



TEKNIikka JA LIIKENNE

Tietotekniikka

Tietoliikennetekniikka

INSINÖÖRITYÖ

KIINTEISTÖJEN YLEISKAPELOINTI

Työn tekijä: Pekka Pitkänen
Työn ohjaajat: Ismo Juutilainen

Työ hyväksytty: ____ . ____ . 2010

Jukka Louhelainen
lehtori



ALKULAUSE

Tämä insinööri työ tehtiin ICT Sähkösystems Ky:lle. Kiitän projektissa mukana olleita sekä perhettäni tuesta pitkällisessä projektissa.

Helsingissä 15.4.2010

Pekka Pitkänen

TIIVISTELMÄ

Työn tekijä: Pekka Pitkänen	
Työn nimi: Kiinteistöjen yleiskaapelointi	
Päivämäärä: 15.4.2010	Sivumäärä: 34 s.
Koulutusohjelma: Tietotekniikka	Suuntautumisvaihtoehto: Tietoliikennetekniikka
Työn ohjaaja: lehtori Jukka Louhelainen	
Työn ohjaaja: Ismo Juutilainen	
<p>Tämä insinööryö tehtiin ICT Sähkösystems Ky:lle. Työssä selvitettiin alan kirjallisuuden ja käytännön työn pohjalta parikaapeloinnin toteuttamista suunnittelusta mittauksiin. Lähi-verkon sovellusten ja tekniikan kehittyessä oli tarvetta tehdä selkeä ja ytimekäs selvitys nykyisten ja tulevien standardien vaatimuksista kaapeloinnin kannalta.</p> <p>Työssä tutustuttiin aluksi uusimpiin määräyksiin kirjallisuuspohjalta. Työn aikana tutustuttiin useisiin erilaisiin suunnitelmiin yleiskaapeloinnista ja mietittiin niiden mahdollisia parannusehdotuksia suunnittelun kannalta. Asennusten aikana tarkasteltiin suunnitelmien toteutettavuutta. Asennusten testauksessa kiinnitettiin huomiota testausten virheilmoitukseen ja pyrittiin ratkaisemaan ongelmat.</p> <p>Työn tuloksena saatiin yleiskaapeloinnin toteuttamiseen tarvittavat tiedot nykymääräysten ja standardien täyttymiseksi. Vikatilanteiden analysoimiseen ja korjaamiseen saatiin myös selvyys.</p>	
Avainsanat: Parikaapelointi, mittaus, suunnittelu	

ABSTRACT

Name: Pekka Pitkänen	
Title: general cabling of real estates	
Date: 15.4.2010	Number of pages: 34 s.
Department: Information Technology	Study Programme: Telecommunication
Instructor: Jukka Louhelainen, Senior Lecturer	
Supervisor: Ismo Juutilainen	
<p>This study was carried out for ICT Sahkosystems Ky. The study was based on related literature and implementation of pair cabling from planning to measurements. Due to LAN application and technology advances, there was a need for a clear and concise declaration of current and future standard requirements in terms of cabling.</p> <p>The first task was to get familiar with the literature and all the latest regulations. The actual work consisted of examining the various plans of general cabling and pondering the possible improvements in planning. During the installations the feasibility of the various plans was tested. When testing out the installations, the focus was on the error messages and solutions for the problems.</p> <p>As a result a good knowledge of necessary cabling data, current regulations and standards was achieved. Also a lot of information about analyzing error situations and coming up with repairing actions was found out.</p>	
Keywords: twisted pair cabling, measurement, planning	

SISÄLLYS

ALKULAUSE

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	1
2	YLEISKAPELOINNIN PERUSIDEA	1
3	KAAPELIT JA LIITTIMET	3
4	KÄYTTÖSOVELLUTUKSET	5
4.1	VoIP-puhelinjärjestelmä	5
4.2	Turvallisuusjärjestelmät	6
5	SUUNNITTELU	8
5.1	Toimitilat	8
5.2	Asuinrakennukset	9
5.3	Suunnittelun vaiheet	9
5.4	Suunnittelussa huomioon otettavaa	10
5.5	Ympäristöluokitus	13
6	ASENNUS	14
6.1	Kaapelien asennus	14
6.2	Kytkenät	15
7	TESTAUS	16
7.1	Mittausstandardit	16
7.2	Testauslaitteet	16
7.3	Symmetriset parikaapelit	17
7.4	Muut mitattavat arvot	26
7.5	Mittaaminen	27
7.6	Yleisimmät vikatilanteet	27
7.7	Sähköisten vaatimusten viat	30
8	YHTEENVETO	33

1 JOHDANTO

Insinööriyössä käsitellään yleiskaapelointijärjestelmien toteuttaminen suunnittelusta mittaamiseen. Työssä perehdytään standardin EN 50173-1 osalta yleisiin yleiskaapeloinnin vaatimuksiin. Määräykset ovat muuttuneet parikaapeloinnin alkuajoilta huomattavasti, ja kriteerit ovat tiukentuneet.

Työn aiheeseen päädyttiin, koska lähiverkolle on tullut paljon uusia sovelluksia sekä standardeja. Työn tarkoitus on käsitellä standardien vaatimukset lyhyesti ja selkeästi, jotta suunnittelu ja projektinhoito olisivat selkeämpää.

Työssä käsitellään suunnittelualueelta tulevaisuuden tarpeita sekä siirtokapasiteettien riittävyyttä eri sovellutuksille. Mittaamisen kannalta työssä käsitellään mitattavia parametreja sekä niiden vikatilanteita. Vikatilanteisiin kerrotaan vaikuttavat tekijät sekä kerrotaan, miten niitä voi välttää.

2 YLEISKAPELOINNIN PERUSIDEA

Standardisarja EN 50173 käsittää neljälle erityyppiselle kiinteistölle ja asennusympäristölle omat standardinsa. Näitä ovat toimistokiinteistöt, teollisuuskiinteistöt, kodit ja datakeskukset. Kaikille kiinteistötyypeille yhteiset määräykset liittyvät runkokaapelointiin, joka on määritelty standardissa EN50173-1.

Runkokaapeloinnin toiminnalliset osat kaikille kiinteistötyypeille ovat seuraavat:

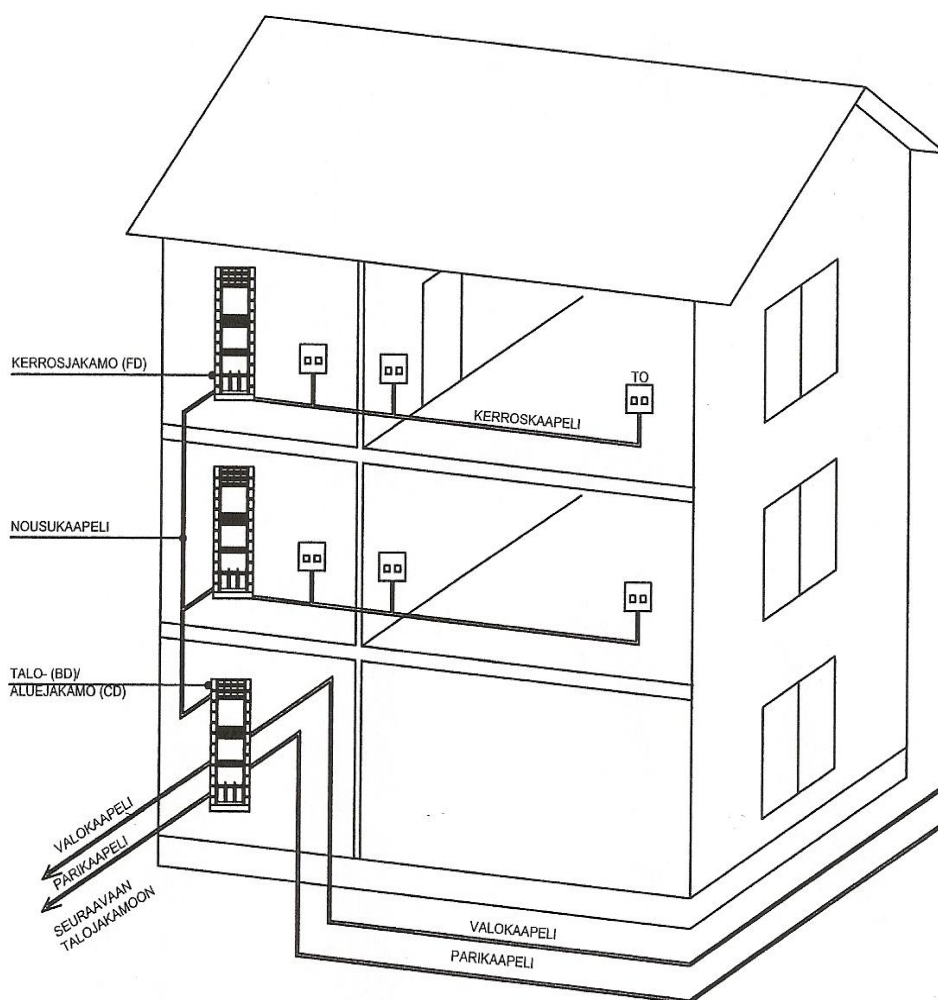
- aluejakamo, CD
- aluekaapeli
- talojakamo, BD
- nousukaapeli
- kerrosjakamo, FD.

Näiden lisäksi toimistokiinteistöön määritellyt yleiskaapeloinnin osat ovat

- kerroskaapeli

- keskityskohta, CP
- keskityskohtakaapeli
- tietoliikennesasia, TO.

Aluekaapelointi ja nousukaapelointi kuuluvat runkokaapelointiin. Aluekaapeloinnilla tarkoitetaan yhteyden muodostamista yhden tai useamman talojakamon ja aluejakamon välille. Nousukaapeloinnissa yhteys muodostetaan talojakamon ja kerrosjakamon välille. Nousukaapeloinnissa ei saa olla jatkoksia. Kerroskaapeloinnissa yhteys muodostetaan jakamosta työpisteeseen. Lähtökohtaisesti kiinteistöön riittää yksi talojakamo, johon operaattorin yhteydet tuodaan. Aluejakamo on tällöin operaattorin oma. Kuvassa 1 on havainnollistettu kaapeloinnin rakennetta. /1./

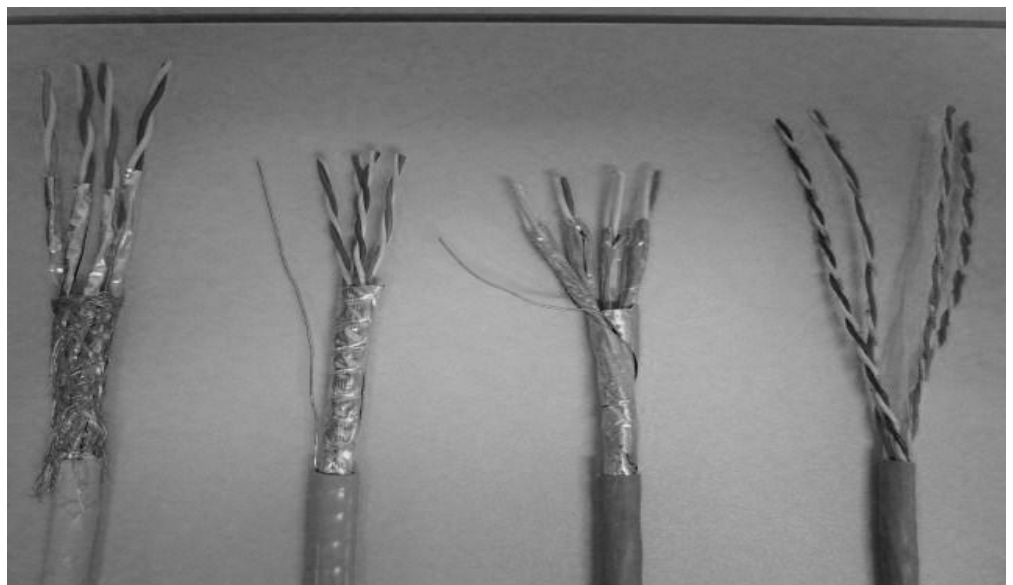


Kuva 1. Yleiskaapeloinnin rakenne [4, s. 16]

Kuvassa 1 näkyy selkeästi jakamoiden ja tietoliikennesasioiden sijoittelu sekä nousukaapelien asennustapa kiinteistön yleiskaapeloinnissa.

3 KAAPELIT JA LIITTIMET

Parikaapeleita on pääsääntöisesti kahta eri lajia: suojaamattomia ja suojattuja. Suojaamattomassa kaapelissa jokainen pari on kierretty keskenään ja erotettu omiin lohkoihinsa. Tämän lisäksi niiden suojana on vain ulkovaippa. Suojatuissa kaapeleissa on parikierre toteutettu samalla tavalla, mutta sen lisäksi kaikilla on yhteinen metallivaippa. Parhaiten suojatussa kaapelissa on näiden lisäksi suojattu vielä jokainen pari erikseen. Kuvassa 2 on sekä suojaamattomia että suojattuja kaapeleita.



Kuva 2. Kaapelien rakenne: suojatut ja suojaamaton

Kun käytetään suojattuja kaapeleita, täytyy käyttää myös suojattuja liittimiä. Muuten suojaus on hyödytön ja saattaa olla häiriö alttiimpi, kuin suojaamaton kaapelointi. Suojaamattomia kaapeleita käytetään kotien ja toimistojen kaapeloinneissa. Suojattuja kaapeleita käytetään sairaaloissa, tv-asemilla ja tehtaissa. /1./

Symmetristen kaapeleiden suorituskyky

Yleiskaapeloinnin kattaessa suuren joukon eri sovelluksia on uusimman määrärauksen mukaan asennettava vähintään kategorian 6 mukainen kaapelointi asuintaloihin. Toimistotaloihin ja muihin liiketiloihin on asennettu jo useamman vuoden ajan kyseisen luokan kaapelointi. Nykyisten standardien vaatimukset parikaapelien suorituskyvylle ovat taulukossa 1.

Taulukko 1. Kaapelien kategoriat ja suoritusarvot

Kaapelin ka- tegoria	Siirtonopeus Mbit/s	Ylärajataajuus MHz
5	100/1000	100
6	1000/10000	250
6 _A	10000	500
7	10000	600
7 _A	10000	1000

Suomessa ei kategorian 5 kaapeleita enää asenneta minkään tyyppisiin kiinteistöihin, koska viestintäviraston määräyksen 25 E/2008 M mukaan täytyy asentaa vähintään kategorian 6 kaapelointi kiinteistön sisäjohtoverkolle. Kategorian 5 kaapeleita voi käyttää kuitenkin korjaustöissä, jos aikaisempi kaapelointi on tehty samalla kaapelilla. Kategorian 6 kaapelin siirtonopeus on laajennettavissa 10 gigabittiin, kuten kategoriassa 6_A, mutta sen toimivuus on testattava siihen pystyvillä mittalaitteilla. Siirtotien pituus rajoittuu käytännössä 55 metriin, ja ympärillä olevat kaapelit vaikuttavat huomattavasti siirtokapasiteettiin. /1./

Kategorian 7 ja 7_A kaapeloinnilla siirtokapasiteetti on 10 gigabittiä. Laajennetulla 7 kategorian kaapeloinnilla voidaan siirtää antenniverkon signaalia, mutta kategorian 7 kaapeloinnilla ei, koska maanpäällisen antenniverkon lähetykset ulottuvat yli 800 megahertsiin. /1./

KytKentätarvikkeet

KytKentätarvikkeita on nykyaikana usealla toimittajalla, mutta niiden yhteensopivuus mittauksia ajatellen ei ole taattu. KytKentätarvikkeita ovat komponentit, joilla kaapelit päätetään tai liitetään toisenlaiseen kaapeliin - esimerkiksi valokuituun. Liittimet kuten RJ45-liitin täyttää oman kategorian luokituksen mukaan aina aikaisemman kategorian luokituksen. /1./

Useimmiten siirtotien ja kanavan toimivuus kannattaa varmistaa käyttämällä tunnetun ja luotetun kaapeli- ja liitinvalmistajan tarvikkeita. Tällöin saadaan myös usein pitkäaikainen takuu kaapeloinnille. Kuvassa 3 on suojattu ja suojaamaton liitin. Vasemmalla kuvassa näkyy suojatun liittimen täysi suoja.



Kuva 3. Kytkenäliittimet

4 KÄYTTÖSOVELLUTUKSET

Tällä hetkellä yleisin käytetty lähiverkkotekniikka on etherhet. Aikaisemmin käytetyt tekniikat kuten Token Ring ja ATM ovat käytännössä jääneet jo historiaan. Ethernet-lähiverkko toteutetaan yleensä parikaapeloinnilla. Lähiverkkojen standardeja päivitetään tiuhaan, ja uusimmat sovellukset käsitteävät muun muassa tehonsyötön parikaapelointia pitkin. /1./

4.1 VoIP-puhelinjärjestelmä

Ennen käytössä olleen kiinteän puhelinverkon korvaajaksi on tullut mobiiliverkko ja sittemmin IP-verkot. Nykyisin organisaatioiden dataliikenne onkin jo pääasiassa IP-verkoissa. IP-verkon kiinteä kustannus on osoittautunut suuremmille yrityksille paremmaksi vaihtoehdoksi data- ja puhelinliikenteen yhdistämiseksi kuin perinteinen lankaverkko. Verkon käytössä pystytään integroimaan muut viestintäpalvelut sekä monikanavaiset viestintäpalvelut.

Taattu kaistanleveys ja kiinteät IP-osoitteet ovat yleensä operaattorien lisäpalveluja, mutta eivät ole kohtuuttoman kalliita. IP-puhelinjärjestelmiä on

kahta eri tyyppiä. Hybridijärjestelmä on kehitetty lankapuhelinjärjestelmän päälle, jolloin voidaan käyttää tavallisia puhelimia. Pelkästään IP-laitteilla toimiva puhelinjärjestelmä on täysin tietokonepohjainen ja tarvitsee omat puhelinlaitteensa. IP-puhelinjärjestelmä liitetään puhelinjärjestelmään, jolloin muun muassa mobiiliverkon yhteydet ovat mahdollisia.

VoIP-verkon käytönkannalta pitää suunnitella uutta verkkoa tehdessä VoIP:n tarvitsevan siirtonopeuden. Jo olemassa olevan verkon hyödyntäminen Internet-puheluihin täytyy testata analysointilaitteilla ja mittalaitteilla. Suositukse-
na onkin käyttää kiinteää nopeutta ja kiinteää full-duplex asetusta VoIP-laitteiden LAN-liitännöissä. /1./

4.2 Turvallisuusjärjestelmät

Yleiskaapelointia voidaan hyödyntää kaikenlaisissa turvallisuusjärjestelmissä, koska käytännössä kaapeloinnin taajuusalue, siirtokapasiteetti, jännitteen- ja virrankestokyky riittävät turvallisuuslaitteille. /1./

Ryöstö- ja murtoilmoitusjärjestelmät

Yleiskaapeloinnin hyödyntäminen on mahdollista rikosilmoitusjärjestelmissä, mutta kyseinen järjestelmä vaatii erityisiä vaatimuksia. Ilmaisimien ja käyttölaitteiden liittäminen kaapelointiin täytyy yleiskaapelointirasioiden olla lukittavia. Tämän lisäksi järjestelmän toiminnan täytyy olla riippumaton itse lähiverkon toiminnasta. /1/

Suosittelavaa onkin, että turvallisuusjärjestelmät keskitetään omiin paneelihin jakamoissa ja kaapelit merkitään selvästi, jotta niitä ei irroteta jakamossa vahingossa. Tehonsyöttö laitteille on mahdollista, jos laitteet eivät vaadi liikaa virtaa tai jännitettä. Pääsääntöisesti laitteet tarvitsevat joko 12 tai 24 voltia ja muutaman watin tehon, jolloin laitteiden tehonsyöttö on ongelmattonta. /1./

Paloilmaisinjärjestelmät

Paloilmaisimet ja käyttölaitteet voidaan liittää yleiskaapelointiin, jos valmistaja tämän sallii. Asennuksissa täytyy noudattaa valmistaja ohjeita. Kaapelointia hyödynnettäessä laitteet voidaan kytkeä suoraan keskusyksikköön. Lait-

teita kytkettäessä yleiskaapelointiin täytyy liitännäsrasioiden olla lukittavia, jotta laitteita ei pääse irtikytkemään järjestelmästä haitattomasti. Hyöty on useiden eri kaapelointien välttämiseksi ja helpossa paloilmajärjestelmien hallinnassa. Tiedot toiminnasta voidaan keräys- ja ohjelmointiohjausyksikölle tehdä helposti. Tehosyötön käyttö on mahdollista, kun syötön vaatimuksia ei ylitetä. /1./

Kulunvalvontajärjestelmät

Yleiskaapelointia voidaan käyttää toimilaitteiden liittämiseksi kulunvalvontajärjestelmään, jos laitteiden tehonsyöttövaatimukset on huomioitu. Kulunvalvontajärjestelmien tiedot voidaan kerätä keskittimeen yleiskaapeloinnin kautta tai liittää toimilaitteet keskenään. Liitosrasioita käytettäessä täytyy ne varustaa lukituksella. /1./

Rakennusautomaatio

Yleiskaapelointia on hyödynnetty automaatioteollisuudessa lähes yhtä kauan kuin toimitilakiinteistöissäkin. Automaatiossa saadaan parikaapeloinnin avulla yhdistettyä yksittäiset laitteet tehokkaasti pääväyliin. Nykyaikainen automaatiotekniikka käsittää yksittäisiä laitteita, jotka pystyvät toimimaan oma-toimisesti. Ne pystyvät kommunikoimaan ja lähettämään tietoa parikaapeloinnin välityksellä. Tällöin aikaisemmin laitteita ohjannut alakeskus voi nykyisin olla pienempi tai niitä voi olla määrällisesti vähemmän. Kaapeloinnin toteutus tehdashallissa on haasteellista vaativien olosuhteiden takia. Standardissa EN 50173-3 on määritelty teollisuusolosuhteisiin vaadittavat määräykset. Standardissa on otettu huomioon muun muassa ympäristötekijät uudessa MICE-luokituksessa. /1./

Audiotekniikka

Osalla audiotekniikkaa rakentavilla yrityksillä on jo mallistossaan yleiskaapelointia hyödyntäviä kaiutinjärjestelmiä. Useimmiten kaapelointi on täytynyt tällöin toteuttaa kategorian 6 suojatulla kaapelilla. Suojatulla kaapelilla saadaan toimitettua signaalit puhtaana läpi kaapeloinnin, jolloin äänenlaatu ei kärsi. /1./

5 SUUNNITTELU

Suunnitteluprojektit voidaan jakaa pääsääntöisesti kahteen eri luokkaan: uudisrakennuksiin ja saneerauskohteisiin. Uudiskohteissa suunnittelun tekee haasteelliseksi se, ettei lopullinen käyttäjä ole tällöin välttämättä tiedossa. Suunnitelmia joudutaankin usein muuttamaan rakennusvaiheessa. Pisteiden määrää ja paikkoja siirretään usein alkuperäisistä suunnitelmista poiketen. Myös runkokaapelointia ja jakamoiden keskinäisiä kaapelointeja joudutaan muuttamaan. Suunnittelijan onkin oltava ajan tasalla rakennustöiden kanssa, jotta välttyttäisiin turhilta rakennustöiltä, jos suunnitelmat muuttuvat liikaa.

Saneerauskohteissa on yleensä käyttäjä tiedossa eikä suunnitelmia ajan kuluessa tarvitse ratkaisevasti muuttaa. Suunnittelijan suurin työ onkin kartoittaa mahdolliset reitit uusille kaapeloinneille./1./

5.1 Toimitilat

Uudisrakennuksissa suunnittelu lähtee siitä, tuleeko rakennusta käyttämään yksi vai useampi loppukäyttäjä. Tämä tehdään syystä, että tiedetään varautua alueiden jakamiseen, jotta eri käyttäjien tiedot eivät pääse kohtaamaan toisiaan ja näin ollen joudu väärin käsiin. Jos rakennukseen tulee useita käyttäjiä, eivät pelkät kerrosjakamot riitä, vaan joudutaan suunnittelemaan aluejakamoita. Jos loppukäyttäjät eivät ole tiedossa, suunnitellaan yleensä suurin osa pisteistä avokonttoreissa hyllyille ja huoneissa kouruun asennettaviksi.

Pisteteitä tulisi suunnitella vähintään yksi kaksiosainen työpisterasia yhtä työasemaa kohti, jotta saadaan tietokone ja puhelin kytkettyä verkkoon. Tämän lisäksi suunnittelussa tulee huomioida tulostin- ja WLAN -pisteet sekä mahdolliset muut järjestelmät kuten kameravalvonta ja turvajärjestelmät, jotka pystyvät hyödyntämään yleiskaapelointia.

Saneerauskohteissa tilan käyttäjä on yleensä tiedossa ja yleiskaapelointi voidaan suunnitella todellisten tarpeiden pohjalta. Tällaisissa kohteissa aikataulu on tiukempi kuin uudiskohteissa, ja tämän vuoksi käyttäjän ja suunnittelijan yhteistyö onkin merkittävää lopputuloksen kannalta. /1./

5.2 Asuinrakennukset

Viestintäviraston määräyksen 25 E/2008 M mukaan sisäjohtoverkko tulee asentaa jokaiseen asuinhuoneistoon.

Uudisrakentamisessa jokaiseen asuinhuoneistoon asennetaan kotijakamo, johon kaikki huoneiston tietoliikennesasiat kaapeloidaan tähtimäisesti kategoria 6 mukaista yleiskaapelointia käyttäen. Huoneiston jokaiseen asuinhuoneeseen asennetaan yksi kaksiosainen tietoliikennesasia. /2. s. 3./

Tämän lisäksi talojakamolta tulee olla kategorian E mukainen yhteys huoneistojakamoon. Lisäksi suositellaan asennettavaksi OS1 tai OS2 kategorian valokaapeli jossa on neljä yksimuotokuitua. Vähimmäisvaatimuksena on kuitenkin valmiin johtoreitin rakentaminen, jotta kuituyhteys saadaan asennettua myöhemmin rakenteita rikkomatta. Saneerattavissa asuin kiinteistöissä suositellaan yleiskaapeloinnin toteuttamista kuten uudisrakennuksissakin, mutta ei edellytetä. /2./

5.3 Suunnittelun vaiheet

Suunnittelu alkaa tarvekartoituksesta, jossa määritetään rakennustyyppi ja mahdolliset yleiskaapeloinnin tarvitsevat järjestelmät. Kartoituksen jälkeen suunnitellaan niin sanotut urakkalaskentakuvat, jotka voidaan lähettää eteenpäin tarjouskilpailua ajatellen. Tämän jälkeen laaditaan toteutusvaiheen kuvat, joissa näkyy tarkat paikat, asennustavat sekä muut asennuksen mahdollistavat tiedot. Luovutuspiirustukset laaditaan asennuksen päätyttyä, kun kaikki pisteet on asennettu ja mitattu. Luovutuspiirustukset yleensä eroavat jonkin verran toteutusvaiheen kuvista.

Luonnosvaihe

Luonnosvaiheessa on tarkoituksena kartoittaa tilaajan kanssa kaapeloinnin peruskokoonpano, tietoliikennesasioiden ja keskityskohtien sijoitus sekä määrä. Rasioiden määrästä ja etäisyyksistä voidaan laskea suoraan aluejakamoiden ja kerrosjakamoiden määrä. Tällöin saadaan suuntaa antava hinta-arvio. Muita suunnittelussa huomioon otettavia asioita ovat jakamoiden koko, joka vaikuttaa valaistus ja jäähdytys tarpeisiin. Myös johtotie- ja sähkönsyöttötarpeet on hyvä huomioida etenkin, jos on sellainen kohde, johon uusitaan vain parikaapelointijärjestelmä. /1./

Tarjousvaihe

Tarjousvaiheessa luodaan käytännössä kaikki kaaviot ja suunnitelmat, jotka vaikuttavat kaapeloinnin hintaan. Suurin osa yleiskaapelointijärjestelmistä toteutetaan urakkatöinä. Tästä syystä kaikki tarjousvaiheessa tehdyt dokumentit tulisi olla mahdollisimman tarkkoja, jotta saataisiin vertailukelpoiset tarjoukset. Laskentakuviin sisältyvät pääsääntöisesti sähköselostus, aluekaapelointi-, taso- ja detaljipiirustukset sekä runkojohto- ja maadoituskaaviot. Sähköselostuksessa kerrotaan käytännössä työhön liittyvät asennustavat sekä eri urakoitsijoiden työnjakorajat. Aluekaapelointi- ja tasopiirustuksista näkyvät pisteiden ja jakamoiden paikat, jotta tietää asentaa kaapelit oikeille jakamoille. /1./

Toteutusvaihe

Toteutusvaiheen suunnittelussa varmistetaan tarjousvaiheen tiedot ja liitetään kaavioihin ja kuviin tilaajan hyväksymät merkintätunnukset. Lisäksi on syytä tarkistaa muuttuneet arkkitehtikuvat sekä mahdolliset muuttuneet tasopiirustukset ja kalustesuunnitelmat. Myös tarkentuneiden asennustarvikkeiden ohjeet on syytä lisätä dokumentteihin. /1./

5.4 Suunnittelussa huomioon otettavaa

Kaapeloinnin suunnittelu

Kaapelointia suunnitellessa huomio täytyy kiinnittää aluksi kaapelien pisimpiin asennus matkoihin. Luokan E_A kaapeleille suositellaan enintään 90 metrin matkaa, jotta 10 Gigabit-ethernet vaatimukset täyttyvät. Suositeltavin pituus kerroskaapelin pituudelle keskimäärin on kuitenkin noin 45 metriä. Jos käytössä on Luokan E kaapelointi, käytännössä pisin mahdollinen siirtotien pituus on 55 metriä 10 Gigabit-ethernet vaatimuksiin. /1/

Kaapelireitit

Yleisesti vaaditaan, että yleiskaapeloinnille varataan riittävät johtotiet. Käytännössä se tarkoittaa sitä, että tietoliikenne rasioille on oma riittävä tila johdotkanavasta hyllylle. Seinään asennetuille upporasioille riittävä tila tarkoittaa käytännössä yhtä 20 millimetrin muoviputkea rasialta asennushyllylle. Laitekaappia tai telinettä kohden tulee asentaa vähintään yksi 300 tai 500 mm leveä kaapelihylly yhteyskerroksen kaapelihyllyjärjestelmään. Tämän lisäksi

tulee asentaa koko kerroksen kattava sähköisille tietojärjestelmille tarkoitettu runkohylly, josta on rakennettu haarat johtokanavajärjestelmien liitäntäkohtiin. Kaapeloinnin perusmitoituksena pidetään, ettei ensiasennuksena asenneta yhdelle hyllylle yli puoltatoista kerrospaksuutta kaapelia. Käytännössä tämä tarkoittaa kategorian 6 paksuudella, joka on 5-6 mm sitä, että yhdelle 300mm:n hyllylle mahtuu enintään 75 kaapelia ja 500 mm: hyllylle mahtuu enintään 125 kaapelia. /1./

Kaapelireittien ja johtoteiden suunnittelussa tulee ottaa huomioon standardissa EN 50174-2 todetut sähkö- ja tietoliikennekaapeloinnin keskinäiset etäisyydet. Etäisyydet perustuvat pääsääntöisesti enintään 20 ampeerin ja 230 voltin kaapeleille. Taulukossa 2 on esitelty kaapelointien minimietäisyydet. /1./

Taulukko 2. Sähkökaapeleiden vaikutus IT-kaapelointiin [1, s. 291.]

Kaapelin kategoria ja suojausrakenne	IT-kaapelin ja sähkökaapelin välinen minietäisyys, mm			
	IT-kaapeleiden ja sähkökaapeleiden välillä ei ole mitään suojarakennetta	IT-kaapelit tai sähkökaapelit asennettuna omaan metallisiin johtoteihin.		
		Avoin (yli 20 %) johtotie, esimerkiksi kaapelihylly	Suljettu, mutta aukkoja (alle 20 %) sisältävä kaapelihylly	Umpinainen johtotie, esimerkiksi metalliputki
Kategoria 7, 7 _A S/FTP	55	35	28	0
Kategoria 5, 6, 6 _A F/UTP, S/FTP	80	50	40	0
Kategoria 5, 6, 6 _A U/UTP	100	80	50	0
Alle kategoria 5 tai tuntematon	300	300	150	0

Suosittelun suojaamattoman kategoria 6 sekä kategorian 5 kaapeleilla tulisi olla vähintään 100 millimetrin etäisyys sähkökaapeleista, jos niitä on 6-15 kappaletta. Sähkökaapeleiden määrästä riippuen etäisyys vaihtelee kuten taulukosta 3 voi nähdä. Kuitenkin toimistokiinteistöissä voivat sähkö- ja tietoliikenne kaapelit olla toisissaan kiinni viimeiset 15 metriä. /1./

Taulukko 3. Kaapeleiden korjauskertoimet [1, s. 291]

Sähkökaapeleiden lukumäärä	Kerroin
1-5	0,4
6-15	1
16-30	2
31-45	3
46-60	4
61-75	5
>75	6

Huom. Jos sähkökaapelin virta on yli 20 A, se käsitellään 20 A:n kaapelin monikertana.

Sähkötekniset asiat

Maadoituskisko tulee asentaa jokaiseen jakamoon. Jakamoiden laitekaapit ja telineet liitetään maadoituskiskoon kaikkineen metalliosineen mukaan lukien paneelit ja ovet. Paras tapa tuoda potentiaalintausjohdin maadoituskiskoon on tuoda se päämaadoituskiskolta. Johtimen voi tuoda TN-S- järjestelmällä toteutetusta rakennuksesta lähimmältä ryhmäkeskukselta. Jos rakennus on toteutettu TN-C-S tai TN-C sähköjärjestelmällä, on suositeltavaa, että maadoitus toteutetaan tikaspuumaisesti erillisellä maadoituskaapelilla päämaadoituskiskolta. Tämän lisäksi suositellaan kerroskaapeloinnin jaka-

moalueiden toteutettavan sähkökeskusalueiden mukaisesti, jotta potentiaalierojen aiheuttamilta häiriöiltä vältyttäisiin.

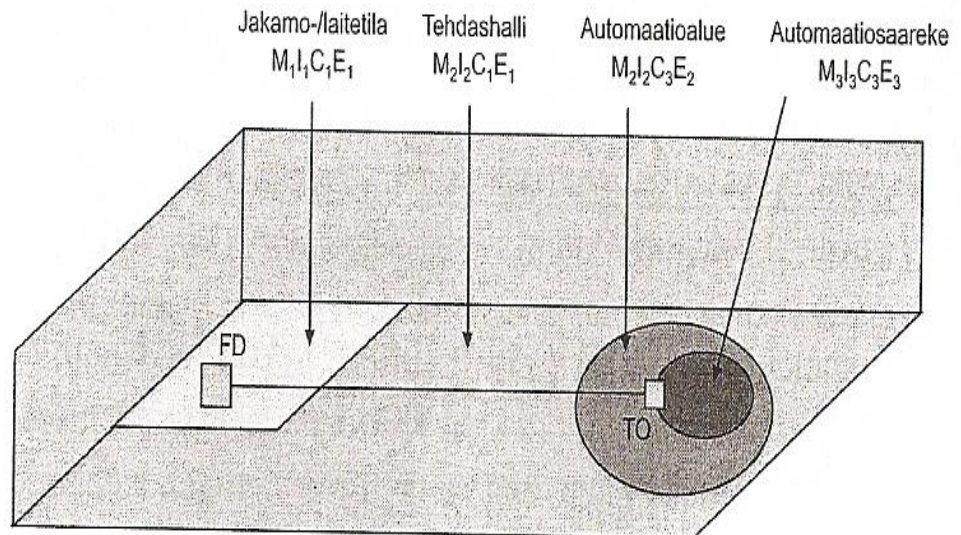
5.5 Ympäristöluokitus

Uuden standardin EN 50173 mukaan on määritelty ympäristöluokitus kaapeloinnille. Kaapelointi on jaettu rasitettavuudeltaan eri luokkiin ja asennusympäristö on määritelty tarkasti. Suunnitteluvaiheessa on tärkeää tietää, millälaiset ympäristöolosuhteet tulee olemaan esimerkiksi tehdashallin eri puolilla. Luokitusjärjestelmästä käytetään nimeä MICE. Rasitustekijöiden kirjaimet tulevat englanninkielestä ja tarkoittavat mekaaniset tekijät (Mechanical), kotelointi (Ingress), ilmastolliset ja kemialliset tekijät (Climatic and Chemical) ja sähkömagneettiset tekijät (Electromagnetic). Seuraavassa taulukossa havainnollistetaan luokan syntyä. /1/

Taulukko 4. MICE-luokitukset [1, s. 76]

Parametrit	Ympäristö		
	1	2	3
Mekaaninen luokitus	M ₁	M ₂	M ₃
Kotelointi luokitus	I ₁	I ₂	I ₃
Ilmastollinen ja kemiallinen luokitus	C ₁	C ₂	C ₃
Sähkömagneettinen luokitus	E ₁	E ₂	E ₃

Taulukon 4 sarakkeista määräytyvät arvot näkee selkeästi kuvasta 4. Jakamoalue on ympäristön rasitteille pienin, kun taas automaatioasarekkeessa on paljon häiriökenttiä, jolloin ympäristön rasite on suurin.



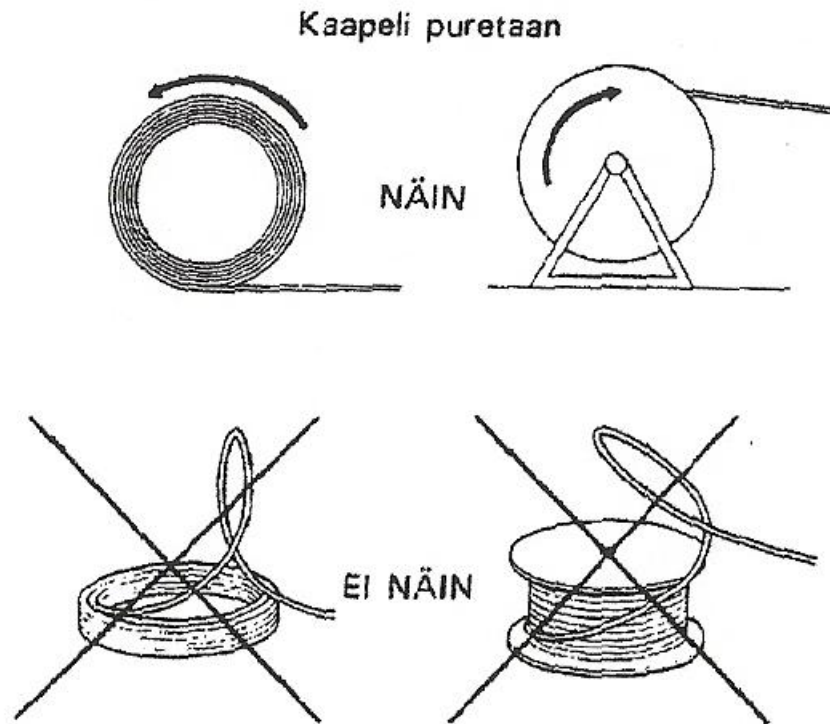
Kuva 4. Ympäristön vaihtelu kaapelin asennusmatkalla

6 ASENNUS

Suunnittelun jälkeen tehtävä asennus on tehtävä hyvin, jotta saadaan mittaukset suoritettua mahdollisimman vähillä ongelmilla. Asennustyöt alkavat tutustumalla suunnittelukuviin ja kiertämällä asennusreitit sekä paikat läpi. Usein säästetään aikaa, kun tutustutaan kunnolla asennuskohteeseen ja mietitään työsuorituksen kulku hyvin. /5./

6.1 Kaapelien asennus

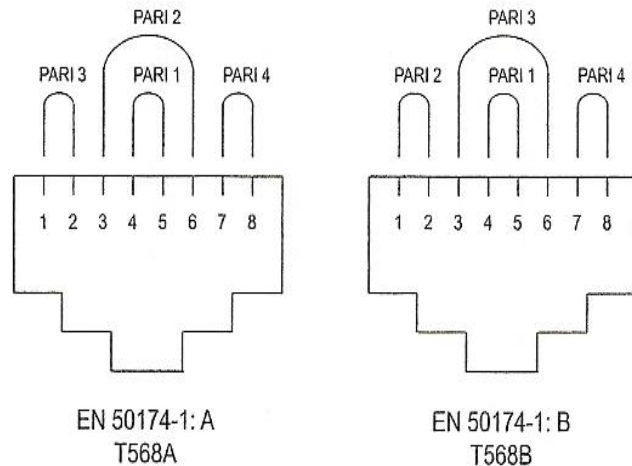
Kaapelin asennus hyllyille voidaan aloittaa jo melko aikaisin, kunhan hyllyt ja suojaputket on asennettu koko asennusmatkalta. Kaapeleita asennettaessa tulee ottaa huomioon lukuisia seikkoja. Kaapelin purku kelalta täytyy tehdä oikeaoppisesti, jottei kaapeliin tule ylimääräisiä silmukoita ja tällöin vaurioidu. Myös mahdollisiin hankaus tai hiertymä kohtiin tulee kiinnittää huomiota. Jos vedetään useita kaapeleita samaan aikaan, tulee merkinnöistä huolehtia, jotta asennusvaiheessa numerointi pysyy oikeana. /5./



Kuva 5. Kaapelin purku tavat [5, s.50]

6.2 Kytkenät

Kytkenäjä rasian päissä eikä jakamossa kannata aloittaa ennen kuin työmaa on pölypuhdas. Tällöin vältetään ylimääräisiltä vioilta. Kytkenöissä huomioon otettava seikka on kytkenä tyyppi. On olemassa A- ja B-tapa kytkeä liittimet. Liittimien kytkenässä huomio kiinnittyy enimmäkseen mahdollisimman vähäiseen parikierron avaamiseen. Kun kyseessä on suojattu kaapeli, täytyy varmistaa suojan kunnollisesta kosketuksesta liittimessä. /5./



Kuva 6. Liittimien kytkentätavat [1, s.155]

7 TESTAUS

Parikaapeloinnin testaus toteutetaan niihin suunnitelluilla mittareilla. Testattavat asiat on määritelty ennalta ja mittarien pitää täyttää vaatimukset. Testauksilla on tarkoitus selvittää toteuttaako yleiskaapelointi asianomaiset spesifikaatiot. Myös kaapeloinnin käytön ja ylläpidon kannalta testauksilla on tärkeä merkitys. Vaikka lähtökohtaisesti kaapelointi täyttää määräykset, kun on käytetty oikeita asennustarvikkeita ja tapoja, niin mittaus täytyy tehdä kuitenkin laadun varmistamiseksi. Testaustulokset ja dokumentit tulee säilyttää koko kaapeloinnin elinkaaren ajan, jotta korjaus ja vian etsiminen on helppoa. Myös muutokset kaapelointiin tulee merkitä dokumentteihin. /1./

7.1 Mittausstandardit

Maailmassa käytetään erilaisia standardeja parikaapeloinnille ja sen testaukseen. Yhdysvalloissa on käytössä TIA/EIA 568-A, maailmanlaajuinen on ISO/IEC 11801 ja eurooppalainen standardi on EN 50173-1, jota Suomessa pääsääntöisesti käytetään. Kaapelointi toteutetaan alusta loppuun asti samalla standardilla, jotta määräykset täyttyvät ja ennen kaikkea siksi, että kaapelointi toimii halutulla tavalla. /1./

7.2 Testauslaitteet

Parikaapeloinnin testaukseen on pitkälle automatisoituja mittalaitteita, jotka ovat pienen kokonsa vuoksi kädessä pidettäviä. Laitteet ovat akuilla varustettuja ja suurin osa mittareista pystyy toimimaan yhden työpäivän ajan la-

tauskerralla. Testauslaitteille on määritelty standardissa suorituskyyville minimivaatimukset, jotka laitteen täytyy täyttää. Laitteenkäyttöluokka riippuu testattava parikaapeloinninluokasta. Standardi EN 61935-1 edellyttää mittalaitteen täyttävän seuraavat luokitukset erityyppisille kaapeloinneille:

- Luokka D edellyttää vähintään level IIe –testerin käyttöä.
- Luokka E edellyttää vähintään level III –testerin käyttöä.
- Luokka EA edellyttää vähintään level IIIe –testerin käyttöä.
- Luokka F edellyttää vähintään level IV –testerin käyttöä.

Testauslaitteistoon kuuluu aina kaksi laitetta. Toinen on lähetinyksikkö ja toinen on vastaanottoyksikkö. Lähetinyksikkö lähettää dataa ja vastaanotto yksikkö ottaa datan vastaan ja lähettää takaisin pääyksikölle, joka laskee kyseisistä tuloksista mittausarvot. /5./

Mittauslaitteiden mallista riippuen niissä voi olla useita lisäliitäntöjä, kuten tietokoneeseen tarkoitetut USB:n tai RS-232-liitännän /1/.

7.3 Symmetriset parikaapelit

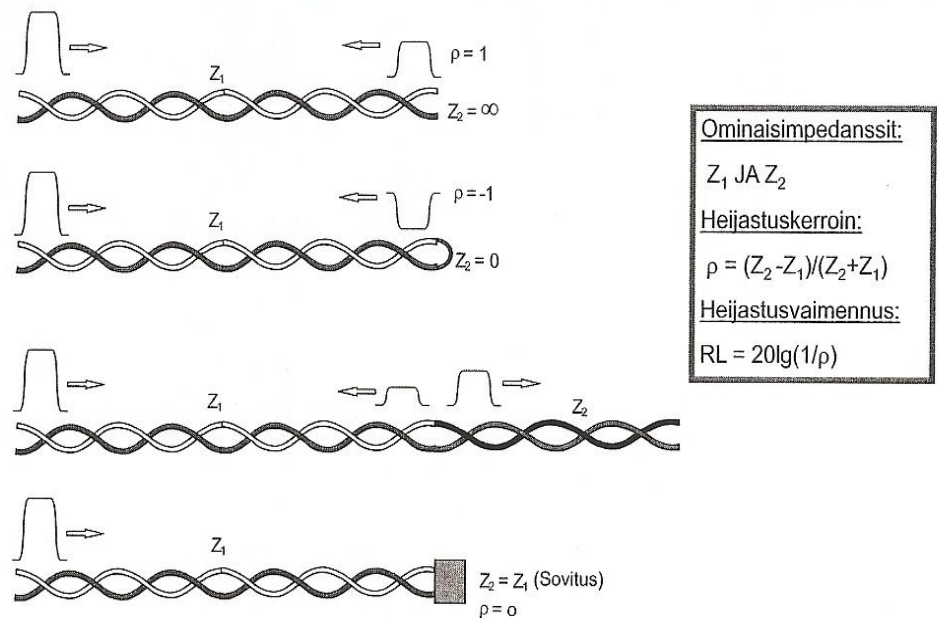
Tässä luvussa käsitellään symmetristen parikaapeleiden mitattavia arvoja ja niihin vaikuttavia seikkoja vikatilanteissa sekä itse mittaamista. Standardi EN50173-1 määrittelee vaatimukset seuraaville sähköisille ominaisuuksille.

- ominaisimpedanssi, Ω
- heijastusvaimennus, RL
- vaimennus
- lähipään ylikuulumisvaimennus parien välillä, NEXT
- lähipään ylikuulumisvaimennus tehosummana, PSNEXT
- vaimennus-ylikuulumissuhde parien välillä, ACR
- vaimennus-ylikuulumissuhde tehosummana, PSARCR
- kaukopään ylikuulumissuhde parien välillä, ELFEXT
- kaukopään ylikuulumissuhde tehosummana, PSELFEXT
- kaapeleiden välinen lähipään ylikuulumisvaimennus tehosummana, PSANEXT
- kaapeleiden välinen kaukopään ylikuulumissuhde tehosummana, PSAACR-F
- tasavirtasilmukkaresistanssi ja resistanssi epäsymmetria
- tasavirta tehonsyöttö ja käyttöjännite

- kulku-aika ja kulku-aikaero
- epäsymmetriavaimennus
- kytkentävaimennus
- kapasitanssi.

Ominaisimpedanssi

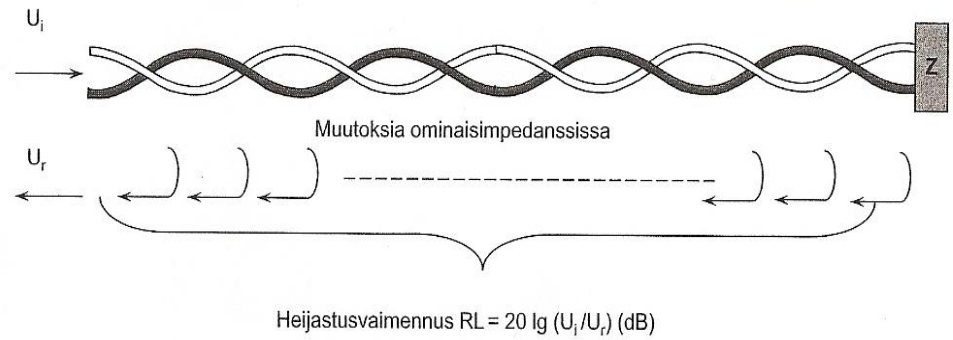
Ominaisimpedanssin yksikkö on ohmi [Ω]. Ominaisimpedanssi siirtotiellä tarkoittaa parin johtimien välisen jännitteen ja niissä kulkevan virran suhdetta. Standardin mukainen kanavan ja siirtotien nimellinen ominaisimpedanssi on 100 ohmia. /1./



Kuva 7. Ominaisimpedanssin muutos aiheuttaa heijastuksen [1, s.81]

Heijastusvaimennus, Return Loss, RL

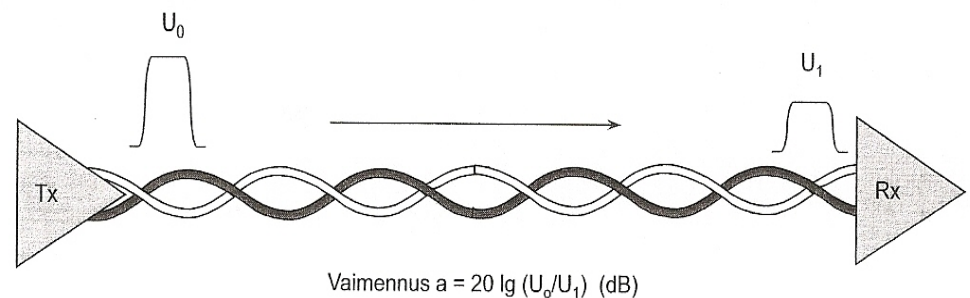
Siirtotiessä tapahtuu pienempiä tai suurempia ominaisimpedanssi muutoksia. Jokaisessa ominaisimpedanssin muutoskohdassa syntyy heijastus, joka on verrannollinen muutoksen suuruuteen. Siirtotien tai kanavan kaikki heijastukset huomioon ottaen saadaan määriteltyä heijastusvaimennus. Mitä suurempi muutos ominaisimpedanssissa tapahtuu, sitä suurempi jännite heijastuu takaisin. /1/



Kuva 8. Kanavassa tai siirtotiellä syntyvät [1, s.81]

Vaimennus

Vaimennuksella tarkoitetaan tehon menetystä signaalin edetessä siirtotiellä tai kanavassa. Vaimennus kasvaa taajuuden kasvaessa ja on likimäärin verrannollinen taajuuden neliöön. Vaimennus ilmoitetaan desibeleinä [dB]. Kaapeleille ilmoitetaan vaimennukset pituusyksikköä kohden [dB/100m]. Siirtoteissä ja kanavissa vaimennusta aiheuttaa johdin- ja eristehäviöistä sekä asennusvirheistä, jolloin se vaikuttaa kanavan ja siirtotien pituuteen sekä suurimpaan siirrettävään taajuuteen. Pitkillä matkoilla virran ja jännitteen alenemisen huomaa parhaiten. /1/

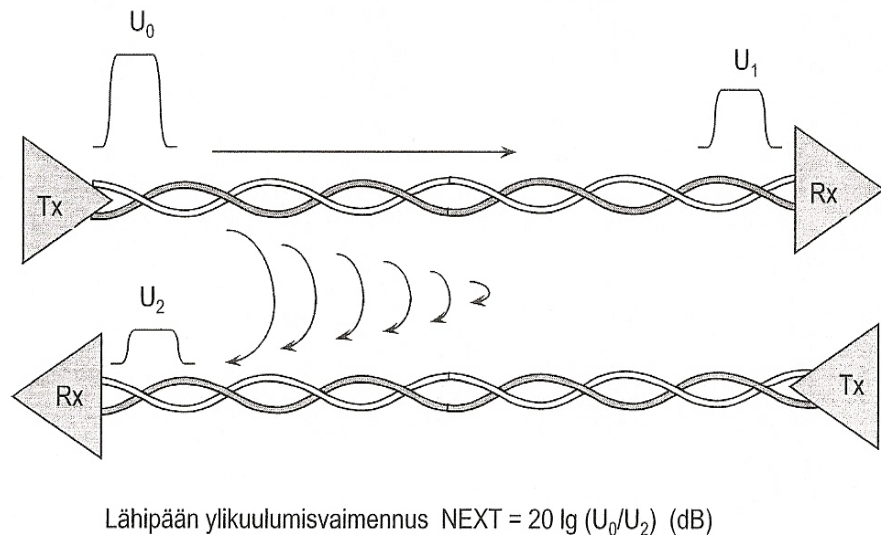


Kuva 9. Vaimennus kanavalla tai siirtotiellä [1, s. 82]

Lähipään ylikuulumisvaimennus parien välillä, NEXT

Parilta toiselle siirtyvää tehoa kutsutaan ylikuulumiseksi. Silloin kun signaali kuuluu läpi lähetetystä päästä, puhutaan lähipään ylikuulumisvaimennuksesta. Ylikuuluminen aiheutuu käytännössä epäsymmetriasta johon vaikuttaa esimerkiksi liitin päässä liian paljon avattu parikierre. Sellaisissa sovelluksis-

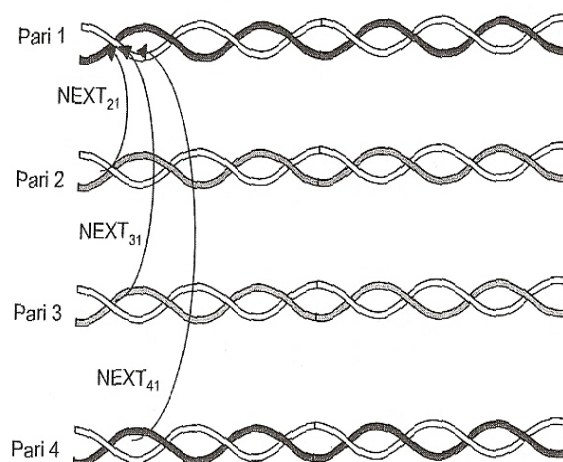
sa, joissa saman kaapelin parien signaalien tasoerot ovat huomattavat, vaaditaan erityisen hyviä ylikuulumisominaisuuksia. Kaksiparisessa eli duplexsiirrossa lähipään ylikuuluminen on kriittisempää kuin kaukopään ylikuuluminen. /1/



Kuva 10. Lähipään ylikuuluminen kahden parin välillä [1, s. 83]

Lähipään ylikuulumisvaimennus tehosummana, PSNEXT

Lähipään ylikuulumisvaimennus tehosumma eli PSNEXT mitataan kaapelin kolmelta parilta yhdelle parille tuleva ylikuulumisen yhteisvaikutus, toisin kuin NEXT, joka mitataan vain kahden parin väliltä. Kaksisuuntaisessa siirrossa, jolloin parikaapelissa on käytössä kaikki neljä paria, on PSNEXT arvo kriittinen. /1/



Parille 1 määritellään:

$NEXT_{X1}$ = Lähipään ylikuulumisvaimennus (dB) parilta X parille 1.

$PSNEXT_1$ = Pareilta 2...4 parille 1 kytkeytyvien lähipään ylikuulumistehtojen summa (dB).

Tyypillisesti:

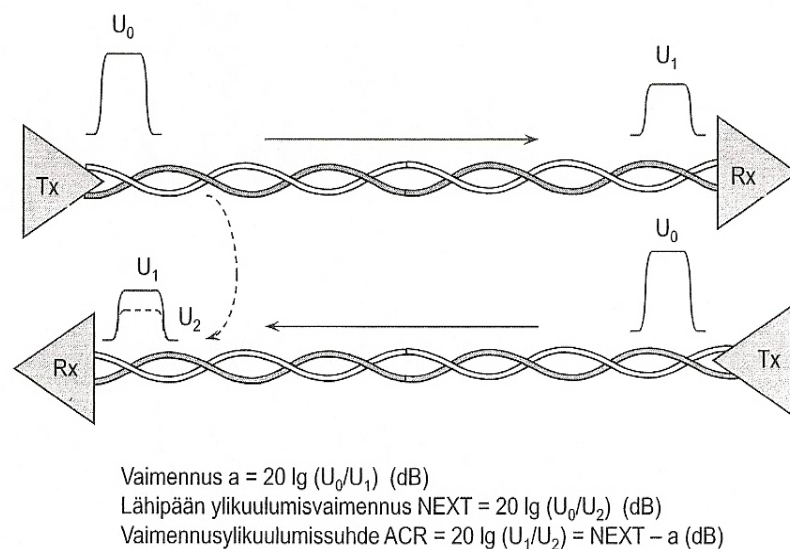
PSNEXT on noin 3 dB pienempi kuin NEXT.

Kuva 11. Lähipään ylikuuluminen tehosummana [1, s. 84]

Vaimennus-ylikuulumissuhde parien välillä, ACR

Kun lähetetään suuritasoinen signaali, se voi aiheuttaa lähipään ylikuulumista kaapelin toisessa vastaanottavassa parissa, joka vastaanottaa vaimentunutta signaalia. Vaimennusylikuulumissuhde on ylikuulumisvaimennuksen ja vaimennuksen erotus. /1/

$$\text{ACR} = \text{NEXT} - \text{Vaimennus} \text{ [dB]}$$



Kuva 12. Vaimennuksen ja lähipään ylikuulumisen yhteisvaikutus [1, s. 85]

Vaimennus-ylikuulumissuhde tehosummana, PSACR

PSACR on samanlainen kuin ACR, mutta se lasketaan kaikkien parien arvoilla, toisin kuin ACR, joka laskettiin kahden parin kesken.

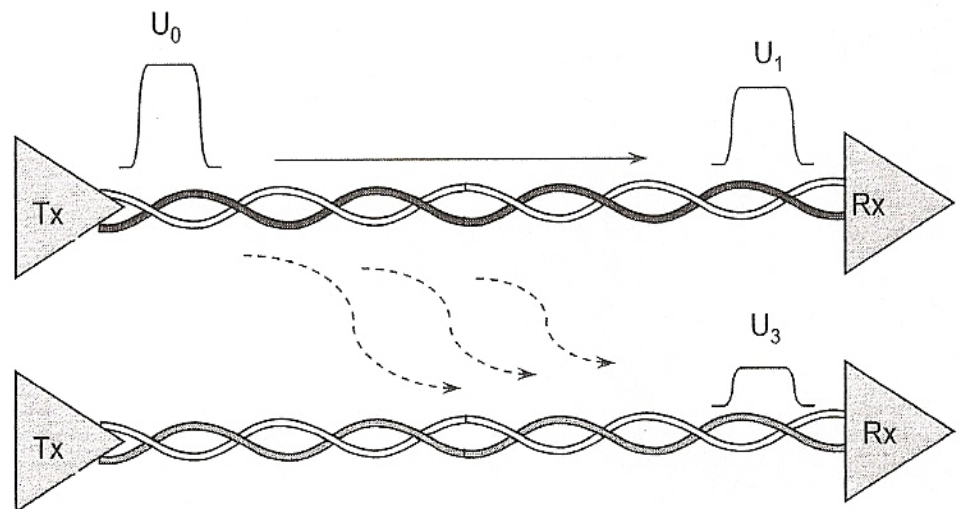
$$\text{ACR} = \text{PSNEXT} - \text{Vaimennus} \text{ [dB]}$$

Kaukopään ylikuulumissuhde parien välillä, ELFEXT

Kaukopään ylikuulumissuhde parin välillä kertoo, kuinka paljon pienempi on häiritsevältä parilta ylikuulunut signaali varsinaisen hyötysignaalin suhteen. Jos ylikuulunut signaali on liian suuri hyötysignaaliin nähden, syntyy virheitä.

Kaukopään ylikuulumissuhde ilmoitetaan desibeleinä. Ylikuulumissuhde parien välillä voidaan laskea kaavasta:

$$\text{ELFEXT} = 20 \lg (U_1/U_2) = \text{FEXT-vaimennus} / 1/$$



$$\text{Vaimennus } a = 20 \lg (U_0/U_1) \text{ (dB)}$$

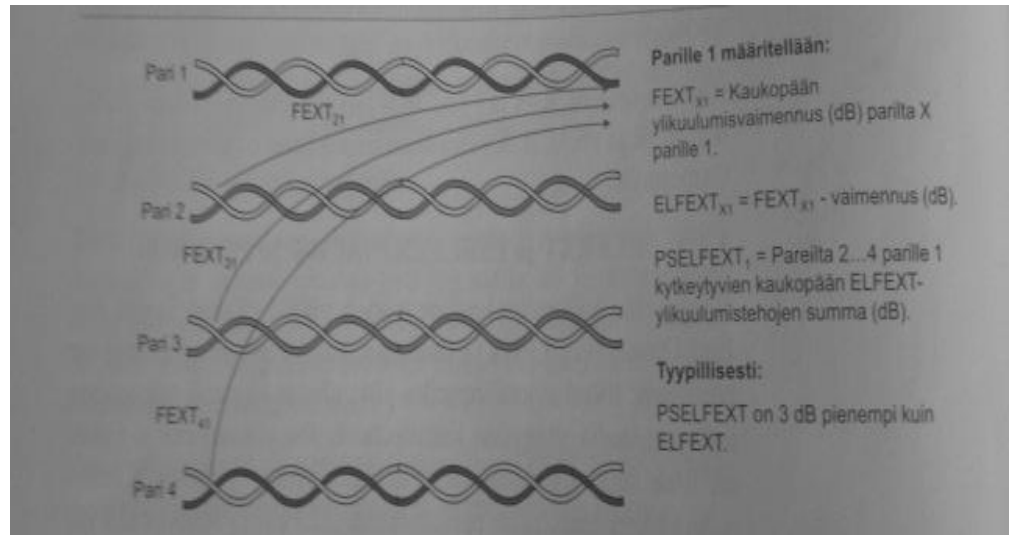
$$\text{Kaukopään ylikuulumisvaimennus FEXT} = 20 \lg (U_0/U_3) \text{ (dB)}$$

$$\text{Kaukopään ylikuulumissuhde ELFEXT} = 20 \lg (U_1/U_3) = \text{FEXT} - a \text{ (dB)}$$

Kuva 13. Kaukopään ylikuulumissuhde kahden parin välillä [1, s. 86]

Kaukopään ylikuulumissuhde tehosummana, PSELFEXT

Kaukopään ylikuulumissuhteen tehosummassa otetaan huomioon kaikkien parien aiheuttama ylikuuluminen yhdelle parille, kun ELFEXT otti huomioon vain kahden parin väliset ylikuulumiset. /1/



Kuva 14. Kaukopään ylikuulumissuhde tehosummana [1, s. 86]

Kaapeleiden välinen lähipään ylikuulumisvaimennus tehosummana, PSANEXT

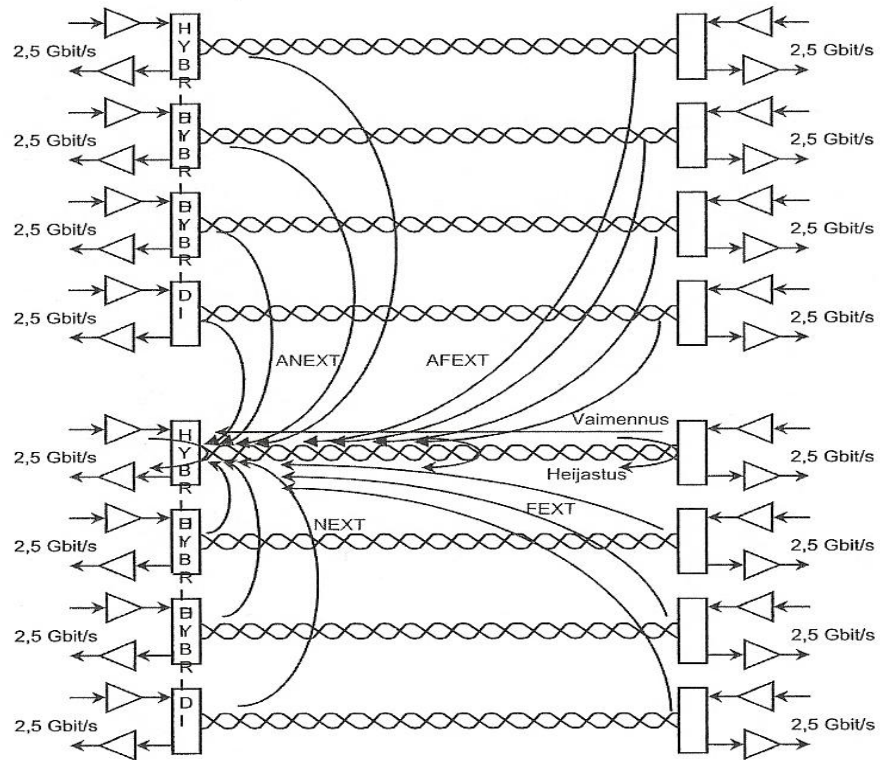
Kaapelien välinen ylikuuluminen alkaa vaikuttaa lähinnä vasta 10 Gbit/s siirrossa. Kaapeleiden ylikuuluminen on suurinta niiden parien välillä joilla on sama nousu. Ylikuulumista kaapeleiden välillä syntyy silloin, kun kaapelit kulkevat vierekkäin. Käytännössä kaapelit kulkevat vierekkäin aina johtokanavissa ja kaapelihyllyillä. Kaapeleiden ylikuuluvuus on suurinta silloin, kun lyhyitä ja pitkiä kaapeleita kulkee rinnakkain. Suojaamattomilla kaapeleilla ongelma on vaikeinta hallita. PSANEXT määritetään samalla tavalla, kuin lähipään ylikuulumisvaimennuksen tehosumma. Käytännössä luokan E suojaamattomalla kaapelilla saavutetaan vain 55 metrin kanavapituus. Kaapeleiden välinen ylikuuluminen asettaakin haasteita kaapeloinnin eri osille.

/1/

Kaapeleiden välinen kaukopään ylikuulumissuhde tehosummana, PSAACR-F

Kaapeleiden välinen kaukopään ylikuulumissuhteen tehosumma määritellään samalla tavalla, kuin PSANEXT, mutta mittaus tapahtuu kaukopäässä.

/1/



Kuva 15. Ylikuulumiskytkenät kahden kaapelin tapauksessa [1, s. 88]

Tasavirtasilmukkaresistanssi ja resistanssi epäsymmetria

Tasavirtaresistanssi ottaa huomioon parin molempien osien pituudesta ja parikierrosta johtuvan pituuden lisäyksen vaikutuksen. Tasavirtaresistanssilla voi olla merkitystä esimerkiksi, silloin kun WLAN-tukiasema saa tehonsyötön samaa kaapelia pitkin. /1./

Tasavirtatehonsyöttö ja käyttöjännite

Tasavirtatehonsyöttöä ja käyttöjännitettä koskevat vaatimukset on tehty niitä siitä sovellutuksia ajatellen, joissa päätelaite saa tehonsyötön samaa kaapelia pitkin, jota signaali syöttökin kulkee. /1./

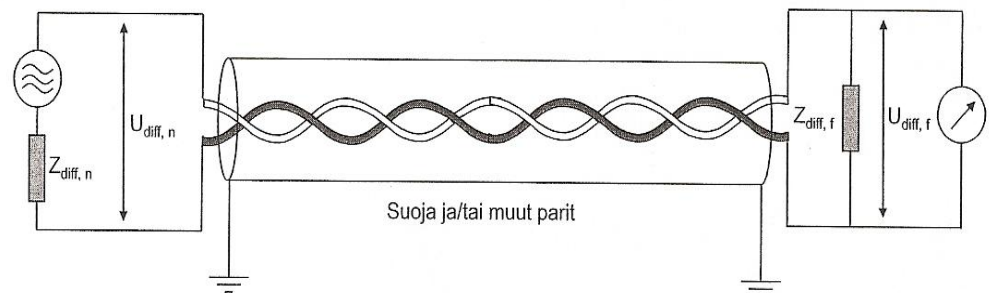
Kulkuaika ja kulkuaikaero

Kulkuaika tarkoittaa sitä aikaa jonka signaali kulkee kanavan tai siirtotien päästä päähän. Kulkuajalla on pääsääntöisesti suurta merkitystä siinä vaiheessa, kun viiveellä on merkitystä sovelluksen kannalta. Kaapeleissa on parien kesken kulkuaikaeron, jonka tarkoituksena on hallita ylikuulumista.

Pisin kulku-aika on parilla, jolla on lyhin nousu. Lyhin kulku-aika on parilla, jolla on pisin nousu. /1/

Epäsyymertriavaimennus

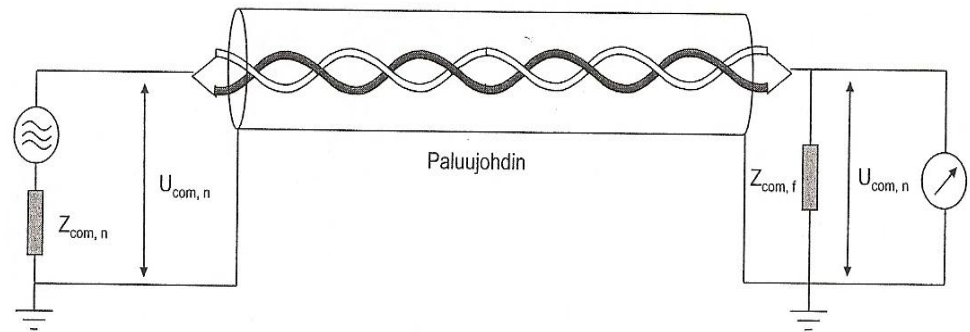
Kun siirtotie on syymertrinen, niin päästään sähköisesti häiriöttömään tilanteeseen. Tällöin signaalipiirissä molemmat johtimet ovat sähköisesti samassa asemassa ympäristöönsä nähden. Täydelliseen syymertrian ei kuitenkaan päästä siirtoteillä eikä kanavilla. Epäsyymertriava siirtotiessä tai kanavassa aiheuttaa enimmäkseen kaapelin rakenne, mutta myös kytkennät ja liittimet vaikuttavat epäsyymertrian. Epäsyymertriavaimennuksen yksikkönä on desibeli. Syymertria kanavassa tai siirtotiellä on sitä parempi mitä suurempi on epäsyymertriavaimennus. Standardi määrittelee eri epäsyymertriavaimennusta. Lähimpään liittämäraajapinnassa mitattava yksikkö on TCL ja kaukopään liittämäraajapinnassa se on ELTCTEL. /1./



Kuva 16. Parikaapelin signaali siirtyy syymertrisesti [1, s.90]

Kytkevävaimennus

Kaapelointi aiheuttaa aina jonkin verran sähkömagneettista kenttää ulkopuolelle, joka johtuu kaapelin syymertrian epätäydellisyydestä. Myös kaapelin ulkopuolella esiintyvät sähkömagneettiset kentät pääsevät tunkeutumaan jonkin verran kaapelin sisälle. Tämä aiheuttaa aina jonkin suuruisen häiriövirran ja-jännitteen. Kytkevävaimennus kuvaa parikaapelin häiriösuojausta. Yksikkönä on desibeli ja se määritellään kaapelin pariin syötettävän ja kaapelin ympäristöön kytkeytyvän häiriöteho suhteena. Menetelmä on standardisoitu. Suojatuissa kaapeleissa kytkevävaimennukseen vaikuttaa kaapelin syymertrian lisäksi suojeien suojauskyky. Suojaamattomassa kaapelissa kytkevävaimennus määrytyy vain kaapelin syymertrian perusteella. /1/



Kuva 17. Parikaapelin pariin voi kytkeytyä ulkopuolinen häiriö [1, s.91]

Kapasitanssi

Kapasitanssi on resistanssin ohella tärkeä vaimennukseen vaikuttava tekijä pientaajuussovelluksissa. Vaimennus on sitä pienempi mitä pienempi on kapasitanssi arvo. Kapasitanssivaatimus koskee ainoastaan talotekniikka sovelluksissa käytettyjä CCCB-luokan kaapeleita, kuten LONAKia. /1./

7.4 Muut mitattavat arvot

Mittarit mittaavat aina aluksi johdotuskaavion, koska se on perusta kaikille muille mittauksille. Vasta kun parien oikea järjestys on mitattu, on muut mitaukset mahdollisia. Samalla kun johdotuskaavio mitataan, suoritetaan kaapelin pituuslaskelma. Laskenta tapahtuu NVP-kertoimen eli nopeuskertoimen avulla ja kaapelissa jokaiselle parille lasketun kulkuajan perusteella. NVP-kerroin ilmoitetaan ja kalibroidaan parille, jolla on pisin parikierron nousu eli lyhyimmälle parille. Jos NVP on asetettu oikein, kaapelin pituudella tarkoitetaan sen vaipan ulkopituutta eikä parikaapeleiden pituutta.

$$\text{Pituus} = (\text{kulku aika} \times \text{NVP} \times \text{valonnopeus}) / 2$$

Mittarin tarkkuus laskennassa vaihtelee nopeuskertoimen oikeellisuudesta ja mittarin tarkkuudesta riippuen. Nopeuskerroin vaihtelee jonkin verran eri kaapelivalmistajilla ja sen vuoksi on syytä tarkastaa mittalaitteesta aina ennen mittauksen aloittamista kyseinen arvo. Tyypillisiä NVP-arvoja on suojatulla kaapelilla 0,79 ja suojaamattomalla kaapelilla 0,69. Nopeuskerroin löydytty useimmiten kaapelin kyljestä. /1./

7.5 Mittaaminen

Kenttätestauksia tehtäessä kannatta ennen työaloittamista tarkistaa mittalaitteista seuraavat asiat:

- akkujen varaus mittalaitteissa
- kalibrointi mittalaitteissa ja mittapäissä
- oikeat mittapäät ja johdot
- oikea testausspesifikaatio
- oikea nopeuskerroin
- päivämäärät ja mittaus tiedot ohjelmassa oikein
- siirtotien tai CP-siirtotien kokoonpano.

Kun mittalaitteet on tarkastettu, kannattaa tarkastaa, että mukana ovat merkkaustarvikkeet ja tasokuvat. Näin saadaan merkattua mahdolliset muutokset kuviin sekä merkitä mitatut pisteet. Itse mittaaminen tapahtuu käytännössä painamalla autotest-nappia mittarista ja odottamalla tulosta. Tulokseksi saadaan PASS, FAIL, PASS* tai FAIL. Tuloksen saamisen jälkeen se tallennetaan ja siirrytään seuraavaan mittauspisteeseen, ellei korjattavaa ole. /1./

7.6 Yleisimmät vikatilanteet

Vikatilanteet mitattaessa johtuvat yleensä huolimattomasta kytkennästä tai kaapelin huolimattomasta käsittelystä asennusvaiheessa. Mittalaitteet voivat ilmoittaa useita erilaisia vikatilanteita, mutta käytännössä on yleensä aina kyse kytkentävirheestä. Mittalaitteistot tarkistavat aina ensimmäisenä kytkentöjen oikeellisuuden eli johdotuskartan (Wiremap).

Mittari ilmoittaa graafisesti parien kytkennän tai kytkemättömyyden näytösään. Koska käytössä on yleisesti kaksi kytkentä tapaa, niin yleisimpiä vikoja on se että kaapelin toinen pää on kytketty A-tavalla ja toinen pää B-tavalla, jolloin liittimet 1 ja 2 sekä 3 ja 6 ovat menneet ristiin.

Expected		Results	
1	1	1	1
2	2	2	2
3	3	3	3
6	6	6	6
4	4	4	4
5	5	5	5
7	7	7	7
8	8	8	8
S	S	S-x	S

Kuva 18. Testauslaitteen antama oikea tulos

Testauslaite antaa kuvan 18 mukaisen tuloksen, kun kytkennät ovat kunnossa. Myös S-johtimen tulee olla kytketty, kun käytetään suojattua parikaapelia.

Expected		Results	
1	1	1	1
2	2	2	2
3	3	3	3
6	6	6	6
4	4	4	4
5	5	5	5
7	7	7	7
8	8	8	8
S	S	S-x	S

Kuva 19. Testauslaitteen antama tulos pari virhekytkennästä.

Kuvan 19 kaltaisen tuloksen mittari antaa silloin, kun kaapelin toinen pää on kytketty A-tavalla ja toinen pää B-tavalla. Kytkennän saa korjattua kytkemällä toinen pää samalla tavalla, kuin suunnitelmissa on esitetty.

Expected		Results	
1	1	1	1
2	2	2	2
3	3	3	3
6	6	6	6
4	4	4	4
5	5	5	5
7	7	7	7
8	8	8	8
S	S	S-x	S

Kuva 20. Testauslaitteen antama tulos parin sisäisestä virhe kytkennästä.

Kuvassa 20 on mennyt parin sisäiset värit väärin. Kytkennän saa korjattua vaihtamalla lankojen paikkaa.

Expected		Results	
1	1	1	1
2	2	2	2
3	3	3	3
6	6	6	6
4	4	4	4
5	5	5	5
7	7	7	7
8	8	8	8
S	S	S-x	S

Kuva 21. Testauslaitteen antama tulosoikosulusta parin kesken.

Kuvan 21 antama virhetulos johtuu parin kaapeleiden joutumisesta samaan hahloon tai lankojen päät ovat kiinni toisissaan, vaikka ovatkin oikeissa hahloissa. Mahdollinen syy voi olla myös kaapelin puristuminen. Vian saa korjattua tarkistamalla kytkentäpäät.

Expected		Results	
1	1	1	1
2	2	2	2
3	3	3-x	3
6	6	6-x	6
4	4	4	4
5	5	5	5
7	7	7	7
8	8	8	8
S	S	S-x	S

Kuva 22. Testauslaitteen antama tulos irtonaisista langoista.

Kuvassa 22 on jäänyt parin toinen tai molemmat langat irti kytkentä päistä tai kaapeli on poikki matkalta. Yksi vaihtoehto on se, että jokin johdin ei ole mennyt pohjaan asti, jolloin mittari näyttää avonaista johdinta. Mittari myös näyttää on johdin irti kauko- vai lähipäässä. Kun mittari näyttää matkaksi 0 metriä on vika lähipäässä ja kun lukema on jokin muu, niin vika on kaukopäässä. Jos johdin näyttäisi olevan kytketty hahloon, voi kupari olla poikki muovisuojan alla tai ulkovaipan kuorinta kohdassa. Vika korjaantuu kytkemällä johdin uudestaan.

Kun mittari ilmoittaa, että jokin johdin pari on yhdessä, ovat johtimet menneet samaan hahloon tai sitten itse kaapeli on jäänyt puristuksiin johtokanaavaan, -kouruun tai läpivientiin. Tällöin täytyy yleensä vaihtaa koko kaapeli, koska eristeet ovat vaurioituneet. Myös liian kireälle laitettu nippuside tai muu kiinnike voi aiheuttaa kyseisen vian. Jos mittari näyttää matkan voidaan arvioida ongelma kohdan ja yrittää korjata sen. Kun kaksi johdinta on men-

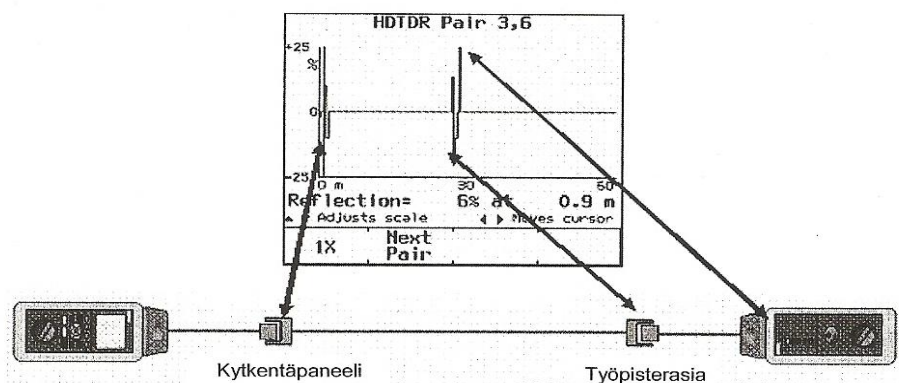
nyt samaan hahloon, niin ongelma korjaantuu yleensä kytkemällä liitos uudesta.

Suojatuissa kaapeleissa mittari tarkastaa myös kaapelin vaippasuojan. Jos suoja eli S on mittarin mukaan poikki, niin suoja ei todennäköisesti saa kunnon kosketusta omaan liittimeensä. Tällöin ainoa vaihtoehto on tarkastaa, että mittauskaapelit on tarkoitettu suojatun kaapelin mittaamiseen ja suoja saa kunnon kontaktin liittimeensä.

7.7 Sähköisten vaatimusten viat

Mittarin ilmoittamat mittaussiat johtuvat yleensä kytkentävirheistä. Myös kaapeli tai liittimet saattavat olla jo alun perin viallisia. Mittari antaa FAIL-tuloksen, jos yksi tai useampi mittaustulos on väärin. Kun parikiertoa on avattu liikaa, antaa mittari yhden tai useamman virheen. Kyseisiä virheitä voi olla NEXT, ELFEXT tai RL. Vian saa korjattua liittimen tai jakamon paneelin päässä kytkemällä uudesta ja säilyttämällä parikierto mahdollisimman pitkälle. Myös liittinyksiköiden riittämättömyys tai kaapelin venyminen vetovaiheessa voivat aiheuttaa kyseiset vika ilmoitukset.

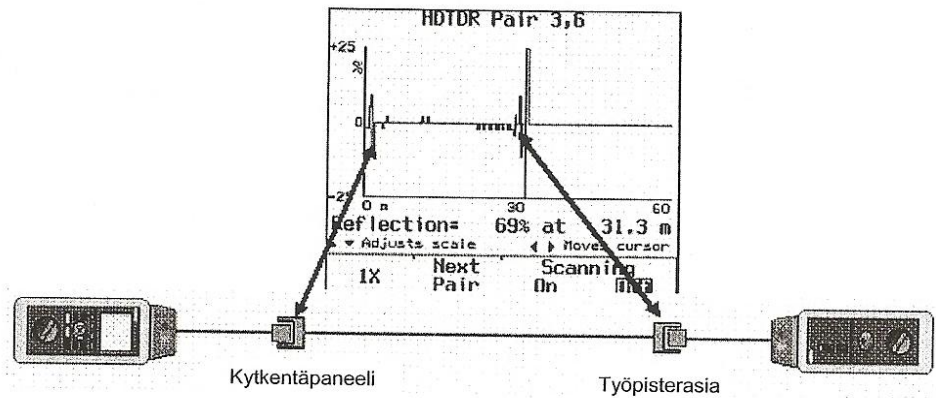
Kun viaksi on todettu RL, mutta parikiertoa ei ole avattu liikaa, voidaan käyttää apuna TDR-tutkamittausta. Kyseisellä mittaamenetelmällä saadaan mitattua impedanssi muutokset kaapelin matkalla. /1./



Kuva 23. TDR-testin mittaustulos [3, s.52]

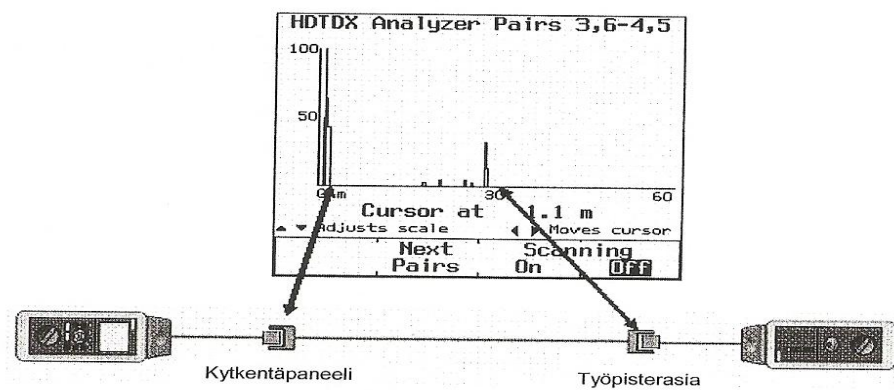
Kuvassa 23 näkyy TDR-mittauksen tulos, joka ilmoittaa vian olevan kytkentässä tai liittinyksikössä. Kuvassa 24 näkyy vian piilevän kaapelissa, koska

heijastuspiikit ovat kaapelissa. Tällöin kaapeli on yleensä vaihdettava koko matkalta.



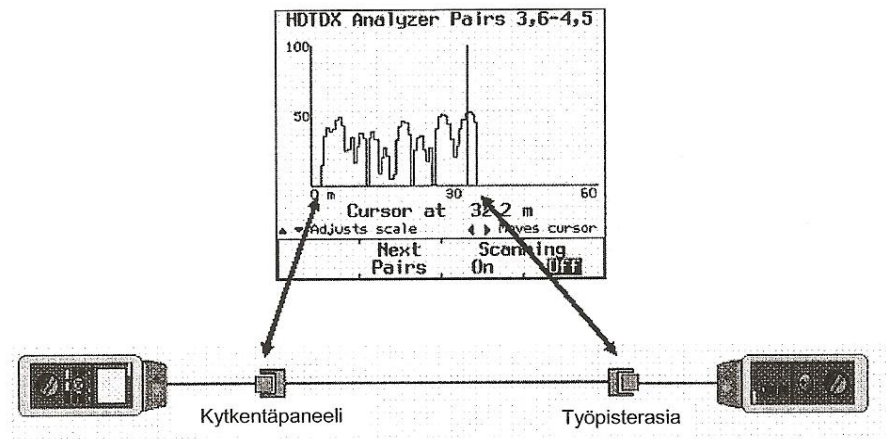
Kuva 23. TDR-testin mittaus tulos [3, s. 53]

Jos taas NEXT-vikaan ei löydy syytä, voidaan hyödyntää mittarin TDX tutkimittausta, joka mittaa kaapelin kohdan, jossa ylikuuluminen tapahtuu.



Kuva 24. TDX-testin mittaus tulos [3, s. 53]

Kuvassa 24 näkyvä ylikuulumisvika on kytkennässä tai liitinyksikössä. Vika korjaantuu todennäköisesti tarkastamalla kytkentä tai vaihtamalla liitin. Kuvassa 25 näkyvät piikit kaapeliosuudella, jolloin vika on kaapelissa ja tällöin kaapeli täytyy vaihtaa.



Kuva 25. TDx-testin mittaus tulos [3, s. 54]

8 YHTEENVETO

Insinööriyön tarkoituksena oli luoda selkeä kokonaisuus koko yleiskaapelointiin liittyvistä seikoista. Työssä selvitettiin yleiskaapeloinnin suunnittelu, asennus ja mittaus nykystandardien mukaan.

Työhön tuli perehdyttyä hyvin kirjallisen materiaalin osalta. Parhaan opin sai kuitenkin käytännön testeistä ja asennuksista. Mittauksissa huomattiin, kuinka tarkkaa gigabitin ja 10 gigabitin kaapeleilla oli parikierron loppuun vieminen. Myös liittimien ja paneelien kytkentä oli tarkkaa, jotta mittaukset saatiin suoritettua ilman ongelmia.

Insinööriyön pohjalta saa hyvät valmiudet tämän hetkiseen suunnittelun ja asennuksen toteuttamiseen kokonaisuudessaan. Asennus ja mittaus kannalta toimeen kuva ei tule muuttumaan lähiaikoina, joten niistä tulee olemaan hyötyä pitkälle aikavälille.

Sovelluksia on nykyisin jo niin paljon, että uusia ei enää paljon tule, mutta varsinkin turvajärjestelmien kohdalla ne varmasti tarkentuvat myöhemmin.

VIITELUETTELO

- [1] Koivisto, Pekka, *Yleiskaapelointijärjestelmät*. Espoo: Sähköinfo Oy. 2008.
- [2] *Viestintäviraston määräys kiinteistön sisäjohtoverkosta 25 E/ 2008 M*. Helsinki: Viestintävirasto
- [3] Koivisto, Pekka, *Yleiskaapeloinnin testausopas*. Espoo: Sähköinfo Oy. 2005.
- [4] *Eurooppalainen yleiskaapelointi*. OnninenTeletekno Oy. Helsinki. Onninen-Teletekno Oy.
- [5] Koivisto, Pekka, *Parikaapeloinnit*. Espoo: Sähköinfo Oy. 2008.