



Teemu Vierimaa

LAAJAKAISTAKESKITINALUEIDEN OPTIMOINTI

LAAJAKAISTAKESKITINALUEIDEN OPTIMOINTI

Teemu Vierimaa
Opinnäytetyö
Kevät 2013
Tietotekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu
Tietotekniikan koulutusohjelma, langattomat laitteet

Tekijä: Teemu Vierimaa

Opinnäytetyön nimi: Laajakaistakeskitinalueiden optimointi

Työn ohjaaja(t): Riitta Rontu, OAMK; Mikko Rahko, DNA Oy

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2013

Sivumäärä: 45

Vaikka muut laajakaistatekniikat ovat yleistymässä kovaa vauhtia, myös kupari-kaapelilla toteutettujen DSL-yhteyksien toimintavarmuutta on tärkeää ylläpitää ja kehittää. Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli optimoida kuluttaja-asiakkaiden DSL-yhteydet. Työssä tutkittiin kahdeksaa laajakaistakeskitinaluetta Oulun alueella. Työn toimeksiantajana toimi DNA Oy.

Tässä työssä laajakaistakeskitinalueesta käytetään yleisesti nimitystä palvelu-alue. Työssä läpikäytyjen palvelualueiden tutkimiseen käytettiin DNA Oy:n järjestelmiä. Yhteyksien tutkimiseen käytettiin Tigersweb-järjestelmää, asiakkaiden yhteyksien tutkimiseen TTMi-järjestelmää ja laitteiden tutkimiseen Collector-järjestelmää.

Työn tuloksena optimoitujen yhteyksien etäisyyksiä saatiin lyhennettyä keskimäärin 1,4 kilometriä riippuen hieman palvelualueesta. Työssä tehdyt optimoinnit ovat tärkeitä niin DNA Oy:lle kuin kuluttaja-asiakkaille. Optimoinnilla saatiin lyhennettyä kuluttaja-asiakkaiden yhteyksien etäisyyksiä DSLAM-laitteille, ja sitä kautta saatiin palvelualueet pienemmiksi. Tämän seurauksena saatiin vähennettyä tiedonsiirtoon vaikuttavia häiriötekijöitä. Optimoitujen laajakaistayhteyksien kautta pystytään tarjoamaan kuluttaja-asiakkaille varmempia ja häiriötömpämpiä yhteyksiä. Täten myös operaattori säästyy korjauksista johtuvilta kustannuksilta. Pienemmät palvelualueet siis takaavat toimivammat yhteydet, joten palvelualueiden lisääminen myös tulevaisuudessa on kannattavaa.

Asiasanat: Laajakaista, optimointi, xDSL, DSLAM

Isälleni

(12.4.1958-16.10.2012)

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	7
2 LAAJAKAISTATEKNIIKAT	8
3 XDSL-TEKNIIKAT	10
3.1 DSLAM	12
3.2 DSL-sovellukset	13
3.3 Tiedonsiirto	13
3.4 ADSL	15
3.5 VDSL	16
3.6 VDSL2	17
3.7 LRE	19
3.8 DSL-järjestelmien häiriöt	19
3.8.1 Ylikuuluminen	20
3.8.2 Radiotaajuiset häiriöt	21
3.8.3 Kohina	21
4 KAAPELIT	23
4.1 Lähiverkon kaapelit	24
4.2 Syöttökaapelit	24
5 VERKKOTOPOLOGIAT	27
5.1 Tähtitopologia	27
5.2 Väylätopologia	28
5.3 Rengastopologia	29
6 OPTIMOINTI	30
6.1 Optimoinnin vaikutukset	30
6.2 Järjestelmät	30
6.3 Työn suoritus	32
6.4 Palvelualueet	33
6.4.1 Palvelualue 1	34
6.4.2 Palvelualue 2	35
6.4.3 Palvelualue 3	35

6.4.4 Palvelualue 4	37
6.4.5 Palvelualue 5	39
6.4.6 Palvelualue 6	40
6.4.7 Palvelualue 7	41
6.4.8 Palvelualue 8	42
7 POHDINTA	43
LÄHTEET	45

1 JOHDANTO

Suomessa on lähes neljä miljoonaa laajakaistaliittymää, joista yli miljoona on kuparikaapelia eli jo olemassa olevaa puhelinlinjaa tiedon siirtoon käyttävää DSL (Digital Subscriber Line) -liittymää. (1.) DSL-yhteys koostuu yksinkertaisimmillaan asiakkaan päässä olevasta DSL-modeemista sekä keskuksessa olevasta DSLAM:stä (DSL Access Multiplexer). Näiden välissä on yleensä myös jakamoita. Toimintaetäisyydet asiakkaan ja keskuksen välillä eri DSL-yhteyksillä ovat muutamia kilometrejä.

Yhteyksien nopeuden tarve on kasvanut viime vuosina, kun tieto ja palvelut ovat siirtyneet verkkoon. DSL-liittymiä kehitetäänkin jatkuvasti palvelemaan yhä suuremmilla siirtonopeuksilla. Alkuperäisen HDSL (High-bit-rate Digital Subscriber Line) -tekniikan korvasi ensin nopeampi ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) -tekniikka. Tällä hetkellä nopeimman tiedonsiirron kupariverkossa tarjoaa VDSL2 (Very-high-bit-rate Digital Subscriber Line) -tekniikka ja sen profiilit. Haittapuolena tiedon siirtonopeuden kasvussa on samanaikaisesti lyhenevä toimintaetäisyys.

Monet häiriötekijät voivat heikentää DSL-yhteyksien toimintaa. Keskeisimpiä yhteyksien hidastumista ja pätkimistä aiheuttavia häiriötekijöitä ovat ylikuuluminen, impulssihäiriöt, radiotaajuiset häiriöt ja kohina. Kaikki nämä tekijät vaikuttavat yhteyden ulottuvuuteen. Signaali myös vaimenee ja vääristyy pitkällä siirtomatkalla. Yhteyksien etäisyyksien optimointi onkin tärkeää häiriöttä toimivan laajakaistaverkon tarjoamisessa.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on optimoida kaikkien DNA Oy:n tarjoamien DSL-laajakaistayhteyksien etäisyydet kuluttaja-asiakkaille Oulun alueella kahdeksan palvelualueen sisällä. Työn käytännön osuus tehtiin DNA Oy:n Oulun toimitiloissa. Lisäksi kirjallisessa työssä käsitellään perusteita laajakaistayhteyksistä, tekniikoista sekä niiden häiriötekijöistä ja häiriöiden minimoinnista. Optimoinnin vaikutuksia pohdittiin vaimentumisen kannalta.

2 LAAJAKAISTATEKNIIKAT

Laajakaistayhteys on nopeaa ja suurta tiedonsiirtokapasiteettia käyttävä tietoliikenneyhteys. Laajakaista voi olla joko kiinteä tai langaton. Molemmilla on omat hyvät ja huonot puolensa. Kiinteät yhteydet ovat yleisesti ottaen varmempia ja niillä päästään suurempiin tiedonsiirtonopeuksiin. Kiinteät yhteydet ovat tosin keskimäärin hieman langattomia kalliimpia. Langattoman yhteyden nopeudet vaihtelevat aika paljon suurempien viiveiden takia. Tosin uusimmissa langattomissa laajakaistatekniikoissa viiveetkin ovat jo lähes kiinteän laajakaistan tasolla. (2.)

Yleisimmät langattomat laajakaistatekniikat ovat mobiililaajakaistatekniikat 3G, LTE (Long Term Evolution) ja 4G. Kiinteä laajakaista voidaan toteuttaa mm. valokuidulla, xDSL-tekniikalla tai kaapelimodeemiyhteydellä. Muita laajakaistayhteyksiä ovat esimerkiksi WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) ja PLC (Power Line Communication). Tässä opinnäytetyössä keskitytään pääosin kiinteään laajakaistaan ja tarkemmin ottaen xDSL-yhteyksiin. Taulukossa 1 on esiteltynä laajakaistaliittymien käyttäjakauma viime vuosilta. Taulukosta voidaan todeta, että xDSL-yhteyksien määrä on hienoisessa laskussa. Mobiililaajakaistat ja muut laajakaistat kuituoptiikan myötä ovat yleistymässä.

TAULUKKO 1. Laajakaistaliittymien käyttäjakauma (1)

Vuosi	DSL-liittymät, kpl	Kaapeli-modeemiliittymät, kpl	Mobiililaajakaistat, kpl	Muut laajakaistat, kpl	Yhteensä
2007	1 270 500	209 600	143 100	137 000	1 760 200
2008	1 231 300	214 800	479 700	170 800	2 096 600
2009	1 185 900	222 700	908 000	157 000	2 473 600
2010	1 112 700	240 600	1 636 300	206 100	3 195 700
2011	1 125 400	263 600	1 989 500	217 000	3 595 500
2012	1 097 700	276 100	2 153 500	240 800	3 768 100

Laajakaistayhteyden maksiminopeuteen vaikuttavat monet tekijät. Siirtonopeuteen vaikuttavat luonnollisesti sekä käytetty siirtotekniikka että siirtotie. Kiinteässä verkossa nopeuteen vaikuttaa paljon myös käyttäjän etäisyys keskittimestä

signaalin vaimenemisen vuoksi. Langattomassa verkossa sekä etäisyys tukiasemasta että erilaiset esteet vaikuttavat siirtonopeuteen. Käyttäjän sijainti vaikuttaa langattomassa verkossa nopeuteen. Myös mahdolliset ruuhka-ajat verkossa hidastavat yhteyksiä. (2.)

Tietoliikenneyhteyksien kaapelointia suunniteltaessa tulee ottaa huomioon tiedon siirtonopeus johtimessa. Johtimessa kuljetettavat taajuudet kasvavat siirtonopeuden myötä, joten johtimen pitää kuljettaa halutut taajuudet tietyllä matkalla siten, että vastaanottaja pystyy sen tunnistamaan. Osapuolten välisistä etäisyyksistä voi aiheutua signaalin vaimenemista sekä vääristymistä. Kaapelin pituutta rajoittaa myös etenemisviive. Hinta ja ympäristö vaikuttavat myös kaapelointivalintaan. Erilaisilla kaapelointivaihtoehdoilla saadaan vaimennettua häiriötä. (3, s. 41–42.)

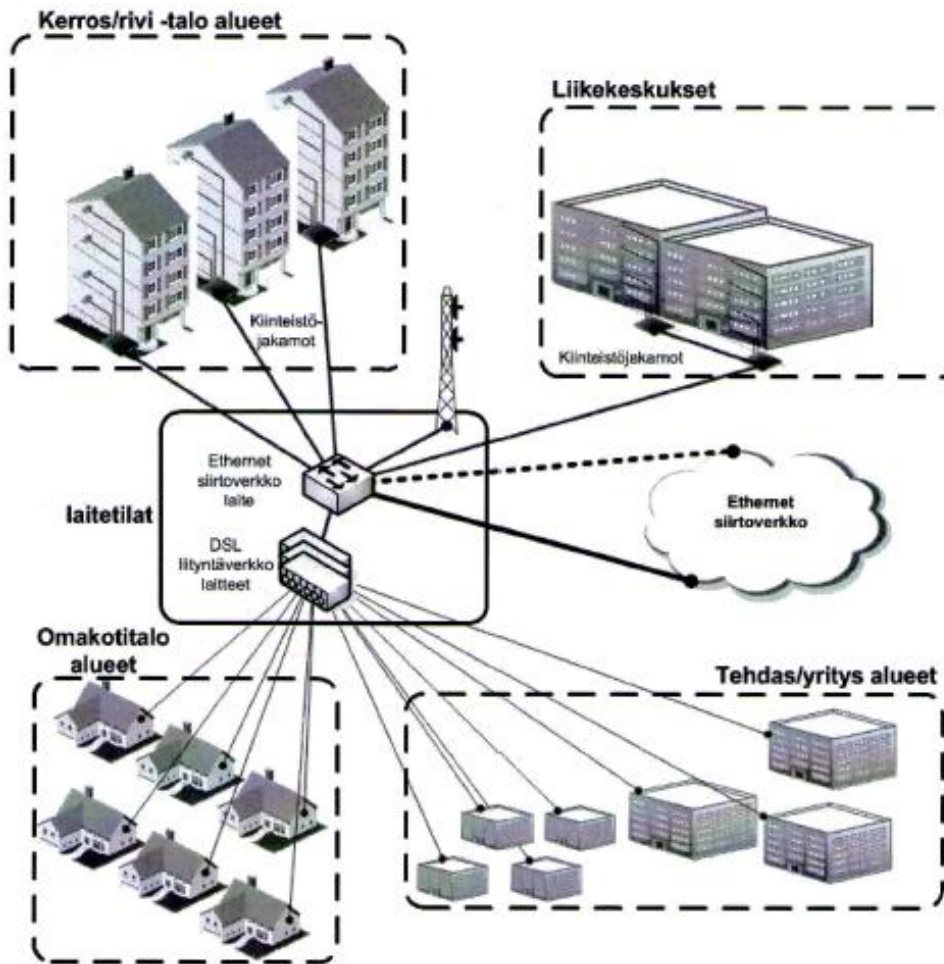
Koska internetissä tarjottavien palveluiden määrä on kasvanut todella paljon viimeisten vuosien aikana, tarvitaan yhä nopeampia laajakaistaisia yhteyksiä. Laajakaistan vähimmäisnopeutena kansainvälisesti pidetään 256 kBit/s. Suomessa yleisin laajakaistaliittymien yhteysnopeus on 10 MBit/s (4).

Yleispalveluvollisen teleyrityksen on tarjottava kiinteä tai langaton laajakaistayhteys kohtuullisella hinnalla vakinaiisiin asuntoihin sekä yritysten toimipaikoihin. 1 MBit/s:n laajakaistayhteys on määritelty yleispalveluksi. Liikenne- ja viestintäministeriön tavoitteena on edistää nopeiden tietoliikenneyhteyksien tarjontaa kaikille kotitalouksille ja yrityksille. Ministeriön vetämän Laajakaista kaikille 2015 -hankkeen tavoitteena on, että lähes kaikki vakinaiset asunnot ja yritysten toimipaikat ovat enintään 2 km:n etäisyydellä 100 MBit/s mahdollistavasta valokuitu- tai kaapeliverkosta. (4.)

3 XDSL-TEKNIIKAT

Digital Subscriber Line (xDSL) eli digitaalinen tilaajayhteys käyttää tiedonsiirtoon kuparikaapelia. xDSL-tekniikat hyödyntävät siis jo olemassa olevia puhelinlinjoja. xDSL-yhteys koostuu asiakkaan päässä olevasta DSL-modeemista sekä keskuksessa olevasta DSLAM:stä (DSL Access Multiplexer). ADSL-arkkitehtuurissa DSLAM:n yhteydessä käytetään yleensä nimitystä ATU-C eli laite, joka sijaitsee palvelun tarjoajan tai verkko-operaattorin päässä. Päätelaitteesta, esimerkiksi DSL-modeemi, käytetään nimitystä ATU-R eli käyttäjän päässä oleva laite, joka liittää käyttäjän päätelaitteen DSL-yhteydelle. (5, s. 193.)

Yleisesti xDSL-tekniikoissa yhteys tulee valokuitua pitkin puhelinkeskukseen tai puhelinjakamoon ja niistä eteenpäin signaalin kuljetetaan olemassa olevaa kuparikaapelia pitkin käyttäjän päätelaitteelle eli DSL-modeemille. DSL-tekniikassa käytetään runkoverkossa tiedonsiirtotapana Ethernet-tekniikkaa. Myös ATM (Asynchronous Transfer Mode) -tekniikkaa voidaan käyttää Ethernetin sisällä. Kuvassa 1 on esitelty esimerkki DSL-liityntäverkon toteutusmahdollisuudesta. Kuvassa on listattuna myös kehotukset käytetyistä menetelmistä eri etäisyyksillä.



	←	→	→
Toteutus	Kupariipari ADSL2+ Kupariipari VDSL2	SM-kuitupari 1000BASE-LX SM-kuitu 1000BASE-BX 2x SM-kuitu 1000BASE-BX	SM-kuitupari 1000BASE-X SM-kuitupari 10GBASE-X
Keskuspäänlaite	DSL liityntäverkkolaite	Ethernet siirtoverkkolaite	Ethernet siirtoverkkolaite
Etäpäänlaite	Asiakaspäätte laite	DSL liityntäverkkolaite	Ethernet siirtoverkkolaite
Toimintaetäisyys	≤ 7 tai ≤ 1 km	≤ 10 km	≤ 120 km
Nopeus	≤ 24 tai ≤ 100 Mbps	1 tai 2 Gbps	1 tai 10 Gbps

KUVA 1. DSL-liityntäverkko (6)

Tekniikat voivat olla joko symmetrisiä tai asymmetrisiä. Asymmetrisuus tarkoittaa sitä, että tiedonsiirto on nopeampaa verkosta käyttäjälle kuin käyttäjältä verkkoon päin. Symmetrisessä yhteydessä taas nopeus on sama molempiin suuntiin. (7, hakusana dsl). Jotta saavutettaisiin suurempia tiedonsiirtonopeuksia, tekniikoita täytyy koko ajan parantaa ja niissä tulee käyttää tehokkaampia modulaatiomenetelmiä.

Taulukossa 2 on vertailtu tämän hetken käytetyimpiä xDSL-tekniikoita. Nykyään tosin kuluttajille tarjotaan käytännössä ainoastaan ADSL2+- ja VDSL2-

tekniikoita. Yrityksille on tarjolla symmetrisiä SHDSL (Single-pair High-speed Digital Subscriber Line) -tekniikalla toteutettuja yhteyksiä, jotka ovat suhteellisen pitkän etäisyytensä ansiosta hyvin yrityksille soveltuvia. Taulukon nopeudet ovat maksiminopeuksia ja todellisuudessa niihin vaikuttavat taajuus, toiminta-etäisyys ja kaapelin laatu. Esimerkiksi VDSL2:lla ei pystytä siirtämään dataa 250 Mbit/s nopeudella, kun toimintaetäisyys on 1,5 km.

TAULUKKO 2. xDSL-tekniikoita (7, hakusana xdsl.)

Lyhenne	Nopeus DL/UL (Mbit/s)	Symmetria	Toiminta-etäisyys (km)
ADSL	8,0/1,0	Asymmetrinen	6,0
ADSL2	12/8,0	Asymmetrinen	5,0
ADSL2+	24/3,5	Asymmetrinen	5,0
VDSL	52/30	Symmetrinen/ Asymmetrinen	1,5
VDSL2	250/250	Symmetrinen	1,5
SHDSL	11,4/11,4	Symmetrinen	6,0

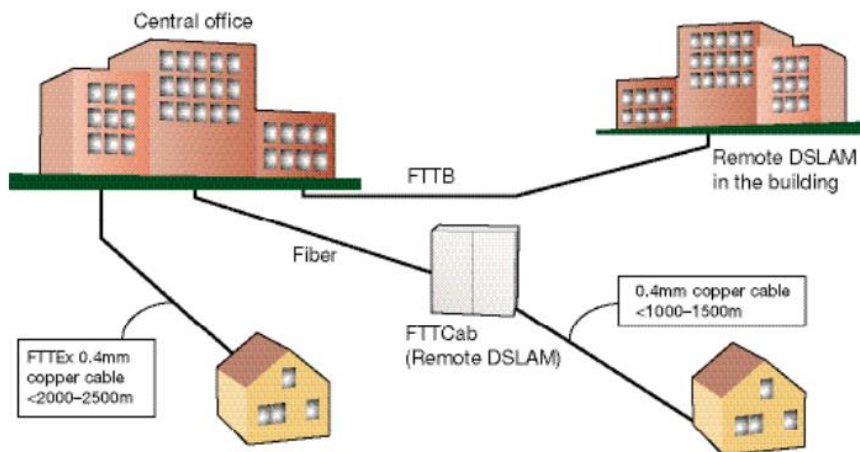
3.1 DSLAM

Verkon olennaisin laite tämän optimointityön kannalta on DSLAM eli DSL-keskitin. Se erottaa tilaajaliitynnän puheliikenteen dataliikenteestä. Puheliikenne ohjataan edelleen puhelinkeskukseen ja dataliikenne operaattorin runkoverkkoon. (7, hakusana DSLAM.) Keskittimeen voidaan kytkeä keskittimen mallista riippuen esimerkiksi 12 käyttäjää moduulipaikkaa kohden. Moduulipaikkojen määrä riippuu myös laitteesta. Tässä opinnäytetyössä tutkittujen palvelualueiden laiteasemissa on joko EDA- tai Huawei DSLAM-laite. EDA-laitteet ovat Ericssonin valmistamia DSL-keskittimiä ja niihin voi kytkeä 12 käyttäjää yhtä moduulipaikkaa kohden. Moduulipaikkoja on yhdeksän. Huawei DSLAM:ään voi kytkeä 24 tai 48 käyttäjää yhteen korttipaikkaan.

DSL-keskittimen eli DSLAM:n avulla operaattoriverkkoon voidaan luoda palvelualueita. Kaikki palvelualueen kupariyhteydet tuodaan DSLAM:lle ja sen kautta operaattorin runkoverkkoon valokuidulla. DSL-keskitintä voidaan siis pitää tavallaan xDSL-verkon tukiasemana.

3.2 DSL-sovellukset

Kuvassa 2 on esitelty DSL-tekniikan sovellukset. FTTB (Fibre To The Building) tarkoittaa sovellusta, jossa yhteys tuodaan valokuidulla esimerkiksi kiinteistön kellarissa sijaitsevaan DSLAM:ään ja jatketaan sieltä VDSL2-tekniikalla tai Ethernet-yhteydellä asuntoihin. FTTCab (Fibre To The Cabinet) on sovellus, jossa yhteys tulee kuidulla asiakasta lähempänä olevaan jakamoon ja siitä edelleen DSL-tekniikalla asiakkaalle. FTTEx (Fibre To The Exchange) -sovelluksessa DSL-yhteys tulee suoraan puhelinkeskuksesta. Näiden lisäksi käytössä on myös FTTH (Fibre To The Home), jossa valokuituyhteys tuodaan suoraan asiakkaan kotiin. Yhteys yhdistetään asiakkaan päätelaitteella sisäverkkoon. (7, hakusana ftx.)



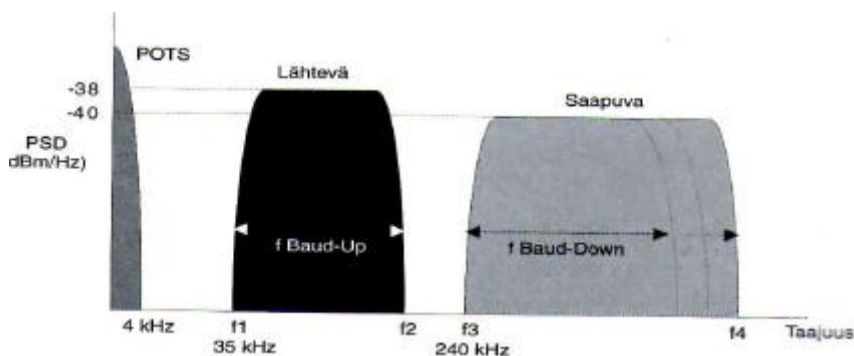
KUVA 2. DSL-sovellukset (8)

3.3 Tiedonsiirto

DSL-järjestelmien tärkeimpiä ominaisuuksia ovat siis tiedonsiirto- ja modulointitekniikat. Niiden avulla suojaudutaan yhteyksien häiriöiltä ja ylikuulumiselta sekä parannetaan tekniikoiden suorituskykyä. Käytetyimmät tiedonsiirtotekniikat ovat CAP (Carrierless Amplitude Phase) ja DMT (Discrete Multi-Tone). Molemmat ovat taajuustekniikoita. Molemmat käyttävät modeemien perusmodulointitekniikkaa QAM (Quadrature Amplitude Modulation), joka yhdistää vaihe- ja taajuusmodulaation. (9, s. 33.)

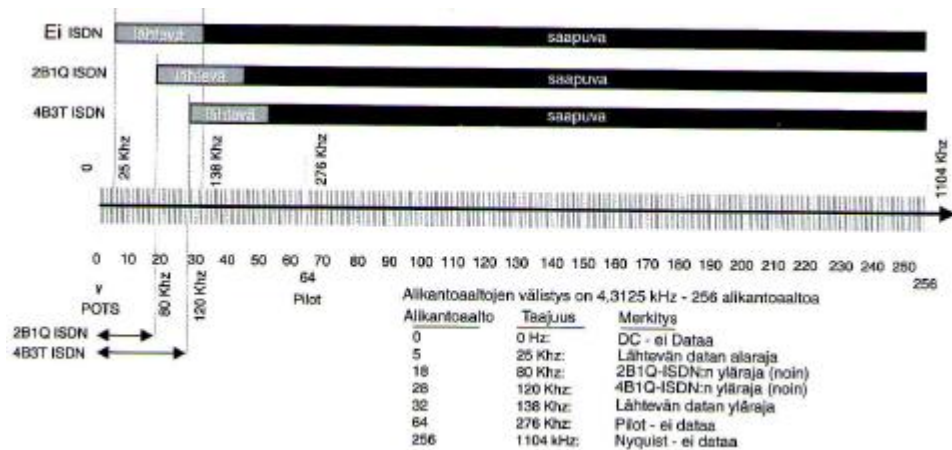
CAP on tekniikoista halvempi, mutta sitä ei ole standardisoitu. DMT on ANSI:n, ETSI:n ja ITU:n standardi, joten se on yhteensopiva eri valmistajien sovellusten kanssa. DMT on monimutkaisempi tekniikka, mutta se on myös luotettavampi ja sillä on parempi tiedonsiirtokapasiteetti ja häiriönsieto. DMT on nykyään yleisemmin käytössä oleva tiedonsiirtotekniikka. DMT:stä voidaan käyttää myös nimitystä OFDM (Orthogonal frequency-division multiplexing).

CAP-tekniikassa on varattu oma kanava saapuvalla ja lähtevällä liikenteelle. CAP-tekniikan kanssa voidaan käyttää samanaikaisesti esimerkiksi puhelinta ilman erillistä suodatinta. Kuvassa 3 on kuvattu CAP-tekniikan kaistan käyttöä. CAP siis jakaa taajuusalueen kahdeksi kantaalloksi. Lähtevä kantaalto on välillä f_1 ja f_2 ja saapuva kantaalto on välillä f_3 ja f_4 . (9, s. 34.)



KUVA 3. CAP-tekniikan taajuudet (9, s. 34)

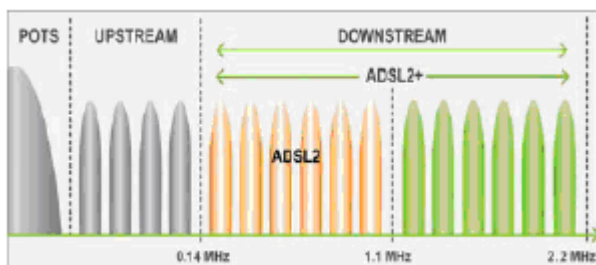
DMT-tekniikassa siirtokaista on jaettu 256 kanavaan ja jokaisen kanavan kaista on 4,3 kHz leveä. Kuvassa 4 on esitelty DMT-tekniikan taajuudet. Yhdellä kanavalla voidaan siirtää 0–15 bittiä symbolijaksoa kohden. DMT jakaa kaistan alikaistoihin ja itse modulointi tehdään QAM2–QAM256 -menetelmällä riippuen alikanavan kantaaltojen signaalikohinasuhteesta. Bittivirhesuhdetta voidaan parantaa Trellis-koodauksella, jossa lähtevästä datasta muodostetaan konvoluutiokoodauksen avulla bittijono, jossa peräkkäisten bittien välillä on riippuvuus. (9, s. 39.)



KUVA 4. DMT-tekniikan taajuudet (9, s. 39)

3.4 ADSL

ADSL on asymmetrinen tekniikka. Alun perin ADSL kehitettiin HDSL-tekniikan korvaajaksi. ADSL-tekniikalla rakennetut verkot ovat yksinkertaisia ja niillä saavutettu datansiirtonopeus oli yliverstaista aiempiin tekniikoihin verrattuna, joten se nousi nopeasti suosituimmaksi liityntäteknikaksi. ADSL:ssä tiedonsiirtoon käytetään DMT-tekniikkaa sekä jossain määrin CAP:tä. Kuvassa 5 on ADSL:n taajuusalueet. ADSL:ssä taajuusalue on jaettu kahteen osaan, jossa vastasuunnalla (upstream) ja myötäsunnalla (downstream) on omat taajuusalueet. ADSL2:ssa myötäsunnan taajuusalue on 0,14 MHz – 1,1 MHz, mutta ADSL2+:ssa se on venytetty 2,2 MHz:iin. (7, hakusana adsl.)



KUVA 5. ADSL-taajuudet (7, hakusana adsl2+)

Paranneltujen standardien ja niiden mukana tulleiden tehokkaampien modulaatiomenetelmien myötä ADSL:n nopeuksia on saatu nostettua. Standardit on esitelty taulukossa 3. ADSL2- ja ADSL2+-standardeissa on myös paljon muita pa-

ranneltuja ominaisuuksia, kuten pakollinen Trellis-koodaus sekä nopeampi yhteyden muodostus. (10, s. 1–8.)

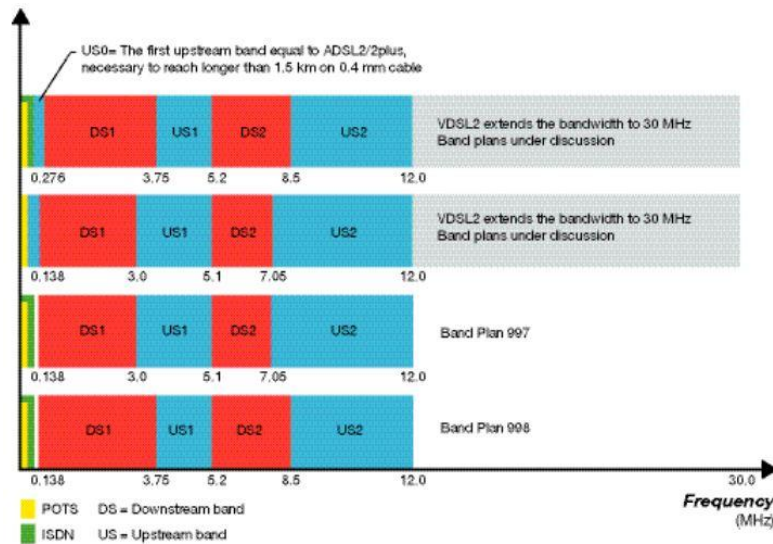
TAULUKKO 3. ADSL-standardit (7, hakusana adsl)

Nimi	Standardi	Tuleva nopeus	Lähtevä nopeus
ADSL	ANSI T1.413-1998 Issue 2	8 Mbit/s	1,0 Mbit/s
ADSL (G.DMT)	ITU G992.1	8 Mbit/s	1,0 Mbit/s
ADSL Over POTS	ITU G992.1 Annex A	8 Mbit/s	1,0 Mbit/s
ADSL Over ISDN	ITU G992.1 Annex B	8 Mbit/s	1,0 Mbit/s
ADSL Lite (G.Lite)	ITU G992.2	1,5 Mbit/s	8 Mbit/s
ADSL2	ITU G992.3	12 Mbit/s	8 Mbit/s
ADSL2	ITU G992.3 Annex J/M	12 Mbit/s	3,5 Mbit/s
RE-ADSL2	ITU G992.3 Annex L	5 Mbit/s	0,8 Mbit/s
spitterless ADSL2	ITU G992.4	1,5 Mbit/s	0,5 Mbit/s
ADSL2+	ITU G992.5	24 Mbit/s	1,0 Mbit/s
ADSL2+M	ITU G992.5 Annex M	24 Mbit/s	3,5 Mbit/s

3.5 VDSL

VDSL:ssä tiedonsiirto on käytössä olevista DSL-tekniikoista nopein. VDSL käyttää asymmetristä tai symmetristä tiedonsiirtotapaa ja sillä saavutetut tiedonsiirtonopeudet voivat olla jopa kuusinkertaiset ADSL:ään verrattuna. Nopeudet käyttäjän suuntaan ovat 10–52 Mbit/s. VDSL-tekniikan toimintaetäisyys on maksimissaan 1500 metriä, jonka vuoksi pystytään käyttämään suurempia signaalitaajuuksia ja täten myös päästään suurempiin siirtonopeuksiin. Vanhojen kaapeleiden vaihtelevan kunnan vuoksi etäisyydet ovat todellisuudessa lyhyempiä. VDSL käyttää tiedonsiirtoon pääosin DMT-tekniikkaa ja jossain määrin CAP:tä. (7, hakusana vdsl.)

ADSL-tekniikassa taajuusalueet on siis jaettu siten, että vastasuunnalle on yksi alue ja myötäsuunnalle yksi alue. VDSL:ssä taas taajuusalue on jaettu siten, että sillä on monia alueita niin myötä- kuin vastasuuntaiselle liikenteelle. Täten järjestelmä on taajuusalueensa puolesta joustavampi. VDSL2:n taajuusalueet on määritelty ITU-T:n G993.2-standardissa. Viestintäviraston määritysten mukaan Suomessa käytettävät taajuusalueet ovat 998ADE-taajuusjaon mukaiset. (11.) VDSL-taajuudet on esitelty kuvassa 6. VDSL1 taajuusalue ulottuu 12 MHz:iin ja VDSL2 pystytään laajentamaan 30 MHz:iin.



KUVA 6. VDSL-taajuudet (12, s. 4)

VDSL:ssä on dupleksointitekniikkana käytössä FDD (Frequency Division Duplex). FDD on taajuusjakoinen dupleksointitekniikka. Käytössä on aiemmin ollut myös TDD (Time Division Duplex) eli aikajakoinen dupleksointitekniikka.

Korkean taajuutensa vuoksi VDSL on herkkä häiriöille, joten ylimääräisiä jatkoksia tulisi olla mahdollisimman vähän ja kaapelin maadoitusten on oltava hyvät. Myös VDSL-signaali itsessään aiheuttaa ympäristöönsä häiriötä. Siirtoon liittyviä rajoituksia on lyhyellä yhteydellä yleensä vähemmän. Maksiminopeuksiin vaikuttavat siis muun muassa kaapelin pituus, kaapelityyppi sekä ulkopuoliset häiriöt.

3.6 VDSL2

VDSL1-tekniikkaa voidaan pitää hieman puutteellisena, koska sitä kehitettiin samaan aikaan ADSL+- ja ADSL2-tekniikoiden kanssa. VDSL2 taas on kehitetty näiden tekniikoiden päälle, joten siinä on monia paranneltuja ominaisuuksia. Taulukossa 4 esiteltujen erojen lisäksi VDSL2:ssa on myös muita etuja VDSL1:een verrattuna, kuten parannettu yhteydenmuodostus ja parannettu kehysrakenne. Paranneltuja ominaisuuksia ovat myös aikajakoinen taajuuskorjain sekä laajemmat profiilit. (12, s. 3–9.)

TAULUKKO 4. VDSL-tekniikoiden erot (12, s. 3–9)

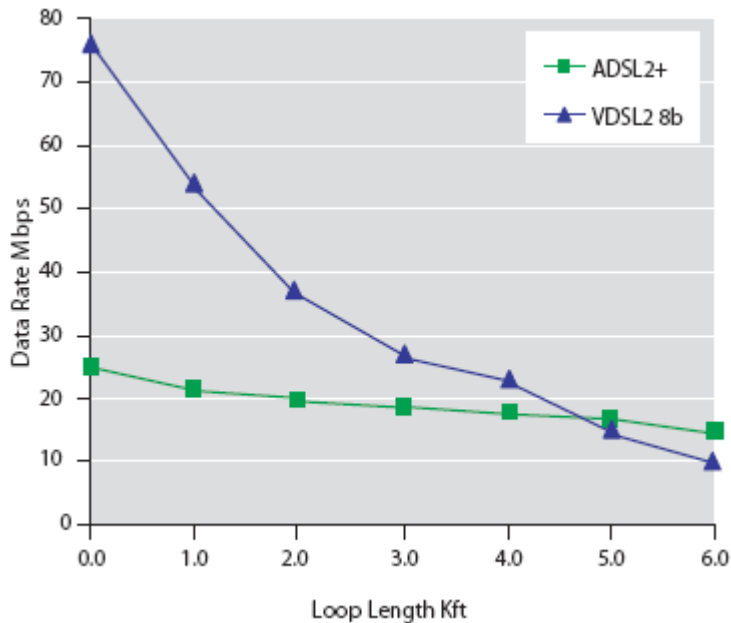
Feature	VDSL1	VDSL2	VDSL2 Benefit
Bandwidth	12MHz	30MHz	Enables 100MBit/s applications with maximum reach
Trellis/Viterbi Coding	n.a.	Mandatory	Higher Rate/Reach Performance
LR-VDSL	optional	Mandatory	Built-in options for ADSL2 like long-reach performance
Echo Cancellation	n.a.	Yes	ADSL-like long reach
ADSL backwards compatibility	n.a.	Yes	Enables smooth network transition towards VDSL2
Downstream line-power	14.5dBm	20dBm	Maximum performance with co-located ADSL / same binder, ADSL/2/2+ compliance
Interleaving	Triangular Convolutional	General Convolutional	Precise and seamless selection of Impulse-noise protection
EOC, Management	Register based EOC	Message based	Powerful far-end management, unified OAM model like ADSL2
On-Line Reconfiguration	n.a.	SRA, DRR	Most efficient spectrum usage, based on application needs
Diagnostic Mode	n.a.	Yes	Troubleshooting for large scale deployments as in ADSL2

VDSL2-järjestelmän profiilit helpottavat sen käyttöä erilaisissa käyttötarkoituksissa ja ympäristöissä. VDSL2-profiilit on esitelty taulukossa 5. Profiilit 8a–8b ja 12a–12b soveltuvat FTTEx-sovelluksiin, 17a soveltuu FTTCab-sovelluksiin ja 30a soveltuu FTTB-sovelluksiin. (7, hakusana ftx.)

TAULUKKO 5. VDSL2-profiilit (7, hakusana vdsl2)

Profile	Bandwidth (MHz)	Number of carriers	Carrier bandwidth (kHz)	Power (dBm)	Max. downstream throughput (Mbit/s)
8a	8,832	2048	4,3125	+17.5	50
8b	8,832	2048	4,3125	+20.5	50
8c	8,5	1972	4,3125	+11.5	50
8d	8,832	2048	4,3125	+14.5	50
12a	12	2783	4,3125	+14.5	68
12b	12	2783	4,3125	+14.5	68
17a	17,664	4096	4,3125	+14.5	100
30a	30	3479	8,625	+14.5	200

Kuvassa 7 on vertailtu etäisyyden vaikutusta tiedonsiirtonopeuteen ADSL2+:ssa sekä VDSL2:n 8b-profiilissa. Kuvasta voidaan myös todeta, että etäisyyden vaikutus tiedonsiirtonopeuteen on VDSL2-tekniikassa suurempaa.



KUVA 7. Etäisyyden vaikutus tiedonsiirtonopeuteen (12, s. 9)

3.7 LRE

LRE (Long Reach Ethernet) on Ciscon kehittämä symmetrinen liityntäteknikka, joka vastaa ominaisuuksiltaan VDSL:ää. Tekniikalla saavutetaan 10/10 Mbit/s:n tiedonsiirtonoudet. Tekniikka on poistumassa käytössä, koska Cisco ei valmista enää LRE-laitteita ja tekniikka alkaa olla jo vanhentunutta.

3.8 DSL-järjestelmien häiriöt

DSL-järjestelmien häiriöt voivat aiheuttaa yhteyksien pätkimistä ja hidastumista. Verkon toiminnan optimoimisen kannalta on tärkeää ymmärtää, mitä häiriöitä järjestelmiin voi syntyä ja mistä ne aiheutuvat. Järjestelmän vakaa ja luotettava toiminta nostavat osaltaan tiedonsiirtonopeutta

Keskeisimmät DSL-järjestelmien häiriötekijät ovat ylikuuluminen, radiotaajuiset häiriöt ja kohina. Vaikka kaikkia häiriötekijöitä voidaan ehkäistä ja korjata, aiheuttaa virheenkorjaus aina hieman yhteyden hidastumista. Koska kaikki häiriöt lisääntyvät yhteyden pituuden kasvaessa, yhteyden pituuden optimoiminen on keskeistä häiriötekijöiden vaikutuksen minimoimisessa. Signaali myös vaime-

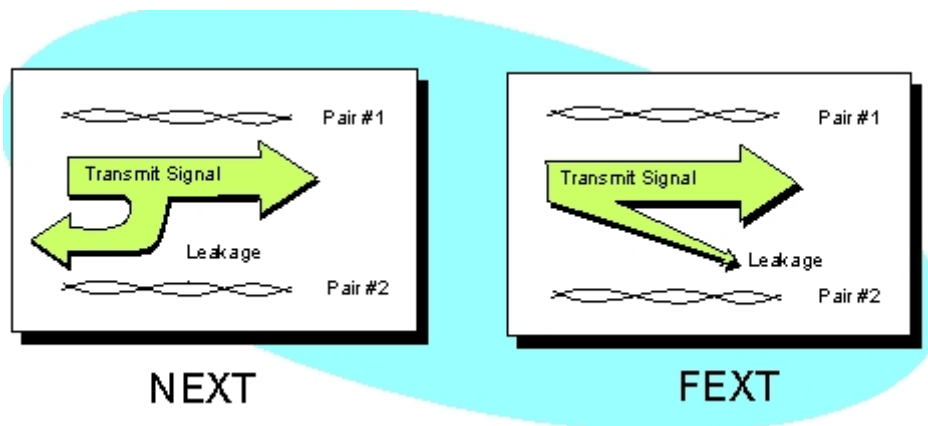
nee siirtomatkan pidetessä. Eri taajuuksien komponentit vaimenevat matkalla eri tavoin, joten pitkällä siirtomatalla vaimeneminen aiheuttaa myös signaalin muodon vääristymistä. Häiriöitä korjataan tilanteesta riippuen eri menetelmillä, kuten Trellis-koodaus, Reed Solomon -koodaus, bittien vaihto, virtuaalinen kohina sekä lomitukset.

3.8.1 Ylikuuluminen

Johdin säteilee signaaliaan ympäristöönsä. Kun sen vaikutusalueella on toinen johdin, syntyy ylikuulumista. Ylikuuluminen on siis yksi keskeisimmistä häiriötekijöistä varsinkin parikierrettyissä kaapeleissa. Ylikuuluminen voi olla induktiivista sekä kapasitiivista. Induktiivista ylikuulumista tapahtuu johtimen joutuessa muuttuvan magneettikentän piiriin. Kapasitiivista ylikuulumista syntyy, kun kahden rinnakkaisen johtimen toisessa johtimessa kulkee vaihtojännite. Tällöin tämä sama signaali kytkeytyy myös toiseen johtimeen, jossa signaali kulkee vastakkaisessa vaiheessa. Kapasitiivisen ylikuulumisen voimakkuus riippuu muun muassa häiritsevän signaalin taajuudesta ja amplitudista, häirityn signaalin johtimen rakenteesta sekä matkasta, jonka johtimet kulkevat rinnakkain. Ylikuulumisongelmia voidaan vähentää erilaisilla kaapelointiratkaisuilla. (3, s. 30.)

Ylikuulumista syntyy myös johdinparien välillä. Vastaanotettavaan signaaliin voi siis kopioitua lähtevän signaalin dataa. Parikaapeliverkossa yleisiä ongelmia ovat lähipään ylikuuluminen NEXT (Near-End Crosstalk) sekä etäpään ylikuuluminen FEXT (Far-End Crosstalk). (kuva 8.) Kaapelista toiseen tapahtuvasta ylikuulumisesta käytetään nimitystä ANEXT (Alien Near-End Crosstalk) ja AFEXT (Alien Far-End Crosstalk). Lähipään ylikuuluminen johtuu siitä, että lähettimen täytyy lähettää riittävällä teholla, jotta signaali näkyy vastaanottajalle. Samalla vastaanottimen täytyy olla tarpeeksi herkkä havaitsemaan tuleva signaali. Kuvassa Pair #1 on pari, jossa kulkee vahvempi lähtevä signaali ja se aiheuttaa häiriötä Pair #2:een, joka on pari, jossa kulkee heikompi tuleva signaali. Lähtevän signaalin muodostaman magneettikenttä siis indusoi häiriötä lähellä kulkevissa johtimissa. Tästä syystä lähetykseen ja vastaanottoon on suositeltavaa käyttää omia parikaapeleita. Lähipään ylikuulumisen vaikutukset

ulottuvat 20 metriin lähettimestä. Etäpäähän ylikuulumista tapahtuu vain silloin, kun lähtevät parit häiritsevät toisiaan. (3, s. 31–32; 9, s. 48.)



KUVA 8. NEXT ja FEXT (13)

3.8.2 Radiotaajuiset häiriöt

Radiotaajuisia häiriöitä (RFI, Radio Frequency Interference) esiintyy lähes jokaisessa liityntäverkon johdinparissa. RFI-häiriöt ovat induktion tai sähkömagneettisen säteilyn aiheuttamia ja hetkelliset vaihtelut ovat niissä tyypillisiä. Taajuudet 1–30 MHz ovat käytössä myös radioamatööri liikenteelle, joten RFI-häiriöt voivat olla suuriakin lähes samaa taajuusaluetta käyttävissä VDSL-järjestelmissä. (7, hakusana RFI.)

3.8.3 Kohina

Kohina on alkuperäiseen signaaliin kuulumaton signaali ja se asettaa rajoituksia varsinkin heikoimmalle signaalille, joka pitäisi olla tunnistettavissa. Kohina siis aiheuttaa omia rajoitteita käytettävälle siirtotielle. Kohina johtuu yleisimmin vastaanottimen omasta kohinasta, ympäristön häiriöistä tai signaalin käsittelytavasta. Kohina voi olla atomien lämpöliikkeestä johtuvaa lämpökohinaa ja digitaalisoinnin yhteydessä syntyvää kvantisointikohinaa. Näiden lisäksi esiintyy myös ulkopuolisista häiriölähteistä johtuvaa purskemaista, digitaalisia yhteyksiä häiritsevää impulssikohinaa.

Etäisyys ja siitä seuraava signaalin vaimeneminen ovat lisäävät kohinan vaikutusta, sillä pitkillä etäisyyksillä kohina voi ylittää signaalin tason, joten kohina

saattaa tuhota yhden tai useamman bitin. Kohina on siis myös etäisyyttä rajoittava tekijä. (3, s. 26.)

4 KAAPELIT

Parikierrettyä kaapelia on käytetty puhelinverkoissa puhelinliittymien ja rakennusten sisäisissä kaapeloinneissa. Parikaapelointi soveltuu sekä puhelinjärjestelmiin että tietoverkkoihin ja eri järjestelmät voidaan erottaa toisistaan keskuksessa sijaitsevassa erillisessä ristikytkennässä. Parikaapelin käytön suosio perustui sen hyviin ominaisuuksiin sekä halpaan hintaan. Ylikuulumista ja ulkoisten häiriöiden kytkeytymistä saadaan vähennettyä signaalijohtimien parien kierteisellä. Käytännössä kierteisyyden avulla voidaan estää ulkoisten häiriöiden kytkeytymistä, eli mitä enemmän kierteisyyttä, sitä vähemmän häiriötä. (3, s. 42.)

Myös signaloinnin ja johtokoodin avulla saadaan parannettua kaapelin häiriönsietokykyä siten, että tieto ilmaistaan parien välisillä jännite-eroilla. Häiriön kytkeytyessä johdinpariin, se näkyy molemmissa pareissa samansuuruisena, joten johtimien välinen jännite-ero ei muutu. Johdinratkaisu toimii, jos kierteisyys säilyy, joten pareja ei saisi purkaa pidemmän kuin 12 mm:n matkalta. Tällä vältytään johtimien aiheuttamalta lähipään ylikuulumiselta. Kaapelin solmulle kiertäminen, voimakas taivuttaminen tai kaapelin joutuminen puristuksiin voivat myös vaikuttaa kaapelin ominaisuuksiin, joten parikaapelin asennus on hoidettava huolellisesti. Tavallisessa johtimessa taas signaali ja sen paluujohdin kulkevat rinnakkain. Se siis toimii periaatteessa antennina, joka säteilee ja vastaanottaa häiriötä. (3, s. 42–46.)

Suojatussa parikaapelissa (STP, Shielded Twisted Pair) johtimen ympärille on punottu kuparinen häiriönsuoja, joka Faradayn häkin tavoin, vähentää johtimen ulkopuolella olevien sähkömagneettisten kenttien pääsyä sisäjohtimiin. STP -kaapeli ei myöskään säteile ulospäin niin paljon. Suojaamaton parikaapeli (UTP, Unshielded Twisted Pair) on halvempi ja yleisempi vaihtoehto. (14, s. 81–83; 15, s. 73.)

Parikaapelijohtimet on jaettu eri cat x -kategorioihin taulukon 6 mukaisesti. Parikaapeleillakin saavutetaan suuria siirtonopeuksia lyhyillä etäisyyksillä. Nykyään käyttökelpoisia ovat cat5–cat7-kaapelit. VMOHBU-kaapelit vastaavat sähköisiltä

ominaisuuksiltaan cat3-kaapeleita. Taulukosta voidaan myös todeta, että taa-juuden kasvaessa myös tiedonsiirtonopeudet kasvavat.

TAULUKKO 6. Parikaapelijohtimien kategoriat (3, s. 43)

Kategoria	Kaistanleveys	Nopeus	Sovellukset ja huomiot
Cat1 ja Cat2	0,4 MHz - 4 MHz	4 Mbit/s	Puhe ja modeemiyhteyksiin sekä vanhempiin päätejärjestelmiin, kuten IBM 3270. Eivät sovellu tämän päivän tietoliikenteeseen
Cat3	16 MHz	16 Mbit/s	10BASE-T ja 100BASE-T4 Ethernet
Cat4	20 MHz	20 Mbit/s	16 Mbit/s Token Ring
Cat5	100 MHz	100 Mbit/s	100BASE-TX & 1000BASE-T Ethernet
Cat5e	100 MHz	100 Mbit/s	Enhanced eli parannettu Cat5 100BASE-TX & 1000BASE-T Ethernet
Cat6	250 MHz	1 Gbit/s	Gigabit Ethernet
Cat6e	500 MHz	1 Gbit/s	Gigabit Ethernet
Cat6a	625 MHz	10 Gbit/s	10GBASE-T Ethernet
Cat7	600 MHz	10 Gbit/s	Ei sovelluksia
Cat7a	1000 MHz	10 Gbit/s	Puhelin, CATV, 1000BASE-T samassa kaapelissa
Cat8	1200 MHz		Kehitteillä

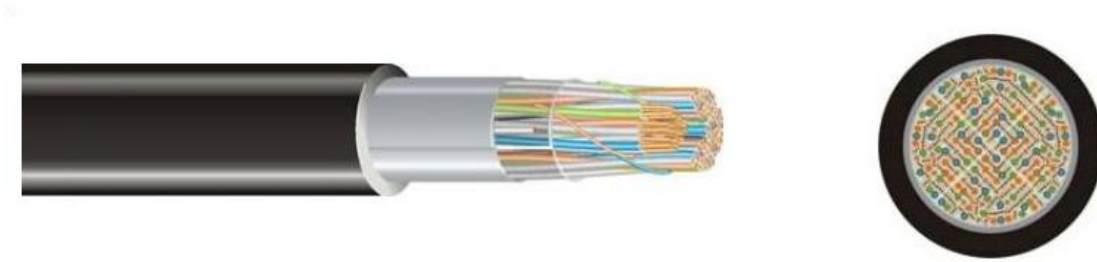
4.1 Lähiverkon kaapelit

Parikaapelit ovat siis yleisesti käytössä lähiverkoissa. Ethernet-verkkojen kaapeloinnissa käytettävät parikaapelit 10BASE-T ja 100BASE-TX, käyttävät kahta paria, joista toinen pari on lähetystä ja toinen vastaanottoa varten. 100BASE-T4:ssä on käytössä neljä paria, joista yksi on vastaanottoa varten, yksi lähetystä varten ja kahdessa parissa vaihdetaan liikenteen suuntaa. 1000BASE-T (Gigabit Ethernet) käyttää kaikkia neljää paria kaksisuuntaiseen liikenteeseen nopeudella 250 Mbit/s. (3, s. 44.)

4.2 Syöttökaapelit

Pitemmät kupariverkon runkoyhteydet rakennetaan nykyään VMOHBU -maakaapeleilla. VMOHBU-kaapeleita on 5-, 10-, 20-, 30-, 50-, 100-, 200-, 300-, 600-, 800- ja 1200-parisina. VMOHBU-kaapeli on erikoisvaseliinilla täytetty maakaapeli, jonka johtimena toimii hehkutettu kuparijohdin, eristys on vaahdo-

tettua PE-muovia, suoja muovialumiinilaminaattia ja vaippa on mustaa PE-muovia. (Kuva 9.)



KUVA 9. WMOHBU-maakaapeli (16)

WMOHBU-kaapelin etuja ovat suhteellisen halpa hinta ja helppo asennettavuus. Sen haittoina ovat suhteellisen kapea kaistanleveys ja heikko häiriönsietokyky. Kaapelilla kuitenkin pystytään siirtämään jopa 600 MHz:n taajuuksia. WMOHBU-TL-kaapelin ominaisuuksia on esitelty taulukossa 7.

TAULUKKO 7. WMOHBU-TL-kaapelin ominaisuudet (16)

SSTL code	Type VMOHBU-TL	Draka code	Diameter mm	Sheath thickness mm	Mass kg/km	Delivery length m	Drum
0256033	3x2x0.5	1004849	9.5	1.6	75	1000	K7
0256051	5x2x0.5	1004850	10.5	1.6	100	1000	K8
0256020	10x2x0.5	1004847	12.5	1.6	140	1000	K9
0256025	20x2x0.5	1004848	15.5	1.6	230	1000	K10
0256030	30x2x0.5	1007995	17.5	1.6	300	1000	K11
0225031	50x2x0.5	1007997	21.0	1.6	460	1000	K12
0225032	100x2x0.5	1007998	28.0	1.8	830	1000	K16
0225033	200x2x0.5	1008000	39.0	2.0	1650	1000	K20
0225035	400x2x0.5	1008004	52.0	2.2	3000	500	K22
0225038	800x2x0.5	1008008	71.0	2.6	5750	500	K22

Verkon optimoinnista saadut hyödyt havainnollistetaan parhaiten vaimennuksen kautta. Yhteyden lyhentyessä kaapelista johtuva vaimennus pienenee. WMOHBU-TL-kaapelin vaimennukset löytyvät taulukosta 8. Taulukosta voidaan myös havaita, että taajuuden noustessa myös vaimennus nousee huomattavasti.

TAULUKKO 8. Maakaapeleiden vaimennukset (16)

Taajuus kHz	VAIMENNUS dB/km VMOHBU -(TL), VMOHBUK, VMOPU				MHS	MMHS
	0,4 mm	0,5 mm	0,6 mm	0,8 mm	0,5 mm	0,4 mm
0,8	1,4	1,1	0,8	0,7	1,4	1,8
10	4,7	3,6	2,3	1,9	4,3	5,8
100	8,9	6,0	3,6	3,0	8,2	13,3
1000	17,8	14,0	10,2	8,6	26,0	40,0

Aikaisemmin verkkoja rakennettiin myös paperikaapeleilla, jossa johtimen eristeenä toimivat nimensä mukaisesti paperi. Paperikaapeleita on sekä parikierrettä nelikierrökaapelina. Nykyään paperikaapeleita on vielä jonkin verran käytössä, mutta ne pyritään korvaamaan, koska paperi eristeenä ei ole kovin toimiva ratkaisu. Kaapelin kastuessa, kosteus pääsee kulkemaan pitkälle kosteuden alkuperäisestä lähteestä, ja vian poistamiseksi kaapeli joudutaan vaihtamaan pitkältä matkalta tai jopa kokonaan. Paperi myös imee helposti kosteutta, joka aiheuttaa oikosulkuja johdinparien välille. Paperi on näiden lisäksi myös heikko kestämaan rasiutusta ja vetoa. Paperiin voi tulla herkästi halkeamia, jotka aiheuttavat ylikuulumista.

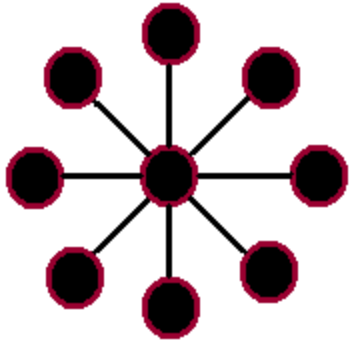
5 VERKKOTOPOLOGIAT

Verkkotopologialla kuvataan rakennetta, jolla verkon laitteet on kytketty toisiinsa. Kaikissa laajakaistaverkoissa on käytössä yksinkertaisia kaksipisteyhteyksiä (point-to-point), jotka muodostuvat kahdesta laitteesta ja niitä yhdistävästä siirtotiestä. Laajakaistaverkko muodostuu siis siinä olevien reitittimien välisistä yhteyksistä.

Monimutkaisempia yhteyksiä muodostavat monipisteyhteydet (point-to-multipoint). Kiinteän verkon perustopologiat ovat tähti, väylä ja rengas, mutta näistä on myös lukemattomia muunnelmia. Esimerkiksi puutopologia on väylän yleistys, jossa yhdestä pisteestä lähtee useampia kaapeleita, ja jokainen näistä voi saada haaroja, jotka voivat haarautua edelleen. Liityntäverkot ovat kuitenkin pääsääntöisesti rakennettu tähtitopologialla. Rengas- ja väylätopologiat soveltuvat lähinnä langattomiin verkkoihin ja lähiverkkoihin. (3, s. 77.)

5.1 Tähtitopologia

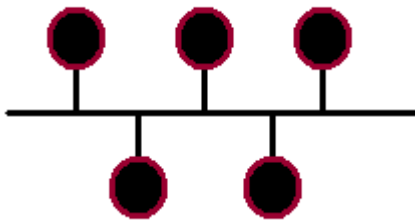
Kuvassa 10 on esitelty yksinkertainen tähtitopologia. Tähtitopologiassa kaikki laitteet on kytketty suoraan kytkimeen tai keskittimeen. Nykyään yleisesti yhteyskerrostaloissa kytketään ensin kytkimeen, koska se ohjaa datan vain siihen osoitteeseen, johon se on tarkoitettu. Kytkimeltä yhteys ohjautuu yleensä keskitimen kautta runkoverkkoon. Täten vältetään verkon ruuhkautumiselta. Keskitin toimii siis tietoliikenneyhteyden keskipisteenä ja se välittää sanomia verkon osapuolten välillä. Muun muassa Ethernet-tekniikassa käytetään pääosin tähtitopologiaa ja sen etuna on, että jos yksi yhteys katkeaa, se ei vaikuta muun verkon toimintaan. (3, s. 77.)



KUVA 10. Tähtitopologia

5.2 Väylätopologia

Kuvassa 11 on esitelty yksinkertainen väylätopologia. Väylärakenteessa kaikki työasemat on kiinnitetty yhteiseen siirtotiehen. Tieto osoitetaan yhdelle tai useammalle verkon osapuolelle tiedossa olevan osoitteen perusteella. Väylätopologia ei ole kovinkaan käytännöllinen laajemmissa verkoissa, koska se ruuhkautuu helposti.

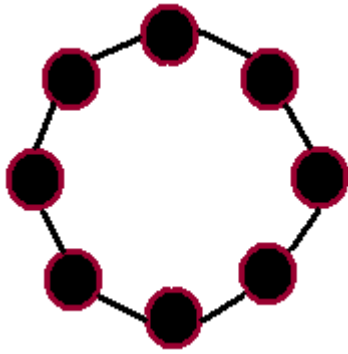


KUVA 11. Väylätopologia

Ongelmana väylärakenteessa on, että jos yhteys katkeaa tietyssä kohdassa, vaikuttaa se jälkimmäisiin yhteyksiin siten, että nekin katkeavat. Ongelmana on myös kanavanvaraus, koska verkkoa pystyy käyttämään vain yksi laite kerrallaan. Jos kaksi laitetta aloittaa yhteyden samanaikaisesti, se voi johtaa törmäyksiin, joita varten tehtävä virheestä toipumismenettelyt. Törmäykset ja niistä johtuvat toipumismenettelyt siis ruuhkauttavat verkkoa ja alentavat sen suorituskykyä. Tästä syystä esimerkiksi Ethernet-verkon liikenne on toteutettu kaksipisteyhteyksillä, jossa yhteys tulee päätelaitteelle suoraan esimerkiksi kytkimeltä. (14, s. 121.)

5.3 Rengastopologia

Kuvassa 12 on esitelty yksinkertainen rengastopologia. Verkon laitteet voidaan kytkeä rengasmaisesti, jolloin jokainen laite on yhteydessä molemmilla puolilla oleviin välittömiin naapureihin. Rengasverkko ei tarvitse erillistä ohjausyksikköä, johon laitteet liitetään. Rengasverkossa liikenne kulkee vain yhteen suuntaan, joten naapurille lähetetty sanoma saattaa kiertää koko verkon läpi. Liikenne saadaan kulkemaan molempiin suuntiin käyttämällä kahta rinnakkaista rengasverkkoa. Rengaskytken tavan tapaista kytkentää käytetään vanhassa Token Ring -verkossa. (3, s. 78.)



KUVA 12. Rengastopologia

6 OPTIMOINTI

Tämän työn tavoitteena oli optimoida kaikkien kuluttaja-asiakkaiden laajakais-
tayhteudet kahdeksalla eri palvelualueella Oulun seudulla. Optimoitaviksi alu-
eiksi valittiin palvelualueet, joissa häiriöitä kupariyhteyksissä oli raportoitu eni-
ten. Jokainen palvelualue käytiin erikseen läpi ja kaikkiin tehtiin samantapaiset
toimenpiteet. Tässä luvussa käydään läpi työn eteneminen, työssä käytetyt jär-
jestelmät sekä palvelualueet, joille optimointeja tehtiin.

6.1 Optimoinnin vaikutukset

Suurin optimoinnista saatu hyöty on yhteyksien lyhentyminen eli solukokojen
pienentäminen ja yhteyksien keskittäminen. Optimoinnin oleellisin hyöty kulutta-
jille on yhteyden lyhentyminen. Täten kuluttajille pystytään myös tarjoamaan
nopeampia yhteyksiä ilman, että heidän tarvitsisi vaihtaa päätelaitettaan. Kun
yhteys on lyhyempi, se on luotettavampi ja häiriöttömämpi. Samasta syystä op-
timointi on hyödyllistä myös operaattorille. Operaattorille on myös hyödyksi, että
tekniikka saadaan yhtäläisemmäksi palvelualueilla.

Lyhyemmällä kupariyhteydellä myös todennäköisyys kaapelin vaurioitumiselle
esimerkiksi rakennustöiden seurauksena pienenee. Negatiivisesti optimointi
vaikuttaa käyttöasteen, koska lisääntyvien uusien laitteiden myötä jää käyttä-
mättömiä portteja. Optimointi tuo tietysti mukanaan operaattoreille myös kus-
tannuksia uusien laitteiden sekä asennustöiden myötä.

6.2 Järjestelmät

DNA:lla on käytössä lukuisia järjestelmiä yhteyksien, asiakkaiden ja laitteiden
hallintaan. Tässä opinnäytetyössä käytettiin kolmea niistä.

Collector

Collectoria käytetään laitteiden hallintaan. Esimerkiksi yleishaun avulla voi ha-
kea tietystä laitteesta tietoja kuluttajan nimellä tai osoitteella. Laitteita voi myös
hakea laitehaulla esimerkiksi laitteen tunnuksen avulla. Collector on luotettavin
lähde, kun halutaan tietää, onko jokin tietty laite vielä käytössä, koska laitteet ja

Collector kommunikoivat reaaliaikaisesti keskenään. Dokumentoinnissa voi olla myös inhimillisiä virheitä, joten yhteydet on hyvä tarkastaa Collectorista.

Tigersweb

Tigersweb on Java-pohjainen järjestelmä yhteyksien hallintaan. Järjestelmä oli tässä työssä paljon käytössä, koska sen avulla voidaan helposti tarkkailla laiteasemaan tulevia syöttökaapeleita sekä vastinjakamoita, joiden kautta alueille voi myös tulla yhteyksiä. Tigerswebillä voi myös tarkastella yhteyksiä ja kaapelointeja kartan avulla. Kuvassa 13 on esitelty esimerkki palvelualueesta kartalla. Kuvaan on merkitty myös tulososion havainnekuviissa käytetty laiteaseman jakamo A.



KUVA 13. Palvelualue kartalla

TTMi

TTMi-järjestelmää käytetään asiakkaiden sopimusten hallintaan ja laskutukseen. Järjestelmän avulla tehdään työtilaukset ja sillä voidaan seurata muun

muassa asennustöitä, laskutuksia sekä maksusuorituksia. Ohjelma lisää siis operaattorin tehokkuutta ja tuottavuutta.

Tässä työssä käytettiin järjestelmää lähinnä kuluttaja-asiakkaiden sopimusten tutkimiseen. Asiakas-välilehden alta löytyvästä Asiakkaan kokonaiskuva -osasta voi hakea esimerkiksi liittymän osoitteella tai Collectorista löytyvän asiakastunnuksen avulla tietoja liittymästä, kuten liittymän tyyppin, omistajan, käyttäjän, liittymän nopeuden sekä liittymän käyttöönottopäivän. Työssä tutustuttiin myös työtilausten tekemiseen järjestelmän kautta. Optimointeihin liittyvät varsinaiset käännöt tekee siis alihankkija. Heille tehdään työtilaukset TTMi-järjestelmällä.

6.3 Työn suoritus

Palvelualueen tutkiminen aloitettiin hakemalla Tigerswebistä osoitteella laiteasema, josta yhteydet tullaan jakamaan. Laiteasemassa on kuparijakamo, johon on asennettu EDA- tai Huaweiin DSLAM-laite. Alueille syötetään asiakasyhteydet EDA-laitteista, joten tekniikkaan ei tule muutoksia ja täten myöskään asiakkaiden ei tarvitse tehdä muutoksia päätelaitteeseen. Myös uusien asiakkaiden yhteydet kytketään kyseisen palvelualueen DSLAM:stä.

Seuraavaksi tutkittiin jakamoon tulevia syöttökaapeleita. Tutkittiin siis ensisijaisesti jakamon kaukana sijaitsevia vastinjakamoita. Vastinjakamoiden etäisyydet löytyvät Tigerswebistä. Joissakin tapauksissa tähän käytettiin apuna myös kaapelointipiirroksia. Syöttökaapelit ovat yleisesti 100- tai 200-parisia. Palvelualueille voi tulla yhteyksiä myös muiden jakamoiden kautta, joten niitäkin on syytä käydä läpi eli tutkitaan laiteaseman kuparijakamon vastinjakamoita ja niihin tulevia yhteyksiä.

Jakamoiden välisten kaapeleiden pisteitä tutkitaan Tigerswebin KytKentäpisteiden käyttö -osiosta. Täten saadaan läpikäytyä kaikki syöttökaapeleilla tulevat datakupariyhteydet ja siten myös asiakkaat. Asiakkaat jaettiin kuluttaja-asiakkaisiin, muiden operaattorien asiakkaisiin ja yritysasiakkaisiin. Yritysasiakkaiden yhteyksille ei tehty kääntöjä, koska niiden kanssa on hankala sopia kääntöjen ajankohdat, sillä yhteys katkeaa hetkeksi kääntöä tehdessä. Yritysasiakkaat käytiin kuitenkin läpi, koska joukossa voi olla yhteyksiä, jotka ovat

yrittäjien nimissä, mutta kuluttaja-asiakkaan käytössä ja ne tulee myös optimoida. Muiden operaattorien asiakkaiden yhteyksille ei tehty optimointeja.

Kuluttaja-asiakkaat käytiin läpi siten, että yhteys tarkistettiin ensin Collectorista. Jos yhteys on yhä käytössä, saadaan Collectorista asiakkaan sopimustunnus sekä laite ja piste, johon asiakkaan yhteys on kytketty. Yhteys voi olla myös karanteeniyhteys, jolloin se ei ole käytössä, mutta sitä ei myöskään pureta, koska se voi olla käytössä tulevaisuudessa. Collectorista saa myös luotettavat tiedot laitteesta, johon yhteys käännetään. Sopimustunnuksella saadaan tarkempaa tietoa asiakkaan yhteydestä ja liittymästä TTMi-järjestelmällä. Käännettävillä asiakkailla voi olla käytössään myös lankapuhelin. Näissä tapauksissa lankapuhelinyhteys jätettiin ennalleen ja datakupariyhteys kytkettiin palvelualueen DSLAM:stä.

Käännettävistä kuluttajista kerättiin siis optimoinnin kannalta oleelliset tiedot sisältävä taulukko työtilausta varten. Taulukko sisältää yhteystunnuksen, kytkentäosoitteen, vanhan laitteen, vanhan laitteen kytkentäpisteen, uuden laitteen, uuden laitteen kytkentäpisteen, yhteyden nopeuden sekä asiakas- ja sopimustunnuksen. Jos alueilla oli tarpeen tehdä reitityksiä, myös jakamot, joiden kautta yhteys reititetään, merkittiin taulukkoon. Myös käännettävien kuluttaja-asiakkaiden yhteyksien kytkentätiedot otettiin ylös etäisyyksien laskemista varten.

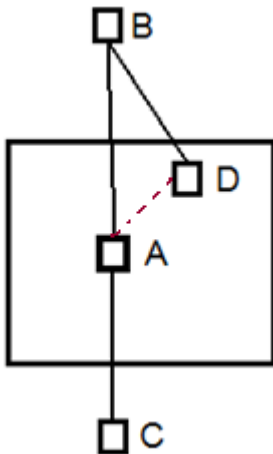
6.4 Palvelualueet

Seuraavassa käydään läpi palvelualueet ja niissä tehdyt optimoinnit. Alueet havainnollistetaan yksinkertaisilla kuvilla ja teoreettisilla laskuilla. Kaikissa kuvissa jakamo A on palvelualueen laiteaseman kuparijakamo, josta yhteydet optimoinnin jälkeen syötetään. Tässä luvussa lasketut vaimennukset ovat siis teoreettisia perustuen taulukkoon 8 ja oletuksena on ollut, että taajuus on 1 MHz eli vaimennus on 0,014 dB metriä kohden. Todellisuudessa taajuudet vaihtelevat tekniikoista riippuen ja myös vahvistukset vaikuttavat vaimennukseen. Etäisyydet on otettu Tigerswebistä, joten ne eivät välttämättä ole täysin tarkkoja, mutta laskuista saa kuitenkin käsityksen optimoinnin tuomasta hyödystä. Todelliset

vaimennukset ja etäisyydet saadaan suoraan DNA:n järjestelmästä, kun varsinaiset käännöt on tehty.

6.4.1 Palvelualue 1

Kuvassa 14 on esitelty havainnollistava kuva palvelualueesta 1. Palvelualueelle tulee syöttökaapelit jakamoista B ja C. Jakamoiden A ja B välinen etäisyys on 865 metriä ja sieltä tulee yksi käännettävä yhteys. Jakamo C on 411 metrin etäisyydellä A:sta, mutta sieltä ei tullut alueelle käännettäviä yhteyksiä. Alueelle tulee yksi käännettävä yhteys myös jakamosta B jakamon D kautta. Jakamoiden B ja D välinen etäisyys on 733 metriä. Tämä yhteys reititettiin uudelleen siten, että sinne tulee jatkossa yhteys jakamosta A. Jakamoiden A ja D välinen etäisyys on 187 metriä, joten kyseisen kuluttaja-asiakkaan yhteys lyhenee 546 metriä. Etäisyydet ja teoreettiset vaimennukset on kirjattu taulukkoon 9.



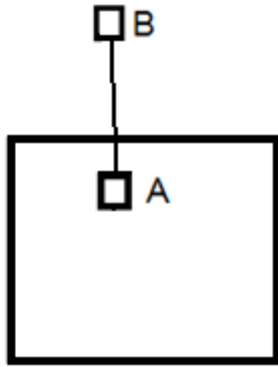
KUVA 14. Palvelualue 1

TAULUKKO 9. Etäisyyden ja vaimennuksen muutokset palvelualueella 1

Käännettävät yhteydet	Etäisyys alussa (m)	Etäisyys lopussa (m)	Muutos etäisyydessä (m)	Vaimennus alussa (dB)	Vaimennus lopussa (dB)	Vaimennuksen muutos (dB)
1	1295	430	865	18,1	6,0	12,1
2	733	187	546	10,3	2,6	7,6
ka	1014	308,5	705,5	14,2	4,3	9,9

6.4.2 Palvelualue 2

Jakamoiden A ja B välinen etäisyys on 1028 metriä. Kaikki palvelualueelle 2 tulevat yhteydet tulevat jakamon A kautta, joten uusia reitityksiä ei tarvitse tehdä. Täten käännettävät yhteydet lyhenevät jakamoiden etäisyyden verran. Havainnollistava kuva alueesta on esitetty kuvassa 10 ja optimoinnin tulokset taulukossa 15.



KUVA 15. Palvelualue 2

TAULUKKO 10. Etäisyyden ja vaimennuksen muutokset palvelualueella 2

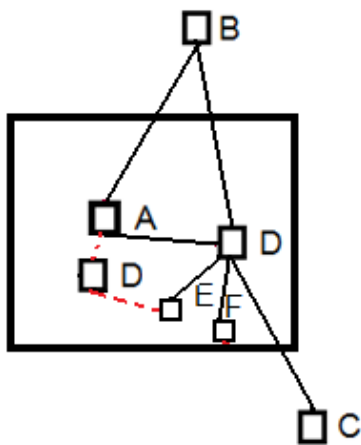
Käännettävät yhteydet	Etäisyys alussa (m)	Etäisyys lopussa (m)	Muutos etäisyydessä (m)	Vaimennus alussa (dB)	Vaimennus lopussa (dB)	Vaimennuksen muutos (dB)
1	1868	840	1028	26,2	11,8	14,4
2	1875	847	1028	26,3	11,9	14,4
3	1551	523	1028	21,7	7,3	14,4
4	2284	1256	1028	32,0	17,6	14,4
5	1557	523	1034	21,8	7,3	14,5
ka	1827	797,8	1029,2	25,6	11,2	14,4

6.4.3 Palvelualue 3

Palvelualueelle 3 tuli syöttökaapelit jakamoista B ja C. Käännettäviä yhteyksiä oli yhteensä aika paljon. Jakamosta B syötettiin suoraan jakamoon A 100-parisella kaapelilla noin puolet alueen käännettävistä yhteyksistä. Jakamoiden välinen etäisyys on 691 metriä, joten näissä yhteys pienenee etäisyyden verran. Jakamosta B tuli yhteyksiä alueelle jakamon D kautta 100-parisella syöttökaapelilla. Osa näistä yhteyksistä oli kytketty jakamon A kautta. Jakamot A ja D ovat yhteydessä 200-parisella kaapelilla. Yhteydet siis reititetään siten, että ne jatkossa syötetään suoraan jakamosta A alueelle. Jakamoiden B ja D välinen

etäisyys on 796 metriä ja jakamoiden A ja D välinen etäisyys on 430 metriä, joten etäisyydet lyhenivät näissä tapauksissa noin 1200 metriä. Jakamosta B tuli myös monta yhteyttä alueelle jakamon D kautta 200-parisella syöttökaapelilla. Näistä suurin osa on kytketty jakamoon E ja siitä eteenpäin, joten näissä tapauksissa jouduttiin myös tekemään reitityksiä.

Reititys tehdään esimerkiksi siten, että yhteys tulee jatkossa jakamosta A jakamon D kautta jakamoon E ja siitä eteenpäin. Näissä etäisyys lyhenee noin 500 metriä riippuen hieman tilanteesta. B:stä D:n kautta jakamoon F tulee myös yhteyksiä. Nämä joudutaan reitittämään siten, että F jakamoon tulee jatkossa yhteys jakamosta A jakamon D kautta. Näissä tapauksissa yhteys lyhenee noin 400 metriä. Alueelle tulee myös yhteyksiä jakamosta C, joka on yhteydessä jakamoon D kahdella 200-parisella kaapelilla. Jakamoiden välinen etäisyys on 1800 metriä. Yhteyksistä neljä oli käännettävissä. Reititysten jälkeen etäisyys lyhenee näissä tapauksissa noin 1500 metriä. (Kuva 16.) Etäisyyden ja vaimennukset on esitelty taulukossa 11.



KUVA 16. Palvelualue 3

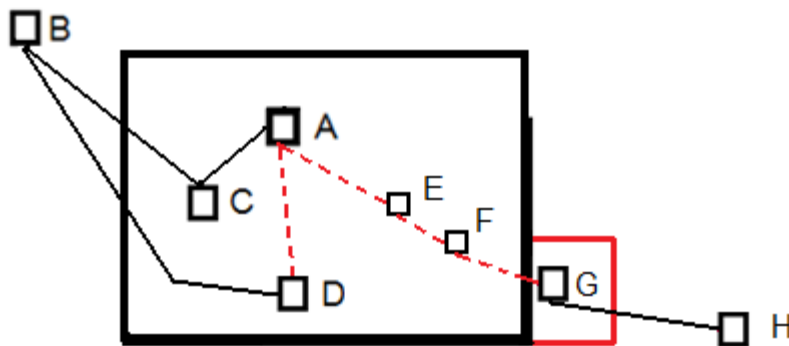
TAULUKKO 11. Etäisyyden ja vaimennuksen muutokset palvelualueella 3

Käännettävät yhteydet	Etäisyys alussa (m)	Etäisyys lopussa (m)	Muutos etäisyydessä (m)	Vaimennus alussa (dB)	Vaimennus lopussa (dB)	Vaimennuksen muutos (dB)
1	957	266	691	13,4	3,7	9,7
2	930	239	691	13,0	3,3	9,7
3	930	239	691	13,0	3,3	9,7
4	755	64	691	10,6	0,9	9,7
5	878	187	691	12,3	2,6	9,7
6	1079	388	691	15,1	5,4	9,7
7	1072	381	691	15,0	5,3	9,7
8	1035	344	691	14,5	4,8	9,7
9	711	10	701	10,0	0,1	9,8
10	767	76	691	10,7	1,1	9,7
11	908	217	691	12,7	3,0	9,7
12	876	185	691	12,3	2,6	9,7
13	1063	372	691	14,9	5,2	9,7
14	946	255	691	13,2	3,6	9,7
15	1800	1145	655	25,2	16,0	9,2
16	2571	896	1675	36,0	12,5	23,5
17	2532	293	2239	35,4	4,1	31,3
18	2468	1089	1379	34,6	15,2	19,3
19	1642	416	1226	23,0	5,8	17,2
20	1285	919	366	18,0	12,9	5,1
21	1285	919	366	18,0	12,9	5,1
22	1509	1143	366	21,1	16,0	5,1
23	1195	829	366	16,7	11,6	5,1
24	1535	689	846	21,5	9,6	11,8
25	1223	857	366	17,1	12,0	5,1
26	1344	689	655	18,8	9,6	9,2
27	1800	1145	655	25,2	16,0	9,2
28	1725	729	996	24,2	10,2	13,9
29	1607	388	1219	22,5	5,4	17,1
30	1623	388	1235	22,7	5,4	17,3
31	1800	1145	655	25,2	16,0	9,2
ka	1350,0	545,2	804,8	18,9	7,6	11,3

6.4.4 Palvelualue 4

Palvelualueen 4 laiteasemaan tulee syöttökaapeli jakamosta B jakamon C kautta. Nämä yhteydet kytketään jatkossa suoraan jakamosta A. Jakamon B ja C välinen etäisyys on 1226 metriä ja jakamon C ja A välinen etäisyys on 629 metriä, joten näissä tapauksissa yhteys lyhenee 1855 metriä. Alueelle tulee myös yhteyksiä jakamosta B jakamon D kautta. Näiden välinen etäisyys on 1917 metriä. Käännettävät yhteydet reititetään jatkossa jakamosta A jakamoon D ja siitä eteenpäin. Jakamoiden A ja D välinen etäisyys on 460 metriä, joten yhteys lyhenee 1457 metriä.

Tutkimusten myötä selvisi, että jakamosta H tulee yhteyksiä tarpeeksi lähelle jakamoa A todella vanhalla kaapelilla. Täten palvelualuea päätettiin hieman laajentaa, kun vielä todettiin, että jakamon G, johon yhteydet tulevat jakamosta H, ja jakamon A välille on mahdollista reitittää yhteys. Jakamoiden G ja H välinen etäisyys on 2519 metriä. Yhteyksien koko pituus on noin 3480 metriä. Reitityksen jälkeen yhteyden pituus on 2000 metriä, joten yhteys lyhenee noin kilometrillä ja yhteydet saadaan vedettyä paremmilla kaapeleilla. Palvelualue 4 on esitelty kuvassa 17 ja yhteenveto etäisyyksistä sekä vaimennuksista on taulukossa 12.



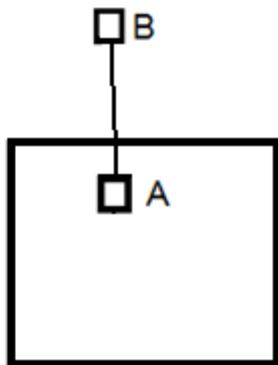
KUVA 17. Palvelualue 4

TAULUKKO 12. Etäisyyden ja vaimennuksen muutokset palvelualueella 4

Käännettävät yhteydet	Etäisyys alussa (m)	Etäisyys lopussa (m)	Muutos etäisyydessä (m)	Vaimennus alussa (dB)	Vaimennus lopussa (dB)	Vaimennuksen muutos (dB)
1	2649	794	1855	37,1	11,1	26,0
2	2649	794	1855	37,1	11,1	26,0
3	2826	1369	1457	39,6	19,2	20,4
4	3056	1599	1457	42,8	22,4	20,4
5	3056	1599	1457	42,8	22,4	20,4
6	2955	1498	1457	41,4	21,0	20,4
7	2991	1534	1457	41,9	21,5	20,4
8	2831	1374	1457	39,6	19,2	20,4
9	3399	1942	1457	47,6	27,2	20,4
10	3108	1651	1457	43,5	23,1	20,4
11	2795	1338	1457	39,1	18,7	20,4
12	3056	1599	1457	42,8	22,4	20,4
13	2753	1296	1457	38,5	18,1	20,4
14	2935	1478	1457	41,1	20,7	20,4
15	2756	1299	1457	38,6	18,2	20,4
16	3488	2031	1457	48,8	28,4	20,4
17	3483	2026	1457	48,8	28,4	20,4
18	4002	2519	1483	56,0	35,3	20,8
19	4002	2519	1483	56,0	35,3	20,8
ka	3094,2	1592,6	1501,6	43,3	22,3	21,0

6.4.5 Palvelualue 5

Käännettäviä yhteyksiä palvelualueelle 5 tulee ainoastaan jakamosta B. Jakamoiden A ja B välinen etäisyys on 1928 metriä, joten myös kaikkien käännettävien kuluttaja-asiakkaiden yhteydet lyhenevät sen verran (kuva 18). Etäisyydet ja teoreettiset vaimennukset on esitelty taulukossa 13.



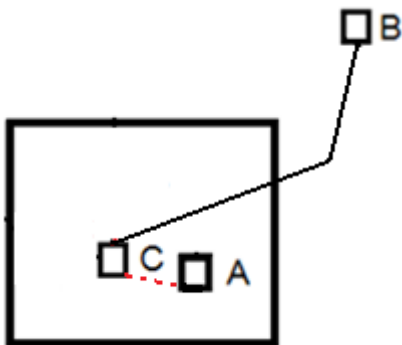
KUVA 18. Palvelualue 5

TAULUKKO 13. Etäisyyden ja vaimennuksen muutokset palvelualueella 5

Käännettävät yhteydet	Etäisyys alussa (m)	Etäisyys lopussa (m)	Muutos etäisyydessä (m)	Vaimennus alussa (dB)	Vaimennus lopussa (dB)	Vaimennuksen muutos (dB)
1	2314	386	1928	32,4	5,4	27,0
2	2150	222	1928	30,1	3,1	27,0
3	2539	611	1928	35,5	8,6	27,0
4	2611	683	1928	36,6	9,6	27,0
5	2314	386	1928	32,4	5,4	27,0
6	2314	386	1928	32,4	5,4	27,0
7	1931	3	1928	27,0	0,0	27,0
8	2300	372	1928	32,2	5,2	27,0
9	2314	386	1928	32,4	5,4	27,0
10	2335	407	1928	32,7	5,7	27,0
11	2314	386	1928	32,4	5,4	27,0
12	2314	386	1928	32,4	5,4	27,0
13	2415	487	1928	33,8	6,8	27,0
ka	2320,4	392,4	1928,0	32,5	5,5	27,0

6.4.6 Palvelualue 6

Syöttökaapeli palvelualueelle 6 tulee jakamosta B jakamon C kautta. Näiden välinen etäisyys on 1495 metriä. Jatkossa käännettävien asiakkaiden yhteyden kytketään siten, että syöttökaapeli tulee jakamosta A jakamon C kautta (kuva 19.) Jakamoiden A ja C välinen etäisyys 197 metriä, joten kaikkien käännettävien yhteyksien etäisyydet lyhenevät 1298 metriä. (Taulukko 14.)



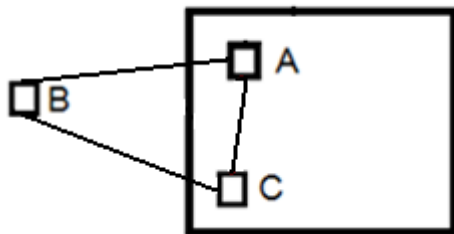
KUVA 19. Palvelualue 6

TAULUKKO 14. Etäisyyden ja vaimennuksen muutokset palvelualueella 6

Käännettävät yhteydet	Etäisyys alussa (m)	Etäisyys lopussa (m)	Muutos etäisyydessä (m)	Vaimennus alussa (dB)	Vaimennus lopussa (dB)	Vaimennuksen muutos (dB)
1	1917	619	1298	26,8	8,7	18,2
2	1859	561	1298	26,0	7,9	18,2
3	1737	439	1298	24,3	6,1	18,2
4	1737	439	1298	24,3	6,1	18,2
5	1887	589	1298	26,4	8,2	18,2
6	1495	197	1298	20,9	2,8	18,2
7	1859	561	1298	26,0	7,9	18,2
8	1859	561	1298	26,0	7,9	18,2
9	1887	589	1298	26,4	8,2	18,2
10	1923	625	1298	26,9	8,8	18,2
11	1923	625	1298	26,9	8,8	18,2
12	1702	404	1298	23,8	5,7	18,2
13	1495	197	1298	20,9	2,8	18,2
14	1923	625	1298	26,9	8,8	18,2
ka	1800,2	502,2	1298,0	25,2	7,0	18,2

6.4.7 Palvelualue 7

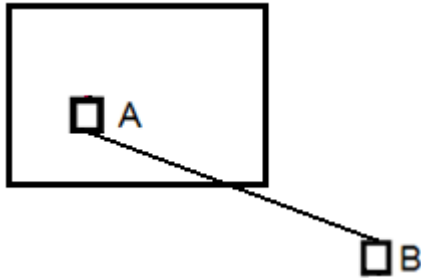
Palvelualueelle 7 tulee yhteyksiä jakamosta B jakamoiden A ja C kautta. Alueella on siis suhteellisen paljon kupariyhteyksiä käytössä ja alueen tutkimiseen käytettiin paljon aikaa, mutta käännettäviä asiakkaita ei alueelta löytynyt. Sen sijaan todettiin, että alueen viereen tulee yhteyksiä pitkän matkan päästä ja siihen olisi syytä tehdä uusi palvelualue tulevaisuudessa.



KUVA 20. Palvelualue 7

6.4.8 Palvelualue 8

Palvelualue 8 on esitelty kuvassa 21. Sinne tulee syöttökaapeli jakamosta B, joka sijaitsee 2246 metrin etäisyydellä. Yhteydet käännetään siten, että ne tulevat jatkossa jakamosta A. Täten palvelualueen käännettävien asiakkaiden yhteydet lyhenevät huomattavasti. Tulokset on esitelty taulukossa 15.



KUVA 21. Palvelualue 8

TAULUKKO 15. Etäisyyden ja vaimennuksen muutokset palvelualueella 8

Käännettävät yhteydet	Etäisyys alussa (m)	Etäisyys lopussa (m)	Muutos etäisyydessä (m)	Vaimennus alussa (dB)	Vaimennus lopussa (dB)	Vaimennuksen muutos (dB)
1	3199	953	2246	44,8	13,3	31,4
2	2676	430	2246	37,5	6,0	31,4
3	3025	779	2246	42,4	10,9	31,4
ka	2966,7	720,7	2246,0	41,5	10,1	31,4

7 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli optimoida DNA Oy:n kuluttaja-asiakkaiden DSL-yhteyksien etäisyydet Oulun alueella kahdeksan palvelualueen sisällä. Palvelualueet valittiin niiden alueiden joukosta, joiden yhteyksissä oli havaittu häiriöitä. Kahdeksan palvelualueen optimointi arvioitiin hyväksi opinnäytetyön laajuudeksi. Laajuuden arviointi onnistuikin erinomaisesti. Kahdeksassa alueessa riitti tekemistä ja alueet olivat asiakkailtaan monipuolisia. Alueiden läpikäynti nopeutuikin työn edetessä ja olisin luultavasti ehtinyt käydä useamman alueen läpi, mutta tällöin aika ei olisi riittänyt kunnolla kirjallisuuskatsauksen kirjoittamiseen.

Tutkittujen palvelualueiden optimoitujen yhteyksien etäisyydet lyhenivät keskimäärin 1,4 kilometriä ja teoreettinen vaimennus pieneni keskimäärin 19 desibeliä hieman eri alueilla vaihdellen. Tapauksissa, joissa syöttökaapelit kulkivat palvelualueen laiteaseman kautta, yhteydet lyhenivät jakamon, josta syöttökaapeli tulee, sekä palvelualueen laiteaseman välisen etäisyyden verran. Joissakin tapauksissa uudet reititykset olivat tarpeen. Optimoitavien yhteyksien määrä vaihteli alueittain mm. kuluttaja- ja yritysasiakkaiden määrän mukaan ja muiden operaattoreiden asiakkaiden mukaan. Optimoinnissa asiakkaiden päätelaitteisiin ei tullut muutoksia, koska tekniikka ei vaihtunut. Optimointi näkyy siis asiakkailla ainoastaan parantuvina yhteyksinä.

Vaikka tässä työssä ei lopulta katsottu tarpeelliseksi tehdä kustannuslaskelmia, on hyvä tietää, mistä kustannukset koostuvat. Kustannuslaskelmat jätettiin väliin myös tiukan aikataulun takia. Tästä työstä ei aiheutunut operaattorille muita kuin alihankkijan suorittamiin kääntöihin kuluneet kustannukset sekä laiteinvestoinnit jo aiemmin alueille asennetuista laitteista. Myös operaattorille pienentyneiden palvelualueiden myötä lyhentyneet yhteydet aiheuttavat todennäköisesti vähemmän korjauskustannuksia. Uusia palvelualueita tehdessä täytyy ottaa huomioon myös uuden laiteaseman ja sen laitteiden kustannukset. Laiteasemille täytyy tuoda myös valokuituyhteydet, joista kertyy myös kaivu- ja kaapelikustannuksia.

Ongelmiksi optimoinnissa muodostui joissain määrin rajoitetut käyttöoikeudet järjestelmiin, mikä vaikeutti tarvittavien tietojen etsimistä. Hieman vaikeuksia toi myös se, että tämä työ oli ensimmäinen nykyisen alihankkijan kanssa tehty optimointi DNA Oy:lle. Siksi olikin hieman epäselvää, kummalle osapuolelle mitkään työt kuuluivat. Tämän työn jälkeen seuraavien alueiden optimointi alihankkijan kanssa onkin varmasti helpompaa. Työ toimikin harjoituksena DNA Oy:n ja alihankkijan jatkossa tehtäviin optimointeihin.

Tätä opinnäytetyötä voi käyttää ohjeena tulevaisuuden optimointeja tehdessä. Työtä voisi jatkaa laatimalla tämän työn kokemuksen perusteella varsinaiset kirjalliset ohjeet vastaavan optimoinnin suorittamiseen. Näin kaikki palvelualueet olisi helppo optimoida säännöllisesti ja näin taata mahdollisimman monelle alueiden asiakkaalle paras mahdollinen yhteys.

Itselleni haasteena oli se, että oma suuntautumiseni tietotekniikan opinnoissa on ollut langattomat laitteet ja DSL-tekniikat ja niihin liittyvä teoria olivat minulle uusia asioita. Siksi teoriaosuuden koostaminen ja rajaaminen työn suoritusta tukeväksi oli minulle erityisen hankalaa. Teorian sisäistäminen työn aikataulun sallimissa rajoissa oli haastavaa. Kirjallisuuskatsauksen myötä kiinteät laajakaistat tulivat kuitenkin tutuiksi, ja tämä opinnäytetyö laajentaakin osaamistani.

Mielestäni työ saatiin suoritettua hyvin aikataulussaan alkuperäisen suunnitelman mukaisesti. Kaikki ennalta valikoidut palvelualueet saatiin optimoitua ja myös työn suorituksen aikana löydetyt yllättävät havainnot saatiin käsiteltyä tavoitteen mukaisesti.

LÄHTEET

1. Laajakaistaliittymät vuosina 2007-2012. 2012. Saatavissa: http://pxweb2.stat.fi/Dialog/varval.asp?ma=010_vimar_tau_101&ti=Puhelin-+ja+laajakaistapalvelut+2007-2012&path=../Database/StatFin/ttt/vimar/&lang=3&multilang=fi. Hakupäivä 6.4.2013.
2. Laajakaistayhteyksien nopeus ja saatavuus. 2013. Ficora. Saatavissa: <https://www.viestintavirasto.fi/internetpuhelin/toimivuus/nopeus.html>. Hakupäivä 13.3.2013.
3. Granlund, Kaj 2007. Tietoliikenne. Porvoo: Docendo.
4. Laajakaista. 2008. Liikenne- ja viestintävirasto. Saatavissa: <http://www.lvm.fi/web/fi/laajakaista>. Hakupäivä 27.3.2013.
5. Paananen, Juha 2005. Tietotekniikan peruskirja. Porvoo: Docendo.
6. DSL liityntäverkkotekniikan kohdeohjeistus. 2012. DNA Oy.
7. Wikipedia. 2013. Vapaa tietosanakirja. <http://fi.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Etusivu>. Hakupäivä 25.3.2013.
8. Evans, Paul 2009. Ericsson claiming a major breakthrough in broadband - 500Mbit/s over copper lines. Saatavissa: <http://www.gizmag.com/ericsson-vdsl2-500mbits/11296/>. Hakupäivä 17.3.2013.
9. Ginsburg, David 2000. ADSL. Suom. Jani Ilkka. Helsinki: Edita.
10. ADSL2 AND ADSL2+ THE NEW ADSL STANDARDS. 2002. Aware. Saatavissa: <http://www.scribd.com/doc/53496027/2942-File-Adsl-Aware>. Hakupäivä 6.3.2013.
11. Taajuudet. 2012. Ficora. Saatavissa: <https://www.viestintavirasto.fi/taajuudet.html>. Hakupäivä 13.4.2013.

12. VDSL2 The Ideal Access Technology for Delivering Video Services Revision 2. 2006. Aware. Saatavissa: http://www.aware.com/dsl/whitepapers/wp_vdsl2.pdf. Hakupäivä 1.3.2013.
13. Lawrence, Harte 2004. Introduction to Transmission Systems, POTS, ISDN, DLC, DSL, OCx Systems and Technologies, esittely. Saatavissa: <http://www.althosbooks.com/intotrsypois.html#Description>. Hakupäivä 2.4.2013.
14. Willa, Kirsi – Uusitupa, Seppo 1998. Tietoliikenneaapinen: Teletekniikkaa ymmärrettävästi. Tampere: Otatieto.
15. Odom, Wendell 2005. Tietoverkot: Perusteet. Helsinki: IT-press. Granlund, Kaj 2007. Tietoliikenne. Porvoo: Docendo.
16. Kaapelit. 2008. Prysmian Finland Oy. Saatavissa: <http://www.draka.fi>. Hakupäivä 13.4.2013.