



OPTINEN TIEDONSIIRTO KUITUVERKOSSA

Juuso Raatikainen

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2011
Sähkötekniikka koulutusohjelma
Talotekniikan suuntautumisvaihtoehto
Tampereen ammattikorkeakoulu

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tampere University of Applied Sciences

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikka koulutusohjelma
Talotekniikan suuntautumisvaihtoehto

Juuso Raatikainen

Opinnäytetyö 62 sivua, liitteet 5 sivua
Huhtikuu 2011

Tämä opinnäytetyö käsittelee optisten kuitujen ja optisten liityntäverkkojen toimintaa sekä rakennetta. Työn tarkoituksena on antaa monipuolinen kuva liityntäverkkoista ja niiden ominaisuuksista.

Työssä käsitellään optista tiedonsiirtoa kuidussa. Työssä on kerrottu optisen tiedonsiirron pääperiaatteista, optisten liityntäverkkojen rakenteesta, kuidun jatkamisesta ja päättämisestä sekä verkonmittaamisesta ja tulosten analysoinnista. Työssä kerrotaan myös työturvallisuudesta sekä optisiin kuitujärjestelmiin liittyvistä määräyksistä ja standardeista.

Optinen liityntäverkko soveltuu sekä yritys- että yksityiskäyttöön ja mahdollistaa suurinopeuksisten verkkojen toteuttamisen.

Avainsanat: optinen kuitu, liityntäverkko, tiedonsiirto

ABSTRACT

TAMK University of Applied Sciences
Department of Electrical Engineering
Building Services Engineering

Juuso Raatikainen

Bachelor's thesis 62 pages, appendices 5 pages
April 2011

This thesis deals with structure and function of optical fibers and optical access networks. The purpose of thesis was to provide comprehensive approach to properties of access networks.

The thesis consists main principles of the optical transmission, methods of terminating fiber cables and also analysis of the optical networks. More attention has been paid to safety at work and standards relating to optical fiber systems.

Optical access network is suitable for private and corporate needs.

Key words: optical fiber, access network, data transmission

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähköisen talotekniikan koulutusohjelma
Sähkötekniikka

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	5
2 OPTISEN TIEDONSIIRRON PÄÄPERIAATE JA TOIMINTA.....	6
2.1 Yksimuotokuidun dispersiot.....	7
2.2 Vaimennus	8
3 OPTISEN TIEDONSIIRRON OMINAISPIIRTEET JA EDUT.....	11
4 OPTISEN VALOKUIDUN JA KUITUKAAPELIN OMINAISUUDET, RAKENNE JA MATERIAALIT	13
4.1 Kuitujen optiset ominaisuudet	13
4.2 Valokuidun rakenne ja materiaali	14
4.3 Optisten kaapeleiden rakenteet.....	16
4.4 Kaapeleiden käsittely	19
5 OPTISTEN KUITUJEN PERUSTYYPIIT	21
6 OPTISEN TIEDONSIIRTOVERKON RAKENNE	24
6.1 Valokaapeliverkon rakenne ja osat	24
6.2 Verkkotopologiat	28
7 OPTISEN TIEDONSIIRTOVERKON LAITTEET JA LIITTIMET.....	31
7.1 Aktiiviset komponentit	31
7.2 Passiiviset komponentit.....	33
7.3 Päätelaitteet	34
7.4 Optiset liittimet.....	36
8 OPTISEN KUIDUN JATKAMINEN JA PÄÄTTÄMINEN	41
8.1 Jatkaminen hitsaamalla.....	41
8.2 Mekaaniset jatkokset.....	43
8.3 Optisten kuitujen päättäminen	44
9 OPTISEN KUITUKAAPELIN TYYPPIMERKINNÄT JA TUNNISTUSJÄRJESTELMÄT	45
10 TYÖTURVALLISUUS TYÖSKENNELLESSÄ KUITUJEN KANSSA.....	48
11 OPTISEN KUITUJÄRJESTELMÄN MÄÄRÄYKSET, STANDARDIT, OHJEET JA SUOSITUKSET	50
12 VERKON MITTAAMINEN JA TULOSTEN ANALYSOINTI	51
12.1 Mittalaitteet.....	51
12.1.1 Valokaapelitutka	51
12.1.2 Tehomittapari.....	52
12.2 Mittaustulosten raportointi ja dokumentointi	53
12.2.1 Raportointi	53
12.2.2 Dokumentointi.....	54
13 OPTINEN KUITU KOTIIN	56
14 YHTEENVETO	57
15 TERMISTÖ	58
LÄHTEET	60
LIITTEET	62

1 JOHDANTO

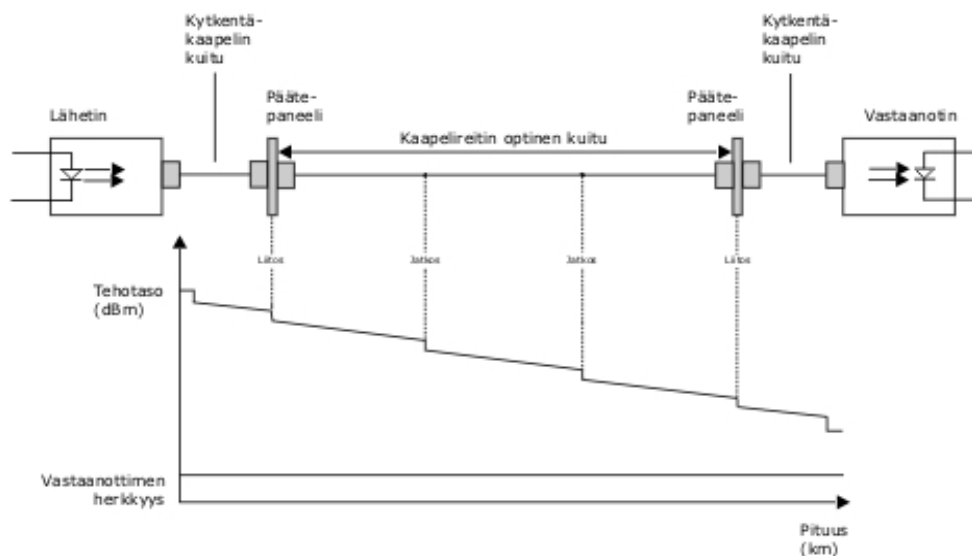
Opinnäytetyössä on käsitelty optisten kuitujen ja optisten liityntäverkkojen periaatteita sekä ominaispiirteitä. Työn tarkoituksena on pyrkiä selventämään optisten kuitujen ja liityntäverkkojen toimintaa ja toteuttamista.

Opinnäytetyön aihe on ajankohtainen, koska tiedonsiirtotekniikat kehittyvät nopeassa tahdissa ja laajakaistaiset tietoverkkoliittymät alkavat olemaan yhä useamman kodin vakiovaruste. Entisaikoina kuparikaapeloinnilla toteutetuista liityntäverkoista on jo nyt puristettu irti kaikki mahdolliset siirto-ominaisuudet. Edessä oleva teknologiamuutos ajaa väistämättä siihen, että perinteinen kuparikaapelointi tulee väistymään vähitellen ja tilalle saadaan langattomia ratkaisuja sekä optisia liityntäverkkoja.

Osallistuin työni puolesta Onninen Oy:n järjestämään koulutukseen, joka käsiteli optisia liityntäverkkoja. Idea tämän opinnäytetyön aiheesta syntyi tuolla kurssilla. Tämä opinnäytetyö pyrkii tarjoamaan optisista kuiduista ja liityntäverkoista kiinnostuneille henkilöille tietoa aiheeseen liittyen.

2 OPTISEN TIEDONSIIRRON PÄÄPERIAATE JA TOIMINTA

Optisessa tiedonsiirrossa signaali siirretään optista kuitua pitkin lähettimestä vastaanottimeen valon muodossa. Lähetin muuntaa siirrettävän sähköisen signaalin valon muotoon ja sovittaa sen optiseen kuituun. Vastaanotin taas muuntaa vastaanotetun valon sähköiseen muotoon signaalin jatkokäsittelyä varten. Optista kuitua pitkin siirtyvä valosignaali menettää osan tehostaan eli vaimenee. Vaimennusta käsitellään tarkemmin luvussa 2.2. Kuituyhteyksissä on myös kuitujatkoksia, joissa syntyy lisävaimennusta. Valokaapelin kuidut on päätetty yhteyden molemmissa päissä optisen päätepaneelin liittimiin. Näin aikaansaadaan liitin rajapinnat, joihin kytkentäkaapeleita käyttäen kytketään lähetin tai vastaanotin. Näissäkin liitoksissa syntyy vaimennusta. Kaikki jatkokset ja liitokset aiheuttavat myös jonkin verran etenevän valon heijastuksia takaisin paluusuuntaan. Valon etenemisestä kuidussa kerrotaan luvussa 4.2 tarkemmin. Kuviossa 1 on esitetty optisen tiedonsiirron pääperiaate. (Onninen Oy 2008, 11.)



Kuvio 1. Optisen tiedonsiirron pääperiaate (FNE-Finland Oy 2006)

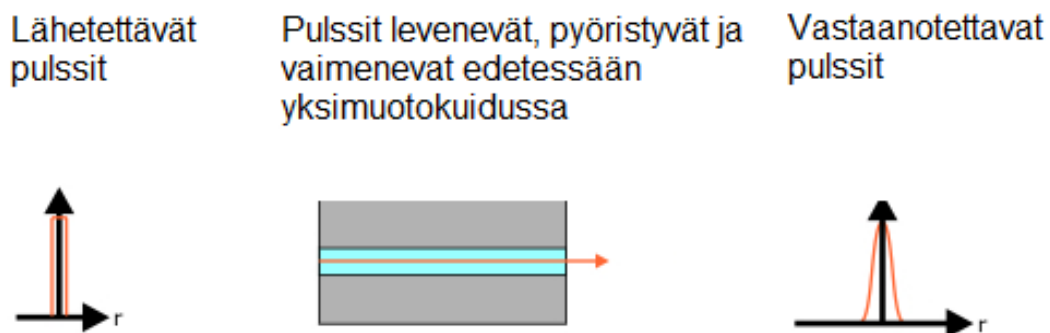
Kuidun vaimennuksesta, jatkosvaimennuksista ja liitosvaimennuksista koostuu tiedonsiirtoyhteyden kokonaisvaimennus. Lähettimestä lähetetty optinen teho pienenee yhteydellä kokonaisvaimennuksen verran. Vastaanotin tunnistaa

vastaanotettavan pienentyneen tehotason vain, jos tehotaso on riittävän suuri. Kaistanleveys, lähettimen tehotaso, yhteyden kokonaisvaimennus ja vastaanottimen herkkyys ovat olennaisimmat asiat yhteyden kannalta. Kaistanleveys ilmoittaa suurimman yhteydellä siirrettävän taajuuden, joka puolestaan määrää digitaalisen siirron suurimman siirtonopeuden. Kaistanleveys riippuu kuidun ominaisuuksista, jotka ovat monimuotokuidun kaistanleveys ja yksimuotokuidun dispersio. (Onninen Oy 2008, 12.)

2.1 Yksimuotokuidun dispersiot

Kromaattinen dispersio

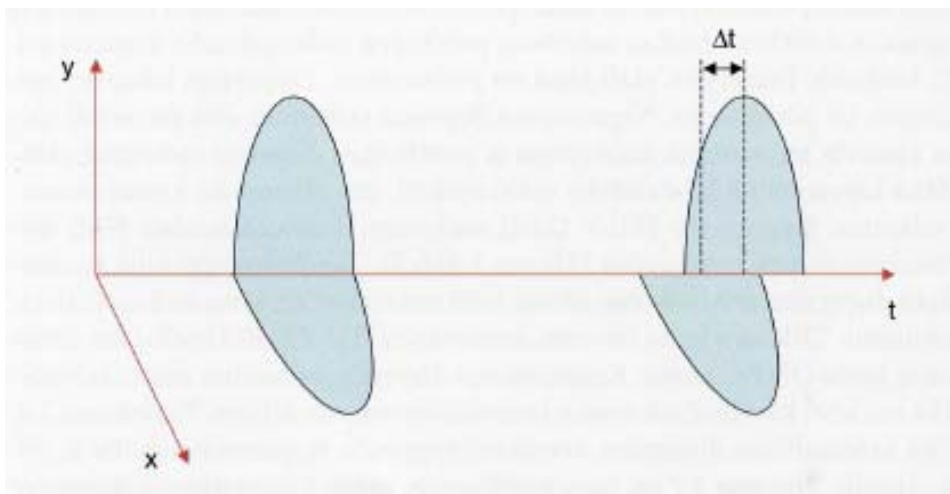
Kromaattinen dispersio koostuu materiaalidisversiosta ja aaltojohtodispersiosta, ja tämä on yksimuotokuitujen merkittävin dispersio. Kun valosignaalin sisältämät hiukan toisistaan poikkeavat aallonpituudet etenevät kuidussa eri nopeuksilla, syntyy kromaattista dispersiota. Se aiheuttaa valopulssin levenemistä, kuten kuviossa 2 näkyy. Dispersion lukuarvo voi olla negatiivinen tai positiivinen, ja yksikkönä on ps/(nm \times km). Positiivinen dispersio tarkoittaa, että lyhyemmät aallonpituudet etenevät nopeammin kuin pidemmät ja negatiivinen dispersio tarkoittaa päinvastaista. Sitä vähemmän kromaattinen dispersio vaikuttaa, mitä kapeampi on lähetettävän valon spektri. (Onninen Oy 2008, 31.)



Kuvio 2. Kromaattinen dispersio aiheuttaa valopulssin levenemistä (mukaillen FNE-Finland 2006)

Polarisaatiomuotodispersio (PMD)

Kromaattisen dispersian lisäksi yksimuotokuidussa esiintyy myös toinen dispersian muoto: polarisaatiomuotodispersio. Polarisaatioidispersiossa valo etenee yksimuotokuidussa kahdessa eri polarisaatiomuodossa. X- ja Y-suuntaan etenevillä valonsäteiden komponenteilla on hiukan erisuuriset nopeudet, kuten kuvio 3 voidaan havaita. Erisuuriset nopeudet aiheuttavat kulkuai-kaeroa, jota kutsutaan polarisaatiomuotodispersioksi. (Onninen Oy 2008, 31.)



Kuvio 3. Eri polarisaatiomuodoissa X- ja Y-suuntaan etenevillä valonsäteiden komponenteilla on hiukan erisuuriset nopeudet. Tämä aiheuttaa kulkuai-kaeroa, jota kutsutaan polarisaatiomuotodispersioksi. (Onninen Oy 2008, 32)

Polarisaatiomuotodispersian suuruus riippuu kuidun geometriasta sekä mekaanisista jännitystiloi-ista. Näin ollen polarisaatioidispersian esiintymiseen ja sen suuruuteen vaikuttavaa kaapelirakenne ja kaapeliin kohdistuvat rasitukset. (Onninen Oy 2008, 31.)

2.2 Vaimennus

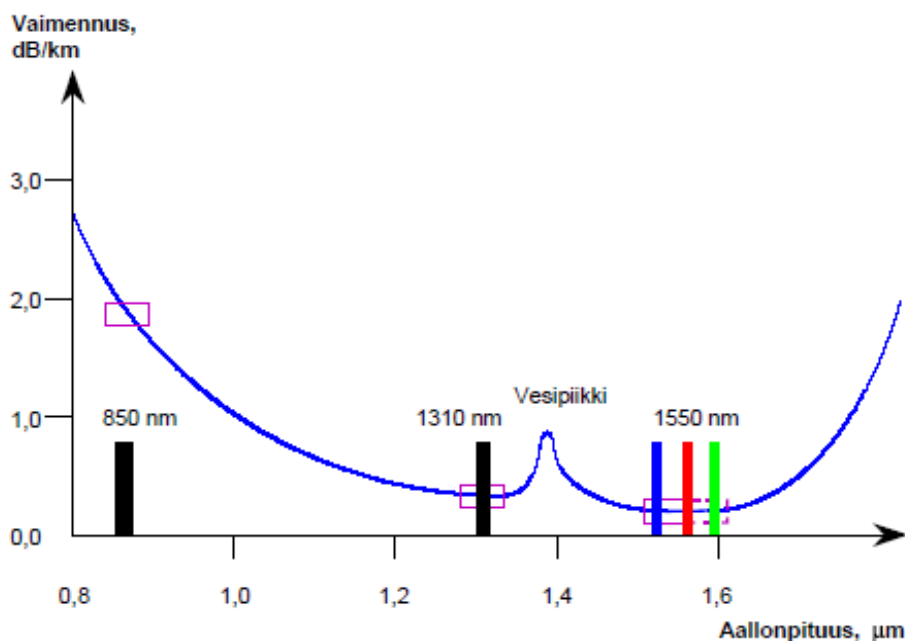
Vaimennuksella tarkoitetaan kuidussa etenevän valotehon pienenemistä. Vaimennuksen yksikkönä käytetään dB/km. Kuidun vaimennus aiheutuu pääasiassa kahdesta eri seikasta: absorptiosta ja sironnasta. Absorptiolla tarkoitetaan

kuidussa olevien epäpuhtauksien sekä infrapuna-alueen (IR) ja ultraviolettialueen (UV) aiheuttamaa valotehon imeytymistä. Sironnalla puolestaan tarkoitetaan kuidussa mikroskooppisen pienien taitekerroinerojen aiheuttamaa heijastumista kaikkiin suuntiin. Rayleigh-sironnan perusteella määräytyy epäpuhtauksista ja muista absorptioista vapaan kuidun vaimennuksen alaraja, joka on aallonpituudella 1550 nm noin 0,16 dB/km. Kvartsilasista valmistetun kuidun vaimennus riippuu aallonpituudesta kuvion 4 mukaisesti. (Onninen Oy 2008, 28.)

Tiedonsiirrossa on käytössä kolme aallonpituusaluetta eli ikkunaa, jotka ovat:

- 850 nm:n alue
- 1310 nm:n alue ja
- 1550 nm:n alue (Onninen Oy 2008, 29).

Näkyvän valon aallonpituusalue on 350–700 nm. Kuten kuviosta 4 käy ilmi, on välillä 800–1700 nm alue, jossa vaimennus on pieni. Vaimennusta lisää lyhemmillä aallonpituuksilla UV-absorptio ja pidemmällä IR-absorptio. OH⁻ -ionista johtuvaa vaimennuspiikkiä 1310 nm:n ja 1550 nm:n alueiden välissä kutsutaan ns. vesipiikiksi. (Onninen Oy 2008, 30.)



Kuvio 4. Kuidun vaimennuksen periaatekuva ja käytetyt aallonpituusalueet eli ikkunat (Helkama Bica Oy 2004, 23)

Monimuotokuituja käytetään 850 nm:n ja 1310 nm:n alueilla. Yksimuotokuituja puolestaan käytetään 1310 nm:n ja 1550 nm:n alueilla, mutta alhaisen vesipiikin omaava yksimuotokuitu mahdollistaa myös 1310 nm:n ja 1550 nm:n välisen aallonpituusalueen käytön. Alhaisen dispersion yksimuotokuitu puolestaan mahdollistaa 1550 nm:n alueen yläpuolella olevan alueen käytön, kuten kuviossa 4 katkoviivalla rajattu alue esittää. (Onninen Oy 2008, 29.)

Kuidun makrotaipumat (säde > 1 mm) ja mikrotaipumat (säde < 1 mm), vety sekä radioaktiivinen säteily lisäävät myös kuidun vaimennusta. Nämä ns. lisävaimennusta aiheuttavat tekijät pyritään minimoimaan tai eliminoimaan kokonaan tarkoituksenmukaisilla kaapelirakenteilla ja oikeilla asennusmenetelmillä. (Onninen Oy 2008, 30.)

3 OPTISEN TIEDONSIIRRON OMINAISPIIRTEET JA EDUT

Sähköiseen tiedonsiirtoon verrattuna optisella tiedonsiirrolla on ylivoimaisia ominaisuuksia niin siirtotekniikan kannalta kuin myös valokaapelin muiden ominaisuuksien ansiosta. Optisen kuidun tiedonsiirtokyky on suuri. Suurin siirrettävä nopeus ja siirtoetäisyys riippuvat yhteyden vaimennuksesta, kaistanleveydestä sekä lähetin- ja vastaanotinkomponenttien ominaisuuksista. Kuidun ylivoimaiset siirtotekniset edut kuparijohtimisiin kaapeleihin sekä kaapelijärjestelmiin nähden ovat pieni vaimennus ja suuri kaistanleveys. Tämän lisäksi verkon nopeutta voidaan kasvattaa vaihtamalla verkon komponentit tehokkaampiin. (Onninen Oy 2008, 12.)

Kuidun yleisin materiaali lasi on sähköisesti eriste. Tämän ansiosta optinen tiedonsiirto on täysin vapaa kaikenlaisilta sähkömagneettisilta häiriötekijöiltä. Lasi ei ole altis häiriöille eikä myöskään aiheuta niitä itse. Optinen kuitu on tunnetton sähköverkon tai ukkosen aiheuttamille ylijännitteille. Näin ollen se soveltuukin erinomaisesti moniin tiedonsiirtosovelluksiin, joissa edellä mainitut asiat tuottavat ongelmia kuparikaapeleita käytettäessä. Näistä esimerkkeinä voidaan mainita sähköisesti vaaralliset tai häiriöiset ympäristöt, räjähdysvaaralliset tilat ja ukkosköysisovellukset (OPGW). Lisäksi optista kuitua on mahdoton salakuunnella. (Onninen Oy 2008, 12.)

Optisen kuidun edut kiteytettynä:

- soveltuu tietoliikenneverkkojen kaikille tasoille,
- tukee hyvin uusia tekniikoita ja palveluita,
- mukautuu hyvin kasvavan kapasiteettitarpeen mukaan sekä
- voidaan rakentaa luotettavia yhteyksiä ja verkkoja (Onninen Oy 2008, 13).

Optisen kuidun pieni koko ja sen materiaali (lasi) tuovat mukanaan myös joitakin haittatekijöitä. Ohuiden kuitujen käsittely vaatii tarkkuutta ja huolellisuutta. Materiaalisilta ominaisuuksiltaan lasi on hyvin erilainen kuin metalli, koska siltä

puuttuu lähes kokonaan elastiset ominaisuudet. Lasin käyttäminen ei kuitenkaan tuota ongelmia, mikäli lasin ominaisuudet otetaan huomioon asianmukaisilla suojarakenteilla ja oikealla käsittelyllä. (Onninen Oy 2008, 13.)

4 OPTISEN VALOKUIDUN JA KUITUKAAPELIN OMINAISUUDET, RAKENNE JA MATERIAALIT

4.1 Kuitujen optiset ominaisuudet

Kuitujen tärkeimpiä optisia ominaisuuksia ovat:

- vaimennus (monimuoto- ja yksimuotokuitu, joista kerrotaan luvussa 5),
- kaistanleveys (monimuotokuitu) tai dispersio (yksimuotokuitu),
- raja-aallonpituus (yksimuotokuitu) sekä
- numeerinen aukko (monimuotokuitu), josta kerrotaan luvussa 4.2 (Onninen Oy 2008, 27).

Seuraavassa taulukossa (taulukko 1) on esitetty monimuoto- ja yksimuotokuidulle tyypillisiä optisia ominaisuuksia.

Taulukko 1. Monimuoto- ja yksimuotokuidun tyypillisiä optisia ominaisuuksia (Helkama Bica Oy 2004, 22)

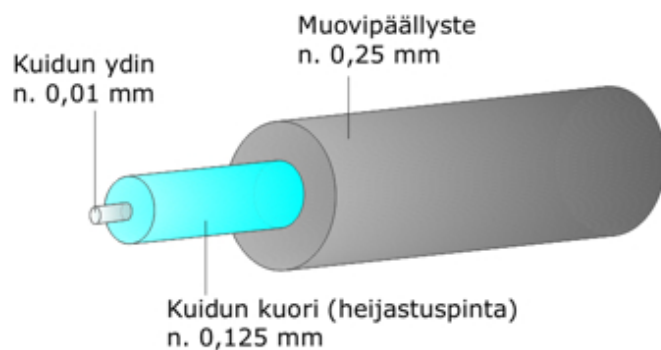
Monimuotokuidut	62,5/125 μm (GK)	50/125 μm (GI) (ITU-T G.651)	100/140 μm (GN)
Vaimennus			
825...875 nm	$\leq 3,5$ dB/km	$\leq 2,7$ dB/km	$\leq 4,5$ dB/km
1270...1340 nm	$\leq 1,0$ dB/km	$\leq 0,8$ dB/km	$\leq 2,0$ dB/km
Kaistanleveys			
825...875 nm	≥ 200 MHz·km	≥ 400 MHz·km	≥ 100 MHz·km
1270...1340 nm	≥ 500 MHz·km	≥ 600 MHz·km	≥ 100 MHz·km
Numeerinen aukko	0,28	0,20	0,29

Yksimuotokuidut	Standardikuitu (SM) (ITU-T G.652)	Alhaisen dispersiön kuitu (ITU-T G.655)
Vaimennus		
1285...1330 nm	$\leq 0,43$ dB/km	–
1525...1575 nm	$\leq 0,28$ dB/km	$\leq 0,28$ dB/km
Kromaattinen dispersio		
1285...1330 nm	$\leq 3,5$ ps/(nm·km)	–
1530...1565 nm	≤ 18 ps/(nm·km)	0,1...6 ps/(nm·km)
Raja-aallonpituus	≤ 1260 nm	≤ 1470 nm

4.2 Valokuidun rakenne ja materiaali

Optinen kuitu koostuu ytimestä, heijastuspinnasta sekä pinnoitteesta, kuten kuviossa 5 nähdään. Valokuitu on läpinäkyvä dielektrinen johdin, jota käytetään optisella taajuusalueella olevien elektromagneettisten aaltojen siirtoon (Viestintävirasto 2006, 5.)

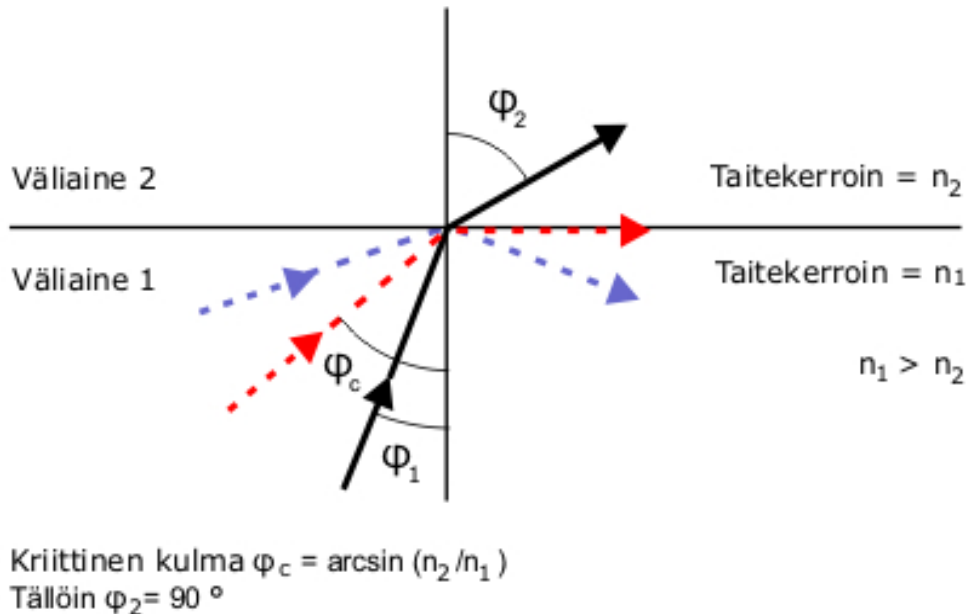
Optisen kuidun valmistusmateriaalina käytetään yleensä puhdasta ja tasalaa-
tuista kvartsiittilasista tai akryylimuovia (POF, plastic optical fiber), jotka johtavat hyvin valoa. Ydin ja heijastuspintana toimiva kuori on valmistettu samasta aineesta. Lasista valmistettu kuitu on halkaisijaltaan vain noin 0,1-0,2 mm, eli johdin on hiustakin ohuempi. Muovikuiduista taas voidaan tehdä halkaisijaltaan suurempia 0,75-1 mm kuituja, joten muovista valmistettujen kuitujen käsitteleminen on helpompaa kuin lasista valmistettujen. Tiedonsiirtoon käytetään kuitenkin pääasiassa lasista valmistettuja kuituja ja muovikuidut on lähinnä tarkoitettu sisustusvalaistuksen luomiseen asunnoissa eikä niinkään vaativiin tiedonsiirtototeutuksiin. (FNE-Finland Oy 2006.)



Kuvio 5. Optisen kuidun rakennekuva (FNE-Finland Oy 2006)

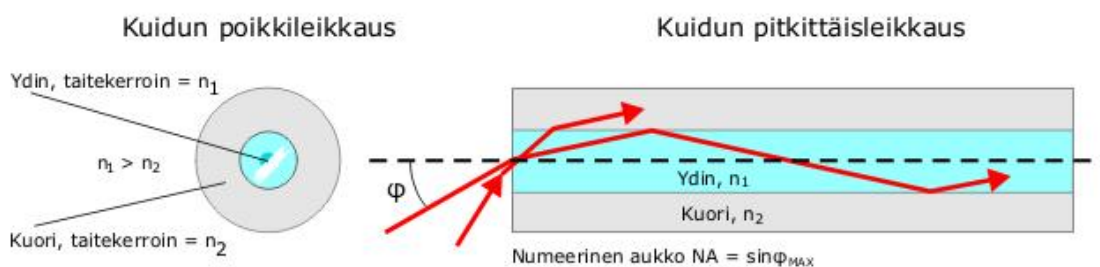
Kuitujen siirto-omaisuudet perustuvat valon kokonaisheijastukseen kuidun ytimen ja kuorikerroksen välisessä rajapinnassa, joihin sovelletaan valon taittumis- ja heijastuslakeja (Viestintävirasto 2006, 5). Osuessa kahden taitekertoimeltaan erisuuruisen aineen rajapintaan riittävän pienellä tulokulmalla, valo taittuu kuvion 6 mukaisesti. Valosäteen tulokulman kasvaessa riittävän suureksi, taittuu valonsäde rajapinnassa pinnan suuntaiseksi. Tulokulman tästä vielä

kasvaessa, heijastuu valonsäde kokonaan takaisin rajapinnasta väliaineeseen samansuuruisessa kulmassa. Tätä ilmiötä kutsutaan kokonaisheijastukseksi ja kulmaa, jolla kokonaisheijastus tapahtuu, kutsutaan kriittiseksi kulmaksi. (FNE-Finland Oy 2006.) Kuviossa 6 on valon taittumisen lisäksi esitetty kriittisen kulman alue.



Kuvio 6. Snellin laki ja kriittinen tulokulma (FNE-Finland Oy 2006)

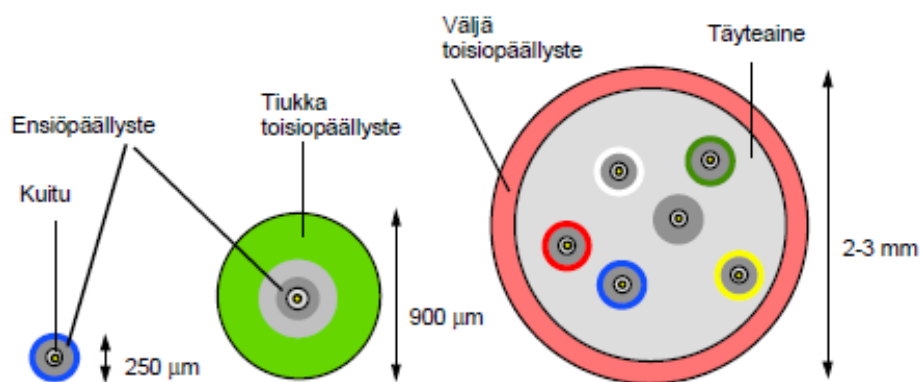
Kuviossa 7 on esitetty optisen kuidun toimintaperiaatteesta kuva kuidun poikkileikkauksista ja pitkittäisleikkauksista. Ytimen taitekerroin n_1 on suurempi kuin kuoren taitekerroin n_2 . Näin ollen valonsäteen tulokulman φ ollessa riittävän pieni kuidun akseliin nähden, tapahtuu ytimen ja kuoren rajapinnassa kokonaisheijastus ja tällöin valonsäde lähtee etenemään kuidun ytimessä. Suurimman sallitun tulokulman φ sinifunktiota kutsutaan numeeriseksi aukoksi (NA). (FNE-Finland Oy 2006.)



Kuvio 7. Optisen kuidun toimintaperiaate (FNE-Finland Oy 2006)

4.3 Optisten kaapeleiden rakenteet

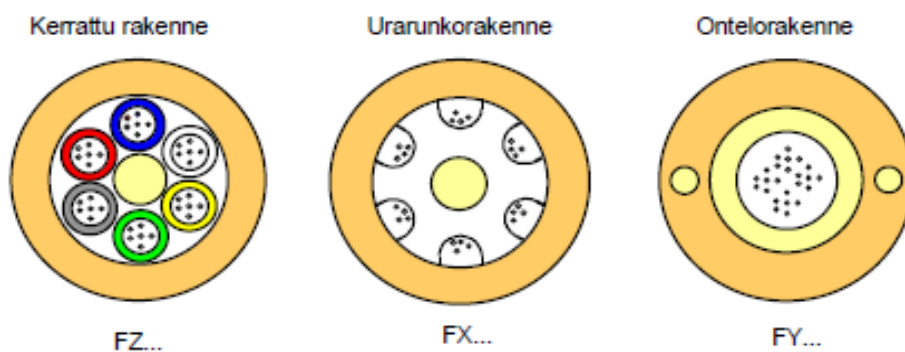
Kaapelirakenteen tehtävänä on suojata kuituja kaikenlaisilta rasituksilta. Näin ollen kaapelirakenteen suunnittelussa ja valinnassa on otettava huomioon monenlaisia vaatimuksia, kuten valmistuksesta, kuljetuksesta, varastoinnista, asennuksesta ja käytöstä aiheutuvat rasitukset. Lisäksi materiaalien tulee olla sopivia ja taloudellisesti edullisia. Valokaapeli voidaan rakenteensa puolesta jakaa seuraaviin osiin (kuvio 8): kuidut ja niiden suojaus, kaapelin sydänrakente, veto- ja lujite-elementti, täyteaine ja vaippa. (Onninen Oy 2008, 35.)



Kuvio 8. Valokaapeleiden rakenteet (Helkama Bica Oy 2004, 30)

Valokaapeleiden sydänrakenteet (kuvio 9) ovat:

- kerrattu rakenne
- ontelorakenne
- urarunkorakenne (Onninen Oy 2008, 37).



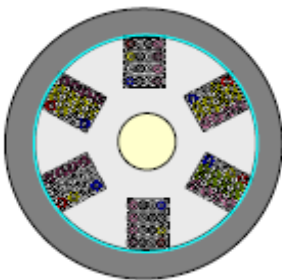
Kuvio 9. Valokaapeleiden sydänrakenteiden poikkileikkaukset (Helkama Bica Oy 2004, 31)

Toisiopäälystetyt kuidut tai kuituryhmät on kerratessa rakenteessa kerrattu samankeskisesti keskielementin ympärille. Sen mukaan onko kuitujen toisiopäälyste tiukka vai väljä, kutsutaan niitä vastaavasti tiukaksi tai väljäksi kerratuksi rakenteeksi. Kerratussa rakenteessa keskielementti toimii samalla kaapelin vetoelementtinä. (Onninen Oy 2008, 38.)

Urarunkorakenteessa muovitanko, jossa on pituussuuntaisia uria, muodostaa kaapelin sydämen. Urat kiertävät rungon ympäri joko jatkuvasuuntaisesti (heliikaalisesti) tai vaihtosuuntaisesti (SZ). Hyvä puristuslujuus ja rakenteen selkeys asennuksen kannalta ovat urarunkorakenteen etuja. Ensiöpäälysteiset kuidut ovat helposti saatavissa yksitellen tai ryhminä jatkamista ja päättämistä varten, koska kuidut sijaitsevat urissa väljästi. Samalla lailla kuin kerratessa rakenteessa myös urarunkorakenteessa rungon keskellä on kaapelin vetoelementti. (Onninen Oy 2008, 38.)

Ontelorakenne muodostuu putkesta, jossa ensiöpäälystetyt kuidut kulkevat väljästi. Kuidut on ryhmitelty ontelorakenteessa helposti tunnistettaviksi. Vaipan ja sydämen välissä olevalla lujitekerroksella tai vaipassa olevilla vetoelementeillä saadaan aikaan riittävä vetolujuus. Ontelon rakenteella ja eri muodoilla voidaan vaikuttaa kaapelin mekaanisiin ominaisuuksiin. (Onninen Oy 2008, 37.)

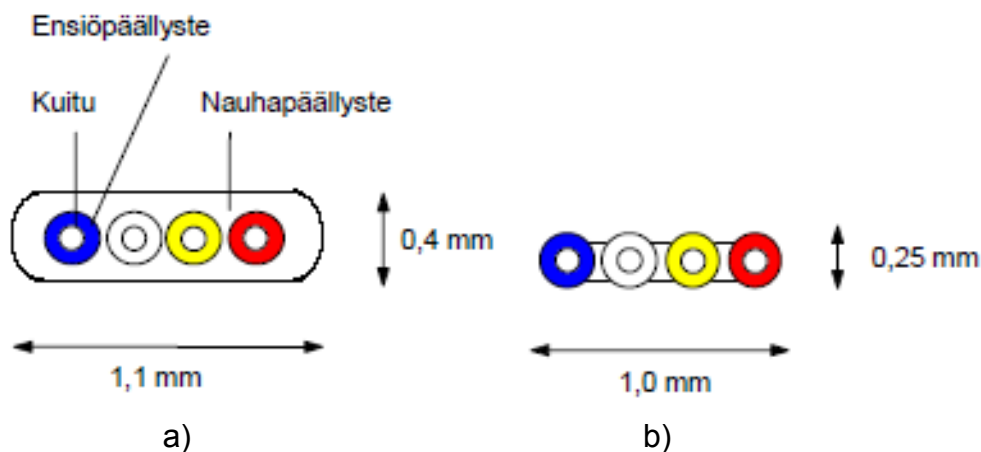
Kuitunauhakaapelin (kuvio 10) sydänrakenne voi olla joko kerrattu, ontelo- tai urarunkorakenne. Yleisin kuitunauhakaapeleissa käytettävä rakenne on urarunkorakenne, joka mahdollistaa kuitunauhojen suuren pakkaustiheyden, selkeän rakenteen ja hyvän suojauksen. (Onninen Oy 2008, 37-38.)



Kuvio 10. Kuitunauhakaapelin poikkileikkaus (Helkama Bica Oy 2004, 32)

Kuidut ja niiden suojaus

Kuidut suojataan ensiöpäälysteellä jo valmistusvaiheessa, jossa materiaalina käytetään yleisesti akrylaattia. Ensiöpäälyste on tiukasti kuidussa kiinni ja se suojaa kuitua naarmuuntumiselta ja kosteudelta. Hermeettistä kuitua käyttämällä voidaan estää vedyn ja kosteuden pääsy kuituun. Hermeettisessä kuidussa kuoren päällä on ohut hiili- tai metallikerros. Ensiöpäälysteen lisäksi kuidun suojana käytetään toisiopäälystettä tai muuta toisiosuojausta. Toisiopäälyste voi olla tiukka tai väljä. Tiukka päälyste on ensiöpäälysteessä suoraan kiinni oleva yksi- tai kaksikerroksinen polymeeripäälyste. Väljä päälyste puolestaan on muoviputki, jonka sisällä kulkee yksi tai useampi ensiöpäälysteinen kuitu. Kerratuissa valokaapelirakenteissa käytetään pääasiassa tiukkaa ja väljää toisiopäälystettä. Kaapelisydämen muodostava putki toimii ontelorakenteessa samalla myös väljänä toisiopäälysteenä. Toisiosuojaus urarunkorakenteessa on mahdollista ilman putkea. Ensiöpäälystetyt kuidut sijaitsevat väljästi urarunkorakenteen urissa ja ne ovat niissä hyvin suojattuina. Kuitunauhassa kuidut ovat kiinni toisissaan vierä vieressä. Kuitunauha (kuvio 11) voi olla ympäriliimattu, teippituettu tai reunaliimattu ja siinä voi olla 2-24 kuitua. (Onninen Oy 2008, 35-36.)



Kuvio 11. Ympäriliimattu (a) ja reunaliimattu (b) kuitunauha (Helkama Bica Oy 2004, 30)

4.4 Kaapeleiden käsittely

Kaapeleita käsiteltäessä ja asennettaessa on otettava huomioon oikeat käsittelytavat sekä varovaisuus ja huolellisuus. Kaapelikelat tulee varastoida ja kuljettaa pystyasennossa. Kelaa pyöritettäessä on huomioitava oikea pyörimissuunta laipassa olevan nuolen suuntaisesti, jotta kelalla olevat puolauserrokset pysyvät järjestyksessä löystymättä. Kaapeleiden suojaukset poistetaan vasta juuri ennen asennusta, jotta kaapelit eivät vahingoitu ennen tätä. Kaapeliniput säilytetään ja kuljetetaan vaaka-asennossa. Lisäksi on varottava, ettei nipussa olevaan kaapeliin synny liian jyrkkiä taivutuksia. Varastoitaessa kaapeleita ulkona on ne suojattava suoralta auringonpaisteelta ja vedeltä. Kaapelin päät on syytä suojata, jotta kaapelirakenteisiin ei pääse vettä eikä likaa. (Helkama Bica Oy 2004, 42.)

Kelalta tai nipusta purkaminen on tehtävä ohjeiden mukaisesti, jotta vältetään sotkujen syntymiseltä. Kaapeli puretaan kelan yläpuolelta kelaa pyörittäen. Kaapelin liiallisen löystymisen estämiseksi jarrutetaan kelan pyörimistä tarvittaessa. Purettaessa kaapelia nipulta, on nippu pidettävä pystyasennossa ja sitä on pyöritettävä käsissä. (Helkama Bica Oy 2004, 42.)

Asennuksen kaikissa vaiheissa on erittäin tärkeätä noudattaa valmistajien antamia asennusohjeita sekä raja-arvoja. Tärkeimpiä asennussääntöjä ovat:

- noudattaa taivutussäteitä, vetovoimaa, puristusta ja lämpötilaa koskevia raja-arvoja,
- varoa kaapelin hankautumista ja painautumista karkeaa pintaa vasten teräviin kulmiin,
- välttää kaapeliin kohdistuvia iskuja ja nykäisyjä sekä
- estää kaapelin kiertyminen vedon aikana (Helkama Bica Oy 2004, 42.)

Kaapelin pienintä sallittua taivutussädettä on tärkeää noudattaa, koska liian jyrkkä taivutus voi vahingoittaa kaapelin rakenneosia. Kaapelin vaippa voi murtaa, kuitujen vaimennus voi lisääntyä tai kuidut voivat jopa katketa liiallisen taivutuksen seurauksena. Yleensä pienimmät mahdolliset taivutussäteet ilmoite-

taan kahdessa eri tilanteessa: asennuksen aikana ja lopullisessa asennuksessa. (Helkama Bica Oy 2004, 42.)

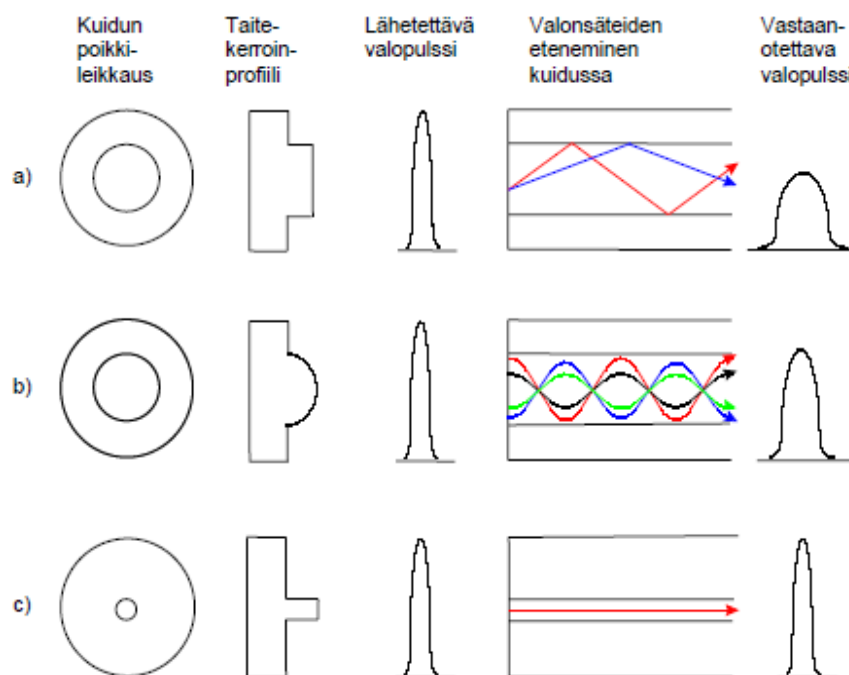
Kaapeleiden asennuslämpötilaa rajoittavat kaapeleiden muovien ja muiden orgaanisten materiaalien kylmänkestävyys. Muovit haurastuvat ja kovettuvat lämpötilan laskiessa ja kaapelin mekaaninen vaurioitumisherkkyys lisääntyy. Valmistajat ilmoittavat pienimmän sallitun asennuslämpötilan kaapeilleen. Jotta kuituihin ei kohdistuisi asennuksen aikana liian suurta vetorasitusta, on noudatettava suurinta sallittua vetovoimaa. Vetovoima riippuu kaapelin veto- ja lujite-elementeistä. Valmistajan kaapelikohtaisesti ilmoittama vetovoima on tiedettävä, kun lasketaan suurinta sallittua kaapelin vetopituutta. Sitä on seurattava ja noudatettava asennuksen aikana. (Helkama Bica Oy 2004, 43.)

Kaapeleiden täytyy kestää riittävästi puristusta ilman, että kuituihin syntyy jännitystä ja mikrotaipumaa. Nämä lisäävät vaimennusta ja lyhentävät kuitujen elinikää. Yleensä puristuslujuus ilmoitetaan puristusvoimana puristettaessa kaapelia tasaista alustaa vasten 100 mm pitkällä laatalla tai halkaisijaltaan 25 mm sauvalla. Testit on määritelty standardissa EN 187 000, testi 504. (Helkama Bica Oy 2004, 43.)

5 OPTISTEN KUITUJEN PERUSTYYPIT

Optiset kuidut jaotellaan eri tyyppihin sen mukaan, millainen taitekerroinprofiili kuidussa on ja miten valo sen perusteella etenee. Yleisimmät kuitutyyppit ovat moni- ja yksimuotokuidut, joita molempia on useita eri tyyppisiä. Valon etenemisen kannalta alla olevassa kuviossa 12 on havainnollistettu kolme eri kuitutyyppiä:

- askelkuitu eli askeltaitekertoiminen monimuotokuitu (Step index multimode fibre),
- asteittaiskuitu eli asteittaistaitekertoiminen monimuotokuitu (Graded index multimode fibre) sekä
- yksimuotokuitu (Single-mode fibre) (Onninen Oy 2008, 23.)



Kuvio 12. Askelkuidun (a), asteittaiskuidun (b) ja yksimuotokuidun (c) toiminnan periaatteet (Helkama Bica Oy 2004, 19)

Tiedonsiirrossa askelkuitua ei nykyään käytetä juuri lainkaan, mutta sen periaate on hyvä esittää havainnollisuuden vuoksi (Onninen Oy 2008, 23).

Askelkuidussa taitekerroin muuttuu ytimen ja kuoren rajapinnassa hyppäyksellisesti. Kuidussa etenee monta eri muotoa kukin eri kulmissa heijastellen, koska ytimen halkaisija on huomattavasti suurempi kuin käytetyn valon aallon pituus. Kuidussa edetessään pulssi levenee, koska valopulssin eri etenemis-komponenteilla on eripituinen matka kuljettavanaan eli syntyy muotodispersioita. Matkalla osa valotehosta häviää ja syntyy vaimennusta. (Onninen Oy 2008, 23-24.)

Asteittaiskuidussa taitekerroin muuttuu ytimessä asteittaisesti kuorta kohti poikkileikkauksen säteen suunnassa. Näin valon säteet kulkevat vähitellen taittuen eikä jyrkästi heijastuen, kuten askelkuidussa. Valo etenee asteittaiskuidussa useissa eri muodoissa, kuitenkin siten, että valon nopeus on suurempi ytimen reunoilla kuin keskiosassa. Tästä johtuen erot eri muotojen etenemisajoissa eli muotodispersiot ovat pienempiä kuin askelkuidussa. Vastaanotetun pulssin levenemä on pienempi kuin askelkuidussa, koska pidemmän matkan kulkevat valonsäteet kulkevat vastaavasti nopeammin. Näin myös vaimennus on asteittaiskuidussa pienempi. (Onninen Oy 2008, 24.)

Yksimuotokuidun ytimen halkaisija on niin pieni ja taitekerroin sellainen, että käytetyllä aallonpituudella etenee vain yksi muoto. Muotodispersioita ei yksimuotokuidulla esiinny lainkaan, mutta sillä esiintyy kromaattista dispersiota. Yksimuotokuidun vaimennus verrattuna monimuotokuituihin on erittäin pieni. Yksimuotokuidun ominaisuuksista johtuen osa valosta etenee myös kuoressa. Muotokentän halkaisija –nimitystä käytetään kuvaamaan sitä aluetta, jossa valo tehollisesti etenee yksimuotokuidussa. (Onninen Oy 2008, 24.)

Moni- ja yksimuotokuitujen erona on se, että monimuoto kuidussa voidaan viedä monimuotoisia signaaleita, kun taas yksimuotokuidussa kulkee vain yksimuotoinen signaali. Monimuoto kuidulla ei kuitenkaan saavuteta läheskään niin pitkiä siirtoetäisyyksiä kuin yksimuotokuidulla. Monimuoto kuiduilla siirtoetäisyydet jäävät satoihin metreihin kun yksimuoto kuidulla päästään useiden jopa kymmenien kilometrien siirtoetäisyyksiin. Edellä mainituista kuitutyypeistä yleisempi on yksimuotokuitu, joka mahdollistaa rajattoman tiedonsiirtonopeuden.

Ainoana esteenä rajattomaan tiedonsiirtoon on optisessa tiedonsiirrossa käytettävät komponentit, jotka asettavat tietyt rajoitukset. (Onninen Oy 2008, 24.)

Tärkeimpien nykyisin käytössä olevien optisten kuitujen tyypit ovat seuraavat:

Monimuotokuidut:

Tietotekniikan yleiskaapeloinnissa käytettävät standardien EN 50173-1 ja ISO/IEC 11801 mukaiset monimuotokuidut:

- kategoria OM1, tyypillisesti 62,5/125 μm ,
- kategoria OM2, tyypillisesti 50/125 μm sekä
- kategoria OM3, aina 50/125 μm (Onninen Oy 2008, 24).

Yksimuotokuidut:

Yksimuotokuitu (SM) ITU-T G. 652:

- tyyppimerkintä SM, mitat 9/125 μm ,
- tietotekniikan yleiskaapeloinnissa kategorian OS1 kuitu,
- perinteinen ja edelleen yleisin yksimuotokuitutyyppi televerkossa,
- versiot A, B, C ja D sekä
- versio D suositeltavin (tarkemmin seuraavassa kohdassa) (Onninen Oy 2008, 25).

Alhaisen vesipiikin (LWP) yksimuotokuitu ITU-T G.652.D

- lisää kapasiteettia alue- ja liityntäverkkoihin,
- sopii hyvin CWDM-käyttöön (harva aallonpituuskanavointi) sekä
- aallonpituudet 20 nm:n välein alueella 1270-1610 nm (Onninen Oy 2008, 25).

Alhaisen dispersion kuidut (NZDS) ITU-T G.655 ja ITU-T G.656

- sopivat erityisesti tiheään aallonpituuskanavointiin (DWDM),
- suuret nopeudet, pitkät etäisyydet ja DWDM-käyttö,
- aallonpituudet jopa 0,6 nm:n välein,
- optimoitu aallonpituuksille 1530-1565 nm (ITU-T G.655) tai 1460-1625 nm (ITU-T G.656) sekä
- epälineaariset ilmiöt minimoitu (Onninen Oy 2008, 25).

6 OPTISEN TIEDONSIIRTOVERKON RAKENNE

6.1 Valokaapeliverkon rakenne ja osat

Valokaapeliverkko koostuu rakennuksen tai kiinteistön sisäverkosta, valokaapeli- ja verkkopääteestä, optisesta liityntäverkosta sekä runkoverkosta. Kiinteistön sisäverkolla tarkoitetaan kiinteistön tai rakennuksen sisäistä viestintäverkkoa ja valokaapeli-/verkkopäätettä. Runkoverkolla puolestaan tarkoitetaan liityntäverkkoja yhdistävää tiedonsiirtoverkkoa. (FNE-Finland Oy 2006; Viestintävirasto 2006, 14.)

Optinen liityntäverkko

Optisella liityntäverkolla tarkoitetaan valokaapeleilla toteutettua verkkoa liityntäsolmulta viimeiseen valokaapelipäätteeseen ennen kiinteistön omaa viestintäverkkoa. Optinen liityntäverkko liittää asiakkaat ja heidän kiinteistöjensä sisäiset viestintäverkot osaksi yleistä viestintäverkkoa käyttäen optista kuitua siirtomediana. Liityntäverkot koostuvat valokaapeleiden sisältämistä tilaajakuiduista ja liityntäsolmuista. Tilaajakuitu on kokonaan asiakkaan tiedonsiirtoon tarkoitettu valokuitu, joka lähtee suoraan asiakkaalta verkko-operaattorin verkkoon. Verkon toteutuksesta riippuen optisessa liityntäverkossa saatetaan käyttää myös vahvistimia ja jaottimia. Liityntäverkko jatkuu talojakamoon, joka toimii yleisen viestintäverkon ja kiinteistön sisäisen viestintäverkon rajapintana. (Viestintävirasto 2006, 13.)

Ensiö- ja toisiojakamo

Ensiö- ja toisiojakamoilla aikaansaadaan vaiheittain haaroittuva verkkorakenne, jossa liityntäverkon kaapeloinnin toteutusta voidaan optimoida kuparisen puhelinverkon tapaan. Ensiöjakamon tehtävänä on optimoida jako- ja syöttökaapeli-

en pituudet sekä syöttökaapelien kuitujen käyttö vaiheittain sen mukaan, miten kuituliitännät aktivoituvat. Ensiöjakamon toiminnallinen merkitys kasvaa, kun verkko muutetaan myöhemmin ns. FTTB-rakenteesta FTTH-rakenteeksi. Tämä ilmenee etenkin silloin, kun tilaajakohtaiset kuidut ulottuvat liityntäsolmulle asti. (Viestintävirasto 2006, 14.)

Toisiojakamon tehtävänä puolestaan on optimoida jako- ja talokaapelien pituudet sekä jakokaappien kuitujen käyttö. Kiinteistön talojakamo voi toimia toisiojakamona ja se voi palvella eri rakennuksissa sijaitsevia alijakamoita usean talon kiinteistössä. Toisiojakamo voi myös olla sijoitettuna kortteliin palvelemaan useita saman korttelin kiinteistöjä. Toisiojakamo on tyypillisesti katujakokaappi, jossa sijaitsevat jakokaapelien ja talokaapelien väliset hitsausjatkokset. (Viestintävirasto 2006, 14.)

Talojakamo

Talojakamo on kiinteistön jakamo, jossa yleinen viestintäverkko ja kiinteistön sisäinen viestintäverkko liitetään yhteen ja näin syntyy verkkojen välinen rajapinta. Talojakamossa optisen liityntäverkon talokaapelit päätetään valokaapelipäätteeseen ja talojakamoon sijoitetaan tarvittavat optisen verkon aktiivilaitteet. Kerros- ja rivitaloissa talojakamoon päätetään kiinteistön sisäisen viestintäverkon nousukaapelit. Verkkojen yhteen liittäminen suoritetaan kaapelipäätteiden välisillä suorilla ristikytkennöillä tai aktiivilaitteiden kautta tehtävillä ristikytkennöillä. (Viestintävirasto 2006, 14.)

Syöttö-, jako- ja talokaapelit

Syöttö-, jako- ja talokaapeleita käytetään verkon eri osien yhdistämiseen. Syöttökaapeleilla ensiöjakamot yhdistetään liityntäsolmuun. Jakokaapeleilla yhdistetään toisiojakamot ensiöjakamoihin ja talokaapeleilla talojakamot toisiojakamoihin. Runkokaapeliniimitystä voidaan käyttää kaapeleista, joita käytetään

liityntäsolmujen tai liityntäsolmujen ja keskusten yhdistämiseen. (Viestintävirasto 2006, 14.)

Valokaapeli- ja verkkopääte

Valokaapelipääte on rakennukseen tulevan valokaapelin päättämiseen tarvittava kotelo tai vastaava rakenne, josta löytyy seuraavat toiminnalliset osat:

- valokaapelin vedonpoisto,
- metalliosien maadoitusmahdollisuus,
- pidikkeet kuitujatkossuojille,
- liittimellisten häntäkuitujen mekaaninen suoja,
- ylimääräpituuden varastointitila sekä
- rei'itetty levyrakenne liitinadaptereille (Viestintävirasto 2006, 14).

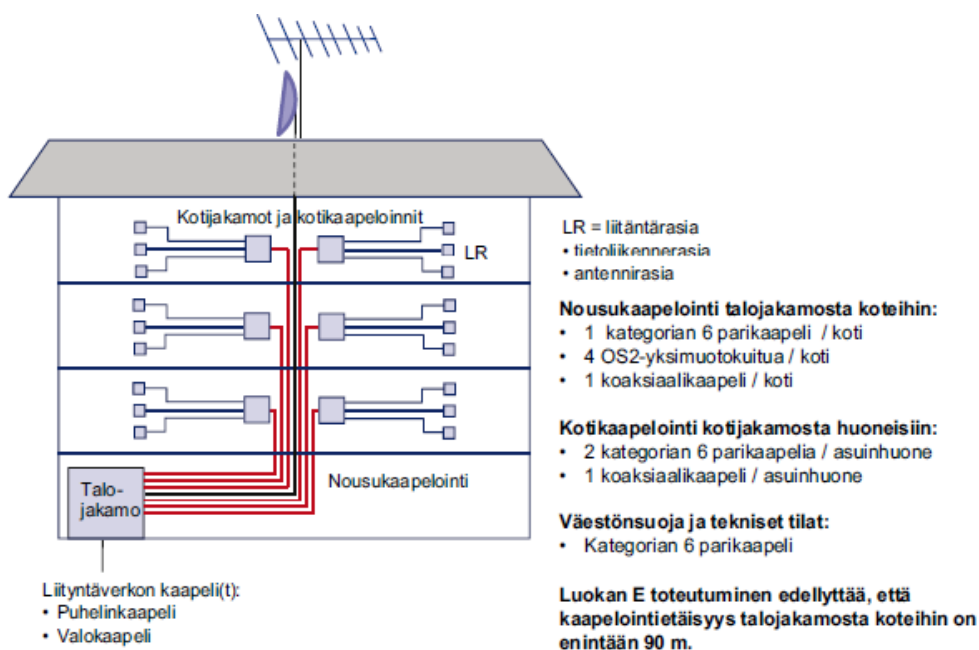
Liitinadapterit muodostavat valokaapeliverkon passiivisen rajapinnan, johon verkkopääte kytketään kytkentäkaapeleilla. Valokaapelin päätekotelot ja -paneelit ovat valokaapelipäätteitä. Rajoitetut valokaapelipäätteen toiminnot voivat olla integroituja yhteen verkkopäätteen kanssa. Tästä johtuen päätelaitteen vaihto voi johtaa valokaapelipäätteen uudelleen asentamiseen. (Viestintävirasto 2006, 14.)

Optinen verkkopääte on asiakaspään aktiivilaite, joka päättää kuituyhteyden ja muuntaa optisen signaalin sähköiseksi signaaliksi ja päinvastoin. Verkkopäätteestä voidaan käyttää myös termejä mediamuunnin tai tilaajapääte sekä lyhenteitä CPE (Customer Premises Equipment), ONU (Optical Network Unit) ja ONT (Optical Network Termination). Huoneistokohtaisesta verkkopäätteestä saadaan tyypillisesti puhelinverkkoliitäntä, Ethernet-liitäntä sekä antenniverkon yhteys. (Viestintävirasto 2006, 14.)

Kiinteistön sisäinen viestintäverkko

Kiinteistön sisäisellä viestintäverkolla (kuvio 13) tarkoitetaan kiinteistön tai rakennuksen sisäistä puhelin- tai yhteisantenniverkkoa tai yleiskaapeloinnilla toteutettua verkkoa. Kiinteistön sisäinen viestintäverkko voi olla toteutettu myös optisilla kuiduilla. Tällöin optinen liityntäverkko voi teknisesti jatkua aina huoneistoihin asti kiinteistön sisäisenä verkkona. Kerros- tai rivitaloihin toteutetussa FTTH-verkkomallissa kiinteistön nousukaapelointi päättyy kotijakamoon. Mikäli kerros- tai rivitaloihin tehdään FTTB-verkkorakenteen mukainen kaapelointi, on nousukaapelointi toteutettu kuparikaapelointina. Tässä tapauksessa optisen liityntäverkon aktiivilaitteet sijoitetaan talojakamoon. (Viestintävirasto 2006, 15.)

Kotijakamoon päätetään kotikaapelointi ja siihen sijoitetaan kodin tarvitsemat aktiivilaitteet, kuten optinen verkkopääte. Kerros- ja rivitaloissa kotijakamoon päätetään nousukaapelit, jolloin nousukaapeloinnin ja kotikaapeloinnin välinen rajapinta sijaitsee kotijakamossa. Omakotitaloissa talojakamo toimii yleensä kotijakamona, jossa tehdään kotikaapeloinnin ristikytkennät. (Viestintävirasto 2006, 15.)



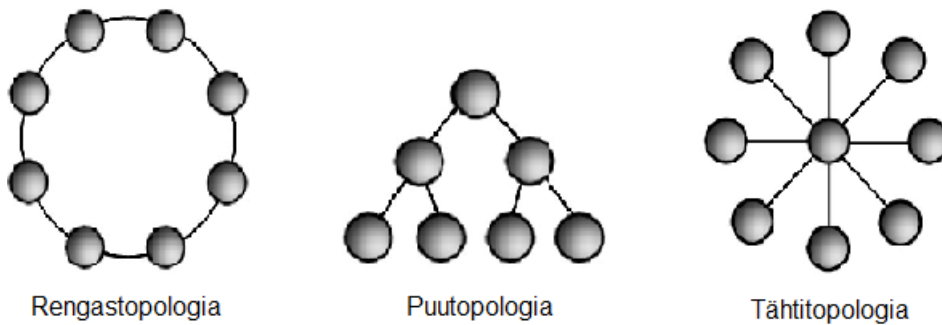
Kuvio 13. Kiinteistön sisäinen viestintä verkko (Sähköinfo Oy 2010)

Kotijakamon ja huoneiston liitännärasioiden välistä kaapelointia kutsutaan kotikaapeloinniksi. Tyypillisesti kotikaapelointi koostuu luokan E (kategoria 6) yleiskaapeloinnista ja koaksiaalikaapeloinnista. Luokan E yleiskaapelointi tukee tietoliikennesovelluksia ja koaksiaalikaapelointi antenniverkon sovelluksia. (Viestintävirasto 2006, 15.)

6.2 Verkkotopologiat

Valokaapeliverkon topologiat jaetaan kahteen ryhmään: kaapeli- ja kuitutopologioihin. Kaapelitopologia ilmaisee kaapelien reitityksen käytännössä ja on sitä kautta yhteydessä kanavien ja kaapelikaivantojen reititykseen sekä muuhun fyysiseen rakentamiseen ja maantieteelliseen sijaintiin. Kuitutopologia puolestaan kertoo kuinka optiset kuidut on kytketty kaapelien sisällä toisiinsa. Kuitutopologiaa käytetään kuvaamaan tiedonsiirtojärjestelmien vaatimuksia ja tarvittavia kuitumääriä. (Viestintävirasto 2006, 15.)

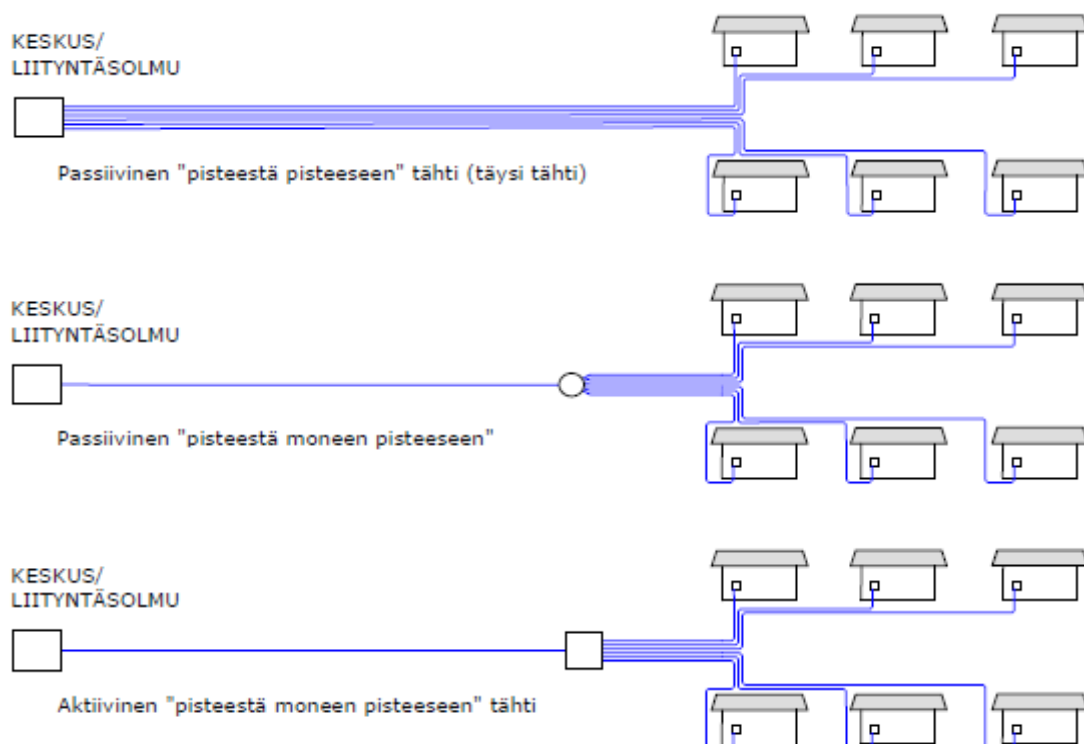
Kaapelitopologioita ovat rengas-, tähti- sekä puutopologiat, jotka on esitetty kuviossa 14. Rengastopologiassa laitteet yhdistetään toisiinsa niin, että ne muodostavat renkaan. Tällöin jokainen laite on yhdistettynä kahteen muuhun laitteeseen. Paketit kulkevat renkaassa, kunnes ne saavuttavat määränpänsä. Puutopologiassa keskussolmu on yhdistetty yhteen tai useampaan solmuun. Ensimmäinen solmu on ylimpänä hierarkiassa. Puutopologialla voidaan myös yhdistää tähtiverkkoja. Tähtitopologiassa laitteet yhdistetään keskuslaitteen avulla. Kaikki viestintä kulkee tähtitopologiassa keskuspuolesta kautta. Täysi tähti ja aktiivinen tähti –topologiat ovat hyvin samankaltaisia. Edellä mainittujen topologioiden ainoana erona on se, että aktiivisessa tähtitopologiassa kytkinten välinen liikenne on kanavoitu samoihin kuituihin sen sijaan, että jokaiselle asiakkaalle olisi varattu omat kuitunsa tälle matkalle. (FNE-Finland Oy 2006.)



Kuvio 14. Kaapelitopologiat (mukaillen FNE-Finland Oy 2006)

Kuitutopologioita ovat (esitetty kuviossa 15):

- passiivinen "pisteestä pisteeseen" tähti eli ns. täysi tähti,
- passiivinen "pisteestä moneen pisteeseen" eli passiivinen haaroittuva verkko PON (Passive Optical Network) sekä
- aktiivinen "pisteestä moneen pisteeseen" eli aktiivinen haaroittuva verkko (Viestintävirasto 2006, 15-16).



Kuvio 15. Topologia vaihtoehdot kuitutasolla esitettynä liityntäsolmun ja tilaajan välisellä osuudella (Viestintävirasto 2006, 16)

Edellä mainituilla kuitutopologioilla toteutetuissa liityntäverkoissa valokaapeli-pääteelle on oma kuituyhteys joko liityntäsolmulta, passiiviselta jaottimelta tai aktiiviselta tähtipisteeltä. Kuidut ovat tyypillisesti pitkillä yhteyksillä yhden tai kahden valokaapelin sisällä. Jakamossa kuidut hitsataan yhteen kullekin liittyn-nälle menevän kaapelin kuitujen kanssa. Kuitutopologia voidaan valita hyvin joustavasti yleisesti käytetyssä puutopologialla toteutetussa kaapeloinnissa. Se edellyttää kuitenkin sitä, että käytössä on riittävästi kuituja. Kuitutopologiat voi-daan valita edellä mainittujen topologioiden välillä kaapelitopologiaan puuttu-matta. Eri kuitutopologioita voidaan toteuttaa myös samanaikaisesti samalla kaapeloinnilla. (Viestintävirasto 2006, 16.)

Yleisin käytössä oleva topologia on täysi tähti –kuitutopologia, koska siitä voi-daan helposti muodostaa mikä tahansa muu kuitutopologia. Täysi tähti –topologian mukaisessa verkossa voidaan passiiviset jaottimet ja aktiivilaitteet keskittää samaan pisteeseen. Tämä on verkon huollon ja hallinnan kannalta selkeintä. (Viestintävirasto 2006, 16.)

7 OPTISEN TIEDONSIIRTOVERKON LAITTEET JA LIITTIMET

7.1 Aktiiviset komponentit

Kytkin

Kytkin on laite, jolla yhdistetään pakettikytkentäisen paikallisverkon osia. Kytkimiä toisiinsa yhdistämällä verkkoa voidaan laajentaa suuremmaksi. Tavallisimmin kytkimessä on kahdeksan, kuusitoista tai kaksikymmentäneljä porttia. Kytkimiä käyttämällä voidaan parantaa verkon suorituskykyä ja tietoturvallisuutta jakamalla eli segmentoimalla verkko pienempiin osiin. Virtuaalisia lähiverkkoja (VLAN) käyttämällä verkon jako ei ole sidottu fyysisiin kytkinlaitteisiin ja kaapelointeihin. Kytkimien avulla voidaan myös yhdistää toisiinsa samanlaisia, mutta eri nopeudella toimivia verkkoja. (FNE-Finland Oy 2006.)

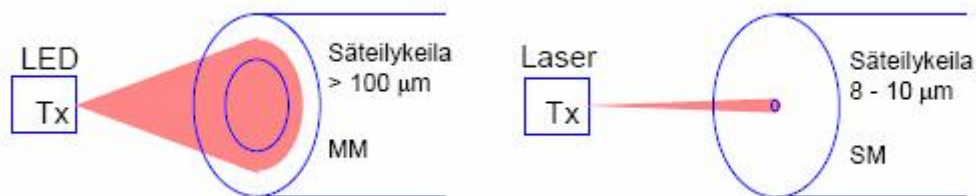
Reititin

Reititin on tietoverkkoja yhdistävä laite. Tehtävänä reitittimellä on välittää tietoa eri osien välillä tietoverkossa ja mahdollistaa tarvittaessa tietoliikenteen ohjaiminen johonkin muuhun suuntaan. Välitettävää liikennettä voidaan myös ohjata kulkemaan määränpäättä kohti suuremman välityskyvyn omaavaa reittiä. (FNE-Finland Oy 2006.)

Lähetin

Lähetinkomponentin tehtävänä on muuttaa sähköinen signaali valon muotoon ja syöttää se optiseen kuituun. Lähetinkomponentteina käytetään puolijohdetekniikkaan perustuvia led- ja laserkomponentteja. Tärkeimmät erot komponenttien välillä ovat laserin suurempi lähtöteho, kapeampi spektri ja pienempi nousuaika. Led-lähettimet sopivat lyhyille siirtoetäisyyksille ja pienille siirtono-

peuksille. Näin ollen niitä käytetään yleensä monimuotosovelluksissa. Laserlähetin soveltuu paremmin pidemmille matkoille ja suuremmille nopeuksille yksimuotokuitusovelluksiin suuremman lähtötehonsa ja kapeamman spektrinsä ansiosta. Kuviossa 16 on esitetty LEDin ja laserin säteilypinta-alat. (FNE-Finland Oy 2006.)



Kuvio 16. LEDin ja laserin säteilypinta-alat (Helkama Bica Oy 2004, 72)

Vastaanotin

Vastaanottimien ilmaisinkomponentteina käytetään PIN-diodeja ja vyöryvalodiodeja (APD). Ilmaisinkomponenttien tehtävänä on muuntaa vastaanotettu valosignaali sähköiseen muotoon jatkokäsittelyä varten. Vastaanottimen tärkeimmät ominaisuudet ovat herkkyys ja dynamiikka. Herkkyydellä tarkoitetaan pienintä optista tehoa, jolla saavutetaan riittävän virheetön toiminta. Herkkyys riippuu siirtonopeudesta. Dynamiikka puolestaan ilmoittaa tehoalueen, jolla vastaanotin toimii riittävän virheettömästi. Mikäli vastaanottimen dynamiikka ei ole riittävä, joudutaan käyttämään ylimääräisiä vaimentimia lyhyillä yhteyksillä. (FNE-Finland Oy 2006.)

Optinen vahvistin

Optinen vahvistin vahvistaa optisen signaalin suoraan valon muodossa muuttamatta sitä välillä sähköiseen muotoon. Optisia vahvistimia käytetään kompensoimaan vaimennusta, joka syntyy pitkillä siirtoetäisyyksillä tai passiivissa optisissa komponenteissa. Tärkeimmät sovellukset, joissa käytetään optista vahvistinta, ovat merikaapelijärjestelmät, pitkät runkoverkkoyhteydet, CATV,

optinen liityntäverkko (kuitu kotiin), kuitututkan sovellukset ja pitkien kuitujen mittaukset. (FNE-Finland Oy 2006.)

7.2 Passiiviset komponentit

Häntäkuidut

Häntäkuituja (kuvio 17) käytetään kaapelia päätettäessä tai esimerkiksi ulko-kaapeleiden liittämiseksi sisäkaapeleihin. Häntäkuitu on yleisimmin noin kaksi metriä pitkä kuitu, jonka toisessa päässä on optinen liitin. Liittimet häntäkuitujen päihin asennetaan yleensä jo tehtaalla. Liittimien liittäminen voidaan tehdä joko hitsaamalla tai mekaanista jatkosta käyttäen. Hitsaus on suositellumpi tapa, koska hitsauksella syntyvä liitos on luotettavampi ja laadukkaampi kuin mekaanisesti tehty liitos. (FNE-Finland Oy 2006.)



Kuvio 17. Esimerkki SC- tyyppin häntäkuiduista (Onninen Oy 2010)

Haaroitin

Haaroittimen avulla jaetaan yhden kuidun valoteho kahteen tai useampaan kuituun. Haaroittimessa on mukana yleensä joko häntäkuitu tai optinen liitin. (FNE-Finland Oy 2006.)

Optinen vaimennin

Vaimentimen avulla voidaan valotehoa vaimentaa vastaanottimelle sopivaksi joko kiinteästi tai tiettyjen desibelien välein. Vaimentimissa on myös mukana joko optinen liitin tai häntäkuitu. (FNE-Finland Oy 2006.)

7.3 Päätelaitteet

Päätekotelo ja päätepaneeli

Päätekotelot ja –paneelit ovat valokaapeleiden päätepisteitä rakennuksissa eli ne toimivat rajapintana verkon eri osien välillä. Koteloissa tai paneeleissa on kaapeleille yleensä läpiviennit, jatkoslevyt kuitujen jatkamista varten sekä liitin kenttä, jotta laiteliitännät ja ristikytkennät voidaan tehdä. Kuviossa 18 on esitetty päätepaneeli. (FNE-Finland Oy 2006.)



Kuvio 18. Päätepaneeli (FNE-Finland Oy 2006)

Optinen jakoteline (ODF)

Optista jakotelinettä käytetään valokaapeleiden päätepisteenä samalla tavoin kuin päätepaneelia. Lisäksi optinen jakoteline toimii mittauspisteenä sekä huolto- että käyttötehtävissä. Myös verkon ristikytkennät onnistuvat jakotelineen avulla. Optiseen jakotelineeseen kuuluu yleensä liitinpaneeli adaptereille, jatkoslevyt ja kuituvarastot sekä telinerakenne moduuleita varten. Yleensä jakotelineissä on myös tilaa haaroittimille tai muille erilaisille komponenteille. (FNE-Finland Oy 2006.)

Optinen työpisterasia

Optisia työpisterasioita (kuvio 19) käytetään esimerkiksi kerroskaapeloinneissa käyttäjärajapinnassa. Kerroskaapeloinnin kuidut päätetään työpisterasiaan, joka on varustettu optisilla liittimillä. Yleisin liittintyyppi työpisterasioissa on SC-D, joka on standardin SFS-EN 50173 mukainen. (FNE-Finland Oy 2006.)

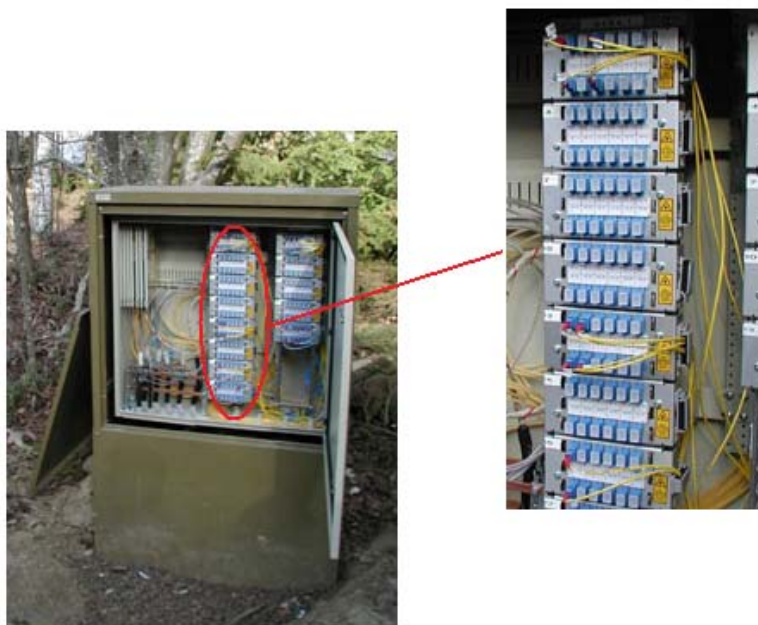


Kuvio 19. Optinen työpisterasia (FNE-Finland Oy 2006)

7.4 Optiset liittimet

Liittimien keskeisimmät ominaisuudet

Optisia liittimiä käytetään paikoissa, joissa liitos joudutaan toistuvasti tai ajoittain avaamaan ja sulkemaan. Tällaisia käyttökohteita ovat esimerkiksi optiset päätepaneelit, optiset jakamot, siirtolaitteet, mittalaitteet sekä siirrettävät järjestelmät. (Onninen Oy 2008, 56-57.) Kuviossa 20 on esitetty optinen katujakamo ja suurennoksessa on esitetty liitinrajapinta verkon eri osien välillä.



Kuvio 20. Optinen katujakamo (Onninen Oy 2010)

Optinen liitin on verkossa aina epäjatkuvuuskohta ja näin ollen se on mahdollinen vikakohta. Optisen liittimen oikealla valinnalla, asennuksella ja käsittelyllä on suuri merkitys verkon luotettavan toiminnan kannalta. Hyvillä optisella liittimellä on seuraavanlaiset ominaisuudet:

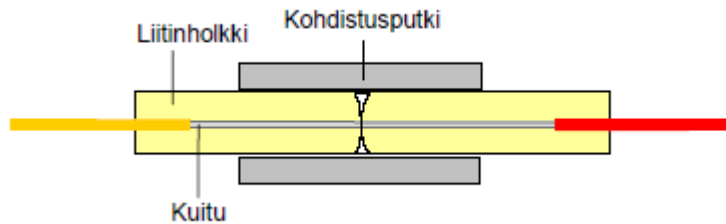
- pieni liitosvaimennus,
- suuri heijastusvaimennus,
- hyvä stabiilius,
- hyvä toistettavuus ja
- hyvä käsiteltävyys. (Onninen Oy 2008, 56.)

Liitosvaimennuksella tarkoitetaan liitoskohdassa tapahtuvaa tehohäviötä, jonka tulisi olla mahdollisimman pieni. Liitos- ja heijastusvaimennukseen vaikuttavat tekijät ovat liitinpään hionnan laatu, kohdistustarkkuus, kuitujen geometria ja puhtaus. Hyvän optisen liittimen liitosvaimennus sekä yksimuoto- että monimuotokuiduilla on tyypillisesti alle 0,3 dB. (Onninen Oy 2008, 56.)

Heijastusvaimennus ilmoittaa, kuinka hyvin valoteho läpäisee heijastumatta liitosrajapinnasta takaisin paluusuuntaan. Liitos on sitä parempi mitä suurempi lukuarvo heijastusvaimennuksella on desibeleissä ilmaistuna. Vaadittava heijastusvaimennus yleisimpiin tele- ja lähiverkon sovelluksiin on yli 40 dB. Liian pieni heijastusvaimennus voi aiheuttaa siirtovirheitä. Hyvällä stabiiliudella tarkoitetaan, että liitosvaimennus ja heijastusvaimennus pysyvät mahdollisimman muuttumattomina käyttöympäristössään. Liittimen rakenteelliset ominaisuudet vaikuttavat stabiiliuteen. Toistettavuudella tarkoitetaan mahdollisuutta riittävän moneen liitoksen avaamiseen ja sulkemiseen ilman, että optiset ominaisuudet muuttuvat sallittua enemmän. (Onninen Oy 2008, 56-56.)

Liitoksen luotettavuuden kannalta on tärkeää, että liittimeen voidaan kiinnittää kuitu siten, että kuituun kohdistuva kohtuullinen veto ei aiheuta merkittävää liitosvaimennuksen kasvua puhumattakaan liitoksen aukeamisesta. Tämä on ns. pull-proof –vaatimus. (Onninen Oy 2008, 57.)

Liittimen yleisin perusrakenne on holkkiliitin. Holkkiliittimessä kuidun päät liimaetaan pienen reiällisen holkin eli ferrulen sisään. Kuituliitos syntyy, kun kaksi tällaista holkkia kohdistetaan toisiinsa ja lukitaan paikoilleen, kuten kuviossa 21 on havainnollistettu. Kohdistuksessa käytetään adapteria, jonka sisällä oleva kohdistusputki ohjaa ferrulet vastakkain ja kohdalleen. Kaikki yleisimmät nykyiset liittimet, esimerkiksi SC-, MU- ja LC-liittimet ovat perusrakenteeltaan holkkiliittimiä. (Onninen Oy 2008, 57.)



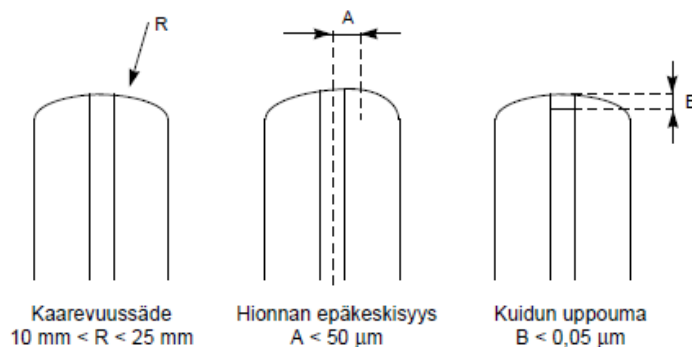
Kuvio 21. Holkkiliittimen periaate (Helkama Bica Oy 2004, 56)

Liittimen ominaisuudet määräytyvät paljolti holkkiliittimen tärkeimmän osan eli ferrulen perusteella. Ferrulet on materiaaliltaan metallikeraamista tai täyskeraamista. Liitoksen optisiin ominaisuuksiin vaikutetaan ferrulen pään hionnalla. Hionta suoritetaan kyseiseen tarkoitukseen soveltuvalla hiontalaitteella. Sen mukaan, kuinka ferrulen pää on hiottu, määritellään seuraavat hiontatavat:

- tavallinen PC-hionta eli tavallinen kupera hionta, heijastusvaimennus > 30 dB (nykyään ei juurikaan käytetä),
- SPC eli SuperPC-hionta, heijastusvaimennus > 40 dB
- UPC eli UltraPC-hionta, heijastusvaimennus > 50 dB ja
- AnglePC (APC) eli vino hionta vinon hionnan kulma tyypillisesti 8° , heijastusvaimennus > 60 dB. (Helkama Bica Oy 2004, 56.)

Liitoksen suorituskyvyn kannalta ferrulen hionnan laadulla on aivan keskeinen merkitys. Hionnan laatua arvioidaan SPC- ja UPC-hionnassa kolmella tunnusluvulla (kuvio 22):

- hionnan kaarevuussäde 10-25 mm,
- hionnan huipun epäkeskisyyden ferrulen keskiakseliin nähden < 50 μm sekä
- kuidun uppouma < 0,05 μm . (Helkama Bica Oy 2004, 56-57.)



Kuvio 22. Hionnan tunnusluvut (Helkama Bica Oy 2004, 57)

Kaikkien edellä mainittujen vaatimusten lisäksi hiontajäljen tulee olla myös puhdas ja sileä. Yksi tärkeistä asioista aina liittimiä käsiteltäessä on puhtaus. Pienikin pölyhiukkanen tai ohut rasvakerros huonontaa huomattavasti liitoksen ominaisuuksia. (Helkama Bica Oy 2004, 57.)

Yleisimmät liitintyytit

Yleisin liitintyyppi niin yksimuoto- kuin monimuototekniikassakin on SC-liitin (kuvio 23). SC-liitin on rungoltaan muovia ja poikkileikkaukseltaan nelikulmainen. Liitin lukittuu kielekkeiden avulla sitä työnnettäessä ja aukeaa vedettäessä. SC-liittimestä on saatavilla myös duplex-versio SC-D, jossa kaksi liitinrunkoa on kiinni toisissaan. SC-liittimen holkki eli ferrule ja SC-adapterin kohdistusputki ovat kelluvia, joten kohdistus tapahtuu vapaasti liittimen- tai adapterirungon sitä ohjaamatta. Liitospinnat painuvat toisiinsa kiinni sopivalla voimalla, koska ferrulet on jousitettu. (Helkama Bica Oy 2004, 57.)



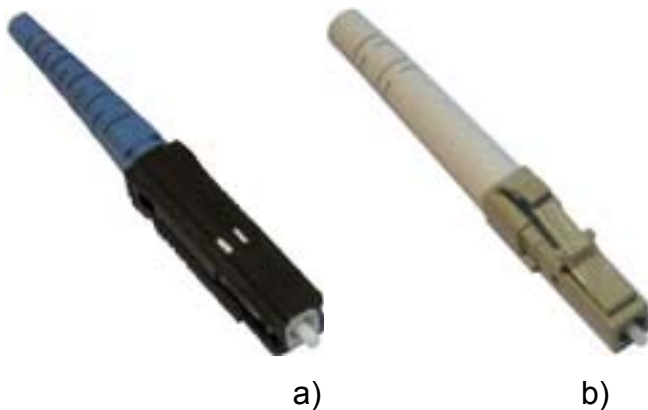
Kuvio 23. SC-liitin ja SC-adapteri (SKS Automaatio Oy 2010; Tietosähkö Oy 2011)

SC-liitin syrjäytti pitkään valokaapeli-asennuksissa yleisimpänä liitintyyppinä olleen FC-liittimen (kuvio 24). FC-liitin on rungoltaan metallia tai muovia ja se lukitaan paikoilleen kierteiden avulla kiristämällä. SC- ja FC-liittimet ovat ferruleiltaan yhteensopivia keskenään ja näin ollen ne voidaan liittää yhteen SC-FC-vaihtoadapteria käyttäen. (Onninen Oy 2008, 61.)



Kuvio 24. FC-liitin (Naficon Liitin Oy 2010)

MU-liitin (kuvio 25) on ominaisuuksiltaan ja suorituskyvyltään SC-liitimen kaltainen. Ainoana erona SC-liittimeen on sen puolta pienempi koko. LC-liitin (kuvio 25) taas on kokonsa ja suorituskykynsä puolesta samaa luokkaa kuin MU-liitin, mutta lukitusmekanismiltaan erilainen. LC-liitimen lukitusmekanismi on samanlainen kuin parikaapeloinnissa käytössä olevassa RJ45-liittimessä eli liitin kytketään työntämällä ja avataan liittimen lukitussalppaa painamalla kohti liitinrunkoa ja vetämällä. (Onninen Oy 2008, 61.)



Kuvio 25. a) MU-liitin ja b) LC-liitin (Naficon Liitin Oy 2010)

MU- ja LC-liittimet edustavat ns. SFF-liittimiä (SFF=Small Form Factory). Näiden pienikokoisten liittimien etuna saavutetaan suuri asennustiheys esimerkiksi optisessa päätepaneelissa tai optisessa siirtolaitteessa. (Onninen Oy 2008, 56.)

8 OPTISEN KUIDUN JATKAMINEN JA PÄÄTTÄMINEN

Optisten kuitujen jatkamiseen on olemassa kaksi eri tapaa: jatkaminen hitsaamalla ja mekaanisten jatkosten käyttäminen. Näihin tapoihin perehdymme tarkemmin seuraavassa alaluvussa (Onninen Oy 2008, 138.)

8.1 Jatkaminen hitsaamalla

Optista liityntäverkkoa rakennettaessa jatkaminen hitsaamalla on ehdottomasti varmin tapa saada aikaan onnistunut kuitujatkos. Hitsausjatkoksessa kuidun päät kohdistetaan toisiinsa ja sulatetaan yhteen valokaaren avulla. Hitsauslaite (kuvio 26) tekee automaattisesti kuitujen kohdistuksen ja hitsauksen. (Onninen Oy 2008, 138.)



Kuvio 26. Kuituhitsauslaite (Tietosähkö Oy 2011)

Hitsausjatkoksen tekemiseen kuuluu seuraavat vaiheet:

- kuidun kuorinta,
- kuidun puhdistus,
- kuidun katkaisu,
- kohdistus ja hitsaus sekä
- jatkoksen suojaus (Helkama Bica Oy 2004, 48).

Kuidun kuoriminen aloitetaan ensiöpäällysteiden poistamisella sitä varten suunnitellulla työkalulla, kuten kuorintapihdeillä tai kuorintalaitteella. Työkalun täytyy leikata kuidun päällyste kuitua vahingoittamatta, joten työkalun valintaan on kiinnitettävä huomiota. Pienikin naarmu kuidun pinnassa heikentää kuidun lujuutta ja altistaa sitä väsymisilmiölle. (Onninen Oy 2008, 138.)

Kuorinnan jälkeen kuidunpäät puhdistetaan huolellisesti alkoholilla ja katkaistaan. Puhdistus on tehtävä erityistä varovaisuutta noudattaen, jotta kuidun pintaan ei aiheuteta naarmuja. Katkaisun tarkoituksena on saada aikaan puhdas, tasainen ja kuidun akseliin nähden kohtisuora katkaisupinta jatkamista varten. Hyvä katkaisupinta on peilipinta, jonka kulmavirhe on alle yhden asteen. Katkaisun periaate on sama kuin lasinleikkauksessa. Ensin kuituun kohdistetaan pieni vetojännitys ja loiva taivutus. Tämän jälkeen timanttiterällä hipaistaan kuidun pintaa ja kuitu katkeaa tasaisesti naarmun kohdalta. (Helkama Bica Oy 2004, 48-49.)

Hitsauslaitteeseen asetetaan kuoritut, puhdistetut ja katkaistut kuidunpäät, jonka jälkeen laite suorittaa kohdistuksen ja hitsauksen automaattisesti. Nykypäivän hitsauslaitteet ilmoittavat myös arvion jatkosvaimennuksesta. Arvio perustuu kohdistustietojen ja kuidun mahdollisten muodonmuutosten perusteella tehtyihin prosessorin laskelmiin. Hitsauslaitteella jatkoksia tehdessä saavutetaan helposti keskimäärin alle 0,1 dB:n jatkosvaimennus sekä yksi- että monimuotokuidulle. (Onninen Oy 2008, 139.)

Kuitunauhojen (2-16 kuitua) jatkaminen suoritetaan nauhajatkoskoneella. Kuitunauhan jatkamista edeltää samat toimenpiteet kuin yksittäisillekin kuiduille eli kuorinta, puhdistus ja katkaisu. Näitä toimenpiteitä varten on saatavilla erityiset kuitunauhaa varten suunnitellut vastaavat työkalut. Nauhajatkoskoneella voidaan myös suorittaa yksittäiskuituisten kaapeleiden jatkaminen. Tällöin yksittäisistä kuiduista muodostetaan jatkamista varten kuitunauha tarkoitukseen soveltuvan kuitujärjestelijän sekä liiman tai teipin avulla. (Onninen Oy 2008, 140.)

Valmis kuitujatkos suojataan kuitujatkossuojalla (kuvio 27), joka on pujotettu kuidun ympärille ennen hitsausta. Jatkossuoja on 40-60 mm pitkä kutistemuovihylsy, jonka sisällä on liima-ainetta ja teräs- tai lasikuituvahvisteinen muovipinna. Näillä tekijöillä jatkoksesta saadaan mekaanisesti riittävän luja. Kutistemuovihylsy kutistetaan hitsauslaitteen varusteisiin kuuluvalla uunilla. (Onninen Oy 2008, 140.)



Kuvio 27. Kuitujatkossuoja (Suomen Sähköteknisen kaupan liitto ry 2010)

8.2 Mekaaniset jatkokset

Mekaanisessa jatkoksessa (kuvio 28) kuidunpäät kohdistetaan V-uran tai muoviholkin reiän avulla. Kuidut kiinnitetään paikoilleen liiman tai puristuksen avulla. Optisten ominaisuuksien parantamiseksi käytetään jatkoksen sisällä kuidunpäiden välissä usein taitekertoimen soviteainetta. Mekaanisella jatkoksella saavutettava jatkosvaimennus on tyypillisesti 0,2 dB. (Helkama Bica Oy 2004, 50.)



Kuvio 28. Fibrlok-liitin mekaaniseen kuitujatkokseen (SLO 2011)

Mekaanisten jatkosten etuna on usein mainittu sen edullisuus, koska erillistä hitsauslaitetta ei tarvita. Mekaaninen jatkaminenkin vaatii kuitenkin oman työkalusarjansa, jotka usein ovat merkkikohtaisia. Toisaalta hintakehitys hitsauslaitteilla on ollut aleneva ja markkinoille on tullut paljon varsinkin liityntä- ja lähiverkkoa varten suunniteltuja edullisia kenttäkäyttöisiä hitsauslaitteita. Niinpä useissa tapauksissa ja pitkällä aikavälillä mekaaninen jatkos on itse asiassa hitsausta kalliimpi vaihtoehto. Lisäksi varman ja luotettavan mekaanisen jatkoksen tekeminen vaatii tekijältään paljon suurempaa tarkkuutta ja huolellisuutta. Näin ollen mekaaninen jatkos sisältää enemmän epävarmuustekijöitä kuin hitsausjatkos. On kuitenkin syytä korostaa, että tietyissä paikoissa tilanteissa mekaanisten jatkosten käyttäminen puoltaa paikkansa. Esimerkkeinä tällaisista tilanteista mainittakoon tilapäisjatkokset, kuten mittauskytkennät ja korjaukset silloin, kun hitsauslaite ei ole heti saatavilla. (Helkama Bica Oy 2004, 50.)

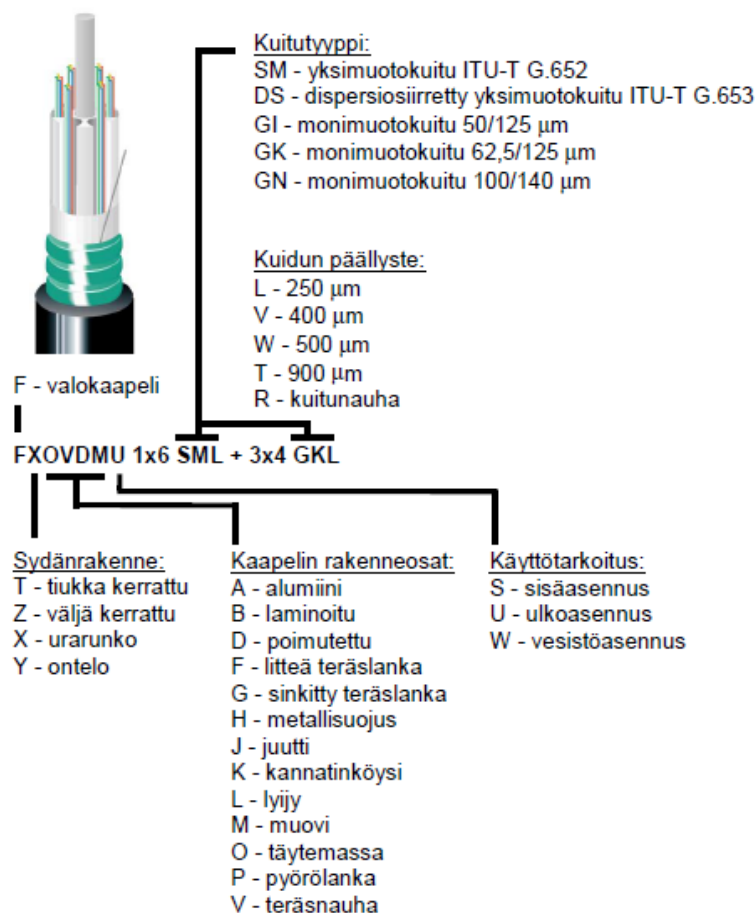
8.3 Optisten kuitujen päättäminen

Jotta optinen kuitu voidaan kytkeä paneeliin, liittimentään tai laitteeseen on se ensin päätettävä liittimeen. Kuidun päättämiseksi liittimeen on olemassa useita vaihtoehtoisia menettelytapoja. Seuraavassa kolme perusvaihtoehtoa:

- häntäkuitujen käyttäminen: päätettävän kaapelin kuidut jatketaan tehdasvalmisteisiin häntäkuituihin,
- tehdasvalmisteisten liittimellisten kaapeleiden käyttäminen: hankitaan tehtaalla valmistetut määrämittaiset ja liittimelliset kaapelit, joilla liitännäspisteet yhdistetään sekä
- liittimen asentaminen työmaalla: optinen liitin asennetaan päätettävän kaapelin kuituihin työmaalla asennuksen yhteydessä. (Onninen Oy 2008, 142.)

9 OPTISEN KUITUKAAPELIN TYYPPIMERKINNÄT JA TUNNISTUSJÄRJESTELMÄT







Suomessa valokaapeleille on käytössä järjestelmä, jonka mukaan muodostetaan kaapelin tyyppimerkintä. Perinteinen suomalainen kaapelin tyyppimerkintä muodostuu kirjainosasta ja sitä seuraavasta numero-osasta. Kirjainosa ilmoittaa kaapelin tyyppin ja numero-osa johtimien, parien tai kuitujen lukumäärän sekä johtimien halkaisijan, poikkipinnan tai kuitutyypin. Lisäksi on sovittu tunnistusjärjestelmä kuitujen ja kuituryhmien tunnistamiseksi kaapelissa. Standardissa SFS 5648 on määritelty suomalaiset tyyppimerkinnät ja tunnistusjärjestelmät. Kirjainten merkitykset on esitetty kuviossa 29. (Onninen Oy 2008, 53-54.)



Kuvio 29. Valokaapelin tyyppimerkinnän muodostuminen (Helkama Bica Oy 2004, 40)


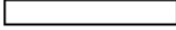










Kuitujen tunnistamiseksi toisistaan käytetään ryhmässä tai yhtenä ryhmänä valmistetussa kaapelissa alla olevan taulukon 2 mukaista kuidun päällysteen väriin perustuvaa värijärjestelmää suomalaisen SFS 5648 standardin mukaisesti. (Onninen Oy 2009, 87.)

Taulukko 2. Standardin SFS 5648 mukainen värijärjestelmä (Onninen Oy 2010, 59)

1. kuitu	sininen	
2. 6. 10. jne. kuitu	valkoinen	
3. 7. 11. jne. kuitu	keltainen	
4. 8. 12. kuitu	vihreä	
5. 9. 13. kuitu	harmaa	
Viimeinen kuitu	punainen	

Kaapeleiden mahdolliset täyte-elementit ovat mustia. Urarunkokaapeli katsotaan yhtenä ryhmänä valmistetuksi, mikäli urassa on 1-4 kappaletta kuituja. Mikäli ryhmässä on enemmän kuin kuusi kuitua, käytetään edellisestä poikkeavia lisävärejä tai jotakin muuta tarkoituksenmukaista merkintää. Ryhmät tunnistetaan toisistaan niiden rakenteeseen (esimerkiksi ura- tai putkirakenne) sopivalla värijärjestelmän mukaisella merkinnällä. Urarunkorakenteessa käytetään merkkilankoja. Uusi suomalainen 12 kuidun värijärjestelmä on esitetty taulukossa 3. (Onninen Oy 2009, 88.)

Taulukko 3. Uusi suomalainen 12 kuidun värijärjestelmä (Onninen Oy 2010, 59)

1.	Sininen	
2.	Valkoinen	
3.	Keltainen	
4.	Vihreä	
5.	Harmaa	
6.	Oranssi	
7.	Ruskea	
8.	Turkoosi	
9.	Musta	
10.	Violetti	
11.	Vaaleanpunainen	
12.	Punainen	

Edellä mainitun mukainen värijärjestelmä on suomalainen kansallinen käytäntö eikä sitä noudateta muualla maailmassa. Eri maissa on käytössä erilaisia värijärjestelmiä. Taulukossa 4 on esitetty yhdysvaltalaisen standardin ANSI/TIA/EIA 598 mukainen optisten kuitujen värijärjestelmä. (Onninen Oy 2008, 55.)

Taulukko 4. Yhdysvaltalaisen ANSI/TIA/EIA 598 standardin mukainen optisten kuitujen värijärjestelmä (Onninen Oy 2009, 88)

Kuidun numero	Väri	Kuidun numero	Väri
1	Sininen	13	Sininen, musta lisäväri
2	Oranssi	14	Oranssi, musta lisäväri
3	Vihreä	15	Vihreä, musta lisäväri
4	Ruskea	16	Ruskea, musta lisäväri
5	Harmaa	17	Harmaa, musta lisäväri
6	Valkoinen	18	Valkoinen, musta lisäväri
7	Punainen	19	Punainen, musta lisäväri
8	Musta	20	Musta, keltainen lisäväri
9	Keltainen	21	Keltainen, musta lisäväri
10	Violetti	22	Violetti, musta lisäväri
11	Vaaleanpunainen	23	Vaaleanpunainen, musta lisäväri
12	Turkoosi	24	Turkoosi, musta lisäväri

10 TYÖTURVALLISUUS TYÖSKENNELLESSÄ KUITUJEN KANSSA

Optisten kaapeleiden, kuitujen ja muiden optisten komponenttien käsittelyyn ja asennukseen liittyy eräitä niille ominaisia työturvallisuusasioita. Niistä on syytä olla tietoinen ja niihin liittyviä turvallisuusohjeita on syytä noudattaa. (FNE-Finland 2006.)

Kuitujätettä syntyy, kun kaapeleita katkaistaan sen jatkamisen ja/tai päättämisen yhteydessä. Kuidunpätkät on kerättävä välittömästi talteen. Huolimattomasti pöydälle tai muualle jääneet kuidunpätkät voivat tarttua vaatteisiin ja tunkeutua ihon alle ja joutua jopa verenkiertoon. Pahimmassa tapauksessa seurauksena voi olla hengenvaara. Talteen kerätty kuitujäte on syytä hävittää asianmukaisesti, ettei kuidunpätkistä olisi haittaa myöskään siivoojille. (FNE-Finland 2006.)

Kuitujen ja liittimien puhdistuksessa käytettävät kemikaalit ovat useimmiten palavia, huumaavia ja ärsytysoireita aiheuttavia. Näin ollen on syytä huolehtia tarvittaessa tuuletuksesta sekä suojakäsineiden käytöstä. Myös optisten kaapeleiden rakenneosissa saattaa olla ärsytysoireita aiheuttavia elementtejä. Esimerkkeinä tällaisista elementeistä mainittakoon aramidi- tai lasikuituvahvikkeet sekä täyterasvat ja niiden puhdistusaineet. (FNE-Finland 2006.)

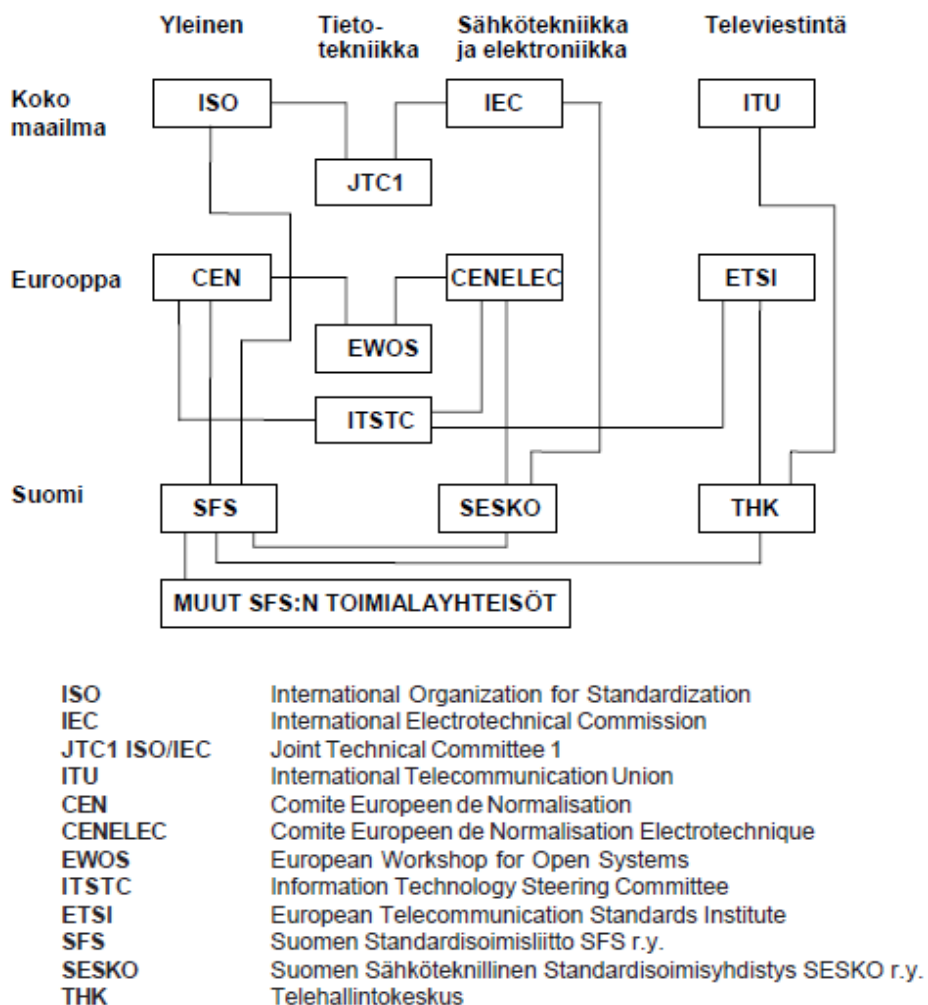
Optisessa tiedonsiirrossa käytettävä laservalo on näkymätöntä, mutta silmälle vaarallista ja verkkokalvoa vahingoittavaa. Erityisesti on varottava laserkomponenteista lähtevän valon osumista silmään. Kuidun tai optisen liittimen päähän ei saa koskaan katsoa suoraan edestä, joten vapaat kuitujen ja liittimien päät on aina suljettava. Myös puhtauden takia liittimien suojaus on tärkeää. Lasersäteiden varoitustarroja (kuviossa 30) on suositeltavaa käyttää jakamoissa ja muissa optisia laitteita sisältävissä rakenteissa. (FNE-Finland 2006.) Vaikka optisten kaapeleiden, kuitujen ja muiden optisten komponenttien käsittelyyn ja asennukseen liittyy paljon huomioitavia työturvallisuusasioita, niin kyseisiin töihin ei vaadita mitään erityistä pätevyyttä.



Kuvio 30. Laser-säteen varoitusmerkki (Euroopan työterveys- ja työturvallisuusvirasto 2011)

11 OPTISEN KUITUJÄRJESTELMÄN MÄÄRÄYKSET, STANDARDIT, OHJEET JA SUOSITUKSET

Standardi on tunnustetun standardoinnista huolehtivan elimen hyväksymä asiakirja, joka on yleisesti kaikkien saatavilla. Kuviossa 31 on esitetty tärkeimmät standardointielimet maailmassa. (Helkama Bica Oy 2004, 91.)



Kuvio 31. Standardointielimet maailmassa (Helkama Bica Oy 2004, 91)

Standardit ovat pääsääntöisesti suosituksia, mutta viranomaiset voivat määräyksissään tehdä niistä myös velvoittavia. Myös lainsäädännöllä voidaan vaikuttaa määräyksiin. Lainsäädäntö, viestintäviraston suositukset ja standardit on esitetty liitteessä 1. (Helkama Bica Oy 2004, 91.)

12 VERKON MITTAAMINEN JA TULOSTEN ANALYSOINTI

12.1 Mittalaitteet

Mittausten tarkoituksena on varmistaa, että rakennettu valokaapeliverkko täyttää sille asetetut siirtotekniset vaatimukset. Mittausten lisäksi yhtä tärkeitä on mittaustulosten raportointi. Valokaapeleiden mittaaminen tehdään valokaapelitutkalla tai tehomittaparilla. Liittimien ja adapterien puhtaus voidaan tarkistaa tähän tarkoitukseen valmistetuilla mikroskoopeilla. (Viestintävirasto 2006, 29.)

12.1.1 Valokaapelitutka

Valokaapeliverkon asennuksen yhteydessä sekä verkon ylläpidossa tutkamittaus on tärkein ja yleisin mittaus. Valokaapelitutkalla (kuvio 32) saadaan selville seuraavat asiat:

- kuidun vaimennus ja vaimennuksen jakautuminen pitkin kuitua,
- jatkoksien ja liitosten vaimennukset sekä sijaintikohdat,
- kuidun pituus sekä
- mahdollisen kuitukatkoksen sijaintikohta ja kuitujen oikea kytkentä (läpisoittomittaus). (Viestintävirasto 2006, 29.)



Kuvio 32. Valokaapelitutka (K&K Active Oy 2011)

Kaapelireittiä mitattaessa jokainen kuitu tulee mitata erikseen. Mittaustuloksiin saadaan lisää tarkkuutta ja luotettavuutta, kun kuitu mitataan erikseen molemmista päistä. Mittauksia suorittaessa tulee huomioida, että valokaapelitutkan käyttöä lyhyiden siirtoteiden mittauksissa rajoittaa kuidun alkupään heijastus, joka synnyttää niin sanotun kuolleen alueen mitattavaan kuituun. Kuollut alue on lyhimmillään noin viisi metriä, joten alle viisi metrisistä kuiduista ei saada mittaustulosta. Tutkamittauksessa tulee käyttää noin yhden kilometrin mittaista etumittakuitua, joka on varustettu liittimillä. Etumittakuidun toisessa päässä on yleensä sama liittintyyppi kuin johtotutkassa ja toisessa päässä sama liittintyyppi kuin kaapelireitille lähtevän optisen kuitupaneelin liittimet. Lisäksi loppupäässä tulee käyttää samanlaista takamittakuitua kuin etumittakuidussa on käytetty. Tällöin mitatuista vaimennustuloksista voidaan arvioida liittimien kytkentä- ja heijastusvaimennukset sekä paneelia lähellä olevan kaapelipäänteen hitsausvaimennukset. Samalla toteutuu myös kuitujen läpisoitto. (Viestintävirasto 2006, 29.)

PON-verkkoja mitattaessa tutkan valinnassa on otettava huomioon tiettyjä erityisvaatimuksia, jotta jaottimen jälkeiset haaroitukset voidaan myös nähdä tutkalla. Parhaiten PON-verkon mittaus onnistuu optisella tehomittaparilla, jolla saadaan mitattua vaimennus jokaisesta haarasta erikseen. (Viestintävirasto 2006, 29.)

12.1.2 Tehomittapari

Tehomittapari (kuvio 33) koostuu optisesta lähettimestä ja tehomittarista. Tehomittaparia käyttämällä voidaan mitata optisen kuidun vaimennus ja oikea kytkentä eli läpisoitto. Valokaapelitutkausta ei voida tehdä, jos mitattava kaapeli on liian lyhyt. Tällöin käytetään tehomittaparia. Tehomittaparin toimintaperiaate on mitata kuituun syötetyn valon tehotaso sekä kuidun alku- että loppupäästä. Kuidun vaimennus saadaan määriteltäviä vertailemalla alku- ja loppupään tehoja. (Viestintävirasto 2006, 29.)



Kuvio 33. Tehomittapari (Tietosähkö Oy 2011)

12.2 Mittaustulosten raportointi ja dokumentointi

12.2.1 Raportointi

Nykyään mittaustulosten tallentaminen suoraan sähköiseen muotoon on mahdollista nykyaikaisten mittalaitteiden avulla (Viestintävirasto 2006, 29). Mittalaitteissa olevat USB-liitännät ja/tai muistikortit mahdollistavat mittaustulosten siirtämisen tietokoneelle ja siitä edelleen esimerkiksi CD-levylle. CD-levyihin tulee merkitä selvästi mittauksen päivämäärä, mittaajan nimi sekä mitä mittaustuloksia levy sisältää. (Onninen Oy 2008, 157.)

Tulokset voidaan kirjata ylös myös käsin, mutta tärkeintä on kerätä mittaustulokset yhteen ja säilyttää niitä helposti saatavilla. Jatkossa mittaustuloksista on hyötyä mm. verkon dokumentoinnissa, asennusten jälkeisen verkon suorituskyvyn myöhemmässä todentamisessa ja verkon laajennusten sekä muutosten suunnittelussa. Mittausraportista tulisi selvittää ainakin seuraavat tiedot:

- reitin nimi/tunnus ja pituus,
- mittausten ajankohta,
- mittaajan identifiointi,

- käytetyn mittalaitteen tiedot,
- kunkin kuidun keskimääräinen vaimennus (dB/km aallonpituudella 1550 nm),
- yli 0,2 dB:n jatkosvaimennukset ja
- yli 0,1 dB:n vaimennusportaat jatkosten välillä. (Viestintävirasto 2006, 29.)

12.2.2 Dokumentointi

Kuten kaikki rakentaminen myös valokaapeliyhteyden tai –verkon rakentaminen alkaa suunnittelusta ja päättyy asennuksen jälkeisiin loppumittauksiin. Valmistumisen jälkeen yhteys tai verkko vaatii koko elinikänsä ajan ylläpito- ja huoltotyötä. Verkkoa voidaan tarpeen vaatiessa myös muuttaa ja laajentaa. Kunnollisella dokumentoinnilla on olennainen ja keskeinen merkitys kaikkien näiden toimintojen onnistumisen kannalta. Dokumentoinnissa tärkeintä on, että kaikki suunnittelussa, kytkennöissä, laajennus- ja muutostöissä sekä vianhaus- sa tarvittavat tiedot on selkeästi tallennettu ja helposti saatavilla. (Onninen Oy 2008, 157.)

Verkosta laaditaan verkkokartta, josta tulee selvittää kaapelireitti, putkitukset, mahdolliset kaapelikaivot ja jakamot. Verkkokarttojen suunnitelmapiirustukset päivitetään vastaamaan todellista tilannetta ja verkkokarttaan merkitään myös rakennusten sijainnit. Valokaapeliverkon keskeiset tiedot dokumentoidaan verkkokartan lisäksi jatkoskaavioon. Se sisältää lähes kaiken oleellisen tiedon valokaapeliverkon muutos- ja viankorjaustöiden kannalta. Jatkoskaavion suositeltava sisältö on:

- valokaapelireitti (runkoverkon osalta),
- kaapelivalmistaja(t), kaapelityyppi(t) ja kelanumerot,
- jatkokset:
 - o jatkosten numerot
 - o jatkosten etäisyydet valokaapelitutkalla mitattuna linjan päästä

- jatkosten sijainti maastossa, esimerkiksi kaivo ja mahdolliset GPS-lukemat
- jatkoksesta lähtevien haarojen pituudet
- maininnat mahdollisista jatkosten yhteyteen sijoitetuista kaapelilenkeistä, esimerkiksi siltojen yhteydessä
- kaapeleiden vaipassa olevat pituuslukemat jatkoksissa
- jatkoskoteloiden valmistajat ja tyypit,
- valokaapelipäätteiden (paneelit ja kotelot) valmistajat ja tyypit sekä
- valokaapelipäätteiden liittimien tyypit. (Onninen Oy 2008, 157.)

Jatkoskaavion on tarkoitus olla selkeä dokumentti, josta löytyy verkon ylläpitäjän kannalta olennaiset tiedot verkosta (Onninen Oy 2008, 157).

13 OPTINEN KUITU KOTIIN

Kuitu-kiinteistöön -verkkomallilla (FTTB eli Fibre To The Building) tarkoitetaan sitä, kun optinen liityntäverkko ulottuu rivi- ja kerrostalototeutuksissa kiinteistöön asti. Kuitu-kotiin -verkkomallilla (FTTH eli Fibre To The Home) puolestaan tarkoitetaan sitä, kun kuitu ulottuu omakoti-, rivi- tai kerrostaloissa kiinteistön sisäisenä kuitukaapelointina huoneistoon asti. Kuitu-liityntäsolmuun (FTTN eli Fibre To The Node) ja kuitu-aktiivilaitekaapille (FTTC eli Fibre To The Cabin) -verkkomallit ovat niin sanottuja hybriditoteutuksia, joissa liityntäsolmulta tai aktiivilaitekaapilta eteenpäin laajakaistayhteydet toteutetaan olemassa olevaa puhelinverkon kuparikaapelointia käyttäen. (Viestintävirasto 2006, 16.)

Optinen liityntäverkko voidaan toteuttaa joko FTTB- tai FTTH-verkkomallilla. Nykyisen kehityssuuntauksen perusteella todennäköisin ratkaisu on, että ensiksi otetaan käyttöön FTTB-verkkomallin toteutus. FTTB-verkkomallista voidaan alkaa siirtymään vaiheittain FTTH-verkkomallilla toteutettuun järjestelmään. (Viestintävirasto 2006, 16.) Tämä siirtymä olisi hyvä huomioida jo verkon suunnitteluvaiheessa ja FTTB-verkkomallin toteutusvaiheessa. Esimerkiksi putkistosaneerausten yhteydessä, jolloin rakenteet ovat auki, on mahdollista asentaa varaputkitus optiselle kuidulle jokaiseen huoneistoon. Tämä helpottaa siirtymistä FTTH-verkkomalliin, koska rakenteita ei tarvitse purkaa kuitukaapeloinnin aloittamista varten.

FTTB-verkkomallissa kiinteistön kuparista sisäjohtoverkkoa voidaan hyödyntää seuraavilla tavoilla:

- vanhaa puhelinsisäjohtoverkkoa xDSL-yhteyksillä,
- kuparisilla parikaapeleilla (CAT 5) toteutettua yleiskaapelointijärjestelmää esimerkiksi 100 Mbit/s siirtonopeuksilla,
- viestintäviraston määräyksen 25 E/2008 M mukaista kiinteistön sisäjohtoverkon (CAT 6) perustuvaa kaapelointia esimerkiksi 1 Gbit/s siirtonopeuksilla ja
- koaksiaalikaapeliverkkoa yhteisantennijärjestelmän yhteyksillä (Viestintävirasto 2006, 17).

14 YHTEENVETO

Optisen tiedonsiirron pääperiaatteena on signaalin siirtyminen optista kuitua pitkin lähettimestä vastaanottimeen valon muodossa. Kuidussa siirtyvä valosignaali menettää kuitenkin osan tehostaan, jota kutsutaan vaimenemiseksi. Vaimennusta syntyy aina, mutta siihen pystytään vaikuttamaan erilaisin keinoin.

Optinen kuitu mukautuu hyvin kasvavan kapasiteettitarpeen mukaan ja sillä voidaan rakentaa luotettavia yhteyksiä ja verkkoja. Optinen kuitu soveltuu myös tietoliikenneverkkojen kaikille tasoille ja tukee uusia tekniikoita ja palveluita. Optinen kuitu soveltuu sekä yritys- että yksityiskäyttöön ja se mahdollistaa suurinopeuksisten liityntäverkkojen luomisen.

Optisten kuitujärjestelmien määräykset, standardit, ohjeet ja suositukset velvoittavat sekä ohjaavat työskennellessä kuitujen kanssa. Kansainväliset IEC-standardit luovat pohjan suomalaisille standardeille. Myös työturvallisuustekijät on huomioitava kaapeleiden, kuitujen ja muiden optisten komponenttien käsittelyssä ja asennuksessa.

Opinnäytetyössä perehdyttiin optisten kuitujen ja optisten liityntäverkkojen pääperiaatteisiin sekä ominaispiirteisiin. Työn tarkoituksena oli pyrkiä selvittämään optisten kuitujen ja liityntäverkkojen toimintaa ja toteuttamista. Tästä opinnäytetyöstä saisi jatkotutkimusaiheen, joka voisi käsitellä esimerkiksi tarkemmin optisten komponenttien rakennetta ja toimintaa.

15 TERMISTÖ

Absorptio	Absorptio tarkoittaa yleisesti <i>imeytymistä</i> tai <i>pidätystä</i> . <i>Absorbointi</i> on imemistä itseensä, pidättämistä. Absorptiolla optiikassa voidaan erityisesti tarkoittaa valotehon imeytymistä kuidun materiaaliin. Kuidussa voi olla esimerkiksi epäpuhtauksia, jotka eivät heijasta valoa takaisin vaan imevät sen itseensä (esim. hydroksidi-ionien aiheuttama vesipiikki). Fotonit absorboituvat valoa osittain läpäiseviin aineisiin eli fotonin energia siirtyy esimerkiksi aineen atomien elektronille.
CAT5	Category 5, yleiskaapeloinnin kaapeli- ja liitinkategoria 5
CAT6	Category 6, yleiskaapeloinnin kaapeli- ja liitinkategoria 6
CATV	Cabel-TV, kaapeli-TV
CPE	(Customer Premises Equipment)
Dispersio	Dispersio merkitsee sitä, että väliaineen taitekerroin n ei ole vakio vaan riippuu aallonpituudesta $n(\lambda)$. Sen seurauksena eri aallonpituudet eli värit taittuvat Snellin lain mukaisesti hiukan eri suuntiin, jolloin valkoinen valo hajoaa spektriksi. Ilmiö on nähtävissä esimerkiksi sateenkaressa.
FTTB	(Fibre To The Building) Optinen liityntäverkko, jossa kuitu tulee kerros- tai rivitalon talojakamoon saakka.
FTTC	(Fibre To The Curb) Kuitu katujakamoon/liityntäverkon haaroitus-pisteeseen.
FTTH	(Fibre To The Home) Optinen liityntäverkko, jossa kuitu tulee kotiin saakka.

FTTN (Fibre To The Node) Kuitu alueelle, lähistöllä olevaan solmupisteeseen.

Kromaattinen dispersio

Kromaattista dispersiota syntyy, kun valosignaalin hiukan toisistaan poikkeavat aallonpituudet etenevät eri nopeuksilla kuidussa. Kromaattinen dispersio on kuidun materiaaliominaisuus ja yksikkö on ps/(nm*km).

ONU (Optical Network Unit) Optinen liitäntäyksikkö

ONT (Optical Network Termination)

OPGW (Optical Ground Wire) Valokuitu-ukkosköysi

PON-verkko Passiivinen optinen verkko on optinen siirtoverkko. PON verkkoja voidaan suunnitella useammalla eri topologialla. PON-konsepteja on useita erilaisia:

APON (ATM Passive Optical Network) oli ensimmäinen standardi, joka toimi samalla tavalla kuin normaalit ATM verkot.

BPON (Broadband PON) perustuu APON:iin, mutta käyttää WDM-tekniikkaa. BPON tarjoaa suuremmat siirtonopeudet ylävirtaan.

GPON (Gigabit PON) tukee suurempia nopeuksia ja pakettikytkentäisten datan siirtoa.

EPON (Ethernet PON) on IEEE:n kehittämä ja se soveltuu hyvin pakettikytkentäisen datan siirtoon.

xDSL x Digital Subscriber Line; epäsymmetrinen digitaalinen tilaajayhteys

LÄHTEET

Euroopan työterveys- ja työturvallisuusvirasto. 2011. Varoitusmerkit. Luettu 12.01.2011.

http://osha.europa.eu/fop/finland/fi/good_practice/merkit/varoitus.stm.

FNE-Finland Oy. 2006. Kuituinfo. Luettu 05.01.2011. <http://www.kuitu.net>.

Helkama Bica Oy. 2004. Valokaapelit tele- ja tietoverkoissa. Tampere: Tammer-Paino Oy. Tulostettu 12.01.2011.

K&K Active Oy. 2011. Optiset tuotteet. Luettu 12.01.2011. <http://www.kandk.fi>.

Naficon Liitin Oy. 2010. Monimuototuotteet. Päivitetty 03.05.2011. Luettu 15.03.2011. <http://www.naficon.fi/index.html?n=3107&Naficon+Oy>.

Onninen Oy. 2009. Eurooppalainen yleiskaapelointi – opas standardisarjan EN 50173 soveltamiseen. Onninen Oy.

Onninen Oy. 2008. Optiset liityntäverkot. Onninen Oy.

Onninen Oy. 2007. Tietoliikennetuotteet. Luettu 02.02.2011.

<http://www.onninen.com/finland/Tuotteet/tietoliikenne/Pages/Default.aspx>.

Onninen Oy. 2010. Tietoverkkotuotteet. Tuoteluettelo. Onninen Oy.

Sesko ry. 2007. Uudet julkaisut. Päivitetty 01.11.2007. Luettu 27.02.2011 http://www.sesko.fi/portal/fi/ajankohtaista/uudet_julkaisut?bid=54.

SKS Automaatio Oy. 2010. Optiset kuidut ja valokaapelit. Luettu 10.03.2011. http://www.sks.fi/inet/sks/flow.nsf/docs/optiset_kuidut_kaapelit?OpenDocument&ExpandSection=7.

SLO. 2011. Fibrlok –liittimet. Päivitetty 04.03.2011. Luettu 13.03.2011.
<http://customer.canter.fi/slo/index.php?page=products&querytype=all&query=72+300+80>.

Suomen Sähköteknisen kaupan liitto ry. 2010. Sähkönumerot. Luettu 25.03.2011. www.sahkonumerot.fi.

Sähköinfo Oy. 2010. Asuinkiinteistöjen monipalveluverkot. Pikaopas [pdf]. Luettu 15.03.2011. <http://www.sahkoala.fi/kiinteistoala/telejarjestelmat>.

Tietosähkö Oy. 2011. Verkkokauppa. Päivitetty 09.03.2011. Luettu 13.03.2011.
<http://www.tietosahko.fi>.

Viestintävirasto. 1/2006. Optiset liityntäverkot V2. Julkaistu 26.02.2009. Tulostettu 27.11.2010. <http://www.ficora.fi/attachments/suomiry/5f1Eutml7/TRaportti012006v2.pdf>.

LIITTEET

Liite 1: Lainsäädäntö, viestintäviraston suositukset ja standardit

LIITE 1

LAINSÄÄDÄNTÖ, VIESTINTÄVIRASTON SUOSITUKSET JA STANDARDIT

Lainsäädäntö

Viestintämarkkinalaki (393/2003) (Onninen Oy 2008, 17)

Viestintäviraston suosituksia

- Laajakaistayhteyksien operaattorirajapinnat. Työryhmäraportti 7/2004. Viestintävirasto.
- Optiset liityntäverkot. Työryhmäraportti 1/2006. Viestintävirasto. (Onninen Oy 2008, 17)

Standardeja

Optiset kuidut

IEC 60793-1-1	Optical fibres. Part 1: Generic specification - General
IEC 60793-1-2	Optical fibres. Part 1: Generic specification – Measuring methods for dimensions
IEC 60793-1-3	Optical fibres. Part 1: Generic specification – Measuring methods for mechanical characteristics
IEC 60793-1-4	Optical fibres. Part 1: Generic specification – Measuring methods for transmission and optical characteristics
IEC 60793-1-5	Optical fibres. Part 1: Generic specification – Measuring methods for environmental characteristics
IEC 60793-2	Optical fibres. Part 2: Product specifications
EN 188 000	Generic specification. Optical Fibres
EN 188 100	Sectional specification. Single-mode (SM) optical fibre
EN 188 101	Family specification. Single-mode dispersion unshifted (B1.1) optical fibre

EN 188 102	Family specification. Single-mode dispersion shifted (B2) optical fibre
EN 188 200	Sectional specification. A1category graded index multimode optical fibres
EN 188 201	Family specification. A1a graded index multimode optical fibres
EN 188 202	Family specification. A1b graded index multimode optical fibres
ITU-T G.650	Definition and test methods for the relevant parameters of single-mode fibres
ITU-T G.651	Characteristics of 50/125 µm multimode graded index optical fibre cable
ITU-T G.652	Characteristics of a single-mode optical fibre cable.
ITU-T G.653	Characteristics of a dispersion shifted single-mode optical fibre cable
ITU-T G.654	Characteristics of a cut-off shifted single-mode optical fibre cable
ITU-T G.655	Characteristics of a non-zero dispersion shifted single-mode optical fibre cable (Helkama Bica Oy 2004, 92-93)
Optiset kaapelit	
IEC 60794-1-1	Optical fibre cables. Part 1: Generic specification. - General
IEC 60794-1-2	Optical fibre cables. Part 1: Generic specification. – Basic optical cable test procedures
IEC 60794-2	Optical fibre cables. Part 2: Product specification (Indoor cable)
IEC 60794-3	Optical fibre cables. Part 3. Duct, buried and aerial cables- Sectional specification
EN 60794-1-1	Optical fibre cables. Part 1: Generic specification. - General
EN 60794-1-2	Optical fibre cables. Part 1: Generic specification. – Basic

	optical cable test procedures
EN 60794-3	Optical fibre cables - Part 3: Telecommunication cables - Sectional specification
EN 187 101	Family specification. Optical telecommunication cables to be used in ducts or direct buried application
EN 187 102	Family specification. Optical aerial telecommunication cables
SFS 5648	Valokaapelit. Kaapelin ja kuitujen tyyppimerkintä. Kuitujen tunnistusjärjestelmä
SFS 5728	Valokaapelit. Sisäasennuskaapeli
SFS 5608	Maahan asennettavat kaapelinsuojukset ja varoitusnauhat. Rakenne ja koestus. (Standardi koskee sekä tele- että energiakaapeleiden suojia)
SFS 5656	Teleulkoverkot. Johtoverkon rakenteiden mekaaninen mitoittaminen ja asennusympäristön muun käytön huomioonottaminen. (Standardi koskee kaikkien telekaapeleiden asennusta) (Helkama Bica Oy 2004, 93-94)

Optiset liittimet

IEC 60874-1	Connectors for optical fibres and cables. Part 1: Generic specification
IEC 60874 - sarja	sisältää joukon liitinkohtaisia standardeja, mm: IEC 60874-7 FC IEC 60874-10 ST, (IEC-tyyppi on BFOC/2,5) IEC 60874-14 SC IEC 60874-19 SC-D
IEC 61300 - sarja	sisältää joukon optisten liittämistarvikkeiden testausstandardeja
EN 186 000 – sarja	(Helkama Bica Oy 2004, 94)

Tietotekniikan yleiskaapelointi

ISO/IEC 11801	Generic cabling for customer premises.
EN 50173	Information technology. Generic cabling systems. Tämän kanssa yhdenmukainen suomalainen standardi on SFS-EN 50173 Tietotekniikka. Yleiskaapelointijärjestelmät (standardi esitetty tarkemmin tämän luvun loppupuolella)
EN 50173/A1	Information technology. Generic cabling systems. Täydennys edelliseen
EN 50174-1	Information technology – Cabling installation Part1: Specification and quality assurance
EN 50174-2	Information technology – Cabling installation Part2: Installation planning and practices inside buildings (Helkama Bica Oy 2004, 94)

Viestintäviraston määräykset

25 E/2008 M	Kiinteistön sisäjohtoverkko (Viestintävirasto 2006)
-------------	---

Sanasto

SFS-IEC 50(731) Sähkötekniillinen sanasto. Optinen tiedonsiirto (Helkama Bica Oy 2004, 94)

Muut

IEC 60869	Optiset vaimentimet
IEC 60875	Optiset haaroittimet
IEC 60876	Optiset kytkimet
IEC 61073	Jatkokset
IEC 60825	Optinen turvallisuus (Helkama Bica Oy 2004, 94)

Seuraavassa luettelossa on esitetty standardi EN 50173 Kiinteistöjen kaapelointijärjestelmistä tarkemmin.

- SFS-EN 50173-1: Tietotekniikka. Yleiskaapelointijärjestelmät. Osa 1: Yleiset vaatimukset (Information technology – Generic cabling systems – Part 1: General requirements)
- SFS- EN 50173-2: Tietotekniikka. Yleiskaapelointijärjestelmät. Osa 2: Toimistotilat (Information technology – Generic cabling systems – Part 2: Office premises)
- SFS-EN 50173-3: Information technology – Generic cabling systems – Part 3: Industrial premises
- SFS-EN 50173-4: Tietotekniikka. Yleiskaapelointijärjestelmät. Osa 4: Koti (Information technology – Generic cabling systems – Part 4: Homes)
- SFS-EN 50173-5: Information technology – Generic cabling systems – Part 5: Data centres (Sesko ry 2007)