

Tuomas Rasku

KTV-verkon toteutus valokuidussa

Opinnäytetyö

Syksy 2012

Tekniikan yksikkö

Tietotekniikan koulutusohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Koulutusohjelma: Tietotekniikan koulutusohjelma

Suuntautumisvaihtoehto: Tietoverkkotekniikat

Tekijä: Tuomas Rasku

Työn nimi: KTV-verkon toteutus valokuidussa

Ohjaaja: Alpo Anttonen

Vuosi: 2012

Sivumäärä: 46

Liitteiden lukumäärä: 2

Kaapelitelevisio on käytössä sadoillatuhansilla suomalaisilla, mutta sen asiakkaat painottuvat kaupunkeihin ja suurimpiin taajamiin. Tässä työssä tutkitaan mahdollisuutta tarjota kaapelitelevisiota haja-asutusalueelle, jossa datayhteydet on toteutettu valokuidulla. Olemassa oleva dataverkko on rakenteeltaan aktiivinen verkko. Tämän työn tilaajana on Suupohjan Seutuverkko Oy.

Työssä tutustutaan tarkemmin televisiolähetysten kehitykseen ja KTV-verkon rakenteeseen. Verkon laitteisiin perehdyttäessä keskitytään niihin komponentteihin, joita tekninen toteutus vaatii, kun siirtotienä käytetään valokuitua.

Ennen verkon suunnittelua perehdytään mitä haasteita ja ongelmakohtia jo olemassa oleva verkko asettaa KTV-verkon toteutukselle. Näiden pohjalta laaditaan suunnitelmat verkon toteutuksesta ja sen vaatimista laitteista. Suunnitelmissa huomioidaan kaksi erityyppistä verkon aluetta, ne joissa yhden kyläkeskuksen asiakasmäärät ovat suuret, ja ne joissa keskusalueet ovat asiakasmääriltään pieniä.

Lopputuloksena on arvio kustannuksista ja verkon toteuttamiskelpoisuudesta. Toteuttamiskelpoisuudessa asetetaan vastakkain kaapelitelevision tuomat mahdollisuudet palveluille ja haasteet sekä ongelmakohtat, joita verkon käyttöönotto toisillessaan. Kokonaisuuden perusteella voidaan arvioida verkon rakentamisen kannattavuutta.

Avainsanat: KTV, kaapelitelevisioverkko, valokuitu, DVB-C, FTTH

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Information Technology

Specialisation: Network Information Technology

Author: Tuomas Rasku

Title of thesis: CATV-network and optical fiber

Supervisor: Alpo Anttonen

Year: 2012

Number of pages: 46

Number of appendices: 2

The aim of this thesis was to investigate the implementation of cable television in rural areas when the transmission path is optical fiber. The thesis was commissioned by Suupohjan Seutuverkko Oy.

First, the development of television and its future was examined. CATV-network architecture and its technical implementation are presented in the theoretical part of the thesis with focus on those devices that are used when the transmission path is optical fiber.

As a result of this thesis a cable television network was designed for two different types of network. The plans were calculated on the basis of the cost estimate. The end result was an estimate for the feasibility of the network. On the basis of this assessment Suupohjan Seutuverkko Oy can assess the CATV-network profitability.

Keywords: CATV, cable television, DVB-C, optical fiber

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ.....	4
Kuvio- ja taulukkoluetelo.....	6
Käytetyt termit ja lyhenteet	7
1 JOHDANTO	9
1.1 Työn tausta	9
1.2 Työn tavoitteet.....	9
1.3 Työn rakenne	10
1.4 Suupohjan Seutuverkko Oy	10
2 TELEVISIOLÄHETYSTEN KEHITTYMINEN SUOMESSA.....	11
2.1 Ensimmäiset televisiolähetyskset Suomessa.....	11
2.2 Kaapeli-tv:n yleistymisen	11
2.3 Digi-aikaan siirtyminen	12
2.4 Televisiolähetysten tulevaisuus.....	13
2.5 IPTV haastajana.....	14
3 KAAPELI-TV:N TOIMINTA.....	15
3.1 DVB-standardi.....	15
3.2 Modulointi.....	16
3.3 Lähetysrakenteen	17
3.4 Verkon rakenne.....	19
4 VERKON KOMPONENTIT	21
4.1 Optinen jaotin	22
4.2 Optiset vahvistimet.....	22
4.3 Optinen lähetin	24
4.4 Optinen vastaanotin	24
4.5 Liittimet.....	25
4.6 Yksimuotokuitu.....	27
4.7 Koaksiaalikaapeli	29

5	HAASTEET JA MAHDOLLISET ONGELMAKOHDAT	30
5.1	Valokuituverkon asettamat haasteet	30
5.2	Asiakasverkon mahdolliset ongelmat	31
6	VERKON SUUNNITTELU	32
6.1	Vaimennuksien laskeminen	33
6.2	Uudet alueet.....	34
6.3	Vanhat alueet.....	36
6.4	Käytettävät aallonpituudet.....	36
6.5	Verkon vikatilanteet.....	37
7	KUSTANNUSARVIO / TOTEUTTAMISKELPOISUUS	38
7.1	Kustannusarvio uudelle alueelle.....	38
7.2	Kustannukset vanhalle alueelle.....	40
7.3	Toteuttamiskelpoisuus	40
8	YHTEENVETO.....	42
	LÄHTEET	43
	LIITTEET	46

Kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuvio 1. 64-QAM symboli/bittijärjestys. (Poole 2001.)	17
Kuvio 2. TV-kuvan muuntaminen kaapelitelevisio lähetteeksi. (ETSI 1998.)	18
Kuvio 3. Perinteinen KTV-verkko, jossa asiakasliitynnät koaksiaalikaapelilla. (Sheldon 2001.)	19
Kuvio 4. Optisen vahvistimen toimintaperiaate. (Helkama 2001, 73.)	23
Kuvio 5. Optisen liittimen liitos- ja heijastusvaimennus.	26
Kuvio 6. Valon kulkerot askelkuidussa (a), asteittaiskuidussa (b) ja yksimuotokuidussa (c). (Optiset liityntäverkot. 2006, 23.)	28
Kuvio 7. Koaksiaalikaapelin rakenne.	29
Kuvio 8. Verkon suunnittelun lähtökohtana käytetty periaatekuva verkon rakenteesta.	32
Kuvio 9. Suunnitelma KTV-verkon laitteista verkon uudelle alueelle.....	35
Taulukko 1. DVB-versiot. (Penttinen 2006 a, 152.)	15
Taulukko 2. Antenninjärjestelmien yleisimpiä desibeli- ja tehosuhteita (Naskali & Suikkainen 2004.)	21
Taulukko 3. Tyypilliset jakovaimennukset, Delta OCP 1- xx SC -sarja.	22
Taulukko 4. Optisten vahvistimien ominaisuuksia.	23
Taulukko 5. Vastaanottimien ominaisuuksia.	25
Taulukko 6. Liitinvoimennukset. (Helkama 2001, 56.).....	26
Taulukko 7. Asiakkaiden etäisyyksiä kyläkeskuksilta.....	30
Taulukko 8. Vaimennuksien laskennassa käytettyjä arvoja.	33
Taulukko 9. Verkon komponenttien kokonaiskustannukset.	38
Taulukko 10. Asiakasmäärän ja tulojen kehityksen arvio.	39
Taulukko 11. Arvio kustannuksista asiakasta kohden.....	39

Käytetyt termit ja lyhenteet

1U	One Unit, standardi mittayksikkö telelaitekaappeihin. 1U vastaa korkeudeltaan 44,45 mm korkeaa laitetta.
APC	Angle Physical Contact, vinohiottu liitintyyppi, jota yleisesti käytetään kaapelitelevisiosignaalin siirtämisessä.
CWDM	Coarse Wavelength Division Multiplexing, aallonpituuskaistanjako, jossa aallonpituusalue on 1280–1625 nm ja kanavat ovat käytössä 20 nm:n välein.
DOCSIS	Data over Cable Service Interface Specification, standardi, jossa määritellään kaapelimodeemiverkon toiminta.
FTTH	Fiber to the Home, valokuituverkon liittymätyyppi, jossa kuitukaapeli tulee omakotitaloon. Käytetään usein nimitystä kuitu kotiin.
FTTB	Fiber to the Base, valokuituverkon liittymätyyppi, jossa valokuitu tulee taloyhtiön talojakamoon.
DVB	Digital Video Broadcasting, digitaalisen televisiolähetteen Eurooppalainen standardi.
HFC	Hybrid Fiber Coaxial, kaapeliverkko, jossa käytetty sekä valokuitua että koaksiaalikaapelia.
IPTV	Internet Protocol Television, tekniikka jolla TV-kuva siirretään tavallisen IP-pohjaisen dataverkon yli.
CATV /KTV	Kaapelitelevisio
LC	Lucent Connector, SC-liittimien ohessa yleisin yksimuo- tokuidun liitintyyppi.

MPEG	Moving Picture Experts Group, standardi liikkuvan kuvan pakkaamiseen. Löytyy useampia versionumeroita.
P2P	Point to Point, aktiivilaitteilla toteutettu dataverkko.
PON	Passive Optical Network, passiivinen valokuituverkko, jossa datasiinaalia jaetaan passiivisilla jaottimilla useammalle asiakkaalle.
RF	Radio Frequency, radio taajuus.
SC	Subscriber Connector, yksimuotokuidulla käyttö liitintyyppi.
SNMP	Simple Network Management Protocol, protokolla tietoliikenneverkon laitteiden hallintaan ja valvontaan. Suurin osa verkkolaitteista tukee protokollaa.
UPC	Ultra Physical Contact, yksimuotokuidulla käytetty yleisin liitinhionta dataverkossa.
QAM	Quadrature Amplitude Modulation, modulaatiomenetelmä, jossa moduloidaan signaalin vaihekulmaa ja amplitudia.

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on tilaustyönä tehty selvitys kaapelitelevision toteuttamisesta jo olemassa olevassa valokuituverkossa. Työn tilaajana on Suupohjan Seutuverkko Oy.

1.1 Työn tausta

Suupohjan Seutuverkko Oy:n valokuituverkko sijaitsee monilta osin alueella, jossa tv-signaali on huono tavallisen maanpäällisen antenniverkon kautta. Valokuituverkko mahdollistaa jo nyt tv-palvelut asiakkaille IPTV-muodossa. Kaapeli-tv-mahdollisuus olisi kuitenkin monelta osin asiakkaille halvempi tapa saada häiriötön televisiokuva. Sen etuna IPTV-tekniikkaan on myös signaalin helpompi jakaminen kiinteistössä useammalle televisiolle pienemmillä kustannuksilla.

Tällä hetkellä kaapelitelevision on lähinnä kaupunkilaisten saatavilla ja haja-asutusalueella kaapeliverkon toteutus on useimmiten kustannuksiltaan liian kallis. Verkon toteutus osana jo olemassa olevaa tietoliikenneverkkoa tarjoaisi kuitenkin mahdollisuuden tarjota kaapeliteleviointia myös kaupunkien ja taajamien ulkopuolelle.

1.2 Työn tavoitteet

Työn tavoitteena on tutustua kaapelitelevision tekniikkaan ja sen tarvitsemiin laitteisiin, sekä niiden ominaisuuksiin, kun siirtotienä käytetään valokuitua, josta asiakasrajapinnassa siirrytään tavalliseen koaksiaaliverkkoon. Selvityksessä on tarkoitus ottaa kantaa kaapeliteleviointiverkon toteuttamisesta jo olemassa olevan data-verkon rinnalle. Selvityksen lopputuloksena on tarkoitus esittää yritykselle suuntaa antava kustannusarvio verkon rakentamisesta ja käyttöönotosta, sekä arvio toteuttamiskelpoisuudesta. Näitä tietoja hyödyntäen yrityksellä on mahdollista tehdä päätös verkon rakentamisesta.

1.3 Työn rakenne

Toinen luku käsittelee television ja kaapeli-tv:n historiaa. Siinä käydään lyhyesti läpi tv-lähetysten kehitys tähän päivään saakka ja katsotaan tulevaisuuden palveluiden suuntaan.

Varsinaiseen kaapeli-tv:n toimintaan ja verkon rakenteeseen perehdytään luvussa kolme. Teoriaosa jatkuu neljännessä luvussa, jossa tutustutaan verkon vaatimiin aktiivi- ja passiivilaitteisiin.

Viidennessä luvussa tuodaan esiin haasteita, joita työnannon aikana tuli esiin ja joihin suunnittelun aikana on tarkoitus löytää vastauksia. Kuudes luku käsittelee itse verkon suunnittelua aiempien lukujen tietoihin pohjautuen.

Kustannusarvio rakennettavalle verkolle on esitetty luvussa seitsemän. Siinä myös pohditaan saavutettuja tuloksia ja verkon toteuttamiskelpoisuutta.

1.4 Suupohjan Seutuverkko Oy

Suupohjan Seutuverkko Oy on Suupohjan ja Pohjois-Satakunnan alueella toimiva yritys, joka rakentaa avointa valokuituverkkoa. Verkko tarjoaa monipuoliset tietoliikennepalvelut niin kuluttaja- että yritysasiakkaille, kuin myös julkiselle sektorille. Kuluttajapuolella liittymiä tarjoavat tällä hetkellä Anvia, Kuuskaista, PPO, JNT ja Dynamo Net, lisäksi yrityspuolella on mahdollista ottaa edellä mainittujen lisäksi joko Elisan tai TDC:n palveluita. Yritys tarjoaa myös konsultointipalveluita valokuituverkon rakentamisesta kiinnostuneille. (Suupohjan Seutuverkko Oy 2012.)

Kauhajoen, Teuvan, Karvian, Isojoen, Karijoen, Kurikan sekä PPO Oy:n omistama yhtiö on perustettu vuonna 2005. Yritys työllistää tällä hetkellä kokoaikaisesti neljä henkilöä, sekä käyttää useiden aliurakoitsijoiden palveluita verkon rakentamisessa. Vuoden 2012 aikana valokuituverkko laajenee Honkajoen ja Siikaisten kuntien alueella, joissa yhteenlaskettu liittymämäärä on yli 600 kpl. (Suupohjan Seutuverkko Oy 2012.)

2 TELEVISIOLÄHETYSTEN KEHITTYMINEN SUOMESSA

Televisio on yksi 1900-luvun suurimpia keksintöjä ja sen kehitys vuosikymmenten aikana on ollut nopeaa, kuten muunkin tekniikan. Periaate on kuitenkin säilynyt samana, lähettää katsojille viihdettä, elävää kuvaa. Televisiolähetystyksiä voidaan vastaanottaa niin kaapelin, antennin kuin myös satelliitin välityksellä. Jokainen näistä tekniikoista on vuosien varrella löytänyt paikkansa kuluttajien keskuudessa. Televisio on tänä päivänä yksi eniten ihmisten vapaa-aikaa kuluttavista medioista. (Van Beijnum 2011.)

2.1 Ensimmäiset televisiolähetystykset Suomessa

Kaapeli-tv:n ja koko television alkutaipaleet ulottuvat Suomessa 1950-luvun alkuun, jolloin Helsingin vuoden 1952 olympialaiset olivat suurin syy saada elävää kuvaa ihmisten näkyville. Ensimmäisiä lähetystyksiä pystyi seuraamaan Stockmannin näyttelyhallissa ja Mannerheimintien näyteikkunasta. Tästä kului muutama vuosi, kun vuonna 1954 VTT:n teknisen tohtorin, Jouko Pohjansalon, ehdotuksesta Radioinsinööriseura ry:n yhteyteen perustettiin televisiokerho. Kerho sai suuren suosion ja siihen kuului niin opiskelijoita, kuin myös Yleisradion jäseniä. Kerhon tavoitteen oli ”rakentaa televisiokoeasema Teknilliseen korkeakouluun koemielessä”. (Särkkä 2005.)

Ensimmäiset langattomat lähetystykset lähetettiin jo vuonna 1955. Runsaan tunnin kestäneessä ohjelmassa oli mm. laulua, hypnotisointia, lyhytelokuva ja nukketeatteria. Vastaanottimia tuolloin oli vain parisenkymmentä, mutta jo vuoteen 1957 mennessä vastaanotinten määrä oli noussut arviolta pariin tuhanteen. Radiokerhon säännölliset lähetystykset 1956 olivat lähteneet kasvattamaan television suosiota. Samoihin aikoihin myös Yleisradio lähti mukaan ja aloitti koelähetystykset. (Särkkä 2005.)

2.2 Kaapeli-tv:n yleistyminen

Kaapelitelevision suosio kasvoi 1970-luvulla, jolloin rannikolla yleistyi Ruotsin tv-kanavien välittäminen kerrostalojen yhteisantennijärjestelmissä. Samoihin aikoihin,

vuonna 1973 perustettiin Suomen Kaapelitelevisioliitto Ry. Kaapelitelevisio nähtiin tuolloin Ylen kilpailijana, koska sen välityksellä oli mahdollista välittää muutakin lähetystä. Vasta 1981, kun MTV3 sai oman uutislähetyksensä, mureni Ylen monopoliasema. Vaikka ensimmäisiä satelliittilähetystyksiä lähetettiin kaapeli-tv:ssä jo 1982, oli kilpailu tehty niin vaikeaksi, että taloudellisesti kannattavaa kaapeli toimintaa oli vaikea saavuttaa. (Laine-Lassila 2008.)

Kaapeli-tv:n suosion kasvamisen pohjana voidaan nähdä urheilun ja musiikin tarjonnan lisääntyminen. Vuonna 1989 perustettu maksuton Eurosport saavutti nopeasti suosiotaan. Myöhemmin kanava kuitenkin muuttui maksulliseksi omistajavaihdosten myötä. Samoin oli käydä Music Television kanavalle, joka kuitenkin lopulta pysyi maksuttomana ja nousi etenkin nuorison suosioon. Urheilun saralla merkittävänä kaapeli-tv:n voittona voidaan pitää vuoden 1993 jääkiekon MM-kisoja, joiden lähetysoikeudet sai kaapeliverkossa toimiva PTV-kanava. (Laine-Lassila 2008.)

Vaikka kaapelitelevision alkua värivät erilaiset säädösten puuttumiset ja lopulta liiankin säädelty kilpailuasema, on kaapeli-tv lopulta lunastanut paikkansa (Laine-Lassila 2008). Nykyisin suomalaisista kodeista jo yli puolet ovat liittyneet kaapeli-tv verkkoon. Myös kanavien määrä on kasvanut huimasti. Kanavatarjonta, operaattorista riippuen, voi ylittää jo yli 100 kanavaa.

2.3 Digiaikaan siirtyminen

Jo vuonna 1996 tehtiin päätös että Suomi siirtyy digitaalisiin televisiolähetystyksiin ja ensimmäiset koelähetykset tehtiin vuonna 1997. Vuosikymmenen lopulla Digita aloitti digitaalisen televisioverkon rakentamisen ja ensimmäisiä digitaalisia lähetystyksiä pystyi vastaanottamaan vuoden 2001 lopulla. Hallituksen vuoden 2004 päätöksessä todettiin, että analogiset lähetykset loppuvat 31.8.2007 ja Suomi siirtyy lopullisesti digiaikaan. (Vestola 2007.)

Vuoden 2006 lopulla antennitalouksissa digiaikaan siirtyminen oli jo hyvässä vauhdissa, mutta kaapelitalouksissa muutos oli ollut hitaampaa. Moni kaapeliteleviisyhtiö kampanjoi erilaisten erikoistarjousten avulla, jotta kuluttajien siirtyminen

vauhdittuiksi. Samaan aikaan myös kaikkien muiden kuluttajien digitietoisuutta pyrittiin kasvattamaan laajoilla kampanjoilla. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2006.)

Vaikka digiaikaan siirtymisen luvattiin tuovan interaktiivisia palveluita, vähemmän häiriöitä kuvassa ja muutenkin parempaa kuvanlaatua, jäivät katteet varsin pieniksi. Etenkin alkuaikoina ongelmia tuottivat huonosti toimivat digiboxit ja katvealueet antennilähetyksissä. Kaikista alkuaajan ongelmista huolimatta digiaika toi heti mukanaan myös positiivisia asioita, kuten kanavamäärän lisääntymisen. Lisäkanavien merkitys korostui antennitalouksissa, joissa aiemmin oli tyytyminen neljään kanavaan. Kaapelitaloudet olivat jo tottuneet runsaampaan kanavatarjontaan. (Vestola 2007.)

2.4 Televisiolähetysten tulevaisuus

Nykyisin osa televisiolähetyksistä on saatavilla teräväpiirto eli HD-muodossa. Teräväpiirtolähetysten yleistyminen kasvattaa verkon vaatimuksia, kun yhden kanavan vaatima bittivirta kasvaa. Kaapelitelevision suurempi kapasiteetti riittää antenniverkkoa paremmin HDTV-lähetyksille. Pääsääntöisesti HD-lähetyksiin siirryttäneiden vuoteen 2017 mennessä. Viestintäministeriön suunnitelmissa on kuitenkin varmistaa tärkeimpien televisiokanavien näkyminen tavallisilla vastaanottimilla vuoteen 2026 saakka (Yle 2012a). Tämä käytännössä tarkoittaisi, että tämän jälkeen kaikki kanavat lähetetään teräväpiirto muodossa.

Teräväpiirtoa seuraava lähetysuudistus on 3D-lähetykset, joiden kehitys on ehtinyt jo asteelle, jossa joitain 3D-lähetyksiä on mahdollista vastaanottaa. Sen ongelmana on kuitenkin itse vastaanotintekniikka, joka vaatii vielä kehitystyötä, jotta se olisi käyttäjäystävällinen katselukokemus. Kaiken kaikkiaan katsojien vaatimukset television katselukokemuksesta nousevat yhä suuremmiksi. (Yle 2012b.) Tämä tulee asettamaan yhä enemmän haasteita myös signaalin lähettämiseen, koska tarvittavan datan määrä lähetyksissä kasvaa jatkuvasti.

2.5 IPTV haastajana

Vaikka itse televisiolähetys ei IPTV-palvelussa muutu mihinkään, tuo dataverkon yli siirrettävä kuva haastajan tavalliselle antenni- ja kaapeliverkolle. Sen paras kilpailuetu muihin siirtoteihin verrattuna on sen mahdollistamat erilaiset palvelut. Eri-tyisesti lähetysten katsominen jälkikäteen, silloin kuin itselle parhaiten sopii ja elokuvien vuokrauspalvelut tuovat uutta sisältöä tavalliseen television katseluun verrattuna. (Van Beijnum 2011.)

Suurimmat syyt mikseivät IPTV-palvelut ole hallitseva tapa siirtää televisiolähetyksiä, ovat niiden kalliimmat kuukausimaksut asiakkaalle verrattuna tavalliseen antenni- tai kaapelivastaanottoon, sekä tarvittavien laitteiden kalliit hinnat. Myös palveluiden laadussa on vielä paljon parannettavaa. Jotta IPTV toimisi moitteettomasti, vaatii se hyvän tietoliikenneverkon ja riittävän nopeat datayhteydet kotitalouksiin, tämä on ongelma erityisesti harvaan asutulla alueella. Tulevaisuudessa nopeiden kuituverkkojen yleistyessä myös IPTV-palvelut tulevat yleistymään yhä kiihtyvällä tahdilla. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2006.)

3 KAAPELI-TV:N TOIMINTA

Toisin kuin tavallinen maanpäällinen antennilähetys, vaatii kaapelitelevisio toimintaan fyysisen verkon, jossa signaali kulkee lähettimestä aina asiakkaan vastaanottimeen saakka. Pienimmillään verkko voi olla vain yhden taloyhtiön kokoinen, jolloin taloyhtiö itse ottaa signaalin antennin välityksellä talon sisäverkkoon, jossa signaali jaetaan jokaiseen asuntoon, tällöin puhutaan yleisesti yhteisantenni-järjestelmästä. Käytännössä KTV-verkoista puhuttaessa tarkoitetaan yleensä isompia kokonaisuuksia, joissa tv-signaali tulee verkon omistavalta operaattorilta ja verkko on laajuudeltaan vähintään kaupungin alueella toimiva. Suomessa toimivia kaapelitelevisio-operaattoreita on mm. Elisa, DNA, Sonera ja Anvia.

3.1 DVB-standardi

DVB (*Digital Video Broadcasting*) -standardi on eurooppalainen standardi digitaaliseen televisiolähetykseen. Siitä on olemassa omat versionsa sekä maanpäällisten-, kaapeli-, satelliitti- kuin myös mobiili-lähetysten vastaanottoon. Taulukossa (Taulukko 1) on esitettyä eri DVB-versiot, niiden käyttötarkoitukset ja ominaisuuksia. Kaapeliverkon DVB-C-standardi on lähes sama kuin maanpäälliseen antenniverkkoon tarkoitettu DVB-T, suurimpana erona on eri modulointi. Maailmalla on käytössä myös muita lähetyksstandardeja, esim. Japanissa käytössä oleva ISDB ja Yhdysvalloissa käytetty ATSC. (Penttinen 2006a, 152.)

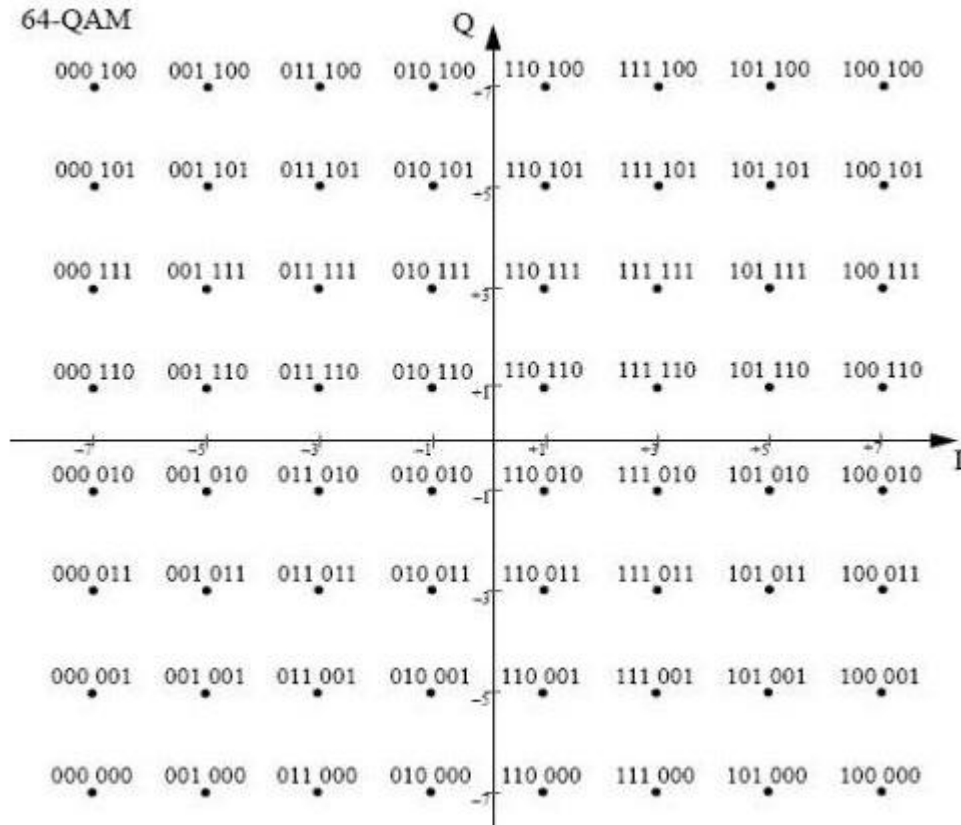
Taulukko 1. DVB-versiot. (Penttinen 2006 a, 152.)

Järjestelmä	Käyttö	Modulointi	Huomioita
DVB-T (Terrestrial)	Maanpäällinen antenniverkko	COFDM	Hyvä heijastuvien signaalien sieto
DVB-C (Cable)	Kaapelitelevisio	QAM	Suuri bittinopeus, mutta herkkä heijastuksille

DVB-S (Satellite)	Satelliitti-lähetyksille	QPSK	Taajuuskaistavaatimus suuri. Modulointi sietää pieniä SNR-suhteita.
DVB-H (Handheld)	Mobiilikäyttö	QPSK. QAM	Operaattori voi valita moduloinnin.

3.2 Modulointi

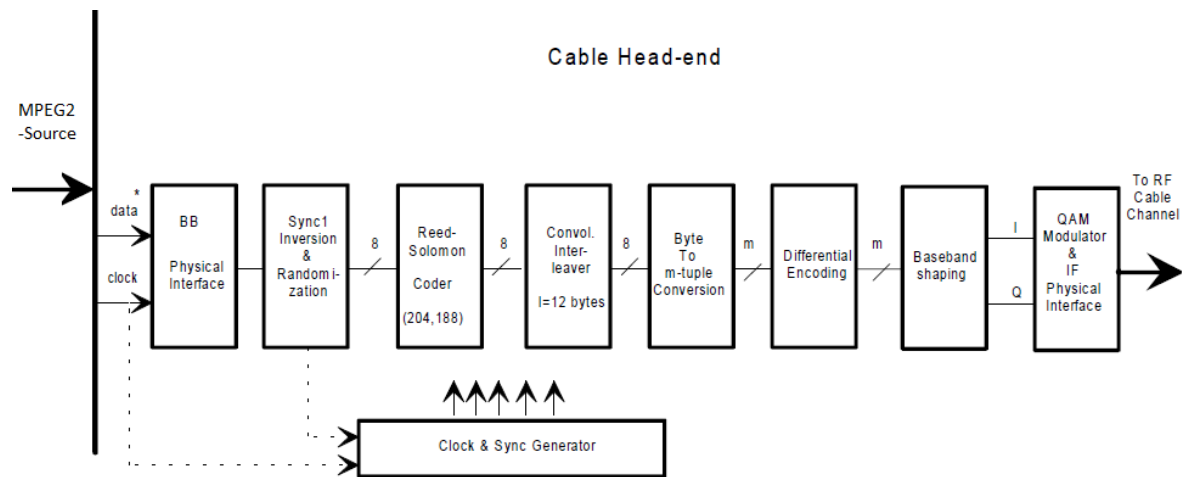
DVB-C-standardi käyttää modulointiin QAM (Quadrature Amplitude Modulation) -modulointia. Moduloinnista on olemassa erilaisia versioita, 16-QAM, 32-QAM, 64-QAM, 128-QAM ja 256-QAM, mitä suurempi luku, sitä tehokkaampi modulaatio on ja sillä saavutetaan suurempi bittinopeus. Kaapelitelevisio käyttää modulointeja väliltä 64–256-QAM. Mitä tehokkaampi on modulointi, sitä alttiimmaksi se joutuu häiriöille. Suurempi häiriöherkkyys moduloinnin kasvaessa johtuu symbolien lähentymisestä. Mitä pienemmäksi yhden symbolin alue menee, sitä herkemmin syntyy virhetulkintoja. Kuviossa (Kuvio 1) on esitettyä 64-QAM-moduloinnin symbolijärjestys. Symbolit on jaettu neljään neliöön X- ja Y-asteikolla, joista jokainen akseli on keskenään 90-asteen vaihesiirrosta. Yhden symbolin sisältämä bittimäärä riippuu käytetystä moduloinnista, kuvan moduloinnissa bittimäärä on 6 bittiä / symboli. Mitä suurempi modulaatio, sitä enemmän bittejä/symboli. (Poole 2001.)



Kuvio 1. 64-QAM symboli/bittijärjestys. (Poole 2001.)

3.3 Lähetyksen rakenne

Kaapeli-tv-lähetys koostuu kanavanipuista. Jokainen kanavanippu sisältää tietyn määrän kanavia ja jokaisella nipulla on oma taajuus. Käytetty taajuus riippuu operaattorista. Suomessa käytetyt taajuudet asettuvat noin 150–450 MHz:n paikkeille, joka on maanpäällistä antenniverkkoa (450–800 MHz) matalammilla taajuuksilla. Kanavanippujen käyttämä modulointi riippuu myös operaattorista, yleisimmät ovat joko 64- 128- tai 256- QAM-moduloinnit. Yhdessä kanavanipussa on yleensä 4 - 9 kanavaa. Kanavanipuista käytetään myös nimitystä MUX. (Anvia 2012.)



Kuvio 2. TV-kuvan muuntaminen kaapelitelevisio lähetteeksi. (ETSI 1998.)

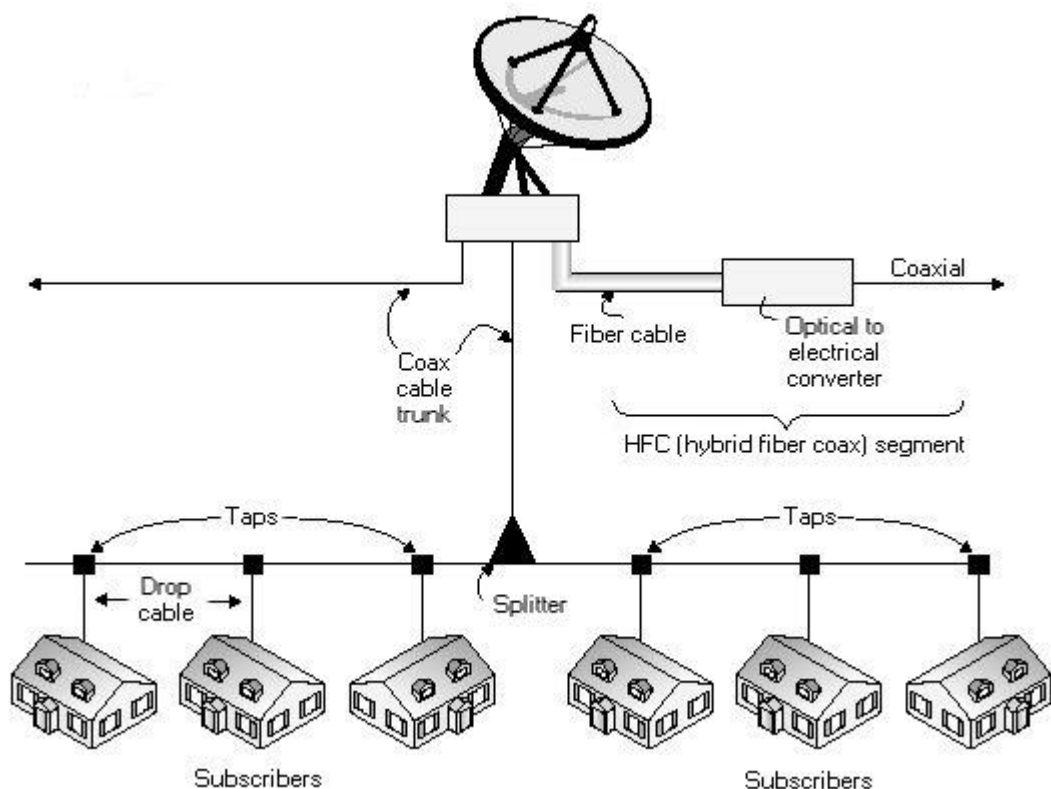
TV-kuvan sovitus kaapelitelevisio-lähetteeksi tapahtuu kuvion (Kuvio 2) esittämässä järjestyksessä. DVB-C-lähetteessä data on pakattuna MPEG-2-muotoon.

- Tuleva signaali on valmiiksi MPEG-2-muodossa.
- Synkronointitavun käännetään ja datavirta satunnaistetaan
- Jokainen datapaketti suojataan Reed-Solomon-koodauksella.
- Virhesuojatuille paketeille tehdään syvyyskonvoluutiolomitus.
- Tavuille suoritetaan muunnos lomittajalla QAM-symboleiksi.
- Kahdelle merkittävimmälle bitille suoritetaan differentiaalikoodaus
- Signaali muutetaan QAM-modulaation I- ja Q-signaaleiksi ja sitä suodatetaan ennen QAM-modulaatiota
- Lopuksi signaalille tehdään QAM-modulaatio, ja kuva lähetetään RF-taajuutena eteenpäin. (ETSI 1998.)

Vastaanottimessa samat toimenpiteet suoritetaan päinvastaisessa järjestyksessä, jolloin jäljelle jää MPEG-2-pakattu kuva (ETSI 1998).

3.4 Verkon rakenne

Kaapelitelevisioverkko on toiminnaltaan passiivinen verkko. Yhtä signaalia jaetaan verkossa kaikille asiakkaille. Jokainen asiakas saa siis täysin saman signaalin riippumatta siitä mitä kanavaa katsoo tai missä päin verkkoa asiakas sijaitsee. Rakenteeltaan verkko on joko puu- tai tähtiverkko. Suurin osa kaapelitelevisioverkoista on HFC-verkkoja, joissa runkoyhteydet on rakennettu valokuidulla ja asiakasliittynät tavallisella koaksiaalikaapelilla. KTV-verkko eroaa rakenteeltaan hyvin vähän dataverkosta. Sen takia useat operaattorit tarjoavat laajakaistapalveluita KTV-verkon yli. Tällöin käytetään kaapelimodeemille tarkoitettua DOCSIS-standardia ja verkon on oltava kaksisuuntainen, normaali KTV-verkko on vain yksisuuntainen. Käytettäessä KTV-verkkoa myös datan siirtoon tapahtuu paluukaistan toteutus käyttämällä alimpia taajuuksia, jotka eivät ole tv-signaalin käytössä. (Sheldon 2001.)



Kuvio 3. Perinteinen KTV-verkko, jossa asiakasliittynät koaksiaalikaapelilla. (Sheldon 2001.)

Mikäli dataverkon toteutuksena on passiivinen valokuituverkko (PON) aina kiinteistöön saakka toteutettuna, voidaan sekä data-, että televisiosignaali kuljettaa yhtä kuitua pitkin. Tällöin käytetään omia aallonpituuksia sekä datalle että televisiosignaalille. Yleisesti datalla käytössä olevat aallonpituudet ovat 1490 ja 13100 nm ja tv-signaalille 1550 nm. Rakenteeltaan PON-verkko on samanlainen kuin KTV-verkko, eli siinä yksi signaali haarautuu useampaan pisteeseen. PON-verkon etuna P2P-verkkoon verrattuna on data- ja tv-signaalin kulkeminen samaa kuitua pitkin. Tämä säästää verkon rakentamiskustannuksia, kun asiakkaan kiinteistöön kaikki palvelut saadaan samasta kuidusta. (Wiik 2010.)

Taloyhtiöissä on yleensä jo käytössä yhteisantennijärjestelmä, vaikka KTV-liityntää ei olisikaan. Tällöin televisiosignaali otetaan alas tavallisesta antenniverkosta ja jaetaan taloyhtiön sisällä jokaiseen huoneistoon. Siirryttäessä käyttämään KTV-signaalia ei talon sisäverkko yleensä kaipaa muutoksia. Vanhoissa kiinteistöissä kaapelointi voi kuitenkin olla niin huonossa kunnossa, että se vaatisi jo muutenkin korjaustoimenpiteitä. Toimivassa verkossa kaapeliverkkoon siirtymiseen tarvitaan vain vanhan antennitulon irrottaminen ja sisäverkon kytkeminen kaapeliverkon signaaliin. (Sant 2012.)

4 VERKON KOMPONENTIT

Kaapelitelevision toteutus valokuituverkon yli vaatii erilaiset laitteet verrattuna koaksiaali-verkkoon, koska signaali muutetaan sähköiseen muotoon vasta asiakkaan kiinteistössä. Laitteita tutkiessa on tutkittu pääasiassa kolmen valmistajan tuotteita, Teleste, BKtel ja Delta Electronics. Kaikkien valmistajien laitteet on suunniteltu niin, että ne käyttävät 1550 nm:n aallonpituutta, jolla on kuidussa pienin optinen vaimennus. Tuotekuvastojen perusteella kaikkien valmistajien laitteet ovat ominaisuuksiltaan hyvin lähellä toisiaan. (Delta Electronics 2012; BKtel 2012; Teleste 2012.)

Verkon vaimennuksen ilmaisemiseen käytetään desibeliä (dB). Desibelin etuna on, että sen avulla voidaan jako- ja kertolaskut muuttaa vähennys- ja yhteenlaskuiksi, kun verrattavana on kahden samanmuotoisen suureen keskinäinen suhde. Desibeli on logaritminen ja etenkin suurten tai hyvin pienten tehosuureiden ilmaisemiseen soveltuva, kuten tehosuhteita käsittelevästä taulukosta (Taulukko 2) näkyy. Taulukon avulla voidaan laskea myös muita kertoimia. Esimerkiksi jos vahvistus on 17 dB $= (10+6+1)$ dB, saadaan vahvistuskerroin laskettua $10 \times 4 \times 1,25 = 50$. (Naskali & Suikkainen 2004.)

Taulukko 2. Antenninjärjestelmien yleisimpiä desibeli- ja tehosuhteita (Naskali & Suikkainen 2004.)

dB	Vaimennuskerroin	Vahvistuskerroin
0	1	1
1	0,8	1,25
3	0,5	2
6	0,25	4
10	0,1	10
20	0,01	100
30	0,001	1000

4.1 Optinen jaotin

Optinen jaotin on täysin passiivinen verkkokomponentti, joka jakaa tulevan signaalin useampiin lähtöihin. Siitä käytetään myös nimitystä splitteri. Tyypillisimmät jakosuhteet ovat 1:2, 1:4, 1:8, 1:16, 1:32 ja 1:64. Mitä suurempi jakosuhte on, sitä suurempaa on signaalin vaimeneminen lähdöissä. Taulukossa (Taulukko 3) on esitetty jakovaimennukset Delta OCP 1-xxSC -sarjasta. Vaimennukset eri valmistajien kesken ovat hyvin samansuuruisia. (Delta Electronics 2012.)

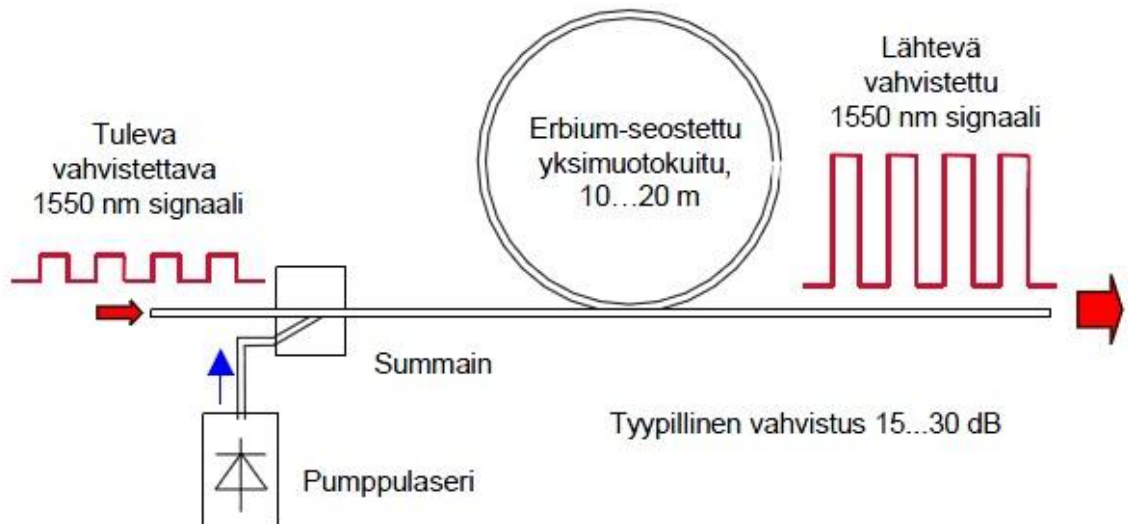
Taulukko 3. Tyypilliset jakovaimennukset, Delta OCP 1- xx SC -sarja.

Jakosuhte 1:N						Vaimennus
1:2	1:4	1:8	1:16	1:32	1:64	
3,7	7,2	10,5	13,8	17,2	20,5	dB

Vaimennuksia silmäilemällä on helppo todeta, että optista signaalia jaettaessa jakosuhteen merkitys on varsin suuri. Mikäli jakosuhte on käyttötärpeeseen nähden korkea, syntyy turhaa signaalin vaimenemista.

4.2 Optiset vahvistimet

Koska jokaisessa verkossa syntyy vaimennusta, on signaalia vahvistettava matkan varrella. Optinen vahvistin vahvistaa signaalin valon muodossa, ilman että sitä muutetaan välillä sähköiseksi. Valon vahvistaminen perustuu erbium-seostettuun kuituun, jonka periaate on kuvattu kuvassa (Kuvio 4). Pumpplaserin avulla vahvistavan erbium-seostetun kuidun elektronit saadaan viritystilaan. Vahvistettavan signaalin tullessa summaimeen laukaisee se viritystilan, jolloin viritysenergia vapautuu ja lähtevä signaali vahvistuu. Signaalin tyypillinen vahvistus on luokkaa 15 – 30 dB. Mitä suurempi vahvistimen lähtötaso on, sitä enemmän syntyy epälineaarisia häiriöitä, etenkin yksimuotokuidussa. Nämä häiriöt on otettava huomioon verkon suunnittelussa. (Helkama 2001, 73.)



Kuvio 4. Optisen vahvistimen toimintaperiaate. (Helkama 2001, 73.)

Vahvistimia löytyy sekä yhdellä että useammalla lähdöllä. Kaikkien laitevalmistajien tuotteet ovat ominaisuuksiltaan hyvin lähellä toisiaan. Mitä useammalla lähdöllä vahvistin on varustettu, sitä korkeammaksi luonnollisesti myös hinta nousee. Taulukkoon (Taulukko 4) on kerättyä tärkeimpiä vahvistimen ominaisuuksia Delta OA 1155-4-xx ja BKtel Fx-OV08200 -vahvistimista.

Taulukko 4. Optisten vahvistimien ominaisuuksia.

Ominaisuus	Delta	BKtel
Aallonpituus (nm)	1540 -1560	1545 -1565
Ulostuloja / teho (kpl /dBm)	4 x 18 tai 4 x20	8 x 20
Pumppulaserin aallonpituus	980 / 1480 nm	<1000 nm
Hallinta	RJ45 /SNMP	RJ45 /SNMP (a-ver)
Optiset liittimet	SC /APC	LC /APC tai SC/APC

4.3 Optinen lähetin

Optisen lähettimen tehtävänä on muuntaa sähköinen signaali optiseen muotoon. Lähetinkomponenttina voidaan käyttää joko LED- tai laserlähettämiä. Laserlähetin soveltuu paremmin käytettäväksi yksimuotokuidussa ja etenkin pitkillä matkoilla. Sen etuna LED-lähettimeen verrattuna on suurempi lähtötaso, kapeampi spektri ja nopeus. (Helkama 2001, 72.)

KTV-verkossa lähettimen tulopuoli on yleensä toteutettu perinteisellä RF-liittimellä ja KTV-signaali tuodaan suoraan lähettimeen. Mikäli verkkoon tuleva signaali on jo valmiiksi optisessa muodossa, ei erillistä optista lähetintä tarvita, tällöin riittää optinen vahvistin. Signaali on lähettimelle tullessaan jo valmiiksi pakattu ja moduloitu, optinen lähetin tekee vain muutoksen sähköisestä optiseen muotoon. Tärkeimpiä ominaisuuksia lähettimelle ovat:

- RF-kaistanleveys oltava riittävän suuri, esim. 47 - 1000 MHz.
- tulotaso, jonka laitteen RF-tulo vaatii, esim. 78 - 88 dB μ V.
- lähtöteho ja aallonpituus (lähtöteho ei ole välttämättä niin suuri kuin vahvistimella).
- hallintamahdollisuus lisää verkon ylläpidettävyyttä, WEP / SNMP. (BKtel 2012.)

4.4 Optinen vastaanotin

Optinen vastaanotin on valokuituverkon viimeinen komponentti. Sen tehtävänä on muuntaa optinen signaali takaisin sähköiseen muotoon. Vastaanottimista signaali kytketään tavalliseen koaksiaali-verkkoon. (BKtel 2012.)

Vastaanotin käyttää valon vastaanottoon PIN-diodeja ja APD-vyöryvalodiodeja. Tämä ilmaisinkomponentiksi kutsuttu diodi muuttaa vastaanotetun valon sähköiseen muotoon. Vastaanottimella on kaksi tärkeää ominaisuutta. Dynamiikka ilmoittaa tehoalueen virheetömälle toiminnalle. Mikäli vastaanottimen dynamiikka on huono, joudutaan lyhyillä etäisyyksillä käyttämään ylimääräisiä vaimentimia, joilla

signaalin tasoa saadaan laskettua dynamiikan vaatimalle tasolle. Toinen vastaanottimen tärkeä ominaisuus on ilmaisimen herkkyys. Herkkyys riippuu käytetystä ilmaisinkomponentista ja käytetystä siirtonopeudesta. (Optiset liityntäverkot 2006, 102.)

Myös vastaanottimissa eri valmistajien tuotteet ovat hyvin lähellä toisiaan. Suurin osa vastaanottimista osaa itse säätää lähtötasoa. Näin, riippumatta tulevan signaalin tasosta, on lähtevä signaali mahdollisimman vakio. Vastaanotin kuitenkin vaatii tietyn tulotason, jotta se toimii oikein. Taulukossa (Taulukko 5) on esitetty muutamia eri vastaanottimien tärkeimpiä ominaisuuksia.

Taulukko 5. Vastaanottimien ominaisuuksia.

Valmistaja	Tyyppi	Tulotaso	Taajuusalue	RF-lähtötaso
Finnsat	FMN100	-10 ... -3 dBm	47...862 MHz	80 dBuV
Delta Electronics	Innbox C30	-10 ... -2 dBm	47...862 MHz	84 dBuV
Delta Electronics	ONH 1000	-8 ... +2 dBm	47...1006 MHz	92 dBuV
Delta Electronics	ONB 1000	-8 ... +2 dBm	47...1006 MHz	106 dBuV
Teleste	CXE810	-7 ... 0 dBm	47...1006 MHz	115 dBuV

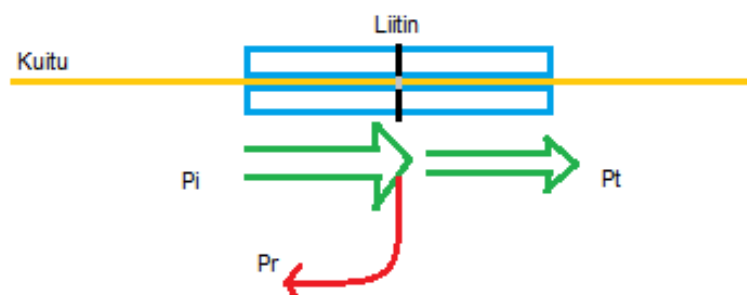
4.5 Liittimet

Vaikka liitin on pelkkä passiivinen komponentti vailla mitään muuta tarkoitusta, kuin siirtää optinen signaali kytkentäraajapinnasta toiseen, on sen merkitys KTV-verkossa suuri. Kuten aiemmin on todettu, kaapelitelevisiion käyttämä QAM-modulointi on herkkä signaalin takaisinheijastumille. Tästä syystä optisessa KTV-verkossa käytetään yleisesti kuituliittimissä APC-hiontaa, jonka takaisinheijastusvaimennus on suurin, kuten taulukosta (Taulukko 6) ilmenee.

Taulukko 6. Liitinvoimennukset. (Helkama 2001, 56.)

Liitintyyppi	Liitosvaimennus, dB	Heijastusvaimennus, dB
PC (Physical contact)	0.1...0.3	>30
SPC (Super PC)	0.1...0.3	>40
UPC (Ultra PC)	0.1...0.3	>50
APC (AnglePC)	0.1...0.3	>60

Optisia liittimiä käytetään verkon kohdissa, joissa kytkentää joudutaan vaihtamaan tai kytkemään vasta tarpeen vaatiessa. Näitä kohteita ovat käytännössä laitetilat, joissa tehdään kytkennät jaottimilta / kytkimiltä asiakkaiden suuntaan, sekä asiakkaan kiinteistö. Mitä vähemmän verkossa on kytkettäviä liittimiä, sen luotettavampi verkko on, koska jokaisessa liittimessä syntyy aina vaimennusta ja heijastusta, kuten kuvasta (Kuvio 5) näkyy. Vaikka liittimissä syntyvät vaimennukset ovat pieniä, ne eivät silti ole hitsausjatkosten veroisia. Liittimen liitosvaimennus on kaikilla hiontatyypeillä samansuuruinen, samoin yleisimmin käytössä olevien SC- ja LC-liittimien vaimennukset ovat samansuuruisia. Vaimennuksien lisäksi tärkeitä ominaisuuksia ovat stabiilius, eli vaimennus eri käyttöympäristöissä pysyy mahdollisimman muuttumattomana, sekä toistettavuus, joka tarkoittaa liittimen uudelleenkytkettävyyttä (usein yli 500 kertaa). (Optiset liityntäverkot 2006, 56.)



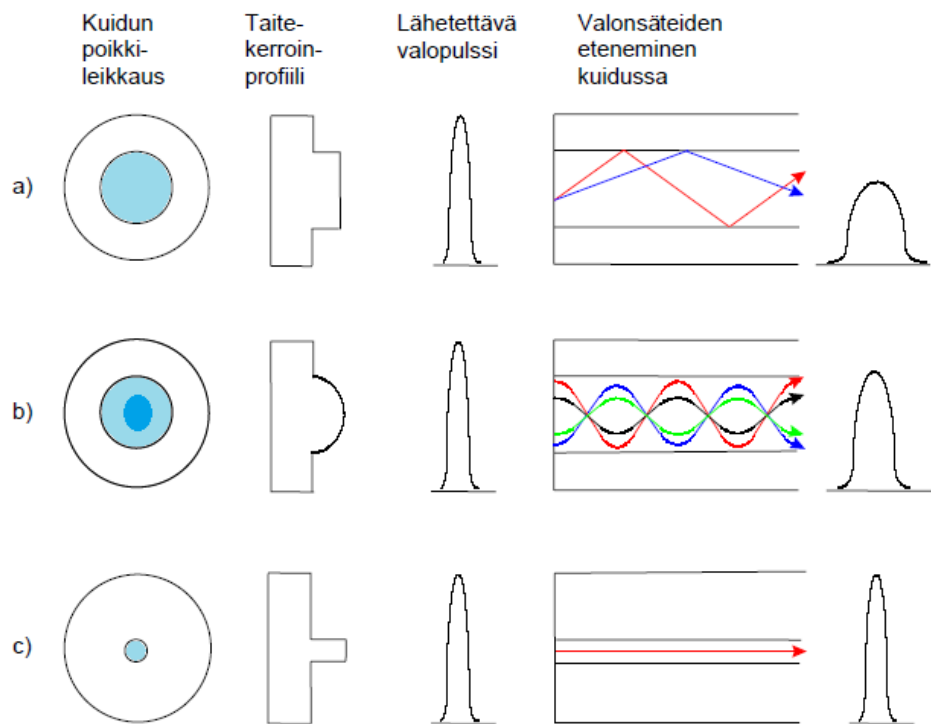
Kuvio 5. Optisen liittimen liitos- ja heijastusvaimennus.

$$RL = 10 \lg \frac{P_i}{P_r} \text{ dB} \quad IL = 10 \lg \frac{P_i}{P_t} \text{ dB}$$

Liitosvaimennus (IL) voidaan laskea kun tiedetään liitokseen tuleva optinen teho P_i ja liitoksen läpäissyt teho P_t . Samoin heijastusvaimennus (RL) saadaan kun tiedetään heijastuva teho P_r .

4.6 Yksimuotokuitu

Verkossa käytetty kuitukaapeli on yksimuotokuitua. Verrattuna monimuotokuituun, saavutetaan yksimuotokuidulla huomattavasti pidempiä etäisyyksiä. Optinen tiedonsiirto perustuu valon kulkemiseen kahden aineen rajapinnassa. Valokuidussa valo kulkee lasista olevassa väliaineessa, jonka taitekerroin on noin 1,5. Taitekerroimen avulla valonnopeudeksi kuidussa saadaan noin 200 000 km/s. Muihin kuitutyyppeihin verrattuna yksimuotokuidun ytimen halkaisija on pieni ja siinä kulkevalla valolla on vain yksi muoto (Kuvio 6). Optinen vaimennus riippuu jonkin verran kaapelityypistä ja käytetystä aallonpituudesta. Pienin vaimennus on käytettäessä aallonpituutta 1550 nm, alle 0,28 dB/km. (Optiset liityntäverkot 2006, 30.)



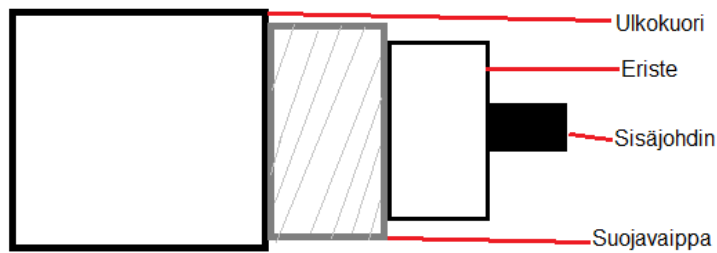
Kuvio 6. Valon kulkuerot askelkuidussa (a), asteittaiskuidussa (b) ja yksimuotokuidussa (c). (Optiset liityntäverkot. 2006, 23.)

Yksimuotokuidun yksi ominaisuus on ns. raja-aallonpituus. Se on raja-arvo, jota matalammat aallonpituudet eivät enää etene kuidussa yhtenäisenä, vaan siitä esiintyy useita muotoja, kuten monimuotokuidussa. Tästä syystä on tärkeää, että käytetyt aallonpituudet ovat selvästi raja-aallonpituutta korkeampia. Tästä syystä yksimuotokuidussa tyypillisimmät aallonpituudet ovat väliltä 1330 – 1550nm. (Optiset liityntäverkot 2006, 33.)

Toinen tyypillinen ilmiö on dispersio, joita on kahta laatua: Kromaattinen dispersio, joka syntyy kun hieman erinopeuksilla kulkevat ja hieman toisistaan poikkeavat aallonpituudet kulkevat kuidussa. Syntyvä dispersio aiheuttaa vastaanotettavan pulssin leviämistä. Toinen dispersion muoto on polarisaatiomuoto, jossa x- ja y-akseleilla kulkevalla valolla on hieman eri nopeus. Tämä on kuitenkin varsin pieni ongelma ja sen merkitys korostuu suurissa tiedonsiirtonopeuksissa ja pitkillä etäisyyksillä. (Optiset liityntäverkot 2006, 33.)

4.7 Koaksiaalikaapeli

Kiinteistöjen antennikaapelointi on toteutettu koaksiaalikaapelilla. Sen häiriönsietokyky on huomattavasti parempi kuin parikaapeleissa. Rakenteesta riippuen tehonkesto on myös parempi. Tavallisimmat koaksiaalikaapelit ovat ominaisimpedanssiltaan joko 75 tai 50 ohmisia. Ominaisimpedanssi määräytyy kaapelin sisä- ja ulkojohtimen välisestä suhteesta. (Penttinen 2006b, 206.)



Kuvio 7. Koaksiaalikaapelin rakenne.

Koaksiaalikaapelin vaimennus riippuu hyvin paljon taajuudesta ja kaapelin halkaisijasta, mitä suurempi halkaisija, sitä pienempi vaimennus. Taajuus puolestaan käyttäytyy päinvastoin, mitä suurempi taajuus sitä suurempi on vaimennus. (Penttinen 2006b, 207.)

5 HAASTEET JA MAHDOLLISET ONGELMAKOHDAT

Ennen varsinaisen työn aloittamista työntilaajan kanssa käydyssä keskustelussa tuli esiin muutamia kohtia, joihin erityisesti työn aikana kaivataan vastausta. Haasteet koskevat lähinnä kustannustehokkuutta verkkoa suunniteltaessa, mutta myös muutamia muita toteutukseen liittyviä ongelmia tuli esiin. Verkon suunnittelussa painopiste on uudella alueella, joka kattaa Honkajoen ja Siikaisten kunnat. Myös Karvian alue voidaan rinnastaa uuteen osaan verkkoa tilaajamäärän ja keskusten koon puolesta. Vanhoista alueista puhuttaessa tarkoitetaan Jurvan, Teuvan, Kauhajoen, Karijoen ja Isojoen alueella olevaa verkkoa.

Verkko on suunniteltu alun perin datakäyttöön. Se on toteutukseltaan aktiiviverkko, jossa on useita kyläkeskuksia. Suurin osa liittymistä on toteutettu yhden kuidun tekniikalla, mutta joitain kahden kuidun asiakasyhteyksiäkin on käytössä.

5.1 Valokuituverkon asettamat haasteet

Laajalla alueella toimiva valokuituverkko ei ole helpoin kohde toteuttaa kaapeli-tv-palveluita pitkien välimatkojen takia. Vahvistimien avulla ongelmaa ei niinkään synny, mutta vahvistinten runsas käyttö lisää verkon rakentamiskustannuksia. Taulukossa (Taulukko 7) on esitettyä Honkajoen ja Siikaisten verkkojen tilaajien etäisyyksiä lähimmältä kyläkeskukselta.

Taulukko 7. Asiakkaiden etäisyyksiä kyläkeskuksilta.

Kaapelipituus	0–2 km	2–5 km	5–10 km	10–15 km	15 > km
Prosenttiosuus	30 %	22 %	25 %	16 %	7 %

Toisena haasteena voidaan pitää kyläkeskusten kokoa, joka on varsin vaihteleva. Osa keskuksista on vain muutaman kymmenen asiakkaan keskuksia ja jossain tilaajamäärä on voi olla yli 300. Tämä asettaa haasteita etenkin kustannustehokkuuden suhteen. Pieniä kyläkeskuksia on lähinnä vanhalla alueella, jossa kuitu-

verkon kattavuus ei ole yhtä laaja kuin uudemmissa aluilla, joissa kuituverkkoon liittyneiden kiinteistöjen osuus on huomattavasti suurempi.

Kolmantena haasteena tulee vastaan liittymät, joissa kiinteistöön on hitsattuna vain yksi kuitu. Näissä tilanteissa ei kaapeli-tv-signaalia voida viedä omalla kuidullaan. Data- ja tv-signaali tulisi saada käyttämään samaa kuitua. Tämä ei sinänsä ole ongelma, kun puhutaan valokuidusta, jossa voidaan käyttää useita eri aallonpituuksia. Ongelmallisen tilanteesta tekee kuitenkin tällä hetkellä jo käytössä olevien aallonpituuksien osuminen juuri kaapeli-tv:n käyttämiin, sekä tarvittavan laitteiston kustannukset, joilla signaalit voidaan yhdistää ja jakaa. Kustannukset yhtä asiakasta kohden voivat nousta melko suuriksi.

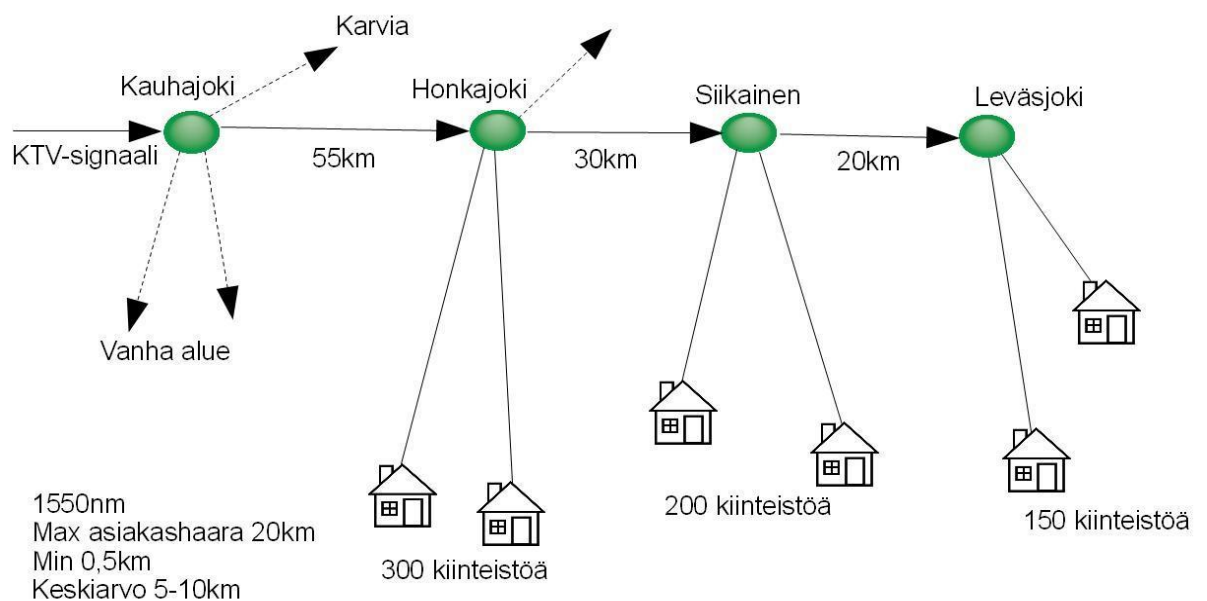
Selvitystä vaativa asia on myös eri hiontatavat kuituliittimissä. Nykyisessä verkossa liittimien hiontana on käytetty UPC-hiontaa. Kaapeli-tv-verkossa on puolestaan yleisesti käytössä APC-hionta. Mikäli KTV-signaali vaatii käytettäväksi APC-hiottuja kuituliittimiä, tarkoittaa se jo olemassa olevan verkon kohdalla häntäkuitujen uusimista.

5.2 Asiakasverkon mahdolliset ongelmat

Vaikka signaali kulkisi virheettömänä valokuituverkon yli, on sen kuljettava sitä myös asiakasverkon yli. Asiakasverkolla tarkoitetaan tässä sitä osaa verkosta, joka tulee kuituverkon jälkeen ja on yleisimmin toteutettuna koaksiaali-kaapelilla. Tämä osa verkkoa ei kuulu yrityksen vastuulle, mutta mahdollisten ongelmakohtien tunnistamiseen asiakaspäässäkin on hyvä hieman perehtyä. Etenkin ero tavallisen maanpäällisen lähetyksen (DVB-T) ja kaapeliverkon lähetyksen (DVB-C) vastaanoton vaatimusten välillä.

6 VERKON SUUNNITTELU

Verkon suunnittelun perustana on käytetty aiemmissa kappaleissa tutkittuja laitteistojen ominaisuuksia, verkon asettamia haasteita ja lisäksi asiantuntijalausuntoja. Vaikka verkon käyttöprosentti tuskin koskaan pääsee 100 %, on suunnitteluvaiheessa otettu huomioon mahdollisuus verkon maksimaaliseen käyttöön ja mahdolliseen laajenemiseen tärkeistä kyläkeskuksista eteenpäin. Periaatekuva KTV-signaalin reitistä ja kyläkeskuksista on esitettyä alempana (Kuvio 8). Kuvassa on myös reittipituudet, sekä uuden alueen asiakasmäärät eri keskusten alla. Katkoviihalla piirretyt nuolet kuvaavat mahdollisuutta haaroittaa signaalia verkon vanhemmalle alueelle. KTV-signaali on tarkoituksena ostaa joltain alan toimijalta ja siitä tarjouspyyntö tehdään erikseen, mikäli verkko muuten on toteuttamiskelpoinen.



Kuvio 8. Verkon suunnittelun lähtökohtana käytetty periaatekuva verkon rakenteesta.

KTV-verkko toteutetaan jo olemassa olevan tai suunnitteilla olevan dataverkon rinnalle. Verkon liittymät ovat joko FTTH tai FTTB, eli kuituyhteys tulee joko suoraan asiakkaan talolle tai taloyhtiön jakamoon. Tästä on etuna tavalliseen HFC-verkkoon verrattuna, että yhteys vaihtuu mahdollisimman myöhäisessä vaiheessa sähköiseen muotoon. Mitä pidemmälle signaali kulkee valokuidussa, sitä vähemmän se joutuu alttiiksi häiriöille.

6.1 Vaimennuksien laskeminen

Verkon jokaisessa kohdassa syntyy vaimennusta. Taulukossa (Taulukko 8) on esitettyinä keskimääräiset arvot eri verkon osien vaimennuksille käyttäen aallonpituutta 1550 nm. Näitä arvoja on käytetty laskettaessa signaalin riittävää tasoa asiakkaalle saakka. Laskettaessa verkon vaimennusta, on lopullisen vaimennuksen jäätävä jonkin verran alle suurimman sallitun, joka määräytyy keskukselle tulevan signaalitason ja sen jakosuhteen mukaan. Laskennallinen vara johtuu mahdollisista muutoksista vaimennuksissa, johtuen verkon komponenttien ikääntymisestä ja mahdollisista alkuperäisten parametrien muutoksista. Jatkosten määrä vaihtelee hieman kaapelireitistä riippuen, mutta niiden merkitys on varsin pieni, mikäli jatkosten hitsaukset ovat hyvin tehtyjä.

Taulukko 8. Vaimennuksien laskennassa käytettyjä arvoja.

Vaimennuskohde	Vaimennus (dB)
Kuidun vaimennus /km	0,25
Keskimääräinen jatkosvaimennus /kpl	0,1
Liittimien liitosvaimennus /kpl	0,3

Esimerkkinä voidaan vertailla kahta verkon ääripäissä olevaa asiakasta. Asiakkaalla A kuidun pituus on 2 km ja jatkoksia 4 kpl, saadaan yhteyden vaimennukseksi 0,9 dB. Asiakkaalla B kuidun pituus on 20 km ja jatkoksia 8 kpl, jolloin vaimennus on 5 dB. Asiakkaiden vaimennuksen erotus 4,1 dB on arvona suuri, mutta tarkisteltaessa vastaanottimen FMN100 tulotasoa, joka on välillä -10... -3 dBm, voidaan todeta, että vastaanottimen kannalta asiakaskuitujen suuretkaan erot pituuksissa eivät ole ongelma.

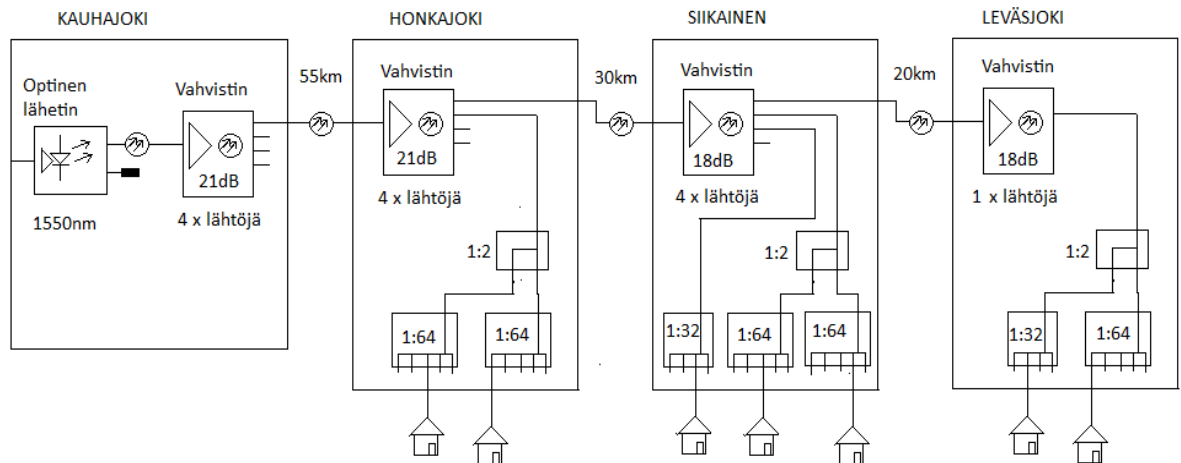
Suurin vaimennus syntyykin, kun signaalia jaetaan keskuksella. Kun 1:64 jaottimella vaimennus on 20,5 dB, voi suurten jakojen tekeminen olla itse kuitujen vaimennuksia suurempi ongelma pitkille etäisyyksille. Mahdollisia ongelmia varten pitkille etäisyyksille onkin syytä varautua käyttämään pienempää jakosuhdetta keskuksen päässä.

Heijastusvaimennuksen osalta kriittiseksi tekijäksi muodostuu liittintyyppi. Koska kaikissa KTV-verkkoon suunnitelluissa laitteissa on käytössä APC-hiotut liittimet, käytetään siirtoverkoissa yleisesti myös kyseistä liittintyyppiä. Yksiselitteistä vastausta siihen, mitä ongelmia UPC-hiottujen liittimien käyttö aiheuttaa ei löytynyt. Kuitenkin, koska käytössä oleva modulointitapa on herkkä takaisinheijastumisen aiheuttamille häiriöille, on liittiminä syytä käyttää APC-hiottuja. Mikäli UPC-hionnan käyttöä halutaan kokeilla ja nähdä onko siitä ongelmia, on runkoyhteydet syytä tehdä heti APC-hionnalla ja myös asiakasliittymissä on varauduttava liittintyyppien vaihtotarpeeseen. Kustannusarvion kannalta tämä on varsin oleellista, sillä liittimien vaihto tarkoittaa, että sekä keskuksen että kiinteistön päässä on hitsattava uusi häntäkuitu.

Yksi vaihtoehto kuitujen hitsaukselle on käyttää liittimiä, joita ei tarvitse hitsata kuituun. Näiden liittimien etuna on nopea asennettavuus ja mukana kuljetettavien asennustarvikkeiden pieni koko. Vaimennukseltaan liitos on luokkaa 0,3 dB. Tuotteita löytyy usealta valmistajalta, esimerkiksi 3M ja Belden. Valmistajilla on omat työkalunsa liitosten tekemiseen, eivätkä ne yleensä sovellu toisten valmistajien tuotteisiin. (3M 2012; Belden 2012.)

6.2 Uudet alueet

Vielä osaksi rakentamisasteella oleva verkon uusi alue on alun perin suunniteltu niin, että siellä laitetilojen määrä on mahdollisimman vähäinen. Näin saadaan laitetilat suuremmiksi ja laitteiden käyttöaste mahdollisimman suureksi. KTV-verkon kannalta tämä on myös hyvä asia, koska signaalia ei tarvitse jakaa niin useassa pisteessä. Kuviosta (Kuvio 8) näkyy suunnitelma verkon toteutuksesta uudelle alueelle. Suunnitelman pohjana on käytetty Anvia-TV:ltä saatua ratkaisua.



Kuvio 9. Suunnitelma KTV-verkon laitteista verkon uudelle alueelle.

Suunnitelmassa on lähdetty oletuksesta, että verkkoa on pystyttävä jakamaan myös verkon muihin osiin. Tätä silmällä pitäen Kauhajoella keskustassa on varaus signaalin siirtämiseen useampaan pisteeseen. Honkajoella ja Siikaisten keskustan osalta vahvistimissa tarvitaan myös useampi lähtö. Näistä keskuksista on mahdollisuus myös laajentaa verkkoa eteenpäin. Honkajoelta verkkoa voidaan jakaa Lauhalaan, Karvialle tai Isojoelle päin. Koska Lauhala on osa Honkajokea, laajeneminen sinne pitäisi saman kunnan asiakkailta samat palvelumahdollisuudet. Suurimmat runkoverkon etäisyydet ja laajenemismahdollisuudet ovat Kauhajoelta ja Honkajoelta, tästä syystä vahvistimet ovat vahvistukseltaan 21 dB. Koska yhden keskuksen asiakasmäärä on iso, ei jokaiselle keskukselle sijoitettava vahvistin lisää kustannuksia asiakasta kohden niin paljon kuin pienillä keskuksilla lisäisi. Haaran viimeisessä pisteessä, Leväsjoella, asiakasmäärä ei ole kovin suuri ja verkko ei haaraudu siitä eteenpäin. Tämän keskuksen osalta vahvistimeksi riittää yksilähtöinen vahvistin.

Suunnitelmassa asiakasmäärää voidaan helposti muuttaa keskuksen sisällä. Lyhyille etäisyyksille voidaan käyttää saman vahvistimen lähdön takaa useampaakin 1:64-jaotinta, jonka edessä voi olla jako 1:2:een tai jopa 1:4:een. Pidempiä asiakashaaroja varten on Honkajoella ja Siikaisten keskuksissa jätetty mahdollisuus kytkeä vahvistimen lähtöön pienemmän jakosuhteen jaotin.

Laitetiloilla tilantarpeeseen on syytä kiinnittää huomiota. Jokainen jakopaneeli ja vahvistin vie 1 U:n verran tilaa, jonka lisäksi jokaisen paneelin alle sijoitettava kaapeliohjuri vie 1 U:n. Tilansäästön kannalta järkevintä onkin käyttää 1:64-jaottimia mahdollisimman paljon, mutta on varauduttava siihen, että jossain tapauksissa pienemmän vaimennuksen saamiseksi asiakkaalle on käytettävä pienempää jakosuhdetta.

6.3 Vanhat alueet

Kaapeli-tv-verkon suunnittelu verkon vanhalle alueelle on huomattavasti haastavampi tehtävä. Laitetilat ovat asiakasmääriltään pieniä ja niitä on lukumääräisesti paljon. Koska runkoverkon ja keskusten väliset matkat vaihtelevat paljon, on jokainen alue suunniteltava erikseen ja laskettava vahvistimien tarve verkon eri kohdissa. Jotta kustannukset pystyttäisiin pitämään kohtuullisina, on vahvistimien määrä pyrittävä pitämään mahdollisimman pienenä. Tähän päästään sijoittamalla vahvistimet suurimpiin keskuksiin, joista sivukeskukset haarautuvat. Mikäli sivukeskukset eivät ole liian kaukana keskuksesta, jossa vahvistin sijaitsee, voidaan niissä pärjätä pelkällä jaottimella. Jaotin on myös syytä valita asiakasmäärän mukaan. Turhan suurella jakosuhteella vaimennus kasvaa helposti liian suureksi asiakkaan kiinteistöön.

6.4 Käytettävät aallonpituudet

Jo alkuvaiheessa ilmennyt ongelma siitä, että kaapeli-tv käyttää 1550 nm:n aallonpituutta, joka on nykyisessä dataverkossa myös käytössä, osoittautui varsin vaikeaksi ylittää. Ongelmaan ratkaisuksi olisi ollut se, että data-verkko siirtyisi käyttämään aallonpituuksia 1310 ja 1490 nm, jolloin samassa kuidussa kaapelitelevisio voisi käyttää tuota 1550 nm:n aallonpituutta. Toteutus vain olisi varsin haastava, kun sekä asiakas-, että laitetilän päähän tarvittaisiin CWDM-jaotin, sekä jo olemassa olevaa laitekantaa jouduttaisiin vaihtamaan. Tämä entiseltään lisäisi kustannuksia ja komponenttien määrää. Myöskään olemassa olevaa toteutusta, jossa P2P-verkossa tv-signaali vietäisiin samaa kuitua pitkin asiakkaalle, ei löyty-

nyt. Näistä syistä KTV-verkon toteutus kaikissa tilanteissa suunnitellaan käyttäen koko matkalla omaa kuitua. Tästä seuraa ongelmia niissä paikoissa, joissa kiinteistöön menee vain yksi hitsattu kuitu. Mikäli asiakkaat halutaan pitää yhdenvertaisina palveluiden suhteen, on mietittävä mille alueille palvelua voidaan tarjota. Saman kylän alueella pitäisi pystyä sama palvelu tarjoamaan jokaiselle halukkaalle.

6.5 Verkon vikatilanteet

Vaikka valokuituverkko itsessään on immuuni esim. sähköisille häiriöille, ei vikatilanteilta silti voida kokonaan välttyä. KTV-verkon häiriötilanteita varten on syytä varautua hankkimalla mittalaite, jolla signaalin voimakkuutta pystyy mittaamaan sekä optiselta puolelta että RF-muodossa. Mittauslaite helpottaisi vian etsintää huomattavasti, etenkin tilanteissa, joissa signaalin taso asiakkaalle ei ole riittävä. Mahdollisia ongelmia voi aiheutua myös liian voimakkaasta signaalista. Tällöin signaalin tasoa joudutaan pudottamaan erillisillä vaimentimilla.

Mikäli asiakas valittaa huonoa kuvanlaatua, joko yhdellä tai useammalla kanavalla, on asiakkaalle pystyttävä todentamaan missä vika silloin on. Vaikka suurin osa ongelmista jäisikin asiakkaan kiinteistöön, on signaalitaso pystyttävä todentamaan rajapinnassa, jossa vastuu signaalin laadusta jää kiinteistön omistajalle. Käytännössä tämä tarkoittaa, että mittaus suoritetaan asiakkaan kiinteistössä kuituvastaanottimen jälkeen RF-muodossa. Mikäli mittaustulosten perusteella kuvanlaatu on hyvä ja signaalitaso tippuu asiakkaan sisäverkossa, voidaan asiakasta neuvoa kunnostamaan kiinteistön sisäverkkoa. Koska Suupohjan Seutuverkko Oy ei toteuta kiinteistöjen kaapelointia, voidaan tässä tilanteessa suositella ottamaan yhteyttä esim. paikalliseen sähköurakoitsijaan.

Optisen puolen mittaustarve tulee kyseeseen silloin, kun signaali ei ole riittävän hyvä asiakkaan kiinteistöön. Tässä tilanteessa mittaus tulisi pystyä suorittamaan ennen asiakkaan vastaanotinta, sekä edelliseltä jaottimelta. Nämä mahdolliset ongelmat koskevat lähinnä asiakkaita, joiden kiinteistö on erityisen kaukana keskukselta.

7 KUSTANNUSARVIO / TOTEUTTAMISKELPOISUUS

Varsinainen kustannusarvio on tehty verkon uudelle alueelle, mutta myös vanhalle alueelle on oma suppeampi arvio. Kustannusarviossa ei ole otettu huomioon itse fyysisen valokuituverkon rakentamista, joka lasketaan jo olemassa olevaksi infraksi. Verkon takaisinmaksuajaksi oletetaan viisi vuotta. Näiden laskelmien ja työssä aiemmin kohdattujen haasteiden perusteella on tehty arvio verkon toteuttamiskelpoisuudesta.

7.1 Kustannusarvio uudelle alueelle

Kustannusarvion pohjana on Anvia-TV:ltä saatu laskelma verkon komponenteista ja niiden hinnoista. Hinnat ovat suuntaa antavia ja ne riippuvat laitetoimittajasta, mutta niistä saa käsityksen hintatasosta, jossa verkon rakentaminen liikkuu. Soveltuvia laitteita pyydetessä ajatuksena oli, että verkko pystyisi kattamaan lähes 100 % kyläkeskusten asiakkaista. Kuitenkaan alkuvaiheessa ei ole taloudellisesti järkevää toteuttaa kyläkeskusten laitteistoa näin laajalle asiakasmäärälle. Näin voidaan vähentää jaottimien määrää alkuvaiheessa ja lisätä niitä tarvittaessa. Vahvistimia valittaessa on heti huomioitu mahdollisuus laajentaa verkkoa ja kasvattaa kyläkeskusten asiakasmäärää. Taulukossa (

Taulukko 9) on tiivistettynä kokonaiskustannukset verkon rakentamisesta, kun laitteiden hinnat ovat liitteen 1 mukaisia. Liitteessä 2 on verkon komponenttien hintoja keskuskohtaisesti. Kaikki hinnat ovat alv 0 % hintoja.

Taulukko 9. Verkon komponenttien kokonaiskustannukset.

Runko yhteensä	36 402,00 €
Runko + vastaanottimet	54 002,00 €
Signaali	???

Asiakasmäärien arvioiminen tässä vaiheessa on melko vaikeaa. Koska verkon toteuttaminen ei ole vielä varmaa, ei KTV-palveluita ole myöskään voitu markki-

noida asiakkaille. Dataverkon kautta saatava IPTV-palvelu vie osaltaan asiakkaiden kiinnostusta kaapelitelevisio mahdollisuudesta, kun samaan aikaan on mahdollista saada käyttöön muitakin palveluita televisioon. Alla olevassa taulukossa (

Taulukko 10) on kaksi eri arvioita asiakasmäärän kehitymisestä ja verkon tuloista 5 vuoden ajalle, kun hinta palvelulle on 6 €/kk (alv 0 %). Toisessa arviossa oletetaan uusia asiakkaita tulevan vuodessa 50 ja toisessa 30. Todelliset kuukausikustannukset voivat olla kuitenkin hyvin erilaiset, kun verkkoon tulevan signaalin hinta lisätään kustannuksiin ja tiedetään todelliset verkon rakennus- ja ylläpitokustannukset.

Taulukko 10. Asiakasmäärän ja tulojen kehityksen arvio.

Vuosi	1v	2v	3v	4v	5v	Tulot /5v
Asiakkaita	50	100	150	200	250	
Tuotto /v	3 600 €	7 200 €	10 800 €	14 400 €	18 000 €	54 000 €
Asiakkaita	30	60	90	120	150	
Tuotto /v	2 160 €	4 320 €	6 480 €	8 640 €	10 800 €	32 400 €

Päätös verkon rakentamisesta tarkoittaa myös lisää työtä, sillä KTV:n käyttöönotto vaatii kytkentää keskukselta asiakkaalle, sekä asennusta kiinteistössä. Tämä olisi mahdollista ottaa huomioon palvelun kytkentämaksuna, joka sisältäisi asiakkaan kiinteistöön myös tarvittavan kuituvastaanottimen. Alla (

Taulukko 11) on esitettyinä kustannuksia, joita asennuksesta asiakkaan kiinteistöön syntyy.

Taulukko 11. Arvio kustannuksista asiakasta kohden.

Kustannus /asiakas		
Vastaanotin		55,00 €
Keskuskuitu		14,00 €
Kotikuitu		14,00 €
kilometrit	50km(0,50€/km)	25,00 €
	Yhteensä	108,00 €
+ lisäksi		
Kuitujen vaihto	UPC -> APC	100,00 €
	Kaikki yhteensä	208,00 €

Taloyhtiön asennuskustannukset ovat hyvin samansuuruiset tavalliseen kiinteistöön verrattuna. Ainoa ero voi syntyä tarvittavasta vastaanottimesta, jolla taloyhtiön sisäverkkoa pystytään syöttämään. Tämä on kuitenkin taloyhtiökohtaista ja riippuu kuinka sisäverkko on toteutettu.

7.2 Kustannukset vanhalle alueelle

Vanhan alueen kustannukset riippuvat paljolti kyläkeskusten koosta. Jotta rakentaminen olisi kannattavaa, pitäisi yhden keskuksen alueella olla riittävästi kiinnostuneita asiakkaita. Suurempien asiakasmäärien keskuksilla toteuttaminen on helpompaa ja kustannukset pienempiä. Mikäli yhden keskuksen alueella on riittävä määrä kiinnostuneita asiakkaita, pysyvät kiinteistökohtaiset kustannukset samoina, kuin uudemmalla alueella.

Kuten aiemmin suunnittelussa kävi ilmi, on jokainen vanhan alueen keskus suunniteltava erikseen, koska etäisyydet voivat olla hyvinkin pitkiä ja asiakasmäärät vaihtelevat suuresti. Mikäli keskus on kaukana ja asiakasmäärä pieni, ovat kustannukset liian suuria, jos keskus vaatii oman vahvistimen. Jotta verkko olisi kannattava, on yhden yksilähtöisen vahvistimen taakse saatava arviolta vähintään 30 asiakasta.

7.3 Toteuttamiskelpoisuus

Toteuttamiskelpoisuuteen vaikuttavat sekä verkon rakentamiskustannukset, siitä saatava hyöty palveluille, että luvussa viisi kohdattujen ongelmien ratkaiseminen.

Koska verkko on rakenteeltaan passiivinen ja sen erilaisten komponenttien määrä varsin pieni, ei uuden tekniikan tuominen verkkoon vaadi kovinkaan suuria panostuksia uuteen tekniikkaan perehdyttäessä. Näin henkilöstön koulutustarve on varsin pieni. Kuten kaikissa palveluissa, myös KTV-palveluissa on otettava huomioon verkon vikaantuminen, kun mietitään kokonaiskustannuksia ja työmäärää.

Kuten kaikkia palveluita, myös KTV-mahdollisuutta on markkinoitava asiakkaille yleisen tietoisuuden saavuttamiseksi. Koska markkinointi tapahtuu rajalliselle asia-

kaskunnalla, joilla jo on kuituliittymä tai jotka ovat siitä vasta kiinnostumassa, ei markkinointikuluja synny suurista erillisistä mainoksista. Itse palvelu kasvattaisi valokuituverkon palveluiden määrää ja voisi tuoda myös uusia asiakkaita niistä, joille nopeat datapalvelut eivät ole tarpeellisia. Katsottaessa tulevaisuuteen, voidaan kuitenkin ennustaa KTV-verkon palveluille jonkin asteista hiipumista, yhä yleistyvän IPTV-palvelun takia. KTV on ennen kaikkea satsaus hyväksi todettuun ja luotettavaan televisiopalveluun, kun taas sen pois jättäminen ja satsaus IPTV-palveluun on katseiden kääntämistä yhä vahvemmin tulevaisuuden televisiopalveluihin. Tämän kilpailuasetelman välillä palveluiden hinta lienee kuitenkin suurin tekijä, joka lopulta ratkaisee mikä asiakkaita kiinnostaa.

Suurimmat käytännön esteet verkon rakentamiselle ovat jo olemassa olevien liittimien vaihtotarve ja kuitumäärien riittävyys. Ne eivät pelkästään lisää kustannuksia, vaan myös lisäävät palvelun toimitusaikaa asiakkaalle. Etenkin ostettaessa kuituhitsaukset aliurakoitsijalta, jolloin palvelun asennus asiakkaan käyttöön vaatii ainakin kahden eri toimijan käynnin paikalla. Hitsaustyö on kuitenkin kertaluonteinen ja siitä koitua haitta palvelun käyttöönotolle lopulta vähäinen. Suurin ongelma onkin, mikäli kaikille kiinnostuneille asiakkaille ei ole mahdollisuutta hitsata kahta kuitua kiinteistöön. Tällöin kaikilla asiakkailla ei ole mahdollisuutta saada samoja palveluita. Runkoyhteyksissä kuitumäärien kasvattaminen jälkikäteen on kuitenkin kallista.

Työssä avoimeksi jäi verkkoon tulevan signaalin hinta, joka on kuitenkin lopullisen päätöksen kannalta hyvin olennainen seikka. Pelkkiä verkon rakentamiskustannuksia tarkastellessa verkko voisi hyvinkin olla rakentamisen arvoinen. Ostettavan signaalin korkea hinta voi kuitenkin tehdä siitä kannattamattoman. Mikäli verkko päätetään rakentaa, on sen laajentaminen uusille rakennettaville alueille kustannuksiltaan myös halvempaa. Tällöin voidaan jo suunnittelussa ottaa huomioon oikeiden liittintyyppien ja kuitumäärien valinta. Samoin palvelun markkinointi on helppompaa.

8 YHTEENVETO

Televisiolähetykset ovat kehittyneet vuosien varrella paljon. Samalla niiden välittäminen aiheuttaa yhä enemmän haasteita siirtotienä toimivalle verkolle. Kaapelitelevisioverkko on oikein toteutettuna tehokas ratkaisu siirtokapasiteetin vaatimusten yhä kasvaessa. Sen tarjoaminen haja-asutusalueille ei kuitenkaan ole monissa-kaan paikoissa taloudellisesti kannattavaa. Alueilla, joissa valokuituverkkoa rakennetaan myös taajamien ulkopuolelle, erityisesti alueellisten seutuverkkojen toimesta, on KTV-verkon toteuttaminen kuitenkin mahdollista. Valokuitu tarjoaa siirtotienä mahdollisuuden kuljettaa signaalia pitkienkin asiakashaarojen päähän, ilman että signaalia tarvitsee vahvistaa matkalla.

KTV-verkko on tekniikaltaan ja toteutukseltaan varsin yksinkertainen. Sen toteuttaminen ei vaadi monimutkaisia laitteita. Tärkein huomion kohde verkkoa suunniteltaessa on vaimennusten huomioiminen eri verkon kohdissa, jotta asiakkaalle tuleva signaali pysyy riittävän voimakkaana.

Toteuttamiskelpoisuus riippuu hyvin paljon siitä rakennetaanko KTV-verkko jo olemassa olevan dataverkon rinnalle, vai onko sen mahdollisuus huomioitu jo suunnitteluvaiheessa. Myös dataverkon tekniikka vaikuttaa KTV:n toteutukseen. PON-tekniikassa on huomioituna KTV-signaalin mahdollisuus jättämällä 1550 nm:n aallonpituus datakäytön ulkopuolelle. Aktiiviverkossa helpoin toteutustapa on viedä KTV-signaalia omassa kuidussaan, kokonaan erillään dataverkosta.

LÄHTEET

- 3M. 2012. No polish SC/APC connector. [www-dokumentti]. 3M. [viitattu 29.10.2012]. Saatavissa: http://multimedia.3m.com/mws/mediawebserver?mwsId=SSSSSu7zK1fslxtUNY_ZMYtSev7qe17zHvTSevTSeSSSSSS--&fn=No%20Polish%20SC_APC%20DS%20lo%20res.pdf.
- Anvia. 2012. Taajuusasetukset. [www-sivu]. Anvia Oy. [viitattu 4.4.2012]. Saatavissa: <http://www.anvia.fi/fi-FI/Asiakaspalvelu/televisio/Sivut/Taajuusasetukset.aspx>
- Belden. 2007. New product bulletin. [www-dokumentti]. Belden, inc. [viitattu 29.10.2012]. Saatavissa: <http://www.belden.com/docs/upload/np270.pdf>.
- BKtel. 2012. BaalFTTx –Series. [www-lähde]. BKtel. [viitattu 23.10.2012]. Saatavissa: <http://www.bktel.com/bktel/gb/Ftx/ftx.htm>.
- Delta Electronics. 2012. Main catalogue fibre optics. [www-dokumentti]. Delta Electronics. [viitattu 23.10.2012]. Saatavissa: <http://www.dct-delta.de/download/Katalog/deutsch/Optik%20Katalog.pdf>.
- Etsi. 1998. EN 300 429 v1.2.1. Digital Video Broadcasting (DVB) Framing structure, channel coding and modulation for cable systems. [www-lähde]. ETSI. [viitattu 23.10.2012]. Saatavissa: http://www.etsi.org/deliver/etsi_en/300400_300499/300429/01.02.01_60/en_300429v010201p.pdf.
- Helkama. 2001. Valokaapelit tele- ja tietoverkoissa. 4 painos. Tampere. Helkama Bica Oy.
- Koivisto P. 2011. Kiinteistöjen optiset kaapeloinnit. Espoo. Nestor Cables Oy.
- Laine-Lassila, S. 2008. Suomen Kaapelitelevisioliiton värikkäät vuosikymmenet [www-artikkeli]. FiCom ry. [Viitattu 3.4.2012]. Saatavissa: http://www.ficom.fi/ajankohtaista/ajankohtaista_1_1.html?Id=1209452182.html.
- Liikenne- ja viestintäministeriö. 2006. Digi-aikaan siirtyminen vauhdissa. [www-lähde]. Liikenne- ja viestintäministeriö. [viitattu 3.4.2012]. Saatavissa: <http://www.lvm.fi/web/fi/tiedote/-/view/818685?textsize=4>.
- Liikenne- ja viestintäministeriö. 2011. IPTV:n lähitulevaisuus. [www-dokumentti]. Liikenne- ja viestintäministeriö. [viitattu 29.9.2012]. Saatavissa: http://www.lvm.fi/c/document_library/get_file?folderId=1551284&name=DLFE-11719.pdf&title=Julkaisuja%201-2011.

- Naskali, V & Suikkainen, P. 2004. Antennijärjestelmät ja valmistautuminen digiaikaan. 1 painos. Porvoo: WS Bookwell Oy.
- Optiset liityntäverkot. 2006. 1 painos. Helsinki: Teletekno Oy.
- Penttinen, J. 2006a. Tietoliikennetekniikka, 3G ja erityisverkot. 1 painos. Helsinki: Werner Söderström Osakeyhtiö
- Penttinen, J. 2006b. Tietoliikennetekniikka, Perusverkot ja GSM. 1 painos. Helsinki: Werner Söderström Osakeyhtiö.
- Poole, I. 2001. What is QAM - Quadrature Amplitude Modulation. [www-artikkeli]. Radio-Electronics.com. [viitattu 26.10.2012]. Saatavissa: <http://www.radio-electronics.com/info/rf-technology-design/pm-phase-modulation/what-is-qam-quadrature-amplitude-modulation-tutorial.php>.
- Sant. 2012. Yhteisantennijärjestelmä. [www-lähde]. Satelliitti- ja antenniliitto SANT ry. [viitattu 29.10.2012]. Saatavissa: <http://www.sant.fi/index.php?k=14189>.
- Sheldon, T. 2001. Cable (CATV) data networks. [www-artikkeli]. Linktionary.com. [viitattu 23.10.2012]. Saatavissa: <http://www.linktionary.com/c/cabledata.html>.
- Suupohjan Seutuverkko. 2012. [www-sivu]. Suupohjan Seutuverkko Oy. [viitattu 29.10.2012]. Saatavissa: <http://www.suupohjanseutuverkko.fi/>.
- Särkkä, A. 2005. Television alku Suomessa [www-artikkeli]. Yleisradio. [viitattu 3.4.2012]. Saatavissa: <http://yle.fi/tekniikka/tklehti/?mag=1&ID=2>.
- Teleste. 2012. HFC Outside Plant [www-lähde]. Teleste Corporation. [viitattu 23.10.2012]. Saatavissa: http://www.teleste.com/products/access_network_products/hfc_outside_plant.
- Van Beijnum, I. 2011. IPTV primer: an overview of the fusion of TV and the Internet. [www-artikkeli]. arstechnica. [viitattu 29.10.2011]. Saatavissa: <http://arstechnica.com/tech-policy/2011/03/iptv-tv-and-the-internet-a-match-made-in-heaven/>.
- Vestola, J. 2007. Digi –TV tulee. [www-artikkeli]. MVnet. [viitattu 3.4.2012]. Saatavissa: http://www.mvnet.fi/index.php?osio=Sekalaista&sivu=Digi-TV_tulee.
- Wiik, P. 2010. Kuituverkkoa mullistava hybridi ratkaisu. [www-lähde]. Daimler Finland Oy. [viitattu 23.10.2012]. Saatavissa: <http://www.seutuverkot.fi/suse/Kuituverkkoa%20mullistava%20hybridiratkaisu%20Patrik%20Wiik.pdf>.

YLE. 2012a. Tarvitaanko Suomeen lisää tv-kanavia. [www-lähde]. Yleisradio. [viitattu 4.4.2012]. Saatavissa: http://yle.fi/uutiset/tarvitaanko_suomeen_lisaa_tv-kanavia/6106229.

YLE. 2012b. 3D-televisio ottaa ensi askeliaan. [www-lähde] Yleisradio. [viitattu 2.11.2012]. Saatavissa: http://yle.fi/uutiset/3d-televisio_ottaa_ensi_askeliaan/5061190.

LIITTEET