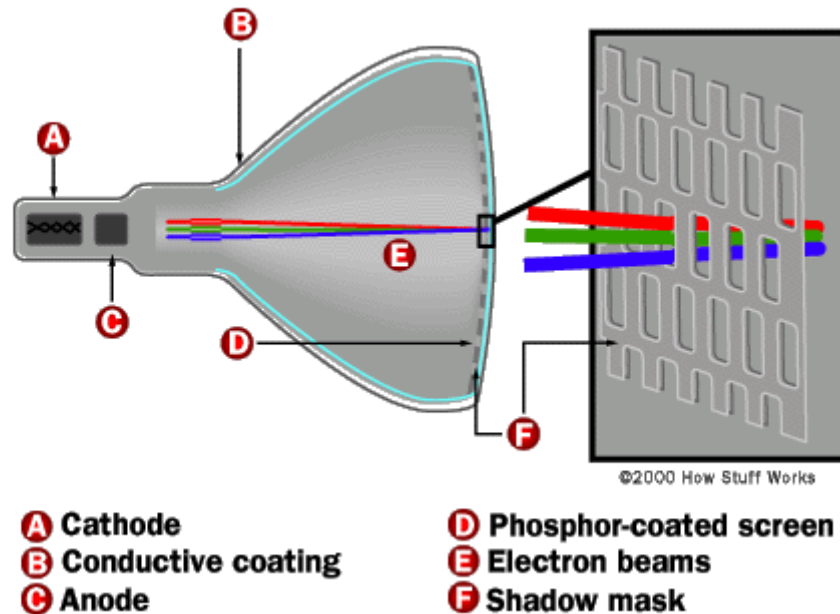
Myös radioaallot opittiin tuntemaan ja hyödyntämään jo 1800-luvulla. Silloin valjastettiin sähkömagneettiset aallot kuljettamaan ääntä. Television tekninen perusratkaisu syntyi, kun Nipkowin levyn antamat sähköimpulssit oivallettiin siirtää radioaalloilla vastaanottajalle. [2.]

1920-luvulla kuvan osittelussa alettiin käyttää uusia ratkaisuja, muun muassa pyöriä peililaitteistoja ja valoherkkiä materiaaleja. Alkuvaiheessa suurimman suosion saavutti kuitenkin Nipkowin levy. Sitä käytettiin myös Englannin ensimmäisessä julkisessa langattomassa kuvansiirrossa lokakuussa 1925. Säännölliset koelähetykset Englannissa aloitettiin vuonna 1929. [2.]

Siirretyn kuvan laatu oli aluksi heikko. Kuvan erottelutarkkuus oli pieni, ja liikkeet olivat nykiviä. Laatu parani, kun kuvan osiin jakavien juovien määrää lisättiin ja sekunnissa lähetettyjen kuvien lukua nostettiin. Mekaanisilla laitteilla, kuten Nipkowin levyllä, oli kuitenkin näissä olosuhteissa rajansa. [2.]

Täysin elektroninen järjestelmä oli parempi ratkaisu. Elektroninen tekniikka oli kehitetty jo 1920-luvulla, kun Yhdysvalloissa oli rakennettu toimiva ikonoskooppi-kameraputki.

Tällöin valmistuivat myös ensimmäiset katodisäde- ja tv-kuvaputket. Kuvassa 2 on esitelty kuvaputken perusrakenne. [4.]

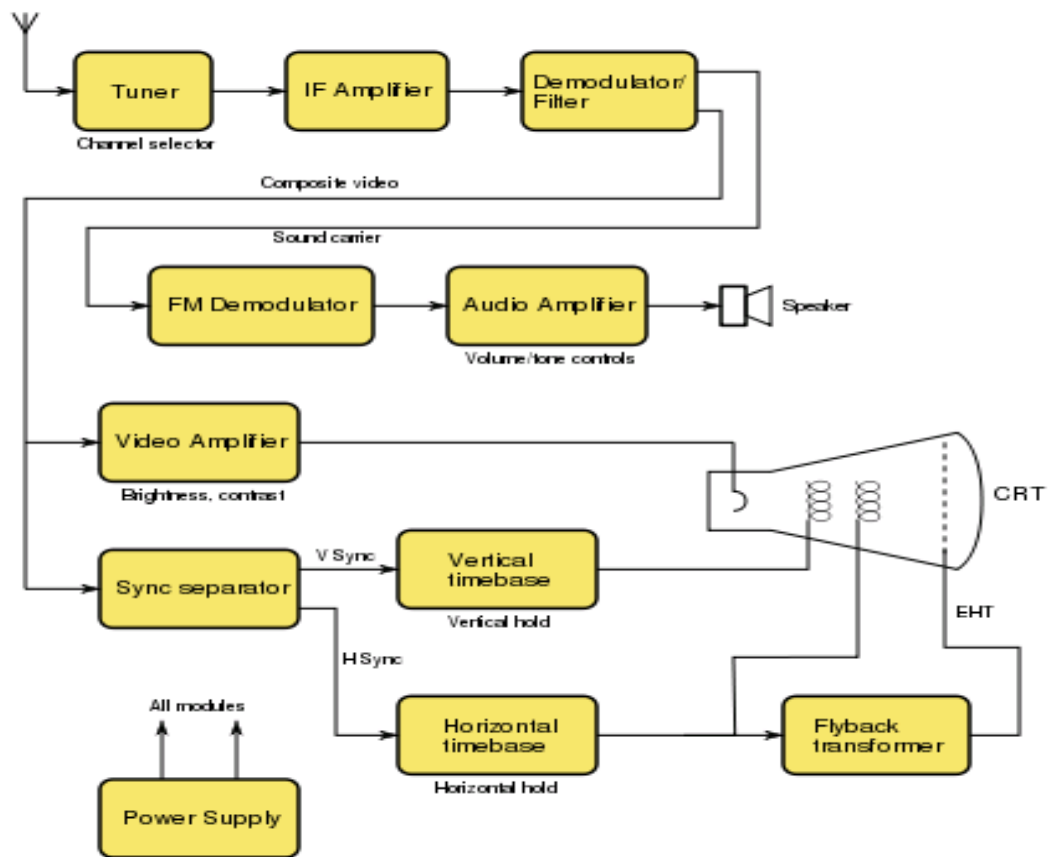


Kuva 2. Katodisäde kuvaputkessa [5.]

Jo alkuvaiheessa todettiin, että kuva on edullisinta jakaa osasiin vaakajuovia käyttäen. Mitä enemmän juovia on, sitä hienorakeisempi ja samalla terävämpi kuva saadaan. Sulavan kuvan aikaansaamiseen vaaditaan yli 20 kuvaa sekunnissa. Eurooppalaisessa televisiotekniikassa on päädytty 25 kuvaan sekunnissa, kun taas Yhdysvalloissa on päädytty 30 kuvaan sekunnissa. Kuvan välkkymisen vähentämiseksi tv-kuva jaetaan tämän lisäksi kahteen lomiteltuun puolikuvaan (kenttään), joiden vaihtonopeudet ovat 50 tai 60 puolikuva sekunnissa. [3. s.14.]

Television kehitys on ollut vahvassa yhteydessä juovien lukumäärässä tapahtuneeseen kasvuun. Juovaluvun noustessa kuva on saatu suuremmaksi ja paremmaksi. Teräväpiirtotelevision juovaluku on jo yli 1000.

Varsinainen televisio sisältää useita komponenttejä kuvaputken ja katodisädeputken lisäksi, muun muassa virittimen, ääni- ja videovahvistimen ja virtalähteen, kuten kuvasta 3 käy ilmi.



Kuva 3. Television periaatteellinen rakenne. [6.]

2.2 Standardin muodostuminen

Useiden tahojen yhteistyön tuloksena eurooppalaiseksi televisiostandardiksi valittiin 625 juovaan perustuva järjestelmä. Lähtökohtana oli amerikkalainen 525/60-tv-standardi. Tällä standardilla tehtyjä laitteita voitiin muuttaa 625/50-standardin mukaan toimiviksi. Uuden standardin merkittäviä kehittäjiä olivat venäläiset asiantuntijat, professori Mark I. Krikocheev ja insinööri Serge Novakowsky sekä saksalainen tohtori Walter Bruch. Myöhemmin tri Bruch osallistui vahvasti tv-tekniikan kehittämiseen. Hän ideoi ja toteutti eurooppalaisen PAL-väritelevisiojärjestelmän 1960-luvulla. [3. s.18.]

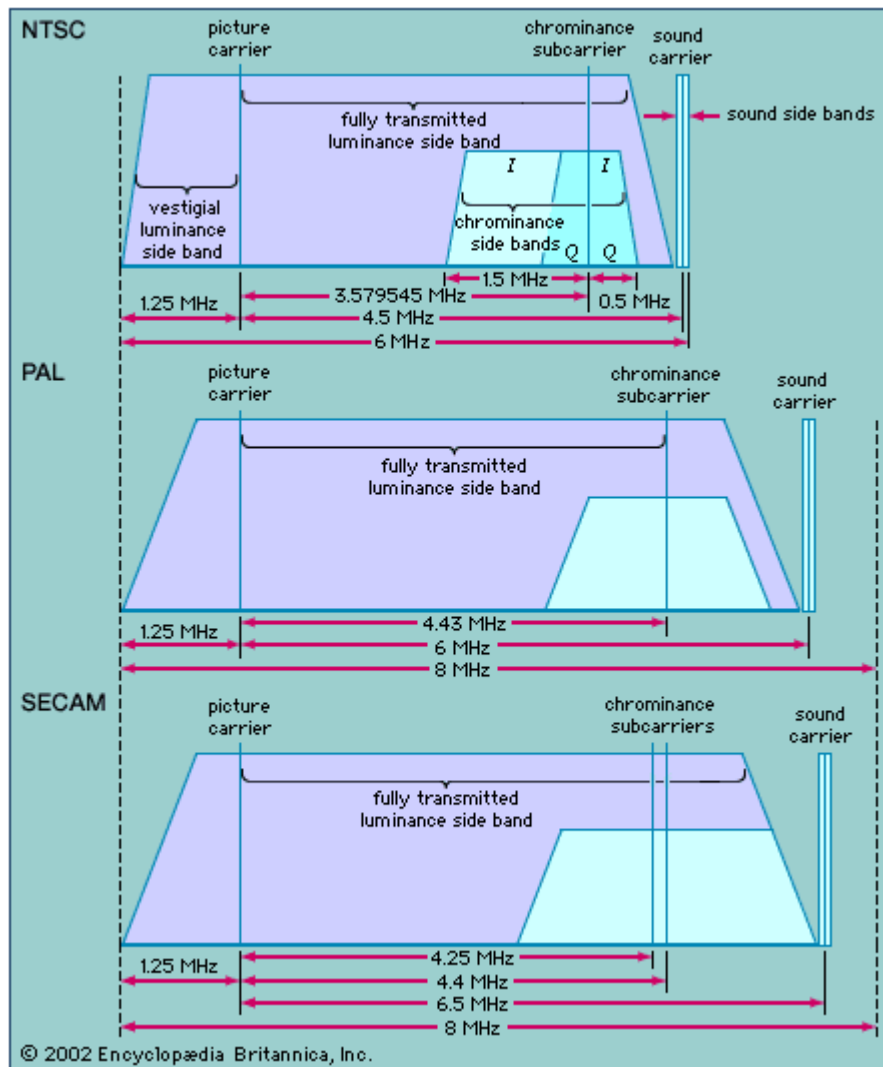
Kun useat Euroopan maat olivat päätyneet 625-juovaisen kuvan standardiin, se nimitettiin vuoden 1951 alussa CCIR-standardiksi (Comité Consultatif International des Radiocommunications), CCIR on kansainvälinen radioalan standardoimisjärjestö, jonka tarkoitus oli luoda yhteisiä standardeja maiden välille. Järjestö kulkee nimellä ITU-R (International Telecommunication Union – Radio). Vaikka uusi standardi saavutti yleisen hyväksynnän, päälinjasta oli kaksi merkittävää poikkeusta. Englannissa BBC (British Broadcasting Corporation) päätti jatkaa lähetyksiään 405-juovaisella kuvalla. Englannissa todettiin kuitenkin myöhemmin tarpeelliseksi liittyä yhtenäiseen Euroopan tv-perheeseen. [3. s.18–19.]

Ranska kulki aluksi omia reittejään. Siellä otettiin vuonna 1950 käyttöön parempaan laatuun tähtäävä 819-juovainen tv-kuva. Se poistettiin käytöstä vasta vuonna 1983. Rinnakkaislähetykset 625/50-standardilla aloitettiin jo vuonna 1962. Euroopan maat ovat nyt kaikki 625-juovaisen kuvan käyttäjiä, mikä on helpottanut suuresti maiden tv-yhteistyötä. [3. s.20.]

Suomi päätyi 625/50-standardin kannattajaksi virallisesti vuonna 1952. Itä-Euroopan maat olivat myös päätyneet 625-juovaiseen kuvaan. Heidän standardinsa 625 D erosi kuitenkin hieman Länsi-Euroopan valinnasta. Ero G-standardiin verrattuna on muun muassa siinä, että äänilähettimen taajuus on kuvalähettimeen 1 Mhz:iä korkeammalla, jolloin ilman erillistä äänen vastaanotinta, ei ääni kuulu. Käytännössä tämä aiheuttaa sen, että äänen saamiseksi esiin tarvitaan lisälaitte, mikäli halutaan seurata D-standardin mukaisia lähetyksiä. [3. s.20.]

2.3 Värillisen tv-kuvan käyttöönotto

Kuvassa 4 on kuvattu kolmen eri järjestelmän käyttämät spektrialueet.



Kuva 4. Eri järjestelmien käyttämät taajuuudet [7.]

Värillisten tv-kuvien lähettämiseksi oli tehty kokeita jo 1920-luvun loppuvuosilta alkaen. Piti kuitenkin odottaa 1950-luvulle, ennen kuin käyttökelpoiset ja kohtuuhintaiset tekniset ratkaisut olivat valmiita. Tällä kertaa Yhdysvallat oli edelläkävijänä.

Väritelevisiojärjestelmät perustuvat kolmen värikomponentin käyttöön. Tv-kamerassa objektiivin välittämä kuva jaetaan optisella prismalla siniseksi, punaiseksi ja vihreäksi osakuvaksi. Kamerassa on oma kameraputki kutakin osakuvaa varten. Vastaavasti tv-vastaanottimessa on kolme toistojärjestelmää sinisen, punaisen ja vihreän kuvan piirtämiseksi kuvapinnalle. Kun kuvat toistetaan päällekkäin, saadaan alkuperäistä kuvaa vastaava värikuva tv-vastaanottimen kuvaputkelle.

Kameran antaman kolmen sähkösignaalin siirtäminen tv-vastaanottimeen samassa lähetyksetjussa, jossa aikaisemmin oli välitetty yksi mustavalkoista kuvaa vastaava signaali, edellytti tähän pystyvien väri-tv-järjestelmien luomista. Ensimmäinen näistä, 525-juovaiseen tv-kuvaan perustuva NTSC-standardi (National Television System Committee) hyväksyttiin Yhdysvalloissa vuonna 1953. [5.]

Euroopassa ei oltu tyytyväisiä kuvan tekniseen laatuun, kun NTSC-järjestelmää sovellettiin 625-juovaiseen tv-kuvaan. Ranskassa kehitettiin vuonna 1956 SECAM-järjestelmä (Séquentiel couleur à mémoire), jonka lopullinen versio muodostui kymmenen vuotta myöhemmin. [3. s.132.]

Muut Länsi-Euroopan maat, Suomi mukaan lukien, olivat PAL:n (Phase Alternate Line) kannalla. Yleisradion johtokunta hyväksyi ehdotuksen PAL-väritelevisiojärjestelmän käyttöön otosta Suomessa tammikuussa 1967, mutta lopullinen päätös tehtiin hallintoneuvostossa 1.1.1969. [3. s.133–135.]

Värikuvan muodostuminen plasma- ja LCD-näytössä

Nykyaikana ollaan jo kuvaputkella varustetuista televisioista luopumassa ja on siirrytty Plasma- ja LCD-näyttöihin (Liquid Crystal Display). Nämä mahdollistavat tarkemman kuvan eivätkä vie syvyys-suunnassa enää niin paljon tilaa.

Plasmatelevisiossa sadattuhannet pienet solut sijaitsevat kahden lasilevyn välissä. Nämä solut sisältävät sekoituksen neonia ja ksenonia. Solun läpi kulkeva sähkövirta ionisoi kaasun muuttaen sen plasmaksi. Plasma säteilee ultraviolettivaloa, joka puolestaan saa fluoresoivan materiaalin tuottamaan näkyvää valoa, ja näin muodostuu ihmiselle näkyvä kuva. [9.]

Nestekidenäyttö (LCD) koostuu sähköisesti ohjatusta, valoa polarisoivasta nesteestä, joka on suljettu soluihin kahden läpinäkyvän suorassa kulmassa olevan polarisoivan levyn väliin. Kun sähkökenttää ei ole, nesteen molekyylit ovat lepotilassa, ja ne kiertyvät luonnostaan suoran kulman ääripäästä toiseen. Valo polarisoituu ensin yhdessä levyssä, kiertyy sitten niin, että lopuksi valo kulkee toisen levyn läpi. Koko yhdistelmä on lähes läpinäkyvä; vain ensimmäisen polarisaatiolevyn läpäistessään valo himmenee hieman. Kun soluun muodostetaan sähkökenttä, nesteen molekyylit kääntyvät kentän suuntaiseksi estäen polarisoituneen valon kiertymisen. Kun valo osuu omaa polarisaatiotasoaan vasten kohtisuorasti polarisoivaan levyyn, solu näyttää tummalta. LCD-televisio sisältää taustavalon toisella puolella, kuin mistä sitä katsotaan. Aktivoituvat kiteet näkyvät mustina, kun taas aktivoimattomat kiteet ovat kirkkaita. [43.]

2.4 Lähetysvaihtoehdot

Analogisen televisio kuvan lähettämiseen oli kolme päätapaa, kuten myös digitaalisessa televisiotekniikassa. Suomessa suurin osa lähetetään perinteisesti radioaaltoelektronikalla vastaanottimien niin sanottuihin harava-antenneihin. Pystyäkseen vastaanottamaan, Suomessa kaikkia neljää pääkanavaa (Yle1, Yle2, MTV3 ja Nelonen), tarvittiin UHF- (Ultra High Frequency) ja VHF-antenni (Very High Frequency) tai yhdistelmäantenni. Suomessa on kaupunkialueilla mahdollista saada tv-kuva kaapeliverkon kautta, jolloin ei tarvita omaa talokohtaista antennia, vaan televisiolähetys tulee maanalaista kaapelia pitkin keskitetysti. Yleensä ottaen kaapeliverkossa on suurempi valikoima saatavilla olevia kanavia, mutta suurin osa näistä on erikseen maksullisia, eivätkä ne sisälly TV-ilmoitusmaksun piiriin. Kahden edellä mainitun tekniikan lisäksi on myös mahdollista katsoa tv-lähetystyksiä satelliittiantennin kautta, joka vastaanottaa satelliitin välittämää kuvasignaalia. Kaikkialla maailmassa käytetään jotain edellä olevista siirtotekniikoista.

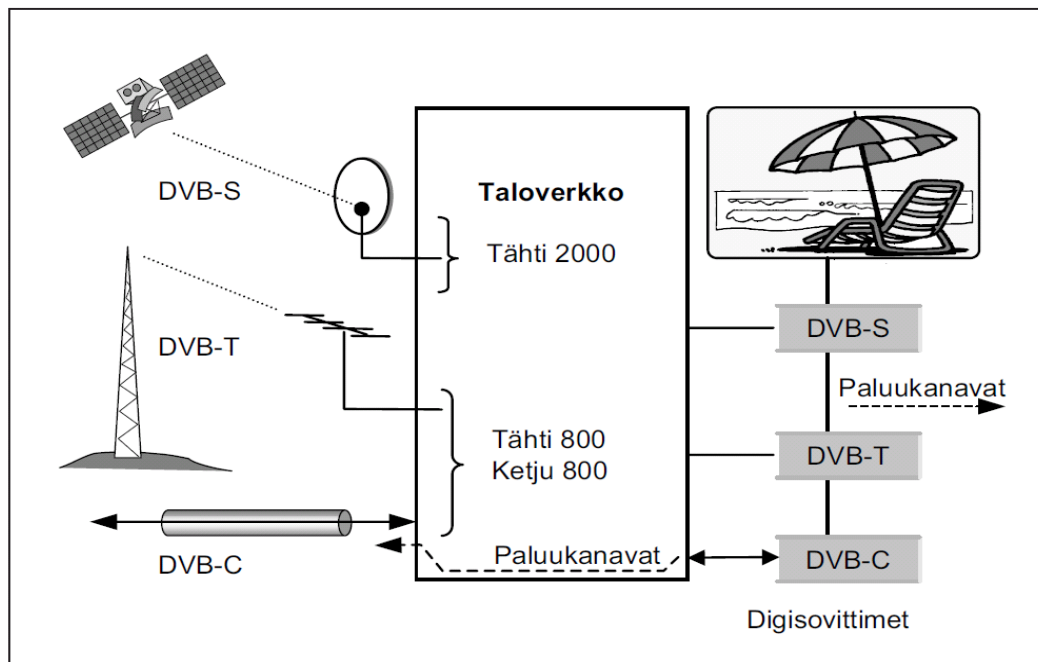
3 Siirtyminen digi-aikaan

3.1 Kehittyminen standardiksi

Vuonna 1991 TV-yhtiöt, laitevalmistajat ja Euroopan virkamiehet kokoontuivat keskustelemaan sellaisen ryhmän perustamisesta, joka valvoisi digitaalisen televisiotekniikan käyttöönottoa. Vuonna 1993 ryhmä perustettiin. [11.]

DVB-projektiryhmään kuului aluksi 250–300 yritystä (mm. BBC ja Cisco). Alun perin projekti oli eurooppalainen mutta se kehittyi hyvin nopeasti maailmanlaajuiseksi. Ryhmän tarkoituksena oli sopia määrätykset digitaalisen median jakelusta. [11.]

Alkuperäinen tehtävä oli luoda valmis sarja ennakkostandardista eri lähetysoikeuksia varten. Käytetyt teknologiat olivat satelliitti-, kaapeli- ja antenniverkko. Lopullisen tuloksen piti olla ETSI-standardi (European Telecommunications Standards Institute). DVB-projektin ei ollut tarkoitus keksiä mitään uudelleen vaan käyttää valmiita avoimia standardeja, jos niitä vain oli saatavilla. Näin muodostui DVB-S-satelliittijakelu, DVB-C-kaapelijakelu ja DVB-T-antenniverkkojakelu (kuva 5). [11.]



Kuva 5. Digitaalisen tv-lähetyksen eri tavat. [12.]

Digitalisoinnilla saavutetut edut ovat kanavien määrän ja ohjelmatarjonnan kasvu. Yhden analogisen tv-kanavan tilalle saadaan digitaalitekniikalla siirtymään 4–6 kanavaa. Digitaalinen tekniikka poistaa maastoheijastuksien aiheuttamat häiriöt sekä haamukuvat, minkä avulla saadaan kirkkaampi ja terävämpi kuva. Lisäetuina saadaan myös sähköinen ohjelmaopas, josta voidaan tarkistaa tulevaa ohjelmatarjontaa sekä lukea lisätietoja ohjelmista. Myös alueellinen ohjelmatarjonta on mahdollista, jolloin voidaan samanaikaisesti lähettää esimerkiksi paikallisia uutisia aluekohtaisesti. [13.]

DVB-äänistandardi mahdollistaa sekä MPEG-1 layer 2-äänenkoodauksen (Moving Picture Experts Group) että Dolby Digital AC3:n lähettämisen. Kaikki digi-tv-vastaanottimen tukevat MPEG-standardia, ja osa myös Dolby Digital AC-3-standardia. Useissa vastaanottimissa on digitaalinen äänilähtö, jonka avulla voidaan AC-3-signaali liittää kodin muuhun äänijärjestelmään.

Kuvasuhteessa siirryttiin käyttämään digi-tv:n myötä kuvasuhdetta 16:9. Kuvasuhde vastaa suunnilleen nykyisin elokuvateattereissa käytössä olevaa kuvasuhdetta. Se on parempi kuin vanha analoogisessa televisiossa käytetty 4:3-suhde siksi, että se vastaa ihmisen luonnollista näkökenttää. Lähetysjärjestelmästä saadaan DVB-kooderille tieto esitettävän ohjelman kuvasuhteesta. Tämä kuvasuhteen tieto siirretään MPEG-koodin mukana digivastaanottimeen videosaaliin lisäämään WSS-tiedon (Wide Screen Signalling) avulla näyttönä toimivalle vastaanottimelle, joka ohjaa näyttönsä kuvasuhdetta videosaalista saamansa WSS-koodin mukaisesti. Jos vastaanotin osaa hyödyntää digiboksin tuottaman WSS-signaalin antaman informaation, se vaihtaa automaattisesti kuvasuhteen oikeaksi lähetysjärjestelmän antaman koodin mukaisesti. Signaalin tarkoituksena on helpottaa katsojaa siten, että kuvasuhteen vaihtuessa näytössä on aina oikean ”muotoinen” kuva eikä mitään jää näyttöalueen ulkopuolelle. WSS-koodi sisältää aloitusbitin sekä 14 bittiä dataa, joka sisältää mm. kuvasuhteen ja tekstityksen paikan.

Katsoja voi valita lisätekstityksiä, vaihtaa tekstityksen kieltä ja valita ääniversiointeja, mikäli eri kielisiä versioita on tuotettu. Tämä on suuri etu monikielisissä maissa, kuten Suomessa voidaan valita ruotsin- ja suomenkielisen tekstityksen välillä riippuen siitä kumman kielen osaa paremmin. Monissa maissa tekstitystä käytetään tukemaan

heikkokuuloisten tv-katselua, jolloin tekstin eri värit kertovat katsojalle, kenen puheenvuoro on menossa.

3.2 Maanpäällinen jakelukanava

DVB-T tulee sanoista Digital Video Broadcasting – Terrestrial, eli maanpäällinen digitaalinen videolähetys. Se on eurooppalainen standardi digitaalisen television lähettämiseen maanpäällisessä verkossa. Järjestelmä hyväksyttiin käyttöön vuonna 1997. Järjestelmä lähettää pakattua digitaalista ääntä, kuvaa ja mahdollista muuta dataa MPEG-lähetysvirrassa käyttäen COFDM (Coded Orthogonal frequency-division multiplexing) -modulaatiota, joka perustuu tiedonsiirtoon lukuisilla toisiaan häiritsemättömillä taajuuskanavilla yhtä aikaa. Hyväksytyt käytetyt lähdekoodityypit ovat MPEG-2 ja viime aikoina H.264 (MPEG-4). COFDM:ää voidaan käyttää kahdella taajuustasolla, jotka ovat 1705 (2k) tai 6817 (8k). Näillä kahdella eri taajuusalueella valitaan, kuinka monella taajuuskanavalla tieto liikkuu. 2k-moodi soveltuu yhden lähettimen käyttöön ja suhteellisen pienille yhden taajuuden verkoille, joissa lähetinteho on rajallinen. 8k sopii suurien maantieteellisten alueiden yksitaajuusverkkojen kanssa, mutta myös yhden lähettimen käyttöön. 2k- ja 8k-moodit ovat keskenään yhteensopivia systeemejä. [14.]

DVB-T:ssä käytetään ulkoisena virheenkorjauskoodina Reed-Solomon FEC:tä (Forward Error Correction) kuten muissa standardeissa, kun taas sisäisenä virhekoodina käytetään Viterbi-algoritmia. [14.]

Sekä QPSK:ta (Quadrature Phase Shift Keying) että QAM-modulointia (Quadrature Amplitude Modulation) ja koodausarvoja voidaan käyttää hyödyksi COFDM-kehyksen datataajuustasoissa. Niiden avulla saadaan aikaiseksi sopiva kompromissi bittinopeuden ja eheyden välillä.

DVB-T:ssä olevien rajoitteiden vuoksi sille tarvittiin seuraaja, Digital Video Broadcasting – Second Generation Terrestrial. Maaliskuussa 2006 päätettiin tutkia mahdollisuutta päivittää DVB-T-standardia. Kesäkuussa 2006 perustettiin ryhmä nimeltä TM-T2 (Technical Module on Next Generation DVB-T). Ryhmän tarkoituksena oli kehittää

kehittynyt modulointijärjestelmä, joka voitaisiin hyväksyä digitaalisen maanpäällisen televisioverkon standardiksi nimeltä DVB-T2. [15.]

Ensimmäinen vaihe oli omistettu optimaalisen vastaanoton varmistamiseen paikallaan olevia vastaanottimia varten sekä siirrettäviä vastaanottimia varten käytettäessä olemassa olevia antennejä. Toinen ja kolmas vaihe käsittelisi metodeja siirtää suurempia kuormia käyttäen uusia antennejä sekä liikkuvaa vastaanottoa. Tarkoituksena oli minimissään saada aikaan 30 % suurempia kuormia samanlaisissa kanavaolosuhteissa kuin käytössä olevassa DVB-T:ssä. [15.]

DVB-T2:sta ratifioitiin luonnos standardi kesäkuussa 2008. ETSI otti myös standardin tutkimukseensa ja hyväksyi sen standardiksi syyskuun 9. vuonna 2009, standardi on EN 302755. Modulaattoreita DVB-T2:ta varten on markkinoilla, ja vastaanotinpiirejä on kehitteillä. Vastaanotinprototyyppi esiteltiin syyskuussa 2008 Amsterdamissa. Ensimmäiset testit oikeasta TV-lähettimestä suoritettiin kesällä 2008 BBC:n lähettimestä Lounais-Lontoosta. Testi oli onnistunut ja sai aikaan sen, että DVB-T2 käyttöönotto on lähtenyt laajemmin liikkeelle. Nykyisin myyntiin tulevat uudet vastaanottimen ovat DVB-T2-yhteensopivia. [15.]

Uusi standardi on kustannustehokkaampi, mikä johtuu pienemmästä kaistan tarpeesta kanavaa kohden. DVB-T2 mahdollistaa pienemmästä kaistan tarpeesta johtuen HD-lähetysten (High-definition, korkea resoluutio) lähettämisen antenniverkkoon kustannustehokkaasti. Taulukossa 1 käydään läpi tekniikoiden eroja.

Taulukko 1. DVB-T:n ja DVB-T2:n eroavaisuudet. [21.]

	DVB-T	DVB-T2	Selitys
Virheenkorjaus	Convolutional Coding + Reed Solomon 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8	LDPC + BCH 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6	Miten bittivirheet korjataan
Konstellaatio	QPSK, 16QAM, 64QAM	QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM	Kuinka symboli muodostetaan amplitudista ja vaiheesta
Turvaväli	1/4, 1/8, 1/16, 1/32	1/4, 19/256, 1/8, 19/128, 1/16, 1/32, 1/128	Kaiun odottelu-aika, viive ennen symbolin lähetystä
FFT:n (fast Fourier transform) koko	2k, 8k	1k, 2k, 4k, 8k, 16k, 32k	Käytössä olevat näytteenottotaajuudet

Suomessa on aloitettu jo laajemmin koelähettää DVB-T2-lähetyksiä kevästä 2011 alkaen. [22.]

Euroopassa on koelähetyksiä ollut jo pidempään. Varsinkin Iso-Britaniassa on BBC, on ollut aktiivinen asian kanssa [23.]

3.3 Kaapeliverkossa tapahtuva jakelu

DVB-C tulee sanoista Digital Video Broadcasting – Cable, ja se on DVB Euroopan standardi digitaalisen television lähettämiseen kaapeliverkossa. Tässä järjestelmässä lähetetään MPEG-2- tai MPEG-4-standardia digitaalista ääntä ja kuvaa käyttäen QAM-modulaatiota kanavakoodaukseen. DVB-C perustuu DVB-järjestelmistä varhaisimpaan DVB-S:ään mutta käyttää eri modulaatiota. [19.]

18. helmikuuta 2008 julkistettiin uusi DVB-C2 ETSIstandardi EN302769, ja sitä oli tarkoitus kehittää vuoden 2008 aikana. Standardi saatiin valmiiksi huhtikuussa 2009. Version 2 odotetaan olevan viimeinen kehitys versio DVB-C:stä. Tämänhetkiset tutkimukset näyttävät siltä, että olemassa olevalla tekniikalla päästään jo niin lähelle teoreettista Shannonin rajaa (maksimimäärä virheetöntä tietoa tietyllä annetulla kaistanleveydellä), että jatkokehitys ei olisi enää mielekästä. Uuden tekniikan käyttöön ottoa odotetaan lähivuosina, riippuen paikallisista kaapeli yrityksistä. Taulukossa 2 on uuden ja vanhan tekniikan eroja [20.]

Taulukko 2. DVB-C:n ja DVB-C:n erot [21.]

	DVB-C	DVB-C2	Selitys
Syöttöliitäntä	Single Transport Stream (TS)	Multiple Transport Stream and Generic Stream Encapsulation (GSE)	Mitä pystyy vastaanottaa
Tilat	vakio koodaus ja modulaatio	muuttuva koodaus ja modulaatio sekä mukautuva koodaus ja modulaatio	Eri laitetilat
Lähetys virheenkorjaus	Reed-Solomon error correction	LDPC + BCM	Järjestelmä virheenkorjausta varten
Modulointi	single carrier QAM	CODFM	Tiedonlähetystavat

Edeltäjänsä tavoin DVB-C2 tarjoaa erilaisia tiloja ja vaihtoehtoja, jotka voidaan optimoida erilaisille verkon ominaisuuksille ja vaatimuksille eri palvelujen toimittamiseksi kaapeliverkon asiakkaille. Käyttämällä uusinta koodausta ja modulointitekniikka DVB-C2 mahdollistaa yli 30 % suuremman taajuuksien käytön tehokkuuden samoin asetuksin kuin nykypäivän DVB-C. [20.]

Uutta DVB-C2-standardin mukaista lähetystä ei ole vielä otettu koekäyttöön laajemmin, mutta Saksassa on aloitettu kokeilu uudesta standardista. [22.]

3.4 Satelliitin kautta tuleva lähetys

DVB-S tulee sanoista Digital Video Broadcasting – Satellite, ja on DVB-standardeista vanhin, ja se otettiin käyttöön jo vuonna 1995. Järjestelmä on ns. "single-carrier", jota on kuvattu sipulimallillakin. Sipulin ydin sisältää varsinaisen viestin, ja ympäröivät kerrokset suojaavat signaalia sekä järjestävät sen soveliaaksi lähetystä varten. Kaikki data on vakiokokoisina MPEG-2-paketteina. Signaalin lähetyksessä käytetään satelliitteja, ja vastaanotossa käytetään siihen soveltuvaa ns. lautasantennia. Käytössä on 11–12 GHz:n taajuusalue. [23.]

Toisen sukupolven DVB-S2-standardi kehitettiin 2003, ja ETSI ratifioi sen maaliskuussa 2005 standardinumerolla EN 302307. DVB-S2-standardia kehitettiin HDTV:n ja H.264 (MPEG-4 AVC) -videokoodeja silmällä pitäen. Järjestelmä mahdollistaa yhden tai useamman MPEG-2-ääni- ja videovirran lähettämisen käyttäen QPSK-, 8PSK- tai MAPSK-modulaatiota. [24.]

DVB-S2 perustuu DVB-S-standardiin sekä DVB-DSNG-standardiin (Digital Satellite News Gathering), jota käytetään lähetinautoissa kuvatun materiaalin lähettämiseen tv-asemille. Kaksi uutta ominaisuutta, jotka lisättiin DVB-S-standardiin, ovat koodauksen muuttaminen reaaliajassa VCM (Variable Coding and Modulation) ja ACM (Adaptive Coding and Modulation), joka optimoi lähetysparametrit eri käyttäjille. [24.]

Uuden standardin väitetään parantavan suorituskykyä noin 30 % vanhaan DVB-S:ään nähden. Kun lisätään videon pakkaamisen kehittyminen tähän, MPEG-4 HDTV-lähetys (High-definition televisio) vie saman verran kapasiteettiä kuin vanha MPEG-2 SDTV

(Standard-definition televisio) lähetys vuosikymmen sitten. Taulukko 3 esittelee eroavaisuuksia.

Taulukko 3. DVB-S:n ja DVB-S2:n eroja [25.]

Satelliitin EIRP (dBW) lähettimen vastaanottimelle lähettämä teho	51		53,7	
Järjestelmä	DVB-S	DVB-S2	DVB-S	DVB-S2
Modulaatio ja koodaus	QPSK 2/3	QPSK 3/4	QPSK 7/8	8PSK 2/3
Symboli taso (Mbaud)	27,5 ($\alpha = 0.35$)	30.9 ($\alpha = 0.2$)	27.5 ($\alpha = 0.35$)	29.7 ($\alpha = 0.25$)
SDTV- ohjelmien määrä	7 MPEG-2 15 AVC	10 MPEG-2 21 AVC	10 MPEG-2 20 AVC	13 MPEG-2 26 AVC
HDTV-ohjelmien määrä	1-2 MPEG-2 3-4 AVC	2 MPEG-2 5 AVC	2 MPEG-2 5 AVC	3 MPEG-2 6 AVC

Suomessa ja Euroopassa ollaan pikkuhiljaa siirtymässä DVB-S2-tekniikan käyttöön. Tekniikka odottelee HD-lähetyksien yleistymistä sekä vanhojen vastaanottimien rikkoumista, mikä saa kuluttajat uusimaan laitteitansa. Täysin DVB-S-standardista siirtyminen DVB-S2-standardiin tulee kestämään noin 15 vuotta, suunnilleen saman aikaa odotetaan kestävän siihen, että siirrytään täysin teräväpiirto lähetyksiin.

3.5 Matkapuhelinjakelu

DVB-H (Digital Video Broadcasting – Handhelds) on DVB-perheen tuorein standardi. Sillä tarkoitetaan matkapuhelintyyppisiä päätelaitteita varten tehtyä standardia. Se on hyvin läheistä sukua muiden edellä mainittujen standardien kanssa, mutta se on kehitetty pienempää sähkönkulutusta ja nopeasti liikkuvaa ympäristöä silmällä pitäen. Se vie myös vähemmän radiokaistaa, koska kuvan tarkkuutta on pienennetty. DVB-H käyttää kuvan tarkkuutta 320 x 240, kun taas DVB-T:ssä käytetään tarkkuutena 720 x 576. [26.]

ETSI otti DVB-H:n standardiksi EN 302 304 marraskuussa 2004. Ja maaliskuusta 2008 DVB-H on virallisesti otettu Euroopan unionin suositelluksi tekniikaksi mobiilipäätelaitteita varten. [26.]

DVB-H-standardi on määritetty käyttämään aikaviipalointitekniikkaa, jolloin säästetään jopa 90 prosenttia tehoa verrattuna laitteisiin, jotka ottavat jatkuvaa lähetysvirtaa. Aikaviipalointitekniikassa vastaanotin ei ole aktiivinen kuin silloin, kun se ottaa vastaan ohjelmavirtaa. Suomessa kuvan pakkaamiseen käytetään tehokasta MPEG-4-koodekkia H.264 ja äänelle EAAC-formaattia. Kun päivitysnopeus on 15 kuvaa/s, pienemmällä resoluutiolla kaistan tarve on 200 kbit/s, kun taas vastaava kaistan tarve 640 x 480:n resoluutiolla olisi jo noin 800 kbit/s. [26.]

4 IPTV:n mahdollisuudet

Vuonna 1994 ABC:n (American Broadcasting Company) World News Now ohjelma oli ensimmäinen ohjelma, joka lähetettiin internetin kautta. Apuna käytettiin CU-SeeMe-videoneuvotteluohjelmaa. [27.]

Itse termi IPTV oli ensimmäisen kerran käytössä vuonna 1995, kun Judith Estrin ja Bill Carrico perustivat Precept Softwaren. Precept suunnitteli ja valmisti internetvideotuotteen nimeltään "IP/TV" [27.]

ITU:n määritelmä IPTV:stä on seuraava "IPTV on määritelty multimediaksi, kuten televisio, video, ääni, teksti, grafiikka tai data, joka välitetään ip-pohjaisessa verkossa ja joka tarjoaa vaaditun laatutason palvelussa ja kokemuksessa ja näiden lisäksi myös luotettavuudessa". IPTV ei siis ole pelkästään televisiolähetystä ip-verkossa. [28, s.4.]

Open IPTV Forumien selvityksen mukaan IPTV-tilaajien määrä tulee kasvamaan kuituoptiikka ja laajakaistaliitännöiden yleistymisen myötä. Arvio on, että vuonna 2014 tilaajia olisi maailmassa jo noin 101,7 miljoonaa. ja tämän johdosta IPTV tuotteiden myynnin arvo alkaisi olemaan merkittävä. Suomessa on jo useita IPTV-operaattoreita, mutta varsinaisia asiakasmääriä ei ole julkistettu. [28, s. 4.]

Kuluttaja tarvitsee IPTV:tä varten vastaanottimen, joka voi myös olla ohjelmistollinen toteutus tietokoneella eikä välttämättä erillinen laite. Vastaanotin voi olla myös ns. hybridi, joka mahdollistaa IPTV:n lisäksi myös suoran digi-TV-vastaanoton (DVB-T/C/S).

IPTV tulee tarjoamaan kuluttajille uusia ominaisuuksia, joita ovat muun muassa tilausvideopalvelu (VOD, Video On Demand), joka mahdollistaa sisällön tilaamisen katsottavaksi silloin kun se itselle sopii, eli kuluttajan ei tarvitse mennä videovuokraamoon vaan videon voi tilata itselleen katsottavaksi. Katsojan on myös mahdollista tilata internetin kautta esimerkiksi ohjelmassa näkyviä tuotteita. Edellä mainittujen lisäksi katsomistapahtumaa voidaan täydentää internetin sisältöä hyväksi käyttäen. Esimerkiksi jos sisällössä mainitaan jokin eläin, voidaan siitä hakea

mahdollista lisätietoa haluttaessa. Lisäksi televisiolähetyksen pysäyttäminen esimerkiksi puhelun ajaksi on mahdollista. [29, s. 4.]

IPTV:n odotetaan tuovan etuja kuluttajille sekä sisällön tuottajille. Kuluttajat tulevat saamaan monipuolisemmat palveluvalikoimat ja samalla tulee yksinkertaistumaan palveluihin pääsy ja ohjaus kotipääteeltä. Sisällön tuottajat taas tulevat saamaan mahdollisuuden laajentaa liiketoimintaa ja luoda uusia liiketoimintamalleja yhtenäistä IPTV-standardia käyttäen.

Laitteiden valmistajille spesifikaatiot tarjoavat avoimen rajapinnan IPTV-palveluihin pääsulle luoden näin mahdollisuuden massamarkkinoille uuden sukupolven järjestelmille. IPTV:n yhtenäiset spesifikaatiot mahdollistavat verkkolaitteiden valmistajille laajat markkinat ja yhteensopivuuden erilaisissa liittymäympäristöissä runkoverkkojen välityksellä. [28, s. 4.]

IPTV-asian kehittämistä ja eteenpäin viemisestä on kiinnostunut monet eri tahot. Näitä ovat muun muassa DVB-ryhmä, joka alun perinkin perustettiin digitaalista jakelua varten, ja DLNA (Digital Living Network Alliance), joka kehittää verkkolaitteiden saumatonta yhteen liittämistä. ETSI TISPAN (Telecommunications and Internet converged Services and Protocols for Advanced Networking) ETSI:n ryhmä, joka on perustettu luomaan standardeja seuraavan sukupolven verkkorakenteita varten. ATIS IPTV (The Alliance for Telecommunications Industry Solutions) on pohjois-amerikkalainen 300 yrityksen ryhmä, joka työskentelee standardien parissa.[30.] Näiden lisäksi on Open IPTV Forum, joka perustettiin maaliskuussa 2007 pelkästään IPTV:n kehittämistä varten, ryhmän tarkoituksena on luoda "plug & play"-ratkaisu asian tiimoilta asiakkaille. [31.]

Jo jonkin aikaan kaikissa uusissa standardeissa on ruvettu ottamaan huomioon tarve reaaliaikaiselle lähetykselle internetin välityksellä. Open IPTV forum kehittää jatkuvasti uusia standardeja IPTV:n mutkattomaan käyttöönottoon.

Myös ETSI on mukana tekemässä standardeja OPEN IPTV forumin kanssa asian tiimoilla. He ovat tehneet esimerkiksi standardin MPEG-2 TS DVB-pohjaisten palveluiden lähettämiseksi IP-pohjaisissa verkossa (ETSI TS 102 034). [38.]

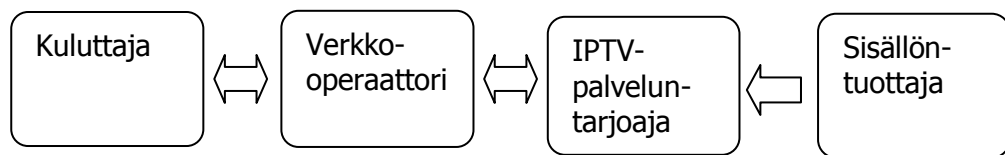
Myös viralliset internet-tahot (esim. ISOC The Internet Society) ovat huomioineet tarpeen uusia standardeja tehdessään. Esimerkiksi uusi IPv6 (Internet Protocol versio 6.), jota ollaan kovasti ottamassa käyttöön lisääntyneen internet-osoitteiden tarpeen johdosta, ottaa paremmin huomioon tarpeen ryhmälähetykselle ja RTP:lle (Real-Time Transport Protocol – RFC 3550) kuin vanha IP-versio 4. Näillä uudistuksilla päästään lähemmäksi maailmanlaajuista standardia televisiolähetyksien lähettämiseksi internetissä. [39.]

5 IPTV:n tekniset ratkaisut

Seuraavaksi käydään läpi IPTV:n teknisiä ratkaisuja, toimintaketjuja sekä jakeluverkkoja.

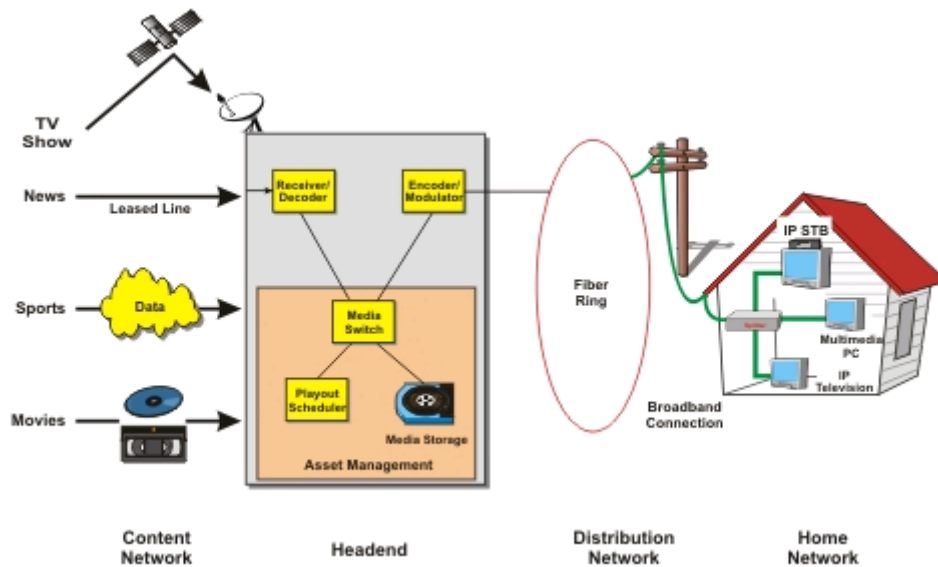
5.1 Toimijat

IPTV:n toimijakenttä (arvoketju) muodostuu kuvan 6 mukaisesti:



Kuva 6. IPTV:n toimijakenttä. [28, s. 5.]

Palveluiden käyttäjänä toimii kuluttaja, jolla on käytettävissä soveltuvat päätelaitteet vastaanottoon sekä sopimus IPTV-palveluiden käytöstä. Tiedonsiirtoyhteyden palveluntarjoajan ja kuluttajan välillä tarjoaa verkko-operaattori. Tämän hetkinen tilanne Suomessa on käytännössä se, että verkko-operaattorit Elisa (Elisa Viihde) ja Sonera (Sonera KotiTV) tarjoavat IPTV-palveluja. Maxivision toimii operaattorista riippumatta. Sisältöä palveluun tuottavat käytännössä televisio-yhtiöt, myös jossain määrin yliopistot tuottavat sisältöä. Esimerkiksi Helsingin yliopistolla on kolme omaa kanavaa, joissa voidaan lähettää suorana lähetyksenä tärkeämpiä tapahtumia. [29.]

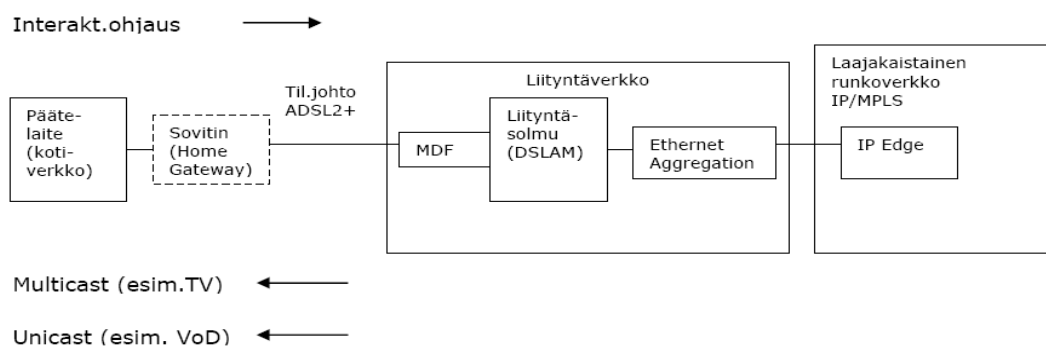


Kuva 7. IPTV:n periaatteellinen toiminnan kuvaus [27.]

Kuvassa 7 esitetään periaate IPTV:n jakelusta. Eri sisällön tuottajilta tulee tietoa, joka kootaan yhteen ja sitten lähetetään asiakkaalle eri jakeluverkkojen kautta. Jakeluverkkoja on muun muassa ADSL-verkot (Asymmetric Digital Subscriber Line) ja kaapeli-TV-verkot. Kotiverkon päässä ovat sitten laitteet, jotka purkavat tulevan tiedon oikeaan muotoon, esimerkiksi televisiolähetykset menevät televisiovastaanottimelle, josta näytetään kuvaa, kun taas data näytetään esimerkiksi tietokoneen näytöltä. [35.]

5.2 Verkon rakenne

5.2.1 Televerkkoliittymä



Kuva 8. IPTV-siirtoverkon rakenne (kiinteä televerkko) [28, s. 6.]

Kuvassa 8 on esitetty kiinteään televerkkoon rakentuvan IPTV-siirtoverkon tyypillinen rakenne [28, s.6.]

Verkon rakenneosat ovat päätelaite ja sovitin. Näiden toimintoja on mm. mediasisällön vastaanotto ja muuntaminen esitettävään muotoon, IPTV-sovellusten edellyttämät interaktiiviset ohjaustoiminnot (esim. sähköinen ohjelmaopas EPG) ja todennusmekanismit. Liityntäverkkona on johdinpari tai kuitu sekä laajakaistaliittymä ADSL tai vastaava.

Laajakaistainen liityntä- ja runkoverkko toimii puhelinkeskusten ristikytkennän jälkeen, laajakaistainen IPTV-liikenne erotetaan puhelinliikenteestä (splitter) ja ohjataan ATM (Asynchronous Transfer Mode) (DSLAM) -pohjaisiin (Digital Subscriber Line Access Multiplexer) tai nykyisin enenevässä määrin Ethernet-pohjaisiin koontiverkkoihin (Aggregation), joista liikenne tarvittaessa reititetään IP/MPLS-runkoverkkoihin.

[28, s.6.]

5.2.2 Kaapelitelevisioliittymä

Edellä on kuvattu kiinteään televerkkoon pohjautuvan IPTV-verkon rakennetta. Kiinteän televerkon sijasta siirtoverkkona voi myös toimia kaapelitelevisioverkko, jossa DOCSIS-standardeihin (Data Over Cable Service Interface Specification) (3. sukupolvi) perustuvat kaapelimodeemit ja IP Cablecom -järjestelmä tarjoavat suurikapasiteettisen siirtotien IPTV-palveluiden tarjoamiselle kaapelitelevisioverkkojen liittymiin. [28, s.6.]

Kaapeliverkoissa päästään jopa 200 Mbs:n nopeuksiin, ja paluukanavakin on jopa 10 Mbs. Perinteistä ADSL-tekniikkaa käytettäessä maksiminopeudet ovat vastaavasti 24/1 Mbs, ja tämäkin nopeus on teoreettinen maksimi, joka harvoin toteutuu.

Suomessa ja Yhdysvalloissa on kokeiltu kaapeli-tv:n sijasta myös langatonta LMDS-tekniikkaa (Local Multipoint Distribution System) paikoissa, joihin ei ole taloudellisesti järkevää vetää kaapeliverkkoa. Tekniikka mahdollistaa suuret nopeudet, lähetys rajataan soluiksi, joiden säde on noin 1–4 km. Lähettimen nopeus voi olla jopa 1 Gbit/s. Kun se jaetaan 200 käyttäjän kesken niin, kaikille tulee nopeudeksi noin 5 Mbit/s. [36.]

Suomessa kaapelitelevisio on mahdollisuus saada lähinnä kaupungeissa ja suurimmilla taajama-alueilla. Tällä hetkellä selvästi yli puolet suomalaisista katselee televisiota kaapelin kautta [37.]

5.2.3 Matkaviestinverkon liittymä

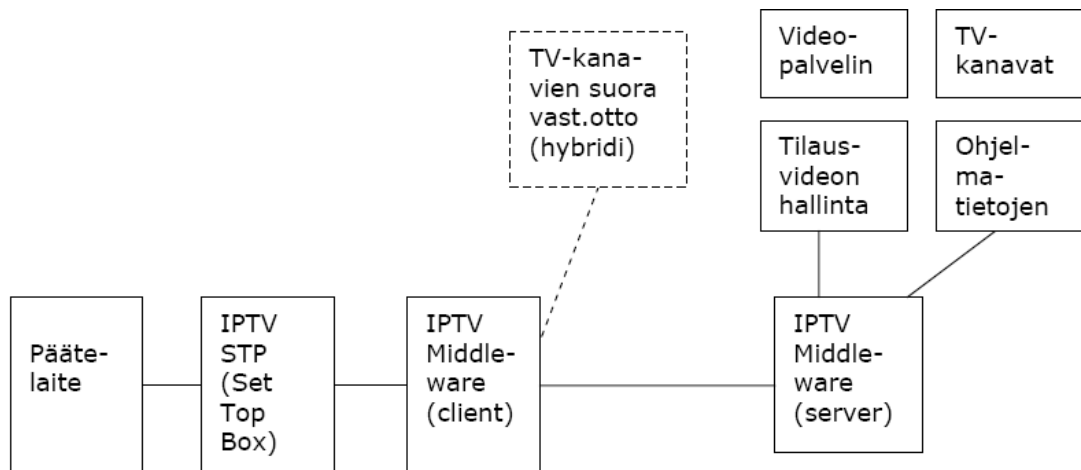
3G:n HSPA (High-Speed Packet Access) ja LTE (Long Term Evolution) sekä vastikään ITUn IMT 2000 -tuoteperheeseen hyväksytty WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) ovat suuren siirtokapasiteetin matkaviestintekniikoita, joita voidaan hyödyntää IPTV-jakeluun. [28, s.7.]

Tällä hetkellä 3G:n nopeudet vaihtelevat alueittain paljon, mihin vaikuttaa suoraan se, kuinka lähellä tukiasemaa päätelaite on. Teoreettinen nopeus on 42 Mbits, mutta palveluntarjoajat ilmoittavat nopeuden normaaliksi vaihteluväliksi 0,4–25 Mbits, joka on alimmillaan liian hidas televisiolähetysten vastaanottamiseen. [38.]

WiMax on suunniteltu kilpailemaan 3G-verkon kanssa asiakkaista haja-asutusalueilla, missä toimivan ADSL-verkon rakentaminen ei ole taloudellisesti kannattavaa. Tekniikka muistuttaa jossain määrin LMDS-tekniikka, koska siinäkin käytetään jakoa soluihin, jolloin käyttäjien määrä vaikuttaa suoraan asiakkaan saavuttamiin nopeuksiin. Suomessa on tarkoitus käyttää 3,5 GHz:n taajudella toimivaa tekniikkaa ja tällä saavutetaan noin 75 Mbps:n nopeus. Jos solun alueella ei ole liian montaa taloutta, niin tekniikalla saadaan kohtuullisen hyvin vastaanotettua televisiolähetystyksiä. [34.]

5.3 Palveluiden ohjaus

Kuvassa 10 on esitetty IPTV-palveluiden ohjaukseen sisältyvät toiminnallisuudet. Kuvan oikea puoli kuvaa palveluntarjoajan puolta ja siitä edetään kohti kotitalouksissa olevia laitteistoja.



Kuva 10. IPTV-siirtoverkon rakenne (kiinteä televerkko) [28, s. 7.]

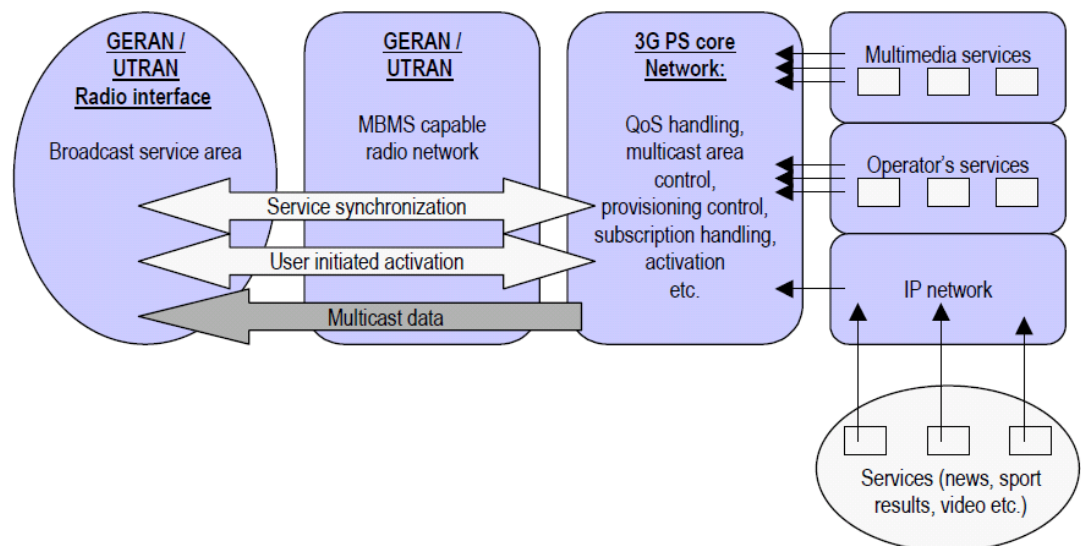
Tarvittavia toiminnallisuuksia palveluiden ohjaukseen ovat muun muassa sisältöä kuvaavaa lisäaineisto (Metadata), jonka perusteella sähköinen ohjelmaopas ja muu opastustoiminto tuottavat tarvittavat ohjaustiedot kuluttajien käyttöön. IPTV-palveluja ovat lineaarisen television keskeytysmahdollisuus (suorana verkossa tulevan lähetyksen hetkellinen pysäyttäminen, esimerkiksi puhelun ajaksi), maksulliset ohjelmat, sähköinen ohjelmaopas (EPG) sekä erilaiset videotilausmahdollisuudet ja ohjelmien tallentaminen. [28, s.7.]

Väliohjelmistoksi (middlewareiksi) kutsutaan verkon ja sovellusten väliin sijoitettavaa ohjelmistokerrosta, joka käsittää muun muassa yhteiskäyttöisiä palveluelementtejä (Service Enablers) helpottamaan uusien sovellusten lisäämistä. [28, s.7.]

IPTV-liikenteen ohjaus tapahtuu siirtoverkossa ryhmälähetystekniikkaa (multicast) ja IGMP (Internet Group Management protocol-) -ohjausprotokollaa käyttäen yleisesti TV-signaalien jakelussa. Ryhmälähetyksessä säästetään väylää lähettämällä samaa lähetettä monelle vastaanottajalle, mikä soveltuu hyvin TV-signaalien jakeluun, kun tarkoitus on saada samaa kuvaa kaikille käyttäjille. Täsmälähetystekniikkaa (unicast) ja RTSP-ohjausprotokollaa (Real Time Streaming Protocol) käytetään kuluttajakohtaisissa palveluissa, kun tarkoitus on saada yhdelle vastaanottajalle hänen tilaamansa palvelu, kuten VoD-(Video on Demand), NPVR-(Network-based Personal Video Recorder) ja NTS (Network-based Time Shifting) -palveluissa. [28, s.7–8.]

Ohjaustoiminnot voi jakaa kahteen osaan, käyttäjien kytkemiseen ryhmälähetys-jakeluun ja ryhmälähetys-liikenteen ohjaukseen. Jotta käyttäjät voidaan kytkeä IPTV-ryhmälähetys puuhun, vaaditaan muun muassa käyttäjän todentamista ja käyttöoikeuksien tarkistusta. Tämä voidaan toteuttaa joko käyttäjä tunnuksilla ja salasanoilla tai vaihtoehtoisesti laitteiston tunnistamisella (media access control – osoite; mac-osoite), joka on aina laitekohtainen. Varsinainen datavirran ohjaus tapahtuu käyttäen IP-osoitteita. Verkon turvallisuus-, hallinta- ja laatuominaisuudet saadaan selkeytettyä käyttämällä ryhmälähetysten kiinteitä VPN (Virtual Private Network) -yhteyksiä.

MBMS (Multimedia Broadcast/Multicast Service) -toiminnallisuus, jota ohjataan BMSC (Broadcast Multicast-Service Centre) -palvelimelta, on määritelty kolmannen sukupolven (3 G) matkaviestinverkolle (3 GPP Release 6) ryhmälähetystoimintaa varten, joka on esitelty kuvassa 11. [28, s.8.]



Kuva 11. MBMS-toiminnan periaate ryhmälähetystoiminnassa [41.]

Vain palvelun käynnistäneelle käyttäjälle ohjataan videosisältö palvelimelta (Streaming Media Server) käyttäen RTSP-protokollaa. On-Demand -palveluissa tarvittavia toimintoja (ohjaussanomioita) ovat muun muassa "asetus", "toista", "keskeytä" ja "nauhoita".

Matkaviestinverkkoihin on määritelty RTSP-protokollaan perustuvat spesifikaatiot täsmälähetysmuotoiselle suoratoistopalveluiden (streaming) siirrolle, jolla käyttäjä voi esimerkiksi ohjata tilaamaansa ohjelmaa ohjaussanomilla. [28, s. 8.]

6 IPTV:n lupa- ja viranomaisuusvaatimukset

6.1 Toimilupakysymykset ja muut vaatimukset

Kiinteissä IPTV-verkoissa ei vaadita IPTV-palveluiden tarjontaan toimilupaa, mutta jos kyseessä on yleinen IP-pohjainen joukkoviestintäverkko, joka käyttää vapaasti eteneviä radioaaltoja, tarvitaan toimilupa, tämä tulee laista televisio- ja radiotoiminnassa 744/1998. IPTV-verkoissa tarjottavat telepalvelut edellyttävät teletoimintailmoitusta. [28, s.8.]

Televisiomaksu

Televisiomaksu on maksettava, mikäli taloudessa on mahdollisuus vastaanottaa televisiolähetysksiä, oli sitten kysymys kotimaisesta tai ulkomaisesta signaalista, ilmaitse rajan takaa tai satelliitin kautta toiselta puolelta maapalloa. Tämä tietysti edellyttää, että taloudessa on oltava jokin laite, jolla voidaan katsoa lähetettyä signaalia. Mikäli taloudessa ei ole tällaista laitetta eikä siten mahdollisuutta vastaanottaa lähetyssignaalia, televisiomaksua ei tarvitse maksaa.

Viestintävirasto antoi 13.8.2007 tiedotteen TV-maksuvelvollisuudesta digiaikana: "Hallituksen esityksessä eduskunnalle televisio- ja radiotoimintaa koskevaiksi lainsäädännöksi (34/1998) todetaan lain rakentuvan television ja sen käyttämisen käsitteiden varaan siten, että television käyttäminen luo käyttäjälle erityisen veloitteen maksaa televisiolähetysten vastaanottamisesta. Televisioksi tulkitaan laite tai laiteyhdistelmä, jolla voidaan vastaanottaa ja seurata televisiolähetysksiä.

Hallituksen esityksessä tällaisen laitteen todetaan olevan perinteisen televisiovastaanottimen lisäksi esimerkiksi mikrotietokone, jossa on erityinen televisiokortti. Esityksessä todetaan lisäksi nimenomaisesti, ettei television määritelmä sulje pois tulevaisuudessa tapahtuvaa kehitystä, joka voidaan ottaa lain tulkinnassa joustavasti huomioon". [28, s.10.]

Helsingin Sanomat uutisoi 27.4.2011 verkkolehdessään siitä, että tv-lupatarkastajat ovat nykyisin alkaneet tarkistuskohteissa kysellä mahdollisesta television katselemisesta laajakaistan kautta johtuen yleistymään päin olevasta IPTV:n mahdollisuudesta.

Verkon tietoturva

Jotta verkko välttyisi mahdollisilta uhkatekijöiltä, muun muassa sisältöjen ja verkon resurssien tuhoamiselta, informaation pilaamiselta tai anastamiselta sekä palvelutarjonnan estämiseltä, niin käytettävän verkon tietoturvan on oltava kunnossa. IPTV:ltä edellytetään uhkien tunnistamista ja suojautumismekanismien käyttöä verkon ja palvelujärjestelmän eri tasoilla. Viestintäviraston määräys 13 ”Internet-yhteyspalvelujen tietoturvasta ja toimivuudesta” [42] käsittelee internetin tietoturvaa.

Hätäliikenne

IPTV mahdollistaa uusia multimediamahdollisuuksia hätä- ja varoitustietojen välittämiseen. Ryhmälähetysominaisuus mahdollistaa viestien kohdistamisen tietyille käyttäjäryhmille (aluevaroitus). Koska IPTV:ssä on mahdollisuus vuorovaikutteisuuden käyttöön, voidaan paluukanavan avulla hoitaa viestintää. Hätäviestintä edellyttää IPTV:ltä kykyä toteuttaa hätäsanomille etuoikeus verkkoon ja sen palveluihin pääsyssä sekä verkon resurssien käytössä. Tällä hetkellä viranomaistiedotukset on mahdollista laittaa nauhana pyörimään kuvaruudulle ja lisätä ääni menossa olevaan ohjelmaan. [28, s.12.]

Sisällön suojaus ja salaaminen

Käytön suojauksen on tarkoitus varmistaa, että käyttäjä voi käyttää ja katsella vain sellaisia palveluita ja ohjelmia, joihin hänellä on annettu oikeus palveluntarjoajalta. Suojausten toteutus voidaan tehdä sisällön salauksella ja päätelaitteeseen sijoitetulla salauksen purkavalla kortilla tai ohjelmiston avulla ilman erillistä korttia. Vaatimus liittyy Viestintäviraston määräykseen 35 ”Televisiovastaanottimien, suojaustenpurkujärjestelmien ja laajakuva-televisioverkkojen teknisistä ominaisuuksista”.

Käyttöoikeuksien hallinnalla on tarkoitus estää sisällön väärinkäyttöä mm. sisältöön puuttumista, sisällön korvausta toisella sisällöllä, sisällön laitonta katselua, sisällön hankintaa ilman oikeutta (lataaminen internetpalveluiden kautta eli piratismi) ja sisällön oikeudetonta kopiointia.

6.2 Palveluiden laatu ja verkonhallinta

IPTV-palvelun tulee olla laadultaan riittävän hyvää ja verkonhallinta pitää toteuttaa siten, että käyttö ja ylläpito on mahdollista toteuttaa Viestintäviraston määräysten mukaisesti. [28, s.13.]

Annetut vaatimukset edellyttävät IPTV-verkolta muun muassa, että

- suunnittelu ja toteutus pitää tehdä siten, että standardeissa annetut QoS ja QoE suorituskykyarvot saavutetaan
- laadun seuranta pitää olla mahdollista mittauksin ja laatuäkökohdat tulee olla otettu huomioon verkko-operaattoreiden ja palvelun tarjoajien välisissä sopimuksissa
- resursseja pitää olla mahdollisuus ohjata palveluiden laatuvaatimusten mukaisesti koko siirtoverkossa
- viankorjauksessa, muutosten toteuttamisessa ja muiden toimijoiden tiedottamisessa tulee toimia Viestintäviraston määräyksen 50 "Verkonhallinta" asettamien vaatimusten mukaisesti. Vaatimus liittyy Viestintäviraston määräyksiin 29 "Viestintäverkkojen ja -palveluiden suorituskyvystä" ja 50 "Viestintäverkkojen ja -palveluiden verkon -hallinnasta". [28, s.13.]

6.3 Veloitus

IPTV-verkossa on mahdollista tarjota kertaluontoisia palveluita, kuten "MoD" (Music On Demand, esim. konsertin kuuntelu) tai "Pay per View" (tietyn nyrkkeilyottelun katsominen), jotka veloitetaan käytön mukaan.

IPTV-verkkojen veloitusmekanismeilta edellytetään mm. seuraavaa:

- Veloituksen tulee olla oikein ja sen tulee olla luotettava.
- Laskituksen pitää olla oikein.
- Veloituksen pitää toimia toimijarajapintojen yli.
- Palveluiden hintatietojen pitää olla helposti saatavilla ennen käyttöä. [28, s.13.]

7 IPTV:n käyttö kuluttajille

7.1 Palveluntarjoajat

IPTV:tä tarjoaa kolme isompaa palveluntarjoajaa, jotka kilpailevat perinteisen televisiolähetysten kanssa. Nämä ovat Elisa Viihdepalvelu, Maxinetin Maxivision sekä Soneran Koti TV-palvelu. Joillakin pienemmällä paikkakunnilla myös osa Finnet-yhtiöistä tarjoaa IPTV-palveluita Lumotv-brändillä.

Täysveristen IPTV-palveluiden lisäksi on kaksi varsin samankaltaista palveluntarjoajaa, jotka toimivat ikään kuin virtuaalisena digiboksina verkossa. Nettiboksi ja TVkaista eivät tarvitse ollenkaan lisälaitteita toimiakseen vaan toimivat täysin verkossa. Palveluissa on kaksi olennaista eroa muihin, suoraa tv-lähetystä ei voi katsoa, eikä tallennettavaa ohjelmaa tarvitse erikseen valita vaan kaikki ohjelmat ”nauhoitetaan” jälkikäteen katsomista varten. Nämä palvelut eivät tarjoa kuin ilmaiskanavat eikä maksullisia kanavia siten ole tarjolla.

Palvelut tallentavat automaattisesti neljän viikon ohjelmat, mutta jos käyttäjä haluaa säilyttää ohjelmaa pidemmän aikaa, hän voi tallentaa sen omalle koneelleen. Etuna palveluissa on se, ettei tarvitse muistaa valita tallennettavia ohjelmia eikä välittää myöhässä olevista alkamisajoista jolloin, mahdollisesti menettää ohjelman lopun.

Kyseiset palvelut ovat tekijäoikeudellisesti hankalia, johtuen siitä, että ohjelmat tallennetaan palveluntarjoajan palvelinfarmeille, eikä kotitalouksien omille laitteille.

7.2 Hyödyt ja haitat

IPTV on hyvä vaihtoehto niihin kotitalouksiin, joilla on ongelmia perinteisen digi-tv-signaalin vastaanottamisen kanssa, mikä aiheuttaa kuvan pätkimistä ja ohjelmien näkymistä. Haittapuolena on tietenkin lisääntyvä laitteiden määrä, tulee yksi laatikko lisää jo mahdollisten dvd-soittimen, digi-boksin ja viritin-vahvistimen lisäksi. Tietenkin jos luottaa tietoliikenneverkon toimintaan täysin, on mahdollista luopua digiboksista kokonaan.

Varsinaisen mahdollisen kuvanlaadun parantumisen lisäksi hyötynä tulee selvästi suurempi kanavien määrä. Antenni- ja kaapeliverkossa, jossa kaikkia kanavia lähetetään samanaikaisesti, käytössä olevia taajuuksia eli kanavapaikkoja on vain rajoitetusti. Internetissä vastaavaa ongelmaa ei ole, sillä lähetyksiä ei suunnata koko internetille, vaan suoraan yksittäisille käyttäjille.

Kanavien saatavuus on myös IPTV-palvelussa tehty kuluttajaystävällisemmäksi, kun ei tarvitse välttämättä ottaa kanavapakettia, niin kuin yleensä perinteisissä tv-palveluissa, vaan on mahdollista valita listalta juuri se kanava, joka itseään kiinnostaa. Vaikkakin tekniikkaa mahdollistaa yksittäisten kanavien myymisen, niin isommat palvelun tarjoajat Elisa ja Sonera yleensä ottaen haluavat myydä kanavat paketteina, mikä on sinänsä harmi, jos paketissa on monia "ylimääräisiä" kanavia, joista sitten maksaa turhaan. Maxinet tarjoaa enemmän yksittäisiä kanavia valittavaksi, tosin sekin vain noin puolet kanavatarjonnasta. Tekniikasta ei siis oteta vielä kaikkea hyötyä kuluttajan kannalta irti. Tietenkin tässäkin pitää muistaa, että kyseessä on kaupallinen palvelu, jolla koetetaan saavuttaa taloudellista hyötyä palvelun tarjoajille.

Parhaat palvelut antavat mahdollisuuden tallentaa tuhansia tunteja ohjelmaa katsottavaksi silloin kun se itselle sopii. Tämä ratkaisee monilta sen ongelman, että joutuisi poistamaan ohjelmia perinteisen tallentavan digiboksin kiintolevyiltä ennen kuin on ehtinyt katsomaan ohjelman vapauttaakseen tilaa mahdollisesti tärkeämmän ohjelman tieltä. Etuna on myös mahdollisen laiterikon tullessa se, ettei menetä tallenteita, kun ne ovat palvelun tarjoajien palvelinfarmeilla, jotka ovat varmempia kuin kotiloissa olevat laitteet. Palvelinfarmeilla ei tule niin helposti tilaongelmia, kun jokaiselle käyttäjälle ei tallenneta omaa ohjelmaa, vaan yksi tallenne lähetetään verkon kautta pyydettäessä kaikille katsojille erikseen.

Elisa Viihde -palvelu tarjoaa käyttäjille noin kymmenkertaisen määrän tallennustilaa verrattuna perinteiseen tallentavaan digiboksiin. Tallennuksiin on käytettävissä viisi teratavua, mikä vastaa ajassa noin 2500:aa tallennustuntia, yli kolmen kuukauden edestä katsottavaa. Soneran koti TV -palvelu tarjoaa vielä enemmän tallennustilaa, 3000 tuntia, eli yli neljän kuukauden edestä.

Normaaliin tallentavaan digiboksiin nähden saadaan etua myös tallennettavien kanavien määrässä. Tallentavan digiboksin tallennettavien kanavien määrä yleensä rajoittuu virittimien määrän mukaan, jolloin nauhoitettavien kanavien määrä on yleensä 2–4 kanavaa, kun taas IPTV-palvelussa on teoriassa mahdollisuus tallentaa vaikka kaikkia kanavia yhtä aikaa. Haittana on se, ettei kaikkia maksullisia kanavia ole tekijäoikeuksien vuoksi mahdollista tallentaa.

Internetin avulla saadaan hyötyjä, mutta sillä on myös haittansa. Haitat tulevat esiin valitettavista usein samalla alueella kuin digi-tv-lähetysten ongelmat, eli haja-asutusalueilla. Ongelmia aiheuttavat etäisyydet puhelinjakokeskuksilta, mikä vaikuttaa suoraan internetliittymän nopeuteen. Vaikka operaattorit lupaavat palvelun toimivan alkaen 2 Mbit:n liittymänopeudella, suositus olisi vähintään 8 Mbit:n nopeudella toimiva liittymä varsinkin, kun ollaan siirtymässä teräväpiirtoaikakauteen, joka lisää siirrettävän tiedon määrää.

Lisähaittana on mahdollinen verkkojohdon vetäminen reitittimeltä olohuoneeseen vanhemmissa talouksissa, joita ei ole verkkokaapeloitu silmällä pitäen mahdollista verkon tarvetta olohuoneessa. Tähän ongelmaan ovat avuksi laitteet, jotka mahdollistavat tiedon siirtämisen olevassa olevaa sähköverkkoa pitkin.

8 IPTV:n tulevaisuus ja jatkokehitys

Verkkojen kehitys- ja standardointityö tapahtuu pitkälti toimialakohtaisissa organisaatioissa (televisiotoiminto, kaapelitelevisio, matkaviestintäverkot, kiinteät televerkot, internet) kunkin toimialan omista lähtökohdista, kuitenkin eri tekniikoiden lähentyminen keskenään on edesauttanut yhteistyön tiivistymistä järjestöjen välillä viime aikoina. Seuraavassa tarkastellaan IPTV-kehitystä ja standardointia internetissä, laajakaistaliittymissä ja kotiverkossa.

8.1 Internet

Internet-tekniikan spesifikaation laatimiset hoitaa IETF (Internet Engineering Task Force). Standardointijärjestöjen kesken on sovittu, että internet-spesifikaatioihin pohjautuvat IPTV-ominaisuudet hyväksytään täydennyksinä internetin perusspesifikaatioihin (profiilit) IETF:ssä. [27, s.15.]

Internetin videolähetysominaisuudet kehittyvät ja tähtäävät laajakaistaisten videopalveluiden jakeluun. [28, s.15.]

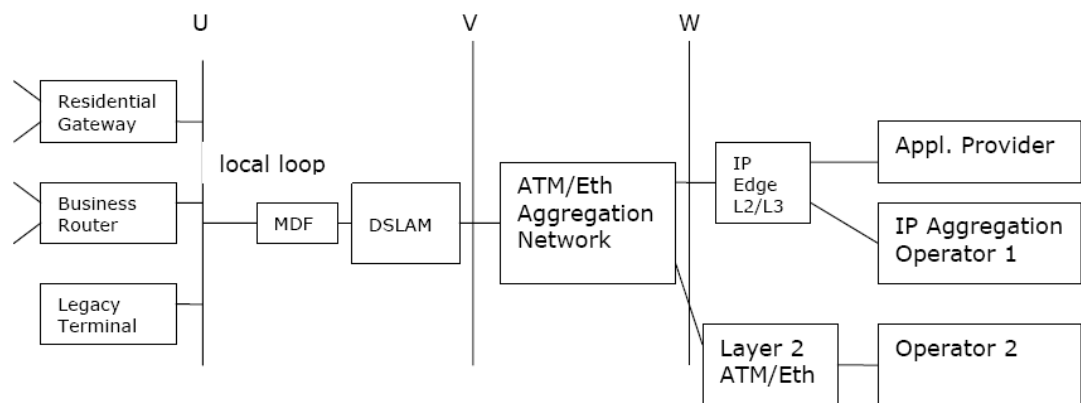
8.2 Laajakaistaliittymät

Laajakaistaisten xDSL-järjestelmien ja optisten tilaajajohtojen standardit laatii ITU-T SG 15. Uusimpana standardina ryhmä on käynnistänyt VDSL-suosituksen, joka on optimoitu IPTV-palveluiden siirtoon DSL:n välityksellä. VDSL ja ADSL2+ -tekniikoihin verrattuna uusi suositus sisältää parannuksia käyttäjän kokemaan IPTV-palveluiden laatuun ja kohdistuu erityisesti HDTV:n datanopeuksille (>20 Mbps). [28, s.15.]

Ethernet-tekniikan standardoinnista vastaa taas IEEE (The Institute of Electrical and Electronics). Nykyään Ethernet-tekniikka on suunniteltu käytettävän yhä laajemmin paikallisverkkojen ohella myös runkoverkoissa, mikä on johtanut siihen, että Ethernet-pohjaisia spesifikaatioita on laadittavana myös muissa järjestöissä, muun muassa. ITU:ssa ns. Carrier-Class Ethernet. Ethernetin siirtonopeudet ovat kasvaneet.

Uusimpana tulokkaana on standardoitu 100 Gbit/s Ethernetissä (100GbE) optisessa kuidussa. [28, s.15–16.]

DSL-Forum käsittelee standardoimiensa laajakaistaisten liittymäverkkojen käyttöä IPTV:hen. DSL-foorumin uudessa spesifikaatiossa TR-144 "Broadband Multi-Service Architecture & Framework Requirements" (kuva 12) on otettu huomioon IPTV:n laajakaistaliityntäverkolle asettamat vaatimukset nopeuden ja toimivuuden osalta. [28, s.16.]



Kuva 12. DSL-foorumin malli ja rajapinnat laajakaistaiselle liittymä- ja alueverkolle, joka tukee IPTV:tä [28, s. 16.]

Alueverkolla tarkoitetaan käytössä olevaa runkoverkkoa, esimerkiksi valokuitua, joka tuodaan keskeiselle paikalle uutta asutusaluetta tai pelkästään uuteen kerrostaloon. Tästä paikasta lähtee asuntoihin liittymäverkot, jotka voivat olla vaikka valokuidulla toteutettuja huippunopeita yhteyksiä tai perinteisempiä ADSL-yhteyksiä. Kuvan oikeassa laidassa ovat palveluntuottajat sekä operaattorit, jotka toimittavat datan alueverkkoa pitkin kytkimille, joista se jatkaa matkaa liittymäverkkoina kohti loppukäyttäjiä.

8.3 Open IPTV Forum

Open IPTV perustettiin maaliskuussa 2007, ja sen tavoitteena on nopeuttaa alan kehitystä laatimalla spesifikaatioita päästä päähän ulottuvaan IPTV-järjestelmien toteuttamiseen. Spesifioinnissa pyritään siihen, että järjestelmien käyttö on asiakkaille

helppoa (plug and play). Forum on ilmoittanut tavoitteekseen täydentää jo toiminnassa olevien muiden järjestöjen spesifikaatioita siten, että yhteensopivien tuotteiden kehittäminen voi käynnistyä nopeasti.

Forum ei ole mitenkään rajannut yhtään yritystä ulos, vaan se on avoinna kaikille yrityksille. Suurimpana tavoitteena on yhtenäistää ja jouduttaa alan kehitystä siten, että IPTV-palveluketjun eri osapuolet voivat spesifikaatioiden ansiosta kehittää omat osuutensa kokonaisuuteen.

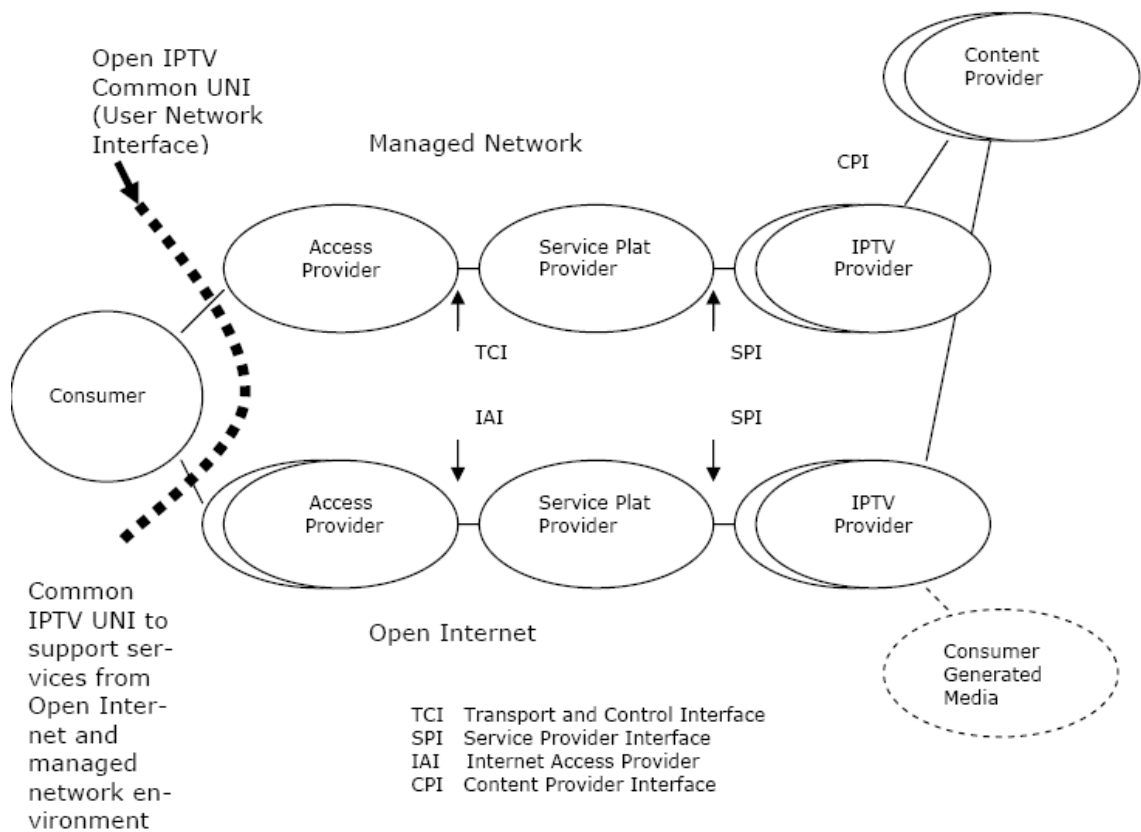
Syksyllä 2007 julkaistiin ensimmäinen versio palvelu- ja järjestelmälustan vaatimuksista "Open IPTV Forum Service and platform requirements" sekä palveluita ja toimintoja käsittelevä spesifikaatio "Open IPTV Forum Service and Functions for Release 1". Seuraavaksi julkaistiin dokumentti "Open IPTV Forum- Functional Architecture –v 1.1" tammikuussa 2008. [28, s.18.]

Open IPTV Forum jakaa toiminta-alueen seuraaviin osa alueisiin:

- Kuluttajan hallinnoima alue (Consumer domain) on toiminta-alue, jossa IPTV-palvelut käsittää päätelaitteet ja laitteet, joilla liitytään verkkoon. Kuluttajan laite voi liittyä kiinteään verkkoon tai matkaviestinverkkoon.
- Verkko-operaattorin hallinnoima alue (Network Provider domain) on toiminta-alue, joka kytkee kuluttajalaitteet palveluiden ohjaukseen ja sisältöpalveluihin. Alue käsittää liittymäverkot ja runkoverkot. Verkoissa voi olla käytössä toisistaan poikkeavaa siirtoteknologiaa. Verkko välittää sisällön kuluttajille muuttumattomana, laatuominaisuudet säilyttäen, eli se ei muuta alkuperäistä sisältöä mitenkään.
- Palveluohjausoperaattorin hallinnoima alue (Platform Provider domain) käsittää palveluiden ohjaukseen tarvittavat toiminnot kuten käyttäjien tunnustautuminen, todentaminen sekä veloituksen. Toiminnot mahdollistavat asiakaskohtaisten sovellusten toteuttamisen.
- IPTV-palvelutarjoajan hallinnoima alue (IPTV Service Provider domain) käsittää IPTV-palveluiden tuottamisen kuluttajille. IPTV-palvelun tarjoaja hankkii oikeudet sisällön jakamiseen ja paketoit sisällön kuluttajille tarjottaviksi tuotteiksi.

- Sisällöntuottajan hallinnoima alue (Content Provider Domain) käsittää varsinaisen sisällön tuotannon. Sisältö jaetaan IPTV-palveluntarjoajan kautta. Sisällön käyttöoikeus voi edellyttää loogisen tason yhteyttä sisällön tuottajalta suoraan kuluttajalle. [28, s.18.]

Kuvassa 6 olleeseen toimijakenttään verrattuna Open IPTV Forum erottaa IPTV-palvelun tarjoajan ja palveluiden ohjausalustan omiksi alueikseen (kuva 13).



Kuva 13. Open IPTV Forum:n spesifikoitikohteet [28, s. 19.]

Kuvan 13 on tarkoitus selventää Open IPTV:n mallia siitä, että asiakkaalle voidaan myös lähettää vapaasti internetin kautta muiden käyttäjien tekemää sisältöä. Open Forum sisällyttää spesifiointiinsa palveluiden jakelun kuluttajille sekä hallitun verkon (ns. Managed Model, esim. teleoperaattorin verkko) että hallitsemattoman verkon (ns. Unmanaged Model, esim. avoin internet) välityksellä, kun taas muiden järjestöjen malliin se ei kuulu. Tästä johtuen malli on laajempi ja sisältää internetin kautta saatavilla olevan sisällön välittämisen kuluttajille. [28, s.19.]

8.4 Kotiverkot

Yhteen toimivuuden varmistamiseksi DLNA (Digital Living Network Alliance) laatii ohjeita eri valmistajien laitteille. Lähtökohtana ovat erilaisten käyttötilanteiden kuvakset. DLNA hoitaa myös laitteiden testausta. Kun testauksen on läpäissyt, myönnetään laitteelle sertifikaatti. DLNA perustaa työnsä muiden organisaatioiden spesifikaatioihin, muun muassa. UPnP:hin (Universal Plug and Play), Bluetoothiin ja MPEG4:ään. [43.]

UPnP on kotielektroniikan valmistajien yhteenliittymä, jonka tavoitteena on kulutuselektroniikan laitteiden yhteen liittämisen helpottaminen.

Kotiverkossa käytettävien laitteiden välisiä eri liitännöitä ovat IP-pohjaiset (100BASE-TX, 1000BASE-T ja WLAN [Wireless Local Area Network]), muut (Firewire ja USB [Universal Serial Bus]) ja etäpäätteille käytettävät USB, Firewire, Bluetooth ja IR (infrared).

9 Pohdintaa

Työtä tehdessä huomasin sen, että käsitellyistä asioista oli yllättävän vaikea löytää painettua tietoa. Ja jos sellaista löytyi, niin se alkoi olla jo vanhaa tietoa.

Muutenkin TV-tekniikka on murrosvaiheessa, laitteisto kehittyy hurjaa vauhtia. Tämä taas aiheuttaa kuluttajille harmia johtuen siitä, että tänään ostettu laite ei olekaan välttämättä riittävä puolen vuoden päästä. Myös itse tekniikka hakee tällä hetkellä suuntaa.

Yksi vaihtoehto saattaa olla televisiolähetysten siirtäminen osaksi tietoliikenneverkkoa. Yksi mahdollinen este tällä asialle on kotitalouksien kaapelointi. Koska vanhemmissa asunnoissa ei ole rakennettu tietoliikenne kaapelointeja, yhteydet ovat liian hitaat. Tämän asian korjaaminen toisi isoja lisäkustannuksia moniin asuntoihin. Tietenkin näitä kiinteistöjä varten on myös kehitteillä langattomia tekniikoita, mikä voisi olla ratkaisu tähän ongelmaan.

Johtuen teknologian kovasta kehitysnopeudesta saattaa jo muutaman vuoden kuluttua tässä insinööriyössä käsitellyt asiat olla kehittyneet entisestään ja mahdollinen suunta löytynyt. Oma näkemykseni asiaa tutkiessani ja tietoa etsiessäni on se, että molemmille tekniikoille löytyy käyttäjänsä. Muutos nopeasti kehittyvissä länsimaissa voikin tapahtua pikaisesti, ja siirtyminen käyttämään täysin tietoliikenneverkkoja on mahdollista, kun taas köyhemmissä maissa muutos saattaa kestää todella pitkään.

Lähteet

- 1 Televisio. Verkkodokumentti. <<http://fi.wikipedia.org/wiki/Televisio>>. Päivitetty 2.5.2009. Luettu 21.11.2006.
- 2 The Invention of television: television timeline 1812 – 1923. Verkkodokumentti. <<http://www.teletronic.co.uk/televisiontimeline.htm>>. Luettu 20.1.2011.
- 3 Pessari Pentti, Näköradiosta digitelevisioon. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy, 2000
- 4 The invention of television: The early pioneers. Verkkodokumentti. <<http://www.teletronic.co.uk/pioneers.htm>>. Luettu 25.1.2011.
- 5 How television works. Verkkodokumentti.
- 6 <<http://electronics.howstuffworks.com/tv4.htm>>. Luettu 14.7.2011.
- 7 Componets of a television system. Verkkodokumentti. <http://www.enotes.com/topic/Analog_television>. Luettu 14.7.2011.
- 8 Secam system: spectrum allocations for television channels. Verkkodokumentti. <<http://www.britannica.com/EBchecked/media/60164/Spectrum-allocations-for-television-channels-in-the-NTSC-PAL-and>>. Luettu 14.7.2011.
- 9 The color pioneers, local television station with early live color capability. Verkkodokumentti. <<http://inventors.about.com/gi/dynamic/offsite.htm?site=http://novia.net/~ereitan/index.html>>. Luettu 25.1.2011.
- 10 How plasma TV works. Verkkodokumentti. <<http://www.tech-faq.com/how-plasma-tv-works.html>>. Luettu 14.7.2011.
- 11 How an LCD TV work. Verkkodokumentti. <<http://www.tech-faq.com/how-an-lcd-tv-works.html>>. Luettu 14.7.2011.
- 12 DVB. Verkkodokumentti. <http://www.dvb.org/about_dvb/history/>. Luettu 21.11.2006.
- 13 Yhteisantenni opas 2004. Verkkodokumentti. <http://www.sant.fi/doc/ohjeet_ja_rapot/ohjeet/Yhteisantenniopas.pdf>. Luettu 12.7.2011.
- 14 Televisio. Verkkodokumentti <http://www.digita.fi/digita_dokumentti.asp?path=1840;1852;7462>. Luettu 30.3.2011.
- 15 DVB-T. Verkkodokumentti. <http://www.dvb.org/technology/fact_sheets/>. Luettu 12.07.2011.

- 16 DVB-T2. Verkkodokumentti. < http://www.dvb.org/technology/fact_sheets/ >. Luettu 12.07.2011.
- 17 DVB-T2. Verkkodokumentti. <<http://fi.wikipedia.org/wiki/DVB-T2>>. Luettu 10.7.2011.]
- 18 HD eli teräväpiirto. Verkkodokumentti. <<http://avoiny.fi/www/fi/FAQ/HD.php>>. Luettu 10.7.2011.
- 19 BBC begins DVB-T2 test transmissions in preparation for HD on Freeview. Verkkodokumentti. <http://www.bbc.co.uk/pressoffice/pressreleases/stories/2008/06_june/27/hd.shtml >. Luettu 10.7.2011.
- 20 DVB-C. Verkkodokumentti. < http://www.dvb.org/technology/fact_sheets/ >. Luettu 21.11.2006.
- 21 DVB-C2. Verkkodokumentti. < http://www.dvb.org/technology/fact_sheets/>. Luettu 21.11.2006.
- 22 DVB-C2. Verkkodokumentti. <<http://en.wikipedia.org/wiki/DVB-T2>>. Luettu 10.7.2011.
- 23 DVB-C2 im Berliner Kabelnetz getestet. Verkkodokumentti. <<http://www.heise.de/newsticker/meldung/DVB-C2-im-Berliner-Kabelnetz-getestet-1074479.html>>. Luettu 10.7.2011.
- 24 DVB-S. Verkkodokumentti. < http://www.dvb.org/technology/fact_sheets/ >. Luettu 22.11.2006.
- 25 DVB-S2. Verkkodokumentti. < http://www.dvb.org/technology/fact_sheets/ >. Luettu 22.11.2006.
- 26 DVB-S2 ready to lift off. Verkkodokumentti. <http://tech.ebu.ch/docs/techreview/trev_300-morello.pdf>. Luettu 10.7.2011
- 27 DVB-H. Verkkodokumentti. < http://www.dvb.org/technology/fact_sheets/ >. Luettu 25.11.2006.
- 28 IPTV. Verkkodokumentti. <<http://en.wikipedia.org/wiki/IPTV> Päivitetty 1.5.2009>. Luettu 29.4.2009.
- 29 IPTV-standardointi ja –kehitystilanne. Verkkodokumentti.). Viestintävirasto. <<http://www.ficora.fi/attachments/suomiry/5wVjAqUI9/TRaportti022008.pdf>>. Julkaistu 8.4.2008. Luettu 29.4.2009.
- 30 IPTV:n lähitulevaisuus. Verkkodokumentti. <http://www.lvm.fi/c/document_library/get_file?folderId=1551284&name=DLFE-11719.pdf&title=Julkaisu%201-2011>. Luettu 13.7.2011.

- 31 atis, news release Verkkodokumentti.
<<http://www.atis.org/PRESS/pressreleases2009/041709.htm>>. Luettu 14.7.2011.
- 32 Internet Protocol TV, Broadcast to Broadband – Open standards for IPTV. Verkkodokumentti. <http://www.dvb.org/technology/fact_sheets/DVB-IPTV_Factsheet.pdf>. Luettu 14.7.2011.
- 33 Digital Video Broadcasting (DVB); Transport of MPEG-2 TS Based DVB Services over IP Based Networks. Verkkodokumentti.
<http://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/102000_102099/102034/01.04.01_60/ts_102034v010401p.pdf>. Luettu 14.7.2011.
- 34 Applications that Benefit from IPv6. Verkkodokumentti.
<http://www.isoc.org/isoc/conferences/inet/09/docs/applications-IPv6_20090720.pdf>. Luettu 14.7.2011.
- 35 IPTV:n mahdollisuudet. Verkkodokumentti.
<http://www.maxisat.fi/UserFiles/maxisat/File/pdf/Foorumi_IPTVnmahdollisuudet.pdf>. Luettu 13.7.2011.
- 36 Internet protocol television – IPTV. Verkkodokumentti.
<http://www.iptvdictionary.com/iptv_dictionary_IPTV_definition.html>. Luettu 13.7.2011.
- 37 LMDS digitaalitelevisio- ja solukkopohjainen laajakaistaverkko. Verkkodokumentti.
<http://www.tietokone.fi/lehti/tietokone_4b_1999/lmds_digitaalitelevisio_ja_solukkopohjainen_laajakaistaverkko_6894>. Luettu 13.7.2011.
- 38 Cable. Verkkodokumentti.
<http://www.kaapelitelevisio.fi/alltypes.asp?menu_id=415&menupath=429,412,415#415>. Luettu 13.7.2011.]
- 39 DNA liikkuva laajakaista. Verkkodokumentti.
<<http://www.dna.fi/Yksityisille/liikkuvalaajakaista/Sivut/Default.aspx>>. Luettu 13.7.2011.
- 40 WiMax tietoa. Verkkodokumentti. <<http://www.wimax.fi/tietoa.php>>. Luettu 13.7.2011.
- 41 Digitaalisen television soveltuvuus tietoyhteiskunnan tarpeisiin, case Kuopion kaapelitelevisio Oy. Verkkodokumentti.
<<http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/35783/nbnfi-fe20021557.pdf?sequence=1>>. Luettu 13.7.2011.
- 42 Mobile Broadcast / Multicast Service (MBMS). Verkkodokumentti.
<<http://www.medialab.sonera.fi/workspace/MBMSWhitePaper.pdf>>. Luettu 13.7.2011.

- 43 Teletoimintamääräykset. Verkkodokumentti.
<<http://www.ficora.fi/index/saadokset/maaraykset/teletoiminta.html>> Luettu 25.1.2011.]
- 44 Yhteisantenni opas 2004. Verkkodokumentti.
<http://www.sant.fi/doc/ohjeet_ja_rapot/ohjeet/Yhteisantenniopas.pdf>. Luettu 12.7.2011.
- 45 About DLNA. Verkkodokumentti. <http://www.dlna.org/about_us/about/>. Luettu 3.4.2011.
- 46 DVB-C2 im Berliner Kabelnetz getestet. Verkkodokumentti.
<<http://www.heise.de/newsticker/meldung/DVB-C2-im-Berliner-Kabelnetz-getestet-1074479.html>>. Luettu 10.7.2011.
- 47 DVB-S2 ready to lift off. Verkkodokumentti.
<http://tech.ebu.ch/docs/techreview/trev_300-morello.pdf>. Luettu 10.7.2011.
- 48 IPTV:n lähitulevaisuus. Verkkodokumentti.
<http://www.lvm.fi/c/document_library/get_file?folderId=1551284&name=DLFE-11719.pdf&title=Julkaisu%201-2011>. Luettu 13.7.2011.