

SIGNAALIVIRHEET JA – ONGELMAT KAAPELITELEVISIOVERKOSSA

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tietotekniikka
Tietoliikennetekniikka
Opinnäytetyö
Kevät 2009
Dmitrij Kovalenko

Lahden ammattikorkeakoulu
Tietotekniikka

DMITRIJ KOVALENKO

Signaalivirheet ja – ongelmat kaapelite-
levisioverkossa

Tietoliikennetekniikan opinnäytetyö, 43 sivua, 0 liitesivua

Kevät 2009

TIIVISTELMÄ

Suomessa siirryttiin digiaikaan 2007 vuoden syyskuun alusta alkaen. Kaapeliverkossa analogisia lähetyksiä oli mahdollista katsoa 29.02.2008 asti, tämän jälkeen Suomi siirtyi yksinomaisiin digilähetyksiin. Digiaikaan siirtyminen oli varsin vaivalloista, koska laitteet ja tekniikka eivät olleet vielä tarpeeksi hyviä siihen aikaan. Digitaalista televisiota kritisoitiin rajusti, ja osa kuluttajista päätti irtisanoa oman tv-lupamaksun irti, koska he eivät olleet tyytyväisiä digitaalisen television toimivuuteen.

Opinnäytetyö tehtiin Eltel Networksille. Tässä työssäni tutkin ja selvitin signaalivirheitä ja -ongelmia kaapelitelevisioverkossa. Kaapelitelevisioverkko koostuu pääasemasta, kuituvahvistimista, jakeluverkoista, talojakamoista ja taloverkoista. Jakeluverkko oli lopputyöni kannalta erittäin merkityksellinen, koska signaalivirheet ja -ongelmat syntyvät lähestulkoon aina tästä verkon osasta. Jakeluverkko koostuu runkoverkosta, haaraverkosta ja jakoverkosta. Jakeluverkoissa on pääasiassa käytetty koaksiaalikaapeleita signaalien siirtämiseen.

Koaksiaaliverkossa ilmeni huolestuttavia ongelmia, kuten HFC-verkon signaalitasot sekä eroavaisuudet kanavanippujen välisissä lähetystasoissa. Verkossa olevat päättämättömät linjat aiheuttivat ongelmia varsinkin keskustan alueella, minkä takia tiettyjä kanavanippuja jouduttiin nostamaan suuremmille taajuuksille. Kaapelimodeemeja häiritsevä kohinaongelma on iso riesa tällä hetkellä, ja myös laitekaappien huono kunto huolestuttaa.

Kaapeliverkko toimii tällä hetkellä jollain lailla, mutta jos näiden ongelmien korjaamisen ei ryhdytä tarpeeksi nopeasti, verkon kunto huononee huomattavasti ja kuluttajien tyytyväisyys tulee olemaan koetuksella. Tällä hetkellä viankorjaukset ovat vain tilapäisratkaisuja, jotka hyvin todennäköisesti uusiutuvat myöhemmin.

Avainsanat: Digitaalinentelevisio, Kaapelitelevisio, HFC-verkko

Lahti University of Applied Sciences
Faculty of Technology

DMITRIJ KOVALENKO

Signal errors and other signal problems in
the cable television network

Bachelor's Thesis in Telecommunications Technology, 43 pages

Spring 2009

ABSTRACT

Finland entered the digital era in September 2007. It was possible to watch analog broadcasts on the cable television network until 29 February 2008 but after that day Finland moved to exclusively digital broadcasts. Moving to the digital time was very difficult, because the equipment and technology were not good enough at that time. Digital televisions were criticized sharply and some consumers decided to discontinue their television licenses because they were not satisfied with the functioning of digital television.

This Bachelor's thesis was made for Eltel Networks. The objective was to investigate and solve signal errors and other signal problems in the cable television network. A cable television network consists of a headend, fibre amplifiers, distribution networks, house main distribution frames and house networks. The distribution network was extremely important for the thesis because signal errors and cable television problems very often arise from this part of the network. A distribution network consists of a backbone network, a branch network and a sharing network. In distribution networks, coaxial cables are mainly used for transferring signals.

There were serious problems in the coaxial network, like HFC network signal levels and differences between the transmission levels of channel packs. Also some unterminated network lines, especially in the central area, caused a problem and that is why certain channel pack frequencies had to be increased. Distracting noise in cable modems is a big problem at the moment and the poor condition of equipment cabinets is also a concern.

The cable network is currently working somehow but if nobody starts solving these problems quickly enough, the condition of the network will deteriorate significantly and consumer satisfaction will be tested. Currently problems are solved on an ad hoc basis and they are likely to re-emerge later.

Key words: digital television, cable television, HFC network

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	DIGITAALINEN TELEVISIO	3
2.1	Siirtyminen digiaikaan	4
2.1.1	Digisiirtymän ongelmat	5
2.1.2	Digisiirtymän kritiikki	6
2.1.3	Digisiirtyminen muualla maailmassa	7
2.2	DVB Standardit	8
3	KAAPELITELEVISIOVERKKO	10
3.1	Kaapelitelevision toimintaperiaate	11
3.1.1	Päävahvistin (head end)	12
3.1.2	Kuituvahvistimet	13
3.1.3	Jakeluverkko	14
3.1.4	Talopakamo	14
3.1.5	Taloverkko	15
3.1.6	Kaksisuuntainenverkko	16
4	DIGITAALISEN SIGNAALIN SIIRTOTIET	17
4.1	Koaksiaalikaapeli	17
4.2	Optiset kuidut	19
4.3	Modulaatiomenetelmät	20
4.4	Koodausmenetelmät	21
5	KOAKSIAALIVERKON ONGELMATILANTEET	22
5.1	Suurimmat signaaliongelmat	23
5.2	Uuden ja vanhan verkon vertailua	23
5.3	Kaappien kunto	24
5.4	Virheily koaksiaalikaapelissa	25
5.5	Laitevikoja	27

6	KOAKSIAALIVERKON TUTKIMINEN	28
6.1	Käytetyt tutkimusmenetelmät	28
6.2	Mittauslaitteet	29
7	KAAPELITELEVISIOVERKON KUNNOSTAMINEN	31
7.1	Suurimmat signaaliongelmat	31
7.2	Uuden ja vanhan verkon vertailua	32
7.3	Kaappien kunto	34
7.4	Virheily koaksiaalikaapelissa	35
7.5	Laitevikoja	36
8	YHTEENVETO	39
	LÄHTEET	41

LYHENNELUETTELO

ATSC	Advanced Television System Committee, amerikkalaisten kehittämä oma digi-tv standardi.
CD-levy	Compact disc, optinen digitaalisen tiedon tallennusmedia.
CMTS	Cable Modem Termination System, kaapelimodeemiverkoissa datan lähettämistä ja vastaanottamisesta vastaava laite.
COFDM	Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex, ortogonaalinen-taajuusjakomultipleksointi, jossa käytetään virhekorjausta.
Docsis	Data Over Cable Service Interface Specification, kaapelimodeemin standardi, jossa määritellään tiedonsiirto.
Dolby Digital, On	Dolbyn kolmannen sukupolven häviöllinen audiokoodekki (codec) ja -formaatti, tunnetaan myös nimellä AC-3.
DVB	Digital Video Broadcasting, digitaalisen television jakelujärjestelmä.
DVB-C	Digital Video Broadcasting - Cable, kaapelijakelun digitaalisen siirron standardi .
DVB-H	Digital Video Broadcasting - Handhelds, digitaalisten televisiolähetysten standardi matkapuhelintyyppisiä päätelaitteita varten.
DVB-S	Digital Video Broadcasting - Satellite, satelliittijakelun digitaalisen siirron standardi.

DVB-T	Digital Video Broadcasting - Terrestrial, maanpäällisen jakelun digitaalisen siirron standardi.
EPG	Electronic program guide, sähköinen ohjelmaopas.
EuroDocsis	Data Over Cable Service Interface Specification, eurooppalainen kaapelimodeemin standardi, jossa määritellään tiedonsiirto.
HFC-verkko	Hybrid-fibre-coaxial-network, Kuitu-koaksiaaliverkko. Kaapelitelevisioverkkotopologia, jossa verkko jaetaan valokuiduilla soluiksi ja solujen sisällä käytetään koaksiaalikaapeleita. Tällaista verkkoa kutsutaan myös hybridiverkoksi ja soluverkoksi.
HDTV	High-Definition Television, teräpiirtotelevisio.
IP	Internet Protocol, yksilöi jokaisen internet-verkkoon kytketyn tietokoneen.
ISDB	Integrated Services Digital Broadcasting, japanilaisten oma digi-tv standardi.
Letterbox	Tarkoittaa tapaa, jolla elokuva siirretään toiseen kuvasuhteeseen ilman että kuvasuhde vääristyy.
MPEG	Moving Pictures Expert Group, ei ole standardin lyhenne vaan työryhmä, jonka vastuulla on kehittää standardeja digitaalisen videon ja audion tallentamiseen.
NTSC	National Television System Committee, television värijärjestelmä, jota käytetään pääasiassa Yhdysvalloissa ja Kanadassa.
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing, ortogonaalinentaajusjakomultipleksointi.

Pan & Scan	Tapa tehdä elokuvasta 4:3-versio.
PAL	Phase Alternating Line, television värijärjestelmä, jota käytetään pääasiassa Euroopassa.
QAM	Quadrature Amplitude Modulation, tämä on eräänlainen modulointitekniikka, joka yhdistää signaali vaihe-eroja ja signaalin voimakkuuksia yhteen.
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying, nelivaiheinen vaiheavainnus käyttää neljää kantaallon vaihetta. Eräänlainen modulointitekniikka.
SCART	Syndicat des Constructeurs d'Appareils Radiorécepteurs et Téléviseurs, tämän avulla voidaan kuljettaa videota ja audiota. Siinä on 21 pinniä/nastaa, joista jokaiselle on oma käyttötarkoituksensa.
SECAM	Sequential Colour with Memory, television värijärjestelmä.
Tellu	Antennikaapeli.
VHS	Video Home System, tallentavien ja toistavien videonauhurilaitteiden tallennusmuodon standardi.
8PSK	8 Phase Shift Keying, 8-vaiheavainnus, jossa symbolissa on käytössä 8 vaihetta ja siten voidaan ilmaista 8 numeroarvoa. Eräänlainen modulointitekniikka.

1 JOHDANTO

Lähes jokaisessa suomalaisessa kodissa on televisio ja siihen soveltuva digitaalinen vastaanotin. Suomalaiset katsoivat televisiota maalis-elokuussa vuonna 2008 päivittäin lähes 2 tuntia ja 45 minuuttia. Vuonna 2008 vuoden lopussa kaapeliverkkoon oli kytkettynä noin 1 350 000 taloutta, ja kaapeli-tv-liittymien määrä kasvaa edelleen vuosittain. Yli puolet suomalaisista katselee televisiota kaapelin kautta, joten kaapelitelevisio tarjonnan on oltava laadukasta ja ennen kaikkea toimivaa.

Kaapelitelevisiolla on paljon käyttäjiä, mutta sen toiminnassa ja signaalien laadussa on esiintynyt isojakin ongelmia. Kaapelitelevision signaali on ollut välillä aliarvoista, mikä on aiheuttanut asiakkailta televisiokuvissa pikselöitymistä ja pätkimistä. Kaapeliyhtiöt ovat vastaanottaneet paljon vikailmoituksia asiakkaiden televisiokuvien laadusta, mutta digitaalisen siirtymän jälkeen vikailmoitusten määrä suureni huomattavasti. Nykyään asiakkaat ovat oppineet käyttämään digibokseja, ja he osaavat tehdä itse pieniä huoltotoimenpiteitä, jos televisiokuvassa on häiriöitä. Silti kaapelitelevisiossa esiintyy paljon ongelmia, jolle tavalliset asiakkaat eivät voi yhtään mitään. Ongelmat ovat lähtöisin HFC (Hybrid-fibre-coaxial-network)-verkosta, joka näyttäisi toimivan päältä päin katsottuna hyvin, mutta todellisuudessa siinä on ongelmia.

Opinnäytetyö tehtiin Eltel Networksille. Tässä työssä tarkastelen ja tutkin kaapelitelevision siirtoteissä aiheutuvia ongelmia sekä sitä, minkälaisia ongelmia digitaalisuuteen siirtyminen aiheutti Suomessa. Digitaalisuuteen siirtyminen oli vaivalloista ja aiheutti suurta kritiikkiä valtakunnallisesti. Analogiset lähetykset lopetettiin kokonaan ja ihmiset olivat pakotettuja siirtymään digitaalisen aikaan ja ostamaan digibokseja, jotta television katselu olisi jatkossa mahdollista. Tuolloin kauppoihin tulleet digiboksit eivät olleet tarpeeksi hyviä kuluttajille, joten vastalauseena digitaalisuudelle televisiolupamaksuja aloitettiin irtisanoa. Irtisanomisia

tuli mittavia määriä, mutta digitaalisen tarjonnan ja palveluiden paraneminen on saanut suurimman osan kuluttajista kääntämään pänsä ja uskomaan parempaan digitaaliseen televisioon.

Kaapelitelevision siirtoteissä on esiintynyt mielenkiintoisia ja haastavia ongelmia. Kaapelitelesioverkossa signaalin siirtoteinä toimivat kuidut ja koaksiaalikaapelit. Erityisesti koaksiaaliverkon alueilla on esiintynyt suuria ongelmia, jotka ovat heijastuneet virheilevinä televisio kuvina sekä tyytymättöminä asiakkaina. HFC-verkossa ongelmatilanteet vaihtelevat alueittain, ja pahimmassa tilanteessa verkossa voi olla useampia vikoja samanaikaisesti päällä.

2 DIGITAALINEN TELEVISIO

Digitaalitelevisio tarkoittaa digitaalisessa muodossa lähetettäviä televisiolähetystyksiä. Digitaalisia televisiolähetystyksiä voi lähettää kaapeliverkossa, maanpäällisessä antenniverkossa sekä satelliittien kautta. Kuva ja ääni pakataan digitaalisessa televisiolähetystyksessä entistään tiiviimpään muotoon. Tällä tavoin jakeluverkossa on mahdollista lähettää huomattavasti enemmän ohjelmia sekä muita palveluja ja siten lisätä kuluttajien valinnan varaa. Digitaalinen lähetys käyttää radioaaltojen taajuuksia tehokkaasti hyväkseen ja tämän takia on vähemmän altis ulkoisille häiriöille. (Julkishallinnon laitosten siirtyminen digi-tv – aikaan 2006.)

Digitaalinen televisio mahdollistaa monia uusia ja parempia tapoja televisiokuvan välittämiseen. Yhden analogisen televisiokanavan tilalle voi nykyisellä digitaali-tekniikalla siirtää 4-6 digitaalista kanavaa. Tämä mahdollistaa uusien kanavien lähettämistä sekä ohjelmatarjonnan paranemista. Digitaalisen tekniikan avulla saadaan kirkkaampaa ja terävämpää tv-kuvaa, myös sähköinen ohjelmaopas EPG (Electronic program guide) on yksi digitaalisen lähetystyksen uusia mahdollisuuksia. Alueelliset ja vuorovaikutteiset ohjelmat kuuluvat myös digitaalisuuden uutuuksiin. (Digita 2008.)

Digitaalisissa lähetystyksissä äänenlaatua voi verrata CD (Compact disc)-levyjen tasoiseksi. Kaikki digitaaliset vastaanottimet eli digiboksit tukevat MPEG (Moving Pictures Expert Group)-standardeja ja osa vastaanottimista tukee myös Dolby Digital AC-3-standardia. Digitaalisessa vastaanottimessa on mahdollista valita itselleen sopiva kuvasuhde, joita ovat 16:9 tai 4:3. Kuvasuhteen ollessa 4:3 sen näyttömuodoksi voidaan valita kokonainen ruutukuva (Pan & Scan) tai kuvaruudussa mustat palkit ylhäällä ja alhaalla (Letterbox). Digitaalisissa lähetystyksissä on käytössä DVB-tekstititys, jonka avulla katsoja voi valita lisätekstitystä tai vaihtaa tekstityksen kielen. Tekstityksessä käytetään Tiresias fonttityyppiä, joka on selkeää ja helppolukuista. (Digi-tv 2007.)

2.1 Siirtyminen digiaikaan

Vuonna 2000 ensimmäiset digitaaliset lähetykset alkoivat pääkaupunkiseudulla, Tampereella ja Turun ympäristössä. Aluksi vain TV 1, TV 2, MTV3 ja Nelonen lähetettiin rinnakkaisina lähetyksinä eli analogisina sekä digitaalisina. Digitaalisen television katselussa kaikkein tärkein laite eli digiboksit tulivat myyntiin ensimmäisen kerran marraskuussa 2001. Televisioverkon digitalisoinnin toinen vaihe valmistui vuonna 2004, jolloin digitaalisen television näkyvyysalue laajeni niin paljon, että 94 % väestöstä oli näkyvyysalueen sisäpuolella. Maaliskuussa vuonna 2004 Suomen hallitus teki päätöksen, että 1.9.2007 siirrytään yksinomaisiin digitaalisiin televisiolähetyksiin, mikä tarkoitti analogisten lähetysten loppumista kokonaan. Vuonna 2005 digitalisoinnin kolmas vaihe saatiin valmiiksi, jolloin digitaalisen television näkyvyysalueita on paranneltu täytelähettimillä. (Digi-tv 2007.)

Vuonna 2007 syyskuun ensimmäisenä päivänä kello 04.00 Suomessa siirryttiin pelkästään digitaalisiin lähetyksiin, jolloin analogiset lähetykset lopetettiin kokonaan. Kaapeliverkossa päätettiin jatkaa analogisten peruskanavien lähettämistä sekä ruotsinkielisillä paikkakunnilla FST5:n lähetysten jakamista analogisena. Lisäaikaa annettiin 29.2.2008 saakka, koska päätöksentekohetkellä digisovittimen omisti vain 56 %. Digitaalisiin televisiolähetyksiin siirtymisen lähtökohtana oli, että kaikille turvataan tasavertaiset mahdollisuudet seurata Yleisradio Oy:n täyden palvelun televisio-ohjelmistoa ja siihen liittyvät oheis- ja lisäpalvelut. (Digitaaliseen televisioon siirtyminen 2008.)

Viimeisimmän tutkimuksen mukaan 98 prosenttia television omistavasta kotitaloudesta oli hankkinut ennen elokuun puoltaväliä digisovittimen. Yksin asuvat alle 35-vuotiaat ovat suurin yksittäinen ryhmä, joilla digivastaanotin puuttuu omasta taloudesta. (Cable 2008.)

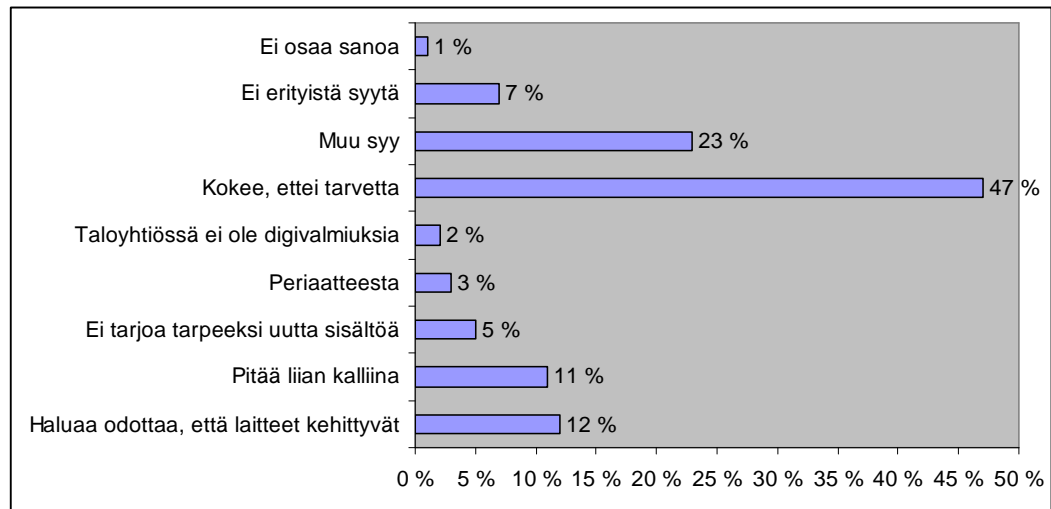
2.1.1 Digisiirtymän ongelmat

Digiaikaan siirtymistä lykättiin moneen kertaan, kunnes Suomen hallitus teki lopullisen päätöksen, että 1.9.2007 siirrytään digiaikaan. Kaapeliverkossa annettiin vielä tietyille kanaville lisääaikaa lähes puoli vuotta, kunnes nekin lopetettiin 29.2.2008. Koko tämän digisiirtymän prosessin aikana ihmisillä oli ollut todella paljon ongelmia digitaalisten lähetyksen kanssa. Varsinaiset ongelmat tulivat esiin, kun analogiset lähetykset lopetettiin kaapeliverkosta ja antenniverkosta ja siirryttiin yksinomaisiin digitaalisiin lähetyksiin. Digisiirtymän takia monet taloudet jäivät kärsimään katvealueongelmista, joihin ei saanut yhteyttä edes satelliitillaakaan. Tällaiset taloudet jäivät digisiirtymän jälkeen kokonaan ilman televisiota. Monet taloyhtiöt eivät olleet varautuneet kunnolla digisiirtymiseen, jolloin taloyhtiön taloverkot olivat heikossa kunnossa. Analogisissa lähetyksissä minkäänlaiset viat eivät tulleet esiin, mutta kun siirryttiin digitaalisuuteen, alkoivat häiriöt näkyä televisiovastaanottimissa. Tämä johtui taloverkon huonosta kunnosta, jota olisi pitänyt kunnostaa ennen digisiirtymistä. (Digisiirtymä 2007.)

Monet kuluttajat olivat digitaalisuutta vastaan, koska heidän mielestään digitaalinen televisio ei ollut vielä tarpeeksi toimiva ratkaisu. Siirtymävaiheen jälkeen lähetyksissä huomattiin olevan paljon ongelmia, ja tämä oli monelle kuluttajalle liikaa, joten iso osa päätti irtisanoa tv-lupamaksun. Vuoden 2007 syksynä noin 32 000 taloutta irtisanoi tv-lupamaksun. Samanlainen meno näytti jatkuvan heti vuodenvaihteen jälkeen eli vuoden 2008 alusta, jolloin 18 431 taloutta oli irtisanonut tv-lupamaksun. Eniten lupia oli Suomessa voimassa vuonna 2003 lopussa, jolloin määrä oli 100 000 nykyistä suurempi. (Viestintävirasto 2008.)

Digisovittimien hankkiminen oli monelle kuluttajalle aikanaan ongelma. Sovittimet eivät olleet tarpeeksi hyviä tai laadukkaita hintaansa nähden. Niinpä monet jättivät digisovittimien oston viimeinkin tai jättivät kokonaan ostamatta. Taulukossa 1 on esiteltyä vuodelta 2006 tutkimustuloksia, miksi kuluttajat eivät olleet hankkineet digibokseja. (Viestintävirasto. 2006.)

TAULUKKO 1. Syitä miksi digibokseja ei ole hankittu (Viestintävirasto 2006.)



2.1.2 Digisiirtymän kritiikki

Digitaalisia lähetyksiä vastaan taisteltiin ennen kuin varsinaista digimuutosta oli edes tehty ja analogisten lähetysten sammuttua alkoi varsinainen ryöpytys. Suurin kritiikin kohde oli varsinainen digitaalinen lähetys, koska lähetyksissä oli paljon ongelmia ja kuvanlaadun paranemiseen sijaan kuvanlaatu saattoi olla samanlainen kuin analogisessa lähetyksessä tai jopa huonompikin. Ongelmia aiheuttivat myös Ylen tekstitykset, jotka olivat digi-tv-standardin mukaisia, ja ongelman aiheuttaja olisivat olleet määritysten kanssa yhteensopimattomat laitteet eli digiboksit. Digisiirtymän alussa oli tarjolla paljon ylihinnoiteltuja sekä huonosti toimivia digibokseja. Keskenpäisten tuotteiden ja huonolaatuisten lähetysten johdosta digisiirtymää alettiin protestoida jättämällä televisiolupamaksut maksamatta. Digitaalisuudesta voidaan todeta, että digisiirtymän alussa kritiikki oli kovaa ja ihan aiheellistakin, mutta viime aikojen tuotteiden kehitys ja laadun paraneminen ovat saaneet kuluttajien päät kääntymään ja uskomaan parempaan digitaaliseen televisioon. (ESS 2008.)

2.1.3 Digisiirtyminen muualla maailmassa

Hollanti lopetti analogisten lähetysten lähettämisen ensimmäisenä maailmassa, mutta silti Suomesta tuli ensimmäinen maa, joka siirtyi täysin digitaalisiin lähettyksiin. Suomea aikaisemmin maanpäälliset analogiset lähettykset lopettivat Hollanti ja Luxemburg sekä Ruotsi 15.10.2007. Nämä maat eivät siirtyneet täysin digitaaliseen aikaan vaan kaapeliverkoissa on edelleen mahdollista katsella analogisia lähettyksiä. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2008.)

Ruotsi sammutti maanpäälliset analogiset lähettykset 15.10.2007 eli melkein heti Suomen jälkeen. Ruotsi ei siirtynyt täysin digitaalisuuteen, vaan kaapeliverkossa on edelleen mahdollista seurata analogisia lähettyksiä. Ruotsissa noin 20 prosenttia kuuluu satelliittivastaanottoalueeseen, joka lähettää ainoastaan digitaalisia lähettyksiä. Digitaalisuuteen siirtyessä Ruotsissa tapahtui täysin päinvastainen ilmiö kuin Suomessa, eli televisiomaksujen määrä suureni vuonna 2007 noin 30 000. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2008.)

Norjassa digitalisoituminen on tapahtunut varsin hitaasti, vaikka ensimmäiset testilähettykset aloitettiin jo vuonna 2000. Viimeiset analogiset maanpäälliset lähettykset Norjassa pyritään sammuttamaan vuonna 2009 marraskuussa. Norjan maanpäälliset digitaalilähettykset aloitetaan MPEG-4-standardilla. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2008.)

Muualla Euroopassa digisiirtyminen on jo täydessä vauhdissa ja analogisten lähetysten loppuminen on vain ajan kysymys. Iso-Britanniassa maanpäällisten analogisten lähetysten lopettaminen tapahtuu alue kerrallaan ja viimeinen alue sammutetaan vuonna 2012. Saksassa digitaalisiin lähettyksiin on jo siirrytty useassa kaupungissa ja viimeiset analogiset maanpäälliset lähettykset lopetetaan vuonna 2010. Espanjassa digitalisointuminen on pyritty aikaistamaan nopeuttamalla analogisten lähetysten lopettamisajankohtaa. Alkuperäistä ajankohtaa nopeutettiin kahdella vuodella ja vuoden 2010 mennessä jokaiselta alueelta maanpäälliset analogiset lähettykset olisi tarkoitus sammuttaa. Italiassa analogisten lähetysten sulkemista pidennettiin muutamalla vuodella, ja tällä hetkellä viimeisten maanpäällisten ana-

logisten lähetysten on kaavailtu loppuvan vuonna 2012. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2008.)

2.2 DVB Standardit

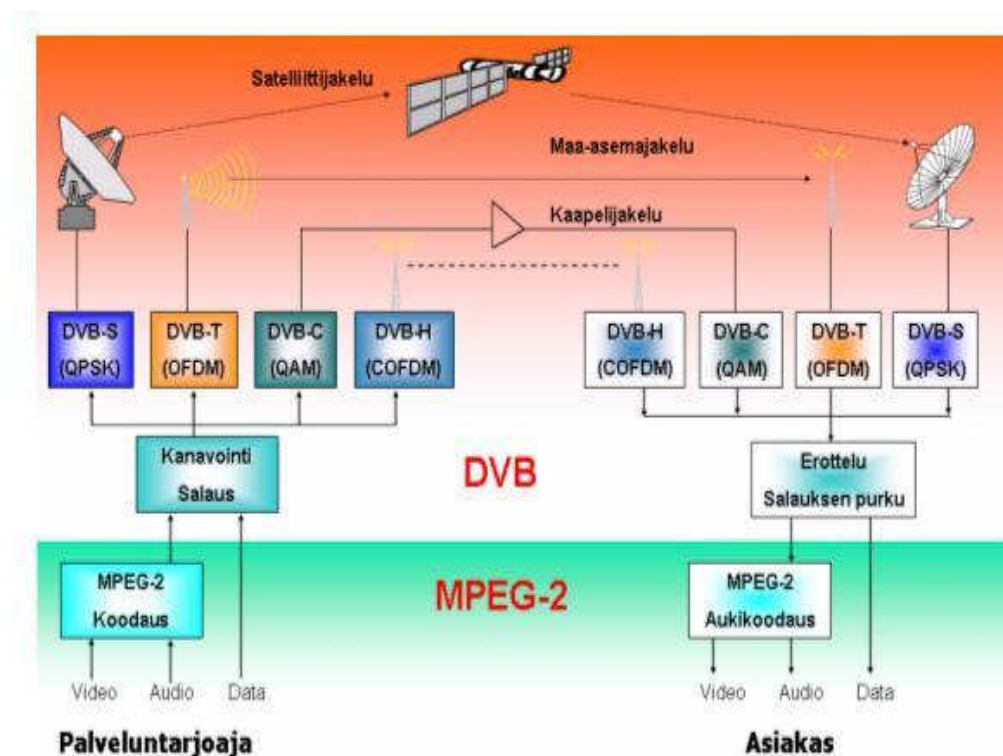
Maailmassa on kolmenlaista digi-tv-standardia, jotka kilpailevat kaikki keskenään. Euroopassa on käytössä DVB (Digital Video Broadcasting) standardi. Amerikka on kehittänyt oman standardin, joka on nimeltään ATSC (Advanced Television System Committee). Japanissa on käytössä heidän oma standardi eli ISDB (Integrated Services Digital Broadcasting). DVB-standardi on käytössä lähes kaikissa Euroopan maissa, ja jotkut Euroopan ulkopuoliset maat aikovat ottaa DVB-standardin käyttöön. DVB-järjestelmä perustuu liikkuvan kuvan häviölliseen MPEG-2 ja MPEG-4 pakkaukseen. (Digi-tv 2007.)

Kaapelitelevision digitaalinen jakelujärjestelmä on nimeltään DVB-C (Digital Video Broadcasting - Cable). DVB-C kaapelijärjestelmässä käytetään QAM (Quadrature Amplitude Modulation) modulaatiomenetelmää, jossa on yksi kanta-aalto ja moduloiva signaali, joka voi olla transmoduloitu esimerkiksi satelliitista tai maanpäällisestä lähettimestä. Kaapeliteleviio kanavat löytyvät Päijät-Hämeen verkosta 128-QAM modulaatiota käyttäen. DVB-C standardi ei salli suuria vaihteluja eikä pitkiä heijastuksia, jolloin siirtonopeus häviää eikä maksimaalista tehoa saada irti. (Naskali, Suikkanen 2004, 22 & 36.)

Maanpäällinen digitaalinen lähetysjärjestelmä on nimeltään DVB-T (Digital Video Broadcasting - Terrestrial). Tämä lähetysjärjestelmä on käytössä yli 36 maassa maailmanlaajuisesti ja käyttää modulaationa COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex)-monikantaaltomodulaatiota. Suomessa on käytetty 2k-järjestelmää, mutta nykyään on otettu käyttöön 8k-järjestelmä. 8k-järjestelmässä on 6817 kantaaltoa, ja näiden keskinäinen etäisyys on 1116 kHz. Kantaallon moduloinnissa käytetään QPSK (Quadrature Phase Shift Keying):ta sekä QAM-modulaatiota. DVB-T:n häiriönsieto perustuu ennen modulointia tapahtuvaan virheenkorjausbittien lisäämiseen. (Naskali, Suikkanen 2004, 19 & 35.)

Satelliittilähetysten digitaalinen lähetysjärjestelmä on nimeltään DVB-S (Digital Video Broadcasting - Satellite). Siinä lähetettävä datavirta on samanlaista kuin maanpäällisessä digitaali-lähetyksessä eli DVB-T:sä. Kaikki tarvittava tieto eli kuva, ääni ja data sijaitsevat siirtovirrassa. Satelliittilähetyksissä käytetään pieniä tehoja, mutta suuria taajuuskaistoja. Yhdessä satelliittikanavassa voidaan siirtää 5-10 ohjelmakanavaa, ja DVB-S käyttää QPSK modulaatiomenetelmää. (Naskali, Suikkanen 2004, 21 & 36.)

DVB-H (Digital Video Broadcasting - Handhelds) on digitaalinen lähetysjärjestelmä, joka siirtää tietoa mobiililaitteiden välillä. Kyseinen tekniikka perustuu pitkälti DVB-T-standardiin. DVB-H käyttää modulaatiotekniikkana QPSK:ta sekä 16-QAM. DVB-H on kokonaan IP (Internet Protocol)-pohjainen ja kyseisessä standardissa on aina käytössä aika-viipalointi. (DVB-H 2005.)



KUVIO 1. TV-lähetteen siirtotiet ja modulointitekniikat (Digitaalinen televisio 2008.)

3 KAAPELITELEVISIOVERKKO

Kaapelitelevisioverkossa televisiokanavat ovat pakattu kanavanipuittain. Kanavanippuja on kaapeliverkossa 12 kpl ja kaikki toimivat eri taajuuksilla. Tietyt kanavaniput näkyvät joillakin paikkakunnilla eri taajuuksilla, mutta muuten kanavanippujen taajuudet ovat samat. Kanavaniput sisältävät televisio- ja radiokanavia. Yhdessä kanavanipussa saattaa olla 8-13 tv-kanavaa sekä 0-5 radiokanavaa, lukumäärät riippuvat kanavanipusta. (DNA 2008.)

Kanavanippu tarkoittaa erilaisten kanavien pakkaamista yhteen pakettiin. Analogisissa lähetyksissä yksi kanava täytti kokonaisen taajuuskaistan, mutta digitaalisessa lähetyksessä yhteen taajuuskaistaan pystytään multipleksaamalla koodaamaan monta kaistaa. Tämän ansiosta yhdelle kanavanipulle mahtuu monta televisiokanavaa. (Afterdown.com 2008.)

TAULUKKO 2. DNA TV:n digitaaliset kanavaniput ja taajuudet (DNA 2008.)

Kanavanippu	Taajuus	TV-kanavat	HD-kanavat	Radiokanavat
1	234 MHz	8	-	5
2	370 MHz	8	-	-
3	362 MHz	8	-	-
4	354 MHz	15	-	-
5	346 MHz	9	-	-
6	338 MHz	9	-	-
7	322 MHz	9	-	-
8	314 MHz	9	-	-
9	242 MHz	10	-	1
10	306 MHz	9	-	-
11	298 MHz	7	-	-
12	290 MHz	1	2	-

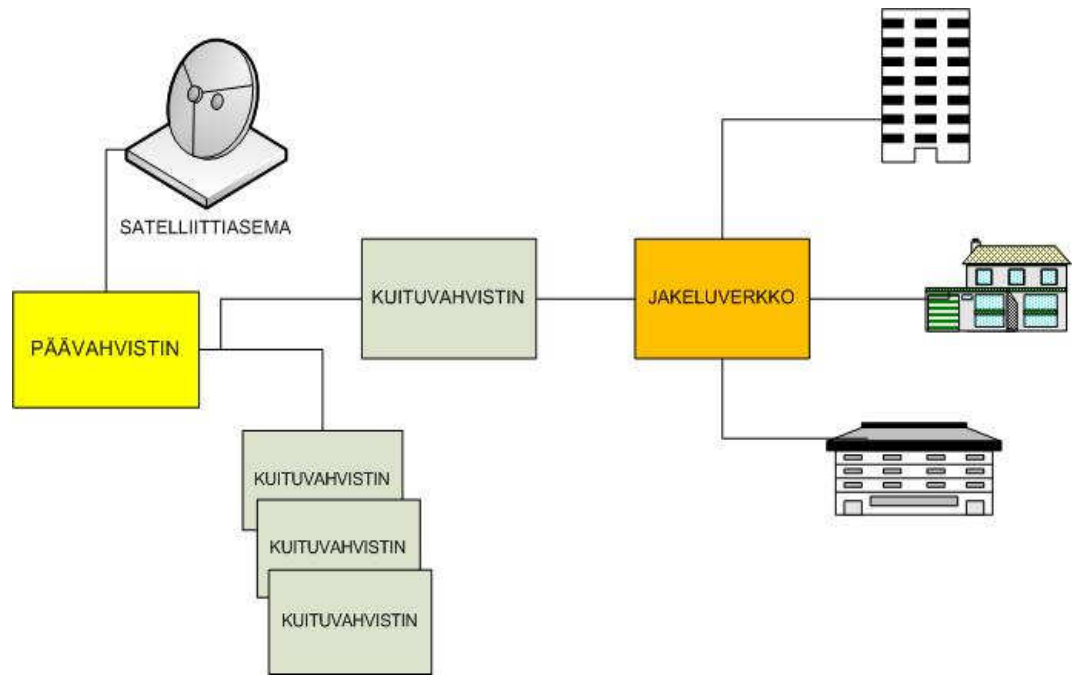
Suomessa maanpäällisen verkon kanavat lähetetään viitenä erilaisena kanavanippuna. Kanavaniput on merkitty kirjaimin A-E: Kanavanippu A on varattu Yleisradion kanaville ja kanavaniput B, C ja E ovat varattu toimiluvanvaraiseen käyttöön. Kanavanippu D on varattu mobiili-tv-käyttöön. (Digi-tv 2008.)

DVB-C:n etu verrattuna DVB-T:hen on se, että kaapelitelevisio käyttää matalampia taajuuksia kuin maanpäällinen antennitelevisio. Kaapelitelevision kanavaniput on sovitettu 234 MHz – 370 MHz väliin, kun taas maanpäällisessä antenniteleviossa kanavaniput alkavat 560 MHz:stä ja päättyvät 762 MHz:n. Tämä asettaa tiettyjä rajoituksia taloyhtiöiden taloverkkoihin. (Digi-tv 2008.)

3.1 Kaapelitelevision toimintaperiaate

Lahden alueen kaapeliteleviosignaali lähtee DNA:n tiloista Harjukadulta. Siellä sijaitsee niin sanottu päävahvistin, josta kaapeliteleviosignaali jakaantuu joka puolelle Lahtea. Päävahvistimelta signaali lähtee kuitua pitkin keskuksille tai kuituvastaanottimille, joita on useita Lahden ympäristössä. Signaalin täytyy olla riittävän laadukas ja tarpeeksi korkea amplitudiltaan, kun se tulee keskukselle tai kuituvastaanottimelle. Keskukset ja kuituvastaanottimet vastaavat oman alueensa kaapeliteleviosignaalin ja jakavat sitä eteenpäin. Mikäli kuituvastaanottimeen tulee jokin häiriö tai signaalitasojen tippuminen, se vaikuttaa todella isolla alueella, ja pahimmassa tapauksessa koko kyseisen kuituvastaanottimen kaapelitelevio asiakkaat ovat ilman televisiokuvia. Kuituvastaanottimista kaapelitelevio signaali jaetaan jakeluverkossa, jota kautta signaalialue laajenee sekä jakaantuu edelleen. Jakeluverkossa signaali vahvistetaan ja pidetään mahdollisimman virheettömänä. Jakeluverkon kautta kaapelitelevio signaali päättyy lopulta taloverkkoon, jossa signaali jälleen vahvistetaan ja jaetaan taloverkon kautta asukkaille.

Alla olevasta kuviosta näkyy tyypillinen kaapelitelevioverkon rakenne. Kaapelitelevioverkko jakaantuu päävahvistimella, josta lähtee erillinen kuitu keskukselle tai kuituvahvistimelle. Tämän jälkeen signaali siirtyy jakeluverkon kautta talojakamoihin ja sieltä edelleen talon omaan sisäverkkoon.



KUVIO 2. Kaapelitelevisioverkon rakenne

3.1.1 Päävahvistin (head end)

Päävahvistin ja sen laitteet mahdollistavat digitaalisentelevision jakelun kaapelitelevisioverkossa. Päävahvistinlaitteisto koostuu satelliittiasemasta sekä päävahvistinlaitteista. Satelliittiasema on järkevää sijoittaa erilliseen paikkaan, koska satelliittiasema tarvitsee mahdollisimman esteettömän alueen, eli esimerkiksi tarpeeksi korkean ja näkyvän alueen satelliittisignaalien vastaanottamiseen. Päävahvistimen sijainti on järkevää sijoittaa muualle, koska satelliittiasemalla on yleensä huono sijainti ja uusien siirtoyhteyksien rakentaminen on kallista.

Päävahvistimella palvelut ja kanavat vastaanotetaan sekä pakataan uudelleen, koska kaapeliverkoissa käytetään tehokkaampaa modulaatiotekniikkaa kuin maanpäällisissä lähetyksissä. Tämän jälkeen signaali vahvistetaan ja salataan, minkä jälkeen signaali lähetetään HFC-verkkoon.

Lahdessa satelliittiasema sijaitsee Radiomäellä, ja päävahvistinlaitteisto sijaitsee DNA:n tiloissa Harjukadulla. Jokaisella paikkakunnalla ei ole omaa satelliittiasema-

maa, koska se ei ole taloudellisesti järkevää. Asemat on keskitetty tietyille paikkakunnille, joista signaali välitetään eteenpäin.

3.1.2 Kuituvahvistimet

Kuituvahvistimia sijaitsee eri puolella Lahtea keskuksissa sekä ihan tavallisissa ulkokaapeissa. Päävahvistimelta lähtee kaapelitelevisiosignaali kuitua pitkin, joka saapuu tarpeeksi hyvän laatuksena sekä riittävän voimakkaana, jotta sitä voi vahvistaa ja välittää eteenpäin jakeluverkossa. Signaali saapuu jonkin alueen keskukseseen tai tavalliseen ulkokaappiin, jossa voidaan vastaanottaa signaali.

Teleste on tällä hetkellä yksinvaltiain laitteiden tarjoajana. Telesteltä löytyy laaja valikoima erilaisia vahvistimia, jotka soveltuvat kukin erilaiseen käyttöön. Lahden alueella on käytössä erilaisia kuituvahvistimia, jotka vastaanottavat kaapelitelevisiosignaalin päävahvistimelta eli Head End:ltä. Tämänkaltaisia kuituvahvistimia HFC-verkossa ovat AC 8000 Fibre Optical Node, BXX (801) Optical Node, ja verkossa on edelleen käytössä hieman vanhempi versio BXX (801) Optical Node:sta ja nämä toimivat kuidun sijasta koaksiaalikaapeleilla eli vastaanottavat kaapelitelevisio signaalin kuidun sijasta koaksiaalikaapelilla.



KUVIO 3. BXX (801)-vahvistin.

3.1.3 Jakeluverkko

Jakeluverkon alueeksi voidaan käytännössä laskea kaikki ne kohdat, kun kaapelitelevisiosignaali välitetään eteenpäin keskuksilta tai kuituvahvistimilta aina talojakamoihin asti. Jakeluverkko on yleinen nimitys kaapelitelevisio signaalinvälitys alueista. Jakeluverkko koostuu runkoverkosta, haaraverkosta ja jakoverkosta.

Kaapelitelevision suurimpien virheiden ja ongelmien aiheuttajana voidaan pitää jakeluverkkoa, jos talon omia sisäverkkoja ei lasketa mukaan. Jakeluverkon ylläpitäminen ja ongelmien korjaaminen ovat melko työlästä, koska ongelmien sattuessa on iso alue tutkittavana. (Kaapeli-tv-järjestelmien rakenne 2007.)

3.1.4 Talojakamo

Taloyhtiöiden yhteisiä teknisiä tiloja kutsutaan talojakamoiksi. Talojakamoon on keskitetty kaikki talon sähköiset toiminnot. Talojakamossa on laitteet antennijär-

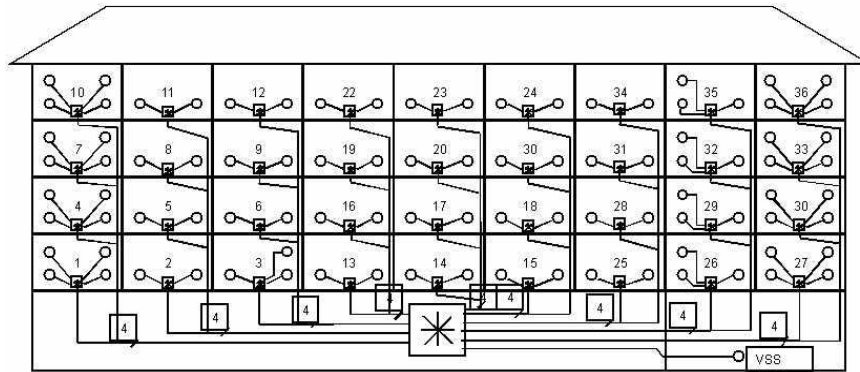
jestelmälle, Digi-TV:lle, sateliitti-TV:lle, laajakaistayhteyksille, puhelimille, ovi-puhelimelle, ja sähkökeskuskin on yleensä sijoitettu talojakamon yhteyteen. (Yleiskaapelointi 2008.)

Yleensä kaapelitelevision syöttökaapeli tuodaan talojakamoon, jossa signaali vahvistetaan ja kytketään taloverkkoon. Kerrostaloissa ja pienemmissä paritaloissa on yleensä olemassa talojakamo, kun taas esimerkiksi omakotitaloissa tekninen tila vastaa talojakamo. Kaapelitelevision syöttökaapeli tuodaan kytkettäviin osoitteisiin lähimmiltä jakeluverkon kaapilta. Kaappi on jakeluverkon osa, johon signaali tuodaan, vahvistetaan ja välitetään eteenpäin.

3.1.5 Taloverkko

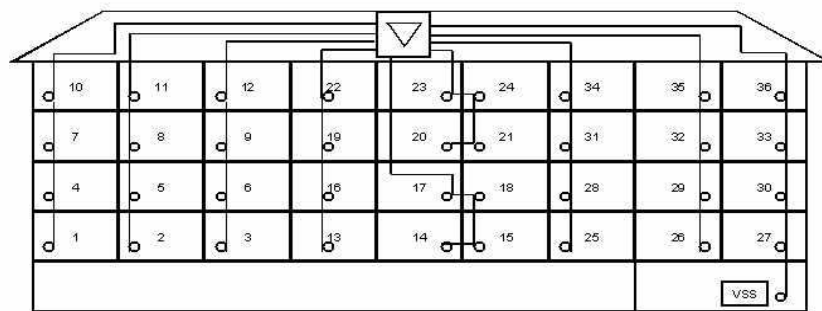
Taloverkko on kiinteistön sisäinen antenniverkko, jolla palvelut välitetään huoneistoihin. Taloverkkoja on erilaisia riippuen siitä, onko rakennus vanha vai uusi. Uusissa taloissa käytetään lähes poikkeuksetta tähtiverkkoja, kun taas vanhemmissa rakennuksissa on käytössä perinteiset ketjuverkot. (Naskali, Suikkanen 2004, 13–17.)

Tähtimuotoisille verkoille on kaksi suositusta: Tähti 800 ja Tähti 2000. Tähtimäinen verkko mahdollistaa huoneistokohtaisten palveluiden kytkemisen, koska jokaiseen huoneistoon kaapeloidaan oma kaapeli talojakamon tähtipisteestä. Tähti 800:n välityskyky on 5-862 MHz ja Tähti 2000 välityskyky on 5-2150 MHz. Tähti 2000 eroaa Tähti 800:sta siten, että se mahdollistaa satelliittipalvelujen suorajakelun ja on muutenkin suositeltava taloverkkomuoto. (Naskali, Suikkanen 2004, 144.)



KUVIO 4. Tähti taloverkko kuva (Julkishallinnon laitosten siirtyminen digi-tv – aikaan 2006.)

Perinteiset ketjuverkot tulisi kunnostaa Ketju 800:ksi, jotta kaikki mahdolliset palvelut toimisivat kunnolla. (Naskali, Suikkanen 2004, 326.)



KUVIO 5. Ketju taloverkko kuva (Julkishallinnon laitosten siirtyminen digi-tv – aikaan 2006.)

3.1.6 Kaksisuuntainenverkko

Kaksisuuntaisessa verkossa on mahdollista saada kaapelitelevisioverkon välityksellä kiinteä internetyhteys. Tieto kulkee samassa verkossa, jossa välitetään kaapelitelevisio-ohjelmat. Kaapelimodeemin käytön edellytykselle on, että kaapeliverkko on kaksisuuntaistettu, eli data kulkee sisään ja ulospäin. CMTS on kaapeliverkon päävahvistimessa sijaitseva järjestelmä, joka keskustelee kotitaloudessa sijaitsevan kaapelimodeemin kanssa ja ohjaa dataliikenteen internetiin. Kukin kaape-

limodeemi kykenee lähettämän dataa CMTS:lle, mutta ei muille kaapelimodeemeille. (Perustekniikkaa 2007.)

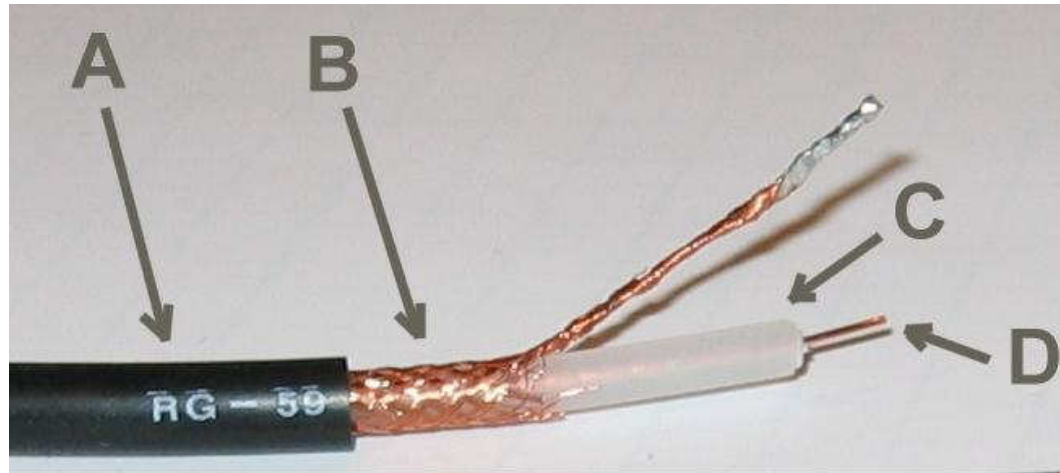
CMTS (Cable Modem Termination System)-laite tekee modulaatiomuunnoksen dataverkon ja kaapelitelevisioverkon välillä. Kaapelitelevisioverkossa käytetyt modulaatiomenetelmät ovat QAM-64 tai QAM-258. Myötäsuunnassa (download) käytetään QAM-258 modulaatiota ja paluusuunnassa (upload) käytetään QAM-16 sekä QPSK-modulaatiotekniikkaa. Myötäsuunta tarkoittaa verkosta tilaajalle päin tulevaa tietoliikennettä, ja paluusuunta tilaajalta verkkoon päin lähtevää tietoliikennettä. (Laajakaistayhteyksien operaattorirajapinnat 2005.)

Tärkein kaapelitelevisioverkkoja koskeva standardi on Docsis (Data Over Cable Service Interface Specification) ja sen eurooppalainen versio EuroDocsis. Docsis-standardeja on neljää erilaista: Docsis 1.0, Docsis 1.1, Docsis 2.0 ja Docsis 3.0. Docsis-standardi käyttää paluusuunnan taajuusalueena 5-42 MHz ja EuroDocsis-standardi käyttää paluusuunnan taajuusalueena 5-65 MHz. (Laajakaistayhteyksien operaattorirajapinnat 2005.)

4 DIGITAALISEN SIGNAALIN SIIRTOTIET

4.1 Koaksiaalikaapeli

Koaksiaalikaapeli on yleisin antennijärjestelmissä käytetty kaapelityyppi. Koaksiaalikaapeli on kuin putki, jonka sisällä oleva keskijohdin kuljettaa signaalia ja sen ympärillä oleva metallisukka suojaa signaalia ulkoisilta häiriöiltä. Tällaisen rakenteen ansiosta koaksiaalikaapeli pystyy siirtämään myös suuritaajuisia signaaleja. Koaksiaalikaapeli on sähköisesti epäsymmetrinen. (Naskali, Suikkanen 2004, 94–99.)



KUVIO 6. Koaksiaalikaapelin rakenne: A = muovivaippa, B = metallisukka, kuparia tai tinattua metallia, C= sisäjohtimen tefloneriste, D = sisäjohtin, kuparia (Wikipedia 2008.)

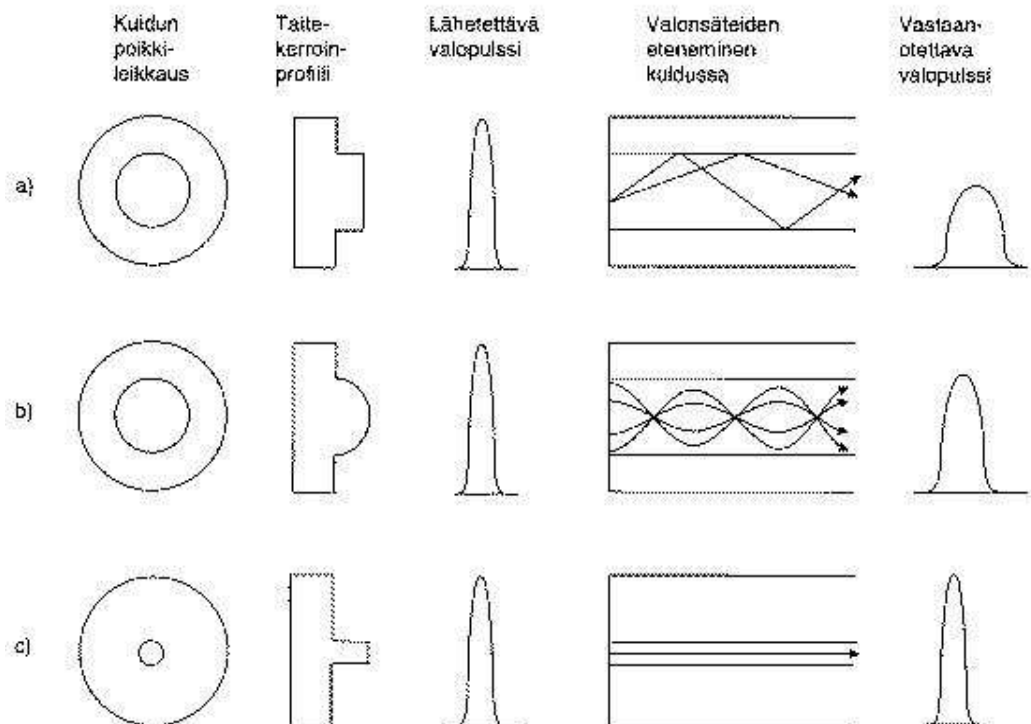
Koaksiaalikaapeli on suhteellisen edullinen käytettäväksi, ja se on helppo asentaa, mutta sen merkittävimmät rajoitukset ja häiriötekijät ovat vaimennus sekä kohina. Yleisin häiriönlähde koaksiaalipohjaisissa verkoissa on ulkojohtimen joutuminen kosketuksiin esineisiin tai laitteisiin, jotka ovat suoraan yhteydessä suojamaahan. (Naskali, Suikkanen 2004, 94–99.)

Kupari ja koaksiaalikaapeleita on saatavilla useita erilaisia ja kaapeleita on saatavilla ulko- tai sisäkäyttöön soveltuvia. Lisäksi on erilaisilla vaimennuksella valmistettuja kaapeleita tai yhdistelmäkaapeleita, jossa puhelin- ja antennikaapeli ovat kiinni toisissaan. HFC-verkossa on todella paljon koaksiaalikaapeleita käytössä, ja lähestulkoon koko jakeluverkko välittää kaapelitelevisio signaaleja erilaisilla koaksiaalikaapeleilla. Jakeluverkossa on käytössä seuraavanlaisia koaksiaalikaapeleita: Tellu 3, Tellu 5, Tellu 7 sekä erilaisia vanhoja kaapeleita. Tellu 3:a ja Tellu 5:tä käytetään yleensä kaappien välisissä yhteyksissä, mutta tietyissä tapauksissa Tellu 5:tä on käytetty myös kaapelitelevisio syöttökaapelina. Tellu 7 on kuitenkin yleisin kaapelityyppi, jota on käytetty syöttökaapelina. Jakokaappien sijainnissa asutusten lähistöllä Tellu 7 on riittävän hyvä ominaisuuksiltaan toimimaan syöttökaapelina.

4.2 Optiset kuidut

Optinen kuitu koostuu ytimestä, heijastuskerroksesta ja kuoresta. Sen toiminta perustuu fysiikan heijastus- ja taittolakeihin kahden aineen rajapinnassa. Kuidussa kulkeva laservalo ei pääse kuidusta ulos, koska ytimen ja kuoren taitekertoimet on asetettu siten, että valo heijastuu aina takaisin kuidun sisään. (Helkama 2001, 17–34.)

Kuidut jaetaan eri tyypeihin sen mukaan, millainen taitekerroinprofiili kuidussa on ja miten valo sen perusteella etenee. Kuitujen pääjako on monimuotokuidut ja yksimuotokuidut, tämän lisäksi kyseisillä kuiduilla on muitakin tyyppisiä. Kuvio 7:ssä on havainnollistettu lähetettävä- ja vastaanotettava pulssi sekä askelkuidun (A), asteittaiskuidun (B) ja yksimuotokuidun (C) eteneminen. (Helkama 2001, 17–34.)



KUVIO 7. Askelkuidun (a), asteittaiskuidun (b) ja yksimuotokuidun (c) pääperiaatteet. (Optinen tiedonsiirto 1999.)

Optisella kuidulla on paljon hyvä puolia verrattuna muihin siirtomenetelmiin. Kuidussa voi siirtää aallonpituuksia, jolloin tiedonsiirtokapasiteetti saadaan helposti todella suureksi. Kuidun hyviin puoliin kuuluu sen koko, joka on hyvin ohut ja kevyt verrattuna esimerkiksi koaksiaalikaapeliin. Kuidussa on pieni vaimennus, minkä takia valotehon pystyy siirtämään hyvin pitkiä matkoja ilman vahvistimia. Optiset kuidut on valmistettu kvartsilasista, ja tämän takia kuidut ovat immuuneja elektromagneettisille häiriöille, kuten radioaalloille tai salaman iskuille. Kuidut eivät myöskään aiheuta elektromagneettisia häiriöitä tai säteile ulospäin, eivätkä aiheuta ylikuulumisia. (Helkama 2001, 17–34.)

Optisella kuidulla on myös huonoja puolia: Optisen kuidun hinta on paljon korkeampi kuin esimerkiksi kuparin ja optisten kuitujen asentaminen on hankalaa ja vaatii paljon tarkkuutta sekä oikeanlaiset työvälineet. Katkenneen kuidun korjaaminen on vaikeaa ja sen kanssa on oltava tarkkana, ja näkymätöntä laservaloa on varottava, koska se saattaa vahingoittaa silmän verkkokalvoa. (Helkama 2001, 17–34.)

4.3 Modulaatiomenetelmät

Modulaatiomenetelmät ovat keinoja lähettää tietoa siirtotien välityksellä. Eri digitaalisen television signaalit, kuten DVB-C, DVB-T ja DVB-S, eroavat toisistaan. Tällaista muuntovaihetta kutsutaan modulaatioksi, joka tarkoittaa tiedon sovittamista siirtotielle sopivaan muotoon. Eri modulaatiomenetelmät soveltuvat paremmin erilaisiin vastaanottoympäristöihin. (Digitaalinen televisio 2007.)

Kaapelitelevisio lähetyksissä on käytössä QAM-modulaatio menetelmä. QAM-modulaatiossa on yhdistetty amplitudi- ja vaihemodulaatio yhtäaikaisesti käyttöön. QAM-modulaatio menetelmiä on olemassa viittä erilaista: QAM-16, QAM-32, QAM-64, QAM-128 ja QAM-258. Mitä isompaa QAM-modulaatiota käytetään, sitä parempi signaali-kohinasuhde on oltava, eli vaatimus kasvaa menetelmän mukana. Tällä hetkellä Lahden alueella kaapelitelevisio kanavat käyttävät QAM-128 modulaatiota. (Digi-TV 2005.)

Maanpäällisissä lähetyksissä käytetään OFDM-modulaatiomenetelmää. Siinä on kaksi tapaa 2k, jossa käytetään 1705 kantoaaltoa, tai 8k, jossa käytetään 6817 kantoaaltoa. Suomessa käytetään 8k-järjestelmää ja näiden kantoaaltojen keskinäinen väli on 1116kHz. Jokaisen kantoaallon datamäärä on huomattavasti pienempi kuin koko siirrettävä datamäärä. Standardi yhdistää useita moduloititapoja, kuten QPSK ja QAM menettelyjä. DVB-T:n häiriönsieto perustuu ennen moduloitua tapahtuvaan virhekorjausbittien lisäämiseen. (Digi-TV 2005.)

DVB-S lähetyksessä data muotoillaan ensin vakioimuotoiseksi rakenteeksi, minkä jälkeen sisältö sekoitetaan ja dataan lisätään virhekorjaus. Lopuksi signaali moduloidaan QPSK:lla. QPSK perustuu vaihemodulaatioon, jossa on neljä vaihtoehtoa. (Digi-TV 2005.)

4.4 Koodausmenetelmät

MPEG-standardit ovat videota ja pakkausta varten luotuja kansainvälisiä standardeja, jotka on suunniteltu useisiin eri käyttötarkoituksiin. MPEG-standardi jakautuu eri osiin, joista tärkeimmät ovat MPEG-1, MPEG-2 ja MPEG-4. (MPEG-standardit 2005.)

MPEG-1 standardi valmistui vuonna 1992, ja se on tarkoitettu videon ja audion pakkaamiseen digitaalisille tallennusvälineille. Tällä standardilla päästiin 1,4 Mb/s nopeuteen tuottaa ohjelmaa CD-levyille. Tallennustaso vastasi analogista VHS (Video Home System) videokuvan tasoa. Videokuvan pakkauksessa suositeltu kuvakoko oli mustavalkoiselle 320*240 pikseliä ja värikuvalle 180*120 pikseliä.. Audion pakkaaminen oli mahdollista joko yhdelle tai kahdelle kanavalle. (MPEG-standardit 2005.)

MPEG-2 standardi valmistui vuonna 1994 ja korvasi edeltäjänsä puutteita. MPEG-2 suunniteltiin käsittelemään suurempia siirtonopeuksia, mikä mahdollisti korkeamman kuvan ja äänen laadun. Kaapeli- ja satelliittitelevisio sekä HDTV käyttävät MPEG-2 standardia digitaalisen kuvan siirrossa, koska kaistanleveys saadaan hyödynnettyä paremmin. MPEG-2 standardia käytetään DVD-levyn video- ja äänenpakkaajana. MPEG-2 standardi mahdollistaa pakkaamisen monella eri tasolla ja resoluutiolla. NTSC (National Television System Committee)-järjestelmälle kuvan resoluutio on 720*480 pikseliä ja PAL-järjestelmälle 720*576 pikseliä. HDTV (High-Definition Television)-tasaisen kuvan koodaamisen maksimikoko on 1920*1152 pikseliä. (MPEG-standardit 2005.)

MPEG-4 standardi valmistui vuonna 1998, ja siitä tuli virallinen kansainvälinen standardi vuonna 1999. MPEG-4 on kehitetty internetin ja langattomien viestimien tarpeisiin, ja kyseinen standardi eroaa suuresti aikaisemmista standardeista. MPEG-4 sisältää videon ja äänen pakkaamisen lisäksi monenlaisia muita audiovisuaalisia elementtejä. Yhä useampi televisiokanava, eli lähinnä HDTV kanavat käyttää tehokkaampaa MPEG-4 standardia. (MPEG-standardit 2005.)

5 KOAKSIAALIVERKON ONGELMATILANTEET

Koaksiaaliverkossa ilmenee useita erilaisia vikoja, ja niiden ratkaisemiseen menee usein paljon aikaa ja vaivaa. Virheiltyt voivat aiheutua erilaisista asioista, kuten itse käyttäjistä, mahdollisista laitevikoista tai verkon ongelmista. Tekniikasta riippumattomat tekijät, kuten ukkonen, tahallinen ilkivalta tai muurahaiset voivat myös aiheuttaa vikoja verkkoon. Koaksiaaliverkon signaalitaso on monilla alueilla hyvin epätasainen, mikä aiheuttaa kaapelitelevisiossa paikoitellen ongelmia. Tällä hetkellä koaksiaaliverkon suurimpana ongelmana on verkossa aiheutuva kohina, joka vaikuttaa kaapelimodeemien toimintaan.

5.1 Suurimmat signaaliongelmat

Kaapelitelevisiosignaaliassa ilmenee ongelmia joka puolella Lahtea. Mitään tiettyä ongelma-aluetta ei varsinaisesti ole, koska ongelmat ovat jakaantuneet tasaisesti eri puolelle Lahtea. Suurin osa kaapelitelevisiosignaalin ongelmista on peräisin HFC-verkon kunnosta. Verkko näyttäisi toimivan päältäpäin katsottuna hyvin, mutta todellisuudessa siinä on isoja ongelmia. HFC-verkon signaalitasot vaihtelevat alueittain, minkä seurauksena verkko virheilee, ja sitä on hankala ylläpitää. Kaapelitelevisiosignaalin tulisi pysyä samanlaisena kuituvahvistimelta aina talovahvistimella asti, mutta harvalla alueella se on sitä. Koaksiaaliverkon signaalitasot vaihtuvat usein, kun suoritetaan jonkinlaisia huoltotoimenpiteitä verkossa. Laitteiden rikkoutumisen takia suoritetaan usein huoltotoimenpiteitä, jolloin yleensä vaihdetaan jakoja, haaroittimia tai vahvistimia. Tällaisten laitevaihtojen jälkeen on erittäin tärkeää säätää verkon signaalitasot samanlaiseksi kuin ne olivat ennen vaihtoa.

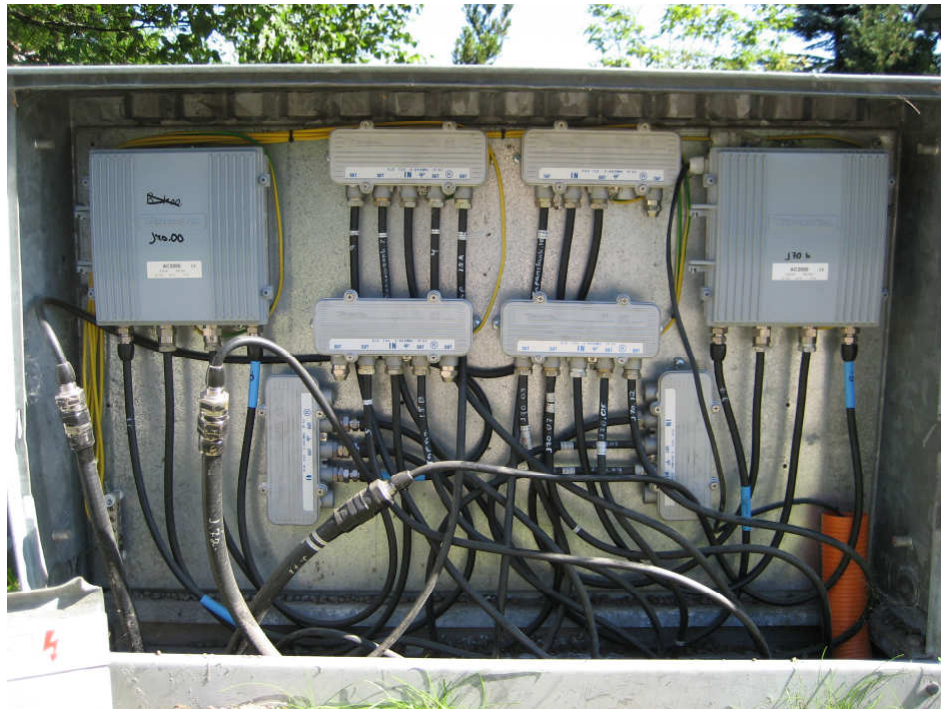
5.2 Uuden ja vanhan verkon vertailua

HFC-verkko on sekoitus uutta ja vanhaa verkkoa sekä yksisuuntaista ja kaksisuuntaista verkkoa. Molemmat verkot ovat toimivia ratkaisuja, mutta uusissa ja kaksisuuntaisissa verkoissa on enemmän mahdollisuuksia tarjolla. Vaikka uutta verkkoa syntyykin koko ajan lisää, silti vanhalle verkolle on edelleen käyttöä. Vanha yksisuuntainen verkko on edelleen käytössä Lahden alueella sekä naapurikunnissa. Yksisuuntaisessa verkossa ei ole paluusuuntaa käytössä, niinpä kaapelimodeemia ei ole mahdollista saada kyseisen alueen asukkaille. Kaapelitelevision katselu on mahdollista yksisuuntaisessa verkossa, mutta vanhassa verkossa olevien laitteiden takia kaapeliteleviossa saattaa esiintyä hieman normaalia enemmän ongelmia.

Tulevaisuudessa verkkoa rakennetaan pelkkien kuitujen avulla. Tämä tarkoittaisi koaksiaalikaapeleiden korvaamista kuiduilla. Signaali vietäisiin talovahvistimelle tai jopa yksittäiseen omakotitaloon asti kuidun avulla. Tällaista uutta kuituverkkoa on jo Lahdessa kokeiltu, ja se on todettu hyväksi ratkaisuksi.

5.3 Kaappien kunto

Kaappeja rakentaessa on syytä ottaa muutama tärkeä asia huomioon. Ensimmäkin kaapin sijainti tulisi suunnitella hyvin, jotta myöhemmässä vaiheessa säästyttäisiin turhilta ongelmilta. Myös tulvaveden aiheuttama vaaratekijä on huomioitava kaapin sijaintia suunnitellessa, koska varsinkin keväisin lumien sulaminen saattaa aiheuttaa tietyille alueille tulvaveden vaaraa. Toiseksi kaappeja tulisi olla riittävän paljon, jotta tietyt kaapit eivät täytyisi kokonaan laitteista tai kaapeleista. Kuvassa 8 on esimerkki kaapista, joka on täytynyt laitteista ja kaapeleista vuosien mittaan. Kolmanneksi kaappien tulisi olla riittävän tilavia, jotta vahvistimia, jakoja, haaroittimia ja kaapeleita olisi helpompi käsitellä.



KUVIO 8. Jakeluverkon kaappi, joka on täytynyt laitteista ja kaapeleista.

Jakeluverkossa kaappien kunto vaihtelee rajusti ja kaapin kunnan takia aiheutuvia kaapelitelevisio vikoja on esiintynyt jonkin verran. Enimmäkseen viat aiheutuvat kaapissa puuttuvan tilan takia. Kaapilla työskentelyä varten tulisi olla riittävästi tilaa, jotta pystyttäisiin välttämään huolimattomuusvirheitä.

5.4 Virheily koaksiaalikaapelissa

Koaksiaalikaapelissa, tai pikemminkin HFC-verkossa, tapahtuu monenlaisia virheilyjä. Koaksiaalikaapelit ovat yllättävän alttiita virheilylle erityisesti pikselöitymiselle, pätkimiselle ja kohinalle. Kaikki virheilyt eivät johdu koaksiaalikaapeleista, vaan suurin osa aiheutuu HFC-verkosta. Vaikka koaksiaalikaapelit vaikuttavat kestäviltä ja jopa taipuisilta, niin kaapeleita on käsiteltävä varoen. Yleisimmät käytössä olevat koaksiaalikaapelit ovat Tellu 3, Tellu 5, Tellu 7 ja Tellu 13. Tellu 3, 5 ja 7 ovat ulkokäyttöön soveltuvia kaapeleita, ja näiden käsitteleminen ja liittimien teossa on oltava huolellinen. Huonosti tehdyt liittimet voivat hapettaa tai vaurioittaa kaapelia, minkä seurauksena virheilyt ovat mahdollisia ennen pitkään. Pienetkin naarmut koaksiaalikaapelin kuparieristeessä voivat aiheuttaa signaalissa ongelmia. Virheilyt ilmenevät yleensä saman tien, mutta jossain tapauksissa oireet tulevat ilmi myöhemmässä vaiheessa.

Kaapelitelevisiion tiettyjen kanavanippujen taajuuksia on jouduttu muuntamaan eri taajuuksille, koska näissä kanavanipuissa on esiintynyt todella paljon ongelmia. Kanavaniput, jotka toimivat ennen 162 MHz ja 170 MHz taajuuksilla, jouduttiin vaihtamaan kuvien pikselöitymisten ja pätkimisten takia. Uudet taajuudet kanavanipuille ovat 234 MHz ja 242 MHz, mikä helpotti erityisesti keskustassa asuvia kaapelitelevisioasiakkaita. 162 MHz- ja 170 MHz-taajuuksien ongelmat olivat erittäin mielenkiintoisia, ja niitä oli haasteellista ratkaista. Virheilyä näillä taajuuksilla tapahtui satunnaisesti ja todella merkillisiin aikoihin. Yleensä virheilyt alkoivat vasta illansuussa, jolloin yhtään viankorjaajaa ei enää ollut töissä. Tässä vaiheessa asiakkaan kanssa sovittiin mittauskäynti yleensä seuraavaksi päiväksi. Seuraavana päivänä verkkoa tutkiessa ja mitattaessa ei löytynyt minkäänlaisia ongelmia tai viitteitä siitä, että miksi virheilyä oli tapahtunut. Tällaista kissa ja hiiri-leikkiä jatkui todella kauan, koska viat ja virheilyt eivät näkyneet päiväsaikaan vaan alkoivat vasta illansuussa. Kului todella paljon aikaa ennen kuin pystyttiin todistamaan, että virheilyt johtuivat HFC-verkosta.

HFC-verkossa syntyvä kohina on tällä hetkellä suurin ongelma. Kohina ei vaikuta televisiokuvaan mitenkään, vaan kaapelimodeemit joutuvat kärsimään kohinan

aiheuttamista ongelmista. Kohinan synnylle ei ole keksitty mitään järkevää selitystä. Kohinaa syntyy lähes joka puolella Lahtea tasaisin väliajoin, ja myös muut paikkakunnat kärsivät kohinan aiheuttamista ongelmista. Kohinan tutkimista varten ei ole tarpeeksi hyviä laitteita olemassa. Kohinaa pystyy tutkimaan nykyisillä Promax TV explorer-mittareilla, mutta oikeanlaisen mittarin saanti helpottaisi kohinan tutkimista.

Kohinaa mitattiin Promax TV explorer mittareilla, joista nähtiin kohinan aiheuttamat ongelmat. Kohinaa mitataan 45:n MHz alueella eli kyseessä on kaapelimodeemien paluusuunnan alue. Tälle tietylle taajuudelle kohina niin sanotusti pakautuu, ja lopuksi se aiheuttaa kaapelimodeemien toimimisen mahdottomaksi. Kohinan alkulähteitä tai syntymistä ei ole pystytty vielä paikantamaan. Välillä tuntuu että kohinaa syntyy HFC-verkon laitteista, mutta välillä näyttäisi melko selvältä, että kohina syntyy yksittäisistä verkon käyttäjistä. Kohina alkaa yleensä hyvin heikkona ja pienenä kohinana, mutta kertaantuu koko ajan isommaksi ja vahvemmaksi sen mukaan, miten lähelle päävahvistinta se on päässyt. Kohinan korjaaminen ja tutkiminen on ollut tähän mennessä todella turhauttavaa, koska mitään selkeää ongelmaa ei ole vielä ilmennyt. Yhtenä korjausvaihtoehtona voisi pitää HFC-verkon säätöä, eli kokeiltaisiin yhden kohina-alttiin linjan säätöä samalle signaalitasolle ja tarkastettaisiin kaikki mahdolliset yksiköt ja liitokset linjan varrelta. Tällaisella toimenpiteellä saataisiin varmuus, että HFC-verkon yksiköt ja laitteet eivät aiheuta kohinaa.

Kohinan tutkiminen on myös vaikeaa ja haastavaa, koska välillä kohina purkautuu lähes itsestään. Kohinan selvittämiseen on monesti riittänyt vahvistimien koaksiaalikaapeleiden sisääntulo ja ulostulojen ruuvien kiertäminen auki ja takaisin kiinni. Usein on myös riittänyt vahvistimen yhteydessä olevien jakojen ja haaroittimien ruuvien kiertäminen auki ja takaisin kiinni. Tämä on taas vaikeuttanut kohinan etsintää, koska nämä ovat pakollisia toimenpiteitä kohinan paikantamista varten, ja usein näiden toimenpiteiden jälkeen kohina on hävinnyt väliaikaisesti verkosta. Tarkempi kohinan tutkiminen vaatisi enemmän resursseja. Kohinan tutkiminen vaatisi vähintään kaksi, mutta mieluummin kolme viankorjaajaa. Hyvillä laitteilla ja useilla viankorjaajilla kohinasta saataisiin uutta tietoa tai jopa selvitettyä sen

mysteeri, mutta rajallisten resurssien takia kohinaa korjataan tällä hetkellä vain tilapäisratkaisulla.

5.5 Laitevikoja

Koaksiaaliverkossa tapahtuvien laitevikojen seurauksena televisiokuvat sekä kaapelimodeemit lakkaavat toimimasta. Laitevikoja tapahtuu verkossa yllättävän paljon. Koaksiaaliverkon laiteviat johtuvat usein itse laitteesta, jolloin syystä tai toisesta laitteet menevät epäkuntoon. Toinen hyvin yleinen laitteiden rikkoja on ukkoskeli, ja salaman osuessa jakeluverkon laitekaappiin se tuhoaa kaikki kaapin laitteet. Salaman ei tarvitse aina osua edes laitekaappiin, vaan riittää, kun salamasta purkautuva sähkölataus pääsee koaksiaaliverkkoon. Tällöin se aiheuttaa laitteiden hajoamista ja muutenkin paljon ongelmia. Kolmantena suurimpana laitteiden rikkojana ovat olleet kaikki pienet hyönteiset, joista lähinä muurhaiset ovat olleet suurin riesa. Muurhaisia on löytynyt laitekaappeista sekä itse koaksiaaliverkolle tärkeiden laitteiden sisältä. Muurhaiset ovat aiheuttaneet koaksiaaliverkon laitteissa lähinnä hapettumia ja oikosulkuja, jolloin televisiokuvissa sekä kaapelimodeemeissa on aiheutunut häiriöitä.

Koaksiaaliverkon laitteista jaottimet tai haaroittimet hajoavat harvemmin. Vahvistimet ovat taas paljon herkempiä menemään rikki. Yleensä vahvistimet hajoavat jonkin ulkopuolisen asian johdosta, kuten esimerkiksi salamaniskun tai itse aiheutetun oikosulun takia. Vahvistimen heikot kohdat ovat virtalähde sekä sähkönsyöttö, jotka esimerkiksi salamaniskun seurauksena menevät usein ensimmäisinä rikki. Vahvistimessa olevat taajuuden kallistuksen korjaimet voivat myös vioittua, jolloin vahvistin menee epäkuntoon.

Laitevikoja voi esiintyä muuallakin kuin koaksiaaliverkon yksiköissä, kuten asiakkaiden digibokseissa. Ensimmäisten digiboksien tullessa myyntiin olivat ne ylihinnoiteltuja ja huonolaatuisia. Kuluttajat eivät olleet lainkaan tyytyväisiä näihin digibokseihin ja vaativat saada parempia malleja. Nykyään digiboksit ovat

ottaneet suuren harppauksen eteenpäin ja ovat nykyään enemmän kuluttajaystävällisempiä kuin ennen. Vaikka uusia digibokseja on tullut markkinoille ja laitteet ovat muutenkin kehittyneet, silti yksi laitteen osa on edelleen hyvin hauras ja herkkä menemään rikki: Digiboksin ja television väliin laitettava scart-johto on edelleen todella helposti särkyvä ja aiheuttaa useasti ongelmia. Scart (Syndicat des Constructeurs d'Appareils Radiorécepteurs et Téléviseurs)-johtoa tulisi käsitellä varoen ja pyrkiä olla taivuttamatta sitä, koska usein juuri johdon taivutus on rikkonut sen. Televisiokuvan ollessa viallinen ensimmäiseksi kannattaa tarkistaa scart – ja antennijohto. Tällaisen huoltotoimenpiteen pystyy jokainen tekemään itse kotona, ennen kuin hätäntyy ja päättää vaihtaa digiboksin tai jopa television.

6 KOAKSIAALIVERKON TUTKIMINEN

Koaksiaaliverkkoa tutkitaan mittalaitteilla, joilla saadaan tarvittava tieto verkon kunnosta. Verkon tutkimiseen on olemassa monia erilaisia mittalaitteita, joiden avulla saadaan tietoa verkosta ja signaalien laadusta. Mittalaitteita uudistetaan tasaisin väliajoin, jotta pysytään kehityksessä mukana ja saadaan tarkempaa tietoa verkosta. Nykyisin kaapelitelevision vikoja mitataan Promax TV explorer II ++ laitteilla ja kaapelimodeemin vikojen paikantamiseen käytetään JDSU dsam – a wavetek laitteita.

6.1 Käytetyt tutkimusmenetelmät

Verkon tutkiminen tapahtuu pääosin silloin, kun verkossa ilmenee jokin vika. Verkkoa tulisi ylläpitää sekä korjata tasaisin väliajoin, mutta lukuisten ongelmatapausten, vikailmoitusten ja resurssipulan takia verkkoa ei ehditä korjata tai ylläpitää riittävän hyvin ja nopeasti.

Verkon tutkiminen alkaa yleensä siitä, että asiakas ottaa yhteyttä operaattoriin soittamalla vikailmoituspalveluun ja ilmoittaa kaapelitelevision tai kaapelimodeemin viasta. Aluksi mahdollista vikaa yritetään ratkaista puhelimitse, mutta jos

vika ei ratkea annetuilla neuvoilla, siitä tehdään vikailmoitus. Seuraavaksi tutkitaan kyseisen alueen muut virheilmoitukset, jos ilmoituksia on tullut useampia samalta alueelta tai saman vahvistimen takaa niin kyseessä on luultavasti hieman laajempi ongelma. Tällöin aloitetaan vian kartoittaminen eli tarkastetaan rajoittuuko mahdollinen vika taloverkkoon vai ulottuuko vika jakeluverkkoon asti. Tämän jälkeen tarkastetaan kaapelitelevision vahvistimet sekä signaalin laatu. Yleensä kyseisten tarkastelujen jälkeen vika on jo paikannettu ja ryhdytty tarvittaviin toimenpiteisiin, jotta mahdollinen vika saataisiin korjattua.

6.2 Mittauslaitteet

Promax TV explorer-mittauslaitteita on saatavilla kolmea erilaista: TV explorer, TV explorer II ja TV explorer II ++, joka sisältää näistä kolmesta vaihtoehdosta eniten toimintoja. Promax TV explorer II ++ mittauslaite on suunniteltu kaikkien olemassa olevien televisioverkkojen asennuksiin, ylläpito- ja huoltotoimenpiteisiin. Promax TV explorer II ++ mittauslaite soveltuu kaapeli-, terrestiaali- ja satelliittisignaalien mittauksiin.

Promax TV explorer-mittauslaitteet ovat helppokäyttöisiä, monipuolisia ja ennen kaikkea pieniä. Mallista riippuen mittauslaite painaa vain 2 – 2,2 kg. Yksi laitteen hienommista ominaisuuksista on explorer nappula, jota painamalla laite tunnistaa signaalin automaattisesti. Kanavan ollessa analoginen, laite näyttää käytetyn televisiostandardin PAL (Phase Alternating Line), SECAM (Sequential Colour with Memory), NTSC. Kanavan ollessa digitaalinen siitä tunnistetaan modulaatio QAM, QPSK, 8PSK (8 Phase Shift Keying), OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) sekä kaikki modulaatioon liittyvät parametrit, kuten lähetysjärjestelmä, symbolinopeus, suojaväli, ja lopuksi se vielä lukitsee kyseisen signaalin. Mittari näyttää kaikki mittauksen arvot yhdellä näytöllä samanaikaisesti. Promax TV explorer II ++ sisältää CA-moduulipaikan, joka mahdollistaa salattujen kanavien näyttämisen mittalaitteessa. Valitun kanavan käyttäessä MPEG-2 pakkausmenetelmää saadaan näkyviin ohjelmatiedot, kuva ja ääni. MPEG-4 pakkausmenetelmässä saadaan näkyviin vain ohjelmatiedot. Tosin mittalaite mahdollistaa

MPEG-4 salattujen kanavien purkamisen, jos käytössä on tarkoituksen mukainen moduli sekä maksukortti. (Promax 2008.)



KUVIO 9. Mittauslaite Promax TV explorer II ++ (Promax 2008.)

JDSU DSAM-mittauslaitteet sisältävät korkean tason toimintoja. JDSU-mittauslaitteisiin on patentoitu stealth sweep teknologia, jolla testataan ja ylläpidetään myötäsuunnan (downstream) etenemiskanava sekä paluusuunnan (upstream) paluukanava. Mittauslaite pystyy toteamaan myötäsuunnan ja paluusuunnan CMTS:n kanssa käyttäen Docsis ja Eurodocsis protokollia. Kuvassa 10 näkyvä mittauslaite painaa 1,4 kg, ja se on suunniteltu kestäämään kovaa käyttöä. Mittauslaitteella pystytään myös mittaamaan kaapelitelevisiosignaalia, mutta ei sovellu siihen läheskään niin hyvin kuin Promax-mittauslaitteet. (AETC 2008.)



KUVIO 10. Mittauslaite JDSU dsam – a wavetek (AETC 2008.)

7 KAAPELITELEVISIOVERKON KUNNOSTAMINEN

Kaapelitelevisioverkossa ilmenee monenlaisia ongelmia, kuten televisiokuvien pätkimistä ja pikselöitymistä, signaalitasojen vaihtelevuutta, heikkoja ja huonoja liitoksia sekä kaapelimodeemien riesana oleva kohina. Vikoja korjataan ja huolletaan, mutta silti ongelmia syntyy edelleen. Miten voi olla mahdollista, että vikoja ja ongelmia syntyy näinkin paljon tämän hetkessä HFC-verkossa? Kaapelitelevisio talouksia on Lahdessa ja Lahden ympäristössä todella paljon, joten tämän kokoisen verkon pitäisi toimia moitteettomasti.

7.1 Suurimmat signaaliongelmat

Mitään tiettyä ongelma aluetta ei voi nostaa esiin, koska lähes joka puolella Lahtea esiintyy jonkinlaisia kaapelitelevision häiriöitä. Välillä voi mennä pitkiäkin aikoja ilman, että televisiokuvassa tapahtuisi mitään häiriöitä, kun taas välillä näitä televisiokuvassa esiintyviä häiriöitä ilmenee useammin. Syitä näihin ongelmiin voi olla monenlaisia, ja tässä osiossa paneuduttiin tutkimaan signaalista aiheutuvia ongelmia.

Kaapeliteleviiosignaalit ovat tällä hetkellä HFC-verkossa epätasaisia ja vaihtelevat alueittain. Tällaiset signaalin epätasaisuudet ja vaihtelevuudet aiheuttavat varsinkin verkon loppupäässä ongelmia. Epätasaisia signaaleja esiintyy kanavanippujen välisissä signaalitasoissa. Tiedyt kanavaniput ovat olleet ja ovat tälläkin hetkellä eritasoisia kuin muut. Kanavanippu lähtötasoissa on 2-4 dB eroja, jotka aiheuttavat varsinkin loppukäyttäjillä ongelmia, jos signaalitasot ovat rajoilla. Tällöin tiedyt kanavat näkyvät täysin normaalisti, mutta sen kanavanipun kanavissa, jotka ovat esimerkiksi 4 dB alempana, ne alkavat pikselöitymään ja pätkimään. Tällaisen tilanteen oikeaoppinen ratkaiseminen on työlästä ja aikaa vievää työtä. Oletetaan talon sisäverkon olevan kunnossa, jolloin ongelman voisi korjata nostamalla signaalitasoja talovahvistimelta. Tämänlainen toimenpide luultavasti ratkaisisi ongelman, mutta samalla aiheuttaisi uuden ongelman. Tällöin talovahvistin ja jakeluverkon vahvistin olisivat eritasoissa, tällä ei olisi televisiokuvien takia vielä

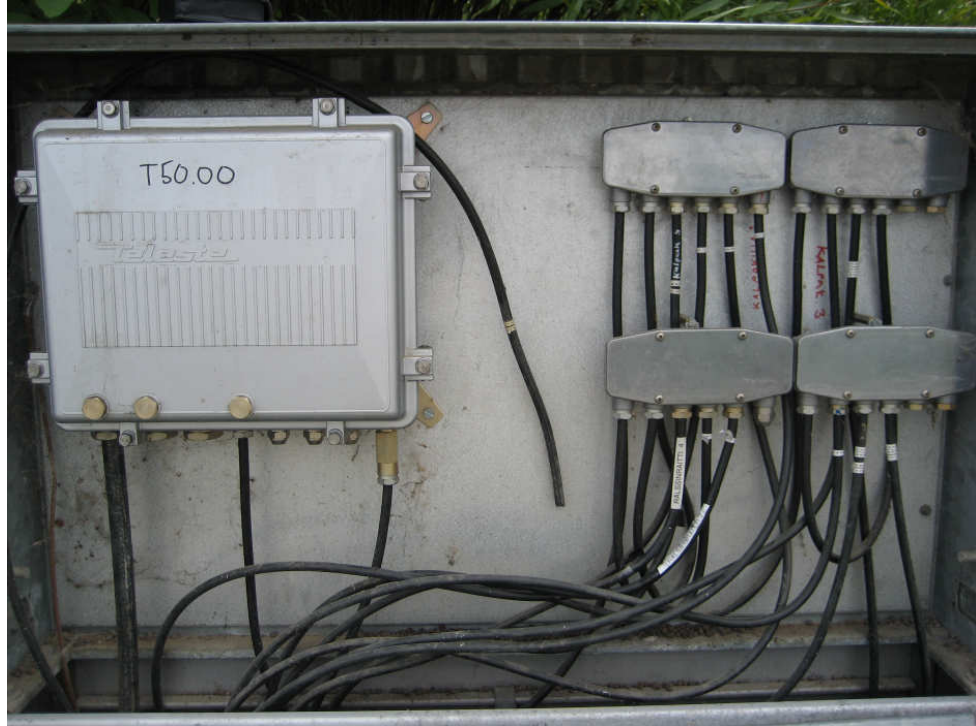
tässä vaiheessa kovin suurta merkitystä. Ongelmia syntyy siinä vaiheessa kun tuon kyseisen jakeluverkon vahvistimen signaalitasoja joko lasketaan tai nostetaan. Tällöin talovahvistimen signaalitasot muuttuvat jälleen, koska ne eivät olleet samassa tasossa kuin jakeluverkon vahvistimen signaalitasot. Tällaisten ongelmien välttämiseksi tulisi aina ennen vahvistimen tasojen muuntamista tarkistaa edellisen vahvistimen signaalitasot ja muuntaa ne samanlaisiksi. Tällöin kaksi peräkkäistä vahvistinta toimisivat samanlaisilla signaalitasoilla, eivätkä mahdolliset verkko muunnokset aiheuttaisi näille ongelmia. Vahvistimien hallinta olisi helpompaa, koska muuntamalla yhden vahvistimen tasoja tietäisi, että toisellekin vahvistimelle tulisi voimaan samanlaisetsignaali muunnokset.

Tämänkaltaisia signaalieroja on kuitenkin aivan hirveästi HFC-verkossa. Ratkaisu tällaisten signaalierojen pois saamiseksi on varsin työlästä ja resursseja vaativa työtä. Koko HFC-verkko pitäisi käydä läpi, jotta saataisiin vahvistimien väliset signaalierot pois. Tämä tarkoittaisi käytännössä kaikkien laitekaappien vahvistimien läpikäyntiä ja säätämistä kaikki samalle tasolle. Verkkoa tulisi käydä pyramidin tapaan ylhäältä alaspäin läpi ja säätää kaikki vahvistimet samalle tasolle. Tällöin tietynlaiset signaaliongelmät häviäisivät varmasti pois ja esiin tulisivat vain konkreettiset ongelmat. Verkkoa olisi tämän jälkeen paljon helpompi ylläpitää ja asiakkaat olisivat varmasti tyytyväisempiä.

7.2 Uuden ja vanhan verkon vertailua

Verrattaessa näitä kahta erilaista verkkoa voidaan todeta, että molemmat ovat ihan toimivia ratkaisuja kaapelitelevision katseluun. Uudempi verkko mahdollistaa asiakkaille enemmän vaihtoehtoja television käytössä, tämän lisäksi kaksisuuntaisessa verkossa on mahdollista saada kaapelimodeemi käyttöön. Kaksisuuntainen verkko on mahdollistanut uusien palveluiden käyttöönottoa, mutta samalla on ilmennyt uuden tyyppisiä vikoja. Kaksisuuntaisen verkon alueilla on ilmennyt hankalia kohinaongelmia, jotka vaikeuttavat kaapelimodeemien toimintaa. Vanhassa verkossa kyseistä kohinaongelmaa ei ilmennyt, koska verkko on yksisuuntainen. Vanhaa verkkoa yritetään resurssien ja tarpeiden mukaan saneerata hieman uu-

demmaksi. Saneerauksella tarkoitan yksiköiden vaihtoa laitekaapeissa. Kuvassa 11 on kaappi, jossa on hieman vanhempaa kalustoa. Tämä kaappi on ihan toiminnassa, mutta olisi syytä saneerata hieman uudemmaksi.



KUVIO 11. Laitekaappi, jossa on hieman vanhempia yksiköitä käytössä.

Lähitulevaisuudessa kuitu tulee olemaan kaikkein vallitsevin signaalinsiirtoväylä. Koaksiaaliverkko ei poistu käytöstä aivan lähivuosina, mutta vuosien saatossa kuitu tulee syrjäyttämään kupariverkon. Kuidun tuomat mahdollisuudet ovat paljon suuremmat ja paremmat kuin kupariverkossa. Kuitua tuodaan jo nyt aina talovahvistimella asti ja lähitulevaisuudessa voi olla, että kuidulla edetään tuostakin pisteestä pidemmälle. Kuidun käyttö poistaisi tämänhetkiset koaksiaalikaapelin aiheuttamat ongelmat HFC-verkossa, koska kuidun käytöstä ei tähän asti ole ilmennyt mitään suurempia ongelmia. Suomen valtiolla on, myös haastava tehtävä edessään, koska selvityksen mukaan Suomen valtio lupasi, että jokaisella suomalaisella olisi mahdollisuus saada sadan megan laajakaistayhteys vuoden 2015 loppuun mennessä. Nopeita yhteyksiä tarvittaisiin televisiolähetyksiin, koska jakelukanavia tulee koko ajan lisää ja teräväpiirtokanavat vaativat isompia resursseja.

7.3 Kaappien kunto

Varsinaisesti itse kaapilla ei ole juuri mitään tekemistä signaaliongelmien kanssa. Kaappi on rakennettu suojaamaan yksiköitä, jotka välittävät signaalia eteenpäin. Laitekaappien tulisi olla kokoajan hyvässä kunnossa, jotta välttyttäisiin turhalta ilkvallalta. Laitekaappeihin on sijoitettu kaapeliverkolle tärkeitä yksiköitä, ja näiden rikkoutuminen tietäisi varmuudella kaapelitelevisio- ja kaapelimodeemien käytön katkeamista. Laitekaapit ovat tärkeä osa kaapeliverkolle, silti näiden huono fyysinen kunto on askarruttanut jo pidemmän aikaa. Moni kaappi on jo ränsistynyt aika huonokuntoiseksi, jolloin ilkvallan tekijöillä on paljon helpompaa päästä kaapeliverkolle elintärkeisiin yksikköihin käsiksi ja tehdä tuhojaan. Jakeluverkon alueella on useita laitekaappeja, jotka ovat hälyttävän huonossa kunnossa. Kaapeissa ilmeni yllättävän paljon lukko- ja kansiongelmia, koska lukot olivat jumittuneet kiinni, ruosteisia ja muutenkin välillä todella hankalia avata. Osa lukoista ei ole toiminut ollenkaan, jolloin kaappi ja sen tärkeät yksiköt olivat suojattuina vain yhden huonokuntoisen lukon takana. Kaikkein hälyttävintä oli kuitenkin itse kansien huonot kunnot. Monessa kaapissa kannet eivät pysyneet saranoissa ja olivat muutenkin hyvin heikosti kaapissa kiinni. Kaappien fyysisestä kunnosta tulisi ehdottomasti pitää parempaa huolta, mutta tällä hetkellä kukaan ei tee asian parantamiseksi yhtään mitään. Lukuisat kaapeliongelmat ovat pahentaneet tilannetta, koska kaapeilla käynti on lisääntynyt ja muutenkin huonokuntoisten kaappien jatkuvat avaamiset ja sulkemiset kuluttavat kaappeja koko ajan enemmän.

Kaapeista on aiheutunut myös muita mielenkiintoisia ongelmia. Varsinkin kesäisin tai lähinnä kovien helteiden aikaan tietyissä kaapeissa lämpötila saattaa nousta hyvin korkealle, jolloin laitekaapin yksiköissä saattaa ilmetä hieman ongelmia. Lahden alueella on tiettyjä kaappeja, jotka sijaintinsa takia joutuvat kesäisin kovalle koetukselle. Kaappien sisällä lämpötila voi hyvinkin nousta 60 asteeseen tai jopa tämän yli, jolloin laitekaapin yksiköt saattavat alkaa virheilemään. Jatkuva altistuminen kovalle helteelle on aikaisemmin aiheuttanut vahvistin ja virransyöttöongelmia, koska tiettyjä yksiköitä ei ole suunniteltu toimimaan niin kovassa helteessä pitkiä aikoja. Koville helteille ei tietenkään voi mitään, mutta kaappien sijoittamista voisi tulevaisuudessa suunnitella hieman paremmin. Kaapeille, jotka

altistuvat kovalle auringonpaisteelle, voisi suunnitella jotain erityisiä ratkaisuja lämpötilan pienentämiseksi. Esimerkiksi voitaisiin rakentaa erikoisia laitekaappeja, jotka kestäisivät paremmin lämpöä ja olisivat samalla vankka rakenteisempia, jolloin ilkvallanteko hankaloituisi ja kaappien fyysinen kunto parantuisi.

7.4 Virheily koaksiaalikaapelissa

Koaksiaalikaapelit ovat hyvin tehtynä sekä ilman turhaa liikuttelua tai siirtelyä varsin toimiva ratkaisu kaapelitelevisiosignaalin siirtoon. Ongelmia syntyy, jos koaksiaalikaapeleiden liitokset ovat syystä tai toisesta menneet pieleen tai kaapeli on vaurioitunut, eikä sitä ole huomattu. Virheily ilmenee televisiokuvissa lähes välittömästi joko pikselöitymisellä tai kuvien pätkimisellä. Yleensä ongelman tai virheilyt huomaa heti, kun mitataan mittarilla, jolloin selviävät televisiokuvien signaalintasot. Tasot ovat yleensä todella alhaiset ja heittelevät laidasta laitaan. Virheilyn lähde on helppo löytää, mutta tietyissä tapauksissa se on aikaa vievää työtä. Virheilyn paikantamista kannattaa lähteä etsimään askel kerralla. Liian isoa harppausta ei kannata tehdä, koska muuten joutuu helposti tekemään turhaa työtä. Turhan työn tekeminen vie aikaa pois viankorjauksesta tai omasta työpanoksesta. Virheilyn alkua kannattaa etsiä aina vahvistin kerralla, jos virheilyä havaitaan jonkun asukkaan huoneistossa, jolloin kannattaa tarkistaa talovahvistin. Tämän jälkeen lähdetään sille laitekaapille, josta lähtee kyseiseen taloon syöttökaapeli. Syöttökaapelina on yleensä käytetty Tellu 7:ää, ja sillä tarkoitetaan kaapelia, joka tuodaan läheisimmältä laitekaapilta kerrostaloon, jossa se kytketään talovahvistimeen kiinni. Tämän jälkeen tarkistetaan laitekaapin vahvistin, jos kyseinen vahvistin ei virheille, silloin on paikannettu väli, jossa virheily tapahtuu. Tämän jälkeen tutkitaan jaot ja haaroittimet: jos näissäkään ei ole vikaa, silloin tutkitaan kaapeleiden liitokset. Näiden toimenpiteiden jälkeen vika on lähes aina löytynyt, tosin poikkeuksiakin on sattunut matkan varrella. Poikkeuksia ovat aiheuttaneet erilaiset rakennustyömaat, jotka ovat vahingossa vaurioittaneet tai rikkoneet kokonaan kaapelijohdon. Tällöin tietenkin vika on helposti löydettävissä sekä myös korjattavissa. Kaapelin ollessa poikki siihen rakennetaan ulkokäyttöön soveltuva jatko,

ja sen päälle kuumennetaan tietynlainen eriste, jotta vältyttäisiin mahdollisilta kosteus ja muilta vaurioilta.

Kaapelitelevisiossa jouduttiin vaihtamaan kanavanippujen taajuuksia Lahden alueella. Entiset kanavanipputaajuudet 162 MHz ja 170 MHz aiheuttivat rutkasti pätkimistä ja pikselöintiä etenkin keskustan alueilla. Vian paikantamiseen meni todella paljon aikaa, koska virheilyä tapahtui lähinnä iltapäivästä alkaen. Virheilyä tutkittiin päivisin, mutta siitä ei ollut juurikaan hyötyä. Aluksi asiakkaita ei uskotu, koska käyntihetkellä kaikki tulokset ja signaalit olivat kunnossa. Ratkaisua tähän ongelmaan etsittiin pitkään ja hartaasti, kunnes päätettiin jättää nauhoittavia digibokseja asiakkaille ja talovahvistimille. Tämän avulla saataisiin varmaa tietoa virheilystä. Televisio-ohjelmia nauhoitettiin monia tunteja, ja kyllähän niissä virheilyä ilmeni. Tosiaan virheilyä ilmeni hyvin satunnaisesti, mutta lähes päivittäin oli jonkinlaista pikselöitymistä ja pätkintää havaittavissa. Mahdollisia syitä tällaisiin virheilyihin oli vaikea etsiä, koska vika liittyi jotenkin HFC-verkkoon. HFC-verkon pitäisi olla suljettu verkko, joten mitkään ulkopuoliset häiriösignaalit eivät voisi vaikuttaa kaapelitelevisioon. Ongelmia aiheuttivat huolimattomasti tehty HFC-verkko, koska johonkin oli jätetty päättämättömiä johtoja tai linjoja. Näiden päättämättömien linjojen etsiminen olisi ollut aivan mielettömän vaikeata, joten taajuuksien vaihto oli lähes ainoa vaihtoehto ongelman korjaamiseksi. Päättämättömien johtojen tai linjojen kautta jonkinlaiset häiriösignaalit pääsivät HFC-verkkoon ja aiheuttivat ongelmia kyseisillä taajuuksilla, jotka jouduttiin lopulta vaihtamaan. Ongelmat kerääntyivät lähinnä keskustan alueelle, koska keskustan alueella on eniten kaikenlaisia signaaleja olemassa. Nämä kyseiset häiriösignaalit sattuivat toimimaan suunnilleen samoilla taajuuksilla, minkä takia ne aiheuttivat televisiokuvissa häiriöitä. Tällaista ongelmaa olisi tuskin syntynyt, jos verkon rakennusvaiheessa olisi noudatettu tarkasti annettuja ohjeita ja standardeja.

7.5 Laittevikoja

HFC-verkossa käytetyt yksiköt ja laitteet ovat pääosin Telesten valmistamia. Muiden yritysten yksiköitä ei juurikaan käytetä, ja ne on tarkoitus vaihtaa Telesten

yksiköiksi, vaikka muilta löytyisi jopa halvempia ja ehkä jopa parempiakin laitteita. Telesten tuotteet ovat useimmiten hyviä ja toimivia, mutta Telesteltä puuttuu kokonaan varteenotettava kilpailija. Telestellä on ylivoimainen markkina-asema kyseisillä verkon tuotteilla.

Telesten vahvistimissa on esiintynyt yllättävän paljon ongelmia. Välillä vahvistimiin ilmaantuu hieman ihmeellisiä vikoja, kuten vahvistin lakkaa yllättäen vahvistamasta signaalia, vahvistimen mittauspiste vääristää signaalin tasoja tai yksinkertaisesti jokin pieni komponentti menee epäkuntoon, jolloin vahvistin ei toimi enää normaalilla tavalla. Yleensä vahvistimen rikkoutuminen aiheutuu epänormaalisti tilanteesta, kuten esimerkiksi lievästä sähkökatkoksesta. Asentaja voi aiheuttaa sähkökatkoksen esimerkiksi ottamalla töpselin seinästä irti ja laittamalla sen takaisin paikoilleen. Vahvistimet ovat toiminnassa monia vuosia ja kaiken tämän ajan signaalia vahvistetaan yhtäjaksoisesti, joten lievätkin sähkökatkokset voivat aiheuttaa vuosia yhtäjaksoisesti toimineelle vahvistimelle ongelmia. Lähes aina vahvistin jatkaa toimintaansa normaalin tapaansa, mutta välillä vahvistin ei toivukaan sähkökatkoksesta ja menee epäkuntoon. Vahvistin ongelmien välttämiseksi vahvistimia tulisi kehittää entistä enemmän, mutta samalla voisi harkita jonkun muun merkkisen vahvistimen käyttöä ihan vaikka kokeilumielessä. Kilpailutilanteiden luominen Telesten ja muiden yritysten välillä ei pahentaisi nykyistä tilannetta mitenkään vaan pikemminkin parantaisi sitä. Vaikka Telestellä onkin monopoliasema kyseisillä yksiköillä ja laitteilla, niin sen asemaa tulisi kyseenalaistaa ja vaatia parempia tuotteita.

Muita mielenkiintoisia laitevikoja ovat aiheuttaneet pienet hyönteiset ja niistä erityisesti muurahaiset. Varsinkin kesällä muurahaisista on jonkin verran haittaa. Uudet yksiköt ja laitteet ovat paremmin suojattuja muurahaisilta, mutta vanhan verkon yksiköt ovat enemmän alttiita muurahaisista aiheutuvista katkoksista ja oikosuluista. Muurahaisia vastaan on jo olemassa tehokkaita suojausmenetelmiä, kuten esimerkiksi kaupasta saatavia tuholaismyrkkyjä.

HFC-verkossa laitevikoja syntyy kesäisin enemmän kuin talvisin. Ukkoskeli ja salaman iskut aiheuttavat kesäisin paljon laitevikoja. Yleensä salaman iskiessä

laitekaappiin tai HFC-verkon lähettyville tapahtuu merkittäviä laiterikkoja. Tällöin maadoituksen on syytä olla laitekaapissa kunnossa, mutta sekään ei pysty estämään suurta tuhoa. Salaman iskiessä laitekaappiin sieltä hajoavat lähes poikkeuksetta kaikki yksiköt ja hyvin luultavasti sähköpurkaus hajottaa muitakin laitekaappeja. Sähköpurkaus kulkee kuparijohtoja pitkin muille laitekaapeille ja hajottaa sieltäkin yksiköitä riippuen siitä, kuinka vahvasti salama iski. Sähköpurkaus voi kulkea myös talovahvistimille ja jopa talojen sisäverkkoa pitkin aina asukkaille asti. Tällöin asukkailta saattaa mennä televisioita ja digibokseja rikki. Salamanskua ei voi mitenkään ennakoida tai yrittää välttää, ja yleensä ukkoskelin alkaessa on syytä varoittaa vikapäivystäjää olemaan varuillaan, koska lähes joka kerta ukkoskeli jättää jonkinlaiset vauriot HFC-verkkoon.

8 YHTEENVETO

Yli puolet suomalaisista katsoo televisiota kaapelinverkon kautta, ja määrä kasvaa koko ajan. Kaapeli-tv-liittymien määrä kasvaa vuosittain, mutta televisiosignaalin laatu on pysynyt paikoillaan tai jopa hieman huonontunut. Kaapeliverkon siirto-teinä on käytetty kuitua ja koaksiaalikaapeleita. Näitä pitkin digitaalinen signaali kulkee HFC-verkossa. Kaapelitelevisioverkon rakenne koostuu päävahvistimesta, kuituvahvistimesta, jakeluverkosta, talojakamosta ja taloverkosta. Jakeluverkon alueella syntyvät suurimmat koaksiaaliverkon signaaliongelmat ja tämän työn tarkoituksena oli tutkia ja perehtyä näihin ongelmiin.

HFC-verkossa ongelmia ilmenee jatkuvasti. Ongelmat eivät kasaannu mihinkään tiettyihin alueisiin vaan ilmenevät satunnaisesti joka puolella verkkoa. HFC-verkossa signaalitasot ovat tällä hetkellä hyvin epätasaiset, mikä vaikeuttaa verkon hallintaa, ja signaalin laatu kärsii kyseisestä ongelmasta. HFC-verkon yksiköiden laitekaapeissa on myös parantamisen varaa, eräät laitekaapit alkavat olla jo melko huonossa kunnossa ja tilanne huononee koko ajan. Laitekaappien huolto tai muihin parantaviin toimenpiteisiin ei ole tällä hetkellä aikaa eikä resursseja. Tämä on huolestuttava asia, koska laitekaapit suojaavat kaapeliverkon elintärkeitä yksiköitä. HFC-verkossa on käytössä pääosin Telesten laitteita, vaikka toisten yritysten laitteet ja erilaiset yksiköt olisivat halvempia ja mahdollisesti jopa parempia. Yksiköiden elinikää on hankala arvioida edes laskennallisesti, koska erilaiset häiriöt verkossa saattavat rikkoa näitä yksiköitä.

Kesäisin tapahtuu enemmän laitevaurioita kuin talvisin, ja tähän ovat syypäinä pienet hyönteiset eli lähinnä muurahaiset sekä ukkoskelit, jotka lähes joka kerta hajottavat joitakin HFC-verkon yksiköitä. Koaksiaalikaapeleissa on ilmennyt haasteellisia ja välillä myös hieman mystisiäkin ongelmia. Kaapeliverkossa jouduttiin vaihtamaan kahden kanavanipun taajuutta korkeammalle, koska edelliset käytetyt taajuudet aiheuttivat televisiokuvissa pätkimistä ja pikselöitymistä. Ongelman aiheuttajaa oli vaikea selvittää, joten kanavanippujen taajuutta päätettiin nostaa hieman korkeammalle, eli 234 MHz:iin ja 242 MHz:iin. Koaksiaaliverkossa on ilmennyt mystinen kohinaongelma, joka aiheuttaa verkkoon toimintaongel-

mia myös muillakin paikkakunnilla. Kohina haittaa kaapelimodeemien toimintaa, ja sen korjaaminen on hyvin turhauttavaa, koska kohina saattaa hävitä yhtä mystisesti kuin se on tullutkin.

HFC-verkkon huoltoon tulisi käyttää enemmän aikaa ja resursseja. Kaapeliverkko on tällä hetkellä jollainlailla toimiva verkko, mutta jos sitä ei kehitetä tai paranneta entisestään, niin jossain vaiheessa ongelmat saattavat kasaantua turhankin suuriksi. Tällä hetkellä HFC-verkon viankorjaus toteutetaan lähinnä tilapäisratkaisulla, jolloin samat viat ja ongelmat eivät katoa mihinkään vaan ilmenevät myöhemmin uudestaan.

LÄHTEET

Atredown.com. 2008. Kanavanippu. [viitattu 18.12.2008]. Saatavissa:
<http://fin.afterdawn.com/sanasto/termit/Kanavanippu.cfm>

AETC. 2008. Equipment. [viitattu 22.02.2009]. Saatavissa:
<http://www.atecorp.com/equipment/jdsu/dsam-6000b.asp>

Cable. 03.09.2008. Tiedotteet. [viitattu 14.12.2008]. Saatavissa:
<http://www.kaapelitelevisio.fi/index.asp?hidemenu=true>

Digita. Televisio. [viitattu 07.12.2008]. Saatavissa:
http://www.digita.fi/digita_dokumentti.asp?path=1840;1852;7462

Digi-tv. 29.10.2007. Digi-tv:n kehitysvaiheet Suomessa. [viitattu 04.12.2008].
Saatavissa: <http://www.digitv.fi/sivu.asp?path=1;2996;3040>

Digi-tv. 6.6.2007. Digi-tv-tekniikan etuja. [viitattu 07.12.2008]. Saatavissa:
<http://www.digitv.fi/sivu.asp?path=1;2997;8218;952>

Digi-tv. 27.10.2008. Näkyvyys. [viitattu 18.12.2008]. Saatavissa:
<http://www.digitv.fi/sivu.asp?path=1;8224>

Digi-TV. 2005. Digi-TV. [viitattu 11.01.2009]. Saatavissa:
http://gallia.kajak.fi/opmateriaalit/yleinen/honHar/ma/TVMonitor_DIGI-TV.pdf

Digi-tv. 6.6.2007. Tekniset standardit. [viitattu 15.12.2008]. Saatavissa:
<http://www.digitv.fi/sivu.asp?path=1;2997;8218;956>

Digitaalinen televisio. 2008. Digitaalinen televisio. [viitattu 04.01.2009]. Saata-
vissa: http://ladu.htk.tlu.ee/erika/lasse/cableTV/digitaalinen_televisio.html

DNA. 2008. Kaapeli-tv taajuudet. [viitattu 18.12.2008]. Saatavissa:
<http://www.dna.fi/Yksityisille/TV/KaapeliTV/Sivut/Taajuudet.aspx>

DVB-H. 2005. DVB-H technology. [viitattu 15.12.2008]. Saatavissa:
<http://www.dvb-h.org/technology.htm>

ESS. 6.3.2008. Uutiset: Digipapan pitkä marssi päättymässä. [viitattu 16.12.2008].
Saatavissa: <http://www.ess.fi/?article=186725>

Ficora. 2005. Laajakaistayhteyksien operaattorirajapinnat. [viitattu 14.01.2009].
Saatavissa:
http://www.ficora.fi/attachments/suomi_R_Y/1158858936952/Files/CurrentFile/TRaportti072004.pdf

Helkama. 2001. Valokaapelit tele- ja tietoverkoissa. Tampere: TAMMER-PAINO
OY

Kaapeli-tv-järjestelmien rakenne. 2007. Kaapeli-tv-järjestelmien rakenne. [viitattu
11.01.2009]. Saatavissa:
http://ladu.htk.tlu.ee/erika/lasse/cableTV/kaapelitvjrjestelmien_rakenteesta.html

Liikenne- ja viestintäministeriö. 1.9.2007. Digisiirtymä. [viitattu 11.12.2008].
Saatavissa:
http://64.233.183.132/search?q=cache:x2sb_0UqDqAJ:www2.eduskunta.fi/kerhot/luoto/pp/Aijala_ek_energsviikko_2007.pps+digisiirtym%C3%A4&hl=fi&ct=clnk&cd=6&gl=fi

Liikenne- ja viestintäministeriö. 27.02.2008. Digitaaliseen televisioon siirtyminen.
[viitattu 14.12.2008]. Saatavissa: http://www.mintc.fi/fileserver/LVM12_2008.pdf

MPEG-standardit. 2005. MPEG-standardit. [viitattu 11.01.2009]. Saatavissa:
http://gallia.kajak.fi/opmateriaalit/yleinen/honHar/ma/TVMonitor_MPEG-standardit.pdf

Naskali, V., Suikkanen, P. 2004. Antennijärjestelmät ja valmistautuminen digiaikaan. Porvoo: WSOY

Optinen tiedonsiirto. 1999. Optinen tiedonsiirto. [viitattu 05.01.2009]. Saatavissa <http://www.tml.tkk.fi/Studies/Tik-110.300/1998/Essays/ots.html>

Perustekniikkaa. 2007. Perustekniikkaa. [viitattu 11.01.2009]. Saatavissa: <http://ladu.htk.tlu.ee/erika/lasse/cableTV/perustekniikkaa.html>

Promax. 2008. Promax. [viitattu 22.02.2009]. Saatavissa: <http://www.finnsat.fi/tuotteet/pdf/PRODIG7.pdf>

Suomen kuntaliitto. 2.1.2006. Julkishallinnon laitosten siirtyminen digi-tv – aikaan. [viitattu 04.12.2008]. Saatavissa: http://www.ssty.fi/images/digi_tv.pdf

Taloverkko. 2008. Yleiskaapelointi. [viitattu 03.01.2009]. Saatavissa: http://www.taloverkko.fi/kysytyt_kaapelointi.htm

Viestintävirasto. 08.04.2008. Uutiset 2008. [viitattu 11.12.2008]. Saatavissa: http://www.ficora.fi/index/viestintavirasto/uutiset/2008/P_137.html

Viestintävirasto. 20.06.2006. Digitelevisioin käytettävyyttä koskeva tutkimus. [viitattu 14.12.2008]. Saatavissa: <http://www.kaapelitelevisio.fi/showattachment.asp?ID=201&DocID=325>

Wikipedia. 2008. Koaksiaalikaapeli. [viitattu 05.01.2009]. Saatavissa: <http://fi.wikipedia.org/wiki/Koaksiaalikaapeli>

LIITTEET