

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tietotekniikan koulutusohjelma
Tietokonetekniikka

Tutkintotyö

Markku Mikkola

TALOYHTIÖN LÄHIVERKKOLIITTYMÄT

Työn ohjaaja:
Tampere 2007

Ilkka Tervaoja

Tekijä: Markku Mikkola

Työn nimi: Taloyhtiön lähiverkkoliittymät

Päivämäärä: 22.5.2007

Sivumäärä: 58 sivua

Hakusanat: Internet, laajakaista, taloyhtiö, lähiverkko, HomePNA, ADSL, VDSL, Ethernet

Koulutusohjelma: Tietotekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Tietokonetekniikka

Työn valvoja: Lehtori Ilkka Tervaoja

TIIVISTELMÄ

Monien julkisten palveluiden siirtyminen internetiin on helpottanut jokapäiväisiä toimiamme ja tehnyt internetin käytöstä arkipäivää niin kodeissa kuin työpaikoillakin. Taloyhtiöt tarjoavat monelle suomalaiselle välittömän asuinympäristön ja internetin yleistymisen onkin tarjonnut taloyhtiöille mahdollisuuden parantaa asukkaidensa asumismukavuutta ja nostaa yhtiön arvoa tarjoamalla asukkailleen edulliset tietoliikenneyhteydet. Tässä työssä on pyritty esittelemään erilaisia vaihtoehtoja kuinka taloyhtiö voi itse tarjota asukkailleen edulliset ja kiinteät laajakaistayhteydet internetiin.

Työssä tarkastellaan taloyhtiön puhelinsisäverkon ja yleiskaapeloinnin soveltuvuutta taloyhtiön lähiverkon perustaksi sekä niissä yleisimmin käytettäviä tiedonsiirtotekniikoita. Puhelinsisäverkon osalta käsiteltäviä tiedonsiirtotekniikoita ovat HomePNA:n eri spesifikaatiot ja DSL-tekniikoista käsitellään ADSL-, ADSL2-, ADSL2+-, VDSL- ja VDSL2 -tekniikat. Yleiskaapeloinnin osalta käsitellään Ethernet-lähiverkon rakennetta ja ominaisuuksia. Lisäksi tutustutaan lähiverkon eri aktiivilaitteisiin ja niiden tärkeimpiin ominaisuuksiin. Eri toteutusten yhteydessä esitellään myös kuinka toteutukset käytännössä tehdään ja mitä tulee ottaa huomioon. Työn lopussa on vertailtu eri lähiverkkotekniikoilla tehtyjen toteutusten kustannuksia.

Tulevaisuudessa internetistä saatavat palvelut edellyttävät yhä nopeampia yhteyksiä toimiakseen kunnolla. Tämä asettaa taloyhtiöille haasteen pysyä kehityksessä mukana ja taloyhtiöiden tulisikin kiinnittää erityistä huomiota lähiverkkototeutusta miettiessään sen elinkaaren pituuteen.

Author: Markku Mikkola

Name of the thesis: Housing companies local area network connections

Date: 22.5.2007

Number of pages: 58 pages

Keywords: Internet, broadband, housing company, LAN, HomePNA, ADSL, VDSL, Ethernet

Degree programme: Computer systems engineering

Specialization: Computer engineering

Thesis Supervisor: Lecturer Ilkka Tervaoja

ABSTRACT

Nowadays, several public services are moved to the internet and that has made the use of the internet very common. Housing companies offers immediate living environment to many people and that gives a great possibility to raise the housing companies value by providing its residents a cheap broadband internet connections. In this study are shown the different ways how to build a broadband local area network by using housing companies existing telephone lines or separate data cabling. The presented data communications technologies, which can be used in telephone lines, are different HomePNA- specifications and most commonly used DSL-standards. Also the Ethernet technologies specifications are presented together with the data cabling. The used methods are the same which internet providers are using nowadays, when they provide subscriber lines to their customers. This work can be used as a general guide how to build local area network by using housing companies existing telephone lines or separate data cabling.

ALKUSANAT

Tämä työ on tehty kevään 2007 aikana Tampereen Ammattikorkeakoulussa tutkintotyöksi. Aiheen tähän tutkintotyöhön keksin työharjoitteluni aikana LanWorld Finland Oy:ssä, jossa suoritin työharjoitteluni tietoliikenneasentajana.

Haluan kiittää kaikkia läheisiäni ja ystäviäni, jotka ovat tukeneet ja kannustaneet minua koko opiskelujeni ajan.

Tampereella 22. toukokuuta 2007

Markku Mikkola

LYHENNELUETTELO

HomePNA	Home Phone Line Network Alliance
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line
VDSL	Very High Speed Digital Subscriber Line
POTS	Plain Old Telephone Service
LAN	Local Area Network
WAN	Wide Area Network
ITU	International Telecommunication Union
ITU-T	ITU-Telecommunications [standards group]
IEEE	Institute of Electrical and Electronic Engineers
IP	Internet Protocol
VOD	Video On Demand
NAT	Network Address Translation
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
PCI	Peripheral Control Interconnect
USB	Universal Serial Bus
OSI-malli	Open Systems Interconnection
VLAN	Virtual Local Area Network
SNMP	Simple Network Management Protocol
QoS	Quality of Service
STP	Spanning Tree Protocol
SHDSL	Symmetric High bit-rate Digital Subscriber Line
IPTV	IP-television
VoIP	Voice over Internet Protocol
AM	Amplitude Modulation
PM	Phase Modulation
FDM	Frequency Division Multiplexing
CSMA/CD	Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection

PPM	Pulse Position Modulation
CMP	Collision Management Protocol
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
DFPQ	Distributed Fair Priority Queuing
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
ANSI	American National Standards Institute

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

ALKUSANAT

LYHENNELUETTELO

SISÄLLYSLUETTELO.....	7
1 JOHDANTO.....	8
2 INTERNET - RAKENNE JA TOIMINTAPERIAATE.....	9
3 LAAJAKAISTALIITTYMIEN TARVE.....	10
3.1 Internet liittymätyypit ja niiden jaottelu.....	10
3.2 Henkilökohtainen liittymä.....	11
3.3 Jaettu yhteys.....	11
4 TALOYHTIÖN LIITTYMÄVAIHTOEHDOT.....	13
4.1 Taloyhtiön kiinteistöliittymä.....	13
4.2 Taloyhtiön lähiverkkoliittymä.....	14
5 TALOYHTIÖN SISÄJOHTOVERKOT JA NIIDEN HYÖDYNTÄMINEN LAAJAKAISTATOTEUTUKSESSA.....	15
5.1 Puhelinsisäjohtoverkon rakenne ja soveltuvuus laajakaistayhteyksiin.....	16
5.2 Yleiskaapelointijärjestelmä ja sen rakenne.....	17
5.3 Yleiskaapelointijärjestelmän soveltuvuus laajakaistayhteyksiin.....	20
6 YHTEISANTENNI- JA SÄHKÖVERKKO.....	20
6.1 Yhteisantenniverkon rakenne ja soveltuvuus laajakaistayhteyksiin.....	20
6.2 Sähköverkon soveltuvuus laajakaistayhteyksiin.....	21
7 TALOYHTIÖN LÄHIVERKON AKTIIVILAITTEET.....	22
8 TALOYHTIÖN SISÄVERKON LAAJAKAISTAISET TIETOLIIKENNETEKNIIKAT.....	25
8.1 HomePNA ja eri spesifikaatiot.....	25
8.1.1 HomePNA 1.0 ja 1.1.....	26
8.1.2 HomePNA 2.0.....	27
8.1.3 HomePNA 3.0 ja 3.1.....	28
8.1.4 HomePNA-tekniikan soveltuvuus taloyhtiön laajakaistayhteyksiin.....	28
8.1.5 Taloyhtiön HomePNA-lähiverkon toteutusperiaate.....	29
8.1.6 Erikokoisten taloyhtiöiden HomePNA-toteutusten kustannusesimerkit.....	31
8.2 DSL-tekniikat.....	34
8.2.1 ADSL-yhteydet.....	35
8.2.2 ADSL (ITU-G.992.1).....	35
8.2.3 ADSL2 JA ADSL2+.....	36
8.2.4 Taloyhtiön ADSL-lähiverkon toteutusperiaate mini-DSLAM-tekniikalla.....	40
8.2.5 Erikokoisten taloyhtiöiden ADSL-toteutuksien kustannusesimerkit.....	42
8.3 VDSL-yhteydet.....	44
8.3.1 VDSL-tekniikan soveltuvuus taloyhtiön laajakaistayhteyksiin.....	46
8.3.2 Taloyhtiön VDSL-lähiverkon toteutusperiaate.....	47
8.3.3 Erikokoisten taloyhtiöiden VDSL-toteutuksien kustannusesimerkit.....	48
9 TALOYHTIÖN ETHERNET-LÄHIVERKON RAKENNE JA TOIMINTAPERIAATE.....	50
9.1 Taloyhtiön Ethernet-lähiverkon toteutusperiaate.....	51
9.2 Erikokoisten taloyhtiöiden Ethernet-lähiverkko toteutusten kustannusesimerkit.....	53
10 ERI TOTEUTUSTEN VERTAILU JA YHTEENVETO.....	55
11 LÄHTEET.....	57

1 JOHDANTO

Laajakaistaliittymien nopea yleistyminen ja monien julkisten palvelujen siirtyminen internetiin on johtanut siihen, että internet on nykyään arkipäivää suomalaisten kodeissa ja työpaikoilla. Liikenne- ja viestintäministeriön asettaman kansallisen laajakaistatyöryhmän loppuraportin mukaan jo 53 %:lla Suomen kotitalouksista on laajakaistaliittymä ja 96,1 %:lla on mahdollisuus hankkia kiinteän verkon laajakaistayhteys. Laajakaistaliittymien määrä (kotitaloudet ja yritykset) on liki viisin kertaistunut neljässä vuodessa ja nykyään Suomessa arvioidaan olevan noin 1,5 miljoonaa laajakaistaliittymää. Taloyhtiöt tarjoavat monille kotitalouksille välittömän asuinympäristön ja nykyisin yhä useamman asukkaan perusvaatimukseen kuuluvat kiinteät internetyhteydet ja laajakaistapalvelut. Tämä antaakin taloyhtiölle hyvän tilaisuuden parantaa asukkaiden asumismukavuutta ja nostaa yhtiön arvoa järjestämällä asukkailleen helpot ja edulliset tietoliikenneyhteydet.

Tässä opinnäytetyössäni käsittelen taloyhtiölle toteutettavan kiinteän ja kapasiteetiltaan jaetun laajakaistaratkaisun eri toteutusvaihtoehtoja ja esittelen niissä käytettäviä eri lähiverkkotekniikoita. Tarkemmin käsitellään taloyhtiön puhelinsisäverkossa toimivia lähiverkkotekniikoita, joita ovat HomePNA:n eri spesifikaatiot sekä DSL-tekniikoista käsitellään eri ADSL- ja VDSL-standardit. Yleiskaapeloinnin osalta käsitellään Ethernet-tekniikkaa, koska erillinen datakaapelointi on yleistymässä uusissa taloyhtiöissä. Esimerkkitoteutusten yhteydessä käsitellään niissä tarvittavia verkon aktiivilaitteita sekä selvitetään kuinka käytännön kytkennät ja asennukset taloyhtiön talojakamoissa tehdään. Lopuksi vertaillaan keskenään eri tekniikoilla tehtyjen taloyhtiön lähiverkkototeutuksien kustannuksia.

Ajatus tästä työstä syntyi, kun suoritin työharjoittelujaksoani LanWorld Finland Oy:ssä, jossa toimin tietoliikenneasentajana. LanWorld tarjoaa muun muassa erilaisia laajakaistapalveluita niin tavallisille kuluttajille kuin isoille taloyhtiöillekin. Harjoitteluni aikana pääsin tutustumaan varsinkin taloyhtiöille tarjottavien laajakaistapalveluiden suunnitteluun, käytännön toteutukseen ja niiden

ylläpitoon. Ylläpidon osalta tutuiksi tulivat myös jaettujen laajakaistaliittymien edut ja yleisimmät ongelmakohdat sekä niiden ratkaiseminen.

Opinnäytetyöni tarkoituksena on esitellä eri toteutustapoja ja toimia yleisohjeistuksena siihen, kuinka taloyhtiö voi itse rakentaa toimivan, kapasiteetiltaan jaetun ja käyttäjilleen halvan lähiverkkoliittymän.

2 INTERNET - RAKENNE JA TOIMINTAPERIAATE

Internet on toisiinsa liitettyjen pienempien tietoverkkojen, palvelimien ja yksittäisten käyttäjien tietokoneiden muodostama kokonaisuus, joka mahdollistaa tiedonhaun tapahtumisen kaikista yhteen liittyneistä tietoverkoista samalla periaatteella. Internetin tiedonsiirto perustuu pakettipohjaiseen tiedonsiirtoon. Tämä tarkoittaa sitä, että data puretaan lähetettävässä tietokoneessa pieniksi paketeiksi, jotka lähetetään verkkoon paketti kerrallaan. Verkossa kohdetietokone tunnistaa itselleen kuuluvat paketit ja kokoaa ne yhdeksi kokonaisuudeksi. Yksi internetin peruseriaatteista on, että kaikki liikennöivät siellä tasavertaisina. /2/

Internetin rakenteen muodostavat ns. solmutietokoneet, jotka toimivat yhdyspisteinä verkon eri osien välillä. Solmutietokoneiden tehtävänä on tietää, missä ovat seuraavat siihen liitetyt solmut. Tavallisen internetin käyttäjän tietotarpeiden ja palveluiden kannalta olennaisia ovat palvelintietokoneet. Ne pitävät sisällään käyttäjälle mahdollisesti tarjottavat palvelut sekä internetissä esitetyn tiedon. Tyypillisiä internetin tarjoamia palveluja ovat esimerkiksi sähköposti, erilaisten tietojen etsiminen www-sivuilta sekä mahdollisuus tehdä omat kotisivut. /2/

3 LAAJAKAISTALIITTYMIEN TARVE

Laajakaista on dynaaminen käsite. Yksinkertaisesti selitettynä se on tiedonsiirtoyhteys, joka mahdollistaa internetissä olevien aineistojen ja palvelujen vaivattoman käytön. Nykyisin muun muassa EU:ssa ja Kansainvälisessä televiestintäliitossa ITU:ssa pidetään kiinteän laajakaistayhteyden minimi nimellisuopeutena 256 kbit/s ja käytännössä monet internet-operaattorit tarjoavatkin yhteysnopeuksinaan jo vähintään 256 / 256 kbit/s yhteyksiä. Suomessa 53 %:lla kotitalouksista on laajakaistaliittymä ja operaattorien ilmoituksen mukaan yleisin laajakaistaliittymän yhteysnopeus on 2 Mbit/s käyttäjältä verkkoon päin. Voidaankin olettaa, että laajakaistatekniikoiden ja internet-palveluiden kehittyessä hankittavat yhteysnopeudet jatkavat kasvamistaan.

Nykyään jo monet internetin ja operaattoreiden tarjoamat viihde- ja hyötypalvelut vaativat vähintään 1 Mbit/s yhteysnopeuden toimiakseen juostavasti ja mielekkäästi käyttäjän kannalta. Tällaisia palveluja ovat esimerkiksi IP- ja videopuhelut sekä VOD-elokuvapalvelut (Video On Demand). Tavalliseen nettiselailuun ja erilaisten julkisten palveluiden käyttöön, kuten verkkopankissa asioimiseen riittää hyvin vielä 256 kbit/s liittymänopeus, mutta mielekästä siitä tekee vähintään 512 kbit/s liittymänopeus. Osa tarjottavista palveluista vaatii myös käyttäjältään julkista IP-osoitetta ja nämä asiat tulisi huomioida suunniteltaessa taloyhtiön laajakaistaratkaisua.

3.1 Internet liittymätyypit ja niiden jaottelu

Kuluttaja voi hankkia kotiinsa kiinteän internet-liittymän joko henkilökohtaisella liittymällä tai jaettuun yhteyteen perustuvalla liittymällä jos taloyhtiöön on hankittu esimerkiksi kiinteistöliittymä. Tässä kappaleessa selvitetään henkilökohtaisen ja jaetun internet-yhteyden eroja sekä esitellään taloyhtiön liittymävaihtoehtoja, jotka perustuvat jaettuun yhteyteen.

3.2 Henkilökohtainen liittymä

Henkilökohtainen liittymä on yleisin ja helpoin tapa saada laajakaistayhteys kotiin. Tässä liittymämallissa yksityishenkilö tilaa valitsemaltaan internet-operaattorilta laajakaistayhteyden haluamallaan nopeudella / palveluilla ja tekee operaattorin kanssa liittymäsopimuksen. Tällöin operaattori hoitaa kaikki liittymän avaamiseen liittyvät toimenpiteet sekä avustaa liittymän käyttöönotossa ja mahdollisesti tarvittavien laitteiden myymisessä tai vuokraamisessa. Monet operaattorit tarjoavat myös maksullisia ”Avaimet käteen” -asennuspalveluja asiakkailleen, johon yleensä kuuluu liittymän avauksen lisäksi mahdollisten aktiivilaitteiden kuten ADSL-modeemin asennukset sekä yhteyden toiminnan testaus asiakkaan koneella. Henkilökohtaisen liittymän peruspalveluihin kuuluu yleensä sähköpostiosoite ja kotisivutilaa sekä maksullinen käyttötukipalvelu, jota voi tarvita erilaisissa internet- ja yhteysongelmissa. Liittymäsopimuksissa on usein myös rajattu liittymän käyttöä ja esimerkiksi palvelimien pito on usein kiellettyä ja liittymään kytkettävien tietokoneiden määrää on rajoitettu. Henkilökohtaisen liittymän suurin miinus on edelleen hinta. Vaikka hintakehitys on viime vuosina ollut laskeva, joutuu nykyäänkin maksamaan 256 / 256 kbit/s yhteydestä noin 15–20 €/ kk riippuen sijainnista ja paikallisten operaattoreiden hintatasosta. Henkilökohtaisen liittymän etuina voidaan mainita se, että koko kaista on kokonaan liittymän tilaajan käytössä, eikä nopeuteen vaikuta muiden käyttäjien samanaikainen liikennöinti verkossa, toisin kuin esimerkiksi operaattoreiden kiinteistöliittymissä.

3.3 Jaettu yhteys

Jaettua yhteyttä hyödynnetään yleensä taloyhtiöiden ja yritysten laajakaistaratkaisuuissa. Jaetussa yhteydessä taloyhtiön tai yrityksen kiinteistöön tilattu internet-perusliittymä jaetaan kaikkien siihen liittyneiden käyttäjien kesken. Jaetun yhteyden nopeuteen vaikuttaa ratkaisevasti yhtäaikaisen käytön määrä ja tarkemmin yhtäaikaisesti kuljetettavien pakettien määrä. Yhteyden auki pitäminen

ei kaistaa vie ja verkkokäyttöä tutkittaessa on havaittu, että suurimman osan aikaa verkko odottaa kuljettavaa. Jaetun yhteyden suurin etu on sen halpa hinta. Liittymämääristä riippuen päästään kohtalaisen helposti noin 5 €n kuukausimaksuun käyttäjää kohden. Toisaalta suuret liittymämäärät lisäävät luonnollisesti myös verkon käytön määrää ja yhteys joudutaan jakamaan yhä useamman käyttäjän kesken. Tällöin verkon samanaikainen raskas käyttäminen helposti lisääntyy ja verkon kapasiteetti voi loppua, mikä näkyy käyttäjälle yhteyden selvänä hidastumisena tai pahimmassa tapauksessa sen toimimattomuutena. Tähän on kuitenkin keksittävässä erilaisia ratkaisuja, joista ehkä toimivin on se, että taloyhtiössä luodaan selvät pelisäännöt yhteyden käyttämiseen. Tällöin kannattaa kieltää kokonaan vertaisverkkojen käyttö sekä palvelimien pitäminen. Lisäksi eri laitteistoratkaisuilla saadaan parannettu palveluntasoa ruuhka-aikoina. Suuri merkitys on myös sillä, että taloyhtiöön tai yritykseen on tilattu riittävän nopea perusliittymä. Taulukossa 1 on esitelty käyttäjämääriin perustuvat suositukset taloyhtiöön tilattavan perusliittymän minimi nopeuksista.

Taulukko 1 Taloyhtiön internet-perusliittymän mitoitusohje (suositus tavalliseen nettikäyttöön) /1/

Huoneistojen määrä (käyttäjät)	Yhteinen tietoliikennekapasiteetti
5–15	2 Mbit/s / 512 kbit/s
16–30	4 Mbit/s / 512 kbit/s
31–60	8 Mbit/s / 1Mbit/s
60–100	12 Mbit/s / 1 Mbit/s
100–	Yli 12 Mbit/s

Taulukossa 2 on esitetty internet-perusliittymän mitoitusohje taloyhtiöihin, joissa on käytössä yleiskaapelointijärjestelmä. Yleiskaapelointijärjestelmä mahdollistaa kaapeloinnista ja laitteista riippuen automaattisesti 10/100/1000 Mbit/s tiedonsiirtonopeuden sisäverkossa. Tällöin on luontevaa hankkia hieman nopeampi internet-perusliittymä, joka soveltuu hieman raskaampaan käyttöön.

Taulukko 2 Taloyhtiön internet-perusliittymän mitoitusohje (yleiskaapelointi)
/1/

Huoneistojen määrä (käyttäjät)	Yhteinen tietoliikennekapasiteetti
5–15	8/1 Mbit/s
16–30	12/1 Mbit/s
31–60	24/3 Mbit/s
60–100	48/3 Mbit/s
100– Yli	48 Mbit/s

Perusliittymän nopeuden arvioiminen erilaisista suosituksista huolimatta voi kuitenkin olla monessa tapauksessa vaikeaa. Monesti vasta käytännön testauksen ja käyttäjien palautteen perusteella löydetään hintatasoltaan sekä nopeudeltaan sopiva ratkaisu. Jaetun yhteyden hyvä ja helppo laajennettavuus niin käyttäjämäärien kuin liittymänopeudenkin suhteen on yksi sen suurimmista eduista.

4 TALOYHTIÖN LIITTYMÄVAIHTOEHDOT

Taloyhtiön liittymävaihtoehdot perustuvat tekniseltä ratkaisultaan jaettuun yhteyteen. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että perusliittymän kapasiteetti jaetaan käyttäjien kesken taloyhtiön oman lähiverkon kautta. Tässä tarkastellaan taloyhtiön kahta eri liittymävaihtoehtoa, joita kutsutaan tässä työssä kiinteistöliittymäksi ja lähiverkkoliittymäksi.

4.1 Taloyhtiön kiinteistöliittymä

Kiinteistöliittymä on internet palveluyrityksen valmiiksi tuotteistama palvelupaketti samassa taloyhtiössä asuville. Se on käyttäjälle hyvin samantapainen

tuote kuin henkilökohtainen liittymä, etuna kuitenkin selvästi halvempi kuukausimaksu. Tässä ratkaisussa liittymän tarjoava internet-operaattori huolehtii kaikesta: asennuksista, ylläpidosta ja käyttäjien laskutuksesta. Lisäksi kukin käyttäjä tekee erikseen henkilökohtaisen liittymäsopimuksen operaattorin kanssa, eikä taloyhtiön tarvitse osallistua liittymän rakentamisesta ja ylläpidosta aiheutuviin kustannuksiin. Yleensä operaattoreiden tarjoamat kiinteistöliittymät sisältävät myös joukon erilaisia palveluja, kuten esimerkiksi sähköpostilaatikon sekä mahdollisuuden tehdä omat kotisivut. Nämä palvelut kuuluvat yleensä kiinteästi kiinteistöliittymäpakettiin ja ne on ostettava riippumatta siitä tarvitseeko niitä vai ei. /1/

Kiinteistöliittymän tarjoava operaattori tarvitsee taloyhtiön hallituksen antaman asennusluvan, josta hallitus tekee erillisen sopimuksen. Operaattorikohtaisesti vaaditaan yleensä vähintään 5 liittymän hankkijaa, jotta liittymän toteuttaminen olisi operaattorille kannattavaa. Joissakin tapauksissa saattaa riittää pienempikin liittymämäärä mutta se voi helposti nostaa liittymän kuukausimaksuja. Liittymän asennus- ja kuukausimaksuun vaikuttaakin suuresti heti alussa liittyvien asuntojen määrä sekä taloyhtiön koko. Isoissa taloyhtiöissä voi muutamakin liittymä alussa riittää, sillä todennäköisesti ajan mittaan mukaan liittyy muitakin asuntoja. /1/

4.2 Taloyhtiön lähiverkkoliittymä

Lähiverkkoliittymä vaihtoehdossa taloyhtiö ottaa aktiivisen roolin ja käytännössä rakentaa itse oman lähiverkkonsa ja hallinnoi sitä. Tällöin taloyhtiö tilaa internet-perusliittymän joltakin valitsemaltaan operaattorilta, sekä suunnittelee ja hankkii lähiverkon toteutukseen ja mahdollisesti tarjottavien palveluiden ylläpitoon tarvittavan laitteiston. Taloyhtiö voi halutessaan myös ulkoistaa palvelut kilpailuttamalla ne niitä tarjoavilla internet-operaattoreilla. Lähiverkkoliittymä ratkaisussa käyttäjät tekevät käyttösopimuksen taloyhtiön kanssa ja taloyhtiö myös hoitaa liittymän laskuttamisen. Käyttäjien ei myöskään tarvitse maksaa kuin niistä palveluista joita todellisuudessa haluavat käyttää. Tällöin taloyhtiön

lähiverkkoliittymän käyttäjäkohtainen kuukausimaksu muodostuu suoraan siihen liittyvien asuntojen määrästä sekä taloyhtiön tilaaman internet- perusliittymän hinnasta. Hintaa saadaan entisestään alennettua, jos taloyhtiö tekee mahdollisimman paljon itse. Jos taloyhtiön asukkaat eivät ole kovin nopeuskriittisiä, saadaan käyttäjäkohtainen kuukausiveloitus laskettua jopa selvästi alle 5 €n. /2/

Lähiverkkoliittymän suurimpana etuna on se, että se voidaan räätälöidä hyvin asukkaiden tarpeita vastaavaksi sekä liittymän nopeus / hintasuhde voidaan sovittaa haluttuun tasoon. Lisäksi taloyhtiön omistaessa lähiverkon muodostamiseen tarvittavan tekniikan, on uusien käyttäjien kytkeminen ja irtisanominen helppoa ja nopeaa. Lähiverkkoliittymän rakennus ja ylläpito vaatii kuitenkin taloyhtiön sisältä paljon työtä ja asiantuntemusta. Lisäksi riskinä taloyhtiölle jää käyttäjäkohtaisten maksujen perintä. Liittymälle on myös jatkossa löydyttävä tarpeeksi käyttäjiä, jotta laitteistokustannukset saadaan kuoletettua ja internet-perusliittymän kuukausimaksut sekä mahdolliset ulkoistetut palvelut saadaan maksettua. /2/

5 TALOYHTIÖN SISÄJOHTOVERKOT JA NIIDEN HYÖDYNTÄMINEN LAAJAKAISTATOTEUTUKSESSA

Taloyhtiön oma viestintäverkko eli sisäjohtoverkko on taloyhtiön omistama yleiskaapelointi, puhelin- tai antenniverkko. Lähes poikkeuksetta jokainen Suomen taloyhtiöistä on varustettu puhelinsisäjohtoverkolla. Puhelinsisäjohtoverkko on alun perin tarkoitettu tavallisiin lankapuhelinyhteyksiin ja muihin perus telepalveluihin mutta kännyköiden suosion myötä puhelinsisäjohtoverkko on nykyään suuremmilta osin laajakaistapalveluiden käytössä. Vuoden 2000 jälkeen rakennetuissa taloyhtiöissä on myös yleistynyt yleiskaapelointijärjestelmä. Tällainen kategorian 5 tai 6 datakaapelointi soveltuu erinomaisesti nopeisiin laajakaistayhteyksiin ja muihin uusiin tietoverkkosovelluksiin. Puhelinsisäjohtoverkon tavoin jokainen taloyhtiö on varustettu myös antenni- ja

sähköverkolla. Näidenkin hyödyntäminen laajakaistapalveluiden välityksessä on mahdollista tietyin ehdoin. /1/

Seuraavaksi tarkastellaan taloyhtiön sisäjohtoverkkotyyppejä sekä niiden soveltuvuutta laajakaistayhteyksiin. Tarkemmin käsitellään puhelinsisäjohtoverkon ja yleiskaapeloinnin rakennetta ja soveltuvuutta taloyhtiön laajakaistaratkaisun perustaksi, koska niitä hyödyntävät tietoliikennetekniikat ovat nopeasti kehittyneet ja niitä hyödyntämällä pystytään rakentamaan taloyhtiön nopea ja edullinen lähiverkko. Lisäksi käsitellään lyhyesti taloyhtiön yhteisantenni- ja sähköverkkoa mutta niiden käyttö taloyhtiön lähiverkon perustana on hyvin harvinaista ja vasta kehitysvaiheessa.

5.1 Puhelinsisäjohtoverkon rakenne ja soveltuvuus laajakaistayhteyksiin

Puhelinsisäjohtoverkon hyödyntäminen on yleisin tapa toteuttaa taloyhtiön laajakaistaratkaisu ja se tarjoaa vielä pitkälle tulevaisuuteen nopean siirtotien internetiin. Sen suunnittelua, rakentamista ja ylläpitoa säätelee viestintäviraston tekninen määräys, Viestintävirasto 25D/2003 M Määräys puhelinsisäjohtoverkoista. Puhelinsisäjohtoverkon hyödyntäminen on myös useimmiten halvin ja järkevin tapa toteuttaa taloyhtiön laajakaistaratkaisu, sillä useimmissa tapauksissa ei ole taloudellisesti järkevää rakentaa D tai E luokan yleiskaapelointia muuta kuin isomman remontin yhteydessä. Poikkeuksena ovat kuitenkin uudet taloyhtiöt, joihin vuoden 2000 jälkeen on yleisesti rakennettu erillinen datakaapelointi. Tällöin puhelinkaapeleiden käytölle ei ole järkevää perustetta suunniteltaessa taloyhtiön lähiverkkoa. Vanhoissa taloyhtiöissä voi olla kuitenkin tarpeen tarkistaa puhelinsisäjohtoverkon kunto, sillä niitä on vuosikymmenien aikana rakennettu erilaisilla materiaaleilla. Kuntotutkimuksen avulla pystytään selvittämään vanhan puhelinkaapeloinnin suorituskyky ja soveltuvuus laajakaistayhteyksiin. Pääsääntöisesti Suomessa on hyvälaatuiset puhelinkaapelit eivätkä etäisyydet ole liian pitkiä talojakamosta asuntoihin. /1/

Taloyhtiön puhelinsisäjohtoverkko muodostuu sisäkaapeleista, joita ovat nousu- ja kerroskaapelit, niiden jatkokset, päätteet sekä asuntojen huoneistokaapeloinnit. Topologialtaan taloyhtiön puhelinsisäverkko on tähtimäinen ja sen keskuksena toimii talojakamo. Tämä tarkoittaa sitä, että talojakamon jakotelineen nousurimoilta lähtee jokaiseen asuntoon vähintään kaksi kupariparia. Taloyhtiön sisäverkkoon lasketaan vielä kuuluvaksi välikaapelit jotka yhdistävät muut taloyhtiön rakennukset talojakamoon. Taloyhtiön sisäverkko liitetään yleiseen televerkkoon talojakamoon tulevalla talokaapelilla, joka ei enää kuulu taloyhtiön sisäverkkoon eikä sen omistukseen. /1/

Taloyhtiön puhelinsisäjohtoverkko soveltuu hyvin peruslaajakaistayhteyksiin, kuten HomePNA- ja DSL-yhteyksiin. Kuitenkin vanhempien sisäjohtoverkkojen kunto kannattaa tarkistaa, sillä huonolaatuiset tai ylipitkät kaapelipituudet aiheuttavat häiriöitä yhteyksiin. Yhteyden toimivuus riippuu vahvasti myös tilaajaverkon eli käytetyn operaattorin keskittimen kuparikaapeliyhteyden kunnosta taloyhtiön talojakamoon. Kuparikaapeleiden kunto sekä pituus vaikuttavat suoraan saavutettaviin yhteysnopeuksiin. Hyvälaatuisilla kaapeleilla ja lyhyillä etäisyyksillä päästään lähemmäksi teoreettisia maksiminopeuksia.

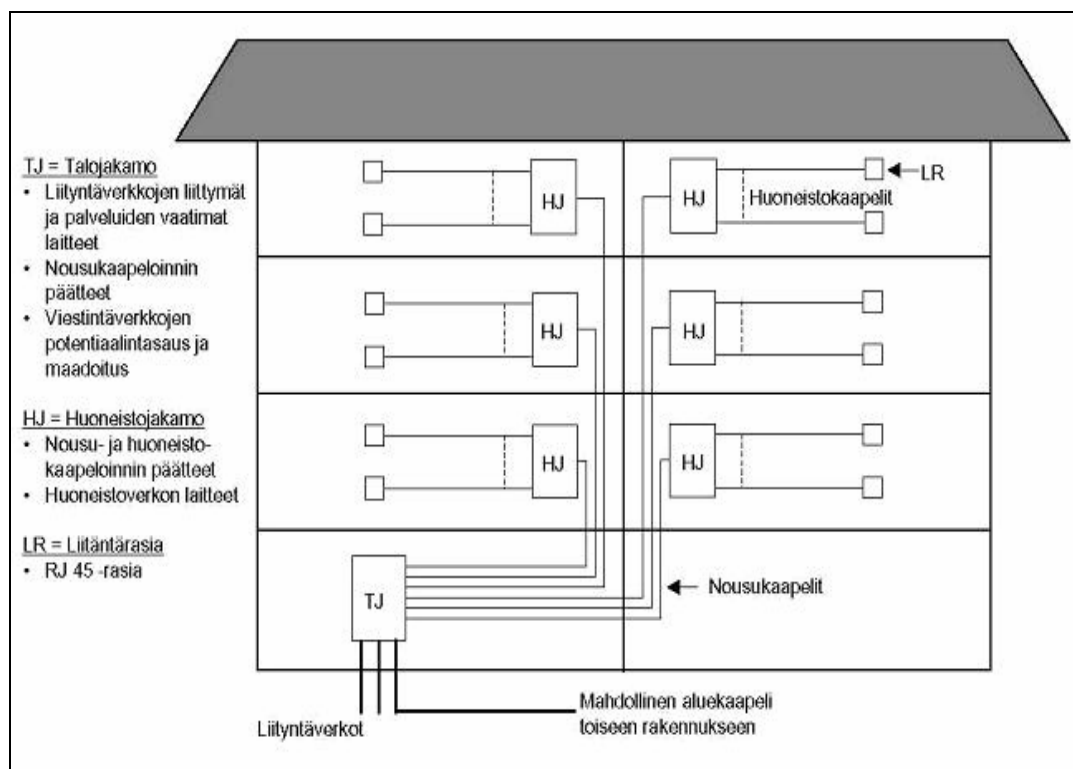
5.2 Yleiskaapelointijärjestelmä ja sen rakenne

Taloyhtiön yleiskaapelointia koskevat sovellettuina samat viestintäviraston määräykset kuin puhelinsisäjohtoverkkoakin. Yleiskaapeloinnin suunnittelua ja toteutusta ohjaava suomenkielinen standardi SFS 50 173-1 (tietotekniikka, yleiskaapelointijärjestelmät) on hyvin merkittävässä asemassa rakennettaessa yleiskaapelointijärjestelmää ja sen mukaiset siirtotien luokitukset on esitelty taulukossa 3. Yleiskaapelointia tehtäessä olisi tärkeää noudattaa siitä annettua järjestelmästandardia, joka määrittää samalla siirtotien suorituskyvyn. Yleiskaapelointijärjestelmää rakennettaessa suositeltava siirtotien luokka on D tai E, mitkä mahdollistavat jopa 1 Gbit/s yhteydet. /1/

Taulukko 3 Siirtoteiden luokitukset /3/

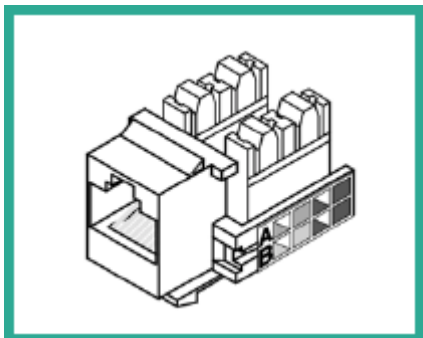
Siirtotien/kanavan luokka	Rakenneosien kategoria	Ylärajataajuus
A	–	100 kHz
B	–	1 MHz
C	3	16 MHz
D	5	100 MHz
E	6	250 MHz
F	7	600 MHz

Yleiskaapelointijärjestelmän keskuksena toimii puhelinsisäverkon tavoin talojakamo (kuva 1). Talojakamosta lähtevät sisäkaapelit eli nousu- ja kerroskaapelit asuntojen huoneistojakamoihin, ja sieltä kaapelointi jatkuu huoneistokaapelointina asuntojen pistorasioille. Sisäkaapelointiin kuuluvat myös kytkentäkaapelit johdinparien kytkemiseksi talojakamoissa sekä kytkentäkaapelit huoneistojen laitteiden kytkemiseksi pistorasioihin. Sisäkaapeloinnin nousu- ja kerroskaapeloinnissa käytetään yleensä suojaamattomia 4-parisia parikaapeleita. /1/



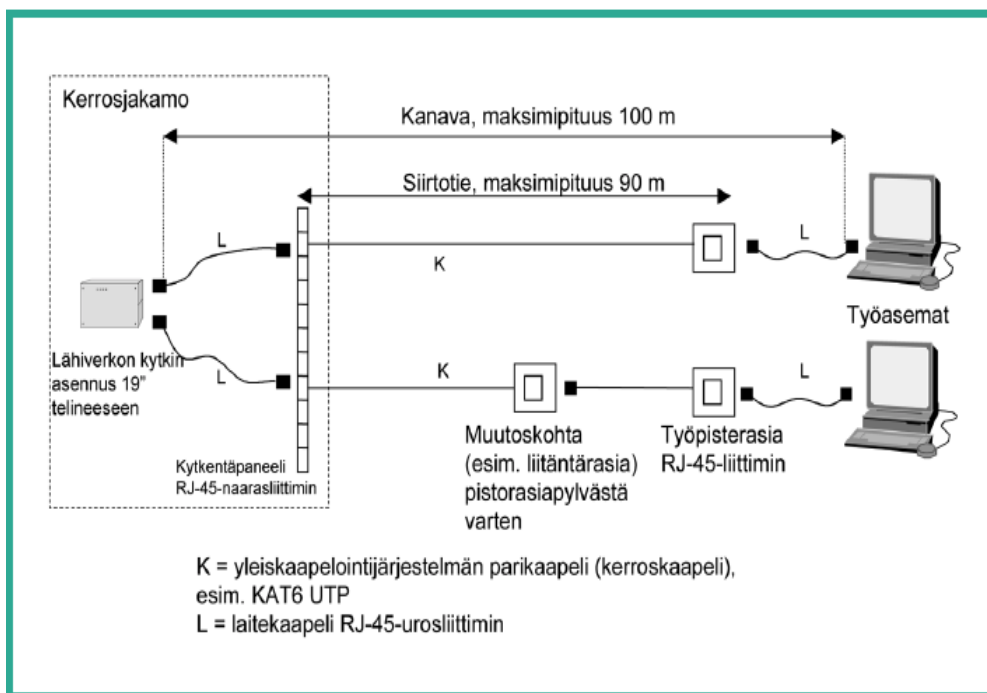
Kuva 1 Yleiskaapelointijärjestelmän perusrakenne taloyhtiössä /1/

Asuntojen pistorasioissa ja jakamoiden kytkentäpaneelissa voidaan käyttää joko kierrettyä tai suoraa Ethernet-kaapelia, joissa käytetään liittiminä 8-napaista RJ-45-liitintä (kuva 2). /1/



Kuva 2 RJ-45-liitin /3/

Yleiskaapelointia tehtäessä on huomioitava, että kanavan eli kaapeloinnin pituus talojakamosta huoneistoon voi maksimissaan olla 100 metriä. Käytännössä on järkevää mitoittaa nousu- ja huoneistokaapeloinnin yhteispituus noin 90 metriin, jolloin jää varaa myös huoneiston kytkentäkaapeleille (kuva 3). /1/



Kuva 3 Kanavan ja siirtotien maksimipituudet aktiivilaitteiden välillä /3/

5.3 Yleiskaapelointijärjestelmän soveltuvuus laajakaistayhteyksiin

Yleiskaapeloinnin soveltuvuus laajakaistayhteyksiin on kiistattomasti parempi kuin perinteisen puhelinsisäjohtoverkon ja se antaa tulevaisuutta ajatellen enemmän kapasiteettia ja vaihtoehtoja toteuttaa erilaisia tiedonsiirtoyhteyksiä. Luokkien D ja E mukaisilla yleiskaapeloinneilla saavutetaan taloyhtiön lähiverkossa jopa 1 Gbit/s tiedonsiirtonopeudet. Yleiskaapeloinnilla voidaan toteuttaa kaikki taloyhtiön puhelin- sekä laajakaistaiset internet-yhteydet ja se soveltuu erinomaisesti taloyhtiön Ethernet-lähiverkon perustaksi. Sitä voidaan käyttää myös erilaisiin taloautomaatio-palveluihin kuten kiinteistön valvonta-, säätö- ja turvallisuusjärjestelmien tiedonsiirtoon. Ethernet-standardiin IEEE-802.3 perustuva Ethernet-lähiverkko on osoittautunut niin yrityksissä kuin enenevästi myös taloyhtiöissä erittäin toimivaksi ratkaisuksi toteuttaa taloyhtiön oma lähiverkko. /1/

6 YHTEISANTENNI- JA SÄHKÖVERKKO

Taloyhtiön yhteisantenni- ja sähköverkko soveltuvat tietyin ehdoin taloyhtiön laajakaistaratkaisun perustaksi. Taloyhtiön laajakaistaratkaisuna ne ovat kuitenkin aika harvinaisia, joten niitä käsitellään tässä lyhyesti.

6.1 Yhteisantenniverkon rakenne ja soveltuvuus laajakaistayhteyksiin

Antenniverkkoa voidaan käyttää laajakaistaiseen kaksisuuntaiseen datansiirtoon, mikäli taloyhtiön yhteisantenniverkko on liitetty kaapeli-tv-verkkoon. Lisäksi edellytyksenä on tietysti, että paikallinen kaapeli-tv-yhtiö tarjoaa internetpalveluja. Kaapeli-tv-verkot eivät ole kuntatasolla läheskään yhtä kattavia kuin puhelinverkot, eikä kaapelimodeemipalveluita tarjota läheskään kaikille verkkoon kytketyille

talouksille. Kaapelimodeemipalvelun saatavuus on silti toiseksi paras maailmassa DSL-palvelujen jälkeen.

Taloyhtiön yhteisantenniverkot toteutetaan koaksiaalikaapeloinnilla ja ne ovat rakenteeltaan joko ketju- tai tähtiverkkoja. Kiinteistön yhteisantenniverkkoon syötetään radio- ja tv-signaalit joko omista antennista tai kaapeli-tv-verkosta. Siinä siirrettävän signaalin taajuusalue on 5–862 MHz. EuroDocus-standardin version 1.1 mukaan paluusuunnalle on varattu taajuudet 5 - 65 MHz ja myötäsuunnalle 88–862 MHz /16/. Koaksiaalikaapeloinnista johtuen yhteisantenniverkko ei ole herkkä ulkopuolisille häiriöille eikä se myöskään aiheuta häiriötä radioliikenteelle. Käyttäjän kannalta kaapelimodeemiyhteys on aina jaettu, sillä verkko on jaettu soluihin ja operaattorin kuhunkin soluun rakentama kapasiteetti jaetaan samassa solussa olevien käyttäjien kesken. Periaatteessa siis yksi käyttäjä voi myös saada koko solun kapasiteetin käyttöönsä, jos muita käyttäjiä ei ole. /1/

Kaapeli-tv-verkkoon liitetty taloyhtiön yhteisantenniverkko tarjoaa verkon arkkitehtuurista riippumatta laajakaistaisen liittymän internetiin. Tähti-antenniverkko soveltuu topologialtaan myös ”Coax over Ethernet”-käyttöön, jossa antenniverkko toimii taloyhtiön kiinteistöjen Ethernet -lähiverkkona. /1/

6.2 Sähköverkon soveltuvuus laajakaistayhteyksiin

Sähköverkon hyödyntäminen on laajakaistaisessa tiedonsiirrossa vielä harvinaista ja datasähköpalveluita tarjoavat sähköyhtiöt toimivat hyvin paikallisesti. Datasähkön tekninen ja kaupallinen kehitys on vielä niin alkuvaiheessa, että se tuskin tulee vielä moniin vuosiin saavuttamaan merkittävää asemaa laajakaistamarkkinoilla.

7 TALOYHTIÖN LÄHIVERKON AKTIIVILAITTEET

Perustan taloyhtiön lähiverkolle muodostavat talojakamoon sijoitettavat yhteiset aktiivilaitteet, joita ovat ainakin reititin sekä kytkin / mini-DSLAM. Lisäksi isommissa taloyhtiöissä kannattaa hankkia erillinen kuormantasaaja (Load Balancer), jolla pystytään tarvittaessa lisäämään verkon kapasiteettia sekä rajoittamaan liikennettä.

Reitittimen tehtävänä on toimia taloyhtiön lähiverkon ja julkisen internetin yhdistäjänä. Kaikki liikenne, joka taloyhtiön lähiverkkoon tulee tai sieltä lähtee, kulkee reitittimen kautta. Yleisin reititintyyppi on nykyisin IP-reititin ja se toimii OSI-mallin tasolla 3 eli verkkotasolla. Tavallisessa reitittimessä on normaalisti yksi WAN- tai DSL-portti, johon operaattorilta tilattu perusliittymä yhdistetään jakotelineen talokaapelista. Lisäksi reititin toimii kytkimenä, jolloin siinä on 1 – 4 LAN-porttia, joihin taloyhtiön kytkimet liitetään Ethernet-verkkokaapelilla. Reitittimen hankinnassa ei kannata pihistellä, sillä erilaiset häiriöt näkyvät heti liittymän käyttäjille yhteyden pätkimisenä tai toimimattomuutena. Taloyhtiöön kannattaa hankkia heti laadukas operaattoritasoinen reititin, missä on NAT- (Network Address Translation), palomuuuri- sekä DHCP-ominaisuudet. Reitittimen DHCP-ominaisuuden tarkoituksena on jakaa taloyhtiön lähiverkkoon liittyneille tietokoneille yksityiset IP-osoitteet kuten esimerkiksi 192.168.1.33. Reitittimen NAT / palomuuuri puolestaan muuntaa yksityiset IP-osoitteet yhdeksi julkiseksi IP-osoitteeksi, millä liikennöidään julkisessa internetissä. Tämä ominaisuus estää internetistä tulevat suorat yhteydenotot ja hyökkäykset taloyhtiön lähiverkon yksittäisiin koneisiin.

Kytkin on taloyhtiön tähtiverkon selkäranka, ja se toimii OSI-mallissa tasolla 2 eli siirtoyhteystasolla. Taloyhtiön asuntojen tietokoneet kytketään puhelinsisäjohtoverkon tai yleiskaapeloinnin kautta kytkimen portteihin ja ne määritellään kytkimen VLAN (Virtual LAN) -ominaisuudella omiksi segmenteikseen. Tämä lisää merkittävästi taloyhtiön lähiverkon tietoturvaa, sillä se estää asuntojen suoran näkymisen toisilleen taloyhtiön lähiverkossa. VLAN-ominaisuudella voidaan myös liittää halutut asunnot samaan VLAN:iin

(esimerkiksi portit 1 ja 2 → VLAN1), jolloin ne näkevät toisensa samassa virtuaalisessa lähiverkossa. VLAN-ominaisuuden lisäksi taloyhtiön hankittavasta kytkimestä tulisi löytyä ainakin seuraavat ominaisuudet:

- Web, Telnet, SNMP (Simple Network Management Protocol) - hallintaominaisuudet
- QoS (Quality of Service) ja jonot (Queues)
- Porttikohtainen nopeudenrajoitus
- Port Mirroring
- Port Trunking
- STP (Spanning Tree Protocol)
- Kuormituksenseuranta
- Ohjelmistopäivitettävyys

Web, Telnet ja SNMP-hallintaominaisuuksia tarvitaan muun muassa edellä listattujen ominaisuuksien konfigurointiin sekä kytkimen etähallintaan verkkoyhteyden ylitse. Kaistan tasaiseen jakamiseen sekä liikenteen priorisointiin tarvitaan QoS- eli palvelunlaadun määrittelyt. Porttikohtaisella nopeudenrajoituksella voidaan rajoittaa tietyn portin / asunnon liikennöintinopeus esimerkiksi 1 Mbit/s myötäsuuntaan ja 256 kbit/s paluusuuntaan, jolloin voidaan rajoittaa tehokkaasti esimerkiksi tiedostojen jakamista. Port Mirroring-ominaisuudella voidaan kopioida yhteen tai useampaan porttiin saapuvat paketit ja lähettää ne saman kytkimen tiettyyn porttiin. Port Trunking-ominaisuudella voidaan taas lisätä kytkinten välistä nopeutta rinnakkaisten kaapelien avulla. Spanning Tree Protokollaa (STP) eli virityspuualgoritmia tarvitaan silloin, kun kytkimiä liitetään toisiinsa useammilla yhteyksillä tai kahden linjan välinen ylikuuluvuus on häiritsevän suurta. Tällä pystytään estämään silmukoiden syntyminen sekä pudottamaan ylikuuluvat yhteydet pois käytöstä.

Isoissa taloyhtiöissä, joissa monet kymmenet asunnot käyttävät taloyhtiön lähiverkkoa tarvitaan kuormantasaajaa tasaamaan liikennettä. Kuormantasaaja toimii siten, että sen avulla voidaan priorisoida tietyn tyyppinen verkkoliikenne esimerkiksi sähköposti liikennöimään verkossa ensisijaisesti ja muu liikenne joutuu jonottamaan oman prioriteettinsa mukaisesti. Tällä tavoin pystytään estämään yksi

jaetun yhteyden perusongelmista eli vertaisverkkojen käyttö. Tiedostonjako-ohjelmaa käyttävä henkilö pystyisi muuten pahimmassa tapauksessa tukkimaan koko taloverkon yhteyden varaamalla kaikki vapaat sessiot (yhteydet) reitittimeltä. Kuormantasaajaa voidaankin käyttää myös näiden sessioiden lisäämiseen sekä useamman DSL-yhteyden liittämiseksi yhteen. Tällöin taloyhtiö voi esimerkiksi tilata operaattorilta ADSL2+ -yhteyden lisäksi jonkun SHDSL-yhteyden kasvattamaan perusliittymän upload- eli myötäkaistaa.

Taloyhtiön lähiverkkoon liittymiseksi tarvitaan asunnoissakin erilaisia verkon aktiivilaitteita ja sovitimia, jotka vaihtelevat toteutuksesta riippuen. Alla olevassa luettelossa on esitelty toteutuskohtaisesti tarvittavat asunnon aktiivilaitteet ja sovitimet.

HomePNA-toteutus:

- HomePNA-verkkokortti
- HomePNA-Usb-sovitin
- HomePNA-Ethernet-silta + verkkokortti

ADSL-toteutus:

- ADSL-modeemi + verkkokortti

VDSL-toteutus:

- VDSL-Ethernet-silta + verkkokortti
- VDSL-modeemi + verkkokortti

Ethernet-toteutus:

- Verkkokortti
- (Työryhmäkytkin)

HomePNA-toteutuksessa kannettaviin ja Macintosh tietokoneisiin joudutaan hankkimaan usb-sovitin tai HomePNA-Ethernet-silta. Niitä voidaan käyttää myös perinteisissä pöytäkoneissakin mutta PCI-väylään asennettava HomePNA-verkkokortti on selkeästi halvempi vaihtoehto. ADSL- ja VDSL-toteutuksissa tarvitaan asuntoon erillinen xDSL-modeemi, johon saattaa joutua laittamaan oikeat

asetukset ennen kuin internet-yhteys on käyttövalmis. Nykyisin myytävät ADSL-modeemit alkavat olemaan niin sanottuja Plug and Play -laitteita eli ne tunnistavat oikeat asetukset automaattisesti, jos linja vain on kunnossa. Tarvittaessa oikeat asetukset saa kuitenkin verkko-operaattorilta. VDSL-toteutuksessa kannattaa käyttää VDSL-Ethernet-siltaa, joka toimii ilman erillisiä asetuksia. Ethernet-toteutuksessa ei sinänsä tarvitse erillistä pienempää työryhmäkytkintä, ellei asunnossa ole monia verkkoon liitettäviä päätelaitteita. Yhteisiä laitteita hankittaessa kannattaa ostaa laitteet valmiiksi konfiguroituina, jollei taloyhtiön sisältä löydy sen tekemiseen tarvittavaa tietämystä tai kiinnostusta. Oikein konfiguroidut ja laadukkaat laitteet takaavat yhteyden joustavan toiminnan.

8 TALOYHTIÖN SISÄVERKON LAAJAKAISTAISET TIETOLIIKENNETEKNIIKAT

Taloyhtiön sisäverkon osalta keskitytään tarkemmin käsittelemään puhelinsisäverkossa toimivia, nykypäivänä yleisemmin käytettäviä tietoliikennetekniikoita, joita ovat HomePNA- ja eri DSL-tekniikat. DSL-tekniikoista käsitellään ADSL-, ADSL2- ja ADSL2+- sekä VDSL- ja VDSL2-standardeja. Yleiskaapeloinnin osalta tutkitaan tarkemmin Ethernet-lähiverkon rakennetta ja ominaisuuksia.

8.1 HomePNA ja eri spesifikaatiot

HomePNA eli Home Phone Line Network Alliance, on johtavien teknologiayritysten muodostama allianssi, joka perustettiin vuonna 1998. Allianssin tarkoituksena oli luoda yhtenäinen standardi kotitalouksien puhelinverkkojen tietoliikennekäyttöön. Varsinaisesti HomePNA ei ole mikään virallinen standardi eikä standardointijärjestö, vaan se toimii yhteistyössä

kansainvälisen televiestintäliiton ITU:n (International Telecommunication Union) kanssa. Tällä hetkellä HomePNA-allianssi on julkaissut kolme eri spesifikaatiota, joita ovat versiot 1.0 / 1.1, 2.0 ja 3.0 / 3.1. Niiden pohjalta ITU on julkaissut neljä eri standardia: G.989.1, G.989.2, G.989.3 ja G.9954. /5/

Ensimmäinen spesifikaatio HomePNA 1.0 julkaistiin syksyllä 1998. Tästä ilmestyi nopeasti paranneltu versio 1.1, joka on tällä hetkellä teollisuudessa yleisimmin käytetty spesifikaatio. Joulukuussa vuonna 1999, julkaistiin toisen sukupolven HomePNA 2.0 spesifikaatio ja uusin HomePNA 3.0 -spesifikaatio standardoitiin ITU:n toimesta keväällä 2005. HomePNA 3.0:sta julkaistiin joulukuussa 2006 paranneltu versio 3.1, joka on tämän hetken nopeimpia puhelinkaapelissa toimivia laajakaistatekniikoita. /5/

8.1.1 HomePNA 1.0 ja 1.1

Ensimmäinen HomePNA-versio 1.0 mahdollistaa 1 Mbit/s yhteysnopeuden ja se käyttää puhelinkaapelin ylätaajuuksia 5,5 – 9,5 MHz, joten alemmilla 15 Hz – 4 kHz taajuuksilla toimivat tavalliset puhelinpalvelut eivät siitä häiriinny. Lisäksi HomePNA 1.0 -spesifikaatiossa käytetään taajuuskaistan suodatusta, millä saadaan poistettua normaalin puhelinliikenteen aiheuttamat häiriöt HomePNA-signaalista sekä näin parannettua tiedonsiirron tehokkuutta. HomePNA 1.0 spesifikaation mukaan kaapelin maksimi pituus kytkimen portista asunnon puhelinpistokkeeseen voi olla 300 m. Todelliseen maksimipituuteen vaikuttaa kuitenkin puhelinsäverkon kunto, joten 1 Mbit/s tiedonsiirtonopeus saavutetaan noin 150 m:n etäisyyksillä. Spesifikaatio määrittää myös, että yhteen segmenttiin eli taloyhtiössä yhteen asuntoon voidaan liittää maksimissaan 25 HomePNA-laitetta. HomePNA 1.0 -versiossa käytetään PPM-modulaatio (Pulse Position Modulation), missä pulssin paikkaa ajan suhteen muutetaan informaatio-signaalin mukaan. /5; 6/

Suurimpina puutteina versiossa 1.0 voidaan pitää heikkoa laadun varmistusta (QoS) asiakkaille sekä alkeellista törmäystenhallintamenetelmää. Nykyisin teollisuudessa sekä taloyhtiöissä on käytössä spesifikaation 1.0 paranneltu versio

1.1, eikä 1.0 spesifikaation laitteita enää valmisteta. Versio 1.1 tukee 1 Mbit/s nopeuden lisäksi myös 700 kbit/s nopeutta kun ensimmäisessä versiossa 1.0 ainoa tuettu tiedonsiirtonopeus oli 1 Mbit/s. Lisäksi 1.1 versiosta löytyy spesifikaatiosta poikkeavia nopeampia laitevalmistajakohtaisia nopeuksia, kuten 1.4 Mbit/s tiedonsiirtonopeus. Näille ei kuitenkaan ole olemassa mitään virallisia standardeja. Teollisuudessa oli myös jonkin aikaa käytössä epävirallinen versio HomePNA 1.2, jota pidetään HomePNA 2.0 edeltäjänä. HomePNA-spesifikaatiot eivät kuitenkaan tunnista tätä 1.2 versiota, vaan se oli teollisuudessa käytettävä standardi 10 Mbit/s toimiville laitteille kunnes versio 2.0 saatiin tuotantoon. /5; 6/

8.1.2 HomePNA 2.0

Nopeampi HomePNA 2.0 -spesifikaatio julkaistiin vuonna 1999. Se tukee 32 Mbit/s (käytännössä 10 Mbit/s) tiedonsiirtonopeutta ja on taaksepäin yhteensopiva 1.0 spesifikaation kanssa. HomePNA 2.0 käyttää samaa taajuusaluetta 5.5–9.5 MHz ja myös välimatkarajoitus on samaa luokkaa kuin spesifikaatiossa 1.0. HomePNA 2.0 -versiossa on 1.0 -spesifikaation PPM-moduloinnista poiketen siirretty käyttämään QAM (Quadrature Amplitude Modulation) -modulointia, jossa yhdistetään signaalin vaihe-eron (PM-modulointi / Phase Modulation) ja voimakkuuden (AM-modulointi / Amplitude Modulation) modulointia. Lisäksi HomePNA 2.0 -spesifikaatiossa on otettu laadun parantamiseksi käyttöön DFPQ (Distributed Fair Priority Queuing) eli prioriteettien ja törmäysten hallintamenetelmä. Näillä menetelmillä on saatu nostettua tiedonsiirtonopeutta ja lisättyä yhteyden vakautta. Versiossa 2.0 on myös mahdollista käyttää unicast, multicast ja broadcast lähetyksiä ja se tukee myös FireWiren käyttöä. Vaikka uudempi versio 2.0 ei asetakaan mitään rajoituksia verkossa käytettävälle johdotukselle tai topologialle, se ei tämän hetkisten tietojen perusteella sovellu käytettäväksi taloyhtiön puhelinsisäverkossa ylikuuluvuusongelmien vuoksi. Sama koskee myös seuraavaksi käsiteltävää HomePNA 3.0 spesifikaatiota. /5; 6/

8.1.3 HomePNA 3.0 ja 3.1

ITU standardoi uusimman HomePNA 3.0 -spesifikaation vuonna 2005 ja siitä laajennettu versio 3.1 julkaistiin vuonna 2006. Spesifikaatio 3.0 mahdollistaa 63:n HomePNA-laitteen liittämisen samaan segmenttiin, ja sen teoreettisen maksiminopeuden on ilmoitettu olevan 240 Mbit/s. Version 3.1 teoreettiseksi maksiminopeudeksi on ilmoitettu jopa 320 Mbit/s. HomePNA 3.0 spesifikaatiossa on edelleen parannettu QoS-palveluiden ominaisuuksia, joilla pyritään takaamaan tulevaisuuden palveluntarjoajien IPTV ja VoIP palvelujen sujuva käyttö. Siinä käytetään samaa prioriteettien määrittystä ja törmäysten hallintamenetelmää kuin HomePNA 2.0 -spesifikaatiossa, mutta lisäksi siinä on otettu käyttöön uusi CMP (Collision Management Protocol) -protokolla, eli törmäystenhallintaprotokolla.

/5; 6/

8.1.4 HomePNA-tekniikan soveltuvuus taloyhtiön laajakaistayhteyksiin

Suomessa uusien HomePNA-verkkojen kysyntä on viime vuosina kääntynyt laskuun ja viimeisimpien spesifikaatioiden mukaisien laitteiden maahantuoja ja toimittajia oli vuonna 2006 toistaiseksi vähän. Tällä hetkellä taloyhtiöillä on mahdollisuus rakentaa lähiverkkonsa HomePNA 1.1 version mukaisilla laitteilla, mikä rajoittaa maksiminopeudeksi HomePNA-kytkimen ja asunnon välillä 1–1.4 Mbit/s. Tulevaisuuden tiedonsiirtotarpeita ajatellen 1 Mbit/s tiedonsiirtonopeus ei riitä esimerkiksi täysimittaisen videolähetyksen siirtämiseen. Uusimmista HomePNA 2.0- ja 3.0 -spesifikaatioistakaan ei vielä tällä hetkellä ole pelastajaksi tulevaisuuden tiedonsiirtonopeusvaatimukseen, sillä ne eivät tämän hetken tietojen mukaan sovellu taloyhtiöverkkoihin ylikuuluvuusongelmien vuoksi /7/. Mikäli taloyhtiö kuitenkin katsoo, että 1 Mbit/s asuntokohtainen tiedonsiirtonopeus riittää, soveltuu nykyisin käytössä oleva HomePNA 1.1 -tekniikka erinomaisesti taloyhtiön laajakaistaratkaisuksi. Lähes jokainen taloyhtiö voi omaa puhelinsisäverkkonsa hyödyntämällä rakentaa lähiverkkonsa ilman erillisiä kaapelointikustannuksia. HomePNA-asennuksessa työt ja kytkennät suoritetaan

pääasiassa taloyhtiön talojakamossa, mikä tekee asennuksista nopean ja asukkaille vaivattoman sekä huomaamattoman.

8.1.5 Taloyhtiön HomePNA-lähiverkon toteutusperiaate

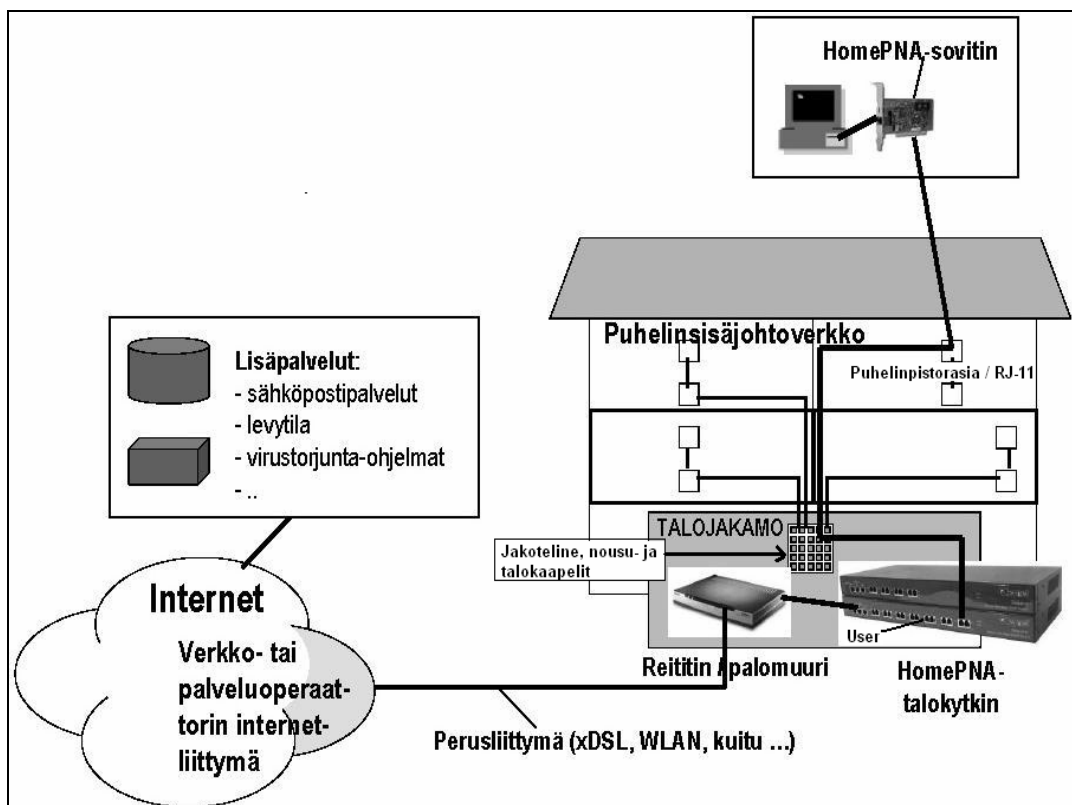
Tässä esimerkissä tarkastellaan, kuinka taloyhtiö voi käytännössä rakentaa oman HomePNA-lähiverkkonsa ja mitä toimenpiteitä se vaatii. Tässä yhteydessä lähiverkon toteutus käydään läpi hieman tarkemmin kuin DSL- ja Ethernet-toteutuksissa, koska niissä voidaan noudattaa aika pitkälti sama kaavaa.

Ennen HomePNA-toteutuksen aloittamista on hyvä tehdä HomePNA-kartoitus, missä selvitetään muun muassa seuraavat asiat: taloyhtiön tyyppi (pari-, rivi- vai kerrostalo), koko (montako asuntoa), talojakamon sijainti ja etäisyys kauimpana olevaan asuntoon sekä onko puhelinsisäverkon kaapelointi dokumentoitu. Joissakin tapauksissa dokumentointi saattaa puuttua kokonaan tai on vajavainen, tällöin pitää asuntoihin menevät parit selvittää eli niin sanotusti ”piipata”. Jossain tapauksissa on myös hyvä selvittää puhelinsisäverkon kunto, mutta yleisesti vuoden 1990 jälkeen MHS-kaapeleilla rakennetut puhelinsisäverkot ovat sen verran hyvälaatuisia, että niiden avulla päästään myös suurempiin nopeuksiin. Tarvittaessa dokumentaatiotyötä ja kuntokartoituksia tekevät puhelinoperaattoreiden lisäksi useimmat teleurakoitsijat. Talojakamosta tulisi vielä tarkistaa, että se on lämmin tila ja sieltä löytyy ainakin yksi sähköpistorasia ja riittävästi tilaa HomePNA-verkon aktiivilaitteille.

Itse taloyhtiön HomePNA-järjestelmä koostuu talojakamoon sijoitettavista aktiivilaitteista, joita ovat ainakin xDSL-reititin ja HomePNA-kytkin. Reititin kytketään talokaapelin kautta internet-operaattorilta tilattuun perusliittymään, useimmiten johonkin xDSL-liittymään. Yleisimpiä ja parhaiten saatavia ovat tällä hetkellä eri nopeusluokkaiset ADSL-liittymät. Reititin puolestaan yhdistetään Ethernet-kaapelilla HomePNA-kytkimeen tai -kytkimiin, joiden portteihin liitettävät asunnot kytketään suoraan jakotelineen kytkentärimojen asuntojen nousupareilta tai erikseen rakennetuilta kytkinrimoilta, joihin asuntojen nousuparit

on kytketty. Itse kytkentä tehdään kytkentälangalla, joka liitetään HomePNA-kytkimeen RJ-11-liittimellä. Kytkentälangan päät liitetään RJ-11-liittimeen erityisellä RJ-puristustyökalulla, jonka jälkeen tehty RJ-11-kaapeli liitetään HomePNA-kytkimen vapaaseen porttiin ja toinen pää kytketään asuntoon menevään nousuparin liittimeen. Jakotelineen liittiminä ovat vanhemmissa taloyhtiöissä yleensä ruuvirimat ja uudemmissa KRONE LSA-rimat, joihin RJ-11-kaapelin päät liitetään krone-erikoistyökalulla. Tavallisiin ruuvirimoihin kytkettäessä tarvitaan vain tavallinen talttapäinen ruuvimeisseli ja sivuleikkurit, joiden avulla RJ-11-kaapelin päät kuoritaan ja liitetään ruuviparin alle. Jos asunnon nousupariin on kytketty jo puhelin- tai ISDN-liittymä, voidaan HomePNA-yhteys kytkeä niiden kanssa rinnalle. Tiettyjä asuntoja vastaavat nousuparit löytyvät edellä mainitusta puhelindokumentaatiosta, jonka pitäisi olla saatavilla jokaisen taloyhtiön talojakamossa. Vastaavat kytkentätoimenpiteet tehdään jokaisen kytkettävän asunnon kohdalla.

Asunnon päässä HomePNA-liittymään kytkeydytään tavallisesta puhelinpistokkeesta. Liitäntään tarvitaan tavallinen puhelinkaapeli ja niin sanottu kolmipiikki, joka liitetään asunnon puhelinpistokkeeseen. Kolmipiikissä on hyvä olla läpivienti, jotta mahdollinen lankapuhelin saadaan kytkettyä samaan pistokkeeseen. Lisäksi liitettävään tietokoneeseen tarvitaan HomePNA-kortti, usb-sovitin tai HomePNA-Ethernet-silta, johon asunnon puhelinpistokkeesta tuleva puhelinkaapeli liitetään. Kytkennän toimivuuden voi asunnosta testata nopeasti esimerkiksi HomePNA-Ethernet-sillalla, mikä kytketään asennuksen jälkeen asunnon puhelinpistokkeeseen. Jos HomePNA-kytkimen ja HomePNA-Ethernet-sillan linkkivalot syttyvät, tehty kytkentä toimii. Kuvassa 4 on esitetty taloyhtiön HomePNA-toteutuksen periaatekuva.



Kuva 4 Taloyhtiön HomePNA-toteutuksen periaatekuva /1/

8.1.6 Erikokoisten taloyhtiöiden HomePNA-toteutusten kustannusesimerkit

Seuraavat toteutusesimerkit ovat suuntaa-antavia kustannuslaskelmia HomePNA 1.1 -tekniikalla toteutetuista taloyhtiön lähiverkkoratkaisuista, sillä perusliittymän saatavuuksissa ja hinnoissa voi olla paikallisesti jonkin verran vaihteluja. Myös laitteistojen hinnat vaihtelevat ja HomePNA 1.1 -spesifikaation mukaisia laitteita saa nykyään jo poistohinnoin. Perusliittymän mitoituksessa on sovellettu taulukon 1 mukaisia suosituksia. Lähtötilanteena on se, että taloyhtiö tilaa operaattorilta perusliittymän sekä hankkii lähiverkon muodostamiseen tarvittavan laitteiston lukuun ottamatta asunnossa tarvittavia aktiivilaitteita, jotka asukkaat hankkivat itse. Kaikki asennukset tehdään talkootöinä. Taloyhtiön laskutukseen tai päätöksen tekoon toteutuksissa ei oteta kantaa.

Esimerkki 1

Pienen (12 asunnon) taloyhtiön HomePNA-toteutus:

Taulukko 4 Taloyhtiön HomePNA-järjestelmän toteutuskustannukset

Liittymän avausmaksu	70 €
1 kpl ADSL-reititin (SPI / NAT-palomuurilla)	130 €
1 kpl Nexo Okeynet HomePNA-kytkin 14 porttia	500 €
Asennus ja kiinnitystarvikkeet	100 €
Yhteensä taloyhtiö / asunto	800 € / 67 €

Taulukko 5 Liittymän hinta / asunto

2M / 512k liittymän vuosimaksu / kk	950 € / 79 €
Asunto / kk	n. 7 €

Esimerkki 2

Keskisuuren (48 asunnon) taloyhtiön HomePNA-toteutus:

Taulukko 6 Taloyhtiön HomePNA-järjestelmän toteutuskustannukset

Liittymän avausmaksu	70 €
1 kpl ADSL-reititin (SPI/NAT-palomuurilla)	130 €
1 kpl Nexo Okeynet 8 porttia ja 3 kpl Nexo Okeynet 14 porttia	1900 €
Asennus ja kiinnitystarvikkeet	300 €
Yhteensä taloyhtiö / asunto	2400 € / 50 €

Taulukko 7 Liittymän hinta / asunto

8M / 1M liittymän vuosimaksu / kk	1300€ / 108€
Asunto / kk	n. 2 €

Esimerkki 3

Suuren (96 asunnon) taloyhtiön HomePNA-toteutus:

Taulukko 8 Taloyhtiön HomePNA-järjestelmän toteutuskustannukset

Liittymien avausmaksut 2 kpl	140 €
1kpl ADSL-reititin	130 €
1 kpl G.SHDSL-reititin	300 €
Kuormantasaaja / SPI-palomuuri	300 €
7 kpl Nexo Okeynet, 14 porttia	3500 €
Asennus ja kiinnitystarvikkeet	500 €
Yhteensä taloyhtiö / asunto	4870 € / 51 €

Taulukko 9 Liittymän hinta / asunto

16M / 2M liittymän vuosimaksu / kk	1800 € / 150 €
2.3M / 2.3M liittymän vuosimaksu / kk	1350 € / 113 €
Asunto / kk	n. 3 €

8.2 DSL-tekniikat

DSL-tekniikat (Digital Subscriber Line) hyödyntävät HomePNA:n tavoin tavallisia puhelinkaapeleita ja käyttävät liikennöimiseen perinteisiä puhelinpalveluja korkeampia taajuuksia. Myös eri DSL-tekniikoiden siirtonopeudet riippuvat paljon käytetyn siirtotien eli kaapelin laadusta ja pituudesta. Lähelle teoreettisia maksiminopeuksia päästäänkin vain lyhyillä etäisyyksillä, mutta hitaammilla nopeuksilla saavutetaan alueellisesti suurempi kattavuus. Suurimpana etuna HomePNA-tekniikkaan on DSL-tekniikoiden paljon suurempi toimintaetäisyys yhdistettynä useiden megabittien tiedonsiirtonopeuksiin. Kiinteissä laajakaistayhteyksissä DSL-tekniikat hallitsevatkin Suomen ja koko maailman laajakaistamarkkinoita. Niitä käytetään erityisesti kiinteän verkon liityntätekniikoina, mutta ne soveltuvat myös taloyhtiön lähiverkkotekniikoiksi.

Ensimmäisenä DSL-tekniikkana voidaan pitää IDSL (Integrated Digital Subscriber Line) -tekniikkaa, joka kehitettiin vuonna 1994 ISDN-tekniikan seuraajaksi. Samana vuonna perustettiin myös DSL-Forum vauhdittamaan DSL-tekniikoiden kehitystä. DSL-Forum on suuri kansainvälinen yhteenliittymä, johon kuuluu jäsenenä yrityksiä eri telekommunikaation aloilta. Sen päätehtävänä on määritellä arkkitehtuurisia malleja soveltamalla olemassa olevia standardeja. Tämän vuoksi se toimii läheisessä yhteistyössä eri standardointijärjestöjen kuten ITU:n (International Telecommunication Union), ETSI:n (European Telecommunications Standardization Institute) ja ANSI:n (American National Standards Institute) kanssa. Nykyään DSL-Forum työskentelee myös testauksen, toimeenpanon ja päästä-päähän-palvelumallien kanssa. /9; 17/

Ensimmäinen varsinaisesti laajakaistainen DSL-standardi oli HDSL (High speed Digital Subscriber Line), joka tuli standardiksi vuonna 1998. Nykyään yleisimmin käytettäviä DSL-tekniikoita ovat ADSL:n (Asymmetrical Digital Subscriber Line) eri versiot, SHDSL (Symmetric High-Speed Digital Subscriber Line) ja VDSL / VDSL2 (Very high speed Digital Subscriber Line). Seuraavaksi käsitellään eri ADSL- ja VDSL-standardeja tarkemmin ja esitellään niillä tehtyjä taloyhtiön lähiverkkototeutuksia.

8.2.1 ADSL-yhteydet

Ensimmäiset ADSL-pilottikokeilut alkoivat jo ennen vuotta 1997, jolloin ADSL-tekniikkaa kehitettiin alun perin VOD-palvelua varten. Varsinaisesti puhelinyhtiöt alkoivat tarjoamaan internet-yhteyksiä ADSL-tekniikalla asiakkailleen vuonna 1998. /17/ Internetin räjähdysmäinen kasvu on johtanut osaltaan myös ADSL-tekniikoiden jatkuvaan kehitykseen ja ADSL-tekniikasta onkin julkaistu useita eri standardeja. Nykyään DSL-yhteyksistä yleisimpiä ovat ITU:n myöntämät ADSL-standardit, joita ovat ADSL (ITU-G.992.1), ADSL2 (ITU-G.992.3) ja ADSL2+ (ITU-G.992.5). ADSL-standardeista käsitellään ensimmäinen standardi ITU-G.992.1 tarkemmin, koska siihen perustuvat pitkälti uudemmatkin standardit. Uusista standardeista ADSL2 ja ADSL2+ keskitytään niiden tuomiin parannuksiin.

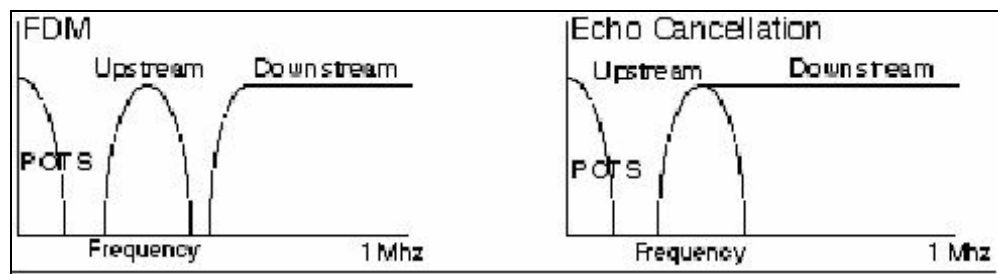
8.2.2 ADSL (ITU-G.992.1)

ADSL:n tiedonsiirto on nimensä mukaisesti asymmetristä eli tiedonsiirtonopeus on internetistä asiakkaalle päin paljon suurempi kuin asiakkaalta internetiin. Asymmetrinen tiedonsiirto sopii kuitenkin hyvin tyypilliseen internetin käyttöön, jossa käyttäjät tavallisesti siirtävät enemmän tietoa juuri internetistä itselleen. Maksimissaan ensimmäisen standardin mukaisella ADSL-tekniikalla saavutetaan 8 Mbit/s latausnopeus ja 1 Mbit/s lähetyksenopeus. Nämä ovat kuitenkin teoreettisia maksimi arvoja, sillä todellisuudessa ADSL-tiedonsiirtonopeus on voimakkaasti riippuvainen tilaajalinjan pituudesta sekä laadusta. Haja-asutusalueilla tämä näkyy selvemmin, missä operaattoreiden puhelinkeskukset voivat pahimmassa tapauksessa sijaita niin kaukana, ettei ADSL-yhteyden muodostaminen ole käytännössä mahdollista. Nykypäivänä tilanne on kuitenkin se, että lähes joka kotiin on mahdollista saada ADSL-yhteys jos nopeudesta hieman tingitään.

ADSL-tekniikka toimii ISO:n kehittämässä OSI-viitemallissa sen ensimmäisellä kerroksella eli fyysisellä kerroksella. Käytännössä tätä fyysistä kerrosta vastaavat kupariparikaapelit, joissa tiedonsiirto taloyhtiön puhelinsisäverkossakin tapahtuu.

Parikaapeliin tarjoama taajuuskaista voidaan jakaa ADSL:n käyttöön FDM- (Frequency Division Multiplexing) tai Echo Cancellation-tekniikalla. FDM- tekniikkaa käytettäessä ADSL:n käyttämä taajuusalue jaetaan kahteen toisistaan erillään olevaan kapeampaan taajuuskaistaan, eli meno- (upstream) ja paluukanaviin (downstream). Meno- ja paluukanavat jaetaan vielä pienemmiksi alikanaviksi käyttämällä DMT (Discrete Multitone) -koodaustekniikkaa. DMT toimii perus ADSL:n tapauksessa siten, että upstream- ja downstream-kaistat pilkotaan 256 alikantaalloksi (alikanavaksi), jotka sijaitsevat 4.3125 kHz:n välein toisistaan. Ensimmäisissä ADSL-standardeissa oli myös käytössä CAP (Carrierless Amplitude and Phase) -koodaustekniikka mutta nykyään DMT-tekniikkaa pidetään parempana vaihtoehtona. Echo Cancellation-menetelmä eroaa siten, että siinä meno- ja paluukaistoja ei eroteta toisistaan vaan ne toimivat päällekkäin (kuva 5). Oli käytössä kumpi tahansa menetelmä, niin kupariparikaapeleiden tarjoama taajuuskaista jaetaan siten, että lankapuhelinpalveluille jätetään niiden käyttämä 0–4 kHz taajuusalue. Tämä mahdollistaa puhelimen ja ADSL:n käytön yhtä aikaa.

/10; 17/

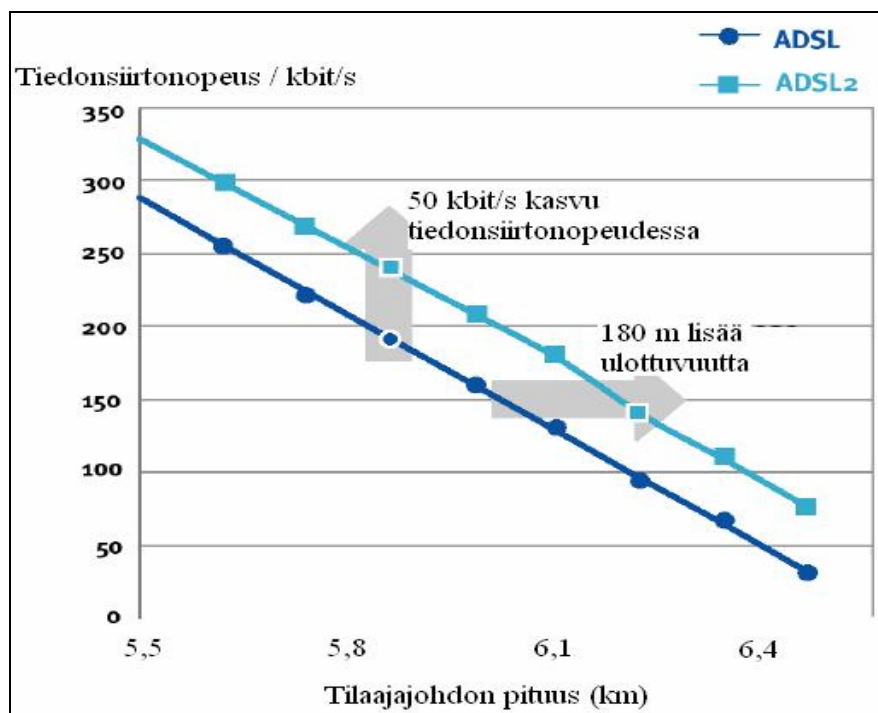


Kuva 5 ADSL:n taajuuskaistan jakaminen (FDM ja Echo Cancellation) /10/

8.2.3 ADSL2 JA ADSL2+

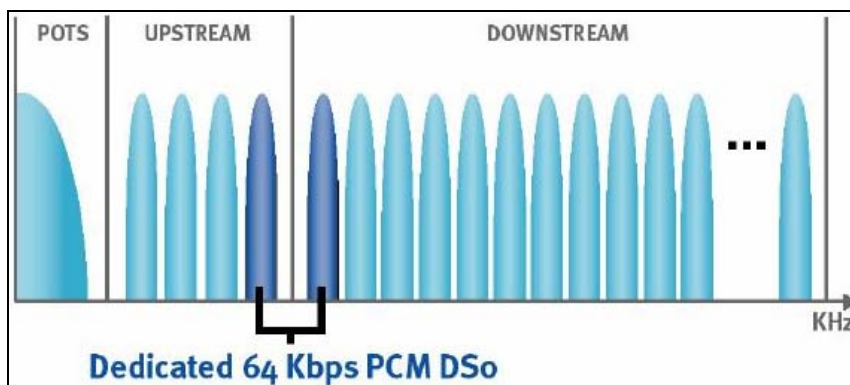
ITU julkaisi heinäkuussa 2002 uuden sukupolven ADSL2 (ITU-G.992.3 ja G.992.4) -standardin. Uusi ADSL2-standardi suunniteltiin erityisesti parantamaan ensimmäisen sukupolven ADSL:n tiedonsiirtonopeutta ja ulottuvuutta. Se käyttää perinteisen ADSL:n tavoin samaa n. 30–140 kHz:n taajuusaluetta menokaistalle

(upstream) ja noin 140–1100 kHz:n taajuusalueita paluukaistalle (downstream). Tehokkaamman TC-QAM (Trellis Coded-Quadrature Amplitude Modulation) -moduloinnin ja Reed-Salomon-virheenkorjauksen ansiosta ADSL2-tekniikalla saadaan parannettua maksimitiedonsiirtonopeudeksi 12 Mbit/s käyttäjältä verkkoon päin sekä lisättyä tilaajajohdon ulottuvuutta 180 metrillä (kuva 6). Menokaistan maksimitiedonsiirtonopeus pysyi samana (1 Mbit/s).



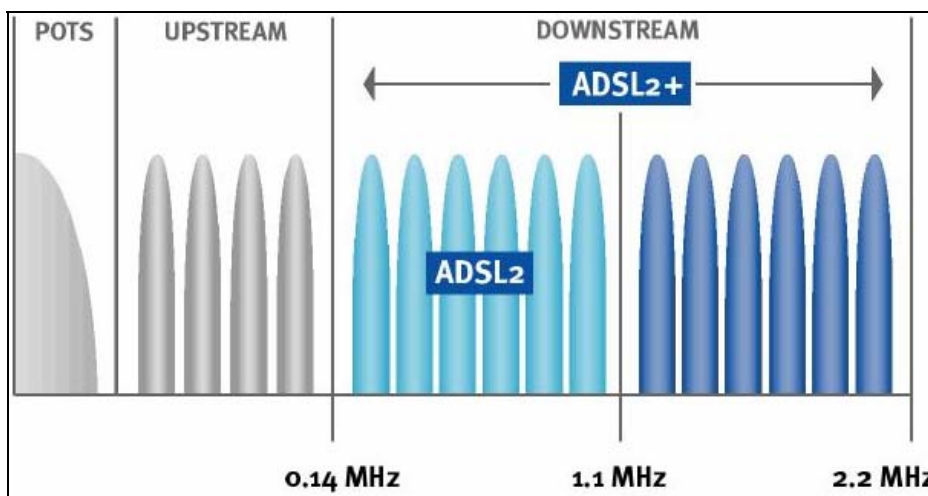
Kuva 6 ADSL2-standardi lisää ulottuvuutta 180 metrillä /11/

Lisäksi ADSL2 mahdollistaa taajuusalueen jakamisen ominaisuuksiltaan erityyppisiksi kanaviksi, jotka voidaan varata jonkin palvelun käyttöön (kuva 7), esimerkiksi CVoDSL (Channelized Voice over DSL). Muita parannuksia ovat muun muassa virransäästötila ja parempi diagnostiikka. /11/



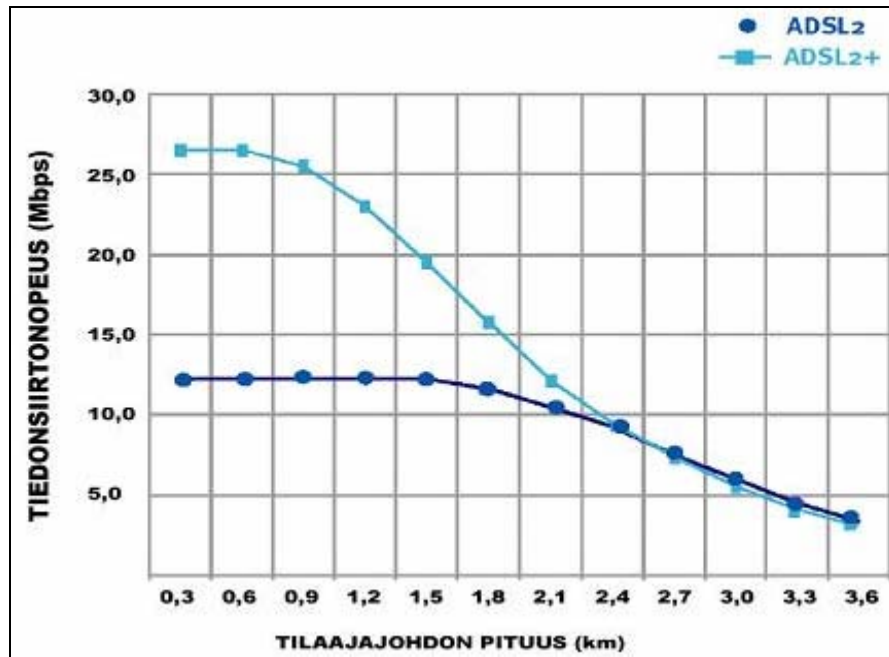
Kuva 7 Alikanavien varaus CVoDSL -palvelun käyttöön /11/

ITU julkaisi ADSL2:sta parannellun ADSL2+ (ITU-G.992.5) -standardin vuonna 2003. Suurimpana uudistuksena ADSL2+ tarjoaa maksimissaan 24 Mbit/s tiedonsiirtonopeuden paluukaistalle. Tämä on saatu aikaiseksi kasvattamalla paluukaistan taajuusalue 1.1 MHz:stä 2.2 MHz:iin (kuva 8), mikä kaksinkertaisti käytettävien taajuuskanavien määrän.



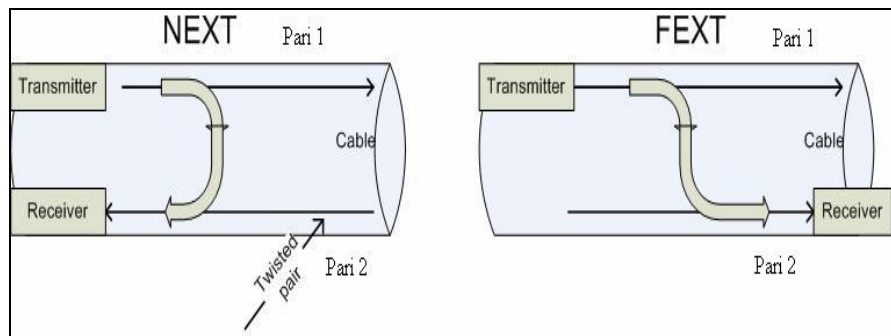
Kuva 8 ADSL2+ kaksinkertaisti paluukaistan taajuusalueen /11/

Kuvasta 9 voidaan havaita, että ADSL2+ tarjoamat maksimitiedonsiirtonopeudet ovat mahdollisia vain lyhyillä etäisyyksillä ja noin 2.5 kilometrin jälkeen ADSL2+ ero ADSL2:een on olematon. Tämä johtuu siitä, että pidemmällä matkalla korkeammat taajuudet ovat alttiimpia häiriöille.



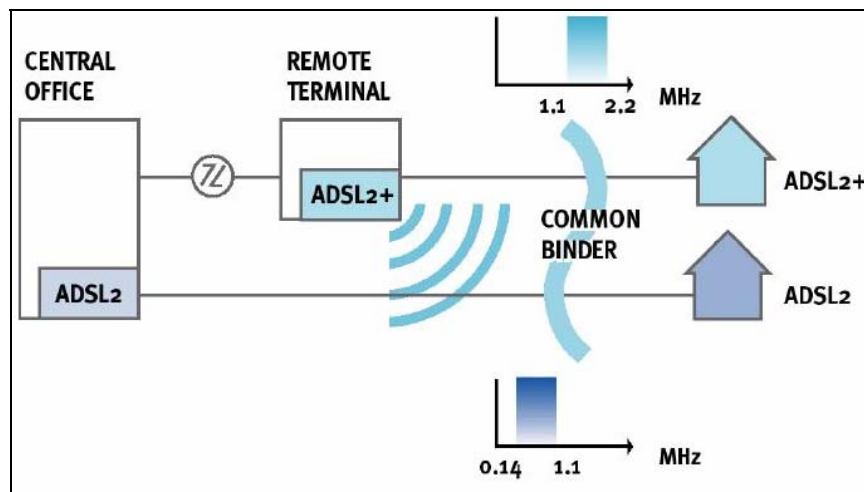
Kuva 9 Tilaaajajohdon pituuden vaikutus tiedonsiirtonopeuteen /11/

ADSL2+:n avulla voidaan myös vähentää kahden lähekkäin olevan ADSL-tilaaajalinjan toisilleen aiheuttamia häiriöitä. Päähäiriötyyppinä voidaan pitää ylikuuluvuutta (Crosstalk), millä tarkoitetaan energian vuotamista yhdestä kupariparista toiseen. Kuvassa 10 on esitetty ylikuulumisen kaksi eri tyyppiä, joita ovat NEXT (Near-End Crosstalk, lähipään ylikuuluminen) ja FEXT (Far-End Crosstalk, kaukopään ylikuuluminen). Lähipään ylikuulumisessa häiriö johtuu toisen (pari 1), alkuperäisen kanssa samaan suuntaan lähetetyn signaalin vaikutuksesta. Kaukopään ylikuuluminen puolestaan johtuu alkuperäiseen (pari 1) nähden vastakkaiseen suuntaan lähetetyn signaalin vaikutuksesta. /17/



Kuva 10 NEXT ja FEXT /12/

ADSL2+ pystyy vähentämään ylikuuluvuutta siten, että se voi käyttää liikennöintiinsä ainoastaan 1.1–2.2 MHz:n taajuusalueetta, mikä estää muiden ADSL / ADSL2-laitteiden aiheuttamat signaalin ylikuulumiset ADSL2+ -yhteydelle. Kuvassa 11 on havainnollistettu tilanne, missä ADSL2+ -yhteydellä käytetään puhelinkeskuksesta (Central Office) etäterminaalille (Remote Terminal) 1.1 MHz:n alle jäävää taajuusalueetta ja etäterminaalilta asiakkaan asunnolle 1.1–2.2 MHz:n välistä taajuusalueetta. Tämä ratkaisu eliminoi suurimman osan kahden lähekkäin olevan ADSL-linjan aiheuttamasta ylikuulumisesta. /11/



Kuva 11 Kahden ADSL-linjan ylikuulumisen vähentäminen /11/

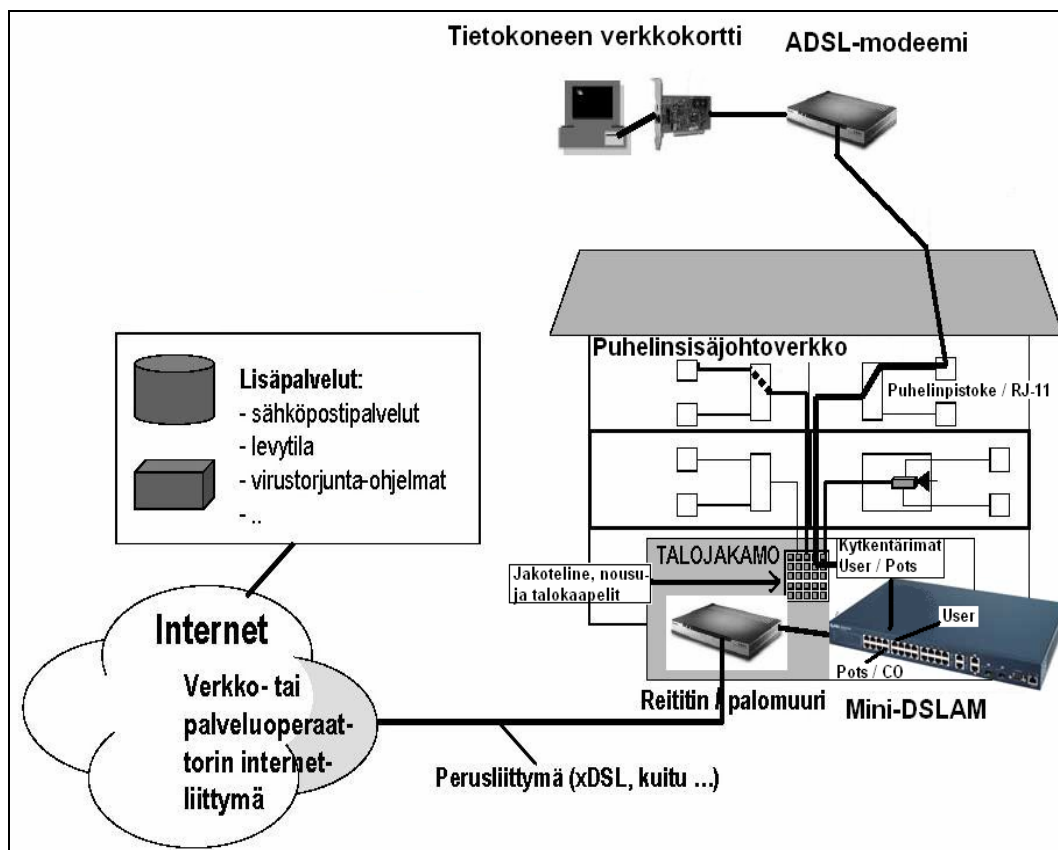
8.2.4 Taloyhtiön ADSL-lähiverkon toteutusperiaate mini-DSLAM-tekniikalla

Taloyhtiö voi toteuttaa oman ADSL-lähiverkkonsa samalla tekniikalla kuin internet operaattorit tarjoavat taloyhtiön asukkaille kiinteistöliittymiä. Tällöin taloyhtiön talojakamoon sijoitetaan mini-DSLAM (Mini DSL Access Multiplexer), jota voisi verrata esimerkiksi HomePNA-toteutuksessa HomePNA-kytkimeen. HomePNA-kytkimen tavoin mini-DSLAM jakaa xDSL-linjan talojakamosta huoneistoihin. Modulaarinen mini-DSLAM koostuu ADSL-linjakorteista tai linjamoduuleista, joissa voi olla tarpeen mukaan eri määrä (esimerkiksi 8, 12, 24 tai 48) liityntäportteja eli USER-portteja, joihin kytkettävät asunnot liitetään. Lisäksi niissä on vastaava määrä puhelinliikenteen suodattamiseen tarkoitettuja CO- tai

POTS-portteja, joilla puhelinliikenne ja ADSL-liikenne erotetaan toisistaan. Kytkenällisesti ADSL- toteutus eroaakin HomePNA-toteutuksesta siten, että jos liitettävään asuntoon on kytkettyä talokaapelista lankapuhelinlinja, niin tällöin se irrotetaan asunnon nousuparilta ja kytketään suoraan talokaapelista mini-DSLAM:n CO / POTS-porttiin ja asunnon nousuparilta tehdään kytkentä sitä vastaavaan USER- eli käyttäjäporttiin. Näin kytkettävän asunnon lankapuhelinliikenne ohjataan DSLAM:n ja talokaapelin kautta puhelinyhtiön lankapuhelinverkkoon ja ADSL -liikenne DSLAM:n kautta reitittimelle ja siitä edelleen talokaapelin kautta internet-palveluntarjoajan runkoverkkoon. Selkeyden vuoksi kannattaa talojakamoon rakentaa esimerkiksi KRONE LSA-rimoista omat erilliset USER- ja CO / POTS-kytkentärimat, mitkä ovat puolestaan kytkettyinä valmiiksi mini-DSLAM:n USER- ja CO / POTS-portteihin sekä jakotelineen asuntojen nousu- ja talokaapelipareihin. Tämä nopeuttaa ja helpottaa uusien asuntojen kytkemistä ja purkamista.

Liittymään kytkeytyminen asunnossa tapahtuu HomePNA:n tavoin asunnon puhelinpistokkeesta, johon kannattaa myös laittaa erillinen suodin erottamaan puhelinliikenne ADSL-liikenteestä. Suotimen käyttäminen poistaa erilaiset häiriöt kuten kohinan kuuluminen tai ADSL-modeemin linjan tippuilun lankapuhelinta käytettäessä. Lisäksi tarvitaan erillinen ADSL-modeemi, joka liitetään tavallisella puhelinjohdolla puhelinpistokkeen ADSL-suotimeen sekä Ethernet-verkkokaapelilla tietokoneen verkkokortille.

Tehtyjen kytkentöjen toimivuuden voi testata kytkemällä ADSL-modeemi puhelinpistokkeeseen ja tarkkailemalla syttyykö ADSL-modeemin linjavalo. Jos valo syttyy ADSL-modeemille sekä mini-DSLAM:n portille, johon se on kytketty, yhteys talojakamosta asuntoon on kunnossa. Kuvassa 12 on esitetty taloyhtiön ADSL-toteutuksen periaatekuva.



Kuva 12 Taloyhtiön ADSL-toteutuksen periaatekuva /1/

8.2.5 Erikokoisten taloyhtiöiden ADSL-toteutuksien kustannusesimerkit

Seuraavat toteutusesimerkit ovat suuntaa-antavia kustannuslaskelmia ADSL2+ -tekniikalla toteutetuista taloyhtiön lähiverkkoratkaisuista. Kaikissa esimerkeissä on käytetty samoja lähtökohtia kuin ensin esitellyissä HomePNA-toteutuksissa.

Esimerkki 4

Pienen (12 asunnon) taloyhtiön ADSL-järjestelmän toteutuskustannukset:

Taulukko 10 Pienen taloyhtiön ADSL-järjestelmän toteutuskustannukset

Liittymän avausmaksu	70 €
1kpl ADSL-reititin (SPI/NAT-palomuurilla)	130 €
1 kpl Zyxel IES-1000-DSLAM + AAM1212-51 12 porttinen ADSL/ADSL2/ADSL2+ -moduuli	yht. 1300 €
Asennus- ja kiinnitystarvikkeet	100 €
Yhteensä taloyhtiö / asunto	1600 € / 133 €

Taulukko 11 Liittymän hinta / asunto

2M / 512k liittymän vuosimaksu / kk	950 € / 79 €
Asunto / kk	n. 7 €

Esimerkki 5

Keskisuuren (48 asunnon) taloyhtiön ADSL-järjestelmän toteutuskustannukset:

Taulukko 12 Keskisuuren taloyhtiön ADSL-järjestelmän toteutuskustannukset

Liittymän avausmaksu	70 €
1kpl ADSL-reititin (SPI/NAT-palomuurilla)	130 €
1 kpl Zyxel IES-1248-71 / 48 porttia ADSL2/2+ IP DSLAM	2 300 €
Asennus- ja kiinnitystarvikkeet	300 €
Yhteensä taloyhtiö / asunto	2800 € / 58 €

Taulukko 13 Liittymän hinta / asunto

8M / 1M liittymän vuosimaksu / kk	1300 € / 108 €
Asunto / kk	n. 2 €

Esimerkki 6

Suuren (96 asunnon) taloyhtiön ADSL-järjestelmän toteutuskustannukset:

Taulukko 14 Ison taloyhtiön ADSL-järjestelmän toteutuskustannukset

Liittymien avausmaksut 2 kpl	140 €
1kpl ADSL-reititin	130 €
1 kpl G.SHDSL-reititin	300 €
Kuormantasaaja / SPI-palomuuri	300 €
2 kpl Zyxel IES-1248-71 / 48 porttia ADSL2/2+ IP DSLAM	4600 €
Asennus- ja kiinnitystarvikkeet	500 €
Yhteensä taloyhtiö / asunto	5970 €/ 62 €

Taulukko 15 Liittymän hinta / asunto

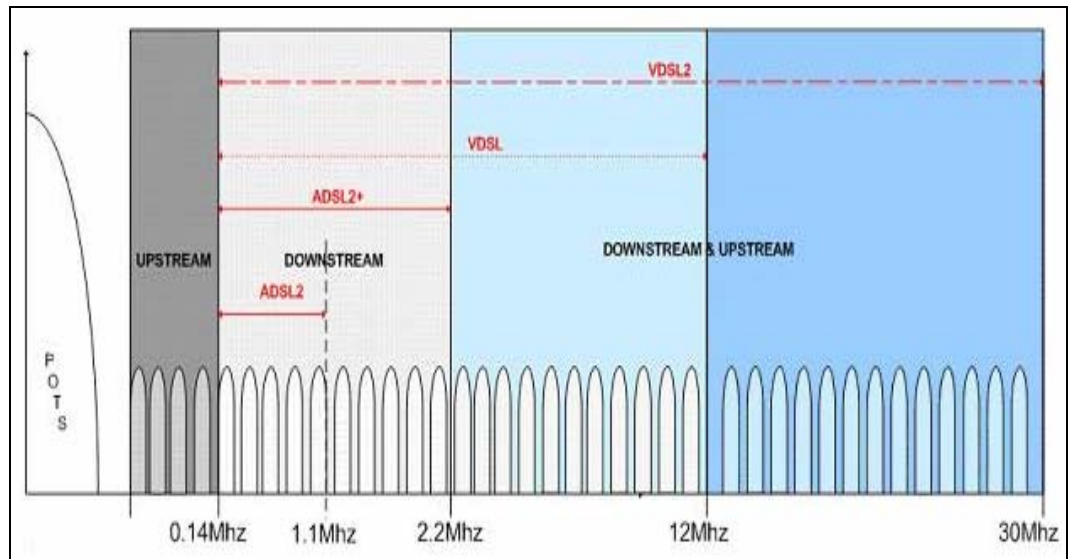
16M / 2M liittymän vuosimaksu / kk	1800 € / 150 €
2.3M / 2.3M liittymän vuosimaksu / kk	1350 €/ 113 €
Asunto / kk	n. 3 €

8.3 VDSL-yhteydet

VDSL (Very high speed Digital Subscriber Line) -tekniikat edustavat nykypäivän nopeinta tiedonsiirtotekniikkaa. Se on perinteisen HomePNA 1.1 -järjestelmän

seuraaja taloyhtiön sisäverkon laajakaistatoteutuksissa. ITU on julkaisut kaksi VDSL-standardia, joista ensimmäinen VDSL G.993.1 ilmestyi vuonna 2004. Se käyttää erittäin laajaa 12 MHz:n taajuusalueita ja tehokasta DMT-koodausta, mikä mahdollistaa maksimissaan jopa 55 Mbit/s tiedonsiirtonopeuden paluukaistalle ja 15 Mbit/s tiedonsiirtonopeuden menokaistalle. Samoin kuin muissakin DSL-tekniikoissa, VDSL:n tiedonsiirtonopeus on hyvin riippuvainen kaapelin pituudesta, joten maksimi nopeuksiin päästään vain noin 300 metrin kaapelipituuksilla. VDSL-tekniikalla yhteys voidaan rakentaa joko symmetriseksi tai vastaavasti asymmetriseksi, jolloin esimerkiksi lähetykanavalta voidaan siirtää taajuuskaistaa paluukanavalle ja näin parantaa latausnopeutta lähetyksenopeuden kustannuksella. Tällä tavoin voidaan toteuttaa esimerkiksi 15 / 15 Mbit/s symmetriset yhteydet taloyhtiön puhelinsisäverkossa. Teoriassa symmetrinen yhteys voisi olla VDSL G.993.1 -standardissa maksimissaan n. 26 / 26 Mbit/s alle 300 metrin etäisyyksillä. Käytäntö on kuitenkin osoittanut, että maksiminopeuksiin päästään harvoin. VDSL -tekniikan käyttämä hyvin laaja taajuusalue tekee siitä herkän ulkoisille häiriöille, joten se vaatii hyvin suojatun kaapeloinnin laitteiden välille. /14/

Toisen sukupolven VDSL2-standardi G.993.2, julkaistiin ITU:n toimesta 2005. Samaan standardiin perustuu kaksi eri VDSL2-versiota, joita ovat VDSL2 – 12 MHz long reach ja VDSL2 – 30 MHz short reach. Pitkän kantaman VDSL2 – 12 MHz kykenee perus VDSL:n tavoin maksimissaan 55 Mbit/s tiedonsiirtonopeuteen paluukaistalla mutta lähetyssuuntaan tiedonsiirtonopeutta on pystytty kasvattamaan 30 Mbit/s. Lyhyen kantaman VDSL2-tekniikassa on käytössä kuvan 13 mukaisesti paljon suurempi taajuusalue, jolla saavutetaan lyhyillä etäisyyksillä puhelinsisäjohtoverkossa jopa 100 Mbit/s symmetriset tiedonsiirtonopeudet. Tällöin puhelinkaapelin pituus talojakamosta asuntoon voi olla maksimissaan noin 500 metriä. VDSL2-standardi on suunniteltu tukemaan lähitulevaisuudessa yleistyviä ns. Triple Play internetpalveluja, joita ovat ääni- (VoIP), video- (IPTV) ja normaalit datapalvelut. /14/



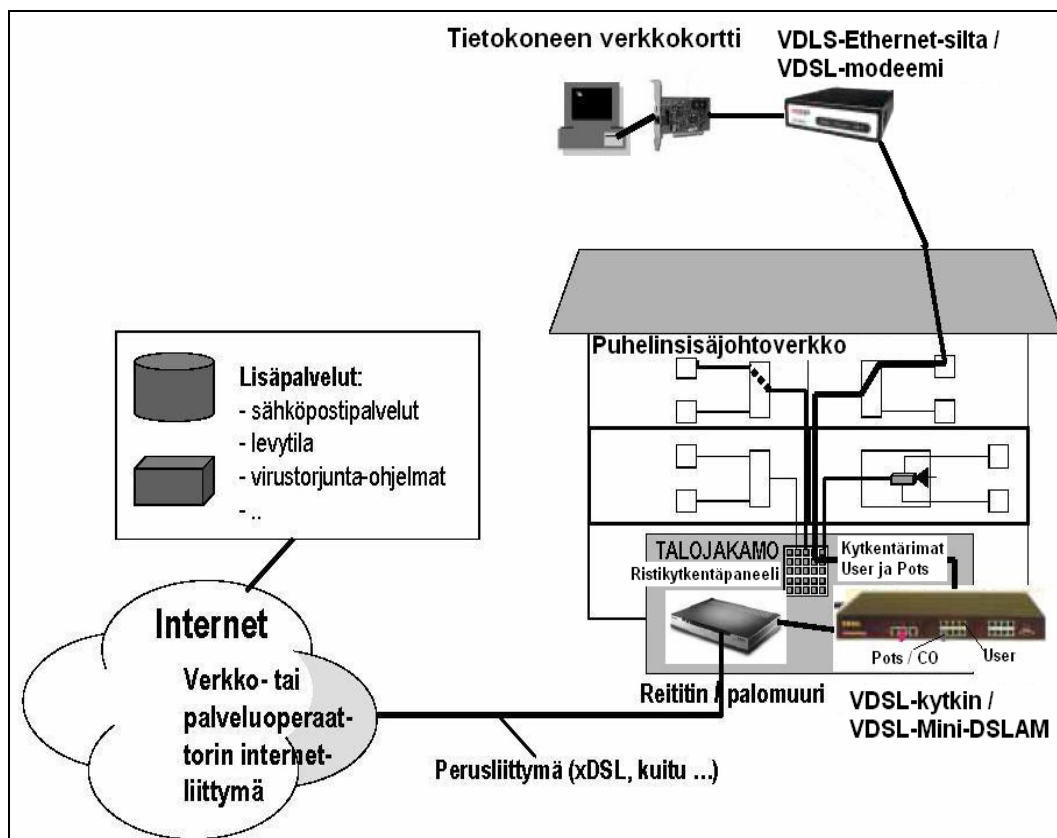
Kuva 13 VDSL- ja VDSL2-tekniikoiden käyttämät taajuusalueet (downstream ja upstream) /13/

8.3.1 VDSL-tekniikan soveltuvuus taloyhtiön laajakaistayhteyksiin

VDSL-tekniikka soveltuu hyvin perinteisen HomePNA-tekniikan korvaajaksi kaikkiin taloyhtiöihin. Se käyttää hyväkseen HomePNA-tekniikan tavoin olemassa olevaa puhelinkaapelointia mutta tarjoaa monikymmenkertaisesti nopeamman yhteyden internetiin. VDSL-tekniikan avulla voidaan toteuttaa edulliset, mutta silti huippunopeat ja symmetriset 15 / 15 Mbit/s yhteydet taloyhtiön puhelinsisäverkossa. VDSL-tekniikan käyttöönottokustannukset ovat nykypäivänä jo kohtalaisen pienet ja sillä saadaan taloyhtiölle laajakaistaratkaaisu, joka riittää pitkälle tulevaisuuteen. Kuten muissakin lähiverkkoratkaisuissa myös VDSL-järjestelmän toteutuksessa kannattaa käyttää laadukkaita aktiivilaitteita ja komponentteja, jolloin järjestelmästä saadaan vakaasti toimiva ja lähes huoltovapaa ratkaaisu. Oikein asennettuna ja kytkettynä järjestelmä toipuu itsenäisesti sähkö- ja muista katkoksista, eikä tarvitse erillisiä päivityksiä.

8.3.2 Taloyhtiön VDSL-lähiverkon toteutusperiaate

Taloyhtiön VDSL-lähiverkon toteutus noudattaa pitkälti samaa periaatetta kuin ADSL-lähiverkon toteutus mini-DSLAM-tekniikalla. VDSL-toteutuksessa talojakamoon sijoitetaan VDSL-kytkin tai mini-DSLAM, jossa on VDSL-linjakortti. Kytkennät talojakamossa tehdään myös samoin kuin ADSL-toteutuksessakin, eli talokaapelin kautta mahdollisesti tuleva lankapuhelinliikenne suodatetaan VDSL-kytkimessä / mini-DSLAM:ssä erillisten CO / POTS-porttien kautta ja VDSL-dataliikenne kytketään asunnon nousuparilta omiin USER-portteihinsa. Asunnon päässä taloyhtiön VDSL-lähiverkkoon kytkeydytään helpoiten VDSL-ethernet-sillalla, joka liitetään asunnon puhelinpistokkeeseen tavallisella puhelinjohdolla ja perinteisellä kolminapaisella puhelinpistotulpalla. Tietokoneeseen VDSL-Ethernet-silta kytketään samoin kuin HomePNA-toteutuksessa käytettävällä HomePNA-Ethernet-sillallakin, eli se liitetään suoraan laitteen Ethernet-portista Ethernet-verkkokaapelilla tietokoneen verkkokortille. Laitteessa on lisäksi RJ-11-liitäntä ja sisäänrakennettu suodin lankapuhelinta varten. VDSL-Ethernet-sillan käyttö on helppoa, sillä se ei tarvitse mitään asetuksia toimiakseen oikein, toisin kuin ADSL-modeemi. Kytkennän toimivuuden voi testata samoin kuin HomePNA-toteutuksessakin liittämällä VDSL-Ethernet-silta edellä mainitulla tavalla puhelinpistokkeeseen ja tarkkailemalla syttykö linkkivalo. Kuvassa 14 on esitetty taloyhtiön VDSL-toteutuksen periaatekuva.



Kuva 14 Taloyhtiön VDSL-toteutuksen periaatekuva /1/

8.3.3 Erikokoisten taloyhtiöiden VDSL-toteutuksien kustannusesimerkit

Seuraavat toteutusesimerkit ovat suuntaa-antavia kustannuslaskelmia VDSL-tekniikalla toteutetuista taloyhtiön lähiverkkoratkaisuista. Kaikissa esimerkeissä on käytetty samoja lähtökohtia kuin ensin esitellyissä HomePNA-toteutuksissa.

Esimerkki 7

Pienen (12 asunnon) taloyhtiön VDSL-järjestelmän toteutuskustannukset:

Taulukko 16 Pienen taloyhtiön VDSL-järjestelmän toteutuskustannukset

Liittymän avausmaksu	70 €
1kpl ADSL-reititin (SPI/NAT-palomuurilla)	130 €
2kpl NetSys NV-800S, 8 portin VDSL-keskitin (DSLAM)	yht. 1400 €
Asennus- ja kiinnitystarvikkeet	100 €
Yhteensä taloyhtiö / asunto	1700 €/ 142 €

Taulukko 17 Liittymän hinta / asunto

2M / 512k liittymän vuosimaksu / kk	950 € / 79 €
Asunto / kk	n. 7 €

Esimerkki 8

Keskisuuren (48 asunnon) taloyhtiön VDSL-järjestelmän toteutuskustannukset:

Taulukko 18 Keskisuuren taloyhtiön VDSL-järjestelmän toteutuskustannukset

Liittymän avausmaksu	70 €
1kpl ADSL-reititin (SPI/NAT-palomuurilla)	130 €
2 kpl NetSys NV-2400S, 24 portin VDSL-keskitin (DSLAM)	yht. 4000 €
Asennus- ja kiinnitystarvikkeet	300 €
Yhteensä taloyhtiö / asunto	4500 €/ 94 €

Taulukko 19 Liittymän hinta / asunto

8M / 1M liittymän vuosimaksu / kk	1300 € / 108 €
Asunto / kk	n. 2 €

Esimerkki 9

Suuren (96 asunnon) taloyhtiön VDSL-järjestelmän toteutuskustannukset:

Taulukko 20 Ison taloyhtiön VDSL-järjestelmän toteutuskustannukset

Liittymien avausmaksut 2 kpl	140 €
1kpl ADSL-reititin	130 €
1 kpl G.SHDSL-reititin	300 €
Kuormantasaaja / SPI-palomuuuri	300 €
4 kpl NetSys NV-2400S, 24 portin VDSL-keskitin (DSLAM)	8000 €
Asennus- ja kiinnitystarvikkeet	500 €
Yhteensä taloyhtiö / asunto	9370 € / 98 €

Taulukko 21 Liittymän hinta / asunto

16M / 2M liittymän vuosimaksu / kk	1800 € / 150 €
2.3M / 2.3M liittymän vuosimaksu / kk	1350 € / 113 €
Asunto / kk	n. 3 €

9 TALOYHTIÖN ETHERNET-LÄHIVERKON RAKENNE JA TOIMINTAPERIAATE

Ethernet-standardiin IEEE-802.3 perustuva Ethernet-lähiverkko on osoittautunut taloyhtiöissä erittäin toimivaksi ratkaisuksi toteuttaa taloyhtiön oma lähiverkko. Ethernet-lähiverkko on mahdollista toteuttaa taloyhtiöissä, joissa on vähintään luokan D (kategorian 5 kaapelit ja liittimet) tai E (kategorian 6 kaapelit ja liittimet) tasoinen yleiskaapelointijärjestelmä. Kategorian 5 mukainen nousukaapelointi tukee 100 Mbit/s (Fast Ethernet) lähiverkkoa ja kategorian 6 mukaisella

nousukaapeloinnilla saavutetaan jopa 1 Gbit/s nopeuksinen Gigabit-Ethernet-lähiverkko.

Alun perin perinteinen Ethernet-verkko oli topologiaaltaan väylä, johon kytketyt laitteet pystyivät kommunikoimaan keskenään. Nykyisin taloyhtiöihin kytkimillä rakennetut Ethernet-lähiverkot ovat sekä fyysiseltä että loogiselta verkkotopologiaaltaan tähtimäisiä (vrt. puhelinsisäverkko). Ethernet-lähiverkossa liikennöivät aktiivilaitteet lähettävät toisilleen sanomia, joita kutsutaan kehyksiksi. IEEE 802.3-kehysten rakenne on perin yksinkertainen ja se on esitetty kuvassa 15. /4/

Tahdistin-osa (7 tavua)	Kehyksen alkuerote (1 tavu)	Kohde-osoite (6 tavua)	Lähde-osoite (6 tavua)	Pituuskenttä (2 tavua)	LLC kehys (3-1500 tavua)	Payload (täyte jos LLC < 46 tavua)	Tarkistus-suma (4 tavua)
----------------------------	--------------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	-----------------------------	---------------------------------------	-----------------------------

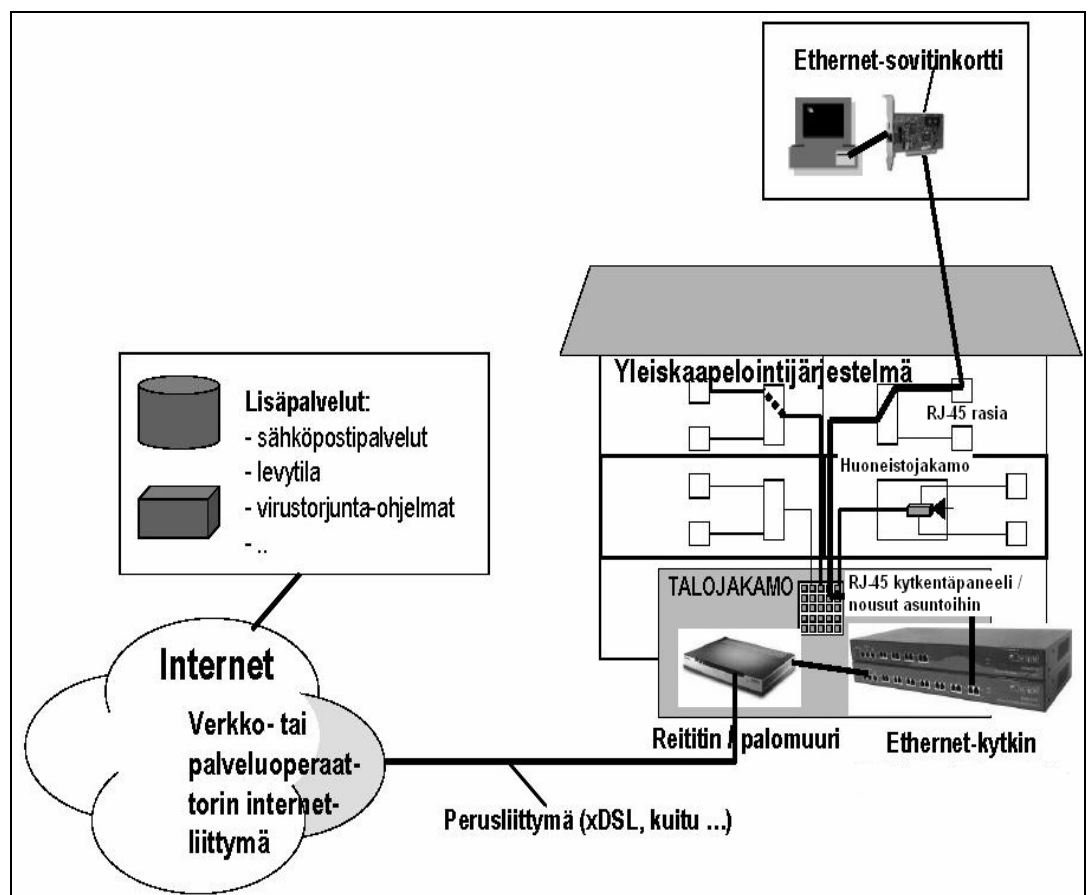
Kuva 15 IEEE 802.3 – kehys /15/

Itse liikennöinti Ethernet-verkossa tapahtuu käyttämällä hyväksi niin sanottua kilpavaraus- eli CSMA / CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) -menetelmää, jonka mukaisesti se laite, joka ensin varaa väylän saa lähettää ja muut joutuvat odottamaan. Mikäli kaksi laitetta lähettää samanaikaisesti, tapahtuu törmäys jolloin Ethernet-kehukset tuhoutuvat. Tällöin CSMA / CD-menetelmän mukaisesti laitteet huomaavat törmäyksen ja odottavat satunnaisen ajan jonka jälkeen yrittävät lähettää viestin uudelleen. /4/

9.1 Taloyhtiön Ethernet-lähiverkon toteutusperiaate

Ethernet-toteutuksen keskeisimpänä laitteena toimii taloyhtiön talojakamoon sijoitettava Ethernet-kytkin, joka liitetään reitittimen kautta internet-operaattorilta tilattuun perusliittymään. Perusliittymä voi olla esim. ADSL2+ -yhteys (24 / 3 Mbit/s) tai valokaapeliyhteys (100 / 100 Mbit/s) riippuen taloyhtiön siirtonopeustarpeista ja eri liittymätyyppien saatavuudesta. Talojakamossa on

erilliset DATA / ATK -kytkentäpaneelit, joiden kautta liitettävät asunnot kytketään Ethernet-kytkimen portteihin. Asunnossa liittymään kytkeydytään liittämällä tietokoneen verkkokortilta Ethernet-verkkokaapeli suoraan seinässä olevaan RJ-45-rasiaan. Suurin ero HomePNA- ja muihin DSL-toteutuksiin on se, että mitään erillisiä sovitimia ei tarvita. Asunnoissa on yleensä lisäksi vielä oma huoneistojakamo, jossa on erillinen kytkentäpaneeli minkä kautta DATA-yhteys voidaan ohjata halutun huoneiston RJ-45-rasiaan. Kaikissa kytkennöissä talojakamossa sekä asunnoissa voidaan tarpeen mukaan käyttää 10Base-T tai 100Base-T -standardiin perustuvia verkkokaapeleita, jotka mahdollistavat 10 tai 100 Mbit/s nopeudet asuntoihin. Kuvassa 16 on esitetty taloyhtiön Ethernet-lähiverkon toteutusperiaate.



Kuva 16 Taloyhtiön Ethernet-lähiverkon toteutusperiaate /1/

9.2 Erikokoisten taloyhtiöiden Ethernet-lähiverkko toteutusten kustannusesimerkit

Seuraavat toteutusesimerkit ovat suuntaa-antavia kustannuslaskelmia Ethernet-tekniikalla toteutetuista taloyhtiön lähiverkkoratkaisuista. Kaikissa esimerkeissä on käytetty samoja lähtökohtia kuin ensin esitellyissä HomePNA-toteutuksissa.

Esimerkki 10

Pienen (12 asunnon) taloyhtiön Ethernet-lähiverkon toteutuskustannukset:

Taulukko 22 Pienen taloyhtiön Ethernet-järjestelmän toteutuskustannukset

Liittymän avausmaksu	70 €
1kpl ADSL-reititin (SPI/NAT-palomuurilla)	130 €
1kpl Ethernet kytkin 12 porttia	300 €
Asennus- ja kiinnitystarvikkeet	100 €
Yhteensä taloyhtiö / asunto	600 € / 50 €

Taulukko 23 Liittymän hinta / asunto

2M / 512k liittymän vuosimaksu / kk	950 € / 79 €
Asunto / kk	n. 7 €

Esimerkki 11

Keskisuuren (48 asunnon) taloyhtiön Ethernet-lähiverkon toteutuskustannukset:

Taulukko 24 Keskisuuren taloyhtiön Ethernet-järjestelmän toteutuskustannukset

Liittymän avausmaksu	70 €
1kpl ADSL-reititin (SPI/NAT-palomuurilla)	130 €
2 kpl 24-portin Ethernet-kytkin	yht. 800 €
Asennus- ja kiinnitystarvikkeet	300 €
Yhteensä taloyhtiö / asunto	1300 €/ 27 €

Taulukko 25 Liittymän hinta / asunto

8M / 1M liittymän vuosimaksu / kk	1300 € / 108 €
Asunto / kk	n. 2 €

Esimerkki 12

Suuren (96 asunnon) taloyhtiön Ethernet-lähiverkon toteutuskustannukset:

Taulukko 26 Ison taloyhtiön Ethernet-järjestelmän toteutuskustannukset

Liittymien avausmaksut 2 kpl	140 €
1kpl ADSL-reititin	130 €
1 kpl G.SHDSL-reititin	300 €
Kuormantasaaja / SPI-palomuri	300 €
4 kpl 24 portin Ethernet-kytkin	1600 €
Asennus- ja kiinnitystarvikkeet	500 €
Yhteensä taloyhtiö / asunto	2970 €/ 31 €

Taulukko 27 Liittymän hinta / asunto

16M / 2M liittymän vuosimaksu / kk	1800 € / 150 €
2.3M / 2.3M liittymän vuosimaksu / kk	1350 € / 113 €
Asunto / kk	n. 3 €

10 ERI TOTEUTUSTEN VERTAILU JA YHTEENVETO

Vertailtaessa taulukon 28 eri toteutuksia keskenään huomataan Ethernet-tekniikan olevan ylivoimaisesti paras vaihtoehto toteuttaa taloyhtiön lähiverkko. Tämä pitää kuitenkin paikkansa vain pienessä osassa Suomen taloyhtiöistä, sillä Ethernet-lähiverkon vaatima yleiskaapelointijärjestelmä alkoi yleistyä vasta vuoden 1995 jälkeen rakennetuissa taloyhtiöissä. Suurimmassa osassa taloyhtiöistä on siis turvaututtava puhelinsisäjohtoverkon ja niissä toimivien tekniikoiden tarjoamiin ominaisuuksiin, sillä yleiskaapeloinnin rakentaminen vanhempiin taloyhtiöihin on järkevää vain suuremman remontin yhteydessä.

Taulukko 28 Keskisuuren (48 asuntoa) taloyhtiön eri toteutusten vertailu

Toteutustekniikka	Tiedonsiirtonopeus Up / Down	Kustannukset / Huoneisto
HomePNA 1.1	1 / 1 Mbit/s	2400 € / 50 €
ADSL2+	24 / 1 Mbit/s	2800 € / 58 €
VDSL	15 / 15 Mbit/s	4500 € / 94 €
Ethernet	100 / 100 Mbit/s	1300 € / 27 €

Puhelinsisäjohtoverkossa toimivista tekniikoista HomePNA 1.1 on kiistatta halvin ratkaisu, mutta se ei tarjoa tulevaisuuden tiedonsiirtotarpeita ajatellen riittävää kapasiteettia. Uudet ja nopeammat HomePNA 2.0 ja 3.0 -spesifikaatiotkaan eivät vielä sovellu käytettäviksi taloyhtiöissä ylikuuluvuusongelmien vuoksi. Tämä onkin johtanut siihen, että esimerkiksi operaattorit ovat alkaneet rakentamaan omia taloyhtiöille tarjottavia kiinteistöliittymiään ADSL mini-DSLAM-tekniikalla, jota voidaan hyödyntää samoin myös taloyhtiön omissa ratkaisuisa. Lisäksi mini-DSLAM-tekniikalla toteutettu lähiverkko ei ole keskisuurissa ja suurissa taloyhtiöissä merkittävästi kalliimpi kuin vastaava HomePNA-tekniikalla toteutettu lähiverkko. Pienissä alle 10 asunnon taloyhtiöissä tekniikoiden välinen hinta ero on HomePNA:n eduksi kuitenkin selvästi suurempi, johtuen markkinoilla olevien laitteistojen teknisistä eroavaisuuksista ja hinnoista.

Taloyhtiöiden kannalta uusin ja mielenkiintoisin vaihtoehto on ehdottomasti VDSL-tekniikka. Siitä onkin jo jonkin aikaa povattu HomePNA:n seuraajaa taloyhtiöissä mutta standardoinnin hitaus sekä tekniikan kalleus on hidastanut sen yleistymistä. VDSL-tekniikka on vieläkin noin kaksi kertaa kalliimpaa kuin ADSL-tekniikka, mutta se on suuremman ja symmetrisen tiedonsiirto-ominaisuuksiensa ansiosta tulevaisuuden kannalta pitkäikäisin vaihtoehto. Markkinoille on myös jo ilmestynyt VDSL2-standardiin perustuvia laitteita, jotka mahdollistavat puhelinsisäverkossa lähes samat tiedonsiirtonopeudet kuin Ethernet-lähiverkko yleiskaapelointijärjestelmässä. VDSL-tekniikan yleistyminen taloyhtiöissä tulee pidentämään taloyhtiön puhelinsisäverkon käyttöikä ja se antaa taloyhtiöille vaihtoehdon toteuttaa todella nopeat sisäverkkoyhteydet ilman kalliin yleiskaapelointijärjestelmän rakentamista.

11 LÄHTEET

Sähköiset lähteet

1. Tauno Hovatta, sähköinfo Oy. Taloyhtiön laajakaistajärjestelmän suunnittelu ja hankinta. ST-ohjeisto 9. [www-sivu]. Sähkötieto ry. Espoo 2006. [viitattu 5.5.2007]. Saatavissa: http://www.stul.fi/verkkotuotteet/user_new/index.html
2. Jarmo Mäkäläinen, Tietoyhteiskunnan kehittämiskeskus ry. Opas taloyhtiön kiinteän Internet-yhteyden hankintaan. [www-sivu]. Liikenne- ja viestintävirasto. Helsinki 2003. [viitattu 5.5.2007] Saatavissa: http://www.tieke.fi/mp/db/file_library/x/IMG/12212/file/taloyhtioopas_040423.pdf
3. Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto ry. Toimitilakiinteistöjen tietoverkko-opas. [www-sivu]. Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto ry. [viitattu 5.5.2007] Saatavissa: <http://myy.helia.fi/~a0600207/toimitila.pdf>
4. Tauno Hovatta, sähköinfo Oy. Kiinteistöjen lähiverkot. ST-raportti 2. [www-sivu]. Sähkötieto ry. Espoo 2005. [viitattu 5.5.2007]. Saatavissa: http://www.stul.fi/verkkotuotteet/user_new/index.html
5. Home Phone Line Network Alliance. [www-sivu]. [viitattu 5.5.2007]. Saatavissa: <http://homepna.org/en/about/faq.asp#about1>
6. Mikko Pehkonen, Lähiverkot –erikoistyyökurssi seminaarityö. [www-sivu]. [viitattu 5.5.2007]. Saatavissa: http://www.it.lut.fi/kurssit/04-05/010626000/seminarit/HomePNA_Mikko_Pehkonen.pdf
7. Matti Joutkoski. Homepna-toteutus, Versio: 1.07. [www-sivu]. [viitattu 5.5.2007]. Saatavissa: <ftp://ftp.wintel.fi/docs/laajakaista/homepna-toteutus.doc>
8. Mikko Niskanen, Lähiverkot –erikoistyyökurssi seminaarityö. [www-sivu]. [viitattu 5.5.2007]. Saatavissa: <http://www.it.lut.fi/kurssit/04-05/010626000/seminarit/xDSLtekniikat.pdf>

9. DSLForum. [www-sivu]. [viitattu 5.5.2007]. Saatavissa:
<http://dslforum.org/about/aboutforum.shtml>
10. DSLForum. [www-sivu]. [viitattu 5.5.2007]. Saatavissa:
http://www.dslforum.org/aboutdsl/adsl_tutorial.html
11. DSLForum. [www-sivu]. [viitattu 5.5.2007]. Saatavissa:
http://www.dslforum.org/aboutdsl/ADSL2_wp.pdf
12. RAD Data Communications. [www-sivu]. [viitattu 5.5.2007]. Saatavissa:
http://www2.rad.com/networks/2005/adsl/line_imp.htm
13. RAD Data Communications. [www-sivu]. [viitattu 5.5.2007]. Saatavissa:
<http://www2.rad.com/networks/2005/adsl/future.htm>
14. DSLForum. [www-sivu]. [viitattu 5.5.2007]. Saatavissa:
http://dslforum.org/learndsl/ppt/VDSL2_Tutorial-2005.ppt
15. Roininen, Tero, Lähiverkot-erikoistyökurssi. [www-sivu]. [viitattu 5.5.2007].
Saatavissa: http://www.it.lut.fi/kurssit/04-05/010626000/seminarit/Ethernet2_Tero_Roininen_kalvot.pdf

Painetut lähteet

16. Oy Omnitele Ab, Laajakaistatekniikoiden kehitys 1995–2010. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisu 53/2004. Helsinki 2004. 48 s.
17. Ginsburg, David, ADSL. Oy Edita Ab. IT Press. Helsinki 2000. 303 s.