

LAAJAKAISTAVERKOT ASUINKIINTEISTÖISSÄ
Kiinteiden verkkojen urakointi

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU

Tietotekniikan koulutusohjelma

Tietoliikennetekniikka

Opinnäytetyö

Kevät 2006

Pekka Poutanen

Lahden ammattikorkeakoulu
Tietotekniikan koulutusohjelma

POUTANEN, PEKKA: Laajakaistaverkot asuinkiinteistöissä
kiinteiden verkkojen urakointi

Tietoliikennetekniikan opinnäytetyö, 53 sivua, 10 liitesivua

Kevät 2006

TIIVISTELMÄ

Tässä opinnäytetyössä käsitellään kiinteiden laajakaistaverkkojen urakointia asuinkiinteistöissä sekä siihen liittyvää lähiverkkotekniikkaa. Työ antaa perusteet lähiverkkotekniikan ymmärtämiselle sekä havainnollistaa verkon urakoinnin eri työvaiheet. Opinnäytetyön alku käsittelee siirtotekniikoiden ja yleiskaapeloinnin teoriaa.

Nykypäivänä kiinteiden laajakaistaverkkojen tekniikka perustuu suurelta osin olemassa olevaan televerkkoon ja sen digitalisointiin. Käytetyimmän xDSL-siirtotekniikan, ADSL:n (Asymmetric Digital Subscriber Line) toimintaidea on rajoittaa paluusuunnan kaistanleveyttä. Näin saadaan käyttäjälle päin oleva siirtonopeus mahdollisimman suureksi. xDSL-tekniikalle on ominaista sen nopea kehittyminen. Esimerkiksi ADSL2+-tekniikalla nopeuksia saadaan nostettua verkosta käyttäjälle päin aina 24 Mbit:iin/s asti.

Asuinkiinteistöissä kaapeloinnin suunnittelu alkaa eri liittymätyyppivaihtoehtojen vertailusta. Tämän perusteella suunnitellaan kaapeloinnin eri osajärjestelmät. Kaapelointitekniikan hyvä tuntemus jo teoriavaiheessa varmistaa valmiin verkon luotettavan toiminnan.

Opinnäytetyön käytännön toimenpideohjelmassa käydään läpi asuinkiinteistön kiinteän laajakaistaverkon asennus. Kaapelointi perustuu kuparisen parikaapelin sekä valokuitukaapelin tarkoituksenmukaiseen käyttöön ja käsittelyyn. Jakamoasennukset, kaapeleiden liitännät ja päätöstyöt vaativat erityistä huolellisuutta sekä oikeiden komponenttien tuntemusta ja käyttöä. Mittaukset sekä dokumentointi varmistavat luovutetun verkon toiminnan ja luotettavuuden.

Laajakaistaverkon onnistuneen urakoinnin edellytykset ovat lähiverkkotekniikan tuntemisessa, yksityiskohtaisissa kaapelointisuunnitelmissa sekä ammattitaitoisessa asennustyössä. Voidaan todeta, että näiden kaikkien osa-alueiden hallinta takaa verkkourakoinnin onnistumisen.

Asiasanat: ADSL, laajakaista, yleiskaapelointi, urakointi

Lahti Polytechnic
Faculty of information technology

POUTANEN PEKKA: Broadband networks in residences
contracting of fixed cabling

Research of Information technology, 53 pages, 10 appendices
Spring 2006
ABSTRACT

This research deals with contracting of broadband networks in residences and techniques of local area networks. The aim of research is to give basis of understanding on broadband techniques and to clarify different working processes in contracting the networks. The beginning deals with theory of transmission technologies and structural cabling.

Today transmission technology of fixed broadband network is mostly based on existing telecommunication network and its digitalization. The function idea of most common xDSL-transmission technique, ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) is to restrict upload bandwidth. This ensures the speed of transmission to user (download speed) as fast as possible. It is characteristic for any xDSL-techniques that they developes really fast. For example, ADSL2+ -techniques are capable of download speeds of up to 24 Mbit/s.

The planning of the cabling starts from comparing various extension types. This gives the ground of planning the partsystems of cablings. The knowledge of the cabling techniques already in theory secures reliable operation of finished network.

The practical execution of this research is to go through the installation of fixed broadband network in residences. The structural cabling is based on appropriate using and handling of copper- and fibre optic cables and supplies. Distributor installations, cable connections and terminatings requires for especial throughness and also using of proper components. The measurement and documentation ensures the function and reliability of delivered network.

The conditions of succesfull contracting are: knowing the LAN (Local Area Network) techniques, detailed cabling plans, and skilled installation work. It can be discovered that the control of all these parts ensures succesfull network contracting.

Keywords: ADSL, broadband, fixed cabling, contracting

SISÄLLYS

LYHENNELUETTELO

1 JOHDANTO	1
2 LÄHIVERKKOJEN KEHITYS	2
2.1 Lähiverkot ennen ja nyt	2
3 KIINTEIDEN LAAJAKAISTAVERKKOJEN TEKNIKKAA	4
3.1 Verkkotekniikat	4
3.2 xDSL-tekniikka	4
3.2.1 ADSL-tekniikka	5
3.2.2 HDSL-tekniikka	8
3.2.3 VDSL-tekniikka	8
3.2.4 Uusia versioita xDSL-tekniikassa	9
4 KIINTEÄ VERKKOTEKNIikka ASUINKIINTEISTÖSSÄ	11
4.1 Yleiskaapelointi	11
4.2 Siirtotie, kanava ja rajapinta	11
4.3 Symmetrinen siirtotie ja Gigabit ethernet	12
4.4 Liittymätyyppien vertailua	14
4.5 kaapeloinnin osajärjestelmät	16
4.5.1 Talojakamo	17
4.5.2 Huoneistojakamo	18
4.5.3 Alue- ja nousukaapelointi	18
4.5.4 Kerroskaapelointi	19
4.5.5 Huoneistokaapelointi ja työpistekaapelointi	20
4.5.6 Liittämistarvikkeet	21
4.6 Kaapelityypit	23
4.6.1 Kaapelistandardit ja niiden kehitys	24
4.6.2 Parikaapelit	25
4.6.3 Parikaapelin häiriönsuojaustekniikka	29

4.6.4 Valokaapelit	30
5 ASUINKIINTEISTÖN LAAJAKAISTAVERKON URAKOINTI	34
5.1 Kaapelointisuunnitelmiin tutustuminen	34
5.2 Kiinteän verkon asennustyöt	35
5.2.1 Alue- ja nousukaapeloinnin asennus	35
5.2.2 Kerroskaapeloinnin asennus	36
5.2.3 Huoneistokaapeloinnin asennus	36
5.2.4 Jakamoasennukset	37
5.2.5 Huoneistorasioiden asennus	37
5.2.6 Liittimet ja liitostyöt	39
5.2.7 Verkon mittaukset	41
5.2.8 Verkon dokumentointi ja luovutus	42
6 MONIPUOLISTA VERKKOTEKNIKKAA ASUINKIINTEISTÖSSÄ	45
6.1 Uusia mahdollisuuksia	45
6.2 Esimerkki Lexcom Home – verkosta asuinkiinteistössä	45
7 PÄÄTÄNTÄ JA TULEVAISUUS	50
LÄHTEET	52
LIITTEET	54

LYHENNELUETTELO

ACR	attenuation to crosstalk ratio, vaimennus-ylikuulumissuhde
ATM	asynchronous transfer mode, asynkroninen siirtomuoto
BD	building distributor, talojakamo
CENELEC	Comite European de Normalisation electrotechnique, eurooppalainen sähköalan standardoimisjärjestö
CD	campus distributor, aluejakamo
CSMA/CD	Carrier sense multiple access with collision detection, eräs lähverkkostandardi (ns. Ethernet)
EIA	Electronic Industries Association, yhdysvaltalainen elektroniikkateollisuuden järjestö
ELFEXT	equal level far end crosstalk, kaukopään ylikuulumissuhde
EMC	Electromagnetic compability, sähkömagneettinen yhteensopivuus
EMI	Electromagnetic interference, sähkömagneettinen häiriö
EN	Norme Europeenne, eurooppalainen standardi
FD	floor distributor, kerrosjakamo
FEXT	far end crosstalk, kaukopään ylikuulumisvaimennus
FTP	yhteisellä foliosuojalla varustettu kaapeli
GI	graded index, asteittaiskuitu; GI-monimuotokuitu 50/125 μm
GK	GK-monimuotokuitu 62,5/125 μm
IEC	International Electrotechnique Commission, kansainvälinen sähköalan standardoimisjärjestö
ISDN	Integrated services digital network, digitaalinen monipalveluverkko
ISO	International Organization for Standardization, kansainvälinen standardointijärjestö
ITU	International Telecommunication Union, YK:n alainen televiestintä liitto
LAN	local area network, lähiverkko
NEXT	near end crosstalk, lähipään ylikuulumisvaimennus
Mbit/s	informaatiinsiirtonopeuden yksikkö, perusyksikkö bit/s
MHz	signaalin taajuuden yksikkö, perusyksikkö Hz

MM	multimode, monimuoto(kuitu)
PSACR	power sum attenuation to crosstalk ratio, ylikuulumissuhteen tehosumma
PSELFEXT	power sum equal level far end crosstalk, kaukopään ylikuulumissuhteen tehosumma
PSNEXT	power sum near end crosstalk, lähipään ylikuulumisvaimennuksen tehosumma
RL	return loss, heijastusvaimennus
SC	set and click, optinen liitintyyppi
SC-D	duplex SC connector, SC-kaksoisliitin
SFS	Suomen Standardoimisliitto
SM	singlemode, yksimuoto(kuitu)
STP	shielded twisted pair, parisuojattu kaapeli
TIA	Telecommunication Industries Association, yhdysvaltalainen teleteollisuuden järjestö
TE	terminal equipment, päätelaite
TO	telecommunication outlet, työpisterasia
TP	transition point, muutoskohta
UTP	unshielded twisted pair, suojaamaton parikaapeli

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön sisältö käsittelee kiinteiden laajakaistaverkkojen tekniikkaa sekä urakointia asuinkiinteistöissä. Työn toimeksiantaja on Kuusitunturi Lahti Oy. Opinnäytetyön tarkoituksena on kehittää perinteistä sähköurakointia harjoittavia yrityksiä laajentamaan toimintaansa asuinkiinteistöissä tietoliikenteen osalta. Työn alkuosassa tavoitteena on selventää urakoitsijalle yleisellä tasolla kiinteiden laajakaistaverkkojen tekniikkaa. Päällimmäisenä tavoitteena työssä on kuvata verkon teknisestä toteuttamisesta asuinkiinteistöihin sekä havainnollistaa yleiskaapeloinnin nykyisiä käyttömahdollisuuksia asuinkäytössä.

Nykyisessä informaatioyhteiskunnassa tietoliikenteen merkitys tiedonsiirron mahdollistavana osa-alueena on pelkästään kasvamassa. Vielä 10 - 15 vuotta sitten nähtiin lähiverkkojen avulla toteutettuja tietotekniikan sovelluksia lähinnä yritysmaailman puolella. Teknologian osittain ennustamaton kehitysvauhti sekä alhaiset valmistuskulut ovat osaltaan muuttaneet kotikäyttäjän tämän hetken tilannetta; suureen osaan tämän hetken uudisasunnoista rakennetaan valmiudet laajakaistaverkkojen käyttämiseksi. Yleiskaapelointiverkkojen ajanmukainen suunnittelu ja asennus antaa mahdollisuudet toteuttaa kiinteistöissä kehittyvän teknologian uusia palveluita.

Kuusitunturi Lahti Oy on sähköurakointia harjoittava sähköisen osaamisen palveluyritys. Yritys on osa Kuusitunturi Oy konsernia, joka on perustettu vuonna 1994. Lahden toimipaikka perustettiin vuoden 2004 alussa, ja työntekijöitä tällä hetkellä on noin 20 henkilöä. Muita toimipaikkoja Kuusitunturi Oy:llä on Lappeenrannassa sekä Imatralla. Yritykset työllistävät Suomessa noin 80 henkilöä. Kuusitunturi Oy:n asiakkaina ovat kunnat, liikelaitokset, teollisuusyritykset sekä taloyhtiöt ja yksityisasiakkaat. Urakoinnin osa-alueita ovat mm. rakennus- ja prosessisähköistyksen, tele- ja tietoliikennejärjestelmät sekä palo- ja rikosilmoitusjärjestelmät. Asiakkaita sekä yhteistyökumppaneita ovat tällä hetkellä Lahden alueella mm. Tradeka Oy, Oka Oy, Skanska Oy sekä useat paikkakunnan teollisuusyritykset.

2 LÄHIVERKKOJEN KEHITYS

2.1 Lähiverkot ennen ja nyt

Lähiverkoiksi kutsutaan yleensä hyvin suppealla alueella olevia verkkoja, esimerkiksi rakennuksen sisällä oleva verkko. Yleensä verkko on yhden käyttäjäryhmän tai organisaation hallussa ja tarjoaa erilaisia verkkopalveluita verkkoon liitetuille päätteille. Ensimmäiset dataverkot syntyivät 1960-luvun lopulla suurissa yrityksissä ja laitoksissa tietojenkäsittelyn automatisoinnin tarpeesta. Atk-toiminnot keskitettiin ja koottiin ensimmäistä kertaa tietokonesaleihin. Näissä atk-osastoissa käsiteltiin tietomateriaali isoilla keskustietokoneilla ja syntyneet käsittelytulokset jaettiin muille osastoille. Tietojenkäsittelyjärjestelmät olivat joustamattomia, hitaita sekä raskaasti keskitettyjä. (Granlund 2003, 2 - 4.)

Tietomäärien kasvaessa ja käsittelyn lisääntyessä alettiin atk-toimintoja siirtää sinne mistä käsiteltävät tiedot olivat peräisin, ja toisaalta sinne, missä käsiteltäviä tuloksia tarvittiin. Tekniikan kehittyessä mukaan tulivat tietokonepäätteet, joilla eri organisaation eri osastot saattoivat olla yhteydessä keskustietokoneeseen omalla tiedonsiirtolinjallaan. Päätelaitteena oli yleisimmin General Electric -yhtiön valmistama *Teletype*-päätte (tiedonsiirtonopeudella 110 bps). Ratkaisu oli yksinkertainen, mutta se vaati usein suuria kustannuksia ja aiheutti mm. kaapelointiongelmia. (Granlund 2003, 2 – 4.)

Seuraava kehitysaskel otettiin kun useita päätteitä ryhdyttiin liittämään samaan kaapeliin, joka taas oli yhdistetty keskustietokoneeseen. Näin oli syntynyt oivallus lähiverkosta. Lähiverkkojen ensimmäinen kaupallinen tuleminen ajoittui 70-luvun lopulle, jolloin Yhdysvaltalainen Datapoint Corporation julkaisi ensimmäisen ARCANET-verkkoon pohjautuvan *client-server*-arkkitehtuurin. Nopeus tällä verkolla oli 2,5 Mbps, jota pidettiin silloin suurena saavutuksena. 80-luvun alussa luotiin Suomeen ensimmäinen julkinen tietoverkko, nimeltään YDV (Yleinen Data Verkko). Piirikytkentäisen verkon etuja olivat tietokoneella tapahtuvan numeronvalinnan lisäksi nopea yhteydenmuodostus. Seuraava askel kehityksessä tapahtui 80-luvun lopulla, jolloin tietoliikenteen infrastruktuuriin sekä modeemitekniikkaan panostettiin voimalla. Tällöin saatiin käyttöön myös

ensimmäiset ISDN-tekniikkaan perustuvat palvelut. Siirryttäessä 90-luvun puolelle lisääntyivät henkilökohtaiset PC:t työpaikoilla sekä varsinkin kodeissa kovalla nopeudella. 90-luvulla alkanut Internet-verkon maailmanlaajuinen leviäminen on tuonut yksityiset ihmiset tietoverkkojen pariin. ADSL-tekniikka otettiin käyttöön 90-luvun puolessa välissä, kun haluttiin hyödyntää käytössä olevien televerkkojen kuparikaapelien taajuusalueet. (Granlund 2003, 2 - 4.)

Yhteiskunnan verkottumisen myötä myös eriasteinen palveluntarjonta on lisääntynyt. Lähiverkkojen kehityksessä on Gigabit Ethernet - tekniikka eri versioineen tämänhetkinen osoitus siitä, että lähiverkkotekniikka on kehittynyt suurin askelin. Gigabit Ethernetin myötä siirtonopeudet kasvoivat kymmenkertaisiksi edelliseen sukupolveen eli 100 Mbit/s Ethernet-verkkoihin verrattuna. Palveluiden ja siirtonopeuksien kasvaminen merkitsee myös kaapeloinnilta vaadittavaa kaistanleveyden ja siirtovaatimusten kasvamista. Eurooppalaisen standardin EN 50173 mukaan onkin nimetty yleiskaapelointisäännökset, jotka palvelevat puhelin- ja lähiverkkoyhteyksiä. Nykypäivänä yleiskaapelointi käsittääkin idean kaapeloinnista, joka on pysyvä osa kiinteistöä, kuten sähköverkko. Samalla se tukee suurta joukkoa erilaisia sovelluksia sekä hyödyntää tehokkaasti nykyisiä laajakaistayhteyksiä. (Granlund 2003, 40 - 43.)

3 KIINTEIDEN LAAJAKAISTAVERKKOJEN TEKNIKKAA

3.1 Verkkotekniikat

Puhelinliikenteen välitystoiminta on muuttunut sitten tuhansien puhelunvälittäjien käsin tehdystä kytkentätyöstä nykypäivän maanalaisissa bunkkereissa toimivien digitaalisten keskusten verkostoksi. Nykyinen puhelinverkko on entistä monimutkaisempi ja monipuolisempi ja sitä käytetään myös paljon muuhun kuin pelkästään puhumiseen. Puhelinverkot ovat niiden yli sadan vuoden historiassa laajentuneet niin kattavaksi että siitä on kannattanut ottaa kaikki mahdollinen hyöty irti. Televerkkoon pohjautuvat datansiirron tekniikat käyttävät tiedonsiirtoon kuparikaapelia, mikä tarkoittaa jo olemassa olevien linjojen hyödyntämistä. (Laajakaistainfo 2006.)

Laajakaista on dynaaminen käsite: se on tiedonsiirtoyhteys, joka mahdollistaa nykypäivän tietoverkoissa olevien laajojen palveluiden ja aineistojen vaivattoman käytön. Tällä hetkellä Kansainvälisessä televiestintäliitossa ITU:ssa sekä Euroopan unionissa yleisen näkemyksen mukaan laajakaistan miniminopeus on 256 Mbit/s. Suomalaisten operaattoreiden ilmoitusten mukaan laajakaistaliittymien yleisin yhteysnopeus on 2 Mbit/s (tilanne vuonna 2005). (Laajakaistainfo 2006.)

Vaikka langattomien järjestelmien kehitys viestinnässä on nopeaa, ovat kiinteät yhteydet silti selvästi käytetyimpiä. Kiinteissä yhteyksissä käytetyistä laajakaistateknologioista xDSL ja kaapelimodeemi ovat käytetyimmät – Länsi-Euroopassa osuudet ovat xDSL-tekniikka 70 % ja kaapelimodeemi 25 % kaikista laajakaistayhteyksistä. Nämä kaksi teknologiaa yhdessä kattavat valtaosan kaikista maailman laajakaistayhteyksistä. (Laajakaistainfo 2006.)

3.2 xDSL-tekniikka

Kuten edellä todettiin, käyttävät nykyiseen televerkkoon pohjautuvat tiedonsiirtotekniikat hyväksi valmiita kuparikaapeliverkkoja. ISDN (Integrated Service Digital Network) oli yhteystekniikkana alan pioneeri, kun siirryttiin

puhelinverkoissa digitaaliseen aikakauteen. ISDN ei kuitenkaan saavuttanut suurta suosiota käyttäjien keskuudessa suurien käyttökustannusten sekä hitaiden yhteyksien vuoksi. Tarvittiin vielä nopeampia siirtotekniikoita tulevaisuutta ajatellen. (Granlund 2003, 2 – 3.)

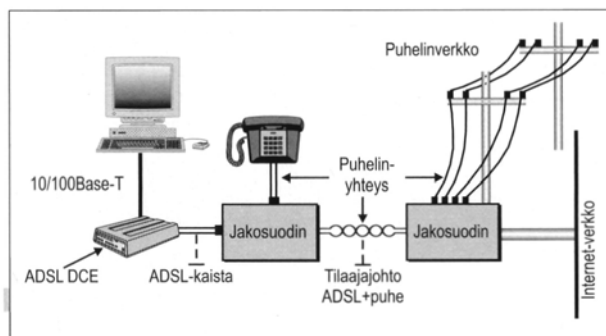
xDSL-tekniikat ovat seuranneet ISDN-yhteyksiä. xDSL-tekniikalla tarkoitetaan neljää eri tekniikkaa: ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line), HDSL (High-bit rate Digital Subscriber Line), SDSL (Symmetric Digital Subscriber Line sekä VDSL (Very high speed Digital Subscriber Line). Nämä tekniikat ovat myös vaihtoehtoina kuitutekniikalle, koska varsinkin yksittäisissä talouksissa kuituun siirtyminen lisäisi investointeja huomattavasti. (Dslforum 2006; Granlund 2003, 351 - 358.)

xDSL-tekniikat koostuvat useista standardeista, joiden takaa löytyy useita isoja standardointiorganisaatioita, kuten International Telecommunicatins Union (ITU), European Telecommunications Standards Institute (ETSI), American National Standards Institute (ANSI) ja Internet Engineering Task Force (IETF). Vaikka xDSL-tekniikka käyttää hyödykseen olemassa olevaa puhelinlinjaa (parikaapeli), mahdollistaa tekninen toteutus usein puhelimen käytön samanaikaisesti. Ainoan poikkeuksen tekee HDSL. xDSL-yhteys on kiinteä liityntäpisteestä aina palveluntarjoajalle asti ja näin ollen koko ajan auki. Yhteyden molempiin päihin tarvitaan xDSL-modeemi ja tarvittaessa jakosuodin. xDSL-yhteyksissä on aina käytössä sama nopeus liityntäpisteestä palveluntarjoajalle asti, toisin kuin monissa muissa yhteystekniikoissa. (Granlund 2003, 351 - 358.)

3.2.1 ADSL-tekniikka (Asymmetric Digital Subscriber Line)

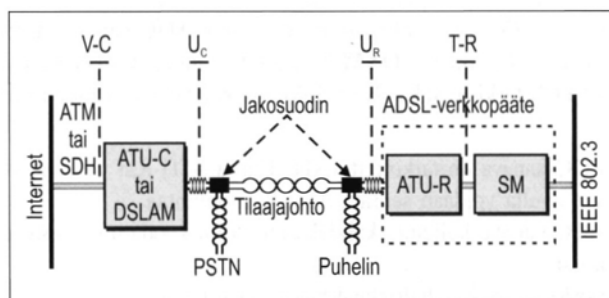
Ensimmäisenä xDSL-tekniikkana kaupalliseen levitykseen tuli ADSL(ADSL-1). Kyseinen asymmetrinen tekniikka toimii kahdella nopeudella: siirtonopeus verkosta käyttäjälle (downstream) päin on suurempi kuin käyttäjältä verkkoon (upstream) päin. Koska normaalissa kotikäytössä liikenne on suurempaa verkosta kotikoneeseen päin, soveltuu ADSL -tekniikka hyvin mm. kotikäyttöön. (Granlund 2003, 357 - 360.)

ADSL-infrastruktuurissa (kuvio 1) tyypillinen kokoonpano sisältää käyttäjän luona ADSL-modeemin sekä suotimet, joilla eritellään puheliikenne ja dataliikenne toisistaan. Tilaajajohto liittää liikenneyhteyden aluekeskukseen (MDF, Main Distribution Frame). Aluekeskus voi sijaita esimerkiksi erillisessä lähiseudun huoltorakennuksessa. Siellä kupariparikaapelit kerätään yhteen ja reititetään eteenpäin. MDF-keskuksesta puheysteys jatkuu paikalliseen puhelinverkkoon ja DSL-signaali jatkuu DSLAM -laitteelle (Digital Subscriber Line Access Multiplexer). DSLAM-laitteella tapahtuu ADS -koodauksen purku. DSLAM toimii multiplexerinä ja keskustelelee monien ADSL -pätelaitteiden kanssa samanaikaisesti. DSLAM on myös linkkinä muihin nopeisiin runkoverkkoihin. Nämä runkoverkot ovat jo yleisesti rakennettu valokuitukaapeleilla suuremman nopeuden ja kapasiteetin saavuttamiseksi. (Granlund 2003, 361.)



KUVIO 1. ADSL–infrastruktuuri (Granlund 2003)

Seuraavassa kaaviokuvassa (kuvio 2) näkyy ADSL-arkkitehtuuri. Mallissa on esitelty kahden pisteen välinen ADSL-yhteys sekä järjestelmään kuuluvat komponentit nimikkeineen. (Granlund 2003, 357 - 360.)

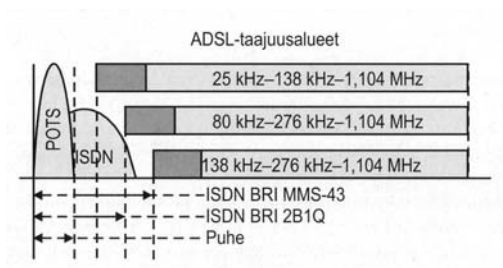


KUVIO 2. ADSL–arkkitehtuuri (Granlund 2003)

Kuviossa 2 esiintyvät komponentit ovat seuraavia:

- Liittymäjärjestelmä
Palveluntarjoaja liittyy liittymäjärjestelmän kautta lähiverkkoon tai vastaavaan järjestelmään.
- ATU-C
ADSL Transmission Unit-C on palvelun tarjoajan laite, jolla hän liittyy puhelinverkkoon.
- ATU-R
ADSL Transmission Unit –R on laite, jolla käyttäjä liittyy verkkoon.
- PSTN
Public Switched Telephone Network, julkinen puhelinverkko.
- SM
Service Module on moduli, jolla järjestelmään lisätään päätelaite.
- Jakosuodin
Suodatin, jossa ADSL -signaali erotetaan puhelinverkon puhesignaalista.

Modulointitekniikoita ADSL-1-siirtotekniikalla on kaksi: DMT (Diskrete Multi Tone) sekä CAP (Carrierless Amplitude/Phase modulation). DMT-tekniikka on luotettavampana enemmän käytetty ADSL-yhteyksissä. DMT-tekniikalla siirtokaista jaetaan käyttäjälle päin 256 alikanavaan. (Kuvio 3.) Jokaisen alikanavan taajuus on 4 kHz ja kaistanväli 4.3124 kHz. DMT -moduloinnin avulla saadaan pidennettyä yksittäisen bitin kestoa, mikä parantaa osaltaan häiriönsietokykyä. Toisena etuna saadaan liikennöivä data mukautumaan paremmin siirtotien ominaisuuksiin yhteyden silti heikkenemättä. (Granlund 2003, 361 - 362)



KUVIO 3. DMT-alikanavat (Granlund 2003)

3.2.2 HDSL-tekniikka (High -bit rate Digital Subscriber Line)

HDSL-tekniikka käyttää ADSL-tekniikan tavoin hyödyksi valmiin puhelinverkon kaapelointia. HDSL -yhteys toimii symmetrisesti, eli liikenne asiakkaalle ja asiakkaalta pois päin tapahtuu samalla nopeudella. Parikaapelijohtimessa saadaan dataa siirrettyä enimmillään 2,3 Mbit/s. Tällä nopeudella on yhteyden pituus rajoitettu noin kolmeen kilometriin. HDSL-yhteyksien pituuksiin voidaan vaikuttaa pienentämällä siirtonopeutta tai lisäämällä linjaan toistimia.

HDSL-tekniikka käyttää bittivirran koodauksessa 2B1Q- sekä CAP-koodausta. (Granlund 2003, 352 - 353.)

HDSL-tekniikka ei tue kantataajuusalueita, se ei siis toimi yhdessä puheen kanssa samalla siirtotiellä. HDSL-tekniikkaa käytetäänkin usein tilanteissa joissa kantataajuusalue voidaan korvata erillisillä linjoilla. HDSL-yhteyksiä käytetään mm. eri infrastruktuureissa sekä lähiverkkojen yhdistämisessä toisiinsa. HDSL onkin alun perin suunnattu yritysten käyttöön joten se ei tekniikkana kilpaile ADSL:n kanssa. (Granlund 2003, 352 - 353.)

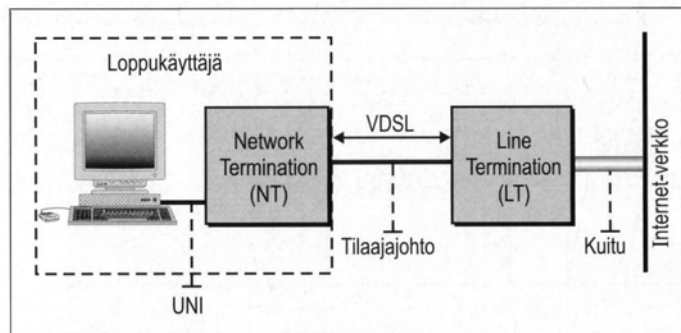
3.2.3 VDSL-tekniikka (Very high speed Digital Subscriber Line)

VDSL-tekniikka on tämän hetken xDSL-tekniikoista nopein. Asiakkaalle päin voidaan tarjota yhdellä parikaapelijohdinparilla 51 - 55 Mbit/s siirtonopeus. Käyttäjältä verkkoon päin nopeudet ovat n. 1 - 10 Mbit/s. Sekä symmetriset että asymmetriset yhteystekniikat ovat käytettävissä, riippuen käyttökohteesta. Suuren yhteysnopeuden vuoksi toimintaetäisyydet voivat olla VDSL-tekniikalla enimmillään vain n. 300 m–1,5 km. Lyhyt käyttömatala rajoittaa VDSL-tekniikan käyttöä kaupunkialueiden ulkopuolella. VDSL-tekniikka käyttää normaalia suurempaa taajuusalueita (300 kHz-30 MHz) verrattuna muihin xDSL-tekniikoihin. Uusia kaapelointeja suunniteltaessa kannattaa huomioida mm., että taajuusalue vaatii parikaapeloinnilla yleensä normaalia paremman häiriösuojauksen. Koodaustekniikoissa on tällä hetkellä vielä valinnanvaraa, sillä käyttökelpoisina ehdokkaina ovat edelleen CAP (Carrierless Amplitude/Phase modulation), DMT

(Discrete Multitone), DWMT (Discrete Wavelet Multitone) sekä SLC (Simple Line Code). (Granlund 2003, 355 - 357.)

Nopeat VDSL-yhteydet ovat omiaan rajoittuneille alueille, kuten campus-, yliopisto- sekä yritysympäristöihin. VDSL-yhteys voidaan tuoda tilaajan läheiseen jakokeskukseen esim. vakokuidulla, josta se jatkaa lopun matkasta normaalia parikaapeliyhteyttä pitkin asiakkaan tiloihin. Kuvio 4 havainnollistaa VDSL-tekniikan sijoittuvuuden osana yhteyshierarkiaa. VDSL -tekniikalla on tällä hetkellä parhaat resurssit siirtää suuria tiedostoja, mm. video- ja tv-kuvaa loppukäyttäjän tarvitsematta vielä siirtyä lisäkustannuksia tuoviin kuituyhteyksiin.

(Granlund 2003, 355 - 357.)



KUVIO 4. VDSL – yhteyshierarkia (Granlund 2003)

3.2.4 Uusia versioita xDSL -tekniikassa

ADSL-tekniikasta on olemassa myös kevyempi versio G-Lite. Se on yhteysnopeudeltaan hieman hitaampi, nopeutta asiakkaalle päin 1,5 Mbit/s ja asiakkaalta pois päin 0,5 Mbit/s. Se on suunniteltu käytettäväksi ilman ADSL:ssä tarvittavia POTS -suotimia. Myös asentamista ja käyttöönottoa on helpotettu; G-Lite on tehty liitännältään Plug-n-Play laitteeksi. Vuonna 2002 julkaistiin ADSL-tekniikasta uusi standardi, ADSL2. Parantuneen koodauksen takia ADSL2 pystyy siirtämään dataa asiakkaalle päin 12 Mbit/s ja asiakkaalta pois päin 1 Mbit/s nopeuksilla. ADSL2 tekniikka mahdollistaa kohonneen nopeuden lisäksi entistä tehokkaamman linjan tarkkailun ja pystyy näin sovittamaan siirtonopeuden linjan

kunnon mukaisesti. Myös virransäästötekniikka on uusi ominaisuus; ADSL2-päätelaitteet pystyvät säätelemään virrankulutustaan yhteysnopeuksien mukaan. Lisäksi uusi tekniikka mahdollistaa käytettävän taajuusalueen jakamisen useammaksi erilliseksi kanavaksi. Näin jokaiselle erilliselle kanavalle on mahdollista tarjota omia lisäpalveluita. ADSL2plus-standardi hyväksyttiin vuonna 2003. ADSL2plus-tekniikan suurin uudistus on liikennöintinopeuden kasvu asiakkaalle päin 24 Mbit/s asti. Nopeuden kasvu on saatu nostamalla käytettyä taajuusaluetta 2,2 MHz saakka (normaali ADSL/ADSL2-alue ylettyy 1,1 MHz asti). Korkeamman taajuusalueen käyttö mahdollistaa myös suuremmat häiriöt, joten ADSL2plus:n yhteyspituus on vain n. puolet normaalin ADSL-tekniikan vastaavasta. (dslprime 2006.)

Loppupäätelmänä voi sanoa xDSL -tekniikoiden viime vuosina kehittyneen monella eri alueella. xDSL -nopeudet ovat lisääntyneet jatkuvasti ja vaikka yhteysmatkoille on saattanut samalla käydä jopa päinvastoin, ei sillä ole ollut loppukäyttäjää ajatellen paljonkaan merkitystä. Kuituverkko on edelleen kallis ratkaisu normaalissa asuinkäytössä ja tämän hetken parikaapelitekniikka pystyy tarjoamaan oman osuutensa siirtotiessä vielä pitkälle tulevaisuuteen. Selvää on myös, että xDSL -tekniikka tarjoaa puhelinverkon omistaville yhtiöille lisäarvon, jota on mielekästä kehittää edelleen asiakkaan toivomusten mukaan.

4 KIINTEÄ VERKKOTEKNIikka ASUINKIINTEISTÖSSÄ

4.1 Yleiskaapelointi

Yleiskaapeloinnilla tarkoitetaan kiinteistön määrämuotoista tietoliikennekaapelointia, joka tukee suurta joukkoa erilaisia sovelluksia. Nykypäivänä yleiskaapelointi on jo olennainen ja pysyvä osa kiinteistöä, kuten sähköverkko ja LVI-järjestelmät. Kaapelointi toteutetaan lähes poikkeuksetta parikaapeli-ethernet periaatteella tähtiverkkoratkaisuna. Järjestelmän rakenneosien markkinat ovat avoimet ja monipuoliset, mikä mahdollistaa tuotteiden valinnan useiden eri valmistajien väliltä. Järjestelmän luotettavan toiminnan kannalta tärkeitä asioita ovat oikea ennakkosuunnittelu, laadukkaat rakenneosat, virheetön asennus ja huolellinen käyttöönotto. (ST-käsikirja 16 2000, 23.)

4.2 Siirtotie, kanava ja rajapinta

Yleiskaapeloinnissa ovat käsitteet siirtotie, kanava ja rajapinta (kuvio 5) tärkeitä, kun määritellään kaapeloinnin rakennetta ja sen suorituskykyä. Siirtotie on kaapeloinnissa olevien kahden liitántärajapinnan yhteys. Siirtotiehen kuuluvat liitántöjen väliset kaapeloinnit, liittimet sekä mahdolliset jakamoiden sisäiset kytkentäkaapelit. Siirtotiehen ei kuulu laite- eikä työpistekaapelit. Kanava muodostuu siirtotiestä sekä siihen liitetyistä kytkentäkaapeleista. Siirtotie ja kanava koostuvat pelkästään passiivisista laitekomponenteista. Kaapeloinnin rakenneosia, jotka vaikuttavat siirtotien ominaisuuksiin, ovat seuraavat: (ST-käsikirja 16 2000, 55 - 56.)

- kiinteät asennuskaapelit
- liittimet jakamoissa ja työpisterasioissa

Rakenneosat, jotka vaikuttavat edellisten lisäksi kanavan ominaisuuksiin:

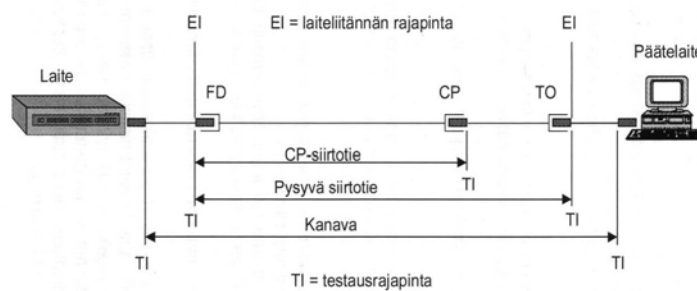
- mahdolliset kytkentäkaapelit jakamoissa

- työpisteiden työpistekaapelit
- jakamoiden laitekaapelit

Rajapintoja on standardin EN 50173-1 mukaisesti kolmea eri tyyppiä:

- laiteliitännöjen rajapinnat
- testausrajapinnat
- yleisen verkon rajapinta.

Laiteliitännäraajapintoja ovat mm. jakamoiden kytkentäpaneelien liitännät sekä työpisterasian liitännät. Testausrajapinnat ovat jokaisen osajärjestelmän päissä. (Teleasennusopas 2005, 136 -137.)



KUVIO 5. Siirtotie, kanava sekä rajapinnat (Teleasennusopas 2005.)

CP = Keskityskohta

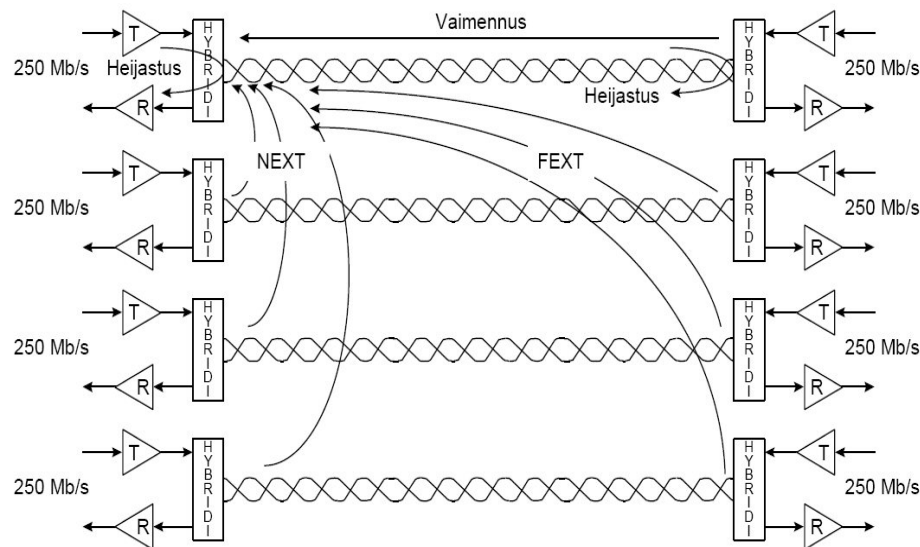
TO = Työpisterasia

FD = Kerrosjakamo

4.3 Symmetrinen siirtotie ja Gigabit ethernet

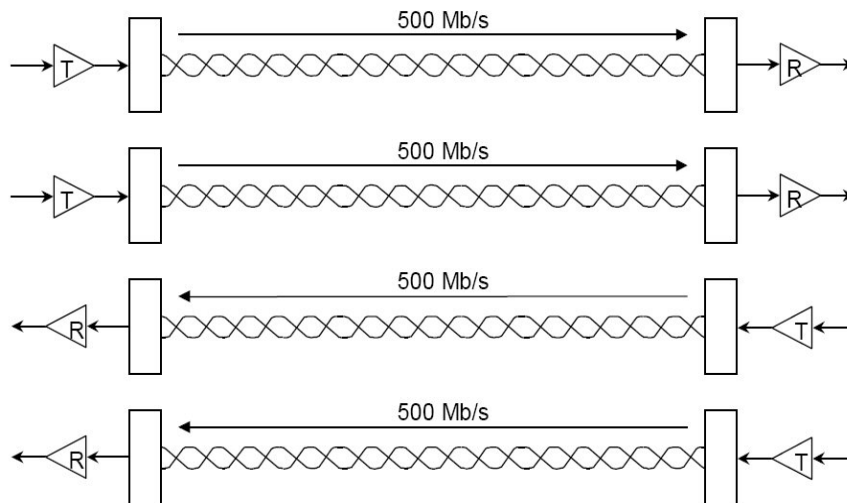
Symmetriseen kaapelointiin (parikaapelointi) ja lähiverkkoihin perustuva Ethernet-sovellusstandardi päivitettiin kertaalleen vuonna 1999. Päivityksen tuloksena syntyi Gigabit Ethernet 1000Base-T. Se määrittellään standardissa IEEE 802.3ab. Gigabit Ethernetin kehittämisen lähtökohtana on ollut myös sen toimivuuden varmistaminen yleiskaapeloinnin kanavassa ja siirtoteillä, jotka on toteutettu vanhan kategorian mukaisilla kaapeleilla ja liitoskomponenteilla. Näin saatiin

turvattua aikaisemmin valmistuneiden verkkojen ja kaapelointien toiminta uusien rinnalla. 1 Gbit/s siirtonopeus vaatii kaistanleveyden, johon ei enää riitä 100 Mhz eli kategorian 5 ylärajataajuus. Tästä syystä 1000Base-T:ssä siirrettävä signaali jaetaan neljään osaan, joista jokaisen siirtonopeus on 250 Mbit/s. Nämä signaalit siirretään kaapelin neljällä parilla ja yhdistetään vastaanottopäässä. Yhteysmuoto on nimeltään täysduplex, eli kullakin parilla liikennöidään yhtäaikaisesti molempiin suuntiin siirtonopeudella 250 Mbit/s (kuvio 6).(Teletekno 2006.)



KUVIO 6. Siirrettävä signaali 1000Base-T:ssä (Teletekno 2006.)

Edellä kerrotun 1000Base-T siirtotekniikan lisäksi on rinnalle kehitetty siirtojärjestelmä (kuvio 7), jonka etuna edellä kuvattuun tekniikkaan on mm. kanavaelektronikan pienempi tehonkulutus ja samalla pienempi jäähdytystarve. Tässä siirtojärjestelmässä 1 Gbit/s jaetaan kahteen 500 Mbit/s osasignaaliin ja nämä siirretään kahdella parilla toiseen ja kahdella vastakkaiseen suuntaan. Tämä protokollastandardi vahvistettiin Yhdysvalloissa vuonna 2001 nimellä ANSI/EIA/TIA-854. (Teletekno 2006.)



KUVIO 7. 1000Base-T: vaihtoehtoinen siirtotapa (Teletekno 2006.)

Kuvion 7 mukainen siirtojärjestelmä on tekniikaltaan yksinkertaisempaa sekä samalla edullisempaa, mutta vaatii toimiakseen tehokkaasti suorituskykyisemmän kaapeloinnin. Järjestelmään ei enää riitä kategorian 5 kaapelointi (luokka D), vaan tarvitaan kategorian 6 komponenteilla toteutettu kanava. (Teletekno 2006.)

Lähiverkkojen nopea kehitys ja kasvu asettavat haasteita kaapeloinnille ja sen rakenneosille. Eri sovellusryhmät (liite 1) antavat haasteita yleiskaapeloinnin suorituskyvyille, mutta samalla ne myös ohjaavat kehitystä tällä alalla. Tällä hetkellä Gigabit Ethernetin asettamien vaatimusten noudattaminen on lähtökohtana onnistuneelle ja toimivalle kaapeloinnille. (Teletekno 2006.)

4.4 Liittymätyyppien vertailua

Kiinteiden laajakaistaverkkojen liittymätyypit voidaan jakaa käytetyn teknologian mukaisesti DSL-sekä kaapelimodeemiyhteyksiin. Nämä teknologiat yhdessä kattavat yli 95 % kaikista laajakaistayhteyksistä maailmassa. (Laajakaistainfo 2006.)

Liittymätyyppiä voidaan kuvata tulevan verkonkäyttäjän kannalta myös muilla kriteereillä. *Taloliittymällä* tarkoitetaan sitä fyysistä liittymää, jolla yhteyden tarjoava verkko-operaattori yhdistää useamman asunnon kiinteistöt runkoverkkoonsa. Tulevalla verkonkäyttäjällä on valittavanaan kaksi eri verkkoyhteystyyppiä: henkilökohtainen liittymä tai jaettuun yhteyteen perustuva liittymä. (Tieke 2006.)

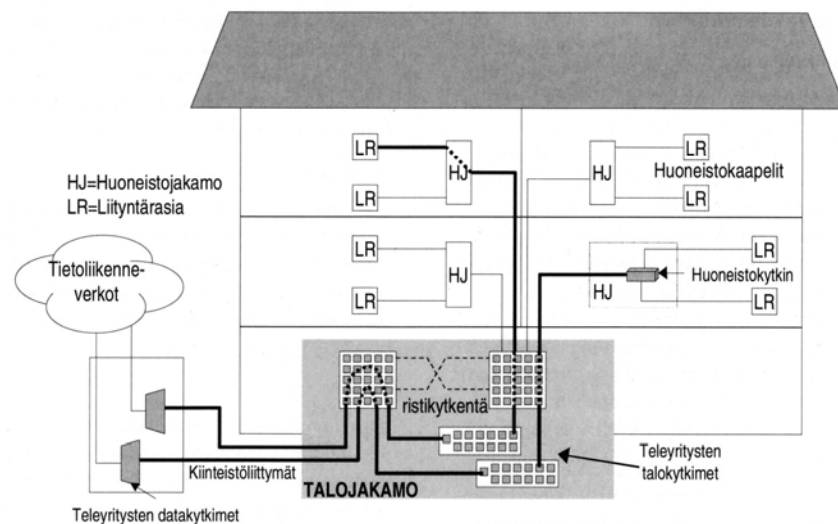
Henkilökohtainen liittymä on tällä hetkellä yleisin kiinteän internet-yhteyden liittymätyyppi. Siinä yksityishenkilö tilaa liittymän haluamaltaan yhteydentarjoajalta. Henkilökohtaisen liittymän suosio perustuu hankinnan vaivattomuuteen sekä yhteyden jakamattomaan käyttöön; yhteysnopeudet eivät kärsi toisista käyttäjistä. Liittymän nopeusluokan sekä muut mahdolliset lisäpalvelut tilaaja määrittelee itse, näin on mahdollista räätälöidä omaan käyttöön toimivimmat ratkaisut. Liittymätyypin etuina tilaaja saa yleisesti asiakastuen, 1-5 kpl sähköpostiosoitetta sekä kotisivutilaa yhteydentarjoajan palvelimelta. Liittymäsopimukseen kuuluu usein myös rajoitukset liitettävien tietokoneiden määrästä sekä oman palvelimen pystyttämisestä. Kustannusten osalta henkilökohtaisen liittymän tilaajan maksettavaksi tulee mahdolliset avaus- ja asennusmaksut kiinteiden yhteismaksujen lisäksi. Tässä suhteessa henkilökohtainen liittymä on edelleen kallein liittymätyyppi, vaikka kuukausimaksut ovatkin tulleet viime vuosina operaattorien välisen kilpailun johdosta alaspäin. (Tieke 2006.)

Jaettuun yhteyteen perustuvalla liittymällä samaan kiinteistöön tuleva taloliittymä jaetaan useamman asunnon kesken. Jaettu yhteys voi olla käytännöllinen vaihtoehto sellaisissa taloyhtiöissä, joissa käyttäjien palvelut halutaan yhtenäistää ja kustannukset jakaa asukkaiden kesken. Jaettu yhteys voidaan jakaa toimintojen ja hankinnan mukaan edelleen kiinteistöliittymäksi (taloliittymä) ja lähiverkkoliittymäksi. (Tieke 2006.)

Kiinteistöliittymän (kuvio 8) tilauksen asukas voi tehdä paikalliselta teleyhtiöltä, puhelinoperaattorilta tai muulta verkkoyhteyden tuottajalta. Liittymän tarjoajalta tulee tarvittavat laitteet, asennukset sekä ylläpito. Liittymismaksut määräytyvät yleisesti taloyhtiön koon mukaan. Kiinteistöliittymässä yhteyden käyttäjä ja

verkkoyhteyden tarjoaja hoitavat yleensä laskutuksen sekä muut käytännön toimet keskenään, näin taloyhtiön ainoaksi rooliksi jää liittymän asennusluvan myöntäminen. (Tieke 2006.)

Lähiverkkoliittymässä yhteysverkon rakennuttaa taloyhtiö. Jos sisäverkoksi valitaan yleiskaapelointiverkko, on taloyhtiöllä tapana kilpailuttaa suunnitelmista lähtien verkon rakennus verkkourakoitsijoiden kesken. Verkkoyhteydet, yhteyslaitteet ja palvelut kilpailutetaan myös erikseen palveluiden tarjoajilta. (Tieke 2006.)



KUVIO 8. Kiinteistöliittymä (ST-raportti 1 2005)

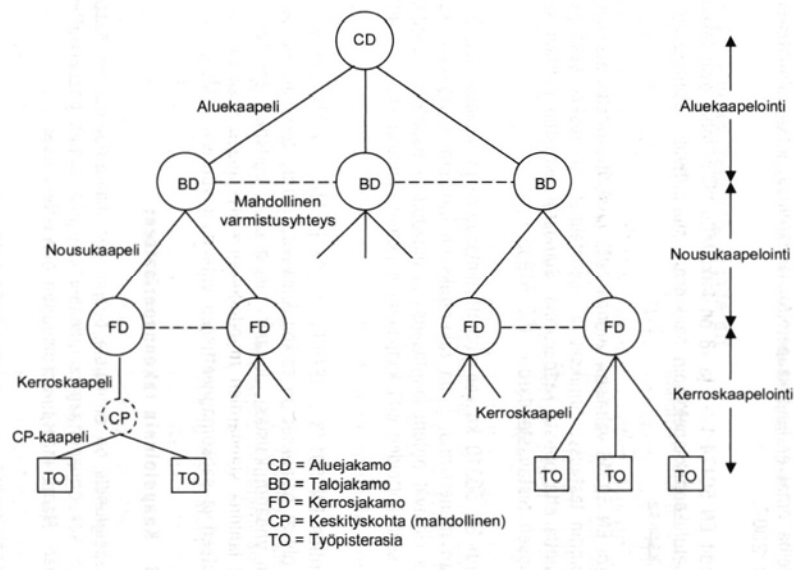
4.5 Kaapeloinnin osajärjestelmät

Asuinrakennusten tietoliikennekaapelointi muodostuu eri osa-alueista ja tietyistä toiminnallisista kokonaisuuksista. Tähtimäinen kaapelointijärjestelmä (kuvio 9) jokaisen osa-alueen kohdalla mahdollistaa muunneltavuuden ja joustavuuden vaihtuvien sovellusten tai mahdollisten rakennemuutosten osalta.

Yleiskaapeloinnissa jakamot toimivat tähtimäisen kaapeloinnin solmukohtina. Jakamoiden ristikytentöjen avulla muodostetaan haluttu verkon topologia sekä muoto. Jakamoiden liitännärajoituksesta saadaan yhteydet myös sovelluskohtaisiin laitteisiin, yleiseen verkkoon sekä tarjolla oleviin ulkoisiin palveluihin. Itse

kaapelointi jaetaan alueelliseen eli rakennusten väliseen kaapelointiin, nousu- ja kerroskaapelointiin sekä huoneiston sisällä tapahtuvaan kaapelointiin. Tähtimäisen verkon tähtipisteissä liitetään kaapeloinnin eri osa-alueet toisiinsa.

Yleiskaapeloinnin liittänoilla ja liittämistarvikkeiden valinnalla on tärkeä osuus onnistuneen verkon toteutuksessa. Tarvikkeiden valinnassa pätevät samat tekniset kriteerit kuin muissakin kaapeloinnin osissa. (Teleasennusopas 2005, 133 - 138.)



KUVIO 9. Tähtimäinen kaapelointijärjestelmä (Teleasennusopas 2005)

4.5.1 Talojakamo

Talojakamolla tarkoitetaan kytkentäpaikkaa, jossa verkontarjoajan ja kiinteistön sisäisen verkon kaapelit päätetään ja yhdistetään. Talojakamo sijaitsee yleisesti kiinteistön pohjakerroksessa tai erillisessä rakennuksessa. Se voi olla myös yhdistettynä samaan tilaan sähköpääkeskuksen kanssa. Talojakamon mitoituksessa sekä sijoituksessa tulee ottaa huomioon mm. kaapeleiden tulosuunnat, putkireitit 50 mm:n muoviputkilla jokaista liittymäkaapelia kohden sekä mahdolliset varaukset myöhemmille aluekaapeloinneille. Sijainnissa tulee ottaa huomioon myös talojakamon etäisyys kauimmaiselle rakennuksessa olevalle huoneistorasialle. Talojakamon sisätilojen tulee olla mitoitetu riittäviksi kaapelihyllyille, nousukaapeleille sekä lattia- tai seinämälliselle jakokaapille. Talojakamon

jakokaapissa nousukaapelit päätetään niille varattuihin rimoihin tai liitinpaneelisiin. Sähkösyötöiksi jakamoon varataan kolme kappaletta 230 V sähköryhmiä. Kaappien ja laitteiden maadoitusta varten jakamossa tulee olla myös potentiaalintasauskisko. Jakamotilat on oltava lukittavissa ja tiloihin pääseminen järjestettävä siten, ettei tietoturva vaarannu. Talojakamosta on myös suositeltavaa löytyä yleiskaapeloinnin- sekä puhelinverkon järjestelmäkaaviot. (Viestintävirasto 25 D/2003M, 2-5; Hakala & Vainio 2005, 122 – 123; ST – kortisto ST 605.04 2005, 4 – 5.)

4.5.2 Huoneistojakamo

Huoneistojakamo on huoneistoon asennettu kytkentäpiste, jossa päätetään talojakamosta tuleva nousukaapelointi. Huoneistojakamosta lähtevät edelleen kaapeloinnit huoneiston liitäntärasioille. Huoneistojakamo voi olla erillinen jakokaappi tai osana ryhmäkeskusta. Mikäli mahdollista, seinäkaapin asennus kannattaa tehdä uppoasennuksena tilansäästön ja ”näkyttömiin” jäävien kaapelireittien takia. Jakamo sijoitetaan huoneistossa yleensä eteiseen tai vaatehuoneeseen, pois näkyvältä paikalta. Huoneistojakamon sijainnissa tulee ottaa myös huomioon keskeisyys huoneiston johtoreittejä ja johdotuksia ajatellen. Näin varmistetaan, ettei suurimpia sallittuja kaapelointietäisyyksiä ylitetä. Jakamon koko riippuu siihen tulevien kaapeleiden ja käytettävien laitteistojen määrästä. Jakamoon asennetaan yleensä myös antennihaaroitin sekä lähiverkkokytkin liitäntäkaapeleineen. Jakamossa tulee olla myös yksi kaksiosainen maadoitettu pistorasia. (ST -kortisto ST 605.02 2005, 7; ST -kortisto ST 605.01 2005, 10.)

4.5.3 Alue- ja nousukaapelointi

Jos kiinteistöön kuuluu useampi kuin yksi rakennus, yhdistetään ne toisiinsa aluekaapeloinnilla. Samalla jonkin talon talojakamo toimii myös aluejakamona. Aluekaapelointi asennetaan aluejakamon ja muiden talojakamoiden välille. Aluekaapeleiden päätteet ja ristikytkennät jakamoissa kuuluvat osaksi aluekaapelointia. Jos talojakamo ei ole, aluekaapelointi ulottuu aluejakamosta

kerrosjakamoon. Nousukaapelointi tarkoittaa kaapelointia talojakamosta yhteen tai useampaan kerrosjakamoon. Myös nousukaapeleiden päätteet ja ristikytkennät (ilman laitekaapeleita) kuuluvat kaapelointiin. Nousukaapeli on yhtenäinen kaapeli ilman jatkoksia. Alue- ja nousukaapeleina käytetään yleensä kuitu- tai kuparikaapeleita. (ST -kortisto ST 681.10 2003, 7.)

4.5.4 Kerroskaapelointi

Kerroskaapeloinnilla tarkoitetaan kerrosjakamon ja yhden tai useamman työpisterasian välistä kaapelointia. Kerroskaapelointiin lasketaan mukaan kerroskaapelit, kerrosjakamoissa olevat kaapelipäätteet, mahdolliset ristikytkennät sekä työpisterasiat. Työpistekaapelit eivät kuulu kerroskaapelointiin.

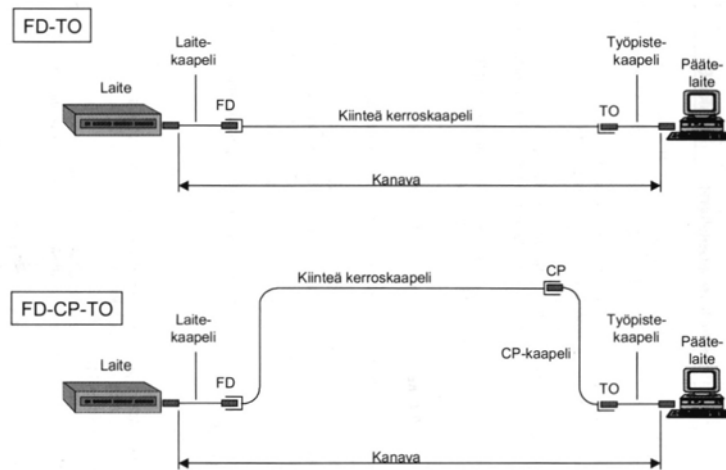
Kerroskaapelin kanava-käsitteeseen työpistekaapelit kuitenkin määritellään mukaan. Kerroskaapelissa voi olla myös yksi keskityskohta (CP). Tämä keskityskohta on yleisesti asuinhuoneistossa, joko omana huoneistokotelona tai yhdistettynä huoneiston sähköpääkeskukseen. Jos kerroskaapeloinnissa ei ole keskityskohtaa, tulee sen siinä tapauksessa olla yhtenäinen koko matkalta kerrosjakamosta työpisterasialle. (ST-kortisto ST 681.10 2003, 7 - 8.)

Kerroskaapeleiden eri osien maksimipituuksien laskemiseksi on olemassa kanavan pituusyhtälöt (taulukko 1). Oletuksena taulukkoa käytettäessä on, että laite- ja työpistekaapelilla on sama vaimennus pituusyksikköä kohden. Edelleen oletetaan, että CP-kaapelina käytettävä kaapeli voi olla samaa kuin kiinteä kerroskaapeli tai se voi olla taipuisaa kaapelia. Myös CP-kaapelin vaimennus pituusyksikköä kohden voi poiketa muista kanavan kaapeleista. (Teleasennusopas 2005, 141-142.)

TAULUKKO 1. Kerroskaapeloinnin pituussäännöt (Teleasennusopas 2005)

Malli	Kanavan pituusyhtälö	
	Luokka D (ei suositeltava)	Luokka E
FD – TO	$H = 109 - FX$	$H = 107 - 3 - FX$
FD – CP – TO	$H = 107 - FX - CY$	$H = 106 - 3 - FX - CY$
H = kiinteän kerroskaapelin maksimipituus, m F = laitekaapelin ja työpistekaapelin yhteenlaskettu pituus, m C = CP-kaapelin pituus, m X = kerroin, joka ilmoittaa taipuisan kaapelin (laitekaapeli ja työpistekaapeli) vaimennuksen suhteen kiinteän kerroskaapelin vaimennukseen Y = kerroin, joka ilmoittaa CP-kaapelin vaimennuksen suhteen kiinteän kerroskaapelin vaimennukseen		

Kerroskaapeloinnin mitoituksessa on myös syytä huomioida, että kanavan pituus ei saa ylittää 100 metriä eikä kiinteän kerroskaapeloinnin pituus 90 metriä. Kuviossa 10 on kerroskaapeloinnin kaksi mallikokoonpanoa, ilman keskityskohtaa ja keskityskohdan (CP) kanssa. (Teleasennusopas 2005, 141-142.)



KUVIO 10. Kerroskaapeloinnin mallit (Teleasennusopas 2005)

FD = kerrosjakamo

CP = keskityskohta

TO = työpisterasia

4.5.5 Huoneistokaapelointi sekä työpistekaapelointi

Huoneistokaapeloinnilla tarkoitetaan huoneistojakamon ja huoneistossa olevien työpisteiden välistä kaapelointia. Huoneistokaapelointi suoritetaan myös tähtiverkkona, eli jokaiselle pisteelle tulee huoneistojakamolta oma kaapeli. Kiinteästi asennetun huoneistokaapelin pituus voi olla enintään 90 metriä. Kaapelissa ei saa olla jatkoksia eikä ylimääräisiä liitäntöjä. Huoneistokaapeleiden liitännät huoneistorasiassa sekä jakamossa tehdään kaapelointia vastaavan kategorian komponenteilla. Kahdesta huoneistorasiaan menevästä parikaapelista toinen tulee yleisesti atk-käyttöön ja toinen puhelimelle. (ST-kortisto ST 605.02 2003, 7 - 10.)

Työpistekaapelointi yhdistää huoneistorasian päätelaitteeseen. Työpistekaapeleina käytetään taipuisia ja monisäikeisin johtimin varustettuja kytkentäkaapeleita. Työpistekaapelin yhteenlaskettu maksimipituus on 10 m. Jakamon sisäisen kytkentäkaapelin pituus voi olla tästä enintään 5 m.. Jakamoissa kannattaa kytkentäkaapeleiden yhteydessä käyttää kaapeliyhjainpaneeleja, joiden avulla kaapelit saadaan kulkemaan selviä reittejä pitkin omille liittimilleen. Standardin EN 50173-1 mukaan työpistekaapelit eivät kuulu siirtotiehen eivätkä näin ollen ole myöskään siirtotien suorituskyvyn mittauksen osana. Siitä huolimatta kytkentäkaapelien valinnassa täytyy noudattaa samoja standardisuosituksia kuin muullakin kaapeloinnin alueella. Myös häiriösuojauksen tulee jatkua kytkentäkaapeleiden osalta samantasoisena muun kaapeloinnin kanssa (Teleasennusopas 2005, 152 - 153.)

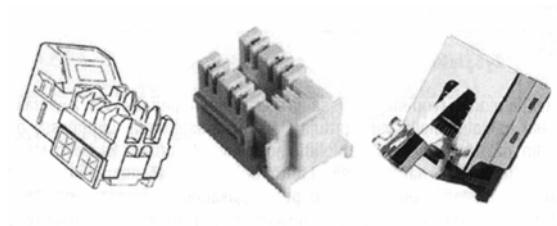
4.5.6 Liittämistarvikkeet

Yleiskaapeloinnissa liittännöillä ja liitoskomponenteilla saadaan verkon eri osaluokkien kaapeloinnit sekä aktiivi- ja passiivilaitteet liitettyä keskenään. Laajoissa verkoissa liittäntäpisteiden määrä kasvaa väistämättä suureksi. Tästä syystä itse liittäntätyöllä sekä liitoskomponenttien ominaisuuksilla on suuri merkitys siirtotien luotettavaan toimintaan. Rakennosien yleisiä valintakriteerejä ovat mm. seuraavat:

- Standardinmukaisuus: liittämistarvikkeiden ja kaapelien tulee täyttää samat vaatimukset.
- Tekninen suorituskyky: tarvikkeiden tulee olla suunnitelman ja oikean kategorian mukaisia, oikeita tarvikkeita oikeaan paikkaan.
- Sopivuus asennusympäristöön: huomioonotettavia asioita ovat mekaaniset, ilmastolliset, kemialliset sekä sähkömagneettiset tekijät.
- Asennettavuus: mahdollisimman yksinkertainen rakenne vähentää virheiden syntymistä asennuksissa ja nopeuttaa asennustyötä.

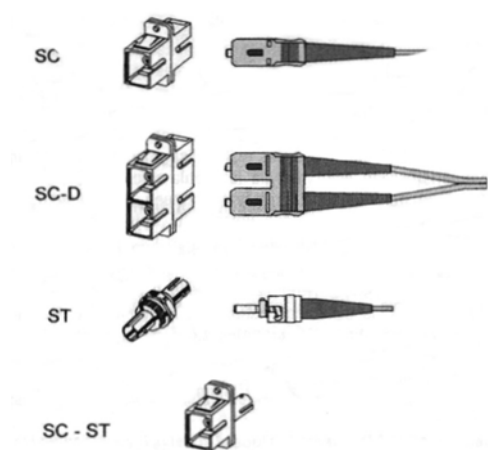
Parikaapeloinnissa käytetyin liittämistarvike on hahloliittimellä varustettu RJ45-naarasliitin (kuvio 11). Liitintä käytetään työpisterasioissa sekä osakaapelointien

kaikissa jakamoissa kytkentäpaneeliin asennettuina. Liittimessä on 8 hahloliitintä kaapelin johtimien päättämistä varten. Liittimen on standardin mukaan mm. kestettävä vähintään 200 johtimen päättämistä sekä vähintään 750 liittämistä uros- ja naarasliittimen kesken, sen on sovelluttava mitoiltaan 0,5–0,65 mm paksun johtimen päättämiseen ja suositeltava liitostekniikka on hahloliitos. RJ 45–liittimiä valmistetaan sekä suojaamattomina että suojattuina. (Teleasennusopas 2005, 149.)



KUVIO 11. RJ 45–liittimiä (Teleasennusopas 2005)

Valokaapeiden yleisin standardinmukainen liitintyyppi on SC–kaksoisliitin, toiselta nimeltään SC-D (duplex). Toinen vaihtoehtoinen liitinmalli on pyöreärunkoinen ST-liitin. Liitinmallit ovat keskenään kytkettävissä SC- ST-liitinadapterilla. Kuviossa 12 on esimerkkejä liitinmalleista ja adapterista. (Helkama Bica 2003, 55- 56.)



KUVIO 12. Esimerkkejä SC- liitinmalleista (Teleasennusopas 2005)

Jakamoissa liitännät tehdään 16–32 paikkaisiin RJ 45 –kytkentäpaneeleihin tai kuitupaneeleihin (kuvio 13). Riippuen jakamon koosta paneelit asennetaan vaihtoehtoisesti 19” leveään kytkentätelineeseen tai kytkentäkaappiin.

Puhelinkaapeleiden kytkentään ja päättämiseen käytetään 10–parista LSA–erotus / kytkentärimaa (kuvio 14). (Teleasennusopas 2005, 150 – 151.)



KUVIO 13. Ohjuri- ja kytkentäpaneeleja
(Teleasennusopas 2005)

KUVIO 14. LSA – erotusrima
(Solarsuomi 2006)

4.6 Kaapelityypit

Asuintalojen kaapeloinnin suunnitelmaa tehtäessä on otettava huomioon kaapelin käyttötarkoitus ja käyttöympäristö. Mekaanisen rasituksen kohteeksi kaapeli joutuu lähinnä asennusvaiheessa, mutta myös käyttöympäristöllä saattaa olla vaikutusta kaapelointeihin. Asennusvaiheessa kaapeliin kohdistuu mm. vetoa, taivutusta sekä vaihtelevia lämpötiloja. Nämä seikat on hyvä ottaa huomioon valittaessa kaapelityyppinä kohteisiin, joissa kaapelivedot kulkevat kaapelia erityisesti kuluttavia reittejä pitkin. Monisäikeisillä johtimilla varustetut kaapelit ovat paremmin taivuteltavia. Mahdolliset side- ja täytelangat kaapelin sydämessä suojaavat liialta vetorasitukselta. PE-muovin ja teräslankojen sekä metallinauhan käyttö vaippamateriaalina ulkokaapeleissa tukee kaapelia ja suojaa UV-säteilyltä sekä kosteudelta. Myös paloturvallisuuteen voidaan vaikuttaa kaapelivalinnoilla. Mm. LSOH ja LSZH merkinnät kaapelissa kertovat niiden olevan materiaaaliltaan

palaessa vähän halogeenia muodostavia. (LSZH/LSOH = Low Smoke Zero Halogen). (ST-käsikirja 16 2000, 78 - 80; Helkama Bica 2003, 33 - 37.)

Asennettavuuden ja luotettavuuden lisäksi kaapelin tärkeimpiä valintakriteerejä on tekninen suorituskyky. Suorituskykyä arvioitaessa on otettava huomioon kaapeleiden sähköiset ja suojaavuuteen vaikuttavat ominaisuudet sekä mitoitusäännöt. Yleiskaapeloinnissa käytetyt kaapelityypit ovat joko pari- tai valokaapeleita. (Teleasennusopas 2005, 144 - 145.)

Seuraavissa luvuissa tutustutaan lähemmin kaapelointistandardeihin, kaapeleiden teknisiin ominaisuuksiin sekä häiriönsuojaukseen.

4.6.1 Kaapelointistandardit ja niiden kehitys

Kiinteän verkon suunnittelussa täydellinen standardinmukaisuus on ehtona toimivalle ja hyväksyttävälle lopputulokselle. Standardit ovat työvälineitä, joista selviää suunnittelijoille sekä urakoitsijoille mm. siirtoteiden rakenteet, maksimipituudet, dokumentoinnit jne. (Teleasennusopas 2005, 133.)

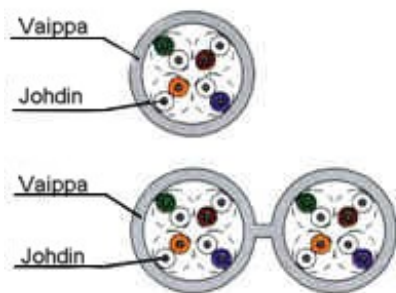
Eurooppalaisen standardin EN 50173 ensimmäinen versio julkaistiin vuonna 1995. Suomessa tärkeimpiä standardeja on ollut EN 50173 ja siitä kehitetyt uudet versiot. Standardeja on lisätty mm. tietoliikennekaapeloinnin suunnittelun osalta (EN 50174-1, -2 ja -3), testaukseen (EN 50346) sekä maadoitukseen liittyen (EN 50310). Vuonna 2000 julkaistiin Gigabit Ethernetiä parikaapeloinnissa täydentävä EN 50173/A1. Yleiskaapeloinnin standardeissa EN 50173-1 (Eurooppa), ISO/IEC 11801 (kansainvälinen) sekä ANSI/TIA/EIA 568B (Yhdysvallat) määrittellään vaatimukset yleiskaapeloinnin siirtoteille, kanaville ja rakenneosille. Standardi EN 50173 oli alun perin määritelty toimistokiinteistöjen kaapelointiin, mutta sitä on sovellettu myös asuinkiinteistöihin. Asuinkiinteistöjä ja koteja koskevat erilliset standardit valmistuvat kokonaisuudessaan vuoteen 2007 mennessä. Suomessa yleiskaapeloinnin standardit vahvistetaan kansallisiksi SFS-standardeiksi. Yleiskaapelointistandardien soveltamiseksi käytäntöön ja ohjeistukseksi on suomalainen Sähkötieto Ry kehittänyt lisäksi ST-kortiston, jota noudattamalla suunnittelijan ja urakoitsijan on helpompi saavuttaa standardien mukainen

lopputulos. (ST-kortisto ST 681.10 2003, 3; Teleasennusopas 2005, 132 - 133.)

4.5.2 Parikaapelit

Parikaapeli koostuu kahdesta tai useammasta vierekkäisestä eristetystä kuparijohdinparista. Parikaapelissa parit on kierretty symmetrisesti toistensa ympärille. Tällä ns. parikierrolla saadaan kaapelin sähköiset ominaisuudet varsinkin suurilla taajuuksilla paremmiksi. Parikaapelin johdinmateriaali on hehkutettua kuparilankaa. Nimellishalkaisija johtimilla on useimmiten 0,5 mm. Eristemateriaalina johtimien ympärillä käytetään yleisesti polyeteeniä (PE) ja vaipan materiaalina sisäkaapeleissa PVC-muovia. Parikaapelit jaetaan häiriösuojauksen mukaan alla oleviin suojausluokkiin. (ST-käsikirja 16 2000, 84 - 90)

UTP (Unshielded Twisted Pair) eli suojaamaton kierretty parikaapeli (kuvio 15) on yleisimmin käytettyjä parikaapeleita asuinrakennusten yleiskaapelointiverkoissa. Kooltaan se on yleensä joko neliparista (4 x 2 x 0,5) tai ns. siamilaista (2 x 4 x 2 x 0,5), jossa kaksi kaapelia on yhdistetty vaipastaan toisiinsa. UTP-kaapelit soveltuvat käytettäväksi rakennuksissa, joissa on vähän häiriötekijöitä. (Teleasennusopas 2005, 144 - 145.)

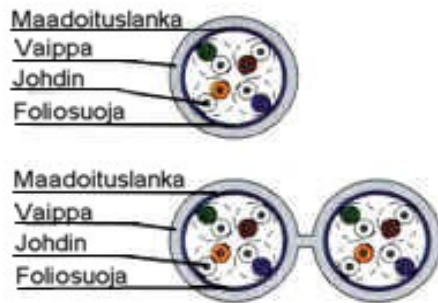


KUVIO 15. UTP-kaapeli (Teletekno 2006)

FTP (Foil Twisted Pair) on vaippa- eli foliosuojattua kierrettyä parikaapelia (kuvio 16). Kaapeli on tarkoitettu kohteisiin, joissa tarvitaan lisäsuojauksia häiriöitä

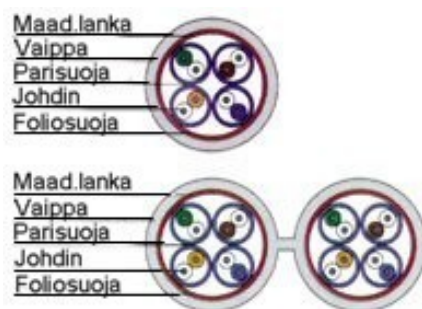
vastaan. Kaapeli kestää normaalia enemmän sähkömagneettisia häiriöitä.

Käytetyimpiä kokoja ovat edelleen 4-pariset sekä siamilaiset kaapelit. Saatavilla on myös S-FTP parikaapelia, jossa on foliosuojauksen lisänä kuparilankapalmikko häiriönsuojana. (Teleasennusopas 2005, 144 - 145.)



KUVIO 16. FTP-kaapeli (Teletekno 2006)

STP (Shielded Twisted Pair) on kierretty parisuojattu kaapeli, jonka rakenteeseen kuuluu yleensä myös yhteinen vaippasuoja (kuvio 17). Suoja muodostuu alumiinifoliosta, tinatusta kuparilankapalmikosta tai niiden yhdistelmästä. Kestää voimakkaita sähkömagneettisia häiriöitä. (Teleasennusopas 2005, 144 - 145.)



KUVIO 17. STP-kaapeli (Teletekno 2006)

Yleisimmin käytetty kaapelityyppi yleiskaapeloinnissa asuinkäytössä on vähäisen häiriöympäristön vuoksi UTP 2 x 4 x 2 x 0,5, joka on siis suojaamatonta tuplattua neliparista kaapelia (siamilainen rakenne). Yleiskaapeloinnin kaapelityypit

luokitellaan myös suorituskyvyn ja suurimman käyttötaajuuden mukaan. Kaapelointistandardeissa parikaapelit on jaettu kaistanleveyden perusteella siirtotieluokkiin A-F. Jako on tehty huomioiden käytettäviä sovelluksia kullakin taajuusalueella. Taulukossa 2 näkyvät parikaapelien siirtotieluokat, niiden ylärajataajuudet sekä yleisimmät käytetyt sovellukset. (Hakala & Vainio 2005, 116 - 117.)

TAULUKKO 2. Siirtoteiden luokat (Hakala & Vainio 2005)

Siirtoteiden luokat	
Luokka	Käyttö (sovellukset)
A (= 100 kHz)	Analogiset puhelimet (POTS, PSTN), X.21
B (= 1 MHz)	ISDN perus- ja järjestelmäliittymä
C (= 16 MHz)	10BaseT, 100BaseT2, 100BaseT4, 4 Mb/s TokenRing
D (= 100 MHz)	100BaseT, 1000BaseT 16 Mb/s TokenRing, ATM-TP, CDDI
E (= 250 MHz)	1000BaseTx, ATM LAN 1,2 Gb/s
F (= 600 MHz)	FC-100TP

Standardeissa on myös luokiteltu parikaapeleiden ja liittämistarvikkeiden rakenneosat eri kategorioihin niiden ominaisuuksien mukaan. Tällä luokituksella tietyn kategorian rakenneosilla saadaan täytettyä tietyn luokan siirtotielle ja kanavalle asetetut vaatimukset. Kategoriat parikaapeleille (kuperikaapelit) sekä liittännöissä käytettäville komponenteille näkyvät taulukossa 3. (Hakala & Vainio 2005, 117 - 118.)

TAULUKKO 3. Kategoriat siirrossa (Hakala & Vainio 2005)

Kuperikaapeleiden ja liittinten kategoriat siirrossa	
Kategoria	Suurin taajuus
5	100 MHz
5e	150 MHz
6	250 MHz
7	600 Mhz

Parikaapeloinnin osalta yleiskaapelointistandardeissa on määritelty tiettyjä sähköisiä ominaisuuksia siirtoteille ja kanaville mukaan lukien kaapelit,

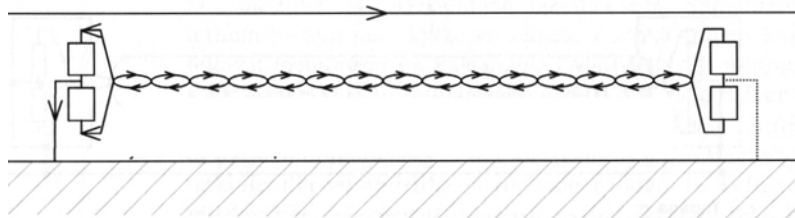
kytkentäjohdot sekä liittämistarvikkeet. Vaatimuksia on määritelty seuraaville sähköisille ominaisuuksille:

- Ominaisimpedanssi (Ω), joka on siirtotien jännitteen ja virran suhde. Standardinmukaisia ovat 100 Ω , 120 Ω ja 150 Ω . Yleisin ominaisimpedanssi on 100 Ω .
- Heijastusvaimennus (A_h, dB), joka on siirtotielle tai kanavaan syötetyn signaalin jännitteen suhde heijastuneeseen kokonaisjännitteeseen desibeleissä. Yksikkö dB.
- Vaimennus (dB), joka on jännitteen ja virran vaimennus johtuen siirtotiellä tai kanavalla syntyvistä johdin- ja eristehäviöistä.
- Lähipään ylikuulumisvaimennus parien välillä (NEXT), johdinparilta toiselle tapahtuva ei-haluttu signaalitehon kytkeytyminen. Yksikkö dB.
- Vaimennus-ylikuulumissuhde parien välillä (ACR), NEXT – vaimennus (dB). Yksikkö dB.
- Lähipään ylikuulumisvaimennus tehosummana (PSNEXT), kaikilta johdinpareilta yhdelle parille kytkeytyneen signaalitehon summa. Yksikkö dB.
- Vaimennusylikuulumissuhde tehosummana (PSACR), PSNEXT – vaimennus (dB). Yksikkö dB.
- Kaukopään ylikuulumissuhde parien välillä (ELFEXT), ilmoittaa häiritsevän ylikuuluneen signaalin hyötysignaalin suhteeseen nähden. Yksikkö dB.
- Kaukopään ylikuulumissuhde tehosummana (PSELFEXT), neliparisen kaapelin kaikkien kolmen parin aiheuttaman kaukopään ylikuulumisen yhteisvaikutus jollakin parilla. Yksikkö dB.
- Tasavirtasilmukkaresistanssi (Ω), parin tasavirtaresistanssi, joka ottaa huomioon parin molempien johtimien pituuden ja parikierrosta johtuvan pituuden lisäyksen vaikutuksen. Yksikkö Ω .
- Kulkuajaero (ns, μ s) on aika, joka signaalilta kuluu sen edetessä siirtotien tai kanavan päästä päähän. Pisimmän ja lyhyimmän kulkuajan ero = kulkuajaero. Yksikkö on ns tai μ s.
- Kulkuaja - epäsymmetriavaimennus (LCL,LCTL), siirtotien tai kanavan epäsymmetrian mitta. Mitä suurempi epäsymmetriavaimennus, sitä parempi on symmetria. Yksikkö dB.

- Kytkentävaimennus (dB), kaapelin pariin syötettävän tehon ja kaapelin ympäristöön kytkeytyvän häiriötehon suhde. Yksikkö dB. (ST-käsikirja 16 2000, 58 - 69)

4.6.3 Parikaapelin häiriösuojaustekniikka

Häiriöt kytkeytyvät kaapelointeihin joko häiriölähteen virran aiheuttaman magneettikentän välityksellä, jännitteen aiheuttaman sähkökentän välityksellä tai suoraan johtumalla, jos kahdella virtapiirillä on yhteinen johdinosuus. Johtuva kytkeytyminen saadaan estettyä, kun jokainen järjestelmä käyttää omaa paria. Magneettikentän (induktiivinen) ja sähkökentän (kapasitiivinen) kytkeytymistä voidaan pienentää kasvattamalla etäisyyttä häiriölähteeseen. Käytännössä induktiivista kytkeytymistä estetään kiertämällä parin johtimet ja kapasitiivista ympäröimällä johtimet maadoitetulla metallivaipalla. Kuvio 18 havainnollistaa parikiertoista häiriönsuojausta. Siinä kaikki kytkeytymiset kumoavat toisensa vastakkaisuuntaisina. (ST-käsikirja 16 2000, 240.)



KUVIO 18. Parikiertoinen häiriönsuojaus, maasilmukan maadoitus (ST-käsikirja 16 2000)

Yleisesti käytössä oleva parikaapeli kelpaa EMC-ominaisuuksiltaan tietoverkkojen kaapelointeihin. Ominaisuuksien säilymisen vaatimuksena on kuitenkin asennusten virheettömyys. Asuinkäyttöön tulevissa kaapeloinneissa jää suunnittelijan ratkaistavaksi, mitä kaapelityyppiä asennuksissa käytetään. (ST-käsikirja 16 2000, 240.)

4.6.4 Valokaapelit

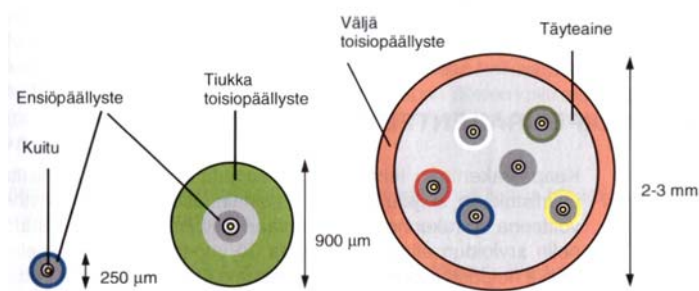
Valokaapeleiden käyttö soveltuu tietoliikenneverkkojen kaikille tasoille.

Yleiskaapeloinnissa valokaapeleita käytetään pääasiassa nousu- ja aluekaapelointeihin. Valokaapelissa signaali siirretään valon muodossa optista kuitua pitkin. Kuitutekniikan etuja ovat mm. suuri kaistanleveys, häiriöttömyys sekä maadoitusongelmien poisjäänti (metallittomat kaapelit). Valokaapelin kuidut jaotellaan niiden valoa taittavien ominaisuuksien mukaan monimuotokuituihin (GI, GK ja GN) ja yksimuotokuituihin (SM, DS). Yleisimmät käytössä olevat kuitutyypit monimuotokuiduista ovat 62,5/125 μm sekä yksimuotokuiduista 9/125 μm . Numeroista ensimmäinen viittaa ytimen/muotokentän halkaisijaan ja jälkimmäinen kuoren halkaisijaan. (Helkama Bica 2003, 18 - 20)

Valokaapeli muodostuu rakenteellisesti seuraavista osista:

- kuidut ja niiden suojaukset
- kaapelin sydänrakenne
- täyteaine
- veto- ja lujite-elementit
- vaippa

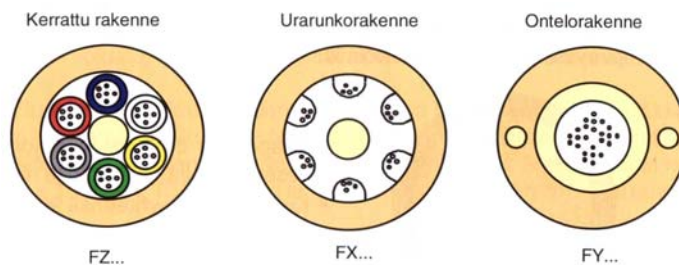
Kuitujen suojaukseen käytetään ensiö- ja toisiopäällysteitä (kuvio 19). Ensiöpäällyste on tiiviisti kiinni kuidun pinnassa ja suojaa sitä naarmuuntumiselta ja kosteudelta. Kuidun tunnistamiseen käytettävät värjäykset ovat ensiöpäällysteen pinnalla. Lisäsuojaus käytetään toisiopäällystettä, joka voi olla tiukka polymeerikerros tai väljä muoviputki. (Helkama Bica 2003, 29 - 30.)



KUVIO 19. Kuitujen suojaus (Helkama Bica 2003)

Valokuitukaapelin sydänrakenteena voi olla joko kerrattu rakenne, urarunkorakenne tai ontelorakenne (Kuvio 20). Kerrattu rakenne muodostuu

keskielementistä, jonka ympärille toisiopäällysteiset kuidut on kerrattu samankeskisästi. Keskielementti toimii kaapelin vetoelementtinä. Kerrattu rakenne on perinteisin rakenne valokuitukaapeleissa. Urarunkorakenteessa kaapelin keskellä kulkee muovitanko, jossa on pituussuuntaisia uria. Urissa ovat väljästi asettuneina ensiöpäällysteiset kuidut. Kaapelirungon keskellä on kaapelin vetoelementti. Urarunkorakenteen etuna on hyvä puristuslujuus. Ontelorakenne muodostuu yhtenäisestä putkesta, jonka sisällä ensiöpäällystetyt kuidut sijaitsevat väljästi. Jatkamista ja päättämistä varten kuidut ovat ryhmitelty ontelon sisällä sopiviksi ryhmiksi. Ontelorakenteisen kaapelin vetolujuus saadaan aikaiseksi vaipan ja sydämen välissä olevalla lujitekerroksella tai vaipassa olevilla vetoelementeillä. (Helkama Bica 2003, 30 - 32; ST-käsikirja 16 2003, 92 - 94.)



KUVIO 20. Valokaapeleiden rakenne (Helkama Bica 2003)

Valokaapeleiden täyteaineina käytetään yleisesti täyterasvaa tai geeliä. Nämä suojaavat kuituja kosteudelta ja vedeltä. Kaapeleiden veto- ja lujite-elementteinä käytetään useita eri ratkaisuja. Kerratussa ja urarunkorakenteessa vetoelementti on keskimmäisenä kaapelin sydämessä. Vetoelementti on valmistettu joko pinnoitetusta teräslangasta tai lasikuidulla vahvistetusta muovista (FRP). Ontelorakenteisissa kaapeleissa käytetään vaippaan liitettyjä teräs- tai FRP-lankoja. Vaipan tarkoitus on suojata ja pitää koossa kaapelirakennetta. Sisäkaapeleiden vaippa on enimmäkseen halogeeniton termoplastista polymeeriä. Ulkokaapeleissa vaippa on polyeteenimuovia. Lisäämällä hiilimustaa muovin joukkoon saadaan vaippamateriaali UV-säteilyä kestäväksi. Ulkokaapeleiden vaippaan on lisäksi laminoitu pituussuuntaisia alumiini- tai teräsnauhoja tukemaan vaipan rakennetta. (Helkama Bica 2003, 30 - 33; ST-käsikirja 16 2003, 94 - 95.)

Standardi EN 50173 määrittelee yleiskaapeloinnissa käytettävien valokaapeleiden ominaisuudet. Optisten kaapeleiden kuidut jaetaan käytettävän kaistanleveyden

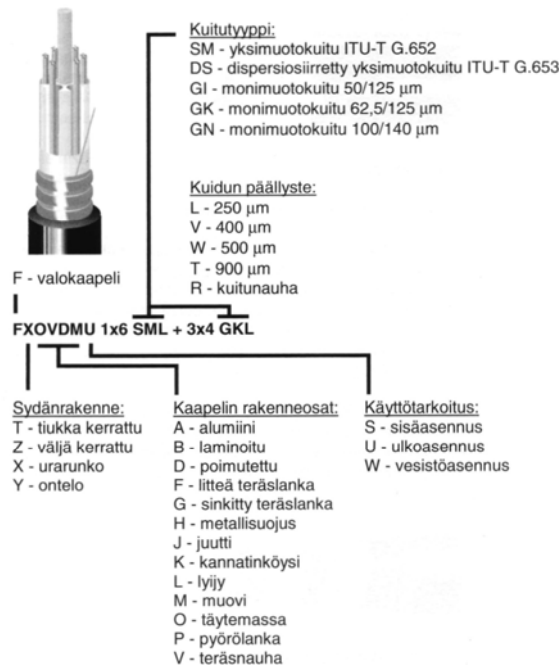
mukaan neljään eri kategoriaan. Monimuotokuiduille kategoriat ovat OM1, OM2 ja OM3 sekä yksimuotokuiduilla OS1. Taulukossa 4 näkyvät kategoriat ja niiden tuomat vaatimukset kuidulle. (Teleasennusopas 2005, 147 - 148.)

TAULUKKO 4. Kategoriataulukko kuiduille (Teleasennusopas 2005)

Kategoria, kuitutyyppi	Maksimivaimennus dB/km	
	850 nm	1300 nm
OM1, 50/125 µm ja 62,5/125 µm	3,5	1,5
OM2, 50/125 µm ja 62,5/125 µm	3,5	1,5
OM3, 50/125 µm	3,5	1,5

Kategoria, kuitutyyppi	Minimikaistanleveys MHz·km		
	LED-lähetin	1300 nm	Laserlähetin
OM1, 50/125 µm ja 62,5/125 µm	200	500	Ei spesifioitu
OM2, 50/125 µm ja 62,5/125 µm	500	500	Ei spesifioitu
OM3, 50/125 µm	1500	500	2000

Suomessa on käytössä oma tyyppi- ja tunnistusmerkintä valokaapeille. Ne on määritelty standardissa SFS 5648. Kaaviokuviossa 21 näkyy valokaapelin tyyppimerkinnän muodostuminen. (Helkama Bica 2003, 40.)



KUVIO 21. Valokaapelin tyyppimerkinnän muodostuminen (Helkama Bica 2003)

Optisten siirtoteiden ja kanavien vaatimukset on standardeissa määritelty seuraaville ominaisuuksille:

- Vaimennus (dB), joka on absorption vaikutuksesta johtuva optisen signaalin heikkeneminen kuidussa. Vaimennus määritellään tietyissä raja-arvoissa, joita ovat monimuotokuidulla: 850 nm (790-910 nm) sekä 1300 nm (1285-1330 nm). Yksimuotokuidun raja-arvot ovat: 1310 nm (1288-1339 nm) sekä 1550 nm (1525-1575 nm). Yksikkö dB.
- Monimuotokuidun kaistanleveys (Mhz), joka on suurin siirtotiellä siirrettävä taajuus. Yksikkö Mhz.
- Heijastusvaimennus (dB), joka on optisella siirtotiellä olevan kuitujatkoksen tai liitoksen aiheuttama optisen tehon osittainen heijastuma. Yksikkö dB.

Optisen kaapelin maksimipituuksille on määritelty seuraavat luokat:

- Luokan OF-300 optinen kanava tukee sovelluksia 300 m:n pituuteen saakka.
- Luokan OF-500 optinen kanava tukee sovelluksia 500 m:n pituuteen saakka.
- Luokan OF-2000 optinen kanava tukee sovelluksia 2000 m:n pituuteen saakka.

Luokitus koskee kaikkea optista kaapelointia: alue- nousu- ja kerroskaapelointia. Myös näiden yhdistelmät ovat luokituksen alaisia. (Teleasennusopas 2005, 142.)

5 ASUINKIINTEISTÖN LAAJAKAISTAVERKON URAKOINTI

5.1 Kaapelointisuunnitelmiin tutustuminen

Laajakaistaverkon urakointi ja asennustyö perustuu asiakkaan kanssa sovittuun tietoliikennekaapeloinnin suunnitelmaan. Asennustyötä edeltäviä vaiheita on selvittää tulevan kaapeloinnin yleistä rakennetta tutustumalla huolellisesti suunnittelijan antamaan sähkötyöselitykseen sekä kohteen piirustuksiin ja aikatauluihin. Kohteesta laaditusta sähkötyöselityksestä (liite 2) ilmenee yleiskaapeloinnin osalta mm. seuraavia asioita:

- selvitys urakkaan sisältyvistä töistä rajauksineen laajakaistaverkon osalta
- kaapelointiin ja siihen liittyvien komponenttien tyyppisuositukset
- tarvikkeiden hankintarajat
- erilliset työtapaselostukset koskien maadoituksia sekä jakamoiden ja huoneistokoteloiden sähkönsyöttöä
- ohjeet verkon mittauksesta, käyttönotosta sekä mittauspöytäkirjojen luovutuskäytännöstä

Kohteen sähköpiirustusten mukana tulee kaaviokuvat tietoliikennekaapeloinnin yleisestä rakenteesta. Kaaviokuvista selviää kohteen urakoinnin osalta seuraavat asiat:

- rakennusten tai rakennusryhmien sijainnit ja kaapelireitit, ns. asemakaavakuva
- kaapeloinnin tasot: alue-, nousu-, kerros- ja huoneistokaapeloinnit johtoteineen
- jakamotasot: alue-, talo-, kerros- ja huoneistojakamot (sijainnit, lukumäärä, varustus)
- yksittäiset kaapelireitit, sisääntuonnit sekä liittymäkaaviot muihin verkkoihin
- huoneistorasioiden sijainnit ja lukumäärä
- pistorasioiden ja muiden sähkösyöttöjen sijainnit ja lukumäärä

Järjestelmäkaaviosta (liite 3) selviää verkon yleisrakenne sekä nousujen ja huoneistorasioiden lukumäärät. Laajoissa kohteissa laaditaan edellä mainittujen dokumenttien lisäksi materiaali- ja kaapelivetoluettelot. Luetteloiden tehtävänä on pitää työmaalla tarvittavien materiaalien määrä ajan tasalla. Näin vältetään sekä ylimääräisten tarvikkeiden tilaamiselta että mahdollisilta töiden keskeytyksiltä materiaalipuutteiden vuoksi. Kaikille kohteille laaditaan asennusaikataulu yhdenmukaisesti muun rakennusprojektin kanssa, tällä helpotetaan eri työvaiheiden ajoituksia sekä varmistetaan asennusurakan valmistuminen määritellyssä ajassa. (ST – käsikirja 16, 2000 191 - 194.)

5.2 Kiinteän verkon asennustyöt

Asennustöiden alkaessa käy urakoitsija asentajineen läpi asennusprojektin paikanpäällä. Samalla tutustutaan työssä tarvittaviin dokumentteihin. Tällä toimenpiteellä asentajille selviää mm. projektin laajuus, asennuskohde ja asennusympäristö, asennusmenetelmät, käytettävät materiaalit sekä aikataulut. Asennustyön alusta lähtien on myös tärkeää informoida asiakasta urakoitsijan omista työvaiheista sekä aikatauluista. Näin saadaan yhteistyö toimimaan asiakkaan kanssa joustavasti koko urakoinnin ajaksi. (ST- käsikirja 16, 2000 196.)

5.2.1 Alue- ja nousukaapeloinnin asennus

Alue- ja nousukaapeleina käytetään yleensä joko monimuotokuitu- tai kuparikaapeleita. Kuparista parikaapelia käytettäessä alue- ja nousukaapeloinnissa on tyyppinä yleisesti kategorian -D tai -E (2 x)4 x 2 x 0,5 UTP parikaapeli. Ulkokaapelit asennetaan joko suoraan maahan tai muovisiin kanavaputkiin. Ulkokäyttöön maa-asennuksiin tulee valita kaapeli riittävillä suojaominaisuuksilla, esimerkiksi Supercat 5e (UTP) 4 x 2 x 0,5. Sisäasennuksissa johtotienä on hylly tai muu johtotie, joka mitoitetaan 50 % :n laajennusvaralla. Valittaessa parikaapelia alue- ja nousukaapelointiin on mitoituksessa otettava huomioon, ettei parikaapeloinnin kanavan pituus saa ylittää 100 m:ä. Puhelinkaapeloinnin osalta alue- ja nousukaapeleina käytetään sisätiloissa yleisesti 100-parisia (MHS)

puhelinsisäkaapeleita. Ulkokäyttöön käytetään 100-parisia puhelinulkokaapeleita, esimerkiksi VMOHBU. (ST-kortisto ST 681.10 2003, 7 - 13; ST-kortisto ST 604.01 2003, 9 - 11.)

Optista kuitua käytettäessä käytetään yleisesti 12- 24 kuituisia 62,5/125µm (GK) valokaapeleita. Aluekaapelit asennetaan joko suoraan maahan tai kanavaputkiin. Maa-asennusvaihtoehdossa kaapeli tulee valita riittävillä veto- ja puristuslujuusominaisuuksilla (esim. FXOVDMU). (ST – 605.02 2005, 11 - 12.)

5.2.2 Kerroskaapeleiden asennus

Kerroskaapelina käytetään yleisesti kategorian 5e tai 6 parikaapelia, tyypiltään 2 x 4 x 2 x 0,5. Ensisijainen suojausluokka asuinrakennuksissa on suojaamaton kaapeli (UTP). Johtotienä kerroskaapeloinnissa on kerroksien osalla yleensä pystyhyllyt tai kourut. Huoneistojen puolella johtotienä on suosituksena joko 2 x JM25 tai 3 x JM20 (jäykkä muoviputki). Kaapelinvetovaiheessa on hyvä vielä tarkistaa, etteivät mitoitusäännöt ylity missään osassa kohdetta (kiinteän kerroskaapelin pituus ei saanut ylittää 90 metriä.) (ST-kortisto ST 681.10 2003, 7 - 12.)

5.2.3 Huoneistokaapeleiden asennus

Jokaiseen huoneeseen viedään kaksi 4-parista (4 x 2 x 0,5 UTP) tai yksi siamilainen (2 x 4 x 2 x 0,5 UTP) kategorian 5E tai 6 kaapelia. Uudisrakennuksissa käytetään yleisesti JM 25-asennusputkea kaapelien asennuksissa. Näin saadaan huoneistorasiat tehdyksi siististi uppoasennuksina seinäpintaan. Kaapelit vedetään tulevien työpisteiden kohdalle asennettuihin kojerasioihin. Kojerasian päähän jätetään kytkentävaraa kaapelille n. 30 senttiä tulevia liitoksia varten. Saneerattavissa ja vanhoissa kohteissa joudutaan asennuksessa yleensä käyttämään pinta-asennusrasioita ja johtokourua. (ST-kortisto ST 605.02 2003, 7 - 10.)

5.2.4 Jakamoasennukset

Urakointikohteen jakamoasennuksiin päästään usein vasta, kun muut rakennustyöt ovat edenneet jakamotilojen osalta tarpeeksi pitkälle. Suurissa jakamoissa (alue- ja talojakamot) kaapit ja telineet asennetaan pohjakuvien mukaisesti joko lattialle sokkelikehikon päälle tai seinäkiinnityksellä. Kaapit sekä telineet kalustetaan sähkötyöselityksen mukaisesti. Kaikkien jakamoiden mekaaniset kalustukset ja asennukset tehdään valmiiksi ennen kaapeleiden päättämistä ja liitännöiden tekoa. Näin tulevat liitännät voidaan suorittaa yhtenäisenä työvaiheena. (ST – käsikirja 16 2000, 197.)

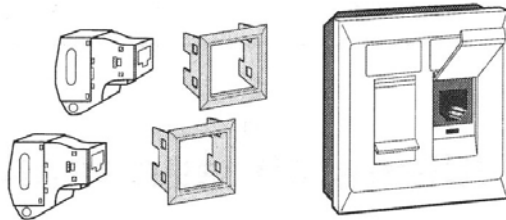
Talajakamon jakokaapissa nousukaapelit päätetään niille varattuihin rimoihin sekä liitinpaneeliin. Yleiskaapelointiin liittyvät parikaapelit päätetään RJ45-liittimillä kalustettuihin 16- tai 24-paikkaisiin moduuleihin. Puhelinkaapeloinnit päätetään niille soveltuville erotusrimoille. Kuitukaapelit päätetään kuitupaneeliin SC - kaksoisliittimillä, joko suoraliitoksella liittimeen tai häntäkuituihin hitsaamalla. Kaikille talojakamon nousukaapeleille tulee jättää pituuteen riittävä työvara mahdollisten myöhempien muutosten varalta. Nousukaapeliniiput saadaan selkeämmiksi ja siistimmiksi niputtamalla ne esimerkiksi kerroskohtaisesti nippusiteiden avulla. (Teleasennusopas 2005, 167 - 171.)

Huoneistojakamoon päättyvä nousukaapelointi päätetään parikaapeloinnin osalta RJ-45-kytkentäpaneeliin. Kytkentäpaneeli tulee usein keskuksen mukana, ja sen voi vaihtaa käytettävien liitintyyppien mukaan sopivaksi. Nousukaapeloinnin ollessa kuitukaapelia tapahtuu päättäminen SC-liittimellä samoin periaattein kuin talojakamon päässä. Puhelinkäyttöön tarkoitettu nousukaapeli (yleensä tyypiltään MHS tai VMOHBU) päätetään 10-pariselle erotusrimalle. (ST -kortisto ST 605.02 2005, 8.)

5.2.5 Huoneistorasioiden asennus

Asuintilojen liitännät asennetaan yleensä seinälle, noin 20 cm:n korkeudelle lattiasta. Uusissa rakennuskohteissa asennus tehdään usein uppoasennuksena. Pinta-

asennus vaatii pintarasioinnin lisäksi kaapeleille mahdollisen lista-asennuksen. Jokaista huonetta kohden asennetaan tasokuvien mukaisesti 2-osainen RJ-45-liitäntärasia. Liitäntärasia muodostuu seinään upotettavasta kojerasiasta, RJ-45-liitinyksiköstä, peitekauluksesta sekä keskiölevystä. Liitäntärasioita liittimiseen (kuvio 22) löytyy monelta eri valmistajalta (Krone, Brand-Rex, AMP ym.) ja tärkeää on noudattaa asennuksessa valmistajan antamia asennusohjeita. Rasian liitinpaikoista vasen merkitään juoksevalla numeroinnilla data tai atk-puoleksi ja oikea merkinnällä puh. (kuvio 23). Kaapeloinnin vetovaiheessa kaapelit kannattaa merkitä riittävän selvästi, mikä kaapeli tulee atk-käyttöön ja mikä puhelimelle. (Teleasennusopas 2005, 149 - 151.)



KUVIO 22. liitäntärasia liittimiseen (Krone) (Teleasennusopas 2005)

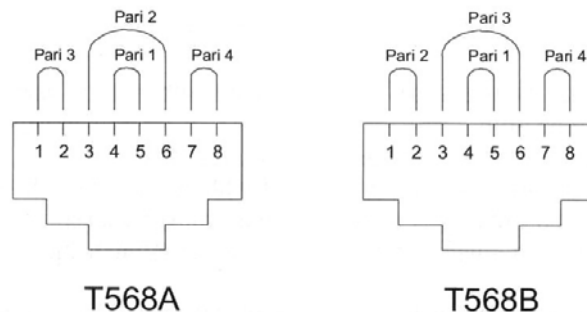


KUVIO 23. ATK- ja puhelinmerkinnät rasialla

Rasia-asennuksissa on lisäksi muutama hyväksi havaittu ohje: liitinvalmistajasta riippuen kytketään liittimet rasiain keskiölevyyn joko ennen tai jälkeen levyn asentamista rasiaan. Rasialle tulevaan kaapeliin jätetään kytkentävaraa, mikä kytkennän jälkeen vedetään takaisin jakamolle päin. Työmaavaiheessa huoneistorasioiden liitännät tulee suojata työpölyltä joko liittimen omilla pölysuojilla tai muilla keinoin. (ST-kortisto ST 605.02 2003, 7 - 10.)

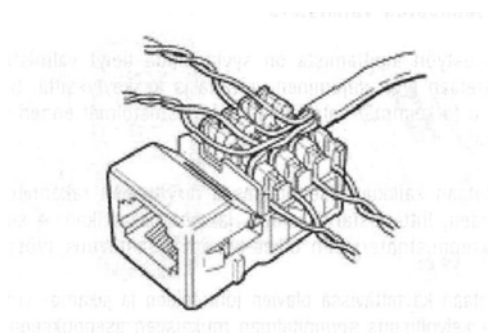
5.2.6 Liittimet ja liitostyöt

Parikaapeloinnin osalta käytetään asuinkiinteistöissä liittimenä yleensä suojaamatonta RJ 45-liitintä. Tilanteissa, joissa joudutaan käyttämään suojattua kaapelointia, tulee myös liittimen olla suojattua mallia.. Liittimen kytkentäjärjestyksessä on käytössä kaksi standardin TIA/EIA 568 mukaista vaihtoehtoa, T568A ja T568B. Molempien järjestelmien kytkentä on sähköisesti sama. Siitä huolimatta on muistettava, että työkohteessa noudatetaan alusta loppuun samaa värijärjestelmää. Parien kytkentä näkyy kuviossa 24. (Teleasennusopas 2005, 149 - 151.)



KUVIO 24. Kytkenät 568A ja 568B (Teleasennusopas 2005)

RJ-45-liittimien kytkennöissä on noudatettava kyseisen liitinvalmistajan antamia asennusohjeita. Erityisesti on huolehdittava, että kaapelin parikierto säilyy riittävän pitkälle kytkettäessä johdinpareja liittimelle (kuvio 25.). Parikierron säilymisen edellytyksenä on johtimen vaipan kuoriminen vasta mahdollisimman läheltä liitinrunkoa. Useimmat testauksessa hylätyt heijastusvaimennusarvot (RL, NEXT) johtuvat liian pitkältä avautuvasta parikierrosta. (Teleasennusopas 2005, 149 - 151.)



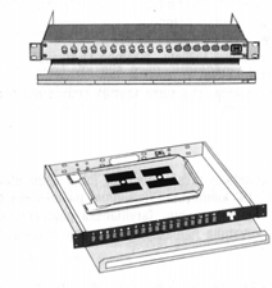
KUVIO 25. parikierto (Teleasennusopas 2005)

Liitintyyppistä riippuen kytkettävän kaapelin johtimet kytketään hahloliittimiin siihen tarkoitettu kytkenätyökalulla. (kuvio 26)

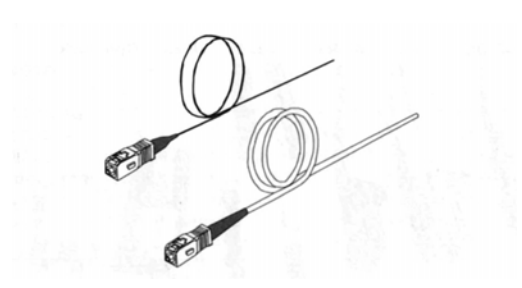


KUVIO 26. Hahloliitin työkalu (Teleasennusopas 2005)

Valokuitukaapeleiden liitännöissä (jakamot) käytetään yleisesti 18-24 liitinpaikkaisia pätepaneeleita (kuvio 27). Pätepaneeli kiinnitetään 19” telineeseen kytkentäkaapissa. Yksi suosittu käytäntö on ollut käyttää häntäkuituja valokaapeleiden kuitujen päättämässä optisiin liittimiin. Käytäntö helpottaa varsinkin työmaolosuhteissa päätettävien kaapeleiden kytkemistä liitinpaneeleihin. Häntäkuitu (kuvio 28) on yleensä 2 m pitkä ja halkaisijaltaan 900 µm päällystetty kuitu. Kuitunauhoja päätettäessä käytetään häntänauhoja eli fan-outteja. Fan-out hitsataan toisesta päästään päätettävän kaapelin kuitunauhaan, toisessa päässä nauha on jaettu erillisiksi kuiduiksi, joiden päissä on kuituliittimet. Kuituliittimet liitetään paneelin sisäpuolelta paneelissa oleviin adaptereihin. Liittimien kytkennöissä ja käsittelyissä tulee olla erityisen huolellinen mekaanisten vaurioiden välttämiseksi. Kuitujen liitännät hitsauksineen teetetään toisinaan alihankintana työssä vaadittavien erikoistyövälineiden vuoksi. (Helkama Bica 2003, 59-60.)



KUVIO 27. Pätepaneeleja valokuitukaapelille
(Teleasennusopas 2005)



KUVIO 28. Häntäkuituja
(Teleasennusopas 2005)

Puhelinkaapeleiden kytkentään ja päättämiseen (jakamot, huoneistokotelot) käytetään yleisesti 10-parisia LSA-erotus/kytkentätärimoja (kuvio 14, s. 32). Kytkentärimat asennetaan kytkentäkaapeissa 9-15 osaisiin rimatelineisiin. Johdinten asennukseen rimoihin käytetään samaa hahloliitintyökäluä kuin RJ 45-liittimien tietyissä malleissa (kuvio 26, s. 42). Jokaisen nousukaapelin osalta on tehtävä rimatelineeseen tarkoituksenmukaiset merkinnät. (Teleasennusopas 2005, 38.)

5.2.7 Verkon mittaukset

Parikaapeloinnin mittaus tehdään kaapeloinnin valmistuttua nousu- ja huoneistokaapeloinnin osalta. Mittauksessa testataan kaapeloinnin rakenne ja suorituskyky tarkoitukseen valitulla kenttäkäyttöisellä kaapelianalysoitsijalla. Kaapeloinnin ensisijainen mittauskohde on pysyvä siirtotie (permanent link) (kuvio 5, s. 14.). Mittaukseen kuuluu jokaisen huoneistorasian sekä huoneistojakamon/kerrosjakamon välinen yhteys liittimestä liittimeen sekä huoneistojakamon ja talojakamon välinen yhteys, myös liittimestä liittimeen. Mittaukseen ei kuulu laitekaapeleita. Kanavatestausta (channel) voidaan käyttää mm. sovellusten toimivuuden varmistamiseen. Kanavatestaukseen kuuluu mukaan järjestelmäkohtaiset kytkentäkaapelit. (Teleasennusopas 2005, 171-174.)

Liitteessä 4 käydään tarkemmin läpi Lantek 6 – kaapelianalysoitsijan käyttöä parikaapelimitoituksessa.

Luokan D ja E parikaapelointi testataan ST-kortin 681.42 ohjeistuksen ja periaatteiden mukaisesti. Testauksessa on tärkeää muistaa erityisesti seuraavat seikat:

- Varmistetaan mittalaitteen kalibrointi.
- Varmistetaan mittalaitteen akkujen sekä mittauskaapeleiden kunto ja asianmukaisuus.
- Asetetaan mittalaitteeseen oikea kaapelistandardi, parametrit sekä mittautapa (permanent link, channel).

- Asetetaan mittalaitteeseen mittauksen suorittajan tiedot sekä tiedot mitattavasta kohteesta.
- Tallennetaan mittaustulokset mittalaitteeseen mittausten yhteydessä ja arkistoidaan ne viimeistään työpäivän lopuksi.
- Merkitään työpisterasiat ja paneelien päät viimeistään testauksen yhteydessä.
- Korjataan havaitut viat välittömästi ja suoritetaan uudelleentestaus.
- Testauksen suorittajalla tulee olla käytetyn mittalaitteen tuntemus/koulutus.
- Mittalaitteen tulee täyttää standardin EN 61935-1 mukaiset vaatimukset.

Optisen kaapeloinnin mittaukseen on olemassa kaksi tapaa: optisen tehomittaparin käyttö tai optisilla adaptereilla varustetun kaapelianalysoitsijan käyttö. Jälkimmäinen on nykyään yleinen vaihtoehto nopeamman ja yksinkertaisemman käytettävyyden ansiosta. Optisilla kaapeleilla maksimivaimennus riippuu käytetyn kaapeloinnin luokasta. Kaapelointistandardi 50173-1 suosittelee led-lähettimeen perustuvien adapterien käyttöä mittalaitteessa. Optisten kaapelointien mittaukset suoritetaan vastaavien periaatteiden mukaisesti kuin parikaapeloinnissa, myös testausraportit ovat yhdenmukaisia parikaapeloinnin kanssa. (ST-kortisto ST 605.03 2005, 5 - 8; Teleasennusopas 2005, 172 - 179.)

Puhelinkaapeloinnin tarkastukset suoritetaan siihen tarkoitettulla paritesterillä (liite 5). Paritesteri koostuu mittalähtimestä ja vastaanottimesta. Mittauksessa tarkastetaan talojakamon ja huoneistojakamon sekä huoneistorasioiden väliset galvaaniset kytkennät puhelinkaapeleiden parien osalta. Mittaus ei testaa kaapeleiden siirtokykyä, kuten parikaapeloinnin ja optisen kaapeloinnin puolella. Mittalaitteessa on mukana tarvittavat syöttöjohdot ja liitäntälaitteet erilaisia pääterimoja varten. (H.Vesala 2006)

5.2.8 Verkon dokumentointi ja luovutus

Yleisenä käytäntönä on, että verkkourakoitsija toimittaa kiinteistön huoltoyhtiölle sekä talojakamoon loppudokumentit, jotka sisältävät kaapelointikaaviot,

mittauspöytäkirjat ja tarkastuspöytäkirjat. Valmiit kaapelointikaaviot laatii kohteen sähkösuunnittelija yhdessä urakoitsijan kanssa. Kaavioon kuuluvat piirustukset laaditaan yleensä Acad-, Excel- sekä Word-formaateissa. Luovutetuista kaavioista on hyvä ilmetä ainakin seuraavia asioita:

- asuntojen numerointi
- rasioiden sijainti ja numerointi asunnoissa
- huoneisto- ja talojakamoiden sijainnit, kulkureitit sekä mitoitukset
- kaapelityypit
- maadoitusohjeet
- maakaapeleiden johtoreitit ja sijainnit
- asemakaavio

Mittauspöytäkirjat muodostuvat pari- ja valokaapeleiden testaustuloksista. Nämä testitulokset saadaan tarpeen mukaan sähköisessä muodossa ja paperille. Liitteessä 6 esitetään Lantek 6-kaapelianalysointilaitteesta saatu vaihtoehtoinen kanavamittausraportti. Käytännössä paperiversiot on mapitettu huoltomappeihin ja sähköiset versiot arkistoidaan levykkeinä. (ST –kortisto ST 605.03, 5-6.)

Tarkastuspöytäkirjan kaapeloinnista laatii verkon urakoitsija. Pöytäkirja sisältää kaikkien kaapelointien mittauspöytäkirjat, mukaan luettuina mahdolliset käsin kirjatut versiot (riippuen mittalaitteesta). Tarkastuspöytäkirjat luovutetaan yleisesti asuinkiinteistön vastaanottotilaisuudessa. Valmistunut tietoliikenneverkko voidaan ottaa käyttöön, kun kaikki asennukset ovat verkon osalta valmiit ja tarvittavat mittaukset suoritettu. Käytännössä verkko on valmis käyttöön, kun paikallinen verkko-operaattori on kytkenyt sen omalta aluejakamoltaan yleiseen verkkoon ja asukas on saanut käyttöönsä lähiverkkoliittymän. (ST – raportti 1 2003, 14 - 15.)

Tietoliikennekaapeloinnin ylläpidon voi hoitaa joko kiinteistöhuoltoyritys tai paikallinen tele-/sähköurakoitsija. Urakoitsija on käytännön syistä usein sama, joka on urakoinut ylläpidettävän kohteen. Käytännössä kiinteistöhuollon piiriin kuuluvat verkot hoitaa alihankintana edellä mainittu urakoitsija. Ylläpito- ja

huoltosopimukseen kuuluu yleensä myös dokumenttien mahdolliset päivitykset ja arkistointi. Myös jakamotilojen lukitukset kuuluvat usein saman huollon piiriin. Aktiivilaitteiden ylläpidosta huolehtii usein laitteet toimittanut operaattori. Vaihtoehtona on myös, että kaapelointijärjestelmän ylläpitäjä hoitaa aktiivilaitteet. Verkon ylläpidosta kannattaa tehdä aina kirjallinen sopimus, josta käy ilmi mm. huoltorajat, osien hankinnat sekä mahdolliset asiakastukipalvelut. (ST-raportti 1 2003, 14 - 15.)

6 MONIPUOLISTA VERKKOTEKNIKKAA ASUINKIINTEISTÖSSÄ

6.1 Uusia mahdollisuuksia

Asuinkiinteistön tietoliikennekaapelointi tarjoaa asukkaalle nykypäivänä lukuisia mahdollisuuksia ja palveluita. Teleoperaattorit ja muut palveluntarjoajat kehittävät koko ajan uusia lisäpalveluita yleisen Internet-liittymän lisäksi. Verkkourakoitsija haluaa olla osaltaan kehityksessä mukana ja tarjota omalla osaamisalueellaan asiakkaalle uusinta teknologiaa. Varsinkin pientalorakentajien osalta on asunnon sisäiseksi lähiverkoksi tarjolla useita eri valmistajien nykyaikaisia järjestelmiä.

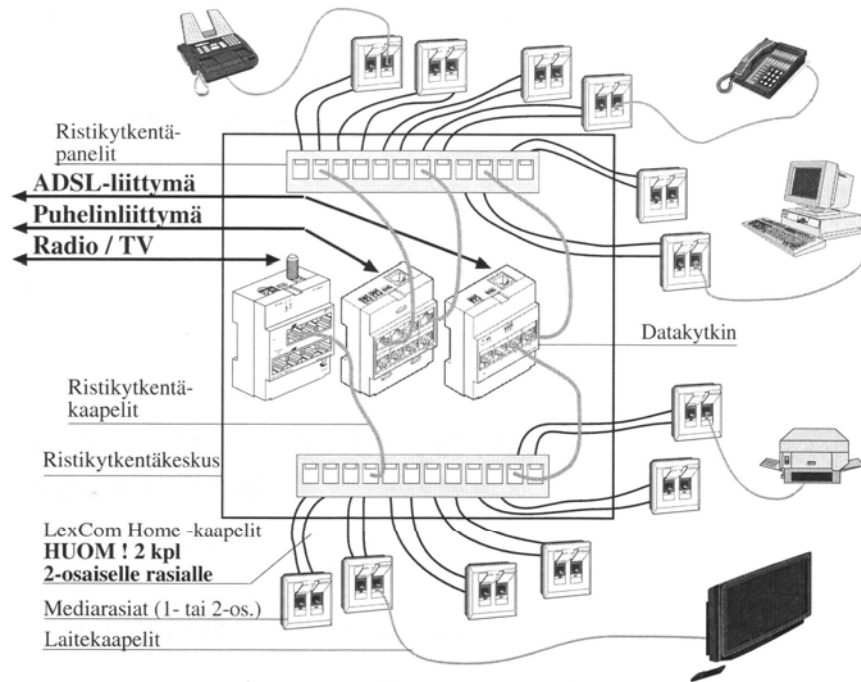
6.2 Esimerkki LexCom Home -verkosta asuinkiinteistössä

Schneider Electricin kehittämä LexCom Home -verkkoratkaisu koteihin on esimerkki joustavasta järjestelmästä, missä normaalista kuparisesta parikaapeloinnista otetaan kaikki hyöty asukkaan käyttöön.

LexCom Home -järjestelmän lähtökohtana on ohjata kaikki kodin ja ulkomaailman välinen tietoliikenne yhdestä keskitetystä pisteestä asunnon eri tiloihin sijoitetuille ns. mediarasioille. Verkko on suunniteltu niin, että se kykenee siirtämään samalla kaapeloinnilla normaalin data- ja puhelinliikenteen lisäksi myös maanpäällisestä antenniverkosta tai kaapeliverkosta tulevaa signaalia. Samassa verkossa voidaan sisäisesti siirtää edelleen eri oheislaitteiden välittämää signaalia, esimerkiksi satelliittivastaanottimen lähetyksen jako eri huoneisiin tai vaikkapa valvontakameran kuvaa. (LexCom Home opas 4.3 2005, 3 - 4.)

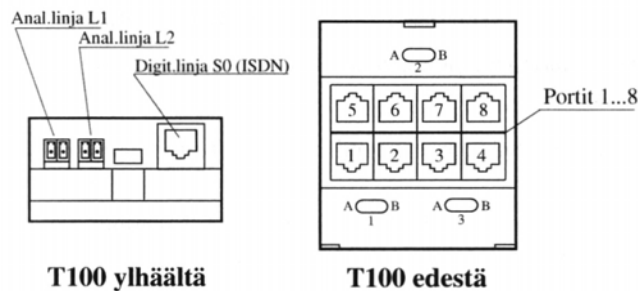
LexCom Home -järjestelmä rakentuu kuvion 29 periaatteen mukaisesti. Järjestelmän osakokonaisuuksia ovat ristikytkentäkeskus moduuleineen, kaapelointi sekä mediarasiat. Ristikytkentäkeskus on joko pintaan tai uppoon asennettava muovista tai teräksestä valmistettu kotelo, johon on keskitetty kaikki järjestelmän vaativat aktiivi- ja passiivilaitteet, ristikytkentäkaapelointi sekä ristikytkentäpaneelit. Erillisiä moduuleja sekä virtalähteitä varten keskus on

varustettu DIN -kiskoilla helpon laajennettavuuden takia. (LexCom Home opas 4.3 2005, 3 - 10.)



KUVIO 29. LexCom Home -järjestelmäkaavio (LexCom Home opas 2005)

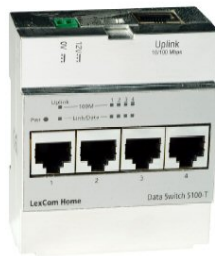
Keskukseen asennettavilla moduuliyksiköillä saadaan järjestelmän toiminta rakennettua halutunlaiseksi. Puhelinmoduuli T100 (kuvio 30) on varustettu yleisen televerkon liitännän varten kahdella analogisella ja yhden digitaalisen linjan sisäänmenolla. Liitännät ovat analogisia linjoja lukuun ottamatta ruuviliitännöitä. Lähtöjä moduulissa on kahdeksan. Puhelinmoduuli on passiivinen komponentti, se toimii pelkästään signaalin haaroittimena. Se ei myöskään tarvitse omaa virtalähdettä.



KUVIO 30. Puhelinmoduuli T100 (LexCom Home opas 2005)

Datakytkin S100-T (kuvio 31) toimii järjestelmän signaalinjakajana. Kytkimen tehtävänä on ohjata dataa ristikytkennöillä valittujen laitteiden välillä. Kytkimessä on neljä porttia sekä yksi uplink- portti laajennettavuutta varten. S100-T datakytkin pystyy myös tunnistamaan tarvittavan nopeuden ja liikenteen suunnan itse. Aktiivilaitteena kytkin tarvitsee jännitesyötön ristikytkentäkeskuksen muuntajalta. S100-T datakytkimen teknisiä ominaisuuksia ovat mm:

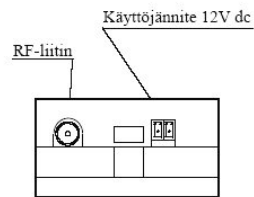
- tiedonsiirtonopeus 10/100 Mbit/s
- käyttöjännite 12 V
- protokolla CSMA – CD
- datapuskuri 1 MB
- standardit IEEE 802.3u 100Base- Tx, IEEE 802.3 10Base- T, IEEE 802.3x N-Way



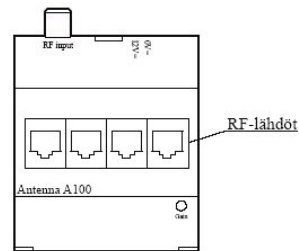
KUVIO 31. Datakytkin S100- T (LexCom Home opas 2005)

Antenniyksikkö A100 (kuvio 32) mahdollistaa LexCom Home -järjestelmän liittämisen joko kaapeli -TV -verkkoon tai maanpäälliseen antenniverkkoon. Antenniyksikkö muuntaa tulevan RF- signaalin neljään eri liittinyksikköön (RJ 45), joista se voidaan ristikytkennän avulla jakaa huoneiston eri pisteisiin. Antenniyksikön vahvistus on säädettävissä välillä 20 dB – 32 dB taajuusalueelle 860 MHz:iin asti. Järjestelmään voi liittää erillisen antennivahvistimen huonoissa kentänvoimakkuuksissa. Liityntä mediarasialta TV- ja radiolaitteisiin vaatii erillistä järjestelmään soveltuvaa liitäntäjohtoa. Liitäntäjohtossa on muuntimet arikaapelista koaksiaalijohtoon ja se käy näin suoraan TV:n tai radion antenniliittimeen. Antenniyksikön teknisiä ominaisuuksia ovat mm:

- tuloimpedanssi 75 Ohm
- lähtöimpedanssi 100 Ohm
- käyttöjännite 12 V
- tulosignaalin taso 60-80 dB μ V
- kaistanleveys 40-862 MHz



A100 ylhäältä

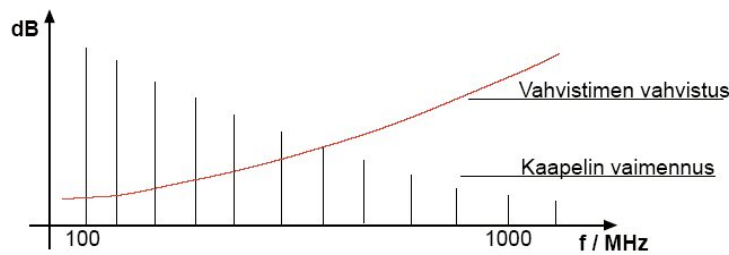


A100 edestä

KUVIO 32. Antenniyksikkö A100 (LexCom Home opas 2005)

Edellä kuvattujen järjestelmämoduulien lisäksi järjestelmään on saatavana myös mm. AV- jakajia sekä AV- modulaattoreita, joilla on mahdollista jakaa monikanavaista RF- tasoista signaalia huoneistojen välillä (DVD-soittimet, valvontakamerat ym.). (LexCom Home opas 4.3 2005, 23 - 29.)

LexCom Home -verkon kaapeleina käytetään parisuojattua 4 -parista AWG-23 STP HF -kaapelia. Se on valmistettu erityisesti kyseistä järjestelmää varten normaalia suuremmalle siirtokapasiteetille. Normaaliin parikaapeliin verrattuna sen johtimet ja vaippa ovat hieman paksumpia, näin kaapelille saadaan paremmat taajuusominaisuudet. Kaapelointi päätetään huoneistossa mediarasialle, joka vastaa ulkonäöltään normaalia huoneistorasiaa. Rasian RJ 45 -liittimet ovat kuitenkin kyseiseen järjestelmään tarkoitettua suojattua mallia. Parikaapeleissa korkeat taajuudet vaimenevat matalia enemmän (kuvio 33). Tästä syystä LexCom Home-järjestelmässä antenniyksikön tehtävänä on vahvistaa erityisesti korkeita taajuuksia. (LexCom Home opas 4.3 2005, 32.)



KUVIO 33. Parikaapelin vaimennus (LexCom Home opas 2005)

Antennisignaalien minimi- ja maksimitasojen (max 40 dB μ V ero) määräykset huoneistoissa asettavat LexCom Home -verkolle tiettyjä erillisiä asennusvaatimuksia. Näitä ovat mm :

- Kaapeloinnin enimmäispituus ristikytkennältä rasialle on 40 M.
- Kaapeloinnin vähimmäispituus on (vahvistuskorostus) 8 M.
- Liittiminä voidaan käyttää vain LexCom- järjestelmän suojattuja RJ 45-liittimiä
- Kaapelointia ei saa haaroittaa missään pisteessä ristikytkennän jälkeen, jokaiselle mediarasian liittimelle tultava oma kaapeli (LexCom Home opas 4.3 2005, 32-33.)

Edellä mainittujen asioiden lisäksi LexCom Home- järjestelmää suunniteltaessa ja asennettaessa on hyvä huomioida mm :

- Mediarasioita suositellaan asennettavaksi kaikkiin asuinhuoneisiin sekä työ- ja askartelutiloihin. Lisäksi kannattaa miettiä pisteet valmiiksi TV:n ja radion sijoittelua ajatellen.
- Ristikytkentäkeskus kannattaa sijoittaa erilliseen tekniseen tilaan, esimerkiksi talon sähköpääkeskuksen kanssa.
- Tietosuojan osalta ristikytkentään pääsy tulee estää vierailta henkilöiltä.
- LexCom Home- ja LexCom Office –verkkojen (normaali parikaapelijärjestelmä) osat eivät yleisesti ottaen ole vaihtokelpoisia keskenään.
- Kaapeloinnissa suositellaan käytettäväksi putkellista asennustapaa (jokainen kaapeli omaan 20 mm:n putkeen). (LexCom Home opas 4.3 2005, 38.)

7 PÄÄTÄNTÄ JA TULEVAISUUS

Laajakaistatekniikka on kehittynyt nopeasti viime vuosina monella eri alueella. Siirtonopeudet kasvavat edelleen, ja tästä syystä myös siirtotekniikan on kehityttävä mukana. Tällä hetkellä parikaapelitekniikka yhdessä valokuitutekniikan kanssa pystyy vastaamaan kehityksen haasteisiin, kunhan tekniikoista vain otetaan kaikki hyöty irti.

Myös asennuksen suorittavan urakoitsijan täytyy pysyä mukana tekniikan kehityksessä. Verkon suunnittelu- ja rakennusvaiheessa on tärkeää hahmottaa lähiverkkotekniikka kokonaisuutena. Toisaalta yhtä tärkeää on noudattaa ohjeissa ja säännöksissä kerrottua ”nippelitietoa”; toimiva verkko koostuu niin monesta eri osatekijästä että mukana ei ole mahdollista olla yhtään heikkoa lenkkiä.

Alun suunnitteluvaiheen tärkeä kohta on ottaa selvää asiakkaan tarpeista. Mitä verkon suorituskyvyltä odotetaan, onko verkkoa tulevaisuudessa tarkoitus laajentaa tai minkälaisia laitteita verkkoon on tarkoitus liittää. Saatujen tietojen perusteella tehdään kaapelointisuunnitelmat, tarvikehankinnat sekä muut verkon suorituskykyyn vaikuttavat päätökset. Tämä asian jättäminen vähälle huomiolle on toisinaan ongelmakohta urakoinnissa. Suunnitteluvaiheessa on myös tärkeää olla ajan tasalla yleiskaapelointistandardeista. Standardit tarjoavat urakoitsijalle viimeisimmän tiedon käytettävästä tekniikasta. Tiedon hakeminen vaatii joskus vaivaa, mutta helpompi on nähdä tämä vaiva ennen urakointia kuin muuttaa jälkeinpäin ”valmista työtä” toimivaksi.

Kaapelointi- ja asennusvaiheessa on samoin tärkeää tuntea käytössä olevat standardit sekä kategorialuokat. Työssä käytettäviin tarvikkeisiin kannattaa tutustua ennen varsinaista asennusta. Ohjeiden lukeminen asennuksen jälkeen on eräs yleinen ongelma. Huolellinen asennustyö on lopulta aina aikaa säästävä teko.

Yhtä tärkeää kuin verkon kunnollinen suunnittelu ja asennustyö ovat mittaus- ja dokumentointivaiheet. Näillä vaiheilla selvitetään, täyttääkö asuinkiinteistön laajakaistaverkko sille määritetyt vaatimukset. Lähtökohtana on, että verkon vaatimustenmukaisuus toteutuu vasta, kun verkko on suunniteltu ja asennettu

ohjeiden mukaisesti. Mittausten ja dokumentointien huolellinen suorittaminen auttaa myös verkon ylläpidossa ja käytössä.

Laajakaistaverkkojen ja yleiskaapeloinnin tuomat mahdollisuudet ovat näkyneet jo muutaman vuoden kotien laajakaistaliittymien nopeana kasvuna. Useimmissa taajamissa tehokkaat tietoliikenneyhteydet mahdollistava runkoverkko on jo olemassa ja tulevat uudisrakennukset voidaan kytkeä siihen. Valmiin yleiskaapelointiverkon rakentamisella kiinteistöön on vaikutusta myös asunnon jälleenmyyntiarvoon. Tästä syystä useat rakennusliikkeet ovat ottaneet käytännöksi rakennuttaa ja markkinoida ns. mediakoti-asuntoja, joissa on jo asukkaan muuttohetkellä valmiina kiinteä internetliittymä.

Tällä hetkellä palveluista ovat nopeasti lisääntyneet sähköinen kaupankäynti, tehokas etätyömahdollisuus sekä monenlaiset multimediapalvelut. Tulevaisuudessa asuinkiinteistöissä yhä lisääntyviä palvelutuotteita ovat mm. turvapalvelut: rikosilmoitus, paloilmoitus sekä kulunvalvonta. Myös LVIS-järjestelmien ohjaus, säätö ja kulunmittaukset on mahdollista liittää yleiskaapeloinnin piiriin. Tämä tarjoaa myös mahdollisuuden taloyhtiön / huoltoyhtiön ja asukkaiden väliseen vuorovaikutteiseen tiedonsiirtoon.

Uusien internet-yhteyksien lisääntyessä myös yhteyspalveluiden tietoturva ja sen toteuttamiseen liittyvät tekniikat sekä ohjeistukset kehittyvät. 1.1 2006 tulleen määräyksen mukaan teleyrityksen on kerrottava asiakkaalleen liittymän käyttöön liittyvistä riskeistä sekä käytettävistä toimenpiteistä tietoturvan huolehtimiseksi. Myös yhteyksiä asentavien ja ylläpitävien urakoitsijoiden olisi hyvä tuntea uudet alaa koskevat määräykset.

LÄHTEET

Julkaistut lähteet

- Asuinkiinteistön laajakaistaiset tietoliikenneyhteydet. 2003. ST-raportti 1. Sähköinfo Oy. Tampere.
- Granlund, K. 2003. Tietoliikenne. Docendo Finland Oy. Porvoo.
- Hakala, M., Vainio, M. 2005. Tietoverkon rakentaminen. Docendo Finland Oy. Porvoo.
- ST 605.01. 2005. ST-kortisto. Sähköinfo Oy. Tampere.
- ST 605.02. 2005. ST-kortisto. Sähköinfo Oy. Tampere.
- ST 605.04. 2005. ST-kortisto. Sähköinfo Oy. Tampere.
- ST 681.10. 2003. ST-kortisto. Sähköinfo Oy. Tampere.
- Yleiskaapelointijärjestelmät. 2000. ST-käsikirja 16. Sähköinfo Oy. Tampere.
- Teleasennusopas 2005. 2005. 5. painos. Sähköinfo Oy. Tampere.
- Valokaapelit tele- ja tietoverkoissa. 2003. 4. painos. Helkama Bica Oy. Tampere.

Elektroniset lähteet

- Dslforum: Learning about Dsl [verkkodokumentti]. 2006. [viitattu 23.2.2006].
Saatavissa: <http://www.dslforum.org/learndsl/aboutdsl.shtml>
- Dslprime: ADSL2 and ADSL2+ The new ADSL standards [verkkodokumentti]. 2006. [viitattu 23.2.2006]. Saatavissa:
<http://www.dslprime.com/a/adsl21.pdf>
- H.Vesala Oy: Tuotteet [verkkodokumentti]. 2006. [viitattu 2.3.2006]. Saatavissa:
<http://www.vesala.fi/suomi/frames.html>.
- Ideal Industries Inc: Lantek 6/7 testers [Verkkodokumentti]. 2006. [viitattu 3.3.2006]. Saatavissa:
<http://www.testersandmeters.com/lt/CableCertTechDoc.nsf>
- Liikenne- ja viestintäministeriö: Teknologiat [online]. 2005. Saatavissa:
<http://www.laajakaistainfo.fi/teknologiat/>
- Schneider Electric Finland: LexCom tietoverkot [verkkodokumentti]. 2006. [viitattu 29.2.2006]. Saatavissa:

[http://www.schneider-electric.fi/Downloads/PDF/
LexCom%20Home%20opas%204.3.pdf](http://www.schneider-electric.fi/Downloads/PDF/LexCom%20Home%20opas%204.3.pdf)

Solarsuomi Oy: Tuoteluettelot [online]. 2006. Saatavissa:

<http://www.solarsuomi.fi/catalogs/>

Teletekno Oy: Yleiskaapelointi [verkkodokumentti]. 2006. [viitattu 12.2.2006].

Saatavissa:

http://www.teletekno.fi/pdf/yleiskaapelointi/GigabitEthernet12_01.pdf

Tieke: Taloyhtiö-opas [verkkodokumentti]. 2006. [viitattu 1.3.2006]. Saatavissa:

<http://www.tieke.fi/taloyhtio-opas.pdf>

Viestintävirasto: Teleurakointi [verkkodokumentti]. 2006. [viitattu 5.3.2006].

Saatavissa:

<http://www.ficora.fi/suomi/document/viestintavirasto25D2003M.pdf>

Parikaapelisovelluksia

LIITE 1

Sovellus	Standardi tai muu spesifikaatio	Sovelluksen nimi
Luokka A (100 kHz)		
Puhelinsisäjohtoverkko	Viestintäviraston määräys 25 C/2002M	
X.21	ITU-T Rec. X.21	
V.11	ITU-T Rec. V.11	
Luokka B (1 MHz)		
S ₀ – pidennetty väylä	ITU-T Rec. I.430	ISDN-perusliittymä
S ₀ – kaksipiste-kokoonpano	ITU-T Rec. I.430	ISDN-perusliittymä
S ₁ /S ₂	ITU-T Rec. I.431	ISDN-järjestelmäliittymä
CSMA/CD 1Base5	ISO/IEC 8802-3	Star Lan
Luokka C (16 MHz)		
CSMA/CD 10Base-T	ISO/IEC 8802-3	Ethernet
CSMA/CD 100Base-T4	ISO/IEC 8802-3	Fast Ethernet
CSMA/CD 100Base-T2	ISO/IEC 8802-3	Fast Ethernet
Token Ring 4 Mbit/s	ISO/IEC 8802-5	
ISLAN	ISO/IEC 8802-9	Integrated Services LAN
ISLAN16-T	ISO/IEC 8802-9 DAM 1	Isynchronous Ethernet
Demand Priority	ISO/IEC 8802-12	VGAnyLAN
ATM LAN 25,60 Mbit/s	ATM Forum af-phy-0040.000	ATM-25/Category 3
ATM LAN 51,84 Mbit/s	ATM Forum af-phy-0018.000	ATM-52/Category 3
ATM LAN 155,52 Mbit/s	ATM Forum af-phy-0047.000	ATM-155/Category 3
Luokka D (100 MHz)		
CSMA/CD 100Base-TX	ISO/IEC 8802-3	Fast Ethernet
Token Ring 100 Mbit/s	ISO/IEC 8802-5t	High Speed Token Ring
CSMA/CD 1000Base-T	ISO/IEC 8802-3	Gigabit Ethernet
Token Ring 16 Mbit/s	ISO/IEC 8802-5	
TP-PMD	ISO/IEC FCD 9314-10	Twisted Pair Physical Medium Dependent
ATM LAN 155,52 Mbit/s	ATM Forum af-phy-0015.000	ATM-155/Category 5
Luokka E (250 MHz)		
CSMA/CD 1000Base-TX	TIA/EIA-854	Gigabit Ethernet
ATM LAN 1,2 Gbit/s	ATM Forum af-phy-0162.000	ATM-1200/Category 6
Luokka F (600 MHz)		
FC-100-TP	ISO/IEC 14165-114	Fibre Channel: 100 MByte/s Twisted Pair Physical Interface

D71. YLEISKAPELOINTI

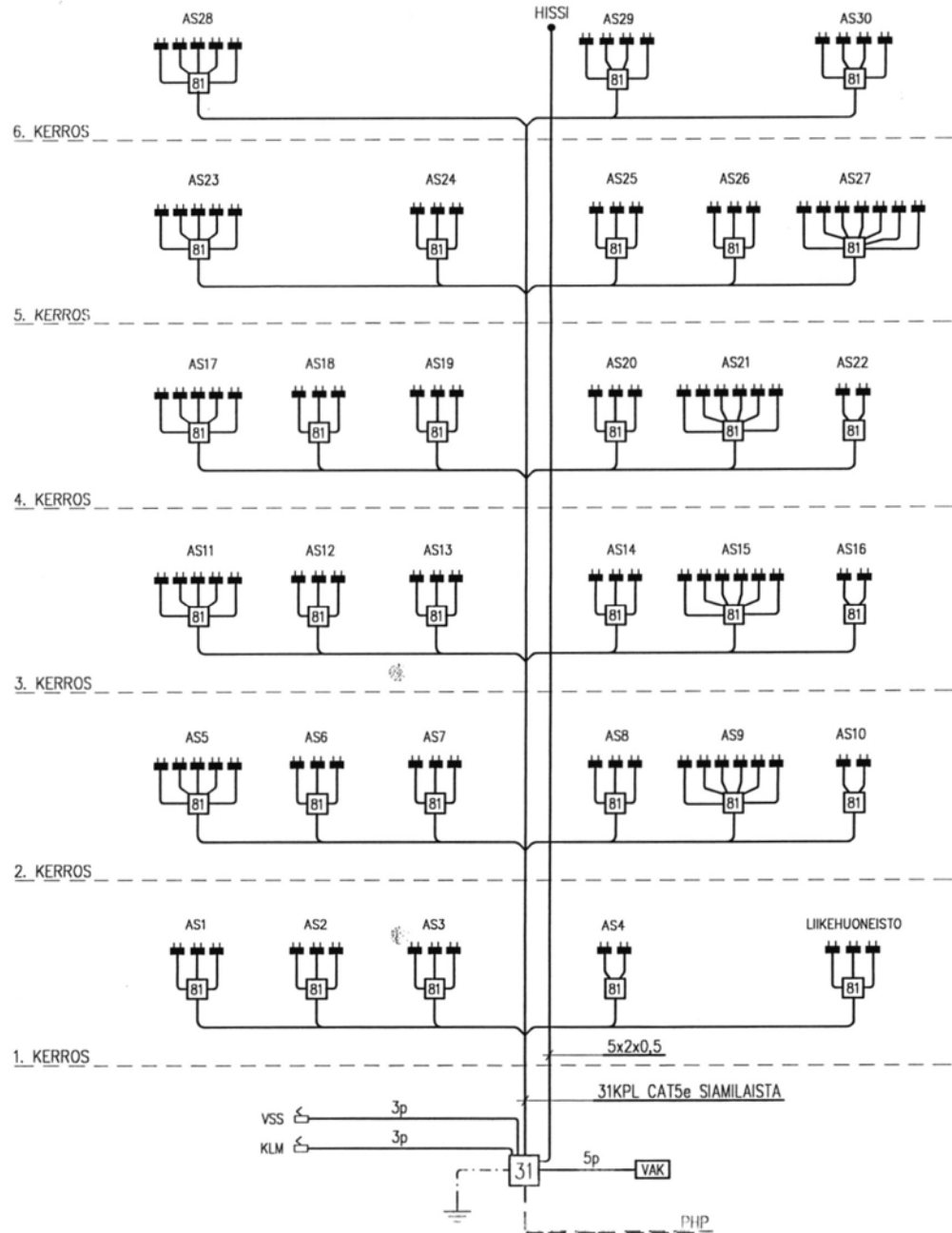
Sähköurakoitsija hankkii ja asentaa valmiiseen kuntoon rakennuksen yleiskaapelointiverkoston. Asennuksissa tulee noudattaa Viestintäviraston määräystä 25D/2003M sekä Viestintäviraston suositusta "Kiinteistön sisäisen viestintäverkon suunnittelu, rakentaminen ja ylläpito" (307/2003S), Yleiskaapelointistandardia EN50173, Luokka D (verkon taso CAT 5e).

Sähköurakkaan sisältyy yleiskaapelointiverkoston osalta seuraavaa:

- Sähkötilaan Melart MDNSGE206060 lattiakaappi pistorasia- ja maadoitusvarustuksella.
- Talokaapelin kaappiin asentaa puhelinlaitos.
- Talokaapeli tulee päättää käyttäen Teleteknon asennusrunkoa N:o 529310, johon asennetaan riittävä määrä erotusrimoja LSA PLUS 2/10 erotusrimoja, tuotenumero 531035. Kytkenäkaapeleina käytetään LSA/RJ45.. erottavia kytkenäkaapeleita tuotenumero 873012.
- Tarvittavat maadoitukset
- Kaikki putkitukset ja sähkötiet
- Belden 1702A siamilaiset kaapelit ristikytkenäkaapista asuntoihin ja asuntoon sijoitettavasta huoneistojakamosta kojerasioihin. Kaapelit merkitään molemmista päistään suunnitteluohjeen mukaisesti sekä mitataan niiden todelliset pituudet ja merkitään kaavioon.
- Siirtovara: Liitinpaneeliin kytkettyjen kaapeleihin tulee jättää siirtovaraa niin paljon, että paneli voidaan tarvittaessa asentaa telineen ylä- tai alareunaan.
- Yleiskaapelointipistorasiat, joissa kussakin kaksi RJ45 liitintä (pölynsuojalämpällä)
- Huoneistojakamoiden hankinta ja asennus. Jakamoissa tulee olla RJ45 panelit ja välilyhdot valmiina (Hubit hankkii asuntojen omistajat, mutta muutoin kaapit kalustellaan valmiiksi)
- Pistorasian asennus huoneistojakamon sisälle kussakin asunnossa
- Asentaa kaksi 3*2.5S ryhmäjohtoa erillisin omin sulakkein talojakamotilaan.
- Kellarikerroksen ristikytkennästä 5*2*0.5 hissikoneistolle ja VAK:iin ; 3*2*0.5 pääkeskuksen mittarille; 3*2*0.5 KL-mittaukselle; 3*2*0.5 VSS. Väestön-
- Sähköurakkaan kuuluu myös suorittaa kaikki talojakamossa ja asuinhuoneissa suoritettavat kytkennät sekä verkoston testimittaukset, joista laaditaan mittauspöytäkirjat, jotka luovutetaan rakennuttajalle. Mittauksissa saa käyttää mittalaitteita, jotka on kalibroitu korkeintaan vuotta aiemmin.

Järjestelmäkaavio, kerrostalo

LIITE 3



Lantek 6, amerikkalaisen Ideal Industriesin valmistama kaapelianalysointilaitteisto soveltuu kategoria 6.een asti (luokat D ja E) parikaapeleiden mittauksissa. Valokaapeleiden mittaamiseksi laitteeseen on saatavana optiset adapterit 850 nm ja 1300 nm monimuotokuiduille sekä 1310 nm ja 1550 nm yksimuotokuiduille. Mittalaite koostuu lähettimestä (display handset) ja vastaanottimesta (remote handset) (kuvio 34). Laitteeseen kuuluu myös kategorian 5E/6 channel-adapterit sekä testauskaapelit. Lantek 6 – kaapelianalysointilaitteiston ominaisuuksia on mm. nopea autotestaus (n.20-30s. graafisena), VGA-tasoinen selkeä näyttö lähettimessä, vankka kumikuori raskaisiin olosuhteisiin sekä 2 PCMCIA-korttipaikkaa sisäisen muistipaikan lisäksi. Laitteiston mukana tulee myös Windows-pohjainen Lantek Reporter- PC-ohjelmisto tulosten tallennukseen ja raportointiin.



KUVIO 34. Lantek 6 -lähetin(vas.) ja vastaanotin (Ideal Industries 2006)

Lantek 6 – käyttö

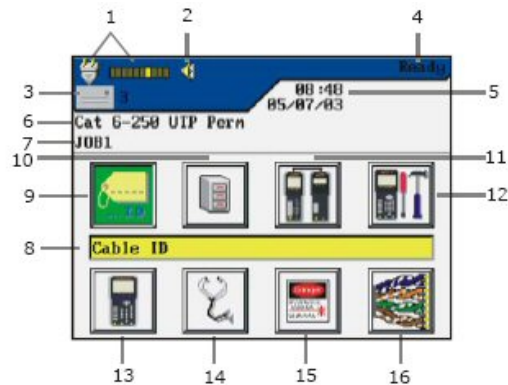
1.Mittauksen aloitus

Akkujen tulee olla ladattuina ennen virran kytkemistä lähettimeen ja vastaanottimeen. Laitteisto tekee käynnistyessään n. puoli minuuttia kestävänsä itsetestauksen (self-test). Jos kalibroinnista on kulunut aikaa, pyytää lähetin kalibroimaan laitteistot. (Ideal Industries 2006.)

LIITE 4 (jatkuu)

2. Päävalikko

Päävalikosta (kuvio 35) valitaan mittarin asetuksia, arkistointia, kalibrointia ja analysointia koskevat toiminnot. Kuvat on hahmotettu selkeiksi jokaisen tehtävän osalta.



KUVIO 35. Päävalikko (Ideal Industries 2006)

3. Kalibrointi.

Kalibrointi suositellaan tehtäväksi jokaisen uuden mittauskohteen alussa.

Mittalaitteet yhdistetään mittajohdolla toisiinsa. Kalibrointi-kuvakkeen (11.) alta aukeaa kalibrointi-ikkuna, josta käynnistetään nelivaiheinen kalibrointi. Kalibrointi tapahtuu ohjatun toiminnan avulla näytön ohjeita seuraamalla. Lopuksi tulee ilmoitus kalibroinnin onnistumisesta. Ilman oikein suoritettua kalibrointia ei mittalaite aloita autotestausta. (Ideal industries 2006)

4. Asetukset (kohde, käyttäjätiedot, autotest - asetukset, kaapelityyppi).

Kohteen tiedot asetetaan arkistointi-kuvakkeen (kuvio 35, kohta 10.) alta löytyvään tiedostovalikkoon. Tämän valikon alle tallentuu kaikkien mittauskohteiden yksittäiset mittaustiedot niille valittuihin kansioihin. Käyttäjätiedot asetetaan kuvion 35 valikossa 9. Myös autotest - asetukset valitaan kuvakkeen 9 alta.

LIITE 4 (jatkuu)

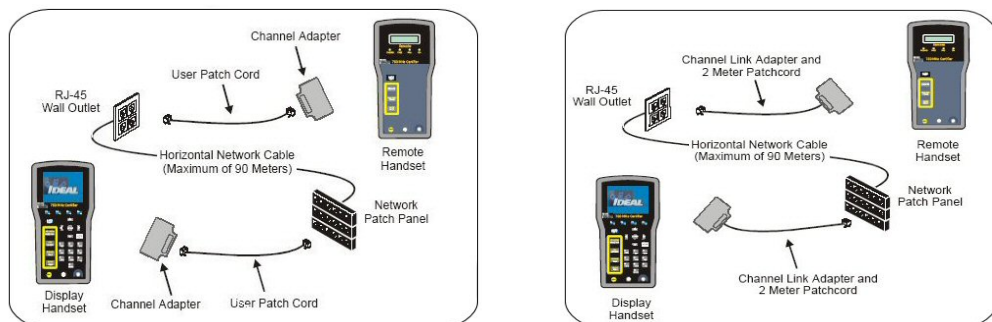
Autotest – asetusten valinnat on tehdaslähtöisesti standardien mukaiset mittausten osalta, käytön kannalta mahdollisia valintoja on esimerkiksi automaattisen tallennuksen vaihtoehdot sekä mittausgrafiikan käyttö. Kaapelityypin valinta tapahtuu kuvakkeen 16 alta. Valikon kaapeliluettelosta (kuvio 36) löytyy kaikki mitattavat kategoriatyypit sekä laaja valikoima tämän hetken tunnetuimpienkaapelivalmistajien kaapeleita. (Ideal Industries 2006)



KUVIO 36. Kaapeliluettelo (Ideal Industries 2006)

5. Kanavan testaus (permanent link, channel link) ja mittaustulokset.

Haluttujen asetusten ollessa kohdallaan kytketään kategorian 5E/6 –mittakaapelit paikoilleen mittalaitteiden vastaavan kategorian adaptereihin. Kuvio 37 esittää mittaussytkennät siirtotien (permanent link) mittauksessa ja kuvio 38 kanavamittauksessa (channel link).



KUVIO 37. Siirtotien mittaus (Ideal Ind. 2006) KUVIO 38. Kanavamittaus

LIITE 4 (jatkuu)

Mittaus suoritetaan autotest – tyyppisenä. Taulukossa 5 on lueteltuna siirtotiemittauksessa (permanent link) läpikäydyt mittausarvot kaapelityyppien mukaisesti. Hyväksytyt mittaus tulokset ilmoitetaan sekä lähettimellä ja vastaanottimella PASS –ilmoituksella. FAIL – ilmoitus kertoo siirtotiessä, kanavassa tai liitoksissa olevasta viasta ja samalla mittaus tuloksen hylkäyksestä. PASS* - ilmoitus kertoo raja-arvotuloksesta mittauksessa; mittaus tulokset on hyväksytyt, mutta varoituksen kanssa. Autotestauksen mittausraportti tallentuu kohteen mittaus tietoihin. Mittausraportista selviää myös mahdollisen FAIL-tuloksen syyt tarkkoine yksityiskohtineen. Tällä on ratkaiseva merkitys vian paikallistamisessa ja korjauksessa. (Ideal Industries 2006.)

TAULUKKO 5. Pysyvän siirtotien mitattavat suureet (Ideal Industries 2006)

CABLE TYPES	Wire Map	Resistance	Length	Attenuation	NEXT	Capacitance	ELFEXT	Return Loss	Impedance	Delay & Skew	ACR	PS NEXT	PS ELFEXT	PS ACR	Headroom
TWISTED PAIR PERMANENT															
CAT 5e, UTP/STP Perm (TIA/EIA568B - Permanent/Channel)	•		•	•	•		•	•		•	•	•	•	•	•
CAT 6-250, UTP/STP Perm (TIA/EIA568B, Permanent/Channel)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
(prop.) D, UTP/STP Perm (ISO/IEC 11801-2 Edition)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
(prop.) D, 120 ohm, UTP/STP Perm (ISO/IEC 11801-2 Edition)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
ISO Class E, UTP/STP Perm (ISO/IEC 11801-2 Edition)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
EN50173.A1 Class D, UTP/STP Perm (CENELEC)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
Nexans LANmark D, UTP/STP Perm	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
Nexans LANmark E, UTP/STP Perm	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Nexans Epsilon E, UTP/STP Perm	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Nexans Class D, UTP/STP Perm	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
ISO F 350 UTP/STP Perm., (ISO/IEC 11801 2. Edition)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
ISO F 600 UTP/STP Perm., (ISO/IEC 11801 2. Edition)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	

6. Mittaus tulosten tallennus PC:lle sekä raportointi

Jokaisen valmiin mittauskohteen tiedot siirretään lähettimen muistilta PC:lle, johon on asennettu Lantek Reporter – ohjelmisto. Mittaus tietojen purku ja tallennus

LIITE 4 (jatkuu)

varmistaa tietojen pysyvyyden ja estää samalla lähettimen muistin täyttymisen ja siitä aiheutuvat mahdolliset häiriöt. Lantek Reporter – ohjelma mahdollistaa

mittaustietojen monipuolisen käsittelyn ja arkistoinnin. Ohjelman Upload – komennolla saadaan halutut kohdetiedostot siirrettyä lähettimeltä PC:lle. Kohteen mittausraportti (liite 6) on ohjelman avulla edelleen mahdollista muuttaa useimpiin tiedostoformaatteihin lähetettäväksi eteenpäin, polttaa CD:lle tai tulostaa perinteisesti paperille.

Puhelinkaapeloinnin parien testaukseen on hyväksi havaittu kotimaista valmistetta oleva H. Vesala Oy:n PT-4 sekä PT-60 – paritesterit. Asuinrakennusten mittaukseen riittää hyvin PT-4 –paritesteri, jolla saadaan mitattua kerralla yhdestä neljään paria sekä kaapelin vaippa. Paritesteri testaa johdinparien mahdolliset galvaaniset viat, kuten katkokset, ristiinkytkennät ja oikosulut. Testeri ei siis mittaa parien siirto-ominaisuuksia eikä muutakaan parikaapelille ominaista suorituskykyä. Testilaitteistoon kuuluu kaksi PT-4 mittalaitetta (kuvio 39) (H. Vesala Oy 2006)



KUVIO 39. PT – 4 paritesterit (H. Vesala Oy 2006)

Paritesterillä mitataan puhelinousukaapelit talojakamoiden ja huoneisto/kerrosjakamoiden väliltä sekä huoneistorasian puhelinpisteen ja huoneistojakamon välinen kaapelointi. Mitattaessa esimerkiksi huoneistojakamon ja huoneiston puhelinpisteiden kaapelointia, liitetään toinen mittalaitteista jakamon Lsa-kytkentärimalle ja toinen puhelimelle tarkoitettuun RJ 45 – liittimeen huoneistorasiassa. Kytkeyt parit kierretään mittauksessa läpi sovitussa järjestyksessä. Testaustilanteessa testerit ilmoittavat merkkivaloin sekä äänimerkeillä parien toimivuuden ja mahdolliset galvaaniset viat. Paritesteri ei anna mittauksista raporttia eikä tallenna mittaustapahtumaa, joten havaitut viat korjataan yleisesti mittauksen yhteydessä kuntoon.(H. Vesala 2006.)

Parikaapelin mittausraportti

LITE 6

IDEAL Industries, Inc. Certified - Brief Report

Job Name: REUMA 8krs P
Customer: Reuma

Report Date: 14.3.2006
S/W Version: 3.201

PASS

Cable ID 1: Piste0001
Cable ID 2:
Test Date: 3.3.2006
Test Time: 08:19:56

Cable Type: Cat 6-250 UTP Chan
NVP: 0.72c
Lantek 350 [509030/509040]
F/W Version: 2.108
Temperature Setting: 20.0° C

Test Standard: TIA 568-B.2
Frequency Range: 1-250 MHz
Operator:
Contractor:
Company: Kuusitunturi Lahti Oy

Notes:

	Result	Worst	DH/RH	Pairs	Limit	Margin
Wiremap	PASS	12345678		N/A	12345678	N/A
Attenuation	PASS	1.7 dB @ 2.4 MHz		7,8	< 3.1 dB	+1.4 dB
Length	PASS	29.4 m		7,8	< 100.0 m	+70.6 m
NEXT	PASS	40.4 dB @ 248.0 MHz	RH	3,6-5,4	> 33.2 dB	+7.2 dB
DC Resistance	PASS	7.0 Ohm		1,2	< 20.0 Ohm	+13.0 Ohm
Prop. Delay	PASS	143.4 ns		1,2	555.0 ns	+411.6 ns
Delay Skew	PASS	4.0 ns		1,2	< 50.0 ns	+46.0 ns
Return Loss	PASS	19.7 dB @ 33.0 MHz	DH	5,4	> 16.4 dB	+3.3 dB
ACR	PASS	28.9 dB @ 219.0 MHz	RH	7,8	>= .9 dB	+28.0 dB
ELFEXT	PASS	46.8 dB @ 33.0 MHz	DH	5,4-1,2	> 32.9 dB	+13.9 dB
Headroom	PASS	0.0 dB		N/A	N/A	N/A
Power Sum ACR	PASS	27.5 dB @ 219.5 MHz	RH	7,8	> -2.2 dB	+29.7 dB
Power Sum ELFEXT	PASS	44.6 dB @ 30.6 MHz	DH	5,4	> 30.6 dB	+14.0 dB
Power Sum NEXT	PASS	39.0 dB @ 237.0 MHz	DH	3,6	> 30.5 dB	+8.5 dB

PASS

Cable ID 1: Piste0002
Cable ID 2:
Test Date: 3.3.2006
Test Time: 08:21:50

Cable Type: Cat 6-250 UTP Chan
NVP: 0.72c
Lantek 350 [509030/509040]
F/W Version: 2.108
Temperature Setting: 20.0° C

Test Standard: TIA 568-B.2
Frequency Range: 1-250 MHz
Operator:
Contractor:
Company: Kuusitunturi Lahti Oy

Notes:

	Result	Worst	DH/RH	Pairs	Limit	Margin
Wiremap	PASS	12345678		N/A	12345678	N/A
Attenuation	PASS	1.8 dB @ 2.4 MHz		7,8	< 3.1 dB	+1.3 dB
Length	PASS	33.7 m		7,8	< 100.0 m	+66.3 m
NEXT	PASS	41.1 dB @ 213.0 MHz	DH	7,8-5,4	> 34.3 dB	+6.8 dB
DC Resistance	PASS	7.5 Ohm		1,2	< 20.0 Ohm	+12.5 Ohm
Prop. Delay	PASS	163.7 ns		1,2	555.0 ns	+391.3 ns
Delay Skew	PASS	3.9 ns		1,2	< 50.0 ns	+46.1 ns
Return Loss	PASS	18.1 dB @ 48.8 MHz	DH	7,8	> 15.1 dB	+3.0 dB
ACR	PASS	25.8 dB @ 213.0 MHz	DH	7,8	>= 1.6 dB	+24.2 dB
ELFEXT	PASS	46.8 dB @ 32.8 MHz	RH	7,8-5,4	> 33.0 dB	+13.8 dB
Headroom	PASS	0.0 dB		N/A	N/A	N/A
Power Sum ACR	PASS	23.8 dB @ 228.5 MHz	DH	7,8	> -3.3 dB	+27.1 dB
Power Sum ELFEXT	PASS	27.6 dB @ 249.5 MHz	RH	7,8	> 12.3 dB	+15.3 dB
Power Sum NEXT	PASS	38.9 dB @ 213.5 MHz	DH	5,4	> 31.3 dB	+7.6 dB

PASS

Cable ID 1: Piste0003
Cable ID 2:
Test Date: 3.3.2006
Test Time: 08:22:12

Cable Type: Cat 6-250 UTP Chan
NVP: 0.72c
Lantek 350 [509030/509040]
F/W Version: 2.108
Temperature Setting: 20.0° C

Test Standard: TIA 568-B.2
Frequency Range: 1-250 MHz
Operator:
Contractor:
Company: Kuusitunturi Lahti Oy

Notes:

	Result	Worst	DH/RH	Pairs	Limit	Margin
Wiremap	PASS	12345678		N/A	12345678	N/A
Attenuation	PASS	1.8 dB @ 2.4 MHz		7,8	< 3.1 dB	+1.3 dB
Length	PASS	33.8 m		7,8	< 100.0 m	+66.2 m
NEXT	PASS	40.9 dB @ 248.5 MHz	RH	3,6-5,4	> 33.2 dB	+7.7 dB
DC Resistance	PASS	7.6 Ohm		1,2	< 20.0 Ohm	+12.4 Ohm
Prop. Delay	PASS	163.5 ns		1,2	555.0 ns	+391.5 ns
Delay Skew	PASS	3.3 ns		1,2	< 50.0 ns	+46.7 ns
Return Loss	PASS	20.3 dB @ 31.8 MHz	RH	5,4	> 16.5 dB	+3.8 dB
ACR	PASS	28.9 dB @ 188.0 MHz	RH	7,8	>= 4.8 dB	+24.1 dB
ELFEXT	PASS	43.6 dB @ 32.8 MHz	RH	7,8-5,4	> 33.0 dB	+10.6 dB
Headroom	PASS	0.0 dB		N/A	N/A	N/A
Power Sum ACR	PASS	24.4 dB @ 239.0 MHz	DH	3,6	> -4.5 dB	+28.9 dB
Power Sum ELFEXT	PASS	44.5 dB @ 32.8 MHz	DH	5,4	> 30.0 dB	+14.5 dB
Power Sum NEXT	PASS	39.7 dB @ 222.5 MHz	RH	5,4	> 31.0 dB	+8.7 dB

MITTAUKSET