

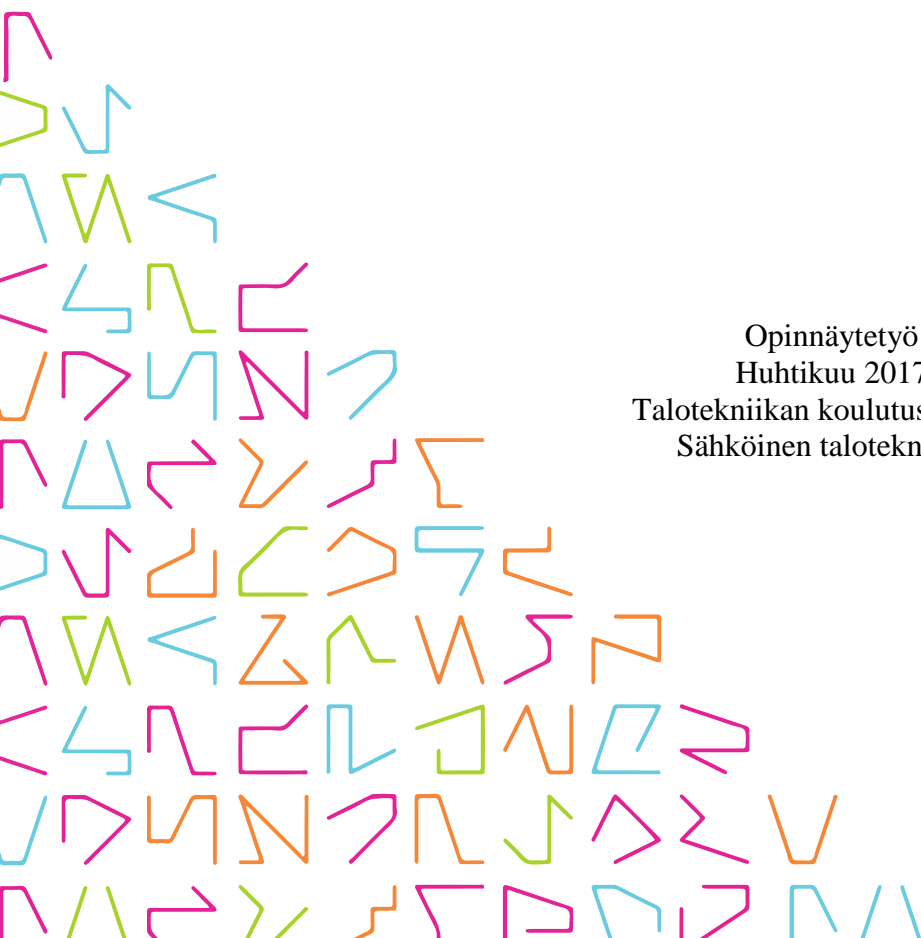


TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

TIEDONSIIRTOTEKNIKOIDEN VERTAILU TALOYHTIÖISSÄ

Karri Ojanperä

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2017
Talotekniikan koulutusohjelma
Sähköinen talotekniikka



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Talotekniikan koulutusohjelma
Sähköinen talotekniikka

OJANPERÄ, KARRI:

Tiedonsiirtotekniikoiden vertailu taloyhtiöissä

Opinnäytetyö 44 sivua, joista liitteitä 2 sivua
Huhtikuu 2017

Tässä opinnäytetyössä vertailtiin neljää eri tiedonsiirtotekniikkaa taloyhtiösovelluksissa. Vertailtavat tekniikat olivat FTTH, VDSL2, G.fast ja DOCSIS 3.0. Työ tehtiin yhteistyössä Lounea Palvelut Oy:n kanssa, joka toimii paikallisoperaattorina Lounais-Suomen alueella. Lounea Palvelut Oy tarjoaa taloyhtiöasiakkailleen FTTH-, VDSL2- ja aikaisempia DOCSIS-tekniikan palveluja ja halusi tutkia mahdollisuutta laajentaa verkossaan G.fast- ja DOCSIS 3.0 -muodoissa tarjottavia palveluita.

Työssä selvitettiin internetin periaatetta ja toimintaa sekä tiedonsiirron yleisluonnetta. Tiedonsiirron nopeuden ja tekniikoiden kehitystä käsiteltiin lyhyesti sekä tutustuttiin taloyhtiöihin, jotka olivat pääasiallinen kohderyhmä. Taloyhtiöistä kuvattiin liittymismahdollisuudet ja erityyiset tiedonsiirtoverkot eri aikakausilta. Taloyhtiöiden tiedonsiirtoverkkojen mahdollisia muutostöitä ja niihin liittyviä määräyksiä käsiteltiin Viestintäviraston 65 B/2016 M:ssä annettujen velvoitusten nojalla.

Työssä tutkittiin tiedonsiirtopalvelujen liittymisvaihtoehtoja, niiden ominaisuuksia sekä lisäksi esitettiin havainnekuvia verkkojen rakenteista. Toteutusten vertailussa tuotiin esiin tekniikoiden liittymämääriä, asennuskustannuksia ja kokonaiskustannuksia. Laitteiden yksityiskohtaisia tietoja ja hintoja ei tuotu esille yrityksen toivomuksesta. Vertailussa esitettiin taulukoiden ja kaavioiden avulla tarpeellisia tietoja.

Pohdinnassa selvitettiin vertailusta saatuja tuloksia ja ehdotettiin tekniikoiden parhaita käyttökohteita. Käyttökohteiden lisäksi eriteltiin syy FTTH-asennustekniikan vähentyneeseen mielenkiintoon taloyhtiöiden tiedonsiirtoverkkojen saneerauksissa.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Building Services Engineering
Electrical Building Services

OJANPERÄ, KARRI:
Modern Data Transfer Techniques in Housing Cooperative

Bachelor's thesis 44 pages, appendices 2 pages
April 2017

In this thesis four different modern data transfer techniques used in housing cooperatives were compared. The techniques were FTTH, VDSL2, G.fast and DOCSIS 3.0. The thesis was made in collaboration with Lounea Palvelut Oy which is a local telecom operator in south-west Finland. This thesis is focuses mainly on existing housing cooperative solutions. The company already offer FTTH and VDSL2 to their customers, but they wanted to inspect the possibilities of expanding G.fast and DOCSIS 3.0 in their selection.

The basic concepts of Internet are introduced to the reader at first, followed by a discussion on housing cooperatives and the communication networks that have been utilized in them in the past decades. The changes and standards in communications networks are shown in relation to the regulation 65 B/2016 from Finnish Communications Regulatory Authority.

The data transfer techniques and their features are introduced next. Moreover, they are compared by data speeds and installation prices, and the comparing is illustrated by worksheets and diagrams. The company did not want to share information about the exact devices and prices so they are not introduced.

Possible uses for the data transfer techniques were presented in the speculation chapter. A discussion is also offered on, from the perspective of telecom operators and their customers, why FTTH is not a very suitable installation technique in cooperative housing anymore.

Key words: cooperative housing, data transfer, internet, optical fiber

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	INTERNETIN TOIMINTA JA PERIAATE.....	8
	2.1 Historia.....	8
	2.2 Periaate.....	8
	2.3 Toiminta.....	9
	2.4 Nopeus	9
3	TALOYHTIÖ LIITTYJÄNÄ.....	11
	3.1 Yleisimmät kohteet	11
	3.2 Sisäverkot ja niiden hyödyntämismahdollisuudet	11
	3.2.1 Puhelinsisäverkot	12
	3.2.2 Yleiskaapelointiverkot	14
	3.2.3 Yhteisantenniverkot	15
	3.3 Henkilökohtainen liittymä	15
	3.4 Kiinteistökohtainen liittymä	17
	3.5 Saneeraustarve ja määräykset	19
4	LIITTYMISVAIHTOEHDOT	21
	4.1 Optinen valokuituyhteys	21
	4.1.1 Verkon rakenne ja toiminta.....	22
	4.1.2 Passiivinen valokuituyhteys	22
	4.1.3 Point-to-Point	24
	4.2 VDSL2.....	25
	4.2.1 Verkon rakenne ja toiminta.....	27
	4.3 G.fast.....	28
	4.3.1 Verkon rakenne ja toiminta.....	28
	4.4 Micro CMTS DOCSIS 3.0 tekniikassa.....	30
	4.4.1 Verkon rakenne ja toiminta.....	30
5	TOTEUTUSTEN VERTALU	32
	5.1 Liittyjämäärät.....	32
	5.2 Asennus.....	33
	5.3 Kokonaiskustannukset	34
6	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	38
	LÄHTEET.....	40
	LIITTEET	43
	Liite 1. Viestintäviraston määräys 65B/2016 (muokattu) 1(2).....	43

LYHENTEET JA TERMIT

Internet	Maailmanlaajuinen toisiinsa kytkettyjen tietoverkkojen järjestelmä joka yhdistää tietoteknisiä laitteita toisiinsa
HTTP	Hyper Text Transfer Protocol, eli hypertekstin siirtokäytäntö
FTP	File Transfer Protocol, palvelinten välinen tiedonsiirtokäytäntö
HTML-dokumentti	Hypertext Markup Language, Hypertekstin merkintäkieli
IP	Internet Protocol, aliverkkojen tiedonsiirtojärjestelmä
TCP	Transmission Protocol, palvelin – asiakas välinen tiedonsiirtotapa
DNS	Domain Name System, nimipalvelujärjestelmä
FTTH	Fiber To The Home, kuituliittymä, jolloin optinen kuitukaapeli tulee asuntoon asti
ADSL/ADSL2+	Asymmetric Digital Subscriber Line, laajakaistainen tiedonsiirtotekniikka
DSLAM	DSL-keskitin (Digital Subscriber Line Access Multiplexer
VDSL/VDSL2	Very High-bit-rate Digital Subscriber Line, laajakaistainen tiedonsiirtotekniikka
FTTH	Fiber To The Home, tiedonsiirtotekniikka, jossa kuitukaapeli viedään asuntoon tai yritykseen asti
Point-to-point	Kahden pisteen välinen suora yhteys, tässä tapauksessa teleoperaattorin laittilan ja asiakkaan välinen
GPON	Gigabyte Passive Optical Network, kuidun tiedonsiirtotekniikka, jossa yhteys voidaan hajauttaa monelle käyttäjälle
TDM	Time Division Multiplexing, aikaperusteinen tiedonsiirto, jota käytetään GPON:ssa
OLT	Optical Line Terminal, GPON keskusyksikkö
ONU	Optical Network Unit, GPON:ssa käytettävä asiakkaan yhdyslaite
DOCSIS	Data Over Cable Service Interface Specification, kansainvälinen standardi datan siirtoon kaapeliverkossa
IPv6	Internet Protocol version 6, Internetosoite protokolla

CMTS	Cable Modem Termination System, operaattorin laite joka hallinnoi DOCSIS-verkon liikennöintiä
CM	DOCSIS -verkossa käytettävä kaapelimodeemi
bit/s	Nopeuden mittayksikkö, bittien siirtonopeus sekuntia kohti
Xbit/s	bit/s kerrannaisarvoja, Mbit/s = 10^6 , Gbit/s = 10^9 , Tbit/s = 10^{12}

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoitus on selvittää taloyhtiöiden tietoliikenneverkkojen saneerausmahdollisuuksia neljän eri tekniikan osalta. Vertailua tehdään paikallisoperaattorin näkökulmasta asiakkaan tarpeet ja yleiset näkemykset huomioiden. Vertailussa huomioidaan työssä vertailtavien tekniikoiden nopeuksia sekä asennus- ja kokonaiskustannuksia. Työ tehdään yhteistyössä Lounea Palvelut Oy:n kanssa heidän valitsemilla tekniikoilla. Tekniikoista ja laitteista kerrotaan yleisellä tasolla, mutta tarkkoja hintoja ei esitetä yrityksen toiveesta.

Aluksi selvitetään Internetin periaatetta ja toimintatapaa sekä yleisesti käytetyn ADSL liittymätyypin mahdollisia nopeuksia. Taloyhtiöiden liittymismahdollisuuksia ja -muotoja selvitetään omien kokemusten ja kirjallisten materiaalien avulla. Kiinteiden laajakaistojen kaapelointimahdollisuuksista taloyhtiöissä esitetään kolme yleisesti käytettyä vaihtoehtoa, yleiskaapelointi, puhelinkaapelointi ja antennikaapelointi. Kaapeloinneista selvitetään sisäverkkojen muodot ja kunnot sekä hyviä ja huonoja puolia liittymien nopeuksien ja toimivuuden kannalta.

Liittymätyyppien esittelyssä kerrotaan yleisellä tasolla eri tapojen liittymämääristä, vaatimuksista ja asennustavoista. Teorian tukena hyödynnetään omia ja yrityksen kokemuksia liittymistä ja asennustavoista. Liittymien vertailussa esitetään asennus- ja kokonaiskustannuksia taloyhtiön koon mukaan. Kokonaiskustannukset esitetään asuntokohtaisesti, jotta lukija saisi paremman käsityksen kuinka paljon tietyn kokoisessa taloyhtiössä uuden liittymätyypin asennus maksaa jokaista asukasta kohti.

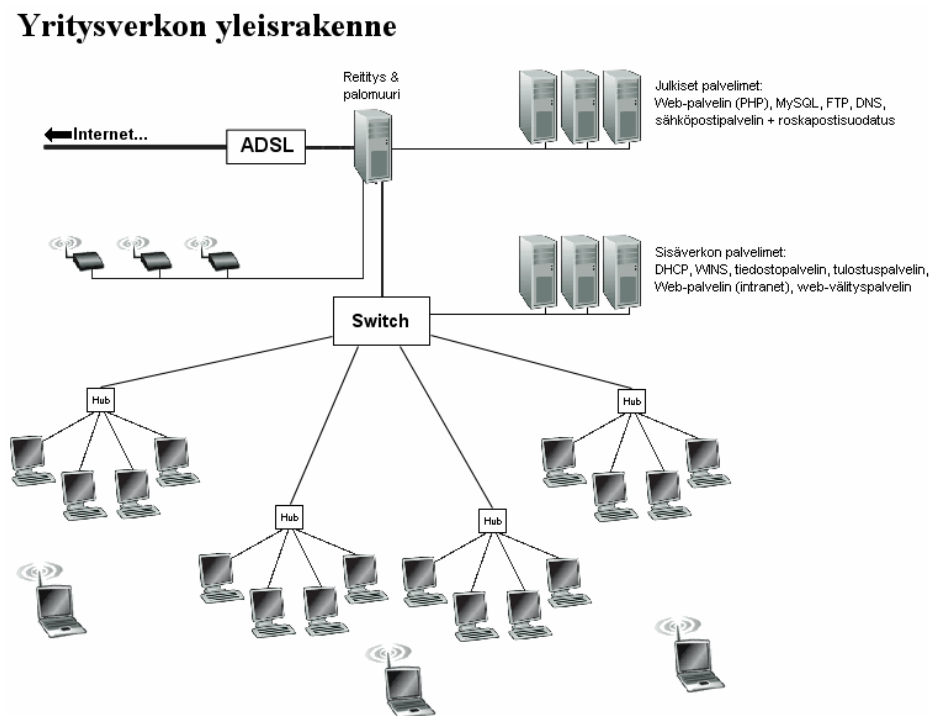
2 INTERNETIN TOIMINTA JA PERIAATE

2.1 Historia

Internet kehitettiin aikoinaan 1970-luvulla Yhdysvaltojen puolustusministeriön luoman projektin toimesta nopeampien ja turvallisempien tiedonsiirtoyhteysien rakentamiseksi eri sijaintien välillä. Internetin oli tarkoitus olla hajautettu, ydiniskun kestävä viestintäjärjestelmä, jossa informaatio ei olisi sidottu yhteen paikkaan. (DARPA / ARPA) Sitten internet on laajentunut kaikkialle maailmaan ja on kenen tahansa käytettävissä.

2.2 Periaate

Internet on lukemattomien aliverkkojen muodostama maailmanlaajuinen tietoliikenneverkko, joka koostuu kaikista siihen liitetystä palvelimista ja yksittäisistä käyttäjistä (Mikä on Internet?). Informaation kulku tietoverkoissa tapahtuu samalla periaatteella ja käytettävissä on kaikki verkot ilman verkkokohtaisia teknisiä erilaisuuksia. Kuvassa 1 on havainnoitu internetin periaatetta yritysverkon avulla, joka toimii pienemmässä mittakaavassa samalla tavalla kuin internet.



KUVA 1. Internetin toiminta (Verkon yleisrakenne, 2006)

Yleisimmät tiedonsiirtokäytännöt ovat HTTP eli hypertekstin siirtokäytäntö ja FTP eli tiedonsiirtokäytäntö. HTTP-protokollassa tiedosto avataan ohjelmalla eli yleisimmin selaimella HTML-dokumenttina, joka voi sisältää tekstiä, kuvaa tai ääntä. FTP-protokolla vaaditaan tietokoneen ja palvelimen väliseen tiedonsiirtoon tai -tallennukseen.

2.3 Toiminta

Internetin runko muodostuu palvelintietokoneista eli servereistä (Internetin rakenne ja toimintaperiaate). Palvelin on PC:tä muistuttava tietokone, mutta internetissä esiintyvän tiedon määrän vuoksi palvelimen edellytyksenä on paljon suurempi muistikapasiteetti ja niiden on pystyttävä käsittelemään suuria määriä saapuvaa ja lähtevää dataa (Internetin rakenne ja toimintaperiaate; Internetin toiminta). Palvelinkoneet ovat usein osa jotakin lähiverkkoa ja ne ovat yhdistetty toisiinsa nopean tietoliikenneyhteyden mahdollistavilla kaapeleilla.

Internetissä informaation vaihto tapahtuu IP-osoitteiden avulla. Kaikilla internetiin liittyvillä laitteilla on neliosainen pisteillä erotettu numerosarja, jota kutsutaan IP-osoitteeksi. IP-osoitteesta käytetään puhekielessä nimitystä domain. Tiedonsiirto Internetissä tapahtuu TCP/IP -protokollan avulla, jossa lähetettävä tieto jaetaan paketeiksi ja siihen liitetään vastaanottajan IP-osoite, jolloin paketti löytää oikean vastaanottajan (Internetin osoitekäytäntö). Verkkosivut ovat myös numeroituja IP-osoitteita, mutta DNS-nimipalvelujärjestelmän avulla ne muutetaan selaimessa ihmiselle helpommin ymmärrettävään ja muistettavaan sanamuotoon eli verkkotunnuksiksi.

2.4 Nopeus

Taulukosta 1 voidaan huomata, että Suomessa internetin käyttö on nykyään arkipäivää lähes kaikenikäisille käyttäjille. Maailmassa käyttäjämäärät kasvavat joka vuosi, mutta Suomessa nykyään käyttäjämäärät eivät niinkään enää kasva vaan käytön määrä lisääntyy (Tilastokeskus, 2016). Käytön lisääntyessä ja tarpeen monipuolistuessa on internetinkin toimittava nopeasti ja moitteettomasti siellä missä käyttäjä sitä tarvitsee. Nykyään internetiä halutaan käyttää monenlaisilla laitteilla, kuten tableteilla, puhelimilla ja jopa esi-

neillä, kuten itkuhälyttimillä ja kelloilla. Käytön ja tarpeen myötä kasvaa myös datan siirtonopeuden kasvun tarve, mitä nopeampi liittymä on, sitä nopeammin saa esimerkiksi ladattua tai lähetettyä isoja tiedostoja.

TAULUKKO 1. Internetin käytön yleisyys ikäluokittain (Internetin käyttö ja käytön useus 2016)

Internetin käyttö	Käyttänyt viimeisen 3 kk aikana	Käyttää päivittäin tai lähes päivittäin	Käyttää yleensä useita kertoja päivässä	Käyttää viikoittain (mutta ei päivittäin)	Käyttää harvemmin kuin viikottain	Ei ole käyttänyt internetiä koskaan
	%osuus väestöstä					
16-24v	100	99	97	1	0	0
25-34v	99	98	96	1	0	0
35-44v	100	97	94	3	0	0
45-54v	99	91	83	5	3	1
55-64v	92	76	64	11	6	5
65-74v	74	52	38	14	7	20
74-89v	31	21	16	7	3	63

Internetin nopeus riippuu monesta tekijästä. Nopeuteen vaikuttaa esimerkiksi siirtotien eli kaapelin kapasiteetti, siirtotapa, vastaanottavan laitteen kapasiteetti ja häiriöohjelmat. Tässä työssä keskitytään ennalta määritettyihin siirtotapoihin ja kaapeleiden kapasiteetteihin. Pelkkää kuparitekniikkaa käytettäessä internet yhteyden nopeus voi maksimissaan olla Lounea Palvelut Oy:llä 24/3 Mbit/s eli megabittiä per sekunti. Yhteydessä 24 Mbit/s tarkoittaa latausnopeutta ja 3 Mbit/s lähetyksenopeutta (Lounea laajakaista). Optisilla kuitukaapeleilla saavutetaan nykyään kuluttajalle asti jopa 1000/100 Mbit/s, eli huomattavasti nopeampi yhteys (Lounea valokaista). Optisten kuitukaapelien kaikkea kapasiteettia ei kuitenkaan vielä ole pystytty täysin hyödyntämään, vaan kapasiteettia epäillään olevan lähivuosinakin jopa 10 kertaa nopeampiin yhteyksiin (Uuden sukupolven laajakaista).

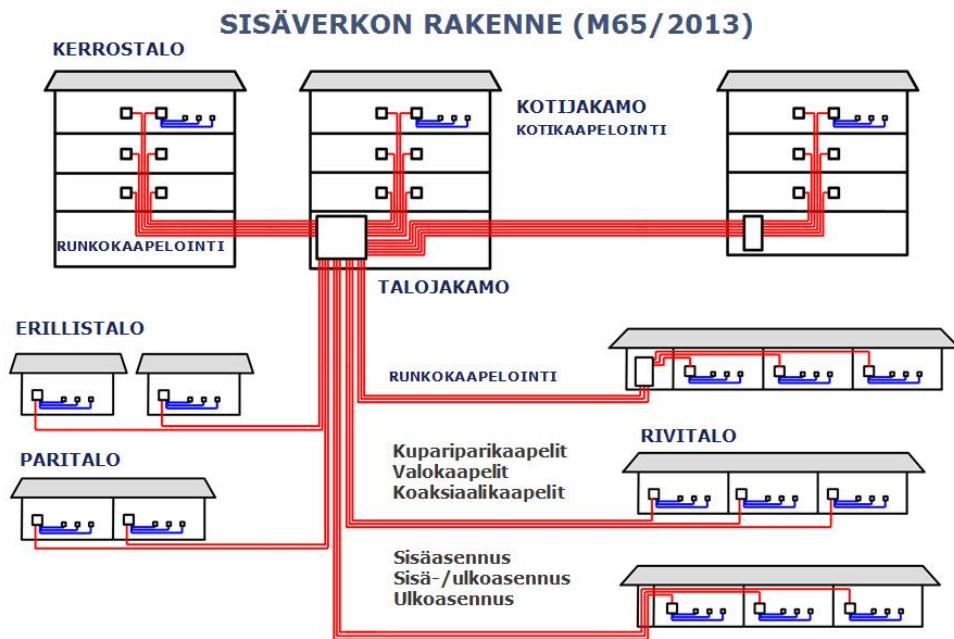
3 TALOYHTIÖ LIITTYJÄNÄ

3.1 Yleisimmät kohteet

Työssä keskitytään olemassa olevien taloyhtiöiden tiedonsiirtoon, jolloin kaapelointiin, kaapelireitteihin ja muihin tiedonsiirtoon liittyviin asioihin ei ole voinut etukäteen vaikuttaa, vaan uutta liittymätyyppiä harkittaessa on ensin selvitettävä olemassa olevan verkon kunto ja kaapelointi. Työssä käsiteltävissä vaihtoehdoissa on mahdollista käyttää hyödyksi puhelinkaapelointia, antennikaapelointia, yleiskaapelointia tai FTTH vaihtoehdossa joudutaan usein asentamaan uusi optinen kuitukaapeli jokaiseen huoneistoon. Uuden kaapelin asentamisessa on usein paljon haasteita löytää kaikkia osapuolia tyydyttävä ratkaisu.

3.2 Sisäverkot ja niiden hyödyntämismahdollisuudet

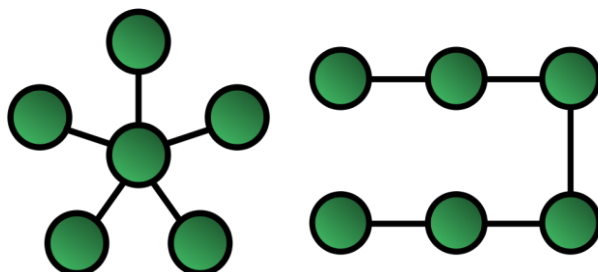
Asuinkiinteistöissä käytettävät tietoliikenne sisäverkot ovat osa kiinteistön perusvarustusta, kuten sähköverkkokin (Asuinkiinteistön tietoliikenneverkon uudistaminen). Sisäverkko koostuu kiinteistön talojakamon ja jokaisen asunnon välille asennettavista kaapeleista, liitoksista ja liittimistä. Sisäverkko voi sisältää myös ala- tai kerrosjakamoja talojakamon ja asunnon välissä, jolloin kaapelien määrää esimerkiksi taloyhtiön eri kiinteistöjen välillä voidaan vähentää (KUVA 2). Internet yhteyksien ja -nopeuden kasvun tarve asettaa haasteita varsinkin vanhempien taloyhtiöiden sisäverkoille. Sisäverkot on voitu rakentaa aikana, jolloin sen käytön tarve on ollut vain pieni osa siitä mitä niiltä nykyään vaaditaan.



KUVA 2. Sisäverkon rakenne (Uusi sisäverkkomääräys... 29.1.2014)

3.2.1 Puhelinsisäverkot

Puhelinsisäverkko koostuu puhelinkaapeloinnista ja liitántärasioista. Puhelinkaapeli on yleensä muovieristeistä MHS- tai MMS-parikaapelia, vanhimmissa toteutuksissa se voi myös olla yksiparista lyijykaapelia (KH 34–00335, 2003). Taloyhtiöissä jokaiseen asuinhuoneistoon on 1930-luvulta asti asennettu ainakin yksi puhelinpistorasia. Puhelinsisäverkko on voitu toteuttaa tähtiverkkona, ketjuverkkona tai niiden yhdistelmänä (kuva 3). Tähtiverkossa jokainen puhelinpistorasia kaapeloidaan omalla kaapelilla, ketjuverkossa kaikki rasiat on ketjutettu peräkkäin, ja yhdistelmässä on toteutettu molempia keinoja.

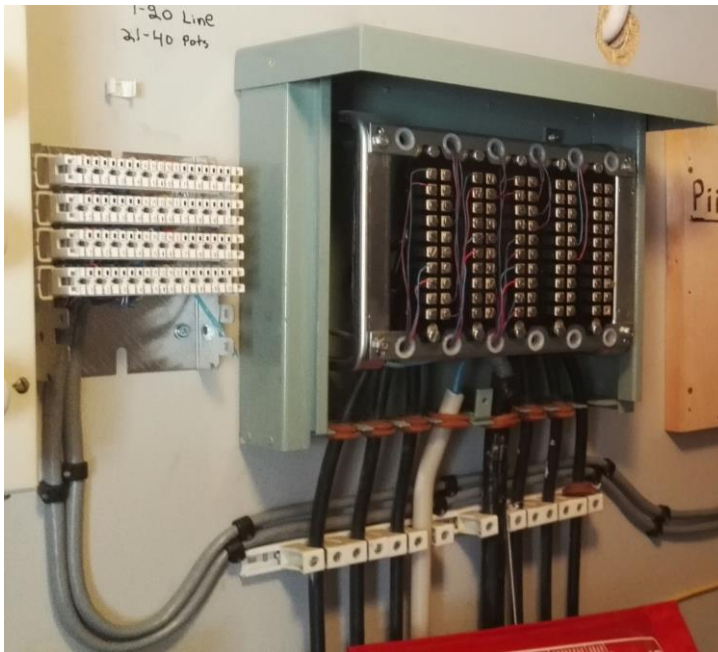


KUVA 3. Tähtiverkko ja ketjuverkko (Physical Topology – Star topology, 7.9.2015, Line Pictures of Network Topologies, 25.10.2016)

Puhelinsisäverkkoja ei ole rakennettu laajakaistasovelluksia varten, vaan puhelinverkon palveluille eli analogisille puheluille (Asuinkiinteistön tietoliikenneverkon uudistaminen). Puhelinsisäverkkoja kuitenkin hyödynnetään paljon kiinteissä laajakaistasovelluksissa, vaikka niiden suorituskyky ei vastaa nykypäivän vaatimuksia. Puhelinsisäverkon suorituskyky riippuu seuraavista tekijöistä:

- kaapeleiden kunto ja -ikä
- liitosten ja jatkosten kunto ja -ikä
- huoneiston puhelinpistorasian etäisyys talojakamosta.

Sisäverkon ja palveluntarjoajan liityntäpiste sijaitsee pääsääntöisesti talojakamossa. Talojakamoon asennetaan ristikytkentärima, johon kytketään alueen hallinnoiman operaattorin syöttökaapeli tai DSLAM ja asunnoista tulevat parikaapelit (KUVA 4). Ristikytkenällä operaattorin määrittämä syöttöpari liitetään asunnon kytkentäpisteeseen, jolloin yhteys menee operaattorilta asunnon puhelinpistorasiaan.



KUVA 4. Operaattorin uusi ristikytkentäsyöttö ja taloyhtiön vanha ristikytkentäruuviliittosrima talojakamossa (Samuli Nevä, 2017)

Kuvassa 4 vasemmalla on operaattorin uusi syöttö päätettynä kytkentärimalle. Oikealla ruuviliittimissä on operaattorin vanha kuparikaapelisyöttö ja taloyhtiön sisäverkon liityntäparit. Ristikytkenä tapahtuu uudessa syötössä siihen tarkoitettulla työkalulla ja ruuviliittimissä kuparinen parijohdotus kiristetään ruuviliittimiin.

3.2.2 Yleiskaapelointiverkot

Yleiskaapelointiverkkoja esiintyy 1990-luvulta lähtien rakennetuissa kiinteistöissä. Yleiskaapelointi toteutetaan pääasiassa samalla tavalla kuin puhelinsäverkko, mutta verkon kapasiteetti on huomattavasti suurempi ja se voidaan toteuttaa ainoastaan tähti-verkkona. Viestintävirasto määrittää kaapeloinnin ja liitosten raja-arvot, sekä pisteiden määrän asunnoissa. Nykyään voimassa olevan Viestintäviraston määräyksen 65 (Määräys 65 B/2016) mukaan jokaiseen asuinhuoneeseen on asennettava vähintään kategorian 6 parikaapelilla päätetty kaksiosainen tietoliikennesasia tai kaksi yksiosaista rasiaa. Luokat täyttävät automaattisesti myös alempien luokkien vaatimukset. Yleiskaapelointiverkon kapasiteetti on moninkertainen verrattuna puhelinsäverkkoon. Kapasiteetti riippuu käytettävästä kaapelista ja liitintarvikkeista (TAULUKKO 2).

TAULUKKO 2. Parikaapeleiden kategoriat ja niillä saavutettavat pysyvien siirtoteiden ja kanavien luokat (ST-käsikirja 16 yleiskaapelointijärjestelmät)

Parikaapeloinnin pysyvän siirtotien tai kanavan luokka	Kaapelin, liittimen ja kytkentäkaapelin kategoria	Ylärajataajuus
ICT-sovellukset kaikissa kiinteistöissä		
A	–	100 kHz
B	–	1 MHz
C	–	16 MHz
D	5	100 MHz
E	6	250 MHz
E _A	6 _A	500 MHz
F	7	600 MHz
F _A	7 _A	1000 MHz
BCT-sovellukset (antennijärjestelmät) kodeissa		
BCT-B	BCT-B	1000 MHz
CCCB-sovellukset (talotekniikka) kodeissa		
CCCB	CCCB	100 KHz

3.2.3 Yhteisantenniverkot

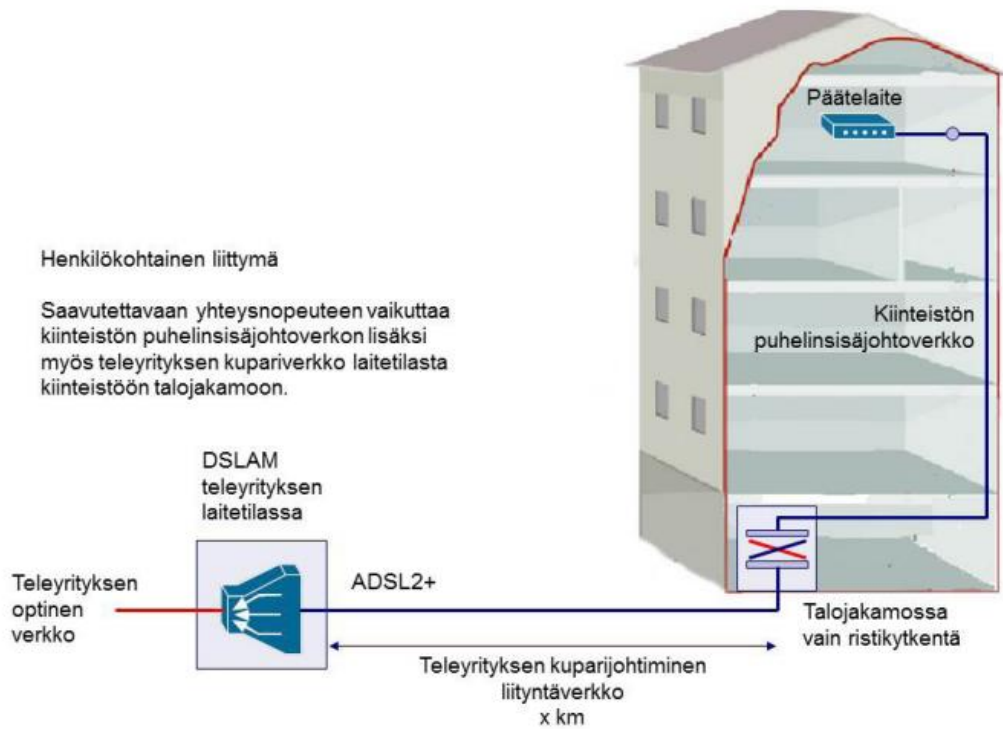
Taloyhtiöissä käytetään yhteisantenniverkkoja, joiden tarkoitus on vastaanottaa televisio- ja radiolähetyksiä. Yhteisantenniverkko liitetään jokaiseen asuinhuoneistoon ja sen avulla kaikki asukkaat voivat vastaanottaa joko antenni- tai kaapelitelevisiolähetyksiä sekä radiolähetyksiä. Antennilähetykset vastaanotetaan maanpäällisestä jakeluverkosta kiinteistön antennin avulla ja kaapelitelevisiolähetykset tulevat kaapeli-tv operaattorilta kuitu- tai koaksiaalikaapelilla kiinteistöön asti. Kaapeli-tv -liitännän kautta voi käyttää myös kaapelimodeemin avulla laajakaistapalveluja (Asuinkiinteistön tietoliikenneverkon uudistaminen, 2014). Yhteisantenniverkko toteutetaan koaksiaalikaapelilla ja koostuu päävahvistimesta ja passiivisesta verkosta, jonka muodostaa (Televisiolähetysten vastaanotto... 2014)

- antennirasiat
- jaottimet
- haarottimet
- jakovahvistimet.

Viestintäviraston määräys 65 B / 2016 edellyttää, että verkko rakennetaan asuinhuoneistokohtaiseksi tähtiverkoksi, mutta vanhemmissa taloyhtiöissä on olemassa myös tähti- ja ketjuverkon yhdistelmiä, jopa useamman asuinhuoneiston kattavia. Ketju- ja tähtiverkkojen yhdistelmät vanhemmissa kiinteistöissä mahdollistaa kiinteistön rakennusaikana voimassa olleet määräykset, joissa on voinut olla sallittua rakentaa muita kuin asuntokohtaisia tähtiverkkoja.

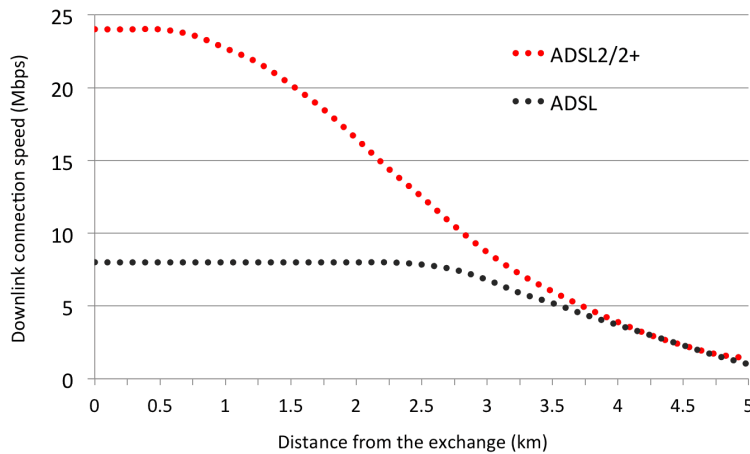
3.3 Henkilökohtainen liittymä

Huoneisto- eli henkilökohtaisessa liittymässä (kuva 5) teleoperaattori tuo halutun yhteyden ja nopeuden asuntoon. Taloyhtiöissä yleensä liittymätyyppi on kaikille sama, ellei palveluntarjoajia ole monia, jolloin operaattoreilla voi olla eri liittymätyyppejä kyseiseen taloyhtiöön. Operaattorin toimittamaan liittymään vaaditaan liittymätyyppiin sopiva reititin, jonka voi ostaa tai vuokrata tarvittaessa operaattorilta, jolloin saa varmasti verkkoon parhaiten sopivan laitteen.



KUVA 5. Henkilökohtainen liittymä (Asuinkiinteistön tietoliikenneverkon uudistaminen, 2014)

Henkilökohtaiset liittymät ovat tyypillisesti ADSL- tai ADSL 2+ -liittymiä (Asuinkiinteistön tietoliikenneverkon uudistaminen, 2014). Teleoperaattori tuottaa yhteyden lähimmästä mahdollisesta laitetilasta, joka voi sijaita jopa 10 kilometrin päässä (Petteri Järvinen, 2016). ADSL 2+ -liittymätyypin teoreettinen maksiminopeus on lataussuuntaan 24 Mbit/s ja lähetyssuuntaan 3 Mbit/s (Lounea laajakaista). Laitetilan etäisyys vaikuttaa suurimpaan mahdolliseen nopeuteen, kuvassa 6 nähdään teoreettiset maksiminopeudet etäisyyteen nähden. Henkilökohtaisen liittymän nopeuteen vaikuttaa myös verkkojen kunto operaattorin laitetilan ja asiakkaan puhelinpistorasian välillä.

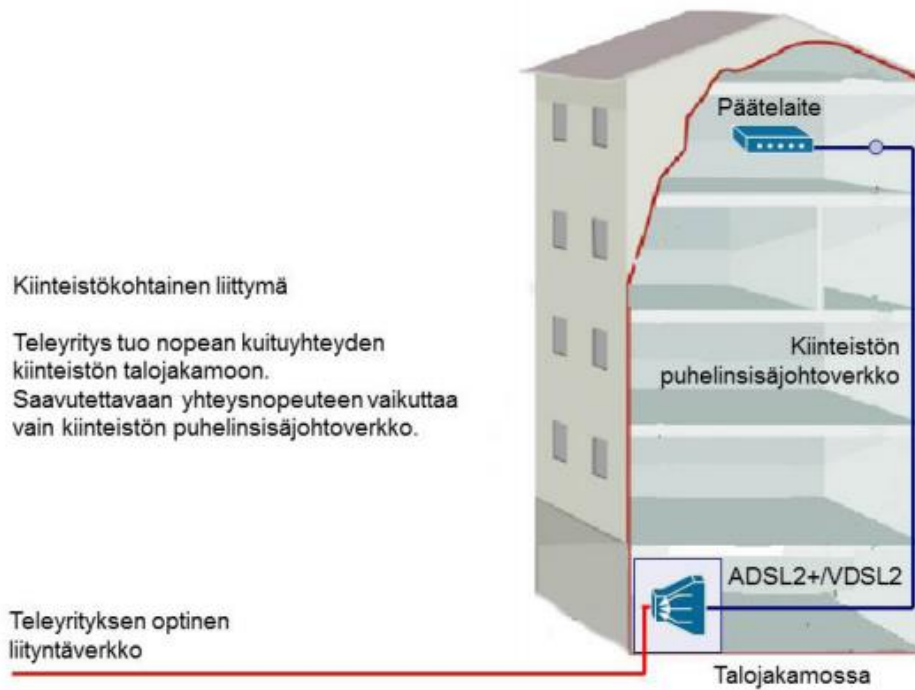


KUVA 6. ADSL ja ADSL2/2+ teoreettiset nopeudet etäisyyteen nähden (ADSL2 speed against distance)

3.4 Kiinteistökohtainen liittymä

Taloyhtiön kiinteistöliittymässä teleoperaattori tuo kiinteistön talojakamoon runkoyhteyden joko kuparikaapelilla tai nykyään pääsääntöisesti runkoverkkoja rakennettavalla optisella valokuitukaapelilla (Taloyhtiö laajakaistavaihtoehdot). Valokaapelilla tehty runkoverkko toteutetaan nykyään 1, 10 tai 40 Gbit/s nopeuksilla, mutta valokuidun kaikkea kapasiteettia ei ole vielä saatu hyödynnettyä vaan sillä voidaan rakentaa huomattavasti nopeampia yhteyksiä pitkiäkin matkoja. Suomen ja Saksan välillä toimii esimerkiksi kahdeksan kuituparin yhteys, jonka nopeus on yhteensä 144 Tbit/s. (Petteri Järvinen, 2016)

Talojakamoon operaattori sijoittaa keskittimen eli DSLAM:n, josta se jakaa yhteyden kiinteistön sisäverkkoa pitkin asuntoihin (kuva 7). Kiinteistökohtaisessa liittymässä verkon kapasiteettia rajoittaa käytännössä pelkästään sisäverkko. Ilman operaattorin verkon rajoituksia yhteyttä rajoittaa vain joitakin kymmeniä metrejä pitkä sisäverkko. Esimerkiksi tässä työssä vertailtavalla VDSL2-siirtotekniikalla, joka toteutetaan kiinteistökohtaisena liittymänä, saadaan jopa yli 100 Mbit/s siirtonopeus ADSL2+:n teoreettisen maksimin, 24 Mbit/s sijaan.



KUVA 7. Kiinteistökohtainen liittämä (Asuinkiinteistön tietoliikenneverkon uudistaminen, 2014)

Lounea Palvelut Oy tarjoaa asiakkailleen taloyhtiösopimusta, jolloin taloyhtiön asukkaat saavat perusnopeuden ja halutessaan voivat lisämaksusta hankkia nopeamman liittymänopeuden (Lounea taloyhtiöt). Muiden operaattoreiden määräaikaista yhteyksiä ei kuitenkaan voi irrottaa ilman kyseisen operaattorin lupaa, joten ne tulisi irtisanoa hyvissä ajoin ennen uuden liittymätyypin asennusta.

Lounean käytäntö myydä taloyhtiöön uusi liittymätyyppi riippuu taloyhtiön koosta. Pienissä alle 15 huoneiston taloyhtiöissä tarvitaan 8 liittymän hankkijaa, yli 16 huoneiston taloyhtiössä riittää että puolet asukkaista ottaa uuden yhteyden (Lounea taloyhtiöille). Liittymämäärä perustuu taloudelliseen kannattavuuteen ja asiakastyytyväisyyteen. Yhteyden nopeus riippuu asukkaan tarpeista ja uuden liittymätyypin mahdollisuuksista. Kaikissa vertailtavissa liittymätyypeissä suurin mahdollinen nopeus tulee olemaan moninkertainen perinteiseen ADSL-liittymätyyppiin verrattaessa. Koko taloyhtiön liittymätyypin muuttuessa vanha, tyypillisesti ADSL-kupariyhteys, poistuu käytöstä eikä sitä ole mahdollista enää saada kyseiseen taloyhtiöön.

3.5 Saneeraustarve ja määräykset

Taloyhtiöiden tietoliikenneverkkojen saneeraustarve riippuu verkon kunnosta ja käyttötarpeesta. Verkon kuntoon vaikuttaa ikä, liitosten ja liittimien sekä kaapeleiden kunto. Vanhoissa verkoissa alkuperäinen tarve ja käyttö eivät ole olleet nykyajan tasolla, eikä verkkoja ole rakennettu täyttämään nykyajan tarpeita, vaan silloisen aikakauden vaatimukset. Verkon suuri kuormitus voi aiheuttaa ongelmia ja kuluttaa verkkoa nopeammin kohti saneeraustarvetta. Ongelmat voivat ilmetä yhteyksien katkeiluna tai pätkimisenä, usein silloin kun verkkoa kuormitetaan enemmän ja pidempään.

Taloyhtiöt usein välttävät saneerausta mahdollisimman pitkään, tai pyrkivät suorittamaan sen jonkin muun remontin, kuten putkiremontin yhteydessä. Yhdistetyt saneeraukset ovat suosittuja taloyhtiöissä, koska silloin pystytään jakamaan kustannuksia ja remonteista asukkaille aiheutuvat häiriöt tapahtuvat kaikki samaan aikaan mahdollisimman lyhyellä ajanjaksolla. Tietoliikenneverkkojen saneeraus mielletään kalliiksi, koska saneeraus vaatii usein sisäverkon kaapeloinnin uusimisen. Verkon saneerausta harkitessa ei usein kuitenkaan huomioida sitä, että voi olla mahdotonta jatkaa vanhan verkon käyttöä alati kasvavalla tarpeella.

Kaapeloinnin uusiminen vaatii ammattitaitoa, hyvän suunnittelun, sekä työtä ja mahdollisesti rakenteellisia muutoksia sisäverkkoon ja kiinteistöön. Vanhoja kaapelireittejä pystytään toisinaan hyödyntämään uusien kaapelien asennuksessa, mutta aina se ei kuitenkaan ole mahdollista ja silloin on löydettävä vaihtoehtoisia menetelmiä. Menetelmiä on periaatteessa pintakaapelointi, vanhojen reittien tai muiden varausten eli putkitusten hyödyntäminen osittain tai kokonaan, upotus rakenteisiin ja ullakko- tai yläpohjatilojen hyödyntäminen. Vaihtoehtoisten kaapelireittien löytäminen kaikkien osapuolien kannalta tyydyttävästi kustannusten, visuaalisten seikkojen ja rakenteellisten muutosten kannalta on usein haastavaa.

Kiinteistöjen sisäverkkojen ja teleurakointien velvoitteista määrää Viestintäviraston määräys 65 B/2016. Viestintäviraston määräystä 65 B/2016 sovelletaan, kun kiinteistöön tai rakennukseen rakennetaan sisäverkko, kun sisäverkko uudistetaan tai kun olemassa olevaa sisäverkkoa kunnostetaan. Työssä vertailtavissa tekniikoissa määräystä tarvitsee siinä

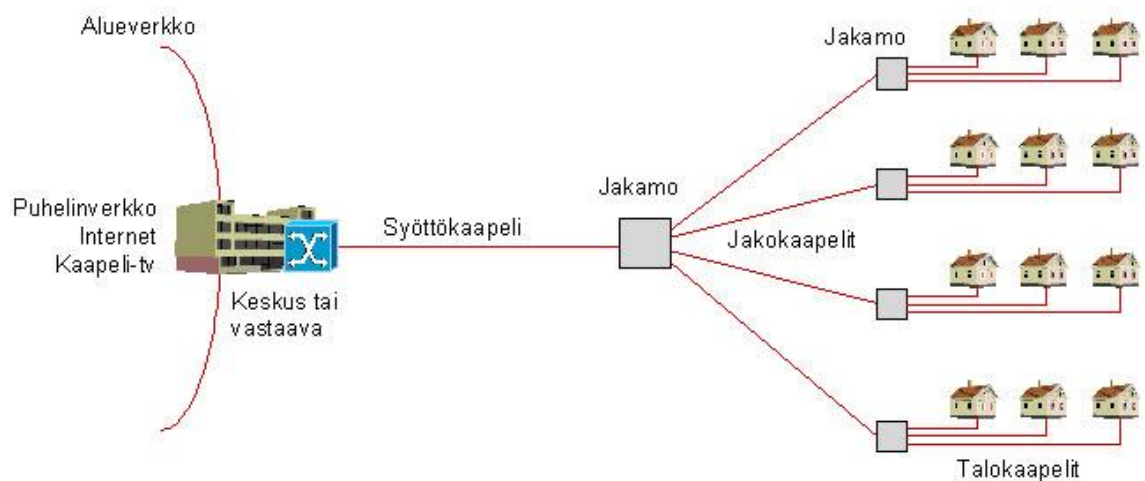
laajuudessa noudattaa vain FTTH-ratkaisussa, jossa sisäverkkoa uudistetaan. Muissa tekniikoissa vain laitteet uudistetaan ja sisäverkkoon ei tehdä kuin kytkentämuutoksia, jolloin määräyksen velvoitteita ei tarvitse suorittaa.

Viestintäviraston määräyksen 65 B/2016 mukaan asuntoon on asennettava huoneistojakamo ja jakamoon maadoituskisko josta maadoitus yhdistetään 6 mm² kaapelilla huoneiston jakokeskuksen PE-kiskoon. Huoneistojakamossa on myös oltava vähintään kaksi pistorasiapaikkaa, siten että huoneistojakamon kansi mahtuu kiinni pistotulppien ollessa paikallaan. Pistorasioiden sähkönsyöttö tulee järjestää omana ryhmänään ja sulakkeen tulee olla uudisrakennuskohteissa vähintään 10 A eikä vikavirtasuojan käyttöä suositella. Sisäverkkoa uudistettaessa pätevät samat säännöt, mutta ylivirtasuojan mitoitusvirran tulee olla vähintään 2,5 A. Asunnossa täytyy myös olla vähintään yksi kaksiosainen tai kaksi yksiosaista ATK-rasiaa, mitkä asuntoon täytyy myös asentaa jos siellä ei sellaisia ennestään ole (Viestintävirasto 65 B/2016 M). Liitteessä 1 nähdään Viestintäviraston määräyksen 65B/2016 luku 11, joka sisältää sisäverkonsaneerauksessa vaadittavat suunnittelu-, tarkastus-, ja loppudokumentit, jotka teleoperaattorin tulee myös säilyttää vähintään kaksi vuotta. Talojakamoon tuotu kuitukaapeli päätetään paneelille, johon päätetään vähintään kuusi kuitua, jotta asiakkailta on mahdollista valita muidenkin operaattoreiden yhteyksiä.

4 LIITTYMISVAIHTOEHDOT

4.1 Optinen valokuituyhteys

FTTH eli fiber to the home tarkoittaa teleoperaattorin yhteyden tuomista asuntoon tai työpisteeseen asti kuitukaapelilla. Yhteys tuodaan siis muista poiketen taloyhtiöissä huoneistoon asti kuidulla, eikä se käytä kuparikaapelia muuta kuin huoneiston sisäverkossa, jolloin kuparissa kulkeva osuus jää korkeintaan parinkymmenen metrin mittaiseksi. Kuparikaapelin lyhyt osuus ei rajoita kuituyhteyden kapasiteettiä. Kuitukaapelin tuonti asuntoon asti antaa operaattorille mahdollisuuden tarjota asiakkaalle huippunopeita yhteyksiä, sekä kaapelitelevisio toteutuksia yhtä kaapelia pitkin. Kuvassa 8 on havainnollistettu esimerkkirakenne FTTH yhteydestä.



KUVA 8. FTTH esimerkkirakenne (Optisen verkon rakenne)

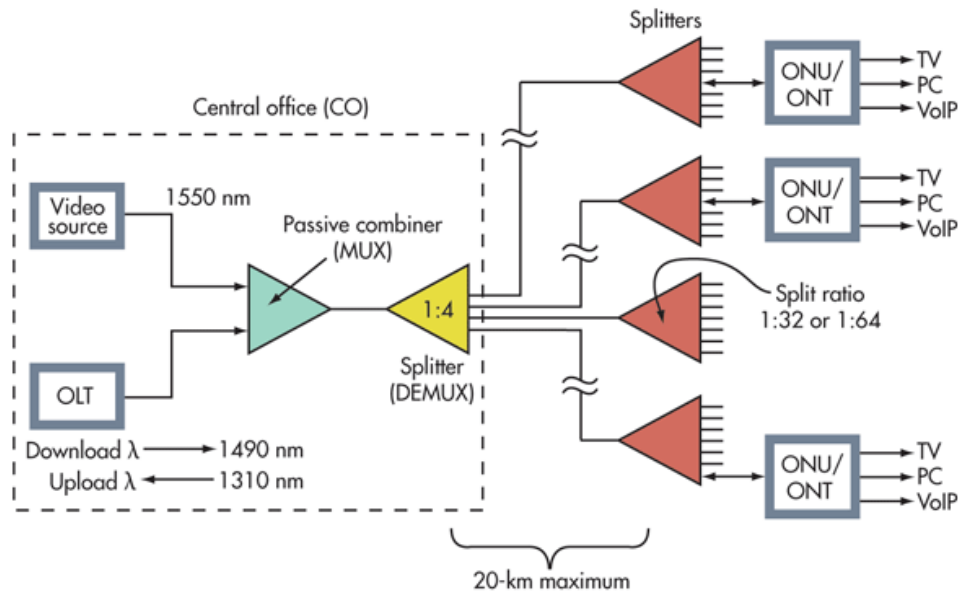
Kuitutekniikka on toistaiseksi ainoa tulevaisuuden tarpeet täyttävä tiedonsiirtotekniikka sen monipuolisuuden ja lähes rajattoman kapasiteetin ansiosta. Teleoperaattorit myyvät tällä hetkellä kuluttajille jopa 1000/100 Mbit/s nopeuden omaavia liittymiä, mutta myytävien liittymien nopeuksien uskotaan jo lähivuosina kasvavan moninkertaisiksi (Uuden sukupolven laajakaista).

4.1.1 Verkon rakenne ja toiminta

Kuituyhteyden siirtotekniikoita Lounealla on käytössä kahdenlaisia, point-to-point ja point-to-multipoint eli GPON (Gigabyte Passive Optic Network), joka on passiivinen valokuituyhteys. Point-to-point yhteydessä on yksinkertainen, suora yhteys teleoperaattorin ja asiakkaan välillä kuitukaapelilla, ja GPON on hajautettu järjestelmä, jossa yhteen teleoperaattorin runkokuituun voidaan liittää monta asiakasta. Passiivisista valokuituyhteyksistä käsitellään tässä työssä gigabitin mallia, eli yhteyttä jolla on mahdollisuus jopa Gbit/s nopeuksiin

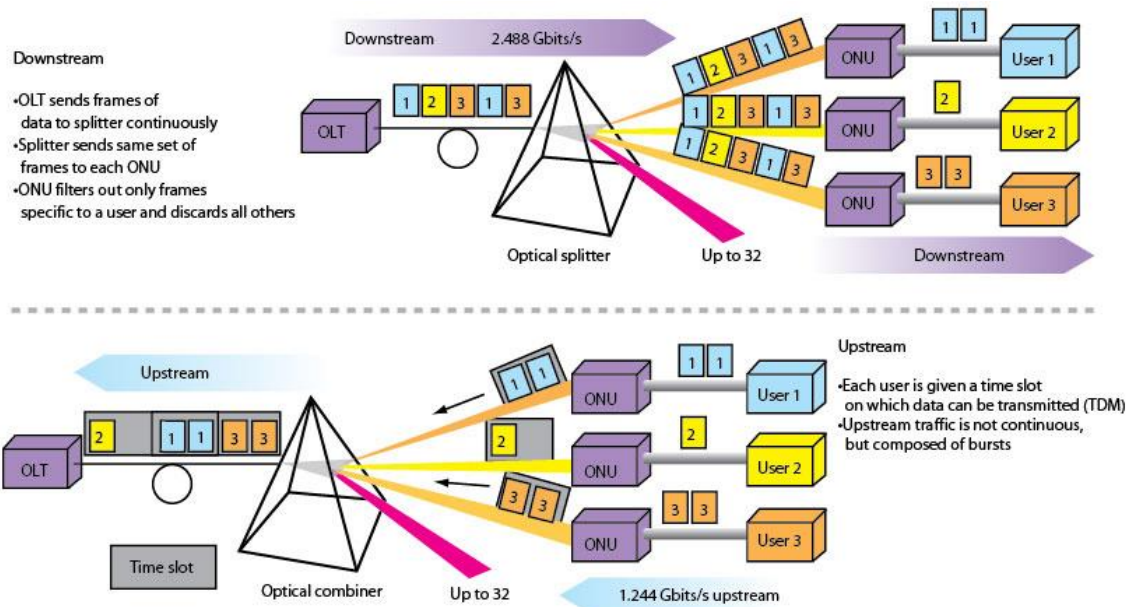
4.1.2 Passiivinen valokuituyhteys

Gigabitin passiivinen valokuituyhteys eli GPON toimii yhtä kuitua pitkin optiselle splitterille, joka jakaa yhteyden kuluttajille. GPON toimii jopa 20 kilometrin päähän ja yksi linja voi palvella jopa 128 käyttäjää, mutta sitä ei suositella käytettävän yli 64:ä asiakasta kohti, koska liittymien nopeudet ovat riippuvaisia käyttäjien määrästä (How GPON Works). GPON:n toimintaetäisyyttä voidaan laajentaa tehokkaammalla laserilla jopa 40 kilometriin. GPON:lla voidaan lähettää myös kaapeli-tv -signaalia, joka nähdään kuvassa 9. Teleoperaattori voi käyttää vähemmän runkokaapeleiden kuituja GPON-tekniikan avulla, jolloin pienemmillä runkokuiduilla voidaan palvella enemmän asiakkaita. Taloyhtiöissä optinen splitteri voi sijaita joko kiinteistössä tai läheisessä teleoperaattorin tilassa.



KUVA 9. GPON verkon periaate (WTD Frenzel fig, 2014)

GPON toimii lataussuuntaan siten, että kaikki ketjussa olevat ONU:t eli asiakkaan yhdisty-laitteet, saavat kaikkien muidenkin datapaketit, mutta poimivat niistä vain kyseiselle liit-tymälle tarkoitetut ja hylkäävät loput. Tekniikan haitoiksi luetaankin tietoturvallisuus-riski, joka on olemassa, koska kaikki ONU:t saavat muillekin tarkoitetut viestit. Lähety-suuntaan GPON toimii TDM eli aikaperusteisesti, jolloin jokaisella asiakkaalla on oma aikaikkunansa, milloin OLT eli keskuslaite ottaa vastaan kyseisen lähettäjän datapaketin (kuva 10). Käyttäjälle suurin teoreettinen latausnopeus voi olla jopa 2,5 Gbit/s ja lähety-nopeus 1,2 Gbit/s. Nopeus kuitenkin jakaantuu käyttäjien kesken, ja suurin mahdollinen nopeus riippuu käyttäjien määrästä ja sen hetkisestä käytöstä. Lataus- ja lähetystiedon-siirto toimivat eri aaltopituuksilla, lataus 1490 nm ja lähetyks 1310 nm, lisäksi videosig-naali toimii 1550 nm aaltopituudella (kuva 10).

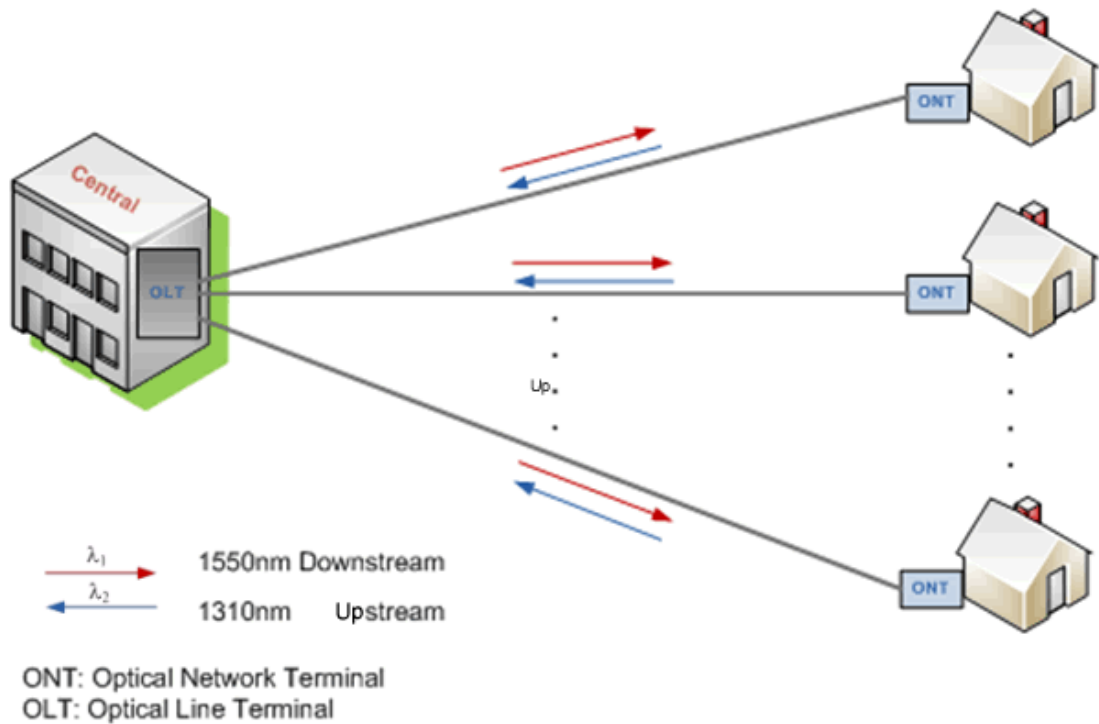


In a GPON optical network, users are allocated time slots. During these times, they can transmit their data from remote terminals.

KUVA 10. GPON lataus- ja lähetyperiaate (Electronicdesign)

4.1.3 Point-to-Point

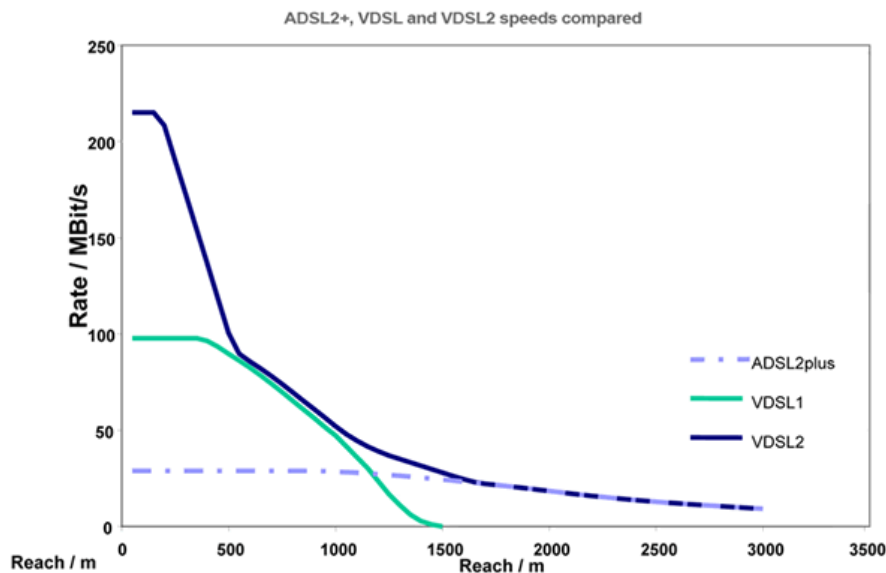
FTTH:n point-to-point ratkaisu toteutetaan tähtiverkkona eli yhteys tulee asiakkaalle yhtä kuitua pitkin teleoperaattorin keskittimeltä asti (kuva 11). Keskittimen ja asiakkaan väli koostuu usein myös jakokaapeista tai -keskuksista, jossa yhteyksiä haaroitetaan ja lähesyttävässä asiakkaita runkokuitukaapelien kokoja voidaan pienentää. Point-to-point ratkaisu on yksinkertaisempi ja sisältää vähemmän vikamahdollisuuksia kuin GPON, koska siinä ei ole mitään ylimääräisiä haaroituksia ja laitteita keskittimen ja asiakkaan välissä. Lataus- ja lähetystiedonsiirto toimivat eri aaltopituuksilla, lataus 1550 nm ja lähetyks 1310 nm. Point-to-point yhteydessä etäisyyttä rajoittavana tekijänä toimii ainoastaan vaimennus, jota kasvattaa kuitu itse sekä jatkokset ja liitokset.



KUVA 11. Point-to-Point periaate (Point-to-point network architecture, 2011, muokattu)

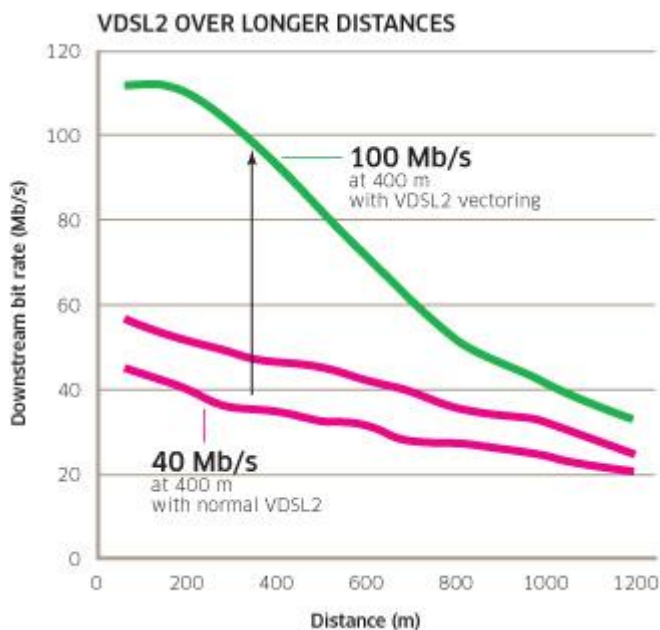
4.2 VDSL2

VDSL2 (Very-high-bit-rate Digital Subscriber Line) on laajakaistainen tiedonsiirtotekniikka, joka toteutetaan parikaapeloinnissa. VDSL -sovellukset vaativat vähintään yhden parin toimiakseen, tässä työssä vertailtu VDSL2 käyttää yhtä paria. Parikaapelointi voi olla vanha puhelinkaapelointi tai uudempi yleiskaapelointi. VDSL2:n suurin teoreettinen nopeus on nykyään jopa yli 200 Mbit/s (kuva 12), käytännössä nopeutta kuitenkin usein rajoittaa kaapelien ylikuuluvuus ja häiriöt sekä verkkojen kunto.



KUVA 12. Nopeusvertailu ADSL2+, VDSL ja VDSL2 välillä suhteessa etäisyyteen (fiber optics knocking...2015)

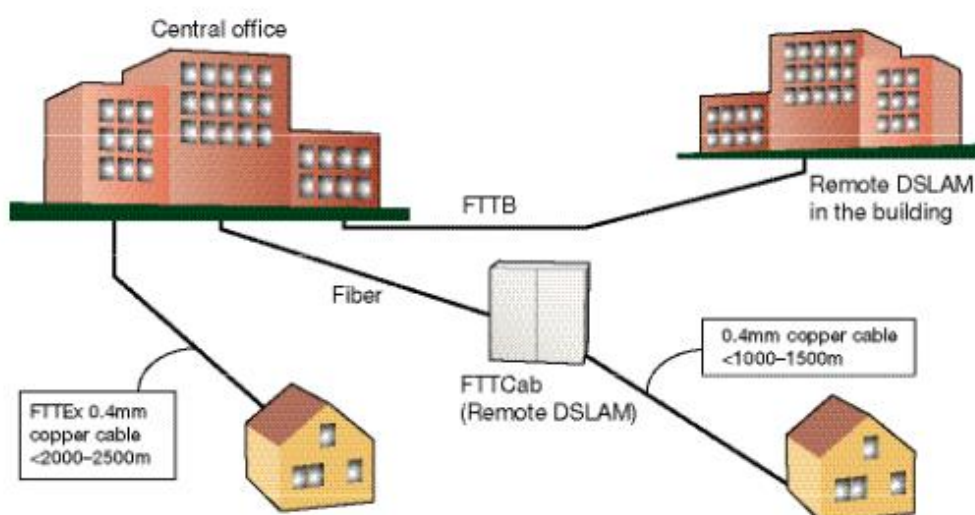
VDSL2:sta on olemassa myös kehitelmiä, jotka ovat suorituskyvyltään vielä parempia. Nokia on esimerkiksi kehittänyt VDSL2 vectoring -ratkaisun, jossa muiden kaapelien yli-kuuluvuus ja häiriöt suodatetaan kokonaan pois ja siten nopeudet saadaan lähemmäs teoreettisia nopeuksia (VDSL2 vectoring). Kuvassa 13 nähdään Nokian kehittelemän VDSL2 vectoringin vaikutus nopeuteen etäisyyteen nähden.



KUVA 13. VDSL2 ratkaisujen vertailu (Fixed access, 2014, muokattu)

4.2.1 Verkon rakenne ja toiminta

VDSL2 vaatii toimiakseen kuituyhteyden DSLAM:n, joka pitää sijoittaa etäisyyden sallimissa rajoissa lähelle asiakasta, käytännössä joko kiinteistöön tai läheiseen operaattorin jakokaappiin tai teletilaan (Kuva 14). DSLAM:sta yhteys jaetaan eteenpäin kupariverkkoa pitkin asiakkaille. Teoriassa liittymätyypin pitäisi toimia jopa muutamaan kilometriin asti pienillä nopeuksilla, mutta kupariverkkojen kunto ja kaapelien ylikuuluvuus on yleensä esteenä pitkien matkojen yhteyksille ja sen todellinen toimintaetäisyys on vain muutamia satoja metrejä. VDSL2:n nopeus perustuu kaistanleveyteen, joka esimerkiksi ADSL2+:ssa on 2 MHz, VDSL2:ssa 30 MHz ja joissain VDSL2:n kaltaisissa sovelluksissa jopa 35 MHz. Nopeus voi teoreettisesti olla nykyään 35MHz:n sovelluksissa yli 350 Mbit/s.



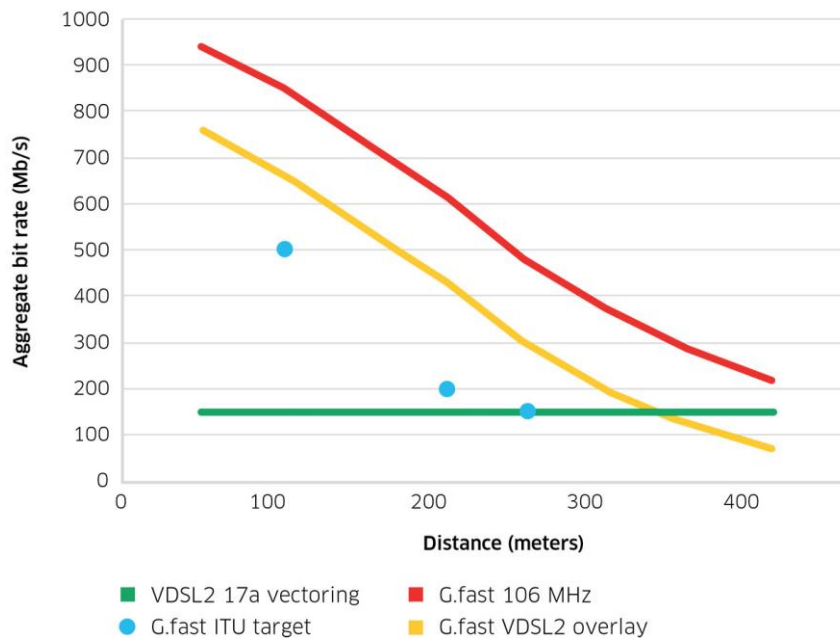
KUVA 14. VDSL2 käyttömahdollisuuksia. (VDSL2: Next important broadband... 2006)

VDSL2:n syöttökuitua pitkin on mahdollista tuoda myös kaapeli-tv -signaali, joka voidaan hyödyntää taloyhtiöissä. Taloyhtiön kuparivahvistimen tilalle vaihdetaan kuituvahvistin, jolloin vahvistimeen voidaan syöttää kuidusta signaalia koaksiaalikaapelin sijaan. Myös antenni taloyhtiöt voidaan muuttaa kaapeli-tv-verkkoon. Kuituvahvistin sijoitetaan verkon tähtipisteen läheisyyteen tai vanha syöttö antennilta korvataan kuituvahvistimesta koaksiaalikaapelilla. Sisäverkkoon ei välttämättä tarvitse tehdä lainkaan muutoksia, vaan vahvistimen säätäminen voi olla riittävää.

4.3 G.fast

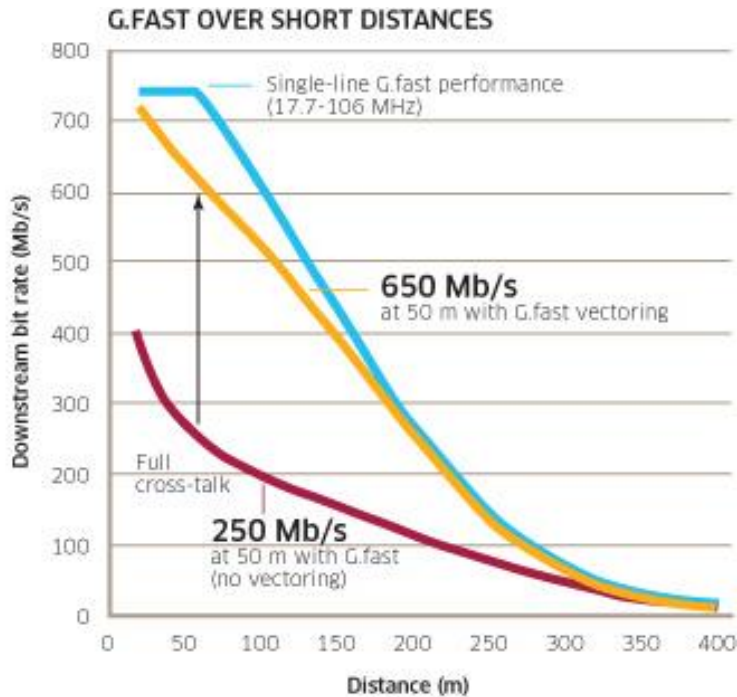
4.3.1 Verkon rakenne ja toiminta

G.fast toimii käytännössä samalla tavalla kuin VDSL2. Sen syöttö tulee kuitukaapelia pitkin, ja asiakkaan läheisyydessä käytettävä tekniikka on kuparikaapeli, tarkemmin parikaapelointi. G.fastin aktiivilaitteet tulisi sijoittaa VDSL2:n tavoin hyvin lähelle asiakasta, sillä kuvasta 15 nähdään teoreettiset nopeudet toimintaetäisyyksien suhteen. G.fast vaatii entistä lyhyemmän kupariosuuden toimiakseen ja huippunopeudet saavutetaan vain kymmenien metrien mittaisilla matkoilla.



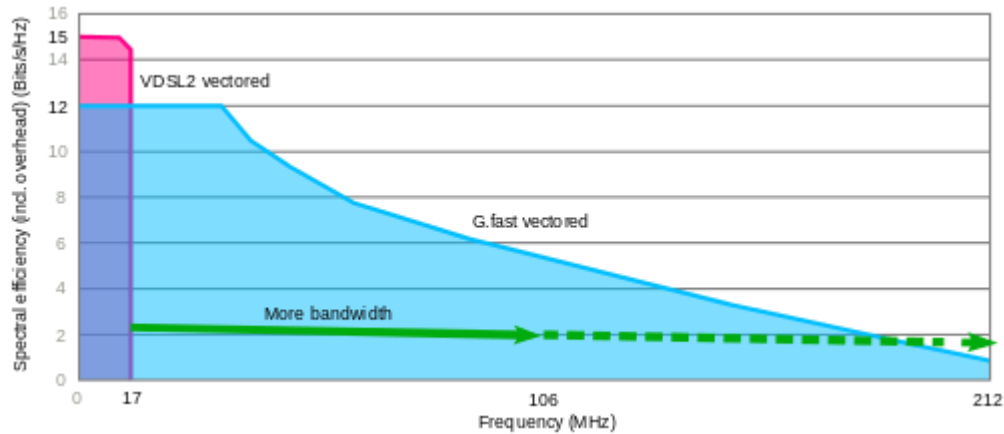
KUVA 15. G.fastin nopeudet eri toteutuksilla verrattuna VDSL2:n (G.fast: Deliver high bit rates...)

Ylikuuluvuus ja häiriöt kuparikaapeleissa tulee herkemmin esille korkeilla taajuuksilla joita G.fast käyttää, rajoittaen todellisia nopeuksia (Nokia, G.fast). G.fastiin on kehitteillä myös vectoring-ratkaisuja, kuten VDSL2:ssa, jotta häiriöitä ja ylikuuluvuuksia saataisiin suodatettua pois ja olisi mahdollista päästä lähemmäs teoreettisia huippunopeuksia (G.fast Faster, 2013). Kuvassa 16 on esitetty Nokian kehittelemän G.fast vectoringin vaikutus liittymänopeuteen etäisyyden suhteen.



KUVA 16. G.fast ratkaisujen vertailu (Fixed access, 2014, muokattu)

G.fastin suurin ero verrattuna VDSL2:n sovellukseen on kaistanleveys. G.fast pystyy käyttämään tällä hetkellä parikaapelissa jopa 106 MHz:n kaistanleveyttä, kun taas VDSL2:n kaistanleveys on maksimissaan 35 MHz. Lyhyillä etäisyyksillä nykyisellä kaistanleveydellä päästään teoriassa jo hyvin lähelle jopa 1 Gbit/s nopeuksia, mutta G.fastin on oletettu yltävän jopa 212 MHz:n kaistanleveyteen (kuva 17), jolloin jopa yli 1 Gbit/s yhteydet voisivat olla mahdollisia lyhyillä etäisyyksillä. Kuvassa on myös eroteltu VDSL2:n 17 Hz sovelluksen ja G.fastin bittiä per taajuus arvo, joka kuvastaa bittien määrää taajuutta kohti. VDSL2:ssa on enemmän bittejä per taajuus, mutta taajuusalue on paljon pienempi kuin G.fastilla. Taajuusalueen laajuuden vuoksi G.fastissa voi liikkua enemmän bittejä joten silloin nopeus on suurempi. Käytännössä suuriin nopeuksiin pääseminen on hankalaa vanhojen verkkojen kunnon ja kaapelien ylikuuluvuuden vuoksi, joka korostuu suurilla taajuuksilla.



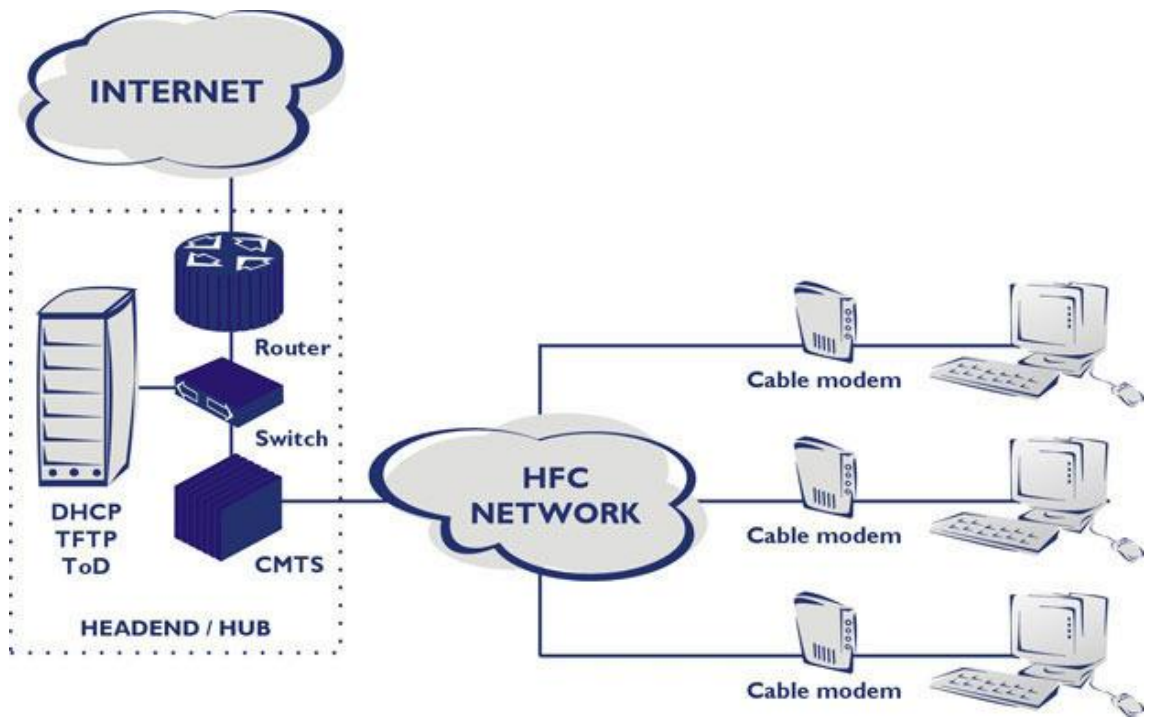
KUVA 17. VDSL2 ja G.fast kaistanleveysvertailu (The numbers are in... 2013)

4.4 Micro CMTS DOCSIS 3.0 tekniikassa

DOCSIS on yhdysvaltalaisen tutkimus ja kehityslaboratorion CableLabsin kehittämä tekniikka, joka tarjoaa keinon välittää kaksisuuntaista IP-liikennettä operaattorin ja asiakkaan välillä. Tiedon välitys tapahtuu kaapeli-tv -verkossa eli koaksiaalikaapeloinnissa. Vanhat kaapeli-tv -verkot toimivat vain yksisuuntaisesti, joten ne pitää päivittää kaksisuuntaiseksi. Kaksisuuntaisuuden saamiseksi verkkoon pitää lisätä kaksisuuntaisia vahvistimia. Vanhat kaapeli-tv -verkot voivat olla haasteellisia erilaisten haarojen vuoksi, jolloin kaksisuuntaisia vahvistimia voidaan tarvita enemmän. DOCSIS 3.0 julkaistiin elokuussa 2006, jossa tuli paljon uudistuksia 2.0 versioon nähden, merkittävimpinä IPv6 -tuki ja nelinkertaiset nopeudet meno- sekä paluusuuntaan (Toni Vesala, 2012).

4.4.1 Verkon rakenne ja toiminta

Tietoliikennettä ohjaa CMTS-laite joka on operaattorin hallinnoima, Lounea käyttää taloyhtiöissä micro CMTS -laitteita, joihin voi liittää joko 40 tai 400 asiakasta. CMTS vaatii kuituyhteyden toimiakseen. Lounealla taloyhtiösovelluksissa CMTS-laite asennetaan talojakamoon tai kaapeli-tv -verkon tähtipisteen läheisyyteen, josta se liitetään taloyhtiön sisäverkkoon. Jokaiseen huoneistoon asennetaan kaapelimodeemi CM, joka yhdistää DOCSIS-verkon asukkaan kotiverkkoon (kuva 18).



KUVA 18. DOCSIS -verkon toimintaperiaate (Tech-FAQ, 2016)

DOCSIS 3.0 tekniikka käyttää datan siirtoon yhtä tai useampaa taajuuskaistaa, lataussuuntaan 8 MHz:n ja lähetyssuuntaan 6,4 MHz:n suuruisia. CMTS kommunikoi kaapelimodeemin suuntaan taajuusvälillä 108 – 1000 MHz, ja kaapelimodeemi kommunikoi CMTS:n suuntaan taajuusvälillä 5 – 85 MHz, käyttäen 8, 16, 32 tai 64 QAM-modulointia. Suuremmalla modulaatiolla saadaan teoreettisesti suurempi maksiminopeus, mutta samalla häiriönsietokyky kärsii. DOCSIS käyttää broadcast-periaatetta, jossa CMTS lähettää kaikille kaapelimodeemeille saman datan, mutta niistä poimitaan vain kyseiselle modeemille osoitteellistetut datapaketit, loput hylätään (Toni Vesala, 2012).

Lounea myy DOCSIS 3.0 tekniikalla toteutettuja kaapelikaista liittymiä asiakkailleen jopa 200/10 Mbit/s nopeuksilla. Käytössä on myös DOCSIS 2.0 tekniikkaa, jolloin suurin mahdollinen nopeus on vain 10/1 Mbit/s. Nopeuksien toteutuminen vaatii asiakkaalta EuroDocsis 2.0 tai yli 10 Mbit/s nopeuksilla EuroDocsis 3.0 standardia noudattavan kaapelimodeemin (Lounea Kaapelikaista). Kaikkien DOCSIS 3.0 laitteiden tulee tukea myös vanhempia spesifikaatioita, jolloin vanhemmissa DOCSIS -verkoissa voidaan käyttää uudemman version laitteita.

5 TOTEUTUSTEN VERTALU

Tässä luvussa verrataan tekniikoiden kustannuksia teleoperaattorin näkökulmasta. Kokonaiskustannukset koostuvat liittymämääristä ja asennuskustannuksista. Kustannukset on esitetty havainnollistavien taulukoiden avulla. Vertailussa ei ole esitetty laskelmia tai tarkkoja hintoja, mutta laskelmat on tehty tarkkoja hintoja käyttäen. Vertailussa on käytetty Lounea Palvelut Oy:n valitsemien laitteiden teknisiä tietoja.

5.1 Liittymämäärät

Lounean käyttämissä laitteissa on asennustekniikoilla erilaiset liittymämäärät, jotka näkyvät kuvassa 19. Liittymämäärä vaikuttaa osaltaan taloyhtiöön valittavaan tekniikkaan ja sitä voidaan kasvattaa tekniikasta riippuen erilaisilla menetelmillä. FTTH:n liittymämäärä on point-to-point -yhteydessä kuitukaapelin kapasiteetin suuruinen ja GPON:ssa enintään 128 asiakasta yhtä runkokuitua kohden. VDSL2 -tekniikassa kytkimeen voidaan lisätä yhteensä 4 asiakaskorttia, missä kaikkiin voidaan liittää enintään 16 liittymää eli liittymiä voi olla enintään 64. G.fast kytkimiä on kahta eri kokoa, 16- tai 32 liittymälle, tarpeesta riippuen talojakamoon sijoitetaan sopivan kokoinen kytkin tai suuressa taloyhtiössä useampi kytkin. DOCSIS 3.0:n micro CMTS -kytkimet ovat joko 40 liittymän tai 400 liittymän kokoisia. Taloyhtiösovelluksissa käytetään siis pääsääntöisesti 40 liittymän kytkintä.

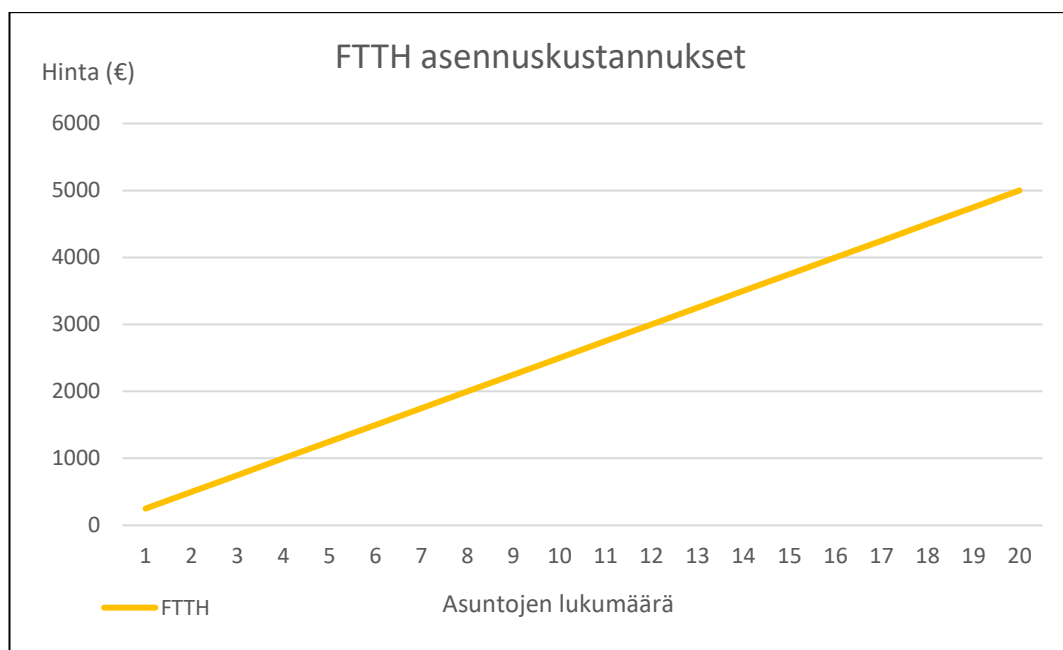
Asennustapa	Liittymät
FTTH	128
VDSL2	16, 32, 48, 64
G.fast	16, 32
DOCSIS 3.0	40, 400

KUVA 19. Asennustekniikoiden liittymämäärät

5.2 Asennus

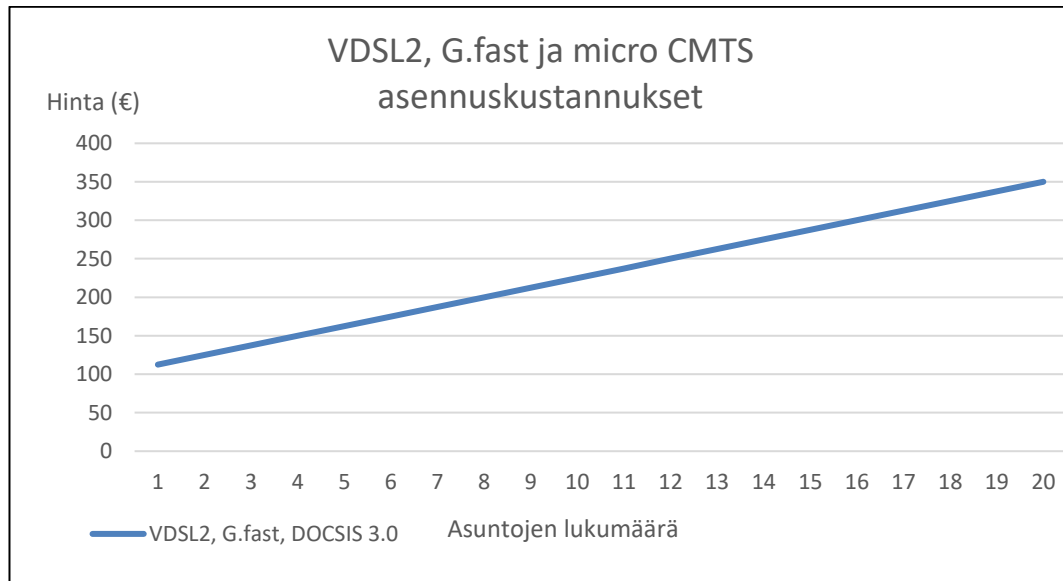
Asennus on merkittävä osa uuden liittymätyypin toteuttamista ja kuluja. Asennuksen kulut määräytyvät täysin käytettävistä työtunneista, joissa voi olla kohteesta, asennustavasta ja muutostöiden laajuudesta riippuen suuriakin eroja. Työhön käytettävää aikaa on mahdoton etukäteen tarkasti arvioida, mutta sitä voidaan ennalta asennettujen samantyylisten kohteiden perusteella arvioida. Taloyhtiöiden koko on merkittävä tekijä työmäärää arvioidessa. Taulukossa 3 on kuvattu FTTH:n oletettuja asennuskustannuksia asuntojen määrään nähden. Taulukon laskuissa on kiinteä asennusaika ja hinta asuntoa kohti, asuntojen lukumäärä on ainoa asennuskustannuksiin vaikuttava tekijä.

TAULUKKO 3. FTTH asennuskustannukset taloyhtiön koon mukaan



Taulukossa 4 on kuvattu kaikkien muiden tekniikoiden asennuskustannukset. Muut tekniikat on pystytty laittamaan samaan kuvaajaan koska ne asennetaan samalla tavalla, eikä asennusajoissa ole merkittäviä eroja. VDSL2, G.fast ja micro CMTS -tekniikat sisältävät talojakamon asennuskuluja 100 euron edestä, joka sisältää kytkimen asennuksen ja kuitukaapelin päättämisen. Laskuissa on kiinteä asennusaika asuntoa kohti, jolloin muuttuva tekijä on asuntojen lukumäärä.

TAULUKKO 4. VDSL2, G.fast, micro CMTS tekniikoiden arvioidut asennuskustannukset taloyhtiön koon mukaan

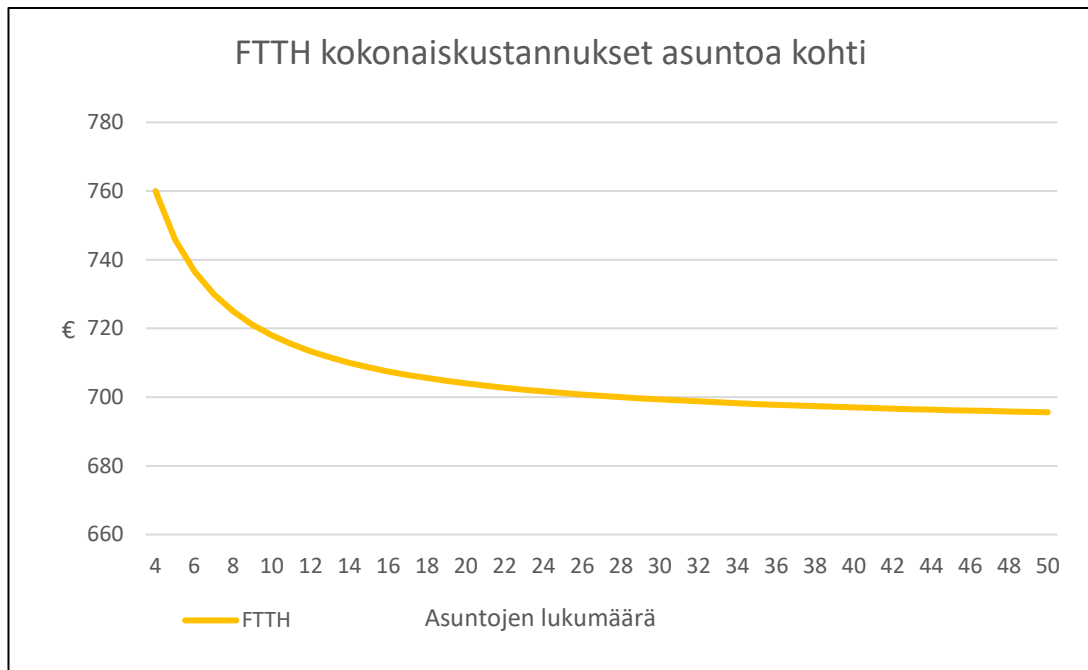


Taulukoista huomataan FTTH:n asennuskulujen olevan huomattavasti suuremmat kuin muilla tekniikoilla. Esimerkiksi 10 asunnon kokoisessa taloyhtiössä FTTH:n asennuskustannukset ovat 2500 euroa, kun muilla tekniikoilla päästään alle 250 euron asennuskustannuksilla. Syy eroon on sisäverkon uudistaminen ja asunnoissa tehtävät toimet, joita on ainoastaan FTTH -tekniikan asennuksessa. Taulukoissa ei ole otettu huomioon taloyhtiön tutkimiseen ja tutustumiseen käytettävää aikaa, joka tarkoittaa kulkulupien, talojakamon ja piirustusten sekä sisäverkon tutustumiseen kuluvaa aikaa.

5.3 Kokonaiskustannukset

Taloyhtiöiden liittymätyyppien muutoksen kokonaishintaan vaikuttaa asennettava tekniikka, asennuksen työmäärä, laitteiden hinta ja taloyhtiön koko. Taloyhtiöiden välisiä rakenteellisia eroja ei ole tässä työssä huomioitu, koska kaikki kiinteistöt ovat erilaisia eikä ole olemassa yhtä mallia, mikä kattaisi kaikki. Seuraavissa taulukoissa on verrattu liittymätyypin muutoksen kokonaishintoja taloyhtiöiden kokoon nähden, ja hinnat on taulukoitu asuntoa kohden. Taulukossa 5 on esitetty FTTH-asennustavan kokonaiskustannukset asuntoa kohti.

TAULUKKO 5. FTTH asennustavan kokonaiskustannukset asuntoa kohti



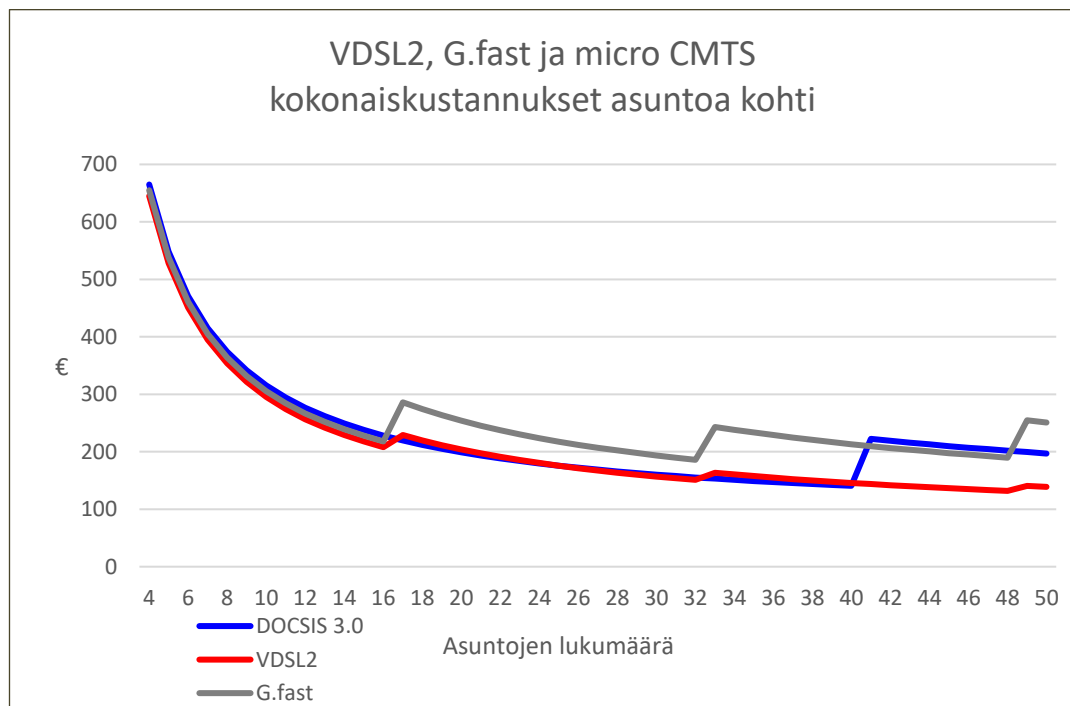
Taulukosta huomataan asuntojen määrän merkitys FTTH:n kokonaishintaan asuntoa kohti. Asuntojen määrän kasvaessa asennushinta yhtä asuntoa kohti laskee. Taulukossa 6 on esitetty FTTH asennustapaan vaikuttavia tekijöitä. FTTH:n kokonaishinnan muutokseen vaikuttavia tekijöitä ovat talojakamon muutokseen kuuluva työaika ja sähkönsyöttö talojakamossa, mitkä jakaantuvat kaikkien asuntojen kesken. Asennushinnan kiinteitä kuluja ovat laitekustannukset ja sisäverkon rakentamisen sekä asunnon sähkönsyötön kulut. Sähkönsyötöillä tarkoitetaan laitteiden sähköistämistä eli pistorasioiden asennuksia tekniikoiden vaatimille laitteille.

TAULUKKO 6. FTTH asennuksen tarvikkeet ja työkohteet

FTTH
Päätelaite
Reititin (WLAN)
Sisäverkon rakentaminen
Sähkönsyöttö talojakamo
Sähkönsyöttö asunto
Talojakamon kulut

Taulukossa 7 on esitetty kolmen muun tekniikan kokonaiskustannukset asuntoa kohti. Tekniikoiden kokonaiskustannukset on esitetty samassa taulukossa niiden samankaltaisuuden ja helpomman vertailun vuoksi.

TAULUKKO 7. VDSL2, G.fast ja micro CMTS -tekniikoiden kokonaiskustannukset asuntoa kohti esitettynä



VDSL2, G.fast ja micro CMTS asuntokohtaisista kokonaishinnoista huomataan tekniikoiden samankaltaisuus. Kaikissa kuvaajissa on myös äkillisiä hinnan nousuja, jotka johtuvat asiakaskorttien tai kytkimien muutoksista ja lisäyksistä. Vähäisillä asuntomäärillä FTTH ja muut asennustekniikat ovat lähempänä samoja hintoja, mutta asuntojen määrän kasvaessa FTTH (taulukko 5) on muita huomattavasti kalliimpi. Asennuksien selkeästi kallein osa-alue on kytkin. Kuuteentoista liittyjään asti tekniikat ovat hyvin samanhintaisia ja eroja syntyy vasta kytkinten laajennusten tai isompaan vaihdon vuoksi. G.fastin kytkimien liittymämäärän ollessa rajallisempi kuin VDSL2 ja micro CMTS joudutaan kytkimiä asentamaan useampi suuremmissa taloyhtiöissä, jolloin kokonaishinta yli 16 liittymän taloyhtiöissä on hieman korkeampi. Micro CMTS tarvitsee vasta yli 40 asunnon taloyhtiöissä isomman kytkimen, joka tekee siitä hyvin kilpailukykyisen varsinkin asuntojen määrän kasvaessa. Taulukossa 8 on esitetty VDSL2, G.fast ja micro CMTS -tekniikoiden kokonaiskustannusten tekijät.

TAULUKKO 8. VDSL2, G.fast ja micro CMTS asennustapojen kokonaiskustannusten tekijät

VDSL2	G.fast	DOCSIS 3.0
Asennuskulut	Asennuskulut	Asennuskulut
Reititin (WLAN)	Reititin (WLAN)	Reititin (WLAN)
Kuidun päättäminen	Kuidun päättäminen	Kuidun päättäminen
Sähkönsyöttö talojakamo	Sähkönsyöttö talojakamo	Sähkönsyöttö talojakamo
VDSL2 kytkin	G.fast kytkin 16	Micro CMTS kytkin 40
VDSL asiakaskortti	G.fast kytkin 32	Micro CMTS kytkin 400

Taulukossa esitetyistä kuluista kiinteitä ovat asennuskulut ja reititin. Muuttuvia kuluja ovat kuidun päättäminen, sähkönsyöttö talojakamossa, sekä tarvittavat kytkimet ja asiakaskortit. Muuttuvat kulut jaetaan asuntojen lukumäärän suhteen. VDSL2 asennustekniikka on ainoa jonka kytkimeen on laajennusmahdollisuus asiakaskorttien muodossa. Asiakaskortteja lisätään taloyhtiön asuntojen ja liiketilojen määrän mukaan, eli niin paljon kuin on mahdollisia liittymiä. G.fast ja micro CMTS tekniikoissa joudutaan asentamaan isompi kytkin tai vaihtoehtoisesti toinen rinnalle.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Lähtökohtaisesti työssä oli neljä erilaista tiedonsiirtotekniikkaa, joita verrattiin toisiinsa nopeuksien, asennustapojen ja kustannusten näkökulmasta. Tiedonsiirtotekniikat jakautuivat selkeästi kahteen eri ryhmään, FTTH eli optinen kuituyhteys ja muut. Muut sisältää VDSL2, G.fast ja micro CMTS -tekniikat, mitkä osoittautuivat hyvin samankaltaisiksi monilta osin. FTTH oli selkeästi paras vaihtoehto luotettavuuden ja tiedonsiirtonopeuden puolesta kaikenkokoisissa taloyhtiöissä, mutta se oli myös työmääränsä vuoksi selkeästi kallein vaihtoehto. Taloyhtiöiden muiden remonttien, esimerkiksi putkiremontin yhteydessä kuitenkin tulisi huomioida myös tietoliikenneverkon saneeraus. Optinen valokuituyhteys on lähes rajattoman mahdollisuutensa ansiosta paras vaihtoehto tiedonsiirtoon, jos kustannuksilla ei ole väliä. Muut tekniikat mahdollistavat hyviä tiedonsiirtonopeuksia, mutta eivät yllä ainakaan toistaiseksi valokuidun tasolle. Vaihtoehtoiset tekniikat pidentävät taloyhtiöissä puhelinsisäverkon käyttöikä, mikä mahdollistaa nopeat yhteydet ilman kalliin yleiskaapeloinnin rakentamista. Muilla tekniikoilla on toisaalta myös rajansa tiedonsiirtonopeudessa, jotka tulevat jossain vaiheessa vastaan varsinkin käytettäessä koajan vanhenevaa käyttömahdollisuuksiltaan rajallista puhelinsisäverkkoa. Hankintakustannukset ovat muilla tekniikoilla kuitenkin huomattavasti pienemmät verrattaessa FTTH:n, mikä on monesti ratkaiseva tekijä, varsinkin taloyhtiöissä joissa on paljon vuokra-asuntoja.

Käyttäjän kannalta tiedonsiirtonopeudet ovat kaikissa tekniikoissa hyvät, varsinkin verrattaessa perinteiseen ADSL2+ -kupariyhteyteen, jonka nopeudet ylittyivät jokaisella tekniikalla moninkertaisesti. Toisaalta vaatimuksena on valokuituyhteyden tuominen taloyhtiöön tai sen välittömään läheisyyteen, mikä lisää kustannuksia varsinkin jos kuitukaapeli joudutaan tuomaan kauempaa. FTTH oli ainoa, joka toi käyttäjälle asti kuituyhteyden ja sitä kautta huomattavasti nopeamman yhteysmahdollisuuden. FTTH vaatii sisäverkossa hyvän yleiskaapeloinnin toimiakseen parhaalla mahdollisella nopeudella. Muissa tekniikoissa käytettävät kytkimet vaativat toimiakseen kuituyhteyden. Teleoperaattorin näkökulmasta asennustyylit ja kokonaishinnat jakautuivat myös kahtia, FTTH:n ja muiden tekniikoiden välillä. Micro CMTS oli ainoa tekniikka joka hyödyntää yhteisantenni-verkkoja, muut toimivat puhelinsisäverkoissa tai yleiskaapelointiverkoissa. Myöskään taloyhtiön koolla ei ollut merkitystä eri tekniikoissa, vaan nopeudet ja kustannukset olivat hyvin samanlaisia.

Viestintäviraston määräys kiinteistön sisäverkoista ja teleurakoinnista on tehnyt sisäverkkojen uudistamisesta vanhoihin kiinteistöihin niin laajan ja hintavan, että operaattoreiden ja asiakkaiden mielenkiinto sitä kohtaan on laskenut huomattavasti. Operaattorit joutuvat käyttämään paljon aikaa ja työvoimaa määräyksen täyttämiseen, mikä johtaa asiakkaan näkökulmasta usein liian kalliiseen liittymätyyppiin. Käytännössä dokumenttien ja asennusteknisten ratkaisujen vaatimukset ovat niin kalliit, etteivät taloyhtiöt ole kovinkaan usein valmiita maksamaan tiedonsiirtoverkon saneerauksesta optiseen valokuituun. On kuitenkin olemassa vaihtoehtoisia menetelmiä, kuten tässä työssä esitetyt eri tiedonsiirtotekniikat, jotka eivät vaadi sisäverkon saneerausta eivätkä siten tuota kustannuksia niin paljoa. Sisäverkon saneerauksen välttäminen säästää taloyhtiön kustannuksia ja teleoperaattorin työmäärää, mutta asukkaat saavat silti päivitettyä tiedonsiirtonsa nykypäivän tasolle. Lähitulevaisuudessa tiedonsiirron tarpeet kuitenkin oletettavasti kasvavat entisestään, jolloin tekniikoiden on jatkettava kehittymistään tai muuten optinen valokuituyhteys on näistä tekniikoista ainoa tarpeet täyttävä vaihtoehto. Uudet taloyhtiöt ovat paremmassa asemassa, koska sisäverkkoa ei jouduta muokkaamaan, vaan niissä asennetaan jo rakennusvaiheessa hyvä yleiskaapelointi sekä valmis kuitukaapelointi jokaiseen huoneistoon.

Työn vertailussa onnistuttiin niiltä osin kuin oli tarkoituskin, saada vertailutuloksia tiedonsiirron taloyhtiösovelluksista neljällä eri tekniikalla. Tarkempia tuloksia, varsinkin nopeuksista, olisi saatu oikeiden työkohteiden avulla. Koska Lounea Palvelut Oy ei toteuta kaikkia tapoja, oli alusta asti selvää että työ tehdään teoriapohjaisena. Vertailussa otettiin kantaa taloyhtiöihin ja niissä tehtäviin toimenpiteisiin. Jotta uuden liittymätyypin asennuksesta saisi kokonaiskuvan pitäisi selvittää operaattorin laitetilasta asti kaikki kustannukset asiakkaan valmiiseen liittymään saakka. Verkonrakennusta ei työssä huomioitu, mutta se on merkittävässä osassa teleoperaattorin kustannuksia.

LÄHTEET

ADSL2 speed against distance. Luettu 25.2.2017

<http://www.increasebroadbandspeed.co.uk/wp-content/uploads/2012/01/ADSL-adsl2-speed-against-distance.png>

Asuinkiinteistön Internet -liittymän hankinnassa kaksi vaihtoehtoa. Luettu 27.2.2017.

<http://www.taloyhtio.net/ajassa/laajakaista/laajakaistavaihtoehdot/>

Asuinkiinteistön tietoliikenneverkon uudistaminen. 2014. Viestintävirasto. Luettu 20.2.2017

https://www.viestintavirasto.fi/attachments/Asuinkiinteiston_tietoliikenneverkon_uudistaminen_2014.pdf

DARPA / ARPA Defence / Advanced Reserch Project Agency. Luettu 15.2.2017

http://www.livinginternet.com/i/ii_darpa.htm

DNA Oyj.Uuden sukupolven laajakaista. Luettu 18.3.2017

<https://www.dna.fi/kiinteaverkko>

Dr. Stefan Vanhastel and Paul Spruyt. 4.7.2013.The numbers are in: Vectoring 2.0 makes G.fast faster. Nokia. Luettu 18.3.2017

https://insight.nokia.com/sites/default/files/wp-content/uploads/2013/07/NP2013061722_fig01.jpg

Electronicdesing. Luettu 15.3.2017

<http://www.vtekcomm.com/whats-the-difference-between-epon-and-gpon-optical-fiber-networks/>

Fiber Optics: Knocking on the Copper Door. Connector Supplier. 18.3.2015. Luettu 18.3.2017

<http://www.connectorsupplier.com/fiber-optics-knocking-on-the-copper-door/>

Fixed access: Stay Ahead of the Ultra-Broadband Curve. 6.1.2014. Nokia. Luettu 17.3.2017

<https://insight.nokia.com/fixed-access-stay-ahead-ultra-broadband-curve>

G.fast: Deliver high bit rates on short copper loops. Nokia. Luettu 18.3.2017

<https://networks.nokia.com/solutions/g.fast>

G.fast Faster. Nokia. 4.7.2013 Luettu 18.3.2017

<https://insight.nokia.com/numbers-are-vectoring-20-makes-gfast-faster>

G.fast. Nokia. Luettu 18.3.2017

<https://networks.nokia.com/solutions/g.fast>

How GPON Works. Luettu 17.3.2017

<http://www.gpon.com/how-gpon-works>

Internetin osoitekäytäntö. Luettu 15.2.2017

<http://www.internetopas.com/yleistietoa/osoitteet/>

Internetin rakenne ja toimintaperiaate. Luettu 15.2.2017

<http://www.internetopas.com/yleistietoa/rakenne/>

KH 34-00335. Asuntoyhtiön sähkö-, antenni- ja puhelinsisäverkkojen uusiminen. 1.10.2003. Rakennustietosäätiö RTS sr ja Rakennustieto Oy. KH Net tietopalvelu.

https://www.rakennustieto.fi.elib.tamk.fi/kortistot/tuotteet/KH_8738.html.stx

Laajakaista – Nopeaa ja luotettavaa nettisurffailua. Luettu 15.2.2017

<http://lounea.fi/yksityisille/nettiyhteydet/kiinteaa-laajakaista/>

Line Pictures of Network Topologies. 25.10.2016. Luettu 25.2.2017

<http://www.wellnessarticles.net/faa61fd512ad7cbe-line-pictures-of-network-topologies.html>

Lounea kaapelikaista palvelukuvaus. Lounea Palvelut Oy. Luettu 23.3.2017

http://lounea.fi/media/filer_public/a2/a1/a2a1926b-bdfb-418e-b852-a0c738bce476/lounea_kaapelikaista_palvelukuvaus_20160222.pdf

Mikä on Internet? Luettu 15.2.2017

<http://www.internetopas.com/yleistietoa/internet/>

Määräys 65 kiinteistön sisäverkoista ja teleurakoinnista (Määräys 65 B/2016). 29.6.2016. Viestintävirasto.

<https://www.viestintavirasto.fi/ohjausjavalvonta/laitmaarayksetpaatokset/maaraykset/maarays65kiinteistonsisaverkoistajateleurakoinnista.html>

Network Topology – Star Topology. 7.9.2015. Network Topology Tutorials 101. Luettu 25.2.2017

<https://networktopologytutorials101.wordpress.com/>

Optisen verkon rakenne. Onninen Group. Luettu 2.3.2017

http://www.onninen.com/SiteCollectionDocuments/Finland%20Documents/Tuotteet/Tietoliikennetuotteet/Kiinteistojen_kaapelointijarjestelmat/optverkonrakenne.jpg

Per-Erik Eriksson and Björn Odenhammar. 2006. VDSL2: Next important broadband technology. Luettu 16.3.2017

https://www.ericsson.com/ericsson/corpinfo/publications/review/2006_01/files/vdsl2.pdf

Petteri Järvinen. 20.9.2016. Valokuidun ABC. Pdf. Luettu 29.3.2017

https://finnet.fi/app/uploads/2016/06/Kuitukoulutus_Petteri-J%C3%A4rvinen.pdf

Point-to-point network architecture. ICP-ANACOM. Luettu 17.3.2017

<https://www.anacom.pt/render.jsp?categoryId=340669>

Suomalaiset käyttävät internetiä yhä useammin. Korjattu 19.12.2016. Luettu 15.2.2017

http://www.stat.fi/til/sutivi/2016/sutivi_2016_2016-12-09_tie_001_fi.html

Suomen virallinen tilasto: Väestön tieto- ja viestintätekniikan käyttö [verkkojulkaisu] Liitetäulukko 9. Internetin käyttö ja käytön useus 2016, %-osuus väestöstä. Luettu 22.4.2017

http://www.stat.fi/til/sutivi/2016/sutivi_2016_2016-12-09_tau_009_fi.html

Taloyhtiöille. Lounea Palvelut Oy. Luettu 28.2.2017.

<http://lounea.fi/taloyhtiöille/>

Taloyhtiöt, verkkoyhteydet. Lounea Palvelut Oy. Luettu 27.2.2017.

<http://lounea.fi/taloyhtiöille/yhteydet/verkkoyhteydet-taloyhtiöt/>

Tech-FAQ. Päivitetty 11.3.2016. DOCSIS (Data Over Cable Service Interface Specification). Luettu 23.3.2017

<http://www.tech-faq.com/docsis.html>

Televiisio- ja äänilähetysten vastaanotto edellyttää toimivaa sisäverkkoa. 7.4.2014. Viestintävirasto.

<https://www.viestintävirasto.fi/tvradio/jakelujavastaanotto/sisaverkot/taloyhtiöille.html>

Uusi sisäverkkomääräys monipuolistaa kiinteistöjen tiedonsiirtoverkkoja. 29.1.2014. Deski.fi Luettu 20.2.2017

<http://deski.fi/9/uusi-sisaverkkomääräys-monipuolistaa-kiinteistöjen-tiedonsiirtoverkkoja-18907>

Valokaista – huippunopea netti. Luettu 15.2.2017

<http://lounea.fi/yksityisille/nettiyhteydet/valokaista/>

VDSL2 vectoring. Nokia. Luettu 10.3.2017

<https://networks.nokia.com/solutions/vdsl2-vectoring>

Verkon yleisrakenne. 2006. Luettu 22.4.2017

<https://www.cs.helsinki.fi/u/kervasti/projects/zanzibar/>

WTD Frenzel Fig. 2014. Luettu 3.3.2017

http://electronicdesign.com/site-files/electronicdesign.com/files/uploads/2014/01/0114_WTD_frenzel_Fig.gif

LIITTEET

Liite 1. Viestintäviraston määräys 65B/2016 (muokattu)

1(2)

Määräys kiinteistön sisäverkoista ja teleurakoinnista

Annettu Helsingissä 29 päivänä kesäkuuta 2016

Viestintävirasto on määrännyt 7 päivänä marraskuuta 2014 annetun tietoyhteiskunta-kaaren (917/2014) 244, 249 ja 277 §:n nojalla.

Luku 11 Dokumentointi

33 § Suunnitteludokumentointi

Sisäverkoista on laadittava suunnitteludokumentit, joista ilmenee vähintään seuraavat asiat:

- 1) rakennettavien tai kunnostettavien eri sisäverkkojen tyypit ja rakenne (johtokaavio-suunnitelmat);
- 2) sisäverkkoa uudistettaessa tieto mahdollisista rinnalle jätettävistä sisäverkoista;
- 3) huoneistonumerointi;
- 4) liityntäkaapelien sisääntulot;
- 5) antennit ja antennimaston paikkaehdotus;
- 6) sisäverkkojen suunniteltu suorituskyky ja järjestelmäarvot;
- 7) päävahvistimen ja tähtipisteiden rakenne ja sijoitus;
- 8) kytkentäpaikkojen numerointi, rakenne ja sijainti;
- 9) ristikytkentöjen kytkentäluettelot;
- 10) tietoliikennesasioiden, antennirasioiden ja muiden liitännärasioiden esimerkkityypit ja sijoitus;
- 11) suunnitellut materiaalit ja mahdolliset asennettavat laitteet;
- 12) kaapelireitit;
- 13) kaapelien suunnittelupituudet;
- 14) laitetilojen, kaappien, koteloiden ynnä muiden sellaisten varustukset, lukitus ja sijainnit;
- 15) sähkönsyötöt mahdollisine varmuuksineen;
- 16) maadoitukset ja potentiaalintasaukset;
- 17) paloturvallisuutta koskevat mahdolliset kohdekohtaiset erityisvaatimukset.

34 § Tarkastuspöytäkirjat

Suoritettavasta asennustöistä on laadittava tarkastuspöytäkirjat, joista ilmenee tämän määräyksen vaatimusten täyttyminen.

Tarkastuspöytäkirjojen on sisällettävä vähintään seuraavat asiat:

- 1) ajankohdat, jolloin määräyksen mukaisuus on todettu;
- 2) vaatimusten mukaisuuden toteaja;

Viestintävirasto 65 B/2016 M 16 (18)

2(2)

- 3) selvitys tämän määräyksen 30 §:n 3 momentin edellyttämistä tarkastuksista;
- 4) kuvaus mittauksissa käytetyistä testauskoonpanoista ja mittauslaitteista;
- 5) tämän määräyksen luvun 10 edellyttämien mittausten tulokset;
- 6) selvitys tämän määräyksen 6 §:n 4 momentin edellyttämistä tarkastuksista.

Tarkastuspöytäkirjat on tehtävä ja luovutettava työn tilaajalle ennen sisäverkon käyttöönottoa.

Sisäverkon rakentaneen teleurakoitsijan on säilytettävä laatimansa tarkastuspöytäkirjat tai niiden jäljennökset turvallisessa paikassa vähintään kaksi (2) vuotta työn luovuttamisesta.

35 § Loppudokumentointi

Rakennetuista, uudistetuista sisäverkkoista ja tehtyjen muutosten osalta kunnostetuista sisäverkkoista on ennen verkon käyttöönottoa laadittava ja luovutettava työn tilaajalle verkkojen käytössä ja ylläpidossa tarvittavat loppudokumentit, joista ilmenee vähintään seuraavat asiat:

- 1) käytävissä olevien eri sisäverkkojen tyypit ja rakenne (johtokaaviot);
- 2) huoneistonumerointi;
- 3) liityntäkaapelien sisääntulot;
- 4) antennit, antennimaston sijainti ja antennimaston lujuuslaskelmat;
- 5) sisäverkkojen suorituskyky ja järjestelmäarvot sekä arvio verkkojen mahdollistamista palveluista;
- 6) päävahvistimen ja tähtipisteiden rakenne ja sijoitus;
- 7) kytkentäpaikkojen numerointi, rakenne ja sijainnit;
- 8) ristikytkentöjen kytkentäluettelot;
- 9) tietoliikennesasioiden, antennirasioiden ja muiden liitännärasioiden tyypit ja sijoitus;
- 10) käytetyt materiaalit ja mahdolliset asennetut laitteet;
- 11) kaapelien sijainnit, pituudet ja asennustapa;
- 12) kaapelien, johtojen ja kuitujen numerointi;
- 13) kaapelireitit;
- 14) laitetilojen, kaappien, koteloiden ynnä muiden sellaisten varustukset, lukitus, sijainnit ja kulkureitit;
- 15) sähkönsyötöt mahdollisine varmennuksineen;
- 16) maadoitukset ja potentiaalintasaukset;
- 17) paloturvallisuutta koskevat mahdolliset kohdekohtaiset erityisvaatimukset.

36 § Asiakirjojen ylläpito ja säilytys

Sisäverkkojen käytössä ja ylläpidossa tarvittavat asiakirjat on päivitettävä aina välittömästi, kun verkkoon on tehty muutoksia.

Sisäverkkojen asiakirjat on säilytettävä niin kauan kuin sisäverkko on käytössä.

Kiinteistön omistajan tai haltijan on huolehdittava kaikkien sisäverkon asia-kirjojen tai niiden jäljennösten säilytyksestä talojakamossa tai muussa turvallisessa paikassa, josta ne tarvittaessa on viivytyksettä saatavissa.