
IPTV TUOTANNON NÄKÖKULMASTA



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Mediatekniikan koulutusohjelma

Riihimäki, 31.7.2011

Mika Wielert



Mediatekniikan Koulutusohjelma
Riihimäki

Työn nimi IPTV TUOTANNON NÄKÖKULMASTA

Tekijä Mika Wielert

Ohjaava opettaja Raimo Hälinen

Hyväksytty 31.7.2011

Hyväksyjä

Riihimäki
Mediatekniikan koulutusohjelma

Tekijä Mika Wielert **Vuosi** 2011

Työn nimi IPTV tuotannon näkökulmasta

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön valintaan vaikutti ensisijaisesti oma kiinnostus aiheeseen, työ tehtiin Hämeen ammattikorkeakoululle.

Työn tarkoituksena on selvittää mitä eri osa-alueita tarvitaan IPTV-palvelun toteuttamiseen ja miten laaja palvelu milläkin tekniikalla pystytään tarjoamaan asiakkaalle.

Työ on tehty täysin teoreettisena. Lähteenä on käytetty aiheesta olemassa olevaa kirjallisuutta. Eri tietolähteitä vertailemalla on pyritty löytämään sekä helpoin että laadukkein keino toteuttaa IPTV-palvelu mahdollisimman laajalle asiakaskunnalle.

IPTV-palvelun tuottaminen lähes kaikkialle tässä maassa on mahdollista. Maantieteellinen sijainti ratkaisee sen mitä jakelukanavaa tulisi käyttää. Pelkistetyn palvelun tuottaminen olisi suppeimmillaan mahdollista jo nykyisilläkin resursseilla. Laajempi palvelu oheispalveluineen vaatii verkko-tekniikalta ja laitteistolta jo enemmän.

Laajamittaisen palvelun ja suuren asiakaskunnan tavoittamiseksi tulisi palvelu toteuttaa MPEG-4-pakkausta käyttäen.

Avainsanat DigiTV, IPTV, multicast

Sivut 26 s.

Riihimäki
Mediatechnology

Author

Mika Wielert

Year 2011

Subject of Bachelor's thesis IPTV from production's perspective

ABSTRACT

Choosing the subject to my thesis, the first priority was own interest in the subject, work was made for Häme Polytechnic.

The aim is to find out what different aspects are needed for implementation of an IPTV service and how extensive service using any technology, can be provided for the customer.

The work has been entirely theoretical. The existing literature has been used as a source. Comparing the different data, sources have been sought to find the easiest and the highest-quality way to implement IPTV service for the widest possible customer base.

IPTV service implementation is almost everywhere in this country is possible. Geographical location determines what distribution channels should be used. Simplified production of the service would be possible with existing resources. Wider service with additional services requires more from networking techniques and equipments.

To reach a large-scale service and large customer base the service should be implemented with MPEG-4 compression.

Keywords DigiTV, IPTV, multicast

Pages 26 p.

SISÄLLYS

1. JOHDANTO.....	1
1.1 Tavoitteet ja tarkoitus.....	1
1.2 Rajaukset.....	1
2. DIGITV-TEKNIikka	2
2.1 DVB-C & DVB-C2.....	2
2.2 DVB-T & DVB-T2	4
2.3 DVB-S & DVB-S2.....	6
2.4 IPTV-tekniikka.....	7
2.4.1 Kuituverkko	7
2.4.2 DSL-verkko (xDSL).....	10
2.4.3 Kaapeliverkko.....	12
2.4.4 Satelliittiverkko	14
3. TUOTANTO	16
3.1 Laitteisto.....	16
3.1.1 Integroidut vastaanottolaitteet (IRDs)	16
3.1.2 Reaali-aikaiset enkooderit	16
3.1.3 TV striimaus palvelimet	16
3.1.4 IP transkoodausjärjestelmä.....	16
3.1.5 Suojausjärjestelmä.....	17
3.1.6 Headend Middleware ja sovelluspalvelimet.....	17
3.1.7 IP kytkimet	17
3.1.8 IPTV kuluttajalaitteisto (IPTVCD)	17
3.2 Verkko.....	18
3.3 Pakkausmenetelmät.....	20
4. OLEMASSA OLEVAT IPTV-PALVELUT.....	23
4.1 Sonera.....	23
4.2 Elisa/Saunalahti.....	23
4.3 Maxivision.....	24
4.4 Lumo	24
4.5 TVkaista	24
5. YHTEENVETO	25
5.1 Johtopäätökset ja suositukset	25
LÄHTEET	26

LIITE 1 Lyhenneluettelo

AAC=Advanced Audio Coding
ACM=Adaptive Coding and Modulation,
ADSL=Asymmetric Digital Subscriber Line
AON=Active Optical Network
APSK=Amplitude and Phase-Shift Keying
ATM=Asynchronous Transfer Mode
ATSC=Advanced Television Systems Committee
AVC=Advanced Video Coding
BCH= Bose-Chaudhuri-Hocquengham
BPON=Broadband Passive Optical Network
CAP= Carrierless Amplitude Phase modulation
CATV=Community Access Television
CBR=Constant Bit Rate
COFDM= Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing
CONAX= Conditional Access
DMB=Digital Media Broadcasting
DMT=Discrete Multitone
DOCSIS=Data Over Cable Service Interface Specification
DSL=Digital Subscriber Line
DSLAM=Digital Subscriber Line Access Multiplexer
DVB-C= Digital Video Broadcasting Cable
DVB=Digital Video Broadcasting
DVB-DSNG=Digital Video Broadcasting-Digital Satellite News Gathering
DVB-RCS=Digital Video Broadcasting-Return Channel via Satellite
DVB-S= Digital Video Broadcasting Satellite
DVB-T= Digital Video Broadcasting Terrestrial
DVD= Digital Versatile Disc
EFM=Ethernet in the First Mile
EPON= Ethernet Passive Optical Network
ETSI=European Telecommunications Standards Institute
FEC=Forward error correction
FTTH=Fiber To The Home
GPON=Gigabit Passive Optical Network
H-14=High-14
HD=High Definition
HFC=Hybrid Fiber/Coaxial
HL=High Level
HP=High Profile
ICMPv6=Internet Control Message Protocol version 6
IETF= Internet Engineering Task Force
IP=Internet Protocol
IPoS=Internet Protocol over Satellite
IPTV=Internet Protocol Television
IPTVCD=Internet Protocol Television Consumer Device
IPv4=Internet Protocol version 4
IPv6=Internet Protocol version 6
IRD=Integrated receiver/decoder

ISMA=Internet Streaming Media Alliance
ITU=International Telecommunication Union
LDPC=low-density parity-check
LL=Low Level
Mbit/s= Megabit per second
MDU=Multi-dwelling Unit
ML=Main Level
MP=Main Profile
MPEG=Moving Picture Experts Group
OFDM= Orthogonal Frequency Division Multiplexing
OLT=Optical Line Terminal
ONT=Optical Network Terminal
PIM=Protocol Independent Multicast
PIM-DM=Protocol Independent Multicast-Dense Mode
PIM-SM=Protocol Independent Multicast-Sparse Mode
PIM-SSM=Protocol Independent Multicast-Source Specific Multicast
PSTN=Public switched telephone network
PON=Passive Optical Network
QAM=Quadrature Amplitude Modulation
QoS=Quality of Service
QPSK=Quadrature phase-shift keying
SD=Standard Definition
SMATV=satellite master antenna television
SNR=Signal to Noise Ratio
SONET=Synchronous optical networking
SP=Simple Profile
TIA=Telecommunications Industry Association
USB= Universal Serial Bus
VBR= Variable Bit Rate
VDSL=Very high speed Digital Subscriber Line
WDM= Wavelength-division multiplexing

1. JOHDANTO

1.1 Tavoitteet ja tarkoitus

Opinnäytetyön tavoitteena on esitellä IPTV-tuotannon kannalta oleelliset asiat. Tarkoituksena on antaa kuva, siitä mitä IPTV-signaalin lähettämiseen tarvitaan.

1.2 Rajaukset

Opinnäytetyö rajattiin IPTV-tuotannon osalta siirtoteiden, laitteiston, verkkotekniikoiden sekä suurimpien pakkausmenetelmien esittelyyn.

2. DIGITV-TEKNIikka

2.1 DVB-C & DVB-C2

Digital Video Broadcasting-Cable (DVB-C)-standardi julkaistiin ensimmäisen kerran ETSI:n toimesta joulukuussa 1994, josta jälkeenpäin tuli laajimmin käytetty digitaalisen kaapelitelevision tiedonsiirtojärjestelmä. Standardia on käytetty hyödyksi maailmanlaajuisesti suurimmista kaapelitelevisioverkoista (CATV) aina pienimpiin satelliittiantennijärjestelmiin (SMATV) saakka. DVB-C on myös integroitu fyysisenä kerroksena eurooppalaiseen versioon Data Over Cable Service Interface Specification (DOCSIS)-spesifikaatiosta.

Digital Video Broadcasting-Satellite (DVB-S)2- ja Digital Video Broadcasting-Terrestrial (DVB-T)2-standardien tapaan myös kaapelitiedonsiirtojärjestelmästä on luotu toisen sukupolven versio, jonka ovat aikaansaaneet alla olevat tekijät

- Monet CATV-verkot ovat jo täynnä
- Operaattorit, joilla on suuri digitaalinen ulosanti tarvitsevat joustavuutta pitääkseen tarjontansa kilpailukykyisenä
- CATV-verkot, jotka uudelleenlähettävät sisältöä muista verkoista, kuten satelliiteista, on pysyttävä mukana kehityksessä
- Uusia apuvälineitä tarvitaan tarjoamaan sekä yksityis- että yritysasiakkaille erityisesti IP-pohjaista sisältöä
- Suorituskyvyn parannukset, esim. tarve lisätä digitaalista ulosantia joillakin markkinoilla

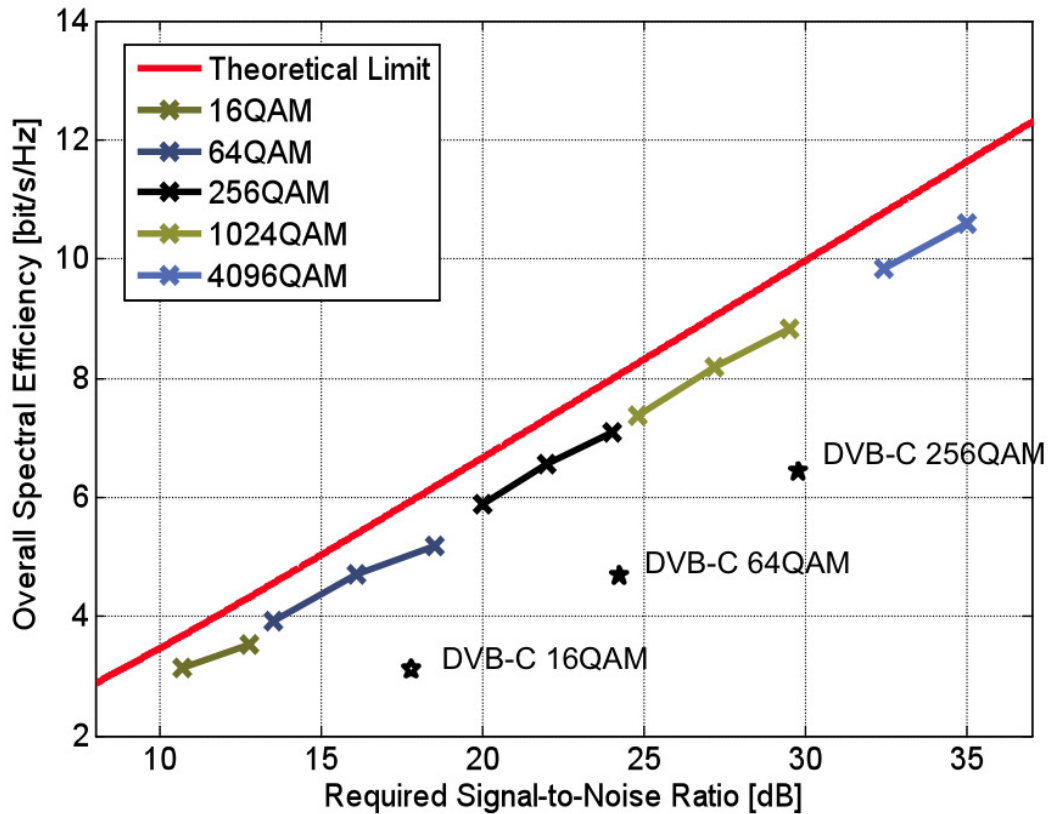
DVB-C2-standardi perustuu kaupallisiin vaatimuksiin kaikkien muidenkin Digital Video Broadcasting (DVB):n standardien tavoin. Kapasiteetin lisäys (vähintään 30 %), tuki eri syöteprotokollille sekä virheensiedon parantaminen ovat standardin keskeisiä vaatimuksia. DVB-C2 käyttää myös joitakin osia muiden toisen sukupolven DVB-standardien kanssa. Uuden standardin ei tarvitse olla taaksepäin yhteensopiva DVB-C-standardin kanssa, mutta DVB-C2-vastaanottimet pystyvät käsittelemään myös DVB-C-signaalia.

Kuten edeltäjänsä, DVB-C2 tarjoaa erilaisia käytäntöjä sekä vaihtoehtoja, joita voidaan optimoida eri verkkojen ominaisuuksille ja vaatimuksille sopiviksi. Käyttämällä uusimpia koodaus- ja modulointitekniikoita se tarjoaa yli 30 % enemmän taajuuksia käyttöön samoissa olosuhteissa kuin DVB-C-standardi. Analogisten lähetysten loppumisen jälkeen vastaanotto kapasiteetin hyöty on yli 60 % HFC-verkoissa.

TAULUKKO 1 DVB-C- ja DVB-C2-standardien ominaisuuksien vertailu(DVB-C2 Factsheet)

	DVB-C	DVB-C2
Input Interface	Single Transport Stream (TS)	Multiple Transport Stream and Generic Stream Encapsulation (GSE)
Modes	Constant Coding & Modulation	Variable Coding & Modulation and Adaptive Coding & Modulation
FEC	Reed Solomon (RS)	LDPC + BCH
Interleaving	Bit-Interleaving	Bit- Time- and Frequency-Interleaving
Modulation	Single Carrier QAM	COFDM
Pilots	Not Applicable	Scattered and Continual Pilots
Guard Interval	Not Applicable	1/64 or 1/128
Modulation Schemes	16- to 256-QAM	16- to 4096-QAM

DVB-C2-standardin häiriötehokkuus on erinomainen, yltäen melkein pä kanavan teoreettiseen maksimi informaation siirtoasteelle annetulla häiriötasolla. Kuva osoittaa mahdollisten ratkaisujen suuren valikoiman sekä hienorakeisuuden. Valittu Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing (COFDM) modulaatio vastustaa hyvin koaksiaaliverkoista johtuvia kaikuja sekä on vakaa äkillisiä häiriöitä vastaan. Kaistanleveyden joustavuus on tärkeä ominaisuus DVB-C2-standardissa. DVB-C2-standardin käyttö sallii kaapeliverkoissa käytettävän 32 MHz tai leveämmän taajuuden lähetyksen, joka täyttää operaattoreiden vaatimukset sallien erittäin suorituskykyisen saatavilla olevien resurssien jaon yksittäisille asiakkaille ja palveluille. (DVB-C2 factsheet)



KUVA 1 COFDM- ja QAM-modulaatioiden vertailua (DVB-C2 factsheet)

2.2 DVB-T & DVB-T2

DVB-T on laajimmin hyväksytty ja käyttöönotettu standardi digitaalisiin maanpäällisiin lähetyksiin. Se julkaistiin maaliskuussa 1997 ja tällä hetkellä 68 maassa on käytössä DVB-T-palveluita ja yli 59 maata ovat ottaneet standardin käyttöön. Kypsä ja vakiintunut standardi hyötyy mittakaavaeduista, jotka johtavat erittäin alhaisiin vastaanotinten hintoihin ja ovat riittävän joustavia erilaisille liiketoimintamalleille. Analogisten lähetysten loppuminen sai aikaan sen, että Euroopassa on alettu vauhdilla tuottaa spektritehokkaampaa ja päivitettyä standardia, jollainen on jo käytössä DVB-S2 satelliittijakelussa.

Kuten kaikki DVB-standardit, spesifikaatio perustuu kaupallisiin vaatimuksiin. Keskeisiin vaatimuksiin sisältyvät kapasiteetin lisäys, kestävyysparantaminen ja kyky käyttää olemassa olevia antennejä. DVB-T2 on hyväksytty ja julkaistu DVB BlueBook-dokumentissa vuonna 2008 sekä European Telecommunications Standards Institute (ETSI):n julkaisussa (EN 302 755) syyskuussa 2009.

Kuten edeltäjänsä, DVB-T2 käyttää Orthogonal Frequency Division Multiplex (OFDM)-modulaatiota löytääkseen selkeän signaalin. Aivan kuten DVB-T, DVB-T2 tarjoaa myös useita eri käytäntöjä, joten se on erittäin joustava standardi. DVB-T2 käyttää samaa virheenkorjausta kuin DVB-S2 ja DVB-C2: Low Density Parity Check (LDPC) koodaus yhdistettynä Bo-

se-Chaudhuri-Hocquengham (BCH) koodauksen kanssa tarjoaa erittäin vahvan signaalin.

Käytettävissä on useita vaihtoehtoja, jotta yleiskustannukset voidaan optimoida useaan eri lähetyskanavaan. Avaintekijöitä uuteen DVB-T2-tekniikkaan ovat:

- Käännettyt konstellaatiot tarjoavat merkittävää uutta kestävyyttä vaikeille kanaville.
- Useilla fyysisen kerroksen putkilla on mahdollista erikseen säätää luotettavuutta kunkin toimitetun palvelun kanavassa, jotta palvelu täyttää vaaditut vastaanotto-olosuhteet (esim. ovi tai katto-antenni). Se mahdollistaa myös sen, että lähetyksiä voidaan räätälöidä siten, että vastaanotin voi säästää virtaa purkamalla vain yhden kanavan kerrallaan koko kanavanipun sijaan.
- Alamouti-koodaus, lähettimen monimuotoisuus menetelmä, joka parantaa kattavuutta pienissä yksitaajuuksisissa verkoissa.
- Laajennettu lomittelu, sisältäen bitit, solun, ajan ja taajuuden lomituksen.
- Tulevaisuuden laajennuskehyykset sallivat standardin kehittyä tulevaisuudessa yhteensopivasti.

Tämän vuoksi DVB-T2 voi tarjota paljon suuremman siirtonopeuden tai paljon vakaamman signaalin kuin DVB-T. Vertailun vuoksi lasttwo rivi osoittaa suurimman datanopeuden kiinteässä C / N-suhteessa ja tarvittavan C / N-suhteen kiinteässä hyödyllisessä tiedonsiirtonopeudessa. (DVB-T2 Factsheet)

TAULUKKO 2 DVB-T- ja DVB-T2-standardien vertailua(DVB-T2 Factsheet)

	DVB-T	DVB-T2 (new / improved options in red)
FEC	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
Modes	QPSK, 16QAM, 64QAM	QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM
Guard Interval	1/4, 1/8, 1/16, 1/32	1/4, 19/128, 1/8, 19/256, 1/16, 1/32, 1/128
FFT Size	2k, 8k	1k, 2k, 4k, 8k, 16k, 32k
Scattered Pilots	8 % of total	1 %, 2 %, 4 %, 8 % of total
Continual Pilots	2.6 % of total	0.35 % of total
Typical data rate (UK)	24 Mbit/s	40 Mbit/s
Max. data rate (@20 dB C/N)	29 Mbit/s	47.8 Mbit/s
Required C/N ratio (@22 Mbit/s)	16.7 dB	8.9 dB

2.3 DVB-S & DVB-S2

Maailman ensimmäinen digitaalinen satelliitti-tv-palvelu tuotiin markkinoille Thaimaassa sekä Etelä-Afrikassa vuoden 1994 lopussa ja molemmat käyttävät DVB-S-standardia. Ajan myötä se on tullut yhä suosituimmaksi järjestelmäksi digitaalisissa satelliitti-tv-järjestelmissä, joissa on yli 100 miljoonaa vastaanotinta nyt käytössä ympäri maailman. Järjestelmä on kuitenkin jo yli kymmenen vuotta vanha, joten ei ole yllättävää, että teollisuus päätti lopulta, että on aika päivittää järjestelmää. Täten DVB-S2 kehitettiin. Tehtävänä olisi hyödyntää edistyneitä koodaus-, modulaatio- sekä virheenkorjaus tekniikoita luodakseen järjestelmän, joka tekisi useita uusia palveluja kaupallisesti kannattavaksi ensimmäistä kertaa, esim. yhdistettynä uusimman videotekniikan kanssa, DVB-S2 mahdollistaisi laajan teräväpiirtotelevisiotoiminnan.

Alkuperäinen DVB-S-standardi, johon DVB-S2 perustuu, määrittelee Quadrature phase-shift keying (QPSK) modulaation sekä erilaisia työkaluja, joita käytetään kanavien koodauksessa ja virheiden korjaamisessa. Muita lisäyksiä tehtiin DVB-Digital Satellite News Gathering (DVB-DSNG) järjestelmään, joka mahdollistaa esimerkiksi 8PSK- ja Quadrature Amplitude Modulation (16QAM)-modulaatioiden käytön. DVB-S2-standardin keskeisiä teknisiä ominaisuuksia ovat:

- Neljä modulaatiokäytäntöä, joista QPSK ja 8PSK on tarkoitettu lähetysovelluksiin epälineaarisissa satelliitti transpondereissa, jotka ovat lähellä saturaatiota. Amplitude and Phase-Shift Keying (16APSK) ja 32APSK, jotka edellyttävät korkeampaa C/N-suhdetta, ovat suunnattu pääasiassa ammattikäyttöön, kuten uutisten keruuseen ja vuorovaikutteisiin palveluihin.
- DVB-S2 käyttää hyvin voimakasta Forward Error Correction (FEC)-järjestelmää, joka on keskeinen tekijä antamaan erinomaisen suorituskyvyn, kun signaalissa on korkea melu- ja häiriötaso. FEC-järjestelmä perustuu BCH:n ketjuttamiseen LDPC:n sisäisen koodauksen kanssa.
- Adaptive Coding and Modulation (ACM) mahdollistaa siirto parametrien muuttumisen kehys kehykseltä riippuen yksittäisten käyttäjien siirtoreittien erityisistä edellytyksistä. Se on pääasiassa suunnattu unicasting vuorovaikutteisille palveluille ja point-to-point ammattikäyttöön.
- DVB-S2 tarjoaa taaksepäin yhteensopivuustiloja, jotka käyttävät hierarkkista modulointia mahdollistaakseen perinteisten DVB-S vastaanotinten jatkaa toimintaansa.

TAULUKKO 3 DVB-S- ja DVB-S2-standardien vertailua TV-signaalin jakelussa (DVB-S2 Factsheet)

Satellite EIRP (dBW)	51		53.7	
System	DVB-S	DVB-S2	DVB-S	DVB-S2
Modulation & Coding	QPSK 2/3	QPSK 3/4	QPSK 7/8	8PSK 2/3
Symbol Rate (Mbaud)	27.5 ($\alpha = 0.35$)	30.9 ($\alpha = 0.2$)	27.5 ($\alpha = 0.35$)	29.7 ($\alpha = 0.25$)
C/N (in 27.5MHz) (dB)	5.1	5.1	7.8	7.8
Useful Bitrate (Mbit/s)	33.8	46 (gain = 36%)	44.4	58.8 (gain = 32 %)
Number of SDTV Programmes	7 MPEG-2 15 AVC	10 MPEG-2 21 AVC	10 MPEG-2 20 AVC	13 MPEG-2 26 AVC
Number of HDTV Programmes	1-2 MPEG-2 3-4 AVC	2 MPEG-2 5 AVC	2 MPEG-2 5 AVC	3 MPEG-2 6 AVC

DVB-S2 tarjoaa erinomaisen suorituskyvyn, joka on lähellä Shannonin rajaa, teoreettisen maksimi tiedon siirtonopeuden annetulla kanavan melutasolla. Se voi toimia kantoaalto-kohina-suhteessa -2dB (eli alle kohinapohjan) käyttäen QPSK-modulointia aina +16 dB:n asti käyttäen 32APSK-modulointia. Yllä oleva taulukko osoittaa DVB-S2-standardin tarjoamat edut tehokkuudessa verrattuna DVB-S-standardiin tyypillisillä televisiolähteyksien parametreilla. (DVB-S2 factsheet).

2.4 IPTV-tekniikka

Tässä kappaleessa käsitellään eri kanavia, joilla Internet Protocol Television (IPTV)-signaalia voidaan kuljettaa.

2.4.1 Kuituverkko

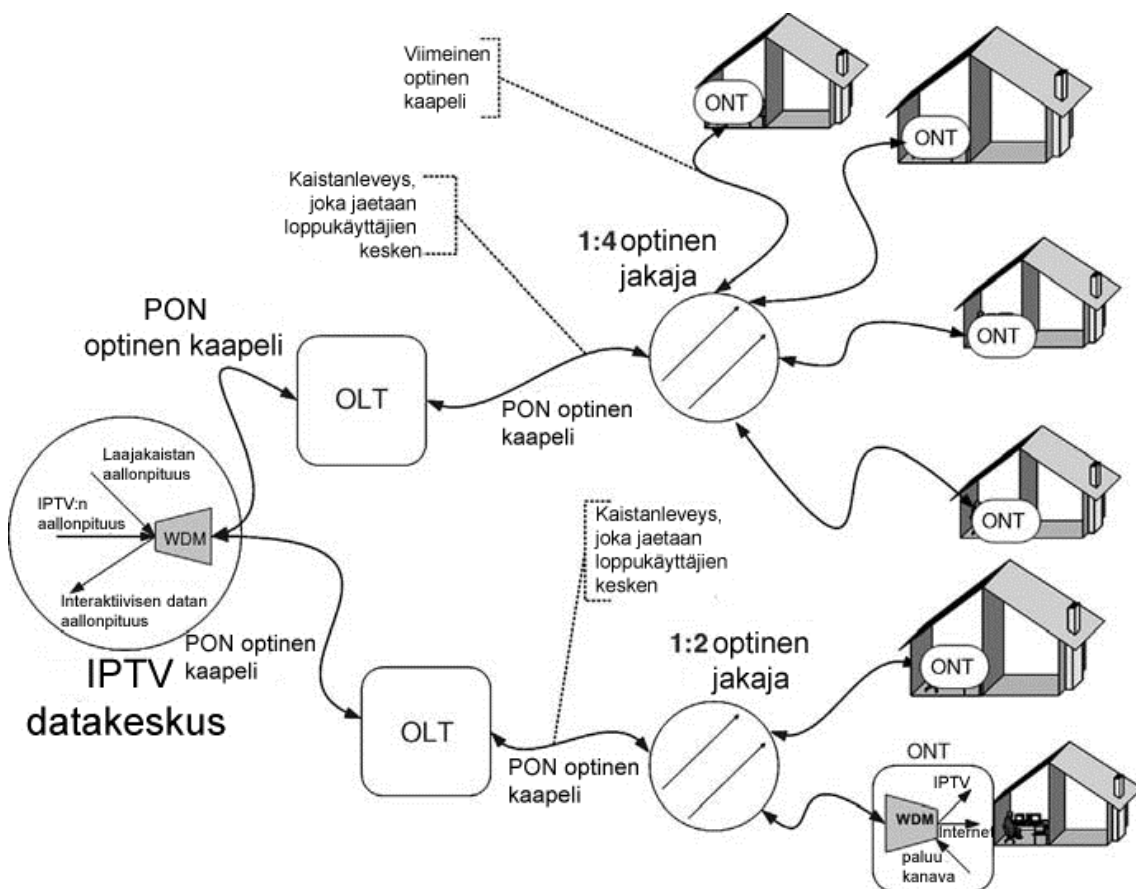
Tietoliikenneoperaattorit ovat jo vuosikymmeniä käyttäneet kuitua hyväksien runkoverkoissaan. Syytä tähän ovat mm. kuituverkon matalammat toimintakustannukset sekä hyvä vastustuskyky sähkömagneettisia häiriöitä vastaan. Tässä kappaleessa tutkitaankin kuituverkon avulla tapahtuvaa kokonaisvaltaista yhteyttä operaattorilta asiakkaalle (FTTH=kuitu kotiin). Kuituverkkoja on olemassa sekä passiivisia että aktiivisia. Alla on selitetty kyseisiä verkkoja tarkemmin:

Passive Optical Network (PON) mukaillee International Telecommunications union:n (ITU) standardeja. PON-verkko koostuu optisista linjapäätteistä (OLT), jotka sijaitsevat IPTV-datakeskuksessa sekä optisista verkkopäätteistä (ONT), jotka on asennettu loppukäyttäjien kiinteistöihin. Optiset linjapäätteet käyttävät mm. kuitukaapeleita sekä optisia jakajia ohjatakseen verkkoliikennettä optisiin verkkopäätteisiin.

Kuitukaapelit ja optiset jakajat ovat passiivisia komponentteja, joten niiden käyttämiseen ei tarvita ulkoista virtalähdettä.

Optisen verkkopäätteen tärkein tarkoitus on tarjota IPTV-käyttäjälle pääsy PON-verkkoon. Se vastaanottaa dataa optisessa muodossa, tutkii verkkopaketeista löytyvän osoitteen ja muuntaa sen sähköiseksi signaaliksi. Optinen verkkopääte voi sijaita kiinteistön ulko- tai sisäpuolella ja yleensä se saa virtansa paikallisesta lähteestä ja sisältää ohitusmikropiiristön, jonka avulla puhelin voi toimia normaalisti häiriötilanteissa. Optiset verkkopäätteet yleensä sisältävät Ethernet-liitännän dataliikennettä varten, RJ11-liitännän puhelinta varten sekä antenniliitännän televisiota varten. Optinen verkkopääte huolehtii myös datan muuntamisesta optiseksi signaaliksi tiedon välittämiseksi PON-verkkoon.

Kuva 1 osoittaa kuinka PON-verkon infrastruktuuri voidaan rakentaa, mahdollistaen IPTV-liikenteen ja nopean Internet-yhteyden kuuteen kiinteistöön.



KUVA 2 IPTV FTTH-verkko käyttäen PON-tekniikkaa

PON-verkon fyysisten komponenttien lisäksi kuva 1 osoittaa kolmen eri valon aallonpituuden lähettämisen verkon yli. Ensimmäistä aallonpituutta käytetään nopean internet-yhteyden lähettämiseen, toista IPTV-signaalin lähettämiseen ja kolmatta interaktiivisen datan lähettämiseen takaisin palveluntarjoajalle. Aallonpituuden jakomultipleksereitä (WDM) on asennettu sekä datakeskukseen että verkko linjapääteisiin, jotka mahdollistavat eri aallonpituuksien lähettämisen yhdessä kaapelissa. WDM:t määräävät eri datatyypeille aallonpituudet, jotta toisessa päässä pystytään tiedot erottelemaan toisistaan. PON-verkon eri teknologioita ovat mm. Laajakaistai-

nen PON (BPON), Ethernet PON (EPON) sekä Gigabit PON (GPON). Kaikki edellä mainituista tukevat sekä perinteisiä TV- että IPTV-palveluja. Alla on selitetty kyseisiä teknologioita tarkemmin.

BPON tukee nopeuksia aina 622 Mbit/s vastaanotto- ja 155 Mbit/s lähetys-suuntaan asti. Liikenne on asymmetristä, koska vastaanotto kulkee pisteestä-pisteeseen periaatteella Optisen linjapäätteen ja optisen verkkopäätteen välillä, kun taas lähetys saa aikaikkunan datan lähettämiseen. Määrämällä aikaikkunan lähetykselle, vältetään törmäyksiltä optisissa verkkopäätteissä. BPON-verkon saa myös konfiguroitua tukemaan symmetristä tietoliikennettä.

BPON käyttää asynkronista tiedonsiirtotapa (ATM) siirtoprotokollanaan. Asynkroniseen tiedonsiirtotapa perustuvat verkot ovat yleisiä kuljetettaessa nopeita data-, ääni- ja videosovelluksia. ATM on solun siirto teknologia, jolla saavutetaan erittäin korkeita nopeuksia. Se jakaa kaiken kuljetettavan informaation soluiksi. Jokaisella solulla on 5 tavun otsikkokenttä sekä 48 tavun informaatiokenttä. Informaatiokenttä ATM-solussa kuljettaa esim. IPTV-sisältöä, kun taas otsikkokenttä sisältää ATM-protokollan toiminnalle tärkeää tietoa. ATM on luokiteltu yhteysorientoiduksi protokollaksi, eli yhteys vastaanottajan ja lähettäjän välille on muodostettu ensin. Kyky varata kaistanleveyttä aika alttiille sovelluksille on myös yksi ATM-verkon ominaisuuksista. Tämä on varsinkin IPTV-palveluille hyödyllinen ominaisuus.

EPON on optiikkaan perustuva teknologia, jonka on kehittänyt sähkö- ja elektroniikkainsinöörien instituutin alaryhmä, nimeltään Ethernet ensimmäisellä maililla (EFM) ryhmä ja joka hyväksyttiin standardiksi vuonna 2004. Nimensä mukaisesti tämä PON-verkkojen muoto hyödyntää ethernet-tekniikkaa kuljetusmekanisminaan. Tuetut yhteysnopeudet riippuvat Optisten linjapäätteiden ja optisten verkkopäätteiden välisistä etäisyyksistä. EPON-verkot tukevat vain Ethernet-verkkoliikennettä.

GPON on optinen pääsyjärjestelmä, joka perustuu ITU-T G.984 spesifikaatioon. GPON on periaatteessa päivitys BPON spesifikaatioon ja se sisältää tuen seuraaville ominaisuuksille:

- vastaanottonopeudelle 2.5 Gbits/s sekä lähetysnopeudelle 1.5 Gbits/s. Nämä nopeudet saavutetaan jopa 20 km etäisyydellä.
- Ethernet, ATM sekä SONET protokollille.
- parannelluille turvallisuustoiminnoille.

GPON-verkkojen tarjoama multiprotokollatuki sallii operaattoreiden jatkavan perinteisten telekommunikaatiopalveluiden tarjoamista loppukäyttäjille, samaan aikaan kuin myös uusien teknologioiden, kuin esim. IPTV tarjoamisen infrastruktuurissaan. Taulukko 1 esittelee PON-verkkojen tunnusmerkit, joita käytetään IPTV-signaalin kuljetuksessa.

TAULUKKO 4 PON-tekniologioiden vertailu: BPON, GPON sekä EPON

	ITU-T spesifikaatio	Datanopeudet	Kuljetusprotokollat
BPON	G.893	622 Mbit/s vastaanotto ja 155 Mbit/s lähetys	Pääasiallisesti ATM, myös IP Ethernetin päällä toimii
GPON	G.894	2,5 Gbit/s vastaanotto ja 1,5 Gbit/s lähetys	Ethernet ja SONET
EPON	P802.3ah	1,25 Gbit/s vastaanotto sekä lähetys	Gigabitinen Ethernet

PON-verkkojen runsaan käytön FTTx-verkoissa lisäksi, PON-verkot voivat myös toimia runkoverkon infrastruktuurissa kuitu-koaksiaali-hybridi ja langattomissa lähetysverkoissa.

Active Optical Network (AON) hyödyntää sähköisiä komponentteja IPTV-loppukäyttäjän ja datakeskuksen välillä. AON-verkon arkkitehtuuri hyödyntää Ethernet-kytkimiä, jotka sijaitsevat IPTV-datakeskuksen ja kuituverkon loppupisteen välillä (O'Driscoll, 2008, s. 21–26).

2.4.2 DSL-verkko (xDSL)

Digital Subscriber Line (DSL)-verkolla tarkoitetaan teknologiaa, jossa olemassa olevia televerkkoja käytetään korkean kaistanleveyden palveluiden kuljettamiseen. Se muuntaa olemassa olevan puhelininfrastruktuurin paikallisen puhelinvaihteen ja asiakkaan puhelinpistorasian välillä nopeaksi digitaaliseksi linjaksi. Seuraavissa osioissa tullaan antamaan yhteenveto näistä teknologioista ja kuinka ne toimivat.

Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) on tätä nykyä suosituin DSL-tekniikka, jota käytetään telekommunikaatio verkoissa ympäri maailman. Se on tehnyt mittavia harppauksia taajamissa, missä se kilpailee kaapelimodeemin kanssa asiakkaista, jotka etsivät nopeita laajakaista liittymiä. ADSL-teknologia pystyy laajentamaan televerkoissa käytettävissä olevaa kaistanleveyttä. ADSL on point-to-point-teknologia, joka mahdollistaa operaattoreille suurta kaistanleveyttä tarvitsevien palveluiden tarjoamisen kuten Internet Protocol (IP) videota olemassa olevia kuparilinjoja hyödyntäen. Sitä kutsutaan asymmetriseksi, koska datan nopeus operaattorilta asiakkaalle on suurempi kuin toisinpäin. Point-to-point ominaisuus myös eliminoi muutokset kaistanleveydessä jaetussa verkostoympäristössä. Erikoistuneita tekniikoita käyttämällä ADSL tyypillisesti mahdollistaa 8 Megabitin nopeuden asiakkaalle päin ja 1,5 megabitin nopeuden asiakkaalta pois päin. Näin ollen yksi ADSL-yhteys pystyy kuljettamaan kahta MPEG-2 pakattua perustarkkuuden televisiokanavaa ja suurinopeuksista Internet-yhteyttä. ADSL:n suurin heikkous on, että se on riippuvainen etäisyydestä palveluntarjoajan keskukseseen. ADSL on etäisyysherkkä teknologia, joten asiakkaat jotka asuvat lähellä palveluntarjoajan keskusta saavat parempi-laatuista yhteyttä kuin ne jotka asuvat kauempana. Perus ADSL-yhteys

on rajoitettu noin 5,5 kilometriin lähimmästä talojakamosta tai alueellisesta keskuksesta. Puhelinlinjat on kehitetty matalataajuuksisen äänisignaalin lähettämiseen ja täten korkeataajuuksisen dataliikenteen lähettäminen puhelinverkon yli normaalisti kokee vääristymiä tai häiriöitä. Jakamalla puhelinverkon kaistanleveys saadaan minimoitua häiriöitä ja parannettua datan laatua. ADSL-verkon taajuuksien jakaminen varaa matalimmat 4 kHz puhelinliikenteen käyttöön ja datan lähetys- ja vastaanottotaajuudet ovat välillä 26 kHz-1100 kHz. ADSL välineistö tarjoaa digitaalisen yhteyden Public switched telephone network (PSTN)-verkon yli. Signaali, jota kuljetetaan yhteyttä pitkin on moduloitu samalla tavalla kuin analoginen signaali. ADSL-piirin on käytettävä analogista signalointia, koska paikallinen silmukka ei pysty kuljettamaan signaaleja, jotka on koodattu digitaaliseen muotoon. Modeemi IPTV datakeskuksessa vastaa digitaalisen datan muunnoksesta analogiseksi signaaliksi. Asiakkaan asunnossa sijaitseva ADSL-modeemi vastaa verkosta tulevan analogisen signaalin muunnoksesta soveliaaksi digitaaliseksi dataksi.

Kaksi pääasiallista tekniikkaa, joilla digitaalinen data moduloidaan analogiseksi signaaliksi on Carrierless Amplitude and Phase (CAP) sekä Discrete Multitone (DMT). CAP oli alkuperäinen modulointitapa ADSL-signaalin muuntamiseksi. Vaihka nimi viittaa siihen, että modulointi on kantoaallotonta, yksi kantoaalto käytetään datan kuljettamiseen televerkon yli. CAP:n lähisukulainen on digitv-verkoissa käytettävä QAM. DMT:tä pidetään tätä nykyä parempana vaihtoehtona kuin CAP:ia moderneissa DSL-tekniikoissa. Se erottelee DSL:n käyttämän signaalitaajuuksialueen moneksi pienemmäksi alikanavaksi. Lähetyksessä jokainen näistä alikanavista kuljettaa osaa kokonaisdatasta. Jakamalla lähetyskaistanleveyden alikanaviksi, DMT pystyy sopeutumaan jokaisen televerkon ominaisuuksiin ja täten maksimoimaan datan lähetyslaadun. DMT on läheistä sukua OFDM- sekä COFDM-tekniikoille. COFDM-tekniikka on käytössä DVB-standardeissa.

ADSL-laitteisto koostuu seuraavista laitteista:

ADSL modeemista, joka sijaitsee asiakkaan asunnossa ja joka kytketään kotiverkkoon tai tietokoneeseen joko Universal Serial Bus (USB)- tai ETHERNET-liitännän avulla.

Digital Subscriber Line Access Multiplexer:sta (DSLAM), joka huolehtii asiakkaan yhteyksistä televerkon yli, kokoaa ne ja yhdistää takaisin datakeskukseen nopean kuitu runkoverkon kautta. IPTV-palveluiden käyttöönottoa varten DSLAM:n tulisi tukea multicast-lähetystä. DSLAM:n vastuulla on sisällön kuljettaminen viimeisen etapin yli asiakkaalle. DSLAM:ejä on kahta eri tyyppiä: Layer 2 ja IP-tietoisia.

Layer 2-DSLAM:t toimivat OSI-mallin 2. kerroksella ja toimivat kytkimenä Ethernet- ja Asynchronous Transfer Mode (ATM)-verkkojen välillä. IP-tietoiset DSLAM:t sisältävät rajoitetun kerroksen 3 IP-verkkoprotokollien tuen. Tämän kategorian DSLAM:ien tukemiin erikoisominaisuuksiin kuuluu lähetettyjen TV kanavien monistus sekä kanavan vaihto-ohjeiden toteuttaminen.

Ensimmäinen versio ADSL:sta hyväksyttiin ITU:n toimesta vuonna 2003 ja se sisälsi lukuisia parannuksia ADSL-standardiin verrattuna, mm. korkeamman vastaanottonopeuden sekä pidemmän välimatkan.

Pian ADSL2:n standardoinnin jälkeen, jälleen uusi DSL:n muoto kehitettiin ITU:n toimesta nimeltään ADSL2+. Tämä standardi pohjautuu ADSL2-standardiin ja sallii verkko-operaattoreiden tarjota jopa 20 Megabitin nopeuksia asiakkaille, jotka asuvat 1,5 km päässä. ADSL2+ toimii 138 kHz-2,208 MHz kaistanleveydellä.

Very High Speed Digital Subscriber Linen (VDSL) perustana on sama teknologia kuin ADSL2+:ssä. Se on uusin ja kehittynein DSL-teknologia ja se kehitettiin ylittämään aiempien ADSL-tekniikoiden heikkoudet. Se ylittää viimeisen etapin pullonkaulat ja tukee huikeita datan siirtonopeuksia, jotka mahdollistavat operaattoreiden tarjota entistä parempia palveluita. VDSL kehitettiin myös tukemaan ATM- ja IP-pohjaista liikennettä televerkossa.

VDSL1 hyväksyttiin vuonna 2004. Sen maksiminopeudet ovat 55 megabittiä sekunnissa vastaanottosuuntaan ja 15 megabittiä sekunnissa lähetys-suuntaan. Se toimii tosin vain erittäin lyhyellä välimatkalla ja on yleensä asennettu MDU:iden (Multiple Dwelling Unit) sisään.

VDSL2 on parannus VDSL1:seen ja se on määritelty ITU-T:n suosituksessa G 993.2. Se voidaan jaotella VDSL2 (Short Reach)- ja VDSL2 (Long Reach)-alaluokkiin.

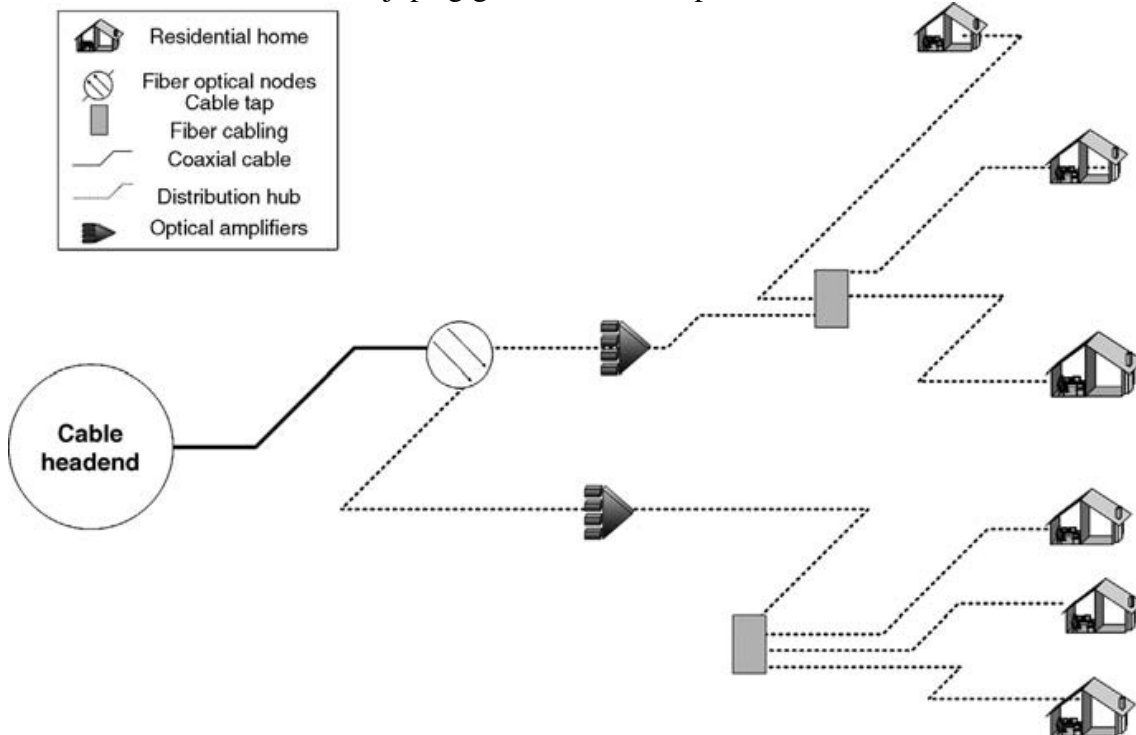
VDSL2 (short reach):n perustuen DMT-modulaation, teknologia käyttää 4096 ääntä, jotka on jaoteltu 4 ja 8 kHz taajuuskaistalle. VDSL2-standardi käyttää kanavien liittämistä päästäkseen yli 12 kertaiseen nopeuteen alkuperäiseen ADSL-standardiin verrattuna, nimellisesti 100 megabittiin sekunnissa 350 metrin matkalla. Tämän nopeuden saavuttaminen edellyttää, ettei verkossa tapahdu häiriöitä ja linjan laatu on hyvä.

VDSL2 (Long reach) kehitettiin tuomaan VDSL-tekniikka mahdollisimman monelle asiakkaalle. Se pystyy toimimaan nopeudella 30 megabittiä sekunnissa 1,2–1,5 km välimatkoilla. Suhteellisen korkeiden virtatasojen käyttö kuljetettaessa dataa mahdollistaa näin pitkät kantomatkat. 30 MHz:n taajuusspektriä käytetään, jotta saavutetaan näin suuri läpisyöttö verrattuna 12 MHz:n taajuusspektriin, jota käytetään VDSL1-tekniikassa. Kehittyneet virheenkorjausmekanismit auttavat myös kasvattamaan VDSL2-yhteyksien luotettavuutta (O'Driscoll, 2008, s. 26–32).

2.4.3 Kaapeliverkko

Jos kaapelitelevisioverkko on saatavilla alueella, asiakkaat pääsevät verkkoon käyttäen Hybrid Fiber/Coaxial (HFC)-teknologiaa. HFC-teknologia viittaa jokaiseen valokuitu- ja koaksiaalikaapeleita käyttävään verkkokonfiguraatioon, joita voidaan käyttää digitaalisen TV-signaalin jakeluun. Useimmat kaapeliTV-operaattorit käyttävät jo sitä. HFC-teknologiaa käytävillä verkoilla on monia ominaisuuksia, jotka tekevät siitä ideaalin uuden sukupolven kommunikaatiopalveluille:

HFC-verkot täyttävät IPTV-järjestelmän kapasiteetin laajennettavuus ja luotettavuus vaatimukset. HFC-pohjaisten järjestelmien kapasiteetin laajennettavuusominaisuus sallii operaattoreiden lisätä palveluita ilman suuria muutoksia verkon infrastruktuuriin. HFC on arkkitehtuuri, joka vastaa infrastruktuuri-investointien kanssa uusia tulovirtoja, toiminnallista säätöä ja luotettavia parannuksia. HFC-verkon fyysiset ominaisuudet tukevat sen toimimisen jopa gigabitin sekuntinopeudella.



KUVA 3 HFC-verkon topologia

HFC-verkon topologia on esitetty kuvassa. Kuvasta näemme, että HFC-verkko perustuu kuitu-pohjaiseen runkoverkkoon, joka on liitetty optisella solmulla koaksiaaliverkkoon. Optinen solmu toimii rajapintana, joka yhdistää optisesta verkosta koaksiaaliverkkoon kulkevat signaalit. HFC-verkon koaksiaaliosa käyttää puu- ja haara-topologiaa, ja sitä käytetään kaapeliTV-asiakkaiden liittämiseen HFC-verkkoon haaroittimien avulla. Digitaalinen TV-signaali kuljetetaan keskukselta tähden muotoisesti optisille solmuille. Optiset solmut vuorostaan välittävät signaalin koaksiaalikaapeloinnin, vahvistimien ja haaroittimien yli asiakkaille.

Kaksisuuntaiset kaapeliTV-verkot, joiden tarkoitus on tarjota nopeaa laajakaistayhteyttä käyttävät yleensä yhdysvalloissa CableLabs kaapelijärjestelmäoperaattoreiden tutkimus- ja kehitysyhtymän kehittämää Data Over Cable Service Interface Specification (DOCSIS)-standardia, josta on kehitetty eurooppalainen versio EuroDOCSIS. Spesikaatio määrittelee laajakaistayhteyden tarjoamiseen kaapeliTV-verkossa käytettävät protokollat ja modulaation muodot. Suurimmalta osin tekniset yksityiskohdat ovat samoja DOCSIS- ja euroDOCSIS-standardeissa. Pääasiallinen ero näiden kahden standardin välillä on taajuudessa. Eurooppalaiset kaapelivirittimet käyttävät 8 MHz:n taajuudella, kun taas amerikkalaiset virittimet käyttävät 6 MHz:n taajuutta. Suurempi taajuus sallii operaattoreiden ottaa käyttöön

laajakaistapalveluissa noin 33 % enemmän kaistanleveyttä. Teknologian ensimmäinen versio, DOCSIS 1.0, hyväksyttiin standardiksi ITU:n toimesta vuonna 1998 ja siitä lähtien uusia spesifikaatioita on tullut. Katsaus jokaisen sukupolven DOCSIS-standardin teknisiin ominaisuuksiin on kuvattu taulukossa.

Kuten taulukossa on kuvattu, DOCSIS-standardit versioon 2.0 asti tukevat noin 40 Megabittiä sekunnissa (Mbps) vastaanottonopeutta. Tämä kaistanleveyden kapasiteetti on yleensä jaettu monen käyttäjän kesken. Jos kyseinen kaistanleveys käytettäisiin IPTV multicast-lähetyksiin, silloin 10 tai jopa 15 samanaikaista lähetystä voitaisiin lähettää. Kyseinen laskenta on tehty olettaen että kyseiset lähetykset ovat Standard Definition (SD)-tasoisia, joista jokaisen kaistan tarve on 2,5-4 Mbps.

Viimeisin julkaisu spesifikaatiosta on versio 3.0, jonka suurin parannus on mahdollisuus yhdistää monta kanavaa. Tämä mahdollistaa yhteydet, joiden nopeus on satoja megabittejä sekunnissa. Muita merkittäviä ominaisuuksia ovat tuki Internet Protocol version 6 (IPv6)-osoitteille, parannettu verkon turvallisuus, IP-multicast sekä Quality of Service (QoS) lisämekanismit (O'Driscoll, 2008, s. 32–37).

2.4.4 Satelliittiverkko

Internet protokollasta on tulossa ykkösvaihtoehto videosisällön jakeluun satelliittiverkon välityksellä. Satelliitit tarjoavat suuremman kaistanleveyden kuin maanpäälliset jakelukanavat. Monet satelliittiverkko-operaattorit ovat alkaneet käyttää satelliittipohjaisia verkkojaan IP videosisällön jakamiseen kaapeli ja telekommunikaatio- ja IPTV datakeskuksissa.

Alkuperäinen sisältö vastaanotetaan, kootaan, pakataan Moving Picture Experts Group (MPEG)-2, MPEG-4 tai Windows Media-formaattiin ja salataan satelliittioperaattorin videoimintojen keskuksessa. Kun sisältö on prosessoitu, sisältö ladataan satelliitin välityksellä videohubeille. Kaapeli- ja telekommunikaatioyritykset hoitavat videohubeja ja käyttävät omaa verkkoinfrastruktuuriaan IPTV-signaalin jakamisessa asiakkaille. IPTV-signaalin jakamisessa asiakkaille suoraan on olemassa monta eri vaihtoehtoa.

Tämä tapa sisältää kanavien jakelun käyttäen standardoituja satelliittisiirtotekniikoita, muuntamalla kanavat IP-paketeiksi ja striimaamalla ne IP-virittimiin.

Laajakaistamodeemeja voi myös käyttää satelliitti IPTV-signaalin jakelussa. Kyseiset modeemit noudattavat yleensä jotakin kolmesta kansainvälisestä standardista:

(1) IP over Satellite (IPoS)

Tämän standardin hyväksyi Telecommunications Industry Association (TIA) sekä ETSI. Se hyödyntää DVB-S2 teknologiaa ja tukee datanopeuksia 120 Mbps:ään asti.

(2) DVB return channel over satellite (DVB-RCS)

DVB-RCS:n on kehittänyt DVB ja se määrittelee lähtölinkin datanopeuden, joka on 40 Mbps sekä paluukanavan nopeuden, joka on noin 2 Mbps. DVB-RCS on virallisesti määritelty dokumentissa ETSI EN 301 790.

(3) DOCSIS satelliitin yli

Tämä IPTV-sisällön jakelutapa perustuu mukautettuun versioon DOCSIS-standardista. Suurin ero kaapeli- ja satelliittiDOCSIS-standardien välillä on QPSK-modulaation käyttö QAM-modulaation sijaan, joka on kehitetty HFC-verkkoja varten. Protokollan aiemmat versiot sisälsivät tuen 1,5 Mbps nopeudelle, kun taas uudemmat versiot voivat ylittää paljon suurempiin nopeuksiin. Suuremmat nopeudet mahdollistavat satelliittioperaattoreiden alkavan jakaa videosisältöä IP-pohjaisten teknologioiden välityksellä (O'Driscoll, 2008, s. 46–48).

3. TUOTANTO

3.1 Laitteisto

Tässä kappaleessa esitellään tarvittava laitteisto, ohjelmisto sekä liitännät, joita tarvitaan IP-pohjaiseen multicast IPTV:hen. Jokaisen komponentin rooli esitellään tulevissa osioissa (O'Driscoll, 2008, s. 119).

3.1.1 Integroidut vastaanottolaitteet (IRDs)

Näillä digitaalisilla laitteilla vastaanotetaan sisältöä lukuisista eri lähteistä, esimerkiksi satelliiteista (O'Driscoll, 2008, s. 119).

3.1.2 Reaali-aikaiset enkooderit

Reaaliaikaisia enkoodereita käytetään pakkaamattoman analogisen tai digitaalisen videosisällön pakkaamiseen sekä enkapsulointiin, jotta saadaan lähetettyä mahdollisimman paljon informaatiota käyttäen vähän kaistanleveyttä kuitenkin säilyttäen audio- ja videostriimien laatu. Pakkaamaton analoginen tai digitaalinen videosisältö vastaanotetaan enkooderiin ja saadaan tuloksena enkapsuloidut videopakettit, jotka sisältävät pakatun videosisällön. Kun signaali on enkoodattu, pakatut striimit lähetetään IPTV jakelureitittimeen, tai jos enkooderissa on Ethernet-liitäntä, erillistä jakelureititintä ei tarvita (O'Driscoll, 2008, s. 119).

3.1.3 TV striimaus palvelimet

Nämä palvelimet vastaavat suoran IPTV sisällön striimauksesta loppukäyttäjille käyttäen valikoiduja protokollia (O'Driscoll, 2008, s. 120).

3.1.4 IP transkoodausjärjestelmä

Transkoodausjärjestelmän tehtävänä on uudelleenkodeata vastaanotettu digitaalinen videosisältö. Tämän lisäksi transkoodauksessa tapahtuu kuvan virkistystaajuuden säätöä sekä bittinopeuden tai tarkkuuden muutosta. Transkoodausjärjestelmän vaatimukset ovat riippuvaisia alkuperäi-

sen videosisällön formaatista sekä käytössä olevasta pakkausstandardista. Jotkut edistyneimmät transkooderit sisältävät myös tuen enkoodaus- sekä purkutoiminnallisuuksille (O'Driscoll, 2008, s. 120).

3.1.5 Suojausjärjestelmä

Suojausjärjestelmän tarkoituksena on rajoittaa tilaajien pääsyä ja suojautua sisällön varkautta vastaan (O'Driscoll, 2008, s. 121).

3.1.6 Headend Middleware ja sovelluspalvelimet

IPTV Middleware jakautuu asiakas- ja palvelinohjelmistoon. Middleware-palvelinohjelmistoa käytetään useissa sovelluspalvelimissa.

IPTV Headend Middleware- ja sovelluspalvelinten tehtäviin kuuluu mm. isännöidä ohjelmistoja, jotka toimivat rajapintoina IP-päätelaitteisiin sulautettujen middleware asiakasohjelmistojen kanssa sekä toimia käyttöliittymän tukena multicast ja on-demand palveluissa.

Middleware asiakasohjelmisto sijaitsee IPTV-päätelaitteessa ja sitä käytetään erottelemaan IPTV sisältö muusta verkkoliikenteestä (O'Driscoll, 2008, s. 143-144).

3.1.7 IP kytkimet

IPTV datakeskus sisältää laitteiston video- ja audio-signaalien kytkentään. Kanssa kohti muuntaa digitaalisen videosaalin IP-paketteja, palveluntarjoajat ovat alkaneet käyttää standardeja IP-laitteita, kuten Ethernet- reitittämiä ja kytkimiä signaalien reititykseen. Standardin verkkolaitteiden käyttö mahdollistaa IPTV tarjoajien yhdistää erilaisia video-, audio- ja datasaigaaaleja yhteen verkkoon. Tämä vähentää kunnossapitokustannuksia, yksinkertaistaa verkon hallintaa ja lisääkytkininfrastruktuurin joustavuutta. IP jakeluverkko koostuu ydin- ja yhteys-osioista. Ydinosassa on vastuussa videosisällön kokoamisesta. Järjestelmän yhteys osa käyttää eri teknologioita toimittakseen pyydetty palvelut loppukäyttäjille (O'Driscoll, 2008, s. 144).

3.1.8 IPTV kuluttajalaitteisto (IPTVCD)

IPTVCD:llä tarkoitetaan laitteistoa, joka päättää IPTV-yhteyden. Näitä ovat esimerkiksi mediacentter PC:t, pelikonsolit, yhdyskäytävät sekä IP-

digisovittimet. Yhdyskäytävä sijaitsee ydinverkon ja talon sisäisen verkon välissä mahdollistaen jakaen yhteyden useammalle laitteelle. Kolmannen sukupolven yhdyskäytävät pystyvät tukemaan useita laajakaista- ja kotiverkon rajapinta teknologioita. Yhdyskäytävässä on oltava luotettava laitteisto ja ohjelmisto mukautuakseen useiden palveluiden toimittamiseen, oltava turvattuja sekä yhteensopivia. Yhdyskäytävässä tyypillisesti modeemin, reitittimen ja keskittimen toiminnot yhdistyvät (O'Driscoll, 2008, s. 145).

3.2 Verkko

IPv6 on korvaaja Internet Protocol version 4:lle (IPv4). Tässä luvussa tarkastellaan IPv6:n laajennetun osoiteavaruuden ominaisuuksia.

IPv6:n mukanaan tuomia etuja ovat mm.:

- Suurempi osoiteavaruus (128-bittinen osoitteisto IPv4:n käyttämän 32-bittisen osoitteiston sijaan)
- Osoitteisto on organisoitu hierarkkiseen muotoon, joka perustuu osoiteluokkien sijaan etuliitteisiin, pitäen näin reititystaulukot pieninä ja runkoverkonreitityksen tehokkaana
- Mekanismi, joka mahdollistaa verkkoliitännöiden automaattisen määrittämisen
- Mahdollisuus monitasoiseen aliverkotukseen maailmanlaajuisesta runkoverkosta yksittäiseen aliverkkoon organisaation sisällä
- Parannettu skaalautuvuus, tehokkuus ja tuki multicast-reititykselle
- Sisäänrakennettu autentikointi ja salaus
- Siirtymävaiheen menetelmiä IPv4:stä siirtymiselle
- Yhteensopiva IPv4:sen kanssa

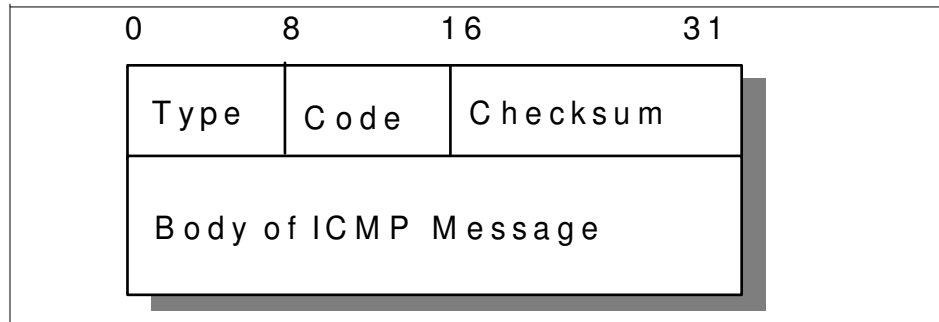
IPv6 osoitteisto on määritelty RFC 4291 – IP Version 6 Addressing Architecture-dokumentissa.

IPv6-osoitteistossa ei ole broadcast-osoitteita, ainoastaan multicast-osoitteita.

Tiettyjä erikoiskäyttöön tarkoitettuja multicast-osoitteita ovat mm.:

- FF01::1** Kaikki paikalliset liitännät.
- FF02::1** Kaikki järjestelmät paikallisessa verkossa.
- FF01::2** Kaikki paikalliset reitittimet.
- FF02::2** Kaikki reitittimet paikallisessa verkossa.
- FF02::1:2** Kaikki DHCP agentit paikallisessa verkossa.
- FF05::1:3** Kaikki DHCP serverit

Internet Control Message Protocol (ICMPv6) sanomat sekä niiden käyttö on määritelty RFC 4443 – Internet Control Message Protocol (ICMPv6) for the Internet Protocol Version 6 (IPv6) Specification and RFC 2461 – Neighbor Discovery for IP Version 6 (IPv6)-dokumenteissa. Molemmat RFC:t ovat standardiehdotuksia. Jokaista ICMPv6 viestiä edeltää ICMPv6-otsikko.



missä:

Type	On olemassa kahden tyyppisiä ICMPv6 viestejä. Virheviesteillä on tyyppi väliltä 0-127. Informaatioviesteillä tyyppi on väliltä 128–255.
1	Kohde tavoittamattomissa
2	Liian iso paketti
3	Aika (hyppäysten lukumäärä) ylittyi
4	Parametri ongelma
128	Echo pyyntö
129	Echo vastaus
130	Ryhmän jäsenyyskysely
131	Ryhmän jäsenyysraportti
132	Ryhmän jäsenyyden vähentäminen
133	Reitittimen kehoitus
134	Reitittimen ilmoitus
135	Naapuri kehoitus
136	Naapuri ilmoitus
137	Viestin uudelleenohjaus
Code	Vaihtelee viestin tyyppistä riippuen.
Checksum	Käytetään tunnistamaan tiedon korruptuneisuutta ICMPv6 viestissä sekä osassa IPv6 ot-sikkaa.
Body of message (TCP/IP Tutorial and Technical Overview)	Vaihtelee viestin tyyppistä riippuen.

Protocol-Independent Multicast (PIM) on Multicast reititysprotokolla, jota kutsutaan protokollasta riippumattomaksi, koska se ei sisällä omaa topologian etsintä mekanismia, vaan sen sijaan käyttää reititysinformaation saamiseen muita reititysprotokollia. PIM hyödyntää mitä tahansa unicast reititysprotokollaa muodostaakseen multicast edelleenlähetystoiminnon. PIM sisältää kaksi eri käytäntöä tiheisiin ja harvoihin verkkotiloihin. Nämä kaksi eri käytäntöä ovat PIM-dense mode (PIM-DM) sekä PIM-Sparse Mode (PIM-SM). Näiden lisäksi on olemassa PIM-SM-käytäntöön läheisesti liittyvä PIM-Source Specific Multicast (PIM-SSM).

- PIM-DM-käytännössä multicast reititin lähettää viestit kaikkiin portteihin (ns. ”työntö” malli). Jos reitittimellä ei ole isäntiä tai loppupäässä ryhmän jäseniä, prune-viesti lähetetään, joka kertoo reitittimelle, ettei lähetä viestejä enää kyseiseen liitännään. Viestien lähetys sekä prune käyttäytymisestä johtuen PIM-DM-käytäntöä ei suositella.
- PIM-SM käyttää ns. ”tarkkaa liittymis” mallia. Tässä mallissa viestit lähetetään ainoastaan vastaanottajalla, joka pyytää niitä. Tämä tapahtuu lähettämällä liittymisviesti. (Cisco, Networking Simplified, 2008, s. 308)
- PIM-SSM tukee toimitusmallia, joka mahdollistaa IPTVCD:n määrittää kanavat, joita se haluaa vastaanottaa. Protokollan käyttää SSM osoittamismerkintätapaa tukeakseen PIM liittymis- ja prune-komentoja. (O’Driscoll, 2008, s. 152).

3.3 Pakkausmenetelmät

MPEG-2 koodausteknologiat voidaan jakaa laajasti video ja audio kategorioihin.

MPEG-2 käyttää profiileja ja tasoja koodaukseen ja purkuun. Profiili määrittelee spesifikaation osajoukon. Toisin sanoen se määrittää koodausprosessin monimutkaisuuden. MPEG-2 on jaettu viiteen profiiliin.

- Simple Profile(SP): Tässä profiilissa ei käytetä B-kehyskiä. B-kehysten puuttuminen tarkoittaa sitä, että kuvien uudelleenjärjestämistä ei tarvita.
- Main Profile (MP): Tämä profiili käyttää kaikkia kolmea kehystyyppiä I, P, and B. Tämä profiili on yleisesti käytössä multicast IPTV-palveluissa laajakaistaverkoissa.
- SNR: Tämän tyyppinen profiili on erinomaisesti soveltuvaperuslaatuiseen kuvan lähettämiseen.
- Spatial: Spatial-profiili käyttää spatiaalista skaalautuvuus työkalua parantaakseen kuvan ominaisuuksia.
- High Profile (HP): Tämä profiili on tarkoitettu HDTV sovellutuksiin 4:2:0 sekä 4:2:2 formaateissa. (O’Driscoll, 2008, s. 71).

MPEG on jaettu profiilien lisäksi myös tasoihin. Näitä tasoja käytetään määrittelemään kuvankoon, kuvanopeuden, bittinopeuden sekä puskurin koon rajoitteet kussakin profiilissa. Erilaisia tasoja on olemassa neljä: Low Level (LL), Main Level (ML), High-1440 (H-14) sekä High Level (HL). Seuraavassa taulukossa esitellään tasot eri profiileille ja niiden ominaisuudet.

TAULUKKO 1 Profiilien ja tasojen yhdistelmät ja niiden ominaisuudet (MPEG-2 Profiles and Levels)

	Kuvakoko	Kehysnopeus	Bittinopeus	Puskurin koko
SP@ML	720x576	30 fps	15 Mbps	1835008 bittiä
MP@LL	352x288	30 fps	4 Mbps	4751136 bittiä
MP@ML	720x576	30 fps	15 Mbps	1835008 bittiä
MP@H-14	1440x1152	60 fps	60 Mbps	7340032 bittiä
MP@HL	1920x1152	60 fps	80 Mbps	9781248 bittiä
SNR@LL	352x288	30 fps	4 Mbps	475136 bittiä
SNR@ML	720x576	30 fps	15 Mbps	1835008 bittiä
Spatial@H-14	1440x1152	60 fps	60 Mbps	7340032 bittiä
HP@ML	720x576	30 fps	20 Mbps	2441216 bittiä
HP@H-14	1440x1152	60 fps	80 Mbps	9781248 bittiä
HP@HL	1920x1152	60 fps	100 Mbps	12222464 bittiä

Koodauksen vaatima bittinopeus voi olla kahden tyyppistä, tasaista (Constant Bitrate, CBR) tai muuttuvaa (Variable Bitrate, VBR). CBR-striimit toimivat tasaisella bittinopeudella riippumatta videosisällön monimutkaisuudesta. Tämä vaihtoehto sopii yhteyksille, jotka tarjoavat kiinteän kaistanleveyden. CBR-striimien kyvyttömyys mukautua videosisällön monimutkaisuuden mukaan on haittapuoli, joka IPTV-palveluntarjoajien on otettava huomioon. Kehykset VBR-striimeissä ovat koodattu käyttäen eri bittinopeuksia. Monimutkaiset kehykset vaativat suuren määrän bittejä, kun taas yksinkertaiset kehykset vaativat vähemmän bittejä muodostaakseen kuvan. Siksi uusia kehittyneempiä pakkausmenetelmiä on kehitetty videosisällön välittämiseen rajoitetun kaistanleveyden verkoissa. (O'Driscoll, 2008, s. 71–72).

MPEG-4-spesifikaatio sisältää lukuisia eri osia. Näihin kuuluvat mm. Part-2-videokodekki (josta tunnetuimpia ovat DivX ja XviD), Part 3-audiokodekki (joka tunnetaan nimellä Advanced Audio Coding, AAC) sekä Part 10-videokodekki (H.264/Advanced Video Coding, AVC). Näitä eri osia voidaan käyttää joko yhdessä tai erikseen. Kehitys eri teknologioissa vuosien saatossa on aikaansaanut sen, että MPEG-4:stä on tullut suosittu pakkausmenetelmä IPTV-palveluissa. Uuden sukupolven verkkojen nopea kasvu on kasvattanut kysyntää kehittyneille videopalveluille kuten HDTV. Tämän tyyppisten palveluiden kaistanleveyden vaatimukset ovat huomattavat. Esimerkiksi yksi High Definition (HD)-kanava tarvitsee saman kaistanleveyden kuin kuusi SD-kanavaa. H.264/AVC-standardin etuja ovat:

- Vie vähemmän tallennustilaa
- Kuljetusmuodosta riippumaton
- Sopeutuvainen huonolaatuisiin verkkoihin
- Hyvä suorituskyky
- Alhaiset kaistanleveysvaatimukset
- Yhteensopiva nykyisten videoprosessointi infrastruktuurien kanssa
- HDTV tuki
- Monet organisaatiot ovat valinneet sen. Näihin kuuluvat mm.:

- DVD Forum
- Blu-ray Disk Association
- DVB
- ATSC
- DMB
- IETF
- ISMA

H.264/AVC-standardin avoimuus on yksi tärkeimmistä tekijöistä, miksi se on saanut laajaa tukea organisaatioilta.

H.264/AVC-standardissa on olemassa kolme profiilia.

- (1) **Baseline**– Suunniteltu tukemaan sisällön siirtoa monenlaisissa eri verkkoympäristöissä. Tätä profiilia käytetään mm. videoneuvotteluissa sekä mobiiliTV:ssä. Tähän profiiliin kuuluvat erityiset tekniset ominaisuudet sisältävät kyvyn jäljentää kehyksiä.
- (2) **Main**– Tämä on suunniteltu erityisesti TV-lähetysiin kuten IPTV-palveluihin. Tämän profiilin erityisiin ominaisuuksiin kuuluvat sen koodausprosessin tehokkuus sekä kyky viitata B-kehyksellä mihin tahansa kehykseen sarjassa kehyksiä.
- (3) **Extended**– Tämä profiili kerää aiempien profiilien parhaat ominaisuudet yhteen profiiliin. Korkean laadun koodaustehokkuuden lisäksi tätä profiilia käyttämällä pystytään toimimaan hankalissa verkkoympäristöissä.

Kaikki edellä mainitut tekniikat monien muiden kanssa auttavat varmistamaan, että H.264/AVC toimii tehokkaasti, kun pakataan videota lähetettäväksi IP-laajakaistaverkossa. (O’Driscoll, 2008, s. 72–76, 78).

4. OLEMASSA OLEVAT IPTV-PALVELUT

4.1 Sonera

Soneran kotiTV-palvelu on kokonaisvaltainen IPTV-palveluja. Se tarvitsee toimiakseen Soneran toimittaman vähintään 10 Mbit/s yhteyden. Palveluun sisältyy IPTV-digiboksi. KotiTV-palvelu sisältää myös videovuokraamo-, tallennus sekä maksutv-palvelut. Palvelussa sekä SDTV- että HDTV-tasoiset lähetykset lähetetään käyttäen MPEG2-pakkausta (Sonera kotiTV).

4.2 Elisa/Saunalahti

Elisa viihde on IPTV-pohjainen tallennus- ja maksutv-palvelu. Siihen sisältyy antenni-/kaapeliverkon Full HD-hybrididigiboksi, joka on varustettu ethernet-liitännällä IPTV-palveluja varten, joita ovat maksuttomat ja maksulliset lisäkanavat, videovuokraamo ja tallennukset. Digiboksissa on myös USB-liitäntä, mahdollistaen ajansiirron ulkoiselle massamuistille ja/tai ulkoiselta massamuistilta katseltavat mediatiedostot. Tallennus tapahtuu Elisan palvelimille ja tallennuskapasiteettia on 5000 teratavua käyttäjää kohti. Ohjelmia voi lisätä tallennettavaksi mobiililaitteella, Internetissä tai ohjelmaoppaasta. Maksutv-palveluja eikä maksuttomia lisäkanavia ei voi tallentaa. Siihen sisältyy myös sekä laajakaistamodeemi että joku seuraavista Elisan laajakaistateknikoista:

- ADSL, 24Mbit/1Mbit
- Kaapelimodeemi 100Mbit/5Mbit
- VDSL2 100Mbit/10Mbit
- Ethernet 100Mbit/10Mbit

(Elisa Viihde)

Saunalahden saunavisio on Elisa viihteen IPTV-palvelujen edeltäjä, jonka myynti on jo lopetettu. Saunavisio on samanlainen palvelu kuin Elisa viihde, lukuun ottamatta eräitä poikkeavuuksia. Saunavisio-palvelussa maksullisia kanavia varten käytetään Conditional Access (conax)-salausta. Palvelu ei sisällä myöskään maksuttomia lisäkanavia, lukuun ottamatta muutamaa poikkeusta (Pekingin olympialaiset sekä jääkiekon karsinta-turnaus, jotka lähetettiin HD-lähetyksinä) (Saunalahti KotiTotaali).

4.3 Maxivision

Maxivision on IPTV-pohjainen maksutv-palvelu. Se toimii laajakaistaoperaattorista riippumatta ja tarjoaa verkkotallennuksen, johon voi ostaa tallennustilaa 100 tunnin erissä. Ohjelmia voi lisätä tallennettavaksi mobiililaitteella, internetissä tai ohjelmaoppaasta. Maxivision tarjoaa mahdollisuuden valita yli 80 kanavasta. Maxivision vaatii vähintään 2 Mbit/s laajakaistayhteyden, HDTV-kanavat vaativat vähintään 8 Mbit/s yhteyden. Maxivision-palvelun mukana toimitettava sovitin toimii myös DVB-T-verkossa ja osaa käsitellä maanpäällisiä sekä MPEG-2- että MPEG-4-lähetyskäsityksiä (MaxiVision).

4.4 Lumo

Lumon laajakaistatv-palvelussa kanavat lähetetään Internetin välityksellä. Palvelu käyttää MPEG2-pakkausta kaikissa ohjelmissaan. Palvelu vaatii toimiakseen vähintään 8 Mbps yhteyden. Palveluun on mahdollista hankkia maksullisia kanavia. Palvelussa tarjotaan tallennusmahdollisuutta sekä verkko-ajansiirtoa. Peruspalvelussa tallenteita voi olla kerrallaan vain yksi, jota säilötään verkkopalvelimella maksimissaan 6 kuukauden ajan. Lisäpalveluna voi laajakaistatv:seen ostaa lisää tallennuskapasiteettia, sekä ns. ReTV-palvelun, jossa ilmaiskanavien ohjelmia voi katsoa milloin haluaa maksimissaan kahden viikon kuluessa. Palvelua tarjotaan seuraavien yhtiöiden toimesta:

- Mikkelin Puhelin Oyj
- Kymen Puhelin Oy
- Pohjanmaan Puhelin Oy
- Laitilan Puhelin Osuuskunta

(LumoTV)

4.5 TVkaista

TVkaista on ohjelmien tallennuspalvelu internetissä. Palvelu toimii tietokoneen lisäksi myös mm. Playstation 3-pelikonsolissa sekä Apple iPhone-puhelimessa. Palvelussa saa itse valita kuvanlaadun yhteysnopeuden mukaan, minimissään palvelu vaatii 300 kb/s yhteyden, korkein laatu vaatii 8 Mbps yhteyden. Palvelussa ei ole rajoitusta tallennuskapasiteetille ja tallenteet pysyvät kahden viikon ajan tallessa. Jos käyttäjä haluaa säilyttää tallenteita yli kaksi viikkoa, hänen tulee siirtää tallenteet ”varastoon”. ”Varastoon” mahtuu kerrallaan kymmenen tallennetta. Tallenteita voi myös ladata omalle tietokoneelle (TVkaista).

5. YHTEENVETO

5.1 Johtopäätökset ja suositukset

Nykyään olemassa olevat IPTV-palvelut ovat pääosin sekoitus perinteistä digitv-tekniikkaa sekä IPTV-tekniikkaa, joissa IPTV-tekniikkaa edustaa pelkästään tallennus- sekä Video-on-Demand-palvelut. Nämä palvelut tuotetaan unicast-tekniikalla.

Esitelty laitteisto soveltuu hyvin pelkistetyn IPTV-tuotannon toteuttamiseen. Laajamittainen, halutulla tavalla toimiva, palvelu suojauksineen ja Video-on-Demand-palveluineen vaatii hyvin suuren kapasiteetin sekä resurssit. Verkkotekniikoiden osalta multicast on ainoa järkevä tapa toimittaa IPTV-palvelu asiakkaalle. Ainoastaan Video-on-Demand-palvelu voidaan toteuttaa unicast-tekniikalla.

Pakkausmenetelmistä MPEG-2-pakkaus on tällä hetkellä vallitsevin pakkausmenetelmä olemassa olevissa IPTV-palveluissa. MPEG-2-pakkauksen huono puoli on, että se tarvitsee noin kaksinkertaisen kaistanleveyden MPEG-4-pakkaukseen verrattuna. Jotta jakelu voidaan suorittaa mahdollisimman monelle asiakkaalle, suositetaan IPTV-palvelun toteuttamista MPEG-4-pakkausta käyttämällä.

Multicast-tekniikoista valittaessa nousee source-specific multicast parhaimmaksi, koska se lähettää signaalia vain kun sitä pyydetään.

Johtopäätöksenä voidaan todeta, että IPTV-signaali voidaan toimittaa lähes kaikkialle maassa käyttäen jotain esitetyistä jakelukanavista. Haluttu palvelun laajuus ratkaisee käytettävän tekniikan valinnan.

LÄHTEET

DVB-C2 factsheet. DVB. Viitattu 3.5.2011.
http://www.dvb.org/technology/fact_sheets/DVB-C2_Factsheet.pdf

DVB-T2 factsheet. DVB. Viitattu 3.5.2011.
http://www.dvb.org/technology/fact_sheets/DVB-T2_Factsheet.pdf

DVB-S2 factsheet. DVB. Viitattu 3.5.2011.
http://www.dvb.org/technology/fact_sheets/DVB-S2_Factsheet.pdf

O'Driscoll, G. 2008. Next generation IPTV services and technologies. New Jersey, USA: John Wiley & Sons, Inc.

TCP/IP Tutorial and Technical Overview. IBM. 2006. Viitattu 6.5.2011.
<http://www.redbooks.ibm.com/redbooks/GG243376/wwhelp/wwhimpl/js/html/wwhelp.htm>

Cisco, Networking Simplified. 2008. Indianapolis, USA: Cisco Press

MPEG-2 Profiles and Levels. Viitattu 5.7.2011.
http://www.netmode.ntua.gr/courses/postgraduate/video_communications/documents/Profiles_MPEG-2.pdf

Sonera kotiTV. Sonera. Viitattu 3.6.2011

Elisa Viihde. Elisa. Viitattu 7.5.2010. www.elisa.fi/viihde

Saunalahti KotiTotaali. Saunalahti. Viitattu 7.5.2010. www.saunalahti.fi

MaxiVision. Viitattu 7.5.2010. www.maxivision.fi

LumoTV. Viitattu 8.5.2010. www.lumotv.fi

TVkaista. Viitattu 7.5.2010. www.tvkaista.fi

