

Erkko Lehtonen

Kaapelimodeemijärjestelmän käyttöönotto ja laajennus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Tietotekniikka

Insinöörityö

22.11.2017

Tekijä(t) Otsikko	Erkko Lehtonen Kaapelimodeemijärjestelmän käyttöönotto ja laajennus
Sivumäärä	50 sivua
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Tietotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Tietoverkot
Ohjaaja(t)	Lehtori Marko Uusitalo
<p>Tässä insinööriyössä kerrotaan kaapelimodeemijärjestelmän käyttöönotosta Leppävaaran yksikössä ja sen laajentamisesta HFC-verkossa.</p> <p>Työssä perehdyttiin kaapelimodeemijärjestelmään, tekniikkaan sen takana, ja myös sen konfigurointiin. Lisäksi käsiteltiin aiheeseen liittyvää termistöä kuten DOCSIS:tä, ja paneuduin HFC-verkon toimintaan ja tekniikkaan. Työssä on runsaasti sekä teoreettista tiedon hakua että käytännön työtä. Käytännön töitä olivat itse kaapelimodeemijärjestelmän konfigurointi, erillisen kytkimen konfigurointi, kuituhitsaus sekä valokuitukaapelien asennus. Lisäksi perehdyin HFC-laitteistoon ja sen konfigurointiin.</p> <p>Työn tarkoitus oli saada itse kaapelimodeemijärjestelmän kautta yhteys kaapelimodeemiin ja rakentaa tähän välille HFC-verkko. Tavoite lähes onnistui, mutta työstä jäi puuttumaan kuitukela, joka alun perin oli tarkoitus sijoittaa HFC-verkkoon stimuloimaan kaapelimodeemien ja kaapelimodeemijärjestelmän etäisyyttä. Lisäksi alkuperäisestä tavoitteesta poiketen toteutin lopulta verkon vain yhdellä kaapelimodeemilla, koska aika loppui kesken.</p> <p>Tulevaisuudessa HFC-verkkoa voitaisiin laajentaa lisää sekä kytkeä useampia kaapelimodeemeja verkkoon.</p>	
Avainsanat	CMTS, HFC, DOCSIS, kaapelimodeemi

Author(s) Title Pages	Erkko Lehtonen Deployment of cable modem termination system and expansion of it 50
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Information technology
Specialisation option	Data networks
Instructor(s)	Marko Uusitalo, lecturer
<p>This thesis describes the deployment of a cable modem termination system and the extension of the HFC network at the Metropolia UAS Leppävaara campus.</p> <p>This thesis explores the cable modem system itself, the technology behind it and its configuration. In addition, it overviews related terminology like DOCSIS and the technology behind the HFC network and how it works. The practical work included the configuration of the cable modem termination system itself, the configuration of a separate switch, the fiber welding, and the installation of the optical fiber cables. The thesis also describes the Teleste-supplied HFC equipment and its configuration.</p> <p>The purpose of the work was to be able to connect to cable modems via the cable modem termination system itself and build a HFC network around it. The goal was almost achieved but there was no fiber coil in the work that was originally intended to be placed on the HFC-network to stimulate the distance between the cable modems and the cable modem termination system. In addition, unlike the original target, only one cable modem was used due to scheduling problems.</p> <p>In the future, the HFC network could be expanded more and more cable modems can be connected to the network.</p>	
Keywords	CMTS, HFC, DOCSIS, cable modem

Sisällys

Lyhenteet ja termit

1	Johdanto	1
2	Mikä on kaapelimodeemijärjestelmä?	1
2.1	Modulaarinen CMTS (M-CMTS)	3
2.2	Integroitu CMTS (I-CMTS)	3
3	DOCSIS	4
3.1	DOCSIS yleisesti	4
3.2	DOCSIS 1.0	5
3.3	DOCSIS 1.1	6
3.4	DOCSIS 2.0	6
3.5	DOCSIS 3.0	7
3.6	DOCSIS 3.1	7
3.7	Full Duplex DOCSIS 3.1	8
4	HFC	9
4.1	HFC-verkkojen kuvaus	9
4.2	Valokuitusolmut	10
4.3	Yhdistäminen asiakkaalle	10
4.4	HFC-verkon kuljetus läpi	11
4.5	Uudet metodit	12
4.6	Vertailu muihin kilpaileviin verkkotekniikoihin	13
5	Laitteisto	13
5.1	Cisco uBR100012	13
5.2	Teleste AC800 G optinensolmu	14
5.2.1	Asennus	16
5.2.2	Sähköistys	16
5.2.3	Liitännät	17
5.2.4	Kuituorganisoidun tekniikka	17
5.2.5	Alhaisen tason lähtöportti	17
5.3	AC6800 Optinen kuitu CWDM-lähetin	26
5.4	AC6952 AC -alustan transponderi	27
5.4.1	Asennus	27

5.4.2	Liittimet	27
5.4.3	Indikaattorit	28
5.4.4	Ohjelmisto	29
5.5	DVO202 Dual-Return -vastaanotin	30
5.5.1	Asennus	31
5.5.2	Liittimet	31
5.5.3	Ohjelmisto	32
5.6	DVO551 FWDM -filtteri	34
5.7	DVO902 -alavirtalähetin	34
5.7.1	Asennus	35
5.7.2	Liitännät	36
5.7.3	Ohjelmisto	36
5.8	DVP-332 Virtalähde	38
5.8.1	Asennus	39
5.8.2	Liitännät	39
5.8.3	Ohjelmisto	39
6	Työn vaiheet	40
6.1	Kaapelimodeemijärjestelmän siirto ja käyttöönotto	40
6.2	Laitteen liittäminen runkoverkkoon	40
6.2.1	Uuden vlan-alueen luonti Summit-kytkimessä	41
6.2.2	Yhdistäminen virtuaalipalvelimeen	42
6.2.3	Kaapelimodeemijärjestelmän käyttö ToD-, DHCP- ja TFTP-palvelimina.	42
6.3	HFC-verkon rakentaminen	44
6.4	Teleste-laitteiston asennus	46
7	Yhteenveto	48
	Lähteet	49

Lyhenteet ja termit

ALC

Automatic Level Control. Laitteisto itse osaa määrittellä sopivat ylä- ja alavirtanopeudet

ALSC

Automatic Level Slope Control. Laitteisto itse säättää sopivan kulman laserille.

DOCSIS

Data Over Cable Service Interface Specification. Kansainvälinen standardi kaksisuuntaiselle IP-liikenteelle operaattorin ja asiakkaan välillä.

DTI-palvelin

Docsis Timing Interface. Standardi, joka sisältää ToD-tiedot, kellonajan ja DOCSIS:n aikaleiman.

16-QAM, 32-QAM, 64-QAM ja EQAM

(Edge)Quadrature Amplitude Modulator. Yhdistää eri modulaatiovaiheita.

HFC

Hybrid fiber-coaxial. Termi, jolla kuvataan koaksiaalikaapelien ja valokaapelien yhdistämistä verkkoa luodessa.

VoiP

Voice over IP. Äänipuheluiden termi.

GaAs

Gallium Arsenide Hybrid. Termi yhdistepuolijohteelle.

RF

Radio Frequency. Radiotaajuus

PHY

Tarkoittaa piirejä, joita tarvitaan fyysisen tason toimintaan.

Layer 2- ja 3

OSI-malliin siirto- ja verkkokerros.

OMI

Optical Modulation Index. Termi arvulla määritellään tarvittava tehosuhte optisissa laitteistoissa.

PRE

Performance Routing Engine). Kyseessä on Ciscon kaapelimodeemijärjestelmän prosessori ja flash-muistin sijaintimoduuli.

Tree and branch

Termi kuvaa kaapelitelevisiolaitteita, jossa kaikki kanavat jaotellaan tilaajille.

FDM

frequency-division multiplexing. Tekniikka, jolla jaetaan kokonaiskaistasta eri taajuualueet, jotka sitten pystyvät kantamaan eri signaaleja.

Point to point

Yksinkertaisin topologia, jossa on yksi linkki kahden päätepisteen välillä.

PG11

Adapteri, jonka normaalit kuitupiuhat läpäisevät.

ESD

Sähköstaattinen purkaus.

FITL

Fiber in the loop. Hyvin samanlainen tekniikka kuin HFC, mutta käyttää vain kuituja.

POTS

Plain old telephone service. Tarkoittaa vanhankaista perinteistä puhelinjärjestelmää, jossa analoginen signaali kulkee kuparijohtoja pitkin.

ToD

Time of Day. Palvelimen aikapalvelu, joka antaa kaapelimodeemijärjestelmälle kellonajan.

DHCP

Dynamic Host Configuration Protocol. Jakaa laitteistoille IP-osoitteita.

TFTP

Trivial File Transfer Protocol. Protokolla, joka mahdollistaa tietosten siirron etäservereille.

PFC

Power factor correction. Laitteisto, joka auttaa virtalähdettä säilyttämään tasaisen virrankulun.

1 Johdanto

Viimeisen parin vuosikymmenen aikana internetin käyttö on lisääntynyt massiivisesti ja uusien ratkaisuiden löytäminen tarjoamaan kuluttajille ja yrityksille entistä nopeampia ja laajempia palveluita on johtanut siihen, että uutta internet-tekniikkaa tarvitaan jatkuvasti. Kaapelimodeemijärjestelmät edustavat modernia ja käytännöllistä lähestymistapaa näiden ongelmien ratkaisuun.

Työni perustuu Ciscon UBR10k-kaapeliterminaalijärjestelmän ympärille, joka siirrettiin Bulevardin kampukselta Leppävaaraan ja otettiin käyttöön. Tämän jälkeen rakensin toimivan HFC-verkon kaapelimodeemijärjestelmän ja kaapelimodeemien väliin.

Työssäni tutustuin Excentisin DOCSIS-dokumentaatioihin, Cisco uBR10012-kaapelimodeemijärjestelmän käyttöönottoon ja konfigurointiin HFC-verkon toimintaperiaatteisiin sekä Telesten toimittamaan laitteistoon ja sen käyttöönottoon.

2 Mikä on kaapelimodeemijärjestelmä?

Kaapelimodeemijärjestelmä on yksi tapa internetyhteyden luomiseen. Se yleensä sijaitsee kaapeliverkkoyhtiön keskitinasemalla ja sisältää monia DSLAM:n (DSL-keskitin) ominaisuuksia. Se tarjoaa korkean nopeuden tiedonsiirtopalveluita, kuten kaapeli-internetin ja VOIP:n.

Tarjotakseen korkeannopeudeninternetyhteyksiä kaapeliverkkoyhtiö yhdistää keskitinasemansa internetiin korkean kapasiteetin datakaapeleita pitkin. Toiseen suuntaan (eli itse käyttäjille) kaapelimodeemijärjestelmä tarjoaa yhteyden kaapelimodeemeihin. Eri kaapelimodeemijärjestelmillä on erilaiset kapasiteetit käsitellä eri määriä modeemeja. Vaihteluväli on niinkin suuri kuin 4000 – 150000 (tai jopa enemmän). Yksittäisellä kaapeliverkkoyhtiön keskitinasemalla voi olla 1-12 kaapelimodeemijärjestelmää palvelemaan itse kaapelimodeemeja.

Yksi tapa ajatella kaapelimodeemijärjestelmää on kuvitella reititin, jossa on Ethernet-portit toisella puolella ja koaksiaalikaapeliliitännät toisella puolella. Koaksiaalikaapeli-liitännät kantavat RF-signaalia sisään ja ulos käyttäjän kaapelimodeemiin. Itseasiassa suurimmassa osassa kaapelimodeemijärjestelmiä on molemmat Ethernet, että RF-liitännät myös samalla puolella. Näin liikenne, joka tulee internetistä, voidaan reitittää (tai siltata) Ethernet-liitännän läpi kaapelimodeemijärjestelmälle, ja sitten RF-liittimiin, jotka on yhdistetty kaapeliverkkoyhtiön HFC-verkkoon. Liikenne kulkee HFC-verkon läpi ja päätyy kaapelimodeemiin käyttäjän kodissa. Liikenne käyttäjän kotilaitteesta menee kaapelimodeemin läpi ja sitten internetiin päinvastaiseen suuntaan.

Kaapelimodeemijärjestelmät tyypillisesti kantavat vain IP-liikennettä. Liikennettä internetistä (jonka päämääränä on kaapelimodeemit), toisin sanoen downstream (alavirtaliikenne) kuljetetaan IP-paketeissa, jotka on pakattu DOCSIS-standardin mukaisesti. Nämä paketit kulkevat datavirroissa, jotka tyypillisesti moduloidaan TV-kanavaan käyttäen joko 64-QAM- tai 256-QAM-modulointia.

Upstream-data, eli ylävirtaliikenne (data kaapelimodeemeista keskitinasemaan tai internettiin), kulkee taas ethernet-kehyksissä DOCSIS-kehysten sisään pakattuina ja QPSK:lla, 16-QAM:lla, 32-QAM:lla, 64-QAM:lla tai 128-QAM:lla moduloituna käyttäen joko ATDMA-, TDMA- tai S-CDMA-taajuudenjakomenetelmää. Tämä tehdään ”osakais-talla” tai ”paluu”-osalla kaapeli-TV-spektristä (tunnetaan myös nimellä ”T”-kanavat) paljon alhaisemmalla taajuusalueella kuin alavirtasignaali normaalisti on DOCSIS 2.0:ssa (5-42 Mhz) tai EuroDOCSIS:ssa (5-60 Mhz).

Tyypillinen kaapelimodeemijärjestelmä sallii käyttäjän tietokoneen ottaa IP-osoitteen välittämällä DHCP-pyyntöjä palvelimille. DHCP-palvelin yleensä palauttaa vastauksen, joka sisältää IP-osoitteen tietokoneelle, DNS-palvelimet, käytettävän yhdyskäytävä/reititin-osoitteen yms.

Kaapelimodeemijärjestelmä myös kykenee suoriutumaan perustason suodatuksesta suojellakseen luvattomia käyttäjiä ja erilaisia hyökkäyksiä vastaan. Se voi myös muokata liikennettä suosien jotain tiettyä liikennettä (vaikka tilaussuunnitelmaan perustuen), ja myös tarjota vaikkapa kaapeliyhtiön omaa VOIP-palvelua varten palvelunlaatua eli QoS:ia. Todennäköisimmin kytkin tai kaapelimodeemi kuitenkin suorittaa liikenteenmuokkauksen. Kaapelimodeemijärjestelmä voi myös toimia reitittimenä tai siltana.

Käyttäjän kaapelimodeemi ei kykene kommunikoimaan suoraan muiden linjalla toimivien modeemien kanssa. Suurimmassa osassa tapauksista liikenne kaapelimodeemilta toisiin eri kaapelimodeemeihin, tai internetiin reititetään useiden perinteisten reitittimien ja kaapelimodeemijärjestelmien läpi. Reitti teoriassa voi kuitenkin kulkea vain yksittäisen kaapelimodeemijärjestelmän läpi.

On kahdenlaisia kaapelimodeemijärjestelmiä: modulaarisia (M-CMTS) ja integroituja (I-CMTS). Molemmissa on omat huonot ja hyvät puolensa.

2.1 Modulaarinen CMTS (M-CMTS)

Tällaisissa kaapelimodeemijärjestelmissä arkkitehtuuri voidaan tiivistää kahteen komponenttiin. Ensimmäinen on fyysinen alavirtakomponentti PHY (Physical Downstream component), joka tunnetaan myös EQAM-nimellä (Edge QAM). Toinen osa on DOCSIS:n MAC- ja IP-komponentti, jota termillä M-CMTS-core tarkoitetaan. Myös monia uusia komponentteja ja protokollia on tähän arkkitehtuuriin liittyen. DOCSIS Timing Interface on yksi näistä. Se toimittaa suositustajuuden M-CMTS-coren ja EQAM:n välille DTI-palvelimen kautta. Toinen uusi protokolla on Downstream External PHY-liitäntä eli DEPI. DEPI-protokolla kontrolloi DOCSIS-kehysten kuljettamista M-CMTS-Coresta EQAM-laitteisiin. M-CMTS-laitteiston haasteet ovat kasvava monimutkaisuus RF-kombinoinnissa ja kasvu vikojen määrässä eri kohdissa liikennettä CMTS-I-laitteisiin verrattuna. M-CMTS-laitteiston yksi suuri etu taas on, että se on erittäin skaalautuva alavirtakanavien suhteen.

2.2 Integroitu CMTS (I-CMTS)

I-CMTS taas koostuu vain yksittäiseen alustaan kasattavista komponenteista, kuten nimi jo vähän viittaa. Kaikki IP-komponentit ja koaksiaaliportit on integroitu vain yhteen järjestelmään. Näin RF-komponenttien yhteensovittaminen on huomattavasti yksinkertaisempaa keskitinasemalla. Tämän huomattavasti yksinkertaisemmän arkkitehtuurin hyötyjä ovat vähäisemmät kustannukset, harvemmat viansijaintikohdat ja se, kuinka helppoa laitteisto on ottaa käyttöön.

3 DOCSIS

3.1 DOCSIS yleisesti

Laajakaistan käyttäjien huomattava kasvu vuosien varrella loi tarpeen kehittää uusia standardeja, joilla laajentaa verkon kapasiteettia sallimaan yhä laajempi määrä asiakkaita. Tähän ratkaisuksi luotiin DOCSIS, joka tulee sanoista Data Over Cable Services Interface Specifications. Sen loi CableLabs-niminen yritys 90-luvun puolessa välissä standardoimaan IP-verkkojen liikenteen Etelä- ja Pohjois-Amerikoiden kaapeliverkoissa. Euroopassa standardi tuli käyttöön noin vuonna 2000, mutta muokattuna.

DOCSIS:n kanssa kilpaileva standardi oli DVB-RC (Digital video broadcasting return channel), mutta sen suosio ei ollut DOCSIS:n veroista lähinnä sen takia, että se ei ollut tarpeeksi valmis, kun kaapeliverkon käyttöönottoa suunniteltiin.

Eurooppalaiset kaapeliyhtiöt päättivät luoda oman versionsa DOCSIS:ta vuoden 1999 loppupuolella. Se, että DOCSIS oli selvästi kehittynein standardi, vaikutti siihen, että se otettiin malliksi. Euro-DOCSIS sertifikaattijohtokunta perustettiin vuoden 2000 toukokuussa. Tällainen johtokunta päättää sen, voidaanko Excentiksen sertifikointiprosessin suorittaneelle laitteelle myöntää sertifikaattia vai ei. Kolme kaapelimodeemivalmistajaa ja kaksi CMTS-valmistajaa saivat Euro-DOCSIS-sertifikaatin ensimmäisessä sertifikointiprosessissa.

3.1 Euro-DOCSIS

Euro-DOCSIS on Euroopan DVB-C-kaapelitelevisioverkon päälle rakennettu DOCSIS-standardi. Euro-DOCSIS:n suurin ero alkuperäisestä DOCSIS-standardista on siinä, että siinä alavirran kanavanleveys on korkeampi kuin DOCSIS:ssa. Euro-DOCSIS:n kanavanleveys on 8 Mhz, koska tämä on myös Euroopan kaapelitelevision kanavanleveys, kun taas alkuperäisessä DOCSIS:ssa vastaava leveys on 6 Mhz, koska tämä on Pohjois-Amerikan kaapelitelevision kanavanleveys. Muutenkin eroja löytyy varsinkin alavirran osalta. QAM64 ja QAM256 modulointinopeudet ovat erilaisia. Symbolinopeus on DOCSIS:ssa 5.056941 Msym/s QAM64 moduloinnilla ja 5.360537 Msym/s QAM256 moduloinnilla. Euro-DOCSIS:ssa molemmilla modulointitekniikoilla saamme 6.952 Msym/s. Tämä seurauksen QAM256-alavirran raaka alavirta bittinopeus on DOCSIS:ssa 42.88

Mbps ja Euro-DOCSIS:ssa 55.62 Mbps. DOCSIS myös sallii monta erilaista lomituskoonpanoa, kun taas Euro-DOCSIS:ssa on yksi määritelty kokoonpano.

Taajuussuunnitelma on myös toteutettu näissä kahdessa standardissa erilailla. Euro-DOCSIS:ssa kaapelimodeemien tarvitsee implementoida yksi, mutta joustava taajuuskaava, jonka keskitaajuudet alkavat 112 MHz:stä ja päättyvät jopa 858 MHz:iin (tai valinnaisesti 1002 MHz:n) ja minimihyppyjen on oltava niinkin pieniä kuin 250 kHz. DOCSIS taas määrittää kolme erilaista taajuuskaavaa, HRC/IRC ja STD, missä keskitaajuudet voivat mennä 867 MHz:iin asti (tai valinnaisesti 999 MHz:n) ja minimihyppyjen on oltava 6 MHz.

Taulukko 1 DOCSIS vs EuroDOCSIS: Ensimmäinen luku on maksimisynkronisointi nopeus ja sulkeissa on maksimikäyttönopeus

DOCSIS		EuroDOCSIS	
Alavirta	Ylävirta	Alavirta	Ylävirta
42.88 (38) Mbps	10.24 (9) Mbps	55.62 (50) Mbps	10.24 (9) Mbps
42.88 (38) Mbps	30.72 /27) Mbps	55.62 (50) Mbps	30.72 (27) Mbps
+171.52 (+152) Mbps	+122.88 (+108) Mbps	+222.48 (+200) Mbps	+122.88 (+108) Mbps
+343.04 (+304) Mbps	+122.88 (+108) Mbps	+444.96 (+400) Mbps	+122.88 (+108) Mbps

Myös virtavaatimukset näiden standardien välillä ovat erilaiset. DOCSIS-kaapelimodeemien pitää tukea virtaväliä -15 – (+15) dBmV (molemmille QAM64 ja QAM256 moduloineille). Euro-DOCSIS:ssa taas QAM64-modulointi vaatii -17 – (+13) dBmV ja QAM256 modulointi -13 – (+17) dBmV.

Ylävirran osalta eroavaisuuksia on vähemmän, mutta kuitenkin muutamia. Perustaajuuskaava vaihtelee välillä 5 – 42 MHz DOCSIS:ssa. Euro-DOCSIS:ssa vaihteluväli on 5 – 65 MHz. Laajennettu ylävirran taajuuskaava menee molemmissa 85 MHz:iin asti.

Yhtenä eroavaisuutena on myös se, että molemmissa on omat erilaiset digitaaliset sertifiikaattinsa, joita käytetään BPI+:n ja turvaohjelmistojen päivittämiseen.

3.2 DOCSIS 1.0

DOCSIS 1.0 on DOCSIS:n ensimmäinen versio, joka on lähtökohtana kaapelin tiedonsiirron arkkitehtuurille. DOCSIS 1.0 määritteli tärkeimmät kaksisuuntaisen tiedonsiirron tekniikat HFC-verkossa. Nämä ovat HFC-verkon kaksi olennaisinta osaa: kaapelimodeemijärjestelmä (CMTS) ja kaapelimodeemi.

DOCSIS 1.0 määritteli myös useimmat tärkeimmät komponentit. Lisäksi alkuperäinen DOCSIS määritteli OSS-liittimien hallinnoinnin BPI-liittimen tietoturvaa varten. Alkuperäinen DOCSIS määritteli myös RF-liittimet (jotka kytkevät komponentin HFC-verkkoon), CMCI-liittimen kaapelimodeemin ja asiakkaan päätelaitteen välillä sekä CMTS-NSI-liittimen CMTS:n ja kaapelioperaattoriverkon välillä.

3.3 DOCSIS 1.1

Vaikka DOCSIS sinällään tarjosi kaikki eväät nopean kaksisuuntaisen tiedonsiirron tarjoamiseen IP-liikenteelle asiakkaan ja internetin välille, se ei sisältänyt erilaisten käyttäjien hallinnointiin liittyvien ominaisuuksien käyttämistä, mitä kaapeliverkko-operaattorit pitivät tärkeänä, koska tällöin tiedonsiirtoa voitaisiin yhä parantaa ja kustannuksia laskea. DOCSIS 1.1 -versioon lisättiin lisää tietoturvallisuutta lisääviä ominaisuuksia, jotka etenkin koskivat päivityksen aikaista tietoturvaa, kun mediaa jaetaan. Lisäksi uusi palvelun virtausmenetelmä lisättiin, jolla saatiin parannettua QoS:n hallintaa. Versio 1.1 julkaistiin huhtikuussa 1999.

3.4 DOCSIS 2.0

Seuraava versio DOCSIS:sta näki päivänvalon vuoden 2001 joulukuussa. Kaistanleveyttä tarvittiin yhä lisää ylävirtaan, ja näin uusi versio oli pakko kehittää. Uudet suositut sovellukset, kuten VOIP, verkkopelit ja b2b-sovellukset vaativat symmetrisempää tiedonsiirtoa verrattuna esimerkiksi perinteiseen verkkoselailuun, joka tätä ennen oli suurin liikenteentuottaja. Myös kaapelin häiriönvähennystekniikat vaativat suurempaa huomiota. Versio 2.0 sisälsi siis suuria muutoksia ylävirtaan. Esimerkiksi parempi modulaatio, korkeampi symbolinopeus ja S-CDMA sisältyivät tähän uuteen versioon.

3.5 DOCSIS 3.0

Internetin käytön räjähdysmäinen kasvu 2000-luvun alussa tarkoitti tietysti, ettei 2.0 suinkaan jäänyt viimeiseksi kehitysaskelleeksi, vaan uutta tarvittiin piakkoin. 3.0 julkaistiin elokuussa 2006. Varsinkin videopalveluiden leviäminen toi tarvetta lisäkaistalle. Myöskin IPv4-verkon osoiteavaruus oli alkanut käydä ahtaaksi. Tämän vuoksi 3.0 sisälsi runsaasti uusia ominaisuuksia, jotta kanavien kapasiteettia saataisiin nostettua. Lisäksi tietoturvaa paranneltiin jälleen, osoiteavaruutta laajennettiin (tuki siis IPv6-verkolle) ja muitakin uusia palveluita otettiin käyttöön. 3.0 toi mukanaan myös kanavien liittämisen. Tämä tarkoitti usean yksittäisen fyysisen kerroksen kanavan käyttöä, jolla kasvatettiin ylä- ja alavirtanopeuksia CMTS:n ja kaapelimodeemin välillä. Uudella OFDM-multipleksaustekniikalla saatiin myös nostettua tiedonsiirron nopeutta. IPv6:n täysi tuki toi ratkaisun osoiteavaruusongelmaan.

3.0-versio toi myös lukuisia parannuksia verkon ryhmälähetyksiin (multicast). Esimerkiksi mahdollisuus konfiguroida QoS-takaukset liikenteelle. CMTS:t saivat myös uuden ominaisuuden ryhmälähetyksen suhteen: hallitun layer-2-ryhmälähetyksen edelleenlähetyksmekanismiin. Tämä tarkoitti, ettei kaapelimodeemien tarvitse aktiivisesti ottaa osaa layer-3 IP -ryhmälähetyksen ryhmien jäsenyyteen. Näitä uusia ominaisuuksia hyödyntäen täsmällisen lähteen (ja myös minkä tahansa lähteen) ryhmälähetyksen istunto oli nyt mahdollista toimittaa asiakkaalle kaapelimodeemin päässä.

Mitä tuli verkon hallintaan, niin versio 3.0 sisälsi lokitusmenetelmiä kaapelimodeemien rekisteröintiin liittyen. Tämän avulla palveluntarjoaja saattaa huomata, jos heidän verkossaan on ongelmia. Signaalin laadunvalvontaa myös paranneltiin, jotta eri operaattorit pystyisivät seuraamaan mahdollisia ongelmia, joita kaapeleissa sattuisi esiintymään.

3.6 DOCSIS 3.1

DOCSIS:n tuorein versio 3.1, joka julkaistiin lokakuussa 2013, toi jälleen suuren päivityksen alavirran ja ylävirran kapasiteetteihin. Alavirran kapasiteetti oli nyt 10 Gbit/s ja ylävirran 1 Gbit/s. Molemmat käyttävät 4096 QAM -modulointia. Molemmat nopeudet ovat suuri harppaus edellisestä versiosta. Versiossa myös hylättiin vanhat 6 MHz:n ja 8 MHz:n levyiset kanavat ja siirryttiin kapeampiin 20-50 KHz leveisiin OFDM-apukantoaaltoihin. Nämä voidaan sitoa lohkokon, joka voi olla jopa 200 Mhz leveä. 3.1-versio sisältää

myös uusia energiankäsittelyominaisuuksia, jotka auttavat kaapeliteollisuutta vähentämään energian kulutusta, ja DOCSIS-PIE-algoritmin vähentämään puskurin täyttymistä. Puskurin ylitäytyminen tarkoittaa sitä, että verkossa olevien pakettien liiallinen puskurointi johtaa korkeaan viiveeseen ja viivevaihteluun. Tämä laskee verkon kokonaissuoritusnopeutta. Jopa hyvinkin suuret verkot voivat tämän ahtautumisen vuoksi mennä täysin käyttökelvottomiksi, jos reititin on konfiguroitu käyttämään liian isoja puskuja.

Yhdysvalloissa laajakaistatarjoaja Comcast otti 3.1-versioon perustuvia internetpalveluita käyttöön tämän vuoden tammikuussa useassa suuressa kaupungissa (Atlanta, Chicago, Detroit ja Nashville). Mediacom oli ensimmäinen, joka ilmoitti 2016 lopussa siirtyvänsä kokonaan 3.1-versioon, ja tähän mennessä yli 350 yhteisöä on tuen piirissä.

3.7 Full Duplex DOCSIS 3.1

Helmikuussa 2016 CableLabsin talvikonferenssissa julkistettiin Full Duplex -niminen innovaatioprojekti, joka ei ole kokonaan uusi versio DOCSIS:sta, mutta jolla sen koko kanavaspektri (0 Mhz – 1.2 Ghz) saataisiin käyttöön sekä ylä- että alavirralle. Tämän teknologian avulla voidaan tehdä mahdolliseksi symmetriset monen gigabitin palvelut, mutta samaan aikaan pidettäisiin taaksepäin yhteensopivuus alkuperäiseen 3.1-versioon. Suomalainen Nokia, joka fuusiossa Alcatel-Lucentin kanssa sai haltuunsa Bell Labsin tutkimuskeskuksen, ilmoitti viime vuoden toukokuussa jo saavuttaneensa 10 gigabitin nopeuden molempiin suuntiin. Tämä perustui Bell Labsin kehittämään XG-CABLE-tekniikkaan. Tämä tekniikka pystyy kaksinkertaistamaan nykyisten hybridikaapeliverkkojen datakapasiteetin.

Taulukko 2 Version 3.0 ja 3.1 vertailua

	DOCSIS 3.0	DOCSIS 3.1		
	Tällä hetkellä	Vaihe 1	Vaihe 2	Vaihe 3
Alavirrantajuusalue (Mhz)	54-1002	108-1002	300-1152	500-1700
Alavirran QAM-taso	256	256	>1024	>1024
Alavirran kanavien määrä	8	24	116	200
Alavirran kapasiteetti (bps)	300M	1G	5G	10G
Ylävirrantajuusalue (Mhz)	5-42	5-85	5-230	5-400
Ylävirran QAM-taso	64	64	>256	>1024
Ylävirran kanavien määrä	4	12	33	55
Ylävirran kapasiteetti (bps)	100M	300M	1G	2G

4 HFC

HFC (Hybrid fiber-coaxial) on telekommunikaatioteollisuuden termi laajakaistaverkolle, joka yhdistää valokuitua ja koaksiaalikaapeleita. HFC-verkkoja on käytetty yleisesti kaapelitelevisioiden operoinnissa jo 1990-luvun alusta.

HFC-laitteistossa televisiokanavat lähetetään kaapelilaitteiston jakelukeskuksesta (keskitinasemalta) lähiyhteisöihin optista kuitua olevien runkoverkkojen kautta. Sitten näissä eri yhteisöissä on laite nimeltä optinen solmu. Se muuttaa signaalin valonsäteestä sähköiseksi signaaliksi, ja sitten lähettää sen koaksiaalikaapelia pitkin jaettavaksi asiakkaille. Optiset runkolinjat tarjoavat tarpeeksi suuren kaistanleveyden, joka sallii laajennukset tulevaisuudessa ja uusien paljon kaistaa käyttävien palveluiden tarjoamisen.

4.1 HFC-verkkojen kuvaus

Valokuituverkot ulottuvat kaapelioperaattorien pääkeskitinasemalta paikallisiin keskitinasemiin ja naapurustojen keskuksiin ja lopuksi koaksiaalikaapelisolmuun, joka palvelee 25 – 2000 kotia. Pääkeskitinasemalla on yleensä satelliittiyhteys, jotta se pystyy vastaanottamaan kaukasiakin videosignaaleja. Joillakin pääkeskitinasemilla on myös puhe-linjalaitteisto, joilla se voi tarjota telekommunikaatiopalveluita myös yhteisölle.

Alueellinen keskitinasema vastaanottaa videosignaalia pääkeskitinasemalta ja lisää sen sitten julkisiin, opetuksellisiin ja valtiollisiin kaapelitelevisiokanaviin, kuten paikalliset franchising-viranomaiset vaativat. Monet erilaiset palvelut koodataan, moduloidaan ja muunnetaan radiotaajuusvastaanottimille (RF), ja sitten yhdistetään yhdeksi elektroniseksi signaaliksi ja johdetaan laajakaistaiseen optiseen lähettimeen.

Tämä optinen lähetin muuntaa elektronisen signaali alavirran optisesti moduloiduksi signaaliksi, joka sitten lähetetään solmuihin. Valokuitukaapelit yhdistävät keskitinaseman optisiin solmuihin point-to-point- (yksinkertaisin) tai star-topologiassa, joissain tapauksissa myös suojellussa ring-topologiassa.

4.2 Valokuitusolmut

Valokuitusolmulla on laajakaistayhteyksellinen optinen lähetin, joka muuntaa keskitinasemalta tulevan alavirtaisen optisesti moduloidun signaalin elektroniseksi signaaliksi, joka jatkaa matkaansa sitten koteihin. Näin 2017 alavirtasignaali on RF-moduloitu signaali, joka yleensä alkaa taajuudesta 50 MHz ja sen vaihteluväli on 550-1000 MHz:n yläpäässä. Valokuitusolmu sisältää myös reverse- tai ylävirtälähtetimen, joka yleensä kommunikoi keskitinaseman kanssa kotoa. Pohjois-Amerikassa tämä käänteissignaali on moduloitu RF-laajuudella 5-42 MHz, kun muissa maailman osissa vaihteluväli on 5-65 MHz. Optinen kytkin yhdistettynä optiseen vastaanottimeen muodostaa solmun.

Optinen osa verkosta tarjoaa suuren määrän joustoa. Jos solmulla ei ole montaa valokuitukaapelia, aallonpituusmultipleksausta voidaan käyttää yhdistämään optiset signaalit samaan kuituun. Optisia suodattimia käytetään yhdistämään ja jakamaan optista aallonpituutta yhteen kuituun. Esimerkiksi alavirtasignaalilla voi olla 1290 nm:n aallonpituus ja paluusignaalilla 1310 nm:n.

4.3 Yhdistäminen asiakkaalle

Koaksiaaliosa verkkoa yhdistää 25-2000 kotia (500 tyypillisesti) tree-and-branch-konfiguraatioon solmusta. RF-vahvistimia käytetään välimatkalla, jottei koaksiaalikaapelin jakamisesta aiheutuvaa elektronisen signaalin vaimennusta pääse tapahtumaan liaksi.

Runkokoaksiaalikaapelit yhdistetään optiseen solmuun, ja nämä muodostavat koaksiaalisen selkärangan, mihin pienemmät jakelukaapelit yhdistetään. Runkokaapelit kuljettavat myös AC-virtaa, mikä lisätään kaapelilinjaan yleensä joko 60 tai 90 volttisena suoraan virtalähteestä. Virta lisätään kaapelilinjaan niin, että optiset solmut, runko ja jakeluvahvistimet eivät tarvitse yksilöllisiä, ulkopuolisia virtalähteitä. Virtalähteellä saattaa olla myös virtamittari kiinnitettynä siihen riippuen paikallisen sähköyhtiön säännöksistä.

Runkokaapeleista pienemmät jakelukaapelit yhdistetään runkovahvistimen porttiin, jotta ne pystyvät kantamaan RF-signaalia ja AC-virtaa yksittäisille kaduille. Tarvittaessa myös pienempiä jakeluvahvistimia voidaan käyttää tehostamaan signaalia, jotta se pysyy kaapelitelevisioiden hyväksymällä tasolla. Tämän jälkeen jakelulinja haaroitetaan ja yhdistetään yksittäisiin pisteisiin asiakkaiden koteihin.

Nämä haarat sitten päästävät RF-signaalin läpi ja blokkavat AC-virran, paitsi jos on puhelinlaitteita, jotka tarvitsevat koaksiaalivirtajärjestelmän varavirtaluotettavuutta. Haara päättyy pieneen koaksiaalipisteeseen, joka käyttää standardia ruuvityyppiliitintä (F-liitin).

Piste sitten yhdistetään taloon, jossa maasulku suojaa järjestelmää harhajännitteiltä. Verkon suunnittelusta riippuen signaali voidaan tämän jälkeen lähettää jaottimen läpi moneen eri televisioon. Jos käytetään liian montaa jaotinta, signaalin taso laskee ja näin analogisten kanavien kuvanlaatu heikkenee.

4.4 HFC-verkon kuljetus läpi

Käyttämällä FDM-tekniikkaa (frequency division multiplexing) HFC-verkko voi kuljettaa monenlaisia eri palveluita, kuten analoginen TV, digitaalinen TV (SDTV tai HDTV), videonsuoratoisto, puhelin tai korkean nopeuden dataa. Palvelut näissä laiteissa kuljettetaan radiosignaaleja pitkin 5 – 1000 MHz:n välisellä taajuudella.

HFC-verkkoa tyypillisesti operoidaan molemmin suuntaisesti. Tämä tarkoittaa, että signaali kulkee molempiin suuntiin samassa verkossa. Keskitinasemalta kotiin ja toisinpäin. Alavirtasignaali kuljettaa tietoa keskitinasemalta kotiin (esim. videomateriaalia, ääntä ja

dataa). Ensimmäiset HFC-verkot ja erittäin vanhat HFC-verkot, joita ei ole päivitetty, toimivat vain yhteen suuntaan. Yhdensuuntaisten HFC-laitteiden välineistö voi käyttää POTS:a tai radioverkkoa kommunikointiin keskitinaseman kanssa.

Ylävirtasignaali kuljettaa tietoa kodista keskitinasemalle (esim. signaaleja joilla määrätään sähköpostipalvelua lähettämään sähköpostia). Alavirta ja ylävirta itseasiassa kulkevat samaa koaksiaalikaapelia pitkin molempiin suuntiin optisen solmun ja kodin välillä.

Jotta voidaan estää signaalien häirintä, taajuusalue jaetaan kahteen osaan. Maissa, jotka käyttävät perinteistä NTSC-M-järjestelmää, taajuusalue alavirtasignaalille on 52-1000 MHz ja ylävirtasignaalille 5-42 MHz. Muut maat käyttävät eri taajuusalueita, mutta samallailla alavirralla on huomattavasti enemmän kaistaa.

HFC-verkko suunniteltiin olemaan asymmetrinen, koska perinteisesti internetistä kotiin kulkee huomattavasti enemmän liikennettä kuin päinvastoin. Yhdellä suunnalla on siis huomattavasti enemmän kapasiteettia. Ylävirtaa alun perin käytettiin vain joihinkin elokuvien tilaus kontrollisignaaleihin yms., jotka vaativat hyvin vähän kaistaa. Nykyään, kun lisää erilaisia palveluita on lisätty HFC-verkkoon (kuten internetiin pääsy ja videopuhelut), ylävirtaa käytetään enemmän.

4.5 Uudet metodit

Suuremmat operaattorit kehittivät metodeja, joilla pystyttiin lähettämään monia erilaisia palveluita RF-signaalien avulla valokuitu- ja koaksiaalikulparikaapeleissa. Alkuperäinen metodi kuljettaa videodataa HFC-verkon yli (tämä on vieläkin yleisimmin käytetty metodi) perustui normaalin analogisten TV-kanavien modulointiin, joka toimii samalla tavalla kuin esimerkiksi perinteiset TV-lähetykset (datan lähettäminen ilmojen läpi).

NTSC:n perustuvissa laitteistoissa yksi analoginen TV-kanava käyttää 6 MHz:n levyistä taajuusaluetta. PAL-laitteistoissa tämä sama taajuusalue on 8 MHz. Jokainen kanava on keskitetty tietylle taajuuskanavalle, jotta viereiset tai harmoniset kanavat eivät aiheuta häiriötä. Käyttäjä pystyy katselemaan digitaalisesti moduloitua kanavaa koti- tai asiakaslaitteistolla, tarvitaan digitaalista televisiota, tietokonetta, tai digiboksin kääntämään RF-signaaleja signaaleiksi, jotka ovat yhteensopivia analogisten laitteistojen, kuten vanhojen televisioiden tai tietokoneen monitorien kanssa.

Käyttämällä digitaalisia kompressointitekniikoita voidaan yhteen 6 tai 8 Mhz:n kanava-kaapeliin mahduttaa useita normaalitasoisia, sekä HD-tason TV-kanavia. Tämä antaa HFC-verkolle kymmenkertaisen kapasiteetin verrattuna puhtaasti analogiseen verkkoon.

4.6 Vertailu muihin kilpaileviin verkkotekniikoihin

Digitaalinen tilaajayhteys (eli DSL) on useimmin käytetty tekniikka, jota perinteiset puhelinoperaattorit käyttävät tarjoamaan kehittyneitä palveluita asiakkaille (korkean nopeuden dataa ja joskus videota). Tässä tekniikassa data lähetetään kuparikaapeleita pitkin, joka johtaa alhaisempaan datan kuljetuskapasiteettiin.

Satelliittitelevisio kilpailee erittäin hyvin HFC-verkkojen kanssa, mitä tulee laajakaista videopalveluiden tarjoamiseen. Interaktiiviset satelliittilaitteistot ovat vähemmän kilpailullisia urbaanissa ympäristössä, koska niillä on suuri round trip delay -aika. Harvaan-asutuilla alueilla, missä maanpäällinen infrastruktuuri on puutteellisempaa, satelliittilaitteistolla on omat suuret etunsa.

Vastaava tekniikka HFC:lle on myös fiber in the loop (FITL) -teknologia. Sitä käyttää paikalliset puhelinvaihtajatarjoajat tarjoamaan kehittyneitä palveluita puhelinasiakkaille plain old telephone -palvelun (POTS) kautta.

Kilpaillakseen kaapelioperaattorien kanssa telealan yritykset aloittivat 2000-luvulla käyttämään huomattavasti fiber to the x (FTTX) -tekniikkaa tarjoamaan videota, dataa ja ääntä. Tämän tekniikan käyttöönoton hinta on huomattava, mutta se tarjoaa myös suuren kaistanleveyskapasiteetin erityisesti datapalveluille.

5 Laitteisto

Tässä osiossa esittelen työssä käytössä ollutta laitteistoa.

5.1 Cisco uBR100012

Ensimmäisenä käsittelyssäni on koko työn perusta eli Cisco uBR100012 -kaapelimodeemijärjestelmä.

Cisco uBR100012 on Ciscon tuottama kaapelimodeemijärjestelmä (CMTS), joka tarjoaa monipuolisia ratkaisuja ja korkean määrän kapasiteettia optimaalisen HFC-verkon toteutukseen. uBR100012:ssa on myös se hyöty, että se käyttää Ciscon omaa IOS (Internet-work operating System) -käyttöliittymää, joka on tuttu kaikille, jotka ovat Ciscon muiden laitteiden parissa toimineet.

Cisco uBR100012 tukee DOCSIS-standardeja 1.0, 2.0, 3,0 (ei siis 3.1) ja EuroDOCSIS -standardia 1.1. Ciscon IOS-ohjelmistoon perustuen se tukee täyttä Layer 3 -reititystä.

uBR100012-laitteisto on hyvin moniosainen. Takaa löytyy kaksi virtalähdettä, joiden maksimiteho on noin 3300 W. Takaa löytyy myös laitteen kaksi PRE (Performance Routing Engine) -prosessoria, joissa on laitteen flash-muisti ja näin näihin tallennetaan konfigurointimuutokset sekä latauskuvakkeet. PRE:ssä on sekä konsoli- että FastEthernet-portit, jotka tarjoavat yhteyden kaapelimodeemijärjestelmän konfigurointiin.

Laitteen edessä on kahdeksan linjakorttia, jotka tarjoavat mahdollisuuden tuhansien käyttäjien palvelemiseen. Lisäksi edessä ovat GigabitEthernet-kortit, jotka tarjoavat laitteelle yhteyden runkoverkkoon.

5.2 Teleste AC800 G optinensolmu

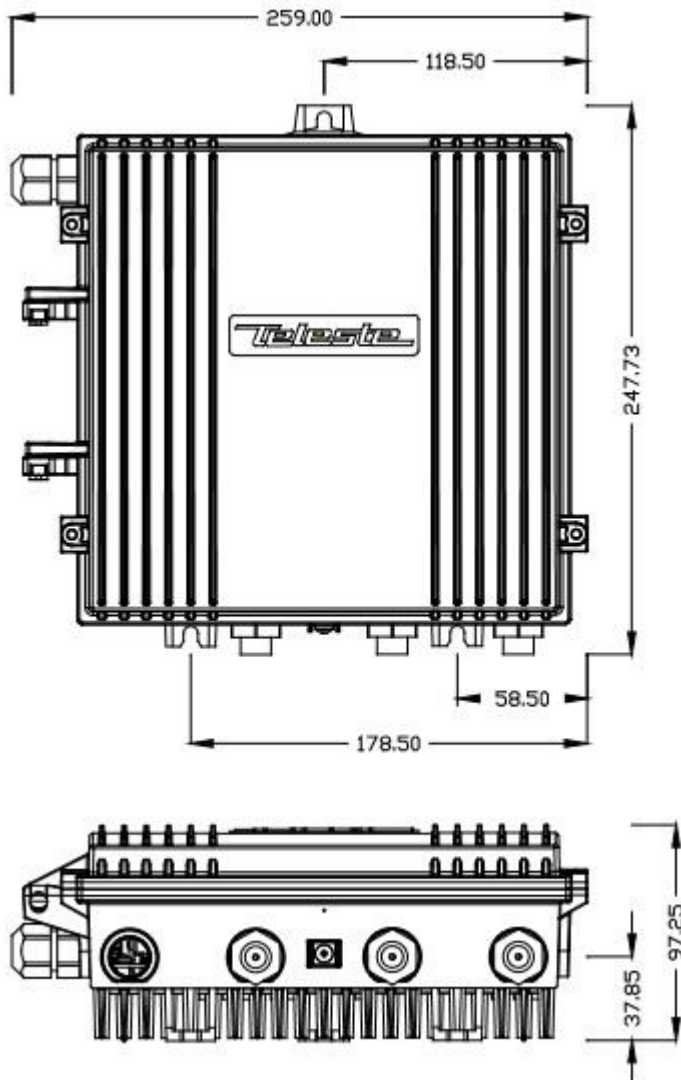


Kuva 1 Laite kansi kiinni

AC800 G on yksittäinen aktiivinen ulostulosolmu, jolla on korkean suorituskyvyn ominaisuudet. Solmu perustuu kiinteään vastaanottimen konseptiin, mutta laitteeseen voidaan lisätä uusia ominaisuuksia joustavilla modulaarisilla ratkaisulla. Alusta on suunniteltu pitkäikäiseksi. Uusia automaattisia toimintoja voidaan lisätä myöhemmin ohjelmistoina tai lisättävinä moduuleina. Kun laite yhdistetään AC6951-transponderiin, se tukee molempia, downstream- että upstream-mittauksia sekä ALC-toimintoja. AC800 G -solmulla on 1006 MHz:n kaistanleveys, integroitu optinen vastaanotin sekä se sisältää Gallium Arsenide Hybrid -teknologian. Lisäksi laitteisto sisältää sisäänrakennetun ylävirtakatkaisimen, optimoidun kuituorganisoidun sekä tehokkaan sähköpiikkien ja ESD:n suojausten.

5.2.1 Asennus

AC800 G voidaan asentaa joko katukabinettiin tai ulkoilmaympäristöön. Solmu tulisi asentaa sivuttain, jotta ulkoiset kaapeliliitännät ja ilmastointiaukot ovat alapuolella. Ennen kannen sulkemista aina tulisi tarkistaa, ettei mitään ole kannen ja laitteen välissä.



Kuva 2 Laitte kuvattuna ylhäältä ja edestä ulostuloportteineen

5.2.2 Sähköistys

Etäisen vahvistimen syöttöjännite voidaan syöttää ulostuloporttien läpi yleisen 15 ampeerin sulakkeen avulla. Kun kaapeliyhteyttä käytetään sähköistykseen, maksimisyöttö on 8.0 A.

5.2.3 Liitännät

AC800 G:n etupuolella on kolme kaapeliyhteyspaikkaa: ulkoinen tulo / lähtöportti ja kolme lähtöporttia. Todellisten liitinten määrä ja toiminta vaihtelee valitun kokoonpanon mukaan. Koaksiaalilähdöissä on tavallinen PG11-kierre, ja ne hyväksyvät minkä tahansa KDC-tyyppisen liittimen tai sovittimen.

Kuitukaapeleita solmu voi ottaa vastaan kaksi kappaletta. Nämä kaapelit kantavat eteenpäin meneviä optisia signaaleja sekä tulosignaaleja.

5.2.4 Kuituorganisoijan tekniikka

AC800 sisältää myös tehokkaan kaksipuoleisen kuituorganisoijan, joka voi hallinoida korkeintaan kolmea optisen kuidun sovitinta. Liittimet ja adapterit ovat paikoillaan tavoin, joka sallii yhteensopivuuden erilaisten olemassa olevien liittimien ja adapterien kanssa.

Kuituorganisoija on kiinnitetty runkoon ja kääntyy ulospäin niin, että se mahdollistaa ulkoisten valokuitukaapeleiden, ja myös kuitumateriaalien reitityksen. Kuituorganisoijan yläpuoli on varattu palautusyksikön kuidun pigmentteihin ja alapuoli ulkoiselle kuitusäkeelle.







Kuitujen kiinnittäminen kiinnitystaulukoiden alle on suunniteltu pitämään kuidut paikallaan ilman kaapeliliitoksia.

5.2.5 Alhaisen tason lähtöportti

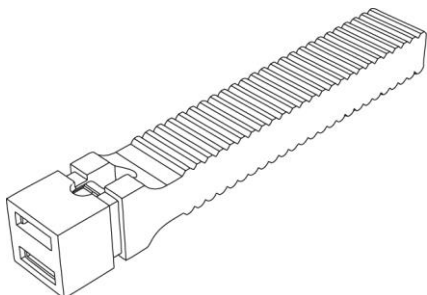
Sisäisellä haaroituksella AC800 G tarjoaa yhden pääulostuloportin, sekä joko yhden tai kaksi toissijaista ulostuloporttia. Solmu on konfiguroitu asiakkaan toiveiden mukaisesti tehtaalla. Tarpeen vaatiessa myös kolmatta ulostuloporttia voidaan käyttää alhaisen tason lähtöporttina.

Jos halutaan siirtää alhaisen tason alavirtasignaalia kolmatta lähtöporttia kohden, tarvitsee vain käyttää alavirtasignaalin ohjaushyppyjohdinta sekä lähtöportti 3:n konfigurointi-hyppyjohdinta.

Taulukko 3 Hyppyjohtimen asennot

Alavirtasignaalin ohjaus-hyppyjohdin		Lähtöportti 3 konfigurointi-hyppyjohdin		Lähtöportti 3 konfigurointi-hyppyjohdin 2	
Alhaisen tason lähtö: on		Alhaisen tason lähtö: on		Alhaisen tason lähtö: on	
Alhaisen tasin lähtö: off		Alhaisen tasin lähtö: off		Alhaisen tasin lähtö: off	

Koska alavirran alhaisen tason konfiguraatiosignaali on jaettu ennen viimeistä vahvistinvaihetta ja interstage-taajuuskorjainta, alavirran matalatasoinen signaalivahvistus pienee noin 37 dB:lla ja sillä on tasainen taajuusvaste verrattuna pääulostuloon.



Kuva 3 Hyppyjohtimen kuva

5.2.6 Ominaisuudet

Alavirta / Optinen Vastaanotin

AC800 G-laitteen integroitu optinen vastaanotin hyväksyy sekä 1310 nm:n taajuista optista signaalia että 1550 nm:n taajuista optista signaalia. Optinen vastaanotin tarjoaa sekä LED-ilmaisimen että DC-jännitteen testipisteen vastaanotetulle optiselle teholle. Tämä mahdollistaa nopean laitteen toiminnan tarkastamisen.

Lähtövaihe käyttää GaAs-hybridä parantamaan RF-suorituskykyä koko 47 – 1006 MHz:n päästökaistalla. Dipleksisuodatin valitaan kokoonpanon aikana halutun taajuuserotuksen mukaisesti. Jakautumispolku voidaan liittää laajennusmoduulien avulla useisiin lähtökokoonpanoihin.

Taulukko 4 Lähtömoduulit

Lähtömoduuli	Kuvaus
AC6112	1/12 dB haaroitus
AC6116	1/16 dB haaroitus
AC6119	1/20 dB haaroitus
AC6120	0 dB lähtömoduuli
AC6124	Kaksisuuntainen jakaja

AC6128	2/9 dB haaroitus
--------	------------------

Optinen syöttöteho

Optinen syöttöteho voidaan mitata DC-jännitteen testipisteestä. Testipiste DC-jännitteelle on suoraan verrannollinen optiseen syöttötehoon milliwateissa. 1.0 V vastaa 1.0 mW: n keskimääräistä optista tehoa. 1310 nm:n aallonpituusvalinnan tapauksessa tuloteho dBm (W) voidaan laskea alla olevalla kaavalla:

$$P_{in} (dBm) = 10 \cdot \log (U_{TP})$$

Kun käytetään 1550 nm:n lähettämiä tuloteho dBm (W) voidaan laskea kaavalla:

$$P_{in} (dBm) = 10 \cdot \log (U_{TP} \cdot (0.85/0.95))$$

On tärkeää, ettei mitään jännitettä ole kytketty testipisteeseen. Testipiste ei saa olla maadoitettu myöskään. Mittauksessa tulisi käyttää jännitemittaria, jonka sisääntulo resistanssi on korkeampi kuin 100 kohm.

Hallintaan saanti

Käytä sisääntulovaimenninlaajennusta saadaksesi sopiva RF-taso. Käytettävissä ovat JDA900 -sarjan vaimentimet, joiden skaala on 0 – 20 dB yhden dB:n tasoilla. Vaimennin-arvo riippuu paitsi optisesta tulotasosta, niin myös OMI:sta. AC800 G tarjoaa LED-indikaattorin, joka antaa visuaalisen kuvan optisesta syöttötehosta.

Taulukko 5 LED-indikaattori

LED	
Keltainen	Optinen syöttöteho on alle -10.0 dBm
Vihreä	Optinen syöttöteho on normaalin vaihteluvälin sisällä
Punainen	Optinen syöttöteho ylittää +3.0 dBm

Alavirran säätäminen

Seuraavassa on ohjeita normaalin säätötoimenpiteen käyttämiseen. Tämä toimenpide olettaa, että verkostosuunnitelmassa määritetty lähtömoduuli ja diplekseri on asennettu:

1. Älä yhdistä kuituja tai virtaa ennen kuin alla kuvatut muutokset on tehty.
2. Testaa kuidun huoltokaapelilla optinen syöttöteho käyttämällä optista tehomittaria. AC800 G:n integroitu optinen vastaanottoalue on -6 dBm - +2 dBm.
3. Asenna tulovaimennin saadaksesi sopiva RF-taso. JDA900-sarjan vaimentimilla on vaihteluväli 0 – 20 dB ja sallivat yhden 1 dB:n porrastuksen. Vaimenninarvo riippuu optisesta tulotasosta, optisen vastaanottimen tyypistä ja OMI:sta.

Taulukko 6 Tulovaimennuksen valinta

Optinen tulotaso (dBm)	Vaimennus (4% OMI)	Vaimennus (5% OMI)
2	JDA916	JDA918
1	JDA914	JDA916
0	JDA912	JDA914
-1	JDA910	JDA912
-2	JDA908	JDA910
-3	JDA906	JDA908
-4	JDA904	JDA906
-5	JDA902	JDA904
-6	JDA900	JDA902

4. Asenna interstage-vaimennin valitun lähtötason mukaan. Verkkosuunnitelmassa pitäisi olla määritetyt täsmälliset signaalitasot.

Taulukko 7 Interstage-vaimentimet

Lähtötaso (dB μ V)	Interstage-vaimennin (dB)
115	JDA900
114	JDA901
113	JDA902
112	JDA903
111	JDA904
110	JDA905

5. Käytä kaltevuusvaimenninta saadaksesi halutun lähtönopeuden signaalille.

Taulukko 8 Kaltevuusvaimentimen valinta

Kaltevuusvaimennin	Kaltevuusaste välillä 47 – 1006 MHz
...	...
JDA908	8 dB
JDA907	7 dB
JDA906	6 dB
JDA905	5 dB
JDA904	4 dB
...	

6. Syötä virtaa.
7. Yhdistä kuitu (tai kuidut).
8. Optinen vastaanotin saattaa tarvita vielä hienosäätöä tässä vaiheessa. Jos hienosäädölle on tarvetta käytä interstage-vaimenninta säätämään lähtötaso samalle tasolle haluamasi kanssa, ennen hienosäätöä anna laitteen saavuttaa sen normaali käyttölämpötila.

Ylävirta / Optinen lähetin

Vaihtoehtoinen ylävirtaoperaatio vaatii erilaisia plug-in diplex -suodattimia ja optisia pa-luulähettämiä. Diplex-suodatin valitaan konfiguroinnin yhteydessä halutun taajuuserotuksen mukaisesti. Käytettävissä olevat diplex-suodatintyypit ovat CXF030 (30/47 MHz), CXF042 (42/54 MHz), CXF050 (50/70 MHz), CXF055 (55/70 MHz), CXF065 (65/85 MHz)

ja CXF085 (85/108 MHz). On myös mahdollista tilata solmu ilman ylävirtareittiä, jolloin diplex-suodatin on korvattu ylävirtahyppyjohtimella (CXF000).

Ylävirtavaimentimen paikka voidaan varustaa myös ingress-estotoiminolla (AC6223). Ingress-blokkaaja RF-ylävirralla suodattaa pois alhaisimman taajuuskaistan. Alempi ingress-taso varmistaa EMS-lähetyksen turvallisen toiminnan ja myös estää ylävirtalaserlähettimen ylikuormituksen.

Kuten näemme alla olevasta taulukosta, AC800 G voidaan konfiguroida monilla eri pa-luulähettimillä. Ylävirtalähtimet, Fabry-Perot ja DFB, jotka ovat saatavilla 1310 nm:n taajuudelle. 1550 nm:n taajuudelle on saatavilla vain DFB-lähetin. Lisäksi alusta voidaan varustaa CWDM-lähettimillä. CWDM-laserit käyttävät kahdeksaa eri aallonpituutta välillä 1470-1610 nm.

Taulukko 9 optiset ylävirtalähtimet

Tyyppi	Kuvaus
AC6830	FP 1310 nm, -7dBm
AC6835	FP 1310 nm, -3dBm
AC6840	FP 1310 nm, +1 dBm
AC6845	DFP 1310 nm, +3 dBm
AC6847	DFP, CWDM 1470 nm, +3 dBm
AC6849	DFP, CWDM 1490 nm, +3 dBm
AC6851	DFP, CWDM 1510 nm, +3 dBm
AC6853	DFP, CWDM 1530 nm, +3 dBm
AC6855	DFP, CWDM 1550 nm, +3 dBm
AC6857	DFP, CWDM 1570 nm, +3 dBm
AC6859	DFP, CWDM 1590 nm, +3 dBm
AC6861	DFP, CWDM 1610 nm, +3 dBm

Hallinnointi

Asetetaan ajotaso laserille asentamalla sopiva vaimennin lähettimeen. Saatavilla on JDA900-sarjan vaimennin, joiden vaihteluväli on välillä 0-20 dB yhden desibelin portailla.

Pilot

Pilot-generaattoritaso vastaa 4 % OMI:a. Saatavilla oleva Pilot-signaalitaajuus 4,5 MHz tai 6,5 MHz voidaan kontrolloida DIP-kytkimellä moduulin etuosassa (katso kuva 4).



Kuva 4 Pilot-laite

Taulukko 10 Pilot-laitteen kytkimen hallinta

Kytkin 1 – Pilot-signaalitaajuus	
Vasen	Oikea
Valitsee 6.5 MHz	Valitsee 4.5 Mhz

Switch 2 – Lähtötehon taso	
Valitsee nimellisen +3 dBm	Valitsee +2 dBm

Switch 3 – Pilot-signaalin status	
Valitsee ON	Valitsee OFF

Laseri

DIP-kytkimen avulla on mahdollista vähentää nimellistä optista tehoa yhdellä desibelillä, mutta myös OMI tällöin vaihtuu. Tuotespesifikaatiot ovat kuitenkin voimassa vain nimellistä tehoa käytettäessä.

Ylävirran hallinta

Injektoi tiedetyn tehon signaali (20 dB korkeampi verrattuna paluupolun tulotasoon) testisignaali injektointipisteeseen solmussa. Paluusignaalin taso voidaan mitata optisen lähettimen OMI-testipisteestä. Etupaneelin etiketissä kuvataan kiinteä RF-ajotaso OMI-testipisteessä, joka antaa 4 % OMI. Ylävirran signaalitaso voidaan säätää vastaamaan tätä tasoa, joka on tietty jokaiselle eri yksikölle. Taulukko alapuolella näyttää RF-ajotasot eri OMI:lle. Signaalitasa säädetään ylävirran vaimentimella.

Taulukko 11 Eri RF-tasot

OMI (%)	Nimellinen AC800 G tulotaso (dB μ V) JDA900 vaimentimella AC68xx pilotissa
3.2	60.0
3.6	61.0
4.0 (oletusarvo)	62.0
4.5	63.0
5.0	64.0
5.6	65.0
6.3	66.0
7.1	67.0
8.0	68.0
9.0	69.0
10	70.0

Muille OMI-arvoille, tarvittava säätötaso voidaan laskea kaavasta: Ajotaso 62 dB μ V + 20 x log (OMI_haluttu / 4 %).

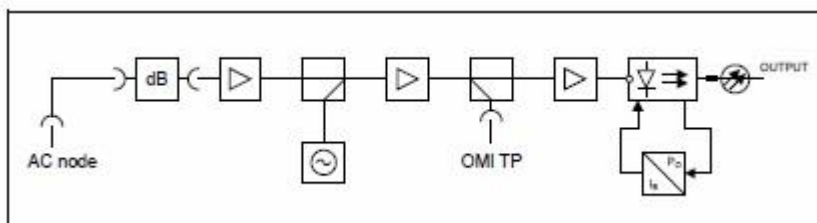
Paluusignaalin luonteesta riippuen syöttötaso voidaan mitata alla olevin keinoin:

1. Kun käytetään referenssi tai testisignaalia, kantosignaalin taso mitataan testipisteestä ja säädetään vastaamaan arvoa, joka on yksikön etiketissä tai vaihtoehtoisesti lasketaan siitä.
2. Kun käytetään digitaalista kohinaa muistuttavaa signaalia, spektrianalysoijan kohinamerkki säädetään samalle kaistanleveydelle kuin digitaalisella signaalilla on, ja taso säädetään vastaamaan arvoa, joka näkyy laitteen etiketissä tai lasketaan siitä.

Kauko-ohjatun sisääntulokytkimen käyttäminen antaa käyttäjälle mahdollisuuden eristää ongelmia ylävirassa ja toteuttaa korjaavia toimenpiteitä. RF-signaali voidaan joko leikata pois (eli signaalia vaimennetaan enemmän kuin 45 dB) tai vaimennetaan 6 dB. Tehdasasetuksilla ingress-kytkin on laitettu tasoon 0 dB. Koska asuntoja ei ole aina kytketty ylävirtaan, ylävirran RF-signaali pitäisi leikata pois hallinnointiyksiköstä. Yhdistäessä Ingress-kytkin tulisi laittaa asentoon 0 dB.

5.3 AC6800 Optinen kuitu CWDM -lähetin

AC6847, -49, -51, -53, -55, -57, -59 ja -61 ovat CWDM DFB-laserlähetin moduuleita AC-solmun ylävirtasovelluksiin. Laitteen ominaisuuksiin kuuluu Pilot-generaattori OMI:lle, testipiste OMI:lle, OMI -lämpötilan kompensointi sekä lähtötehon säätö. Lisäksi laite mittaa lasertulostusvirtaa. Kuva laitteesta on edellisessä osiossa (kuva 4).



Kuva 5 Block -diagrammi

5.4 AC6952 AC -alustan transponderi

AC6952 on elementtien hallintaan tarkoitettu transponderi, jossa on sekä ala- että ylävirran mittaus ja ALSC-ohjainyksikkö AC-alustalle. AC6952 voidaan kytkeä mihin tahansa AC-alustan vahvistimeen tai solmuun, joka on varustettu yhteensopivalla lähettimellä. AC6952:n ohjelmisto tukee sekä CATVisor, että HMS-etäkommunikointiprotokollia. Kommunikointiprotokollaa voi vaihtaa käyttöliittymän kautta.



Kuva 6 Transpoder -yksikkö

5.4.1 Asennus

AC6952-yksikön asennus alkaa sillä, että paikannetaan oikea asennuspaikka solmusta. Seuraavaksi irrotetaan suojukset suojakansiosta ja irrotetaan kanssi. Sitten laitetaan yksikkö kevyellä painalluksella kiinni. Yksikkö menee paikoilleen vain yhdessä asennossa. Tässä työssä laite oli valmiiksi asennettuna.

5.4.2 Liittimet

Transponderilla on USB-portti yksikön hallintaa varten. Transponder saa USB-portista myös virtansa, jos erillistä virtalähdettä ei ole. Tämä mahdollistaa, että transponderin ohjelmiston voi päivittää, vaikka se ei olisi asennettuna mihinkään AC-alustaan.

5.4.3 Indikaattorit

Laitteella on kaksi LED-valopaneelia: ”Station” ja ”Modem”. Kun transponderi on asennettu alustaan, jossa on optinen vastaanotin, se myös ottaa hallintaansa tämän LED:t. LED-valon väri määräytyy kulloisenkin hälytyksen tilasta.

Taulukko 12 LED-valojen merkitys

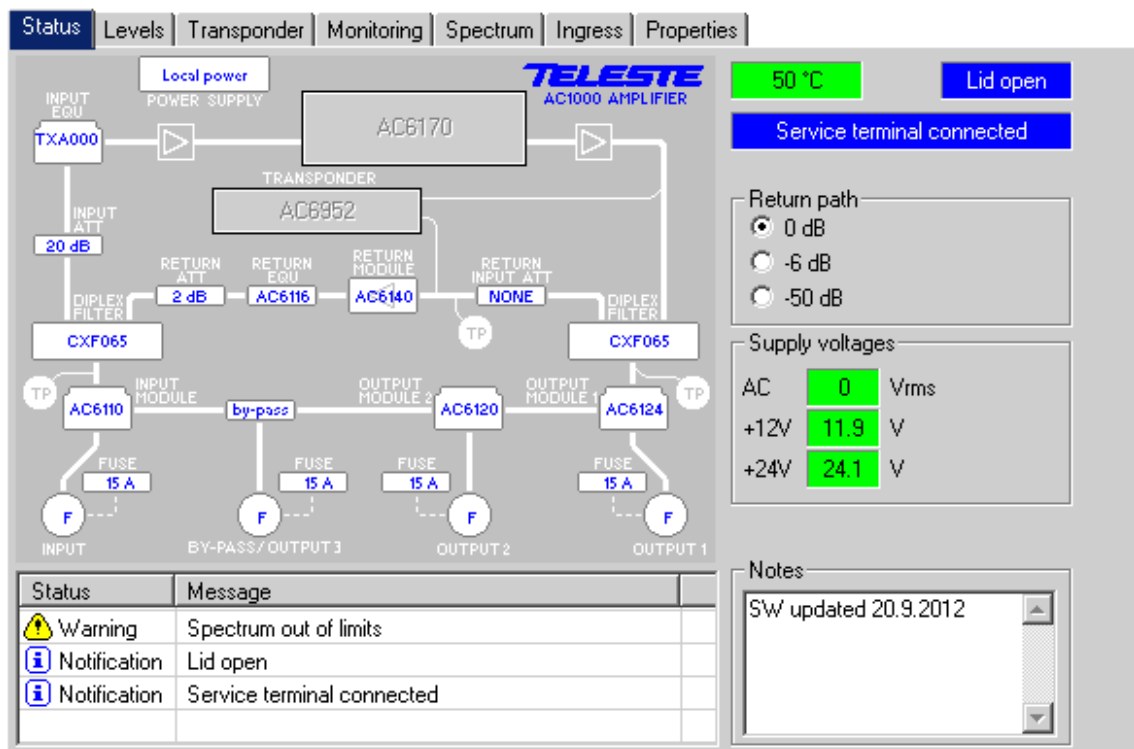
Aseman LED	Kuvaus
Vihreä	Ei muita hälytyksiä, kuin modeemista.
Keltainen	Ainakin yksi pieni hälytys, ei suuria hälytyksiä.
Punainen	Ainakin yksi suuri hälytys

Modeemin LED	Kuvaus
Pimeä	Ei yhdistetty, skannaa kommunikaatiokanavaa
Vihreä (välkky)	Ei yhdistetty, kommunikaatiokanava löydetty, rekisteröi
Vihreä	Yhdistetty, ei modeemiin liittyviä hälytyksiä
Keltainen	Yhdistetty, ainakin yksi modeemiin liittyvä pienempi hälytys, ei suuria hälytyksiä
Punainen	Yhdistetty, ainakin yksi modeemiin liittyvä suurempi hälytys

5.4.4 Ohjelmisto

Kaikki tarvittavat muutokset laitteeseen voidaan tehdä CATVisor Commander -ohjelmistolla, jota tässä työssä käytän.

Tila



Kuva 7 Tila välilehti

Tilavälilehti näyttää yksikön mahdolliset hälytystilat, sallii ylävirta-ingresskytkimen kontrolloinnin ja näyttää graafisessa kuvassa kyseisen hetken konfiguraation.

Tasot

Toinen välilehti on nimeltään Tasot, ja tältä välilehdeltä näemme eri signaalien tasot. Lisäksi välilehdellä (AC-alustasta riippuen) voidaan sallia ALSC (Automatic Level and Slope Control), joka tulosignaalista riippumatta pitää ulostulosignaalin tasaisena.

Transponderi

Tällä välilehdellä nähdään transponderin RF-modeemin asetukset: vastaanottimen taajuus, lähettimen taajuus sekä laitteiston IP-osoite.

Monitorointi

Tällä välilehdellä näemme kaikki monitoroidut parametrit ja niiden arvot, kuten myös eri hälytyslistat. Sivulla voi myös kytkeä automaattisen varoitusten havaitsemisen pois päältä.

Spektri

Viides välilehti on nimeltään spektri, ja tällä sivulla näemme alavirran mittaustulokset graafisessa ”spektri analyysi”-kuvassa.

Ingress

Kuudes välilehti on nimeltään ingress, ja tältä välilehtisivulta näemme ylävirran mittaustulokset graafisessa spektrimuodossa.

Ominaisuudet

Viimeinen välilehti ”Ominaisuudet” kertoo laitteen ohjelmisto- ja laitetiedot. Lisäksi sivulla voidaan nimetä laite ja merkitä sen nykyinen olinpaikka.

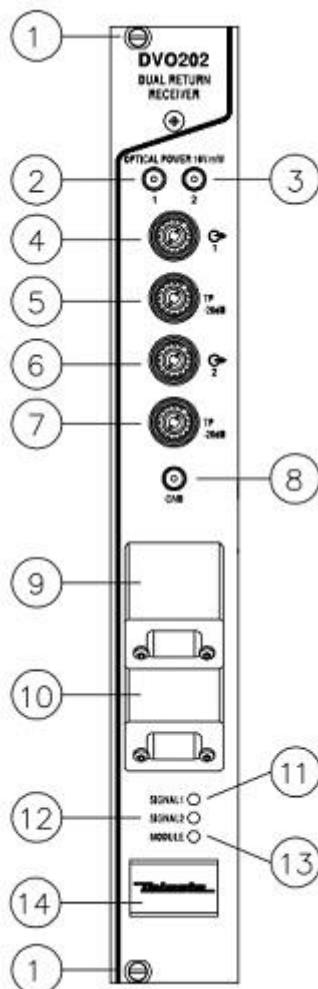
5.5 DVO202 Dual-Return -vastaanotin

DVO202 on dual return -vastaanotin DVO-optiselle kuitu CATV-linkille. Se on kokonaan yhteensopiva DVX Head End -laitteiston kanssa ja voidaan asentaa normaaliin DVX001-

kehykseen. Lisäominaisuudet sisältävät koaksiaalivälitysulostulon varareititykselle sekä sisäänrakennetun DTMF:n pilottisignaalin havaitsemiselle.

5.5.1 Asennus

Laite työnnetään kevyesti railoja pitkin paikalleen kehykseen ja kiinnitetään kahdella ruuvilla. Laite voidaan sijoittaa mihin tahansa rakoon kehyksessä.



Kuva 8 Kuva laitteistosta

5.5.2 Liittimet

Laite on varustettu kahdella optisella liittimellä. Optinen sisääntulo voidaan testata kahdesta laitteessa olevasta testipisteestä (kuva 8, kohdat 2 ja 3). Optisen sisääntulotaso n

vaihteluväli on -20 – (+1.5) dBm. Testipisteet DC-jännitteelle ovat suoraan verrannollisia optiseen ulostulovoimaan Mw:ssa. 10 V on siis esimerkiksi 1.0 mW.

Laitteessa on myös kaksi koaksiaalikaapeli ulostuloliitintä. Näiden tyyppi on IEC-naaras, joten että niihin saadaan normaali F-kaapeli kiinni, tarvitaan IEC/F-muunnin.

Seuraavassa esittelen, miten laitteiston ledivalot toimivat:

Taulukko 13 LED-valojen toiminta

Signaalien 1 ja 2 LED	Kuvaus
Vihreä	Optinen sisääntulotaso on kunnossa
Vihreä (vilkkuu)	Optinen vahvistin on suljettu
Punainen	Optinen sisääntulotaso on liian alhainen
Punainen (vilkkuu)	Optinen sisääntulotaso on liian korkea
Keltainen	Ei pilottia

Moduulin LED	Kuvaus
Mikä vaan väri (vilkkuu)	Laitteisto on valittu commanderilla
Keltainen	Laitteisto on OK
Punainen	PLL ei ole lukittu tai ohjelmistovirhe

Laitteiston uudellenkäynnistämiseksi se tarvitsee poistaa kehiksestä muutamaksi sekunniksi.

5.5.3 Ohjelmisto

Laitteistoon päästään käsiksi erillisellä HDX-021 kaapelilla, joka yhdistetään tietokoneen USB-portista kehikossa olevan virtalähteen DVX-porttiin. Ohjelmistoa hallitaan CATVisor Commander -ohjelmistolla.

Laitteesta tulee näkyviin Commander-ohjelmistossa 5 eri välilehteä. Tässä kerron hie-
man, mitä jokainen noista välilehdistä sisältää:

Tila

Tilavälilehden nimikin jo kertoo, mitä se sisältää. Se kertoo laitteiston tilasta. Tällä väli-
lehdellä nähdään, ilmoittaako laitteisto mitään hälytyksiä tai varoituksia toimintaansa liit-
tyen. Tilailmoitukset on värikoodattu, joka kertoo niiden asteen. Punainen on hälytys,
keltainen on varoitus ja sininen on huomautus.

Elektroniset asetukset

Seuraava välilehti kertoo elektronisista asetuksista. Tällä välilehdellä siis säädetään lait-
teiston koaksiaalikaaliporteja. Molemmilla porteilla on oma tilansa ja ne voidaan laittaa
päälle tai pois päältä. Lisäksi voidaan säätää ulostulotason voimakkuutta ja kontrollitilaa.

Signaalien reititys

Kolmas välilehti kertoo signaalien reitityksestä. Tällä välilehdellä voidaan säätää, miten
laite käsittelee ulosmeneviä signaaleja. Tämä voidaan tehdä kahdella tapaa. Joko ane-
taan laitteiston itse päättää tai muutetaan asetuksia manuaalisesti.

Optisen signaalien hallinta

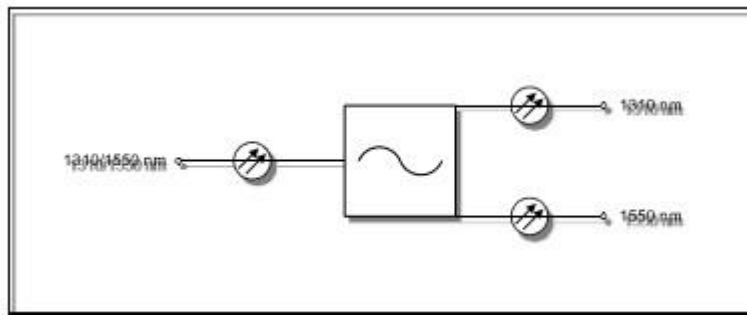
Neljäs välilehti on optisen signaalien hallinta. Tällä välilehdellä näemme, mikä on molem-
pien optisten sisääntulojen taso kytkettynä. Lisäksi voidaan valita molemmille sisääntu-
loille joko 1310 nm:n leveys tai 1550 nm:n leveys.

Pilot-vastaanotin

Viimeinen eli viides välilehti kertoo Pilot-vastaanottimesta. Tällä välilehdellä voidaan sää-
tää molempien Pilot-vastaanottimien taajuutta 200 kHz:n hyppynä 4.5 – 7.5 MHz:n alu-
eella.

5.6 DVO551 FWDM -filteri

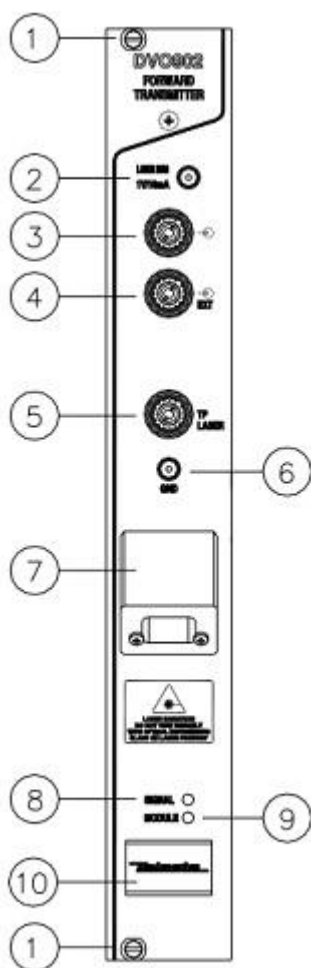
DVO551 on WDM-filteri. Laitte on suunniteltu jakamaan ja yhdistämään optisia signaaleja, joiden väli on 1310 nm ja 1550 nm. Se on myös täysin yhteensopiva DVX-kehiksen kanssa.



Kuva 9 Filterin toiminta

5.7 DVO902 -alavirtalähtetin

DVO902 on DFB-laserlähtetin. Laitteen ulostulotehotaso on + 2dBm – (+15dBm). DVO902 on täysin yhteensopiva DVX-kehiksen kanssa.



Kuva 10 Alavirtalähettimen liitännät

5.7.1 Asennus

Laite asennetaan samalla tavalla kuin monet näistä edellisistäkin laitteista. Työnnetään kevyesti kehikkoon ja ruuvataan kahdella ruuvilla kiinni. Laite voi olla missä vain kehikon reiässä.

5.7.2 Liitännät

Laite sisältää kaksi RF-sisääntulopistettä sekä yhden optisen ulostulopisteen. Lisäksi laitteessa on yksi RF-laserin testauspiste. Laitteen koaksiaalikaapeliliitännät ovat IEC-naaras tyyppiä ja tarvitsevat siis adapterin, jotta johtoa F-liitännällä voidaan käyttää. Seuraavassa taulukossa esitän, miten laitteen LED-valojen värit toimivat:

Taulukko 14 Alavirtalähettimen LED-valot

Signaalin LED	Kuvaus
Vihreä	Laite on OK
Punainen	Signaali puuttuu
Keltainen	RF-taso on liian korkea/matala

Moduulin LED	Kuvaus
Mikä vaan väri (vilkkuu)	Laitteisto on valittuna Commanderissa
Vihreä	Laitteisto on OK
Punainen	Moduulin lämpötila liian korkea, Laserin lämpötila liian korkea, Laserin vinouma liian korkea/matala
Keltainen	Moduulin lämpötila liian korkea, laserin lämpötila liian korkea, Laserin virta liian korkea, Tec-virta liian korkea

Laitteen uudellenkäynnistämiseksi se tarvitsee poistaa kehikosta muutamaksi sekunniksi.

5.7.3 Ohjelmisto

Kuten muitakin Telesten-laitteistoja tämän laitteiston hallitsemiseen käytetään HDX-012-kaapelia tietokoneen USB-portista kehikon DVX-porttiin. Itse hallintaohjelmisto on CAT-Visor Commander.

DVO902-lähettimeillä on kolme eri välilehteä Commanderin kautta. Tässä kerron niiden sisällöstä.

Tila

Ensimmäinen välilehti on laitteen tila. Tämä kertoo, onko laitteessa mitään varoituksia/ongelmia. Hälytyksen taso riippuu sen väristä. Punainen on hälytys, keltainen on varoitus ja sininen on huomautus.

Laitteen hienosäädöt

Toisella välilehdellä on laitteiston hienosäätö. Välilehdellä on hienosäädön valinnan tila, jolle on kaksi vaihtoehtoa: APC ja Manual. APC-tilassa laite säätää itse ulostulon voimakkuutta. Manual-tilassa ulostulotasoa säädetään itse. Lisäksi välilehdellä on mahdollisuus säätää broadcast-pisteen sisääntulosignaalia. Hienosäätö tehdään 0,2 dB:n loikilla 0 – (-6.0) dB välikössä. Välilehdellä on myös mahdollisuus samanlaiselle Narrowcast-pisteen signaalin säädölle. Erona on se, että hienosäätö tehdään 0,5 dB:n loikilla ja vaihteluväli on -10 – (-40) dB. Lisäksi välilehti sisältää laser-ulostulopisteen hienosäädön mahdollisuuden. Laserin vaimennusta voidaan säätää 0,2 dB:n hypyillä 0 – (-10) dB:n vaihteluvälillä.

Ominaisuudet

Kolmas välilehti kertoo laitteen ominaisuuksista. Sivulla ei voi tehdä muuta kuin antaa nimen.

5.8 DVP-332 Virtalähde

DVP-332 on DVX-laitteiston virtalähde. Virtalähde on oikosulkusuojattu ja myös ylläpösuojattu. Se myös sisältää PFC:n (Power Factor Correction) ja näin täyttää tulevaisuuden laatustandardit. Virtalähde on tarkoitettu vain sisäkäyttöön ja sen toimintajännite on 220 - 240 V.



Kuva 11 Virtalähteen liitännät

5.8.1 Asennus

Virtalähde asennetaan tavallisesti kehikon vasempaan reunaan, mutta se voidaan periaatteessa asentaa myös mihin tahansa kohtaa kehikkoa. Virtalähde liu'utetaan kehikoon ja ruuvataan kiinni ruuveilla. Tämän jälkeen virtalähteeseen kiinnitetään virtajohto, ja se aloittaa toimintansa. ”Moduuli”- ja ”Lämpötila”-LED-valot syttyvät vihreiksi, jos kaikki on kunnossa. Lämpötila-LED näyttää keltaista valoa, jos lämmön kanssa on ongelmia. Ympäristön lämpötila tulisi olla 10 C – 45 C, jotta laite toimii normaalisti. Moduulin-LED taas näyttää punaista, jos itse laitteessa on ongelmia. Virtalähde ei tarvitse erillistä ohjelmointia toimiakseen.

5.8.2 Liitännät

DVP332-virtalähde sisältää kolme eri liitännää. Virtaliittimen, sekä sarjaportin ja Ethernet-tyyppisen DVX-portin virtalähteen toimintojen tarkistelemiseksi Commander-ohjelmistolla. DVX-portin käyttöön tarvitaan erillinen HDX-012-johto, kuten näissä muissakin Telecten-laitteissa.

5.8.3 Ohjelmisto

Kuten tämän työn muitakin Telecten-laitteita, DVP332-virtalähdettä hallinnoidaan Commander-ohjelmistolla. DVP332:n tapauksessa ohjelmistossa näkyy neljä eri välilehteä.

Tila

Ensimmäinen välilehti on nimeltään tila, ja se nimensä mukaisesti kertoo laitteen tilasta, eli onko laitteistossa ongelmia. Punainen lippu on merkki hälytyksestä, keltainen varoituksesta ja vihreä huomautuksesta. Tämän lisäksi tilalehdellä näkyy näiden mahdollisten ongelmien kuvaus, jotta niitä voi alkaa ratkoa. Yleisin ongelma virtalähteen tapauksessa on tietysti laitteen ylikuormitus ja tämän korjaamiseksi joko tarvitsee liittää toinenkin virtalähde tai vähentää virtalähteen kuormaa.

Nykyiset arvot

Toisen välilehden nimi on nykyiset arvot. Kuten nimestäkin voi päätellä, se kertoo virtalähteen nykyiset jännitearvot. Lisäksi välilehti näyttää laitteen lämpötilan.

Alhaisimmat ja ylhäisimmät arvot

Tämä välilehti kertoo laitteen alhaisimmat ja ylhäisimmät jännitteet ja lämpötilat. Lisäksi voit nähdä, kauanko laite on ollut toiminnassa viimeisimmät uudelleenkäynnistyksen jälkeen.

Ominaisuudet

Viimeinen välilehti kertoo laitteen ominaisuuksista, laitteiston ja ohjelmiston perustiedot ,sekä laite voidaan nimetä itse, jos näin halutaan.

6 Työn vaiheet

6.1 Kaapelimodeemijärjestelmän siirto ja käyttöönotto

Työn ensimmäinen vaihe oli siirtää kaapelimodeemijärjestelmä Bulevardin toimipisteestä Leppävaaran toimipisteelle. Purku vei yllättävänkin paljon aikaa, koska laite on hyvin painava ja sisältää paljon osia. Leppävaaran päässä laite piti koota uudelleen ja sitten varmistaa, että pistorasioista riittää tarpeeksi virtaa laitteen käynnistymiselle.

Seuraavaksi vuorossa oli laitteen peruskonfigurointi. Käsiksi laitteeseen pääsin sen takana olevasta konsoliliittimestä. Laite piti konfiguroida käynnistymään PRE-moduulin flash-muistissa olevasta käynnistystiedostosta. Muuten kaikki yleisimmät asetukset olivat jo valmiiksi kunnossa. Linjaporttien ylävirta- ja alavirta-kanavat tuli vain kytkeä päälle IOS-käyttöliittymää käyttäen. Koska käytin työssäni maksimissaan vain muutamaa kaapelimodeemia avasin vain yhden linjakortin portit.

6.2 Laitteen liittäminen runkoverkkoon

Seuraava vaihe oli saada laite runkoverkkoon. Tässä osassa aluksi oli hieman ongelmia, koska periaatteessa laitteen GigabitEthernet-liittimen olisi tullut käynnistyä automaattisesti, kunhan se vain Ethernet-johdolla kytketään kytkimeen, mutta näin ei käynyt. Ongelma olikin, että Dell-kytkimen portit sallivat vain 100 Mb:n liikenteen, kun kaapelimodeemijärjestelmän GigabitEthernet-liitin vaati 1 Gb:n sallivan liikenteen. Tämän johdosta kytkin liittimen Extreme Summit X450 -kytkimeen.

6.2.1 Uuden vlan-alueen luonti Summit-kytkimessä

Tässä vaiheessa minun tuli luoda uusi vlan-alue kaapelimodeemijärjestelmälle. Se kävi seuraavilla komennoilla X450-kytkimen käyttöliittymässä:

create vlan CMTS

- Tämä luo CMTS-nimisen vlan-alueen.

configure vlan CMTS tag 70

- Tämä luo tunnisteen vlan:lle.

configure vlan CMTS add ports 21 untagged

- Tämä kiinnittää vlan-alueen porttiin 21 ja sallii vain kyseisen vlanin liikenteen portista.

configure vlan CMTS ipaddress 10.94.70.254 255.255.255.0

- Tällä luodaan vlan:lle ip-osoite.

configure vlan CMTS dhcp-address-range 10.94.70.100 – 10.94.70.200

configure vlan CMTS dhcp-options default-gateway 10.94.70.254

configure vlan CMTS dhcp-options dns-server 10.94.1.4

configure vlan CMTS dhcp-options dns-server secondary 193.157.197.100

enable dhcp ports 21 vlan CMTS

- Näillä komennoilla luodaan vlan:lle Dhcp-palvelut, jotta se osaa antaa siihen liitetyille laitteille oikeat parametrit. Lisäksi sallitaan portin 21 käyttää dhcp-palvelua.

enable ipforwarding vlan CMTS

- Lopuksi vielä sallitaan vlan:lle ipforwarding.

Testasin asetusten toimivuutta kannettavalla tietokoneella ja sain sillä yhteyden internetiin. Konfiguroin kaapelimodeemijärjestelmän GigabitEthernet-portille kyseisen ip-osoitteen ja ping-toiminnolla, toimiiko yhteys kaapelimodeemijärjestelmän ja kytkimen välillä. Molemmilta pystyi ping-toimintoa käyttäen näkemään toisensa.

6.2.2 Yhdistäminen virtuaalipalvelimeen

Jotta kaapelimodeemijärjestelmä saa yhteyden kaapelimodeemeihin se tarvitsee ToD (Time of Day) -, DHCP- ja TFTP-palvelut. Nämä palvelut oli edellinen ryhmä konfiguroinut koulun verkossa olevalle virtuaalipalvelimelle, ja seuraavaksi aloin ratkoa, miksi ensinne saa yhteyttä.

Ensimmäisenä tarkistin kaapelimodeemijärjestelmän asetukset. Periaatteessa järjestelmän piti saada yhteys palvelimelle, kun olin luonut Bundle1-virtuaaliliitännän ja tähän konfiguroinut väylän virtuaalipalvelimelle, ja sitten upottanut tämän virtuaaliliitännän kaapelimodeemijärjestelmän ensimmäiseen kaapeliliitännään komennolla *cable bundle 1*. Nämä olivat kunnossa, mutta silti yhteyttä ei tullut. Seuraavaksi siirryin tarkastelemaan itse virtuaalipalvelinta. Tarkistin palvelimen palomuurin (iptables), mutta se salli kaiken liikenteen. Kokeilin muitakin keinoja saada yhteyttä toimimaan, mutta lopulta päätin toteuttaa nämä tarvittavat palvelut toisin.

6.2.3 Kaapelimodeemijärjestelmän käyttö ToD-, DHCP- ja TFTP-palvelimina.

Cisco uBR100012 -kaapelimodeemijärjestelmä pystyy toimimaan ToD-, DHCP- ja TFTP-palvelimina, kun kaapelimodeemeja yhdistetään vain rajattu määrä. Koska omassa työssäni modeemeja oli käytössä maksimissaan muutama, ei tästä rajoituksesta ollut haittaa.

ToD-palvelin

Kaapelimodeemijärjestelmän saa ToD-palvelimeksi hyvin yksinkertaisella komennolla. Konfigurointikenttään tarvitsee kirjoittaa vain kaksi komentoa:

service udp-small-servers max-servers no-limit

cable time-server

Nyt kaapelimodeemijärjestelmä toimii ToD-palvelimena.

DHCP-palvelin

Jotta laitteesta saadaan DHCP-palvelin ja että se jakaa eri ip-osoitteet sekä itse kaapelimodeemeille että niihin kytketyille tietokoneille, tarvitsemme kaksi eri dhcp-varantoa.

Ensimmäisen varannon luominen:

ip dhcp pool osotteet

- Nimetään dhcp-varanto.

network 10.1.4.0 255.255.255.0

- Luodaan varannolle oma verkko.

bootfile platinum.cm

- DOCSIS-konfiguraatitiedosto, joka on luotu jo aiemmin ja jota kaapelimodeemit tarvitsevat toimiakseen.

next-server 10.1.4.1

- TFTP-palvelimen osoite, joka lähettää tiedoston.

default-router 10.1.4.1

- Kaapelimodeemien oletusyhdyskäytävä.

option 7 ip 10.1.4.1

- Osoite loki-palvelimelle.

option 4 ip 10.1.4.1

- ToD-palvelimen osoite.

option 2 hex ffff.8f80

- ToD-palvelimen aikapoikkeama sekunneissa, ffff.8f80 on 8 tuntia.

lease 7 0 10

- Voimassaoloaika on 7 päivää.

Tämä varanto antaa ip-osoitteet kaapelimodeemeille. Seuraavaksi loin varannon, joka antaa ip-osoitteet kaapelimodeemeihin kytketyille tietokoneille:

```
ip dhcp pool pcs-c4
```

- Nimetään varanto.

```
network 172.16.29.0 255.255.255.0
```

- Ip-osoite ja maski verkolle.

```
next-server 172.16.29.1
```

- Tftp-palvelimen toissijainen osoite.

```
default-router 172.16.29.1
```

```
dns-server 10.94.1.4
```

- Dns-palvelimen osoite, joka on Extreme-kytkimellä.

```
domain-name cisco.com
```

```
lease 7 0 10
```

Näiden varantojen luomisen jälkeen piti varannot vielä liittää virtuaaliseen liitântään *Bundle1*, ja yhdistää tämä ensimmäiseen kaapeliliitântään (interface Cable5/0/0). Ensiksi lisäsin ”osotteet” varannon ensisijaiseksi virtuaaliseen liitântään *Bundle1*, ja tämän jälkeen pcs-c4-varannon toissijaiseksi. Lisäksi tarvittiin vielä komento cable dhcp-giaddr policy, jotta virtuaalinen liitântä osaa jakaa ”osotteet”-varannon ip-osoitteet kaapelimodeemeille ja pcs-c4-varannon ip-osoitteet kaapelimodeemeihin yhdistetyille tietokoneille.

Kaiken tämän jälkeen kaapelimodeemit vihdoinkin näkyivät online-tilassa.

6.3 HFC-verkon rakentaminen

Seuraavaksi vuorossa oli HFC-verkon rakentaminen. Ensimmäisenä toimenpiteenä oli yhdistää kuitukela AC800 G-solmun ja FWDM-filtterin välille. Kelan toinen pää oli kelan pohjalla, joten jouduin käyttämään koviakin otteita (tuhoamaan osan kelan muovikuoresta), jotta sain pään esille. Sitten pääsin hitsaamaan kuitua.



Kuva 12 Hitsauksen lopputulos

Kuitujen hitsaaminen on loppujen lopuksi aika yksinkertaista puuhaa. Molemmat kuidun päät kuoritaan, puhdistetaan, katkaistaan ja laitetaan varovasti laiteen molempiin päihin. Tämän jälkeen laite itse kalibroi kuitujen päät samalle tasolle ja hitsaa ne kiinni. Tämän jälkeen valmiin lopputuloksen päälle sujautetaan muovinen kuori ja se laitetaan laitteen ”uuniin”, joka kuumentaa sen sulaksi lopputuloksen päälle.

Hitsauksen jälkeen aloin rakentaa itse HFC-verkkoa. Ensimmäisenä päivänä en ehtinyt kuin kiinnittää kelan solmun ja filtterin väliin ja lähdin kotiin. Seuraavana päivänä vastassa oli yllätys. Omat kiinnitykseni olivat pettäneet, ja kela oli tippunut seinältä lattialle samalle tietenkin katkaisten juuri sen pään, jonka kelan sisuksista olin kaivanut. Tämän myötä rikoin toisenkin kelan, ja kaivoin siitä jälleen molemmat päät esiin. Aloittaessani hitsauksen uudelleen huomasin, että hitsauslaite oli tässä välissä jostain syystä hajonnut. Koska laitteen korjaamisessa olisi mennyt useita, viikkoja oli kuitukelaosuus pakko hylätä ja toivoa, että AC800 G-solmu kestää laserin voiman ilman välissä olevaa muutamien kilometrien kuituvaimennusta.

6.4 Teleste-laitteiston asennus

Seuraavaksi vuorossa oli ylläkuvattujen Teleste-laitteisen asennus. Tämän jälkeen piti kuidut liittää toisiinsa sekä liittää solmu kaapelimodeemiin. Seuraavassa esitellään vaiheet.

DVO902-laitteen kytkennät

Ensimmäiseksi piti kaapelimodeemijärjestelmän alavirtakoaksiaalikaapeli liittää DVO902:n IEC-sisääntuloporttiin. Väliin tarvittiin IEC uros-uros- ja IEC-naaras-F-naaras-adapterit, jotta kaapelimodeemijärjestelmän F-liittimellä varustettu koaksiaalikaapeli saatiin laitteeseen kiinni. Seuraavaksi DVO902:n laser-ulostuloporttiin kytkettiin valokuitukaapeli ja tämä johdettiin FWDM-filtteriin.

FWDM-filtterin kytkennät

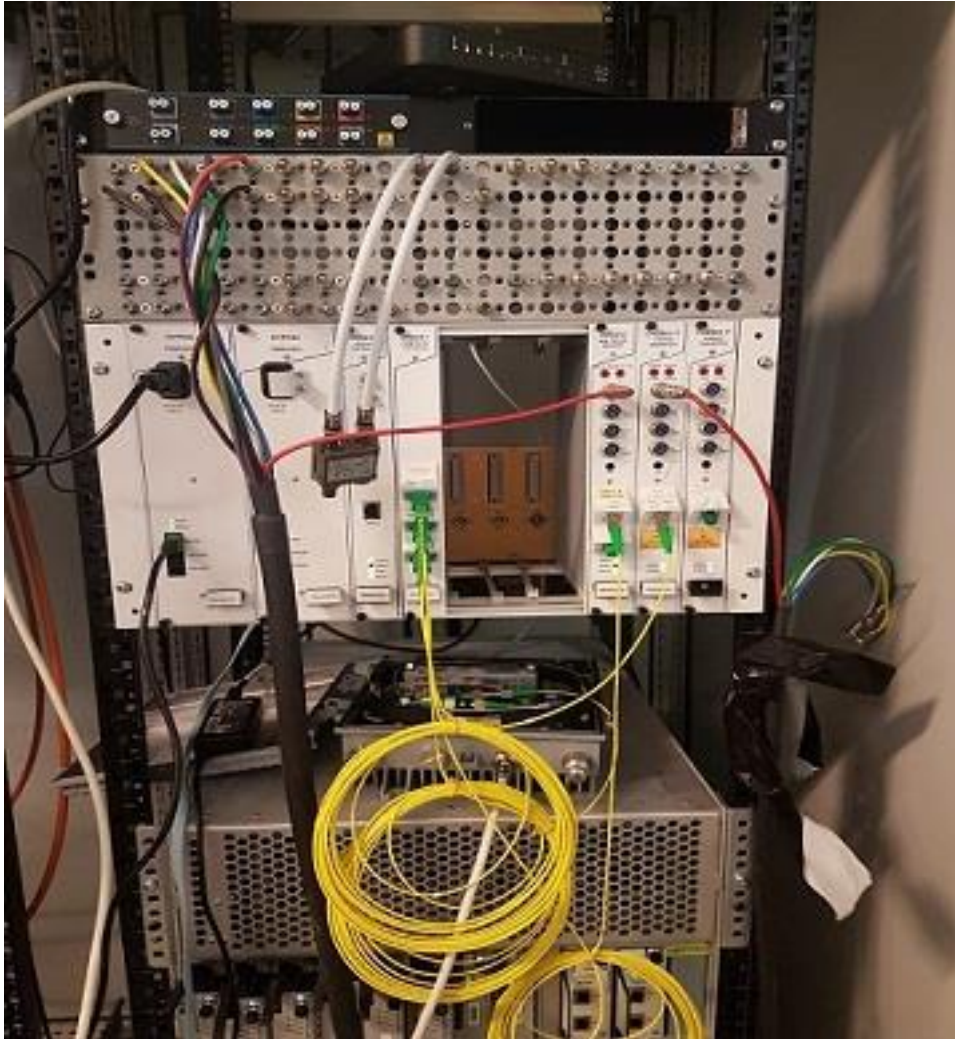
FWDM-filtteriin tuli valokuitukaapeli AC800 G-solmusta, DVO902 Forward transmitteristä sekä FWDM-filtteristä lähti valokuitukaapeli DVO202 Dual Return Receiver-laitteeseen.

AC800 G-solmun kytkennät

AC800 G-solmusta lähti valokuitukaapeli FWDM-filtteriin sekä koaksiaalikaapeli ulostuloportista kohti kaapelimodeemia.

DVO202-laitteen kytkennät

DVO202:n tuli valokuitukaapeli sen valokuitusisääntuloporttiin FWDM-filtteristä sekä laitteen IEC-porttiin kytkettiin (samoilla adaptoreilla, kuin DVO802:n tapauksessa) kaapelimodeemijärjestelmän ylävirtakaapeli.



Kuva 13 HFC-verkon kytkennät

Näiden kytkentöjen jälkeen verkon piti toimia. Tarkistin kaapelimodeemin tilanteen eikä se päässyt online-tilaan. Tämän myötä avasin USB-yhteyden Commanderilla AC6952-transponderiin AC800 G -solmussa ja näin, että laitteen optinen vastaanotin hälytti liian matalaa voimakkuutta. Syyksi paljastui, että olin kytkenyt valokuitukaapelit väärin kohtiin FWDM-filtterissä, ja kun muutin järjestystä, varoitus hävisi. Tarkistin kaapelimodeemin tilanteen uudelleen, ja vieläkin se ei päässyt online-tilaan. Nyt tosin siinä jo paloivat ylävirta- ja alavirta toiminnan LED-valot, joten vika oli muualla. Katsoin kaapelimodeemijärjestelmältä, mihin vaiheeseen kaapelimodeemi jää jumiin ja tilan nimeksi paljastui *init(rc)*. Tarkistin termin merkityksen Ciscon-sivuilta, ja tämä tila johtui siitä, että ylävirta-signaalin teho voi olla riittämätön. Palasin tämän jälkeen kaapelimodeemijärjestelmän

käyttöliittymään ja lisäsin ylävirran tehoa 3 dBm (11dBm -> 14dBm). Tämän myötä kaapelimodeemi tuli online-tilaan. AC6952 valitti vieläkin liian suuresta tehosta (kuitukelan puuttumisen huomasi), mutta tämä ei estänyt kaapelimodeemin toimintaa.

7 Yhteenveto

Kaapelimodeemijärjestelmien ja HFC-verkkojen käyttö lisääntyy jatkuvasti internetin käytön kasvun myötä, ja näin itse aihe oli minulle hyvin hyödyllinen. Aiheessa oli paljon teoriaa, koska piti paneutua sekä kaapelimodeemijärjestelmän toimintaan että HFC-verkon toimintaperiaatteisiin. Tiedonkeruuta vaikeutti lisäksi se, että oikeastaan ainoastaan operaattorit työskentelevät kaapelimodeemijärjestelmien ja HFC-verkkojen parissa, ja näin internetistä saatavan tiedon määrä oli hyvin rajallinen.

Työn kulkua vaikeuttivat monenlaiset ongelmat. Yhdessä vaiheessa jouduin odottamaan noin 4 kk, että saimme tarvittavat valokuitukaapelit toimittajalta, ja lisäksi kuitukelan ja tämän jälkeen kuituhitsauslaitteen hajoamiset suuresti viivästyttivät työtä. Käytännön ongelmista ratkoin virtuaalipalvelimen toimimattomuutta kuukausia, ja lopulta siis päädyin toteuttamaan sen hoitamat tehtävät toisella tapaa.

Loppujen lopuksi kuitenkin koen, että sain paljon uutta hyödyllistä tietoa työn myötä. Tulivat tämän laitteen kanssa toimijat koululla voisivat paneutua HFC-verkon lisälaajenukseen sekä selvittää virtuaalipalvelimen toimimattomuuden syyn.

Lähteet

Differences between DOCSIS and EuroDOCSIS. 2014. Verkkodokumentti. Excentis. <<https://www.excentis.com/blog/differences-between-us-docsis-and-eurodocsis-and-will-docsis-31-eliminate-them>> Päivitetty 27.10.2017. Luettu 5.10.2017.

Mediacom Launches DOCSIS 3.1 Gigabit in AL, TN. 2017. Verkkodokumentti. BTR. <<http://www.btreport.net/articles/2017/02/mediacom-launches-docsis-3-1-gigabit-in-al-tn.html>> Päivitetty 15.2.2017. Luettu 25.5.2017.

Excentis – Fast Forward Knowledge dokumentti. 2006.

Telesten-laitedokumentaatiot. 2017.

Cisco URB10K MANUAL. 2009.

COMCAST rolls out DOCSIS 3.1 Gigabit internet for business customers in multiple markets. 2017. Verkkodokumentti. Comcast <<http://corporate.comcast.com/news-information/news-feed/comcast-rolls-out-docsis-3-1-based-gigabit-internet-service-for-business-customers-in-multiple-markets>>. Päivitetty 27.1.2017. Luettu 24.4.2017.

Nokia ylsi 10 gigabittiin kaapelissa – symmetrisesti. 2016. Verkkodokumentti. etn. <http://etn.fi/index.php?option=com_content&view=article&id=4436:nokia-ylsi-10-gigabittiin-kaapelissa-symmetrisesti&catid=13&Itemid=101> Luettu 20.7.2017.

Understanding show cable modem Command. 2004. Verkkodokumentti.Cisco.<
<https://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/broadband-cable/data-over-cable-service-interface-specifications-docsis/12685-sh-cable-modem-state.html>>. Luettu 15.11.2017.

Hybridfibre-coaxial. 2004. Verkkodokumentti. Wikipedia
<https://en.wikipedia.org/wiki/Hybrid_fibre-coaxial>.Päivitetty 20.10.2017. Luettu
15.5.2017.

Cable modem termination system. 2004. Verkkodokumentti. Wikipedia.
<https://en.wikipedia.org/wiki/Cable_modem_termination_system> .Luettu 2.3.2017.