

Rakennusten tiedonsiirtoteknologiat Lähivuosien kehitysnäkymiä

Jouko Pakanen
VTT Rakennustekniikka



ISBN 951-38-5426-4 (nid.)

ISSN 1235-0605 (nid.)

ISBN 951-38-5427-2 (URL: <http://ww.inf.vtt.fi/pdf/>)

ISSN 1455-0865 (URL: <http://ww.inf.vtt.fi/pdf/>)

Copyright © Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT) 1998

JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER

Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT), Vuorimiehentie 5, PL 2000, 02044 VTT
puh. vaihde (09) 4561, faksi (09) 456 4374

Statens tekniska forskningscentral (VTT), Bergsmansvägen 5, PB 2000, 02044 VTT
tel. växel (09) 4561, fax (09) 456 4374

Technical Research Centre of Finland (VTT),
Vuorimiehentie 5, P.O.Box 2000, FIN-02044 VTT, Finland
phone internat. + 358 9 4561, fax + 358 9 456 4374

VTT Rakennustekniikka, Rakennusfysiikka, talo- ja palotekniikka,
Kaitoväylä 1, PL 18021, 90571 OULU
puh. vaihde (08) 551 2111, faksi (08) 551 2090

VTT Byggnadsteknik, Byggnadsfysik, hus- och brandteknik, Kaitoväylä 1, PB 18021, 90571 OULU
tel. växel (08) 551 2111, fax (08) 551 2090

VTT Building Technology, Building Physics, Building Services and Fire Technology,
Kaitoväylä 1, P.O.Box 18021, FIN-90571 OULU, Finland
phone internat. + 358 8 551 2111, fax + 358 8 551 2090

Toimitus Leena Ukoski

Libella Painopalvelu Oy, Espoo 1998

Pakanen, Jouko. Rakennusten tiedonsiirtoteknologiat. Lähivuosien kehitysnäkymiä [Future communication technologies for buildings. A survey]. Espoo 1998, Valtion teknillinen tutkimuskeskus, VTT Tiedotteita – Meddelanden – Research Notes 1932. 48 s. + liitt. 1 s.

Avainsanat intelligent buildings, information systems, data transmission, LAN, building automation

Tiivistelmä

Teknologian kehityksen myötä tiedonsiirto rakennusten ja yleisten tietoverkkojen välillä on lähivuosina voimakkaasti muuttumassa. Tämä johtuu osittain laajakaistaisten tiedonsiirtoväylien käyttöönotosta. Uutta, nopeaa tiedonsiirtoteknologiaa on kehitteillä alueellisiin puhelin-, sähkö-, kaapelitelevisio- ja radioverkkoihin. Muutaman vuoden kuluttua merkittävä osa rakennuksista on kytketty johonkin laajakaistaiseen tietoverkkoon. Vaikka näiden uusien tietoyhteyksien ensisijainen tehtävä on taata käyttäjille kodeissa ja työpaikoilla monipuolista tiedonsiirtopalvelua, verkkoihin voivat kytkeytyä myös koti- ja rakennusautomaatio-, turva-, kulunvalvonta-, paloilmoitus-, hissi- ynnä muut tekniset järjestelmät standardiliitännöiden avulla. Verkot muodostavat siten näille järjestelmille nopean yhdysväylän ulkopuolisiin tietoverkkoihin. Tämä tulee vaikuttamaan rakennusten teknisten järjestelmien ja laitteiden rakenteeseen ja toimintaan ja niiden tarjoamiin palveluihin.

Rakennusten sisäisen tiedonsiirron teknisissä järjestelmissä ja laitteissa on tapahtumassa myös voimakasta teknologista kehitystä. Radioverkkoja sekä rakennuksen omaa sähkö- ja puhelinverkkoa hyödyntävät teknologiat lisääntyvät lähivuosina. Ne valtaavat markkinaosuuksia perinteisiltä lähestymistavoilta, joissa on asennettava erillisen kaapeliverkko tiedonsiirtoväyläksi. Siten uusilla järjestelmillä on selviä etuja asennettaessa niitä jo olemassa oleviin rakennuksiin. Yleensä nämä teknologiahankkeet ovat suurehkojen yrityskonsortioiden käynnistämiä ja ne kohdistuvat kodin lähiverkkojen tai automaation kehittämiseen.

Osa rakennusten tiedonsiirrosta on jatkossakin hidasta ja pienimuotoista datansiirtoa, jota leimaa toteutusten kustannuskriittisyys. Tällaista ovat esimerkiksi sähkön, lämmön ja veden kulutuksen mittaukset ja niiden siirto ulkopuolisiin tietoverkkoihin. Nykyteknologia kykenee tarjoamaan myös näihin tarkoituksiin uusia, kilpailukykyisiä ratkaisuja.

Pakanen, Jouko. Rakennusten tiedonsiirtoteknologiat. Lähivuosien kehitysnäkymiä [Future communication technologies for buildings. A survey]. Espoo 1998, Technical Research Centre of Finland, VTT Tiedotteita – Meddelanden – Research Notes 1932. 48 p. + app. 1 p.

Keywords intelligent buildings, information systems, data transmission, LAN, building automation

Abstract

New developments in information technology will affect communication and data transmission between buildings and public communication highways. This is partly due to fast broadband data transmission, which will soon be available in local telecommunication, electric, cable television and radio networks. In a few years a significant number of buildings will have access to a broadband communication network. Although the main function of these networks is to provide information services to homes and offices, technical systems of buildings will also benefit from them. Home and building automation systems, as well as security and fire alarm systems, elevators, etc., can be connected to these broadband gateways through a standard interface. This will gradually change the structure, operation and services of the technical systems in buildings.

Brisk technical development is also evident in communication methods and technologies inside buildings. New technical systems and devices will apply radio frequencies and available infrastructures of electrical cables and phone lines as a transmission media. It is probable that these new technologies will successfully compete with old approaches requiring custom wiring. This is a benefit when the systems are implemented in existing buildings. Typically, these technological development projects are initiated by rather large groups of companies, and their objective is to develop home LANs or home automation systems.

Although many of the new technologies in buildings are based on high speed data transfer, technical systems with slow data transmission capabilities will still be needed in the future. Typically, these systems are cost-effective and designed to collect residential electric, water and energy consumption data from buildings and transfer the data to a remote database through broadband communication networks. New, competitive solutions will also be provided for these specific environments.

Alkusanat

Tiedon Valtatie ja Tietoyhteiskunta ovat termejä, joita kuulemme päivittäin tiedotusvälineistä. Termit liittyvät lähivuosien teknologisen kehityksen aikaansaamaan muutokseen päivittäisessä elämässämme. Tiedon valtatie ulottuvat sinne, missä ihmiset ovat. Nämä kohteet ovat usein erilaisia rakennuksia. Siten muutokset tiedonsiirtoteknologiassa tulevat vaikuttamaan myös rakennusten teknisiin järjestelmiin ja laitteisiin. Uusi teknologia antaa mahdollisuuden toteuttaa aivan uudentyypisiä toimintoja ja palveluja rakennuksen käyttäjille, asukkaille, huoltomiehille ja jopa rakentajille.

"Rakennusten tiedonsiirtoteknologiat - Lähivuosien kehitysnäkymiä" on VTT Rakennustekniikan tutkimushanke, jonka tarkoituksena on selvittää uusien tiedonsiirtoteknologioiden lähivuosien kehitystä ja sen vaikutusta rakennusten teknisten järjestelmien rakenteeseen ja toimintaan. Tutkimuksen käytännön toteutuksesta on vastannut erikoistutkija, tekn. tri Jouko Pakanen.

Oulussa, joulukuussa 1998

Jouko Pakanen

Sisällysluettelo

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
ALKUSANAT	5
SYMBOLILUETTELO	8
1. NYKYTILANNE	10
1.1 Tiedonsiirto rakennuksista yleisiin tietoverkkoihin.....	10
1.2 Tiedonsiirto rakennuksen sisällä.....	10
2. PUHELINVERKKO	13
2.1 Modeemit ja telepäätelaitteet	13
2.2 Ilmoituksensiirtojärjestelmät	13
2.3 ADSL.....	14
2.4 HomePNA.....	16
3. LANGATON TIEDONSIIRTO	18
3.1 Yleistä	18
3.2 Pienitehoiset radiomoduulit	18
3.3 Langattomat lähiverkot	20
3.4 CellNet.....	25
3.5 Kaksisuuntainen henkilöhakuverkko.....	26
3.6 LMDS	27
3.7 Cellemetry.....	28
3.8 Langattomat puhelinverkot.....	29
4. SÄHKÖVERKKO	32
4.1 Sähköverkko tiedonsiirtomediana.....	32
4.2 Modulointitekniikkaa.....	32
4.3 UNB	33
4.4 Digital PowerLine.....	34
5. KAAPELITELEVISIOVERKKO.....	35
6. INTERNET	37
6.1 Internetin vaikutuksia rakennusten teknisten järjestelmien toimintaan.....	37
6.2 Internet-liitäntä.....	37

7. MUITA VAIHTOEHTOJA	40
8. YHTEENVETO	42
LÄHDELUETTELO	44
LIITE A: WWW-osoitteita	

Symboliluetelo

ADSL	Asymmetric Digital Subscriber
ANSI	American National Standards Institute
AM	Amplitude Modulation
AMR	Automatic Meter Reading
API	Application Program Interface
ASK	Amplitude Shift Keying
CENELEC	European Committee for Electrotechnical Standardization (Comité Européen de Normalisation Electrotechnique)
CEPT	Conference Européenne des Administrations des Postes et des Telecommunications
CDMA	Code Division Multiple Access
CSMA	Carrier Sense Multiple Access
CSMA/CA	Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance
DAVIC	Digital Audio/Visual Council
DBPSK	Differential Binary Phase Shift Keying
DECT	Digital Enhanced Cordless Telecommunication
DOCSIS	Data Over Cable Services Interface Specification
DOV	Data Over Voice
DQPSK	Differential Quadrature Phase Shift Keying
DSP	Digital Signal Processing
DTMF	Dual Tone Multi Frequency
DVB	Digital Video Broadcasting
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
FDMA	Frequency Division Multiple Access
FSK	Frequency Shift Keying
GFSK	Gaussian Frequency Shift Keying
GSM	General Mobile Services
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
IEEE	Institute Of Electrical And Electronics Engineers
IP	Internet Protocol
ISM	Industrial Scientific and Medical Bands
ITU	International Telecommunication Union
ISDN	Integrated Services Digital Network
LMDS	Local Multipoint Distribution System
LEO	Low-Earth Orbit
MCNS	Multimedia Cable Network System
MC/TDMA/TDD	Multi Carrier/Time Division Multiple Access/Time division Duplex
OMR	Off Site Meter Reading

PCS	Personal Communication System
PDA	Personal Digital Assistant
POTS	Plain Old Telephone System
PSK	Phase Shift Keying
PWT	Personal Wireless Telephone
SWAP	Shared Wireless Access Protocol
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol
TDMA	Time Division Multiple Access
UNB	Ultra Narrow Band
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System
USB	Universal Serial Bus
VESA	Video Electronics Standards Association

1. NYKYTILANNE

1.1 Tiedonsiirto rakennuksista yleisiin tietoverkkoihin

Viime vuosiin asti rakennusten teknisten järjestelmien pääasiallinen tiedonsiirtoyhteys ulkoisiin tietoverkkoihin on ollut valintaisen puhelinverkon ja/tai puhelinverkon kautta tarjoutuvien kaupallisten datansiirtopalvelujen varassa. Valintaiseen puhelinverkkoon liitetty modeemi on muodostanut kustannuksiltaan edullisen, mutta hitaan ratkaisun informaation siirtoon rakennuksista tietoverkkoihin. Tiedot on tavallisesti siirretty puhekaistalla 300 - 3 400 Hz tai sen yläpuolella DOV- tekniikalla (Data Over Voice). Suurehkoissa automaatiojärjestelmissä lähiverkot ja niiden kautta rakennetut yhteydet ulkopuolisiin datansiirtoverkkoihin ovat yleistymässä. Internet-yhteyksien ja verkon hyödyntäminen osana teknisten järjestelmien toimintaa on kuitenkin vasta alkamassa. Ongelmana on tiedonsiirtoyhteyksien hitaus. ISDN:n käyttö on yleistymässä, mutta laajakaistaisia, nopeita tiedonsiirtoväyliä ei tavallisissa rakennuksissa juuri ole.

Langattomien tiedonsiirtoteknologioiden yleistyminen ja halpeneminen on vähitellen tuonut myös radiotiedonsiirron uutena yhteytenä rakennuksiin. Tekniseen järjestelmään tai laitteeseen liitetty matkaviestin on tavallinen tapa siirtää tieto langattomasti rakennuksesta yleisiin tietoverkkoihin. Yhdysvalloissa ja joissakin muissa Euroopan maissa radiopohjaista langatonta tiedonsiirtoa käytetään mm. AMR- (Automatic Meter Reading) ja OMR- (Off Site Meter Reading) järjestelmissä, jotka mittaavat kiinteistöjen sähkön, lämmön, kaasun tai veden kulutusta. Myös rakennukseen tuleva sähköverkko on toiminnut eräänlaisena yhdysväylänä siirrettäessä sähkön kulutustietoja energiayhtiöille.

1.2 Tiedonsiirto rakennuksen sisällä

Suurin osa rakennuksen teknisten laitteiden välisestä tiedonsiirrosta rakennuksen sisällä perustuu nykyisin langallisten kaapeliyhteyksien varaan. Yleisin on parikaapeli, joka soveltuu lähes kaikkien järjestelmien siirtotieksi. Toimistoautomaatiosovellutuksissa on käytetty parikaapelin lisäksi myös koaksiaalikaapelia. Rakennuksen sähköverkko on osoittautunut hyödylliseksi siirtotieksi varsinkin kotiautomaatiojärjestelmille, vaikkakin Suomessa sen käyttö on vähäistä. Radiotiedonsiirtoon perustuvat tekniset järjestelmät, kuten kotiautomaatiojärjestelmät, ovat parhaillaan tulossa markkinoille, samoin toimistoautomaatiokäyttöön soveltuvat ja radiotiedonsiirtoon pohjautuvat verkkoratkaisut. Muu langaton tiedonsiirto koskee lähinnä infrapunaohjauksia kotielektroniikan ja AV-laitteiden ohjauksessa.

Rakennusautomaatiojärjestelmien, mutta myös muiden teknisten järjestelmien viime vuosien kehityslinjana on ollut älykkyyden hajauttaminen ja järjestelmien avoimuuden lisääminen. Tähän on pyritty luomalla laitteiden ja järjestelmien väliseen liikennöintiin automaatioväyläteknikkaa ja -standardeja. Tavoitteena on ollut eri valmistajien laitteiden yhteiskäyttöisyys. Taulukossa 1 on joitakin esimerkkejä nykyisistä tiedonsiirtoteknologioista. Ne ovat rakennusten teknisille järjestelmille suunniteltuja väylästandardeja. Protokollan lisäksi standardissa voidaan määritellä tiedonsiirtomedia sekä ohjaus- ja vastaanotinpiirien fyysiset ja sähköiset ominaisuudet liitinnäköisyyteen.

Taulukko 1. Esimerkkejä koti- ja rakennusautomaatioon soveltuvista väylästandardeista.

JÄRJESTELMÄN NIMI	STANDARDI	TIEDONSIIRTO-MEDIA	TIEDONS. MAKSIMI NOPEUS	SOVELLUTUS ALUE
LonWorks	EIA-709	Optinen kuitu, RF, parikaapeli, sähköverkko	1.25 Mb/s	Rakennus-, teollisuus-, kotiautomaatio
CeBus	EIA-600	Parikaapeli, koaksiaalikaapeli, RF, IR	10 kb/s	Kotiautomaatio
X-10	de facto	Sähköverkko, RF, IR	100 b/s	Kotiautomaatio
Ethernet	IEEE802.3, ISO8802.3	Koaksiaalikaapeli	100 Mb/s	Toimisto- ja teollisuusautomaatio
Profibus	EN 50170, DIN 19245	Parikaapeli	500 kb/s	Teollisuus- ja rakennusautomaatio

Koti- ja rakennusautomaation tiedonsiirtostandardit ovat syntyneet yleensä yhden tai useamman yrityksen alulle panemana tai esimerkiksi kansallisena yhteishankkeena. Standardoinnista huolimatta kaikki toteutetut tiedonsiirtoteknologiat eivät ole yleistyneet laaja-alaiseen käyttöön. Esimerkiksi eurooppalaiset koti- ja rakennusautomaatioväylät BatiBUS, EHS ja EIB eivät ole menestyneet odotetulla tavalla. Niinpä ne on päätetty yhdistää valitsemalla kunkin parhaat puolet uuteen perustettavaan väyläratkaisuun [1]. Toisaalta esimerkiksi LonTalk-protokollaa edustava LonWorks on lähtöisin yhden yrityksen hankkeesta ja on tällä hetkellä varteenotettava tekijä rakennus- ja kotiautomaatiomarkkinoilla. Yhdysvalloissa sen kilpailija on lähinnä CeBus, sillä X-10 edustaa jo vanhaa teknologiaa. Profibus on esimerkki teollisuusautomaatioväylästä, jota on sovellettu myös rakennuksissa.

Muiden laiteryhmien, kuten turvajärjestelmien, telemetria-, kauko-ohjaus- ja hälytysjärjestelmien, tiedonsiirto on teknisesti toteutettu samaan tapaan kuin automaatiojärjestelmissä. Toisaalta väylästandardit ja niiden käyttöasteet eri laiteryhmissä vaihtelevat yritys- ja laitekohtaisesti. Osa standardeista on neuvoteltu erityislaitevalmistajien yhteistyönä tai kopioitu esimerkiksi teollisuustandardeista. Toimistoautomaatiolaitteet ja -järjestelmät noudattavat ehkä parhaiten alan kaupallisia tiedonsiirtostandardeja protokollineen ja muine fyysisine ominaisuuksineen. Yhteensopivuuden ja yhteiskäyttöisyyden väylän tai verkon muiden laitteiden kanssa ja toiminnan verkon osana on oltava taattua jo kaupallisen menestymisenkin takia.

Kokonaisuutena ottaen rakennusten teknisten järjestelmien tiedonsiirto on nopeasti muuttumassa, sillä teknologisen kehityksen saattelemana IT-yritykset ovat lähivuosina tarjoamassa runsaasti erilaisia vaihtoehtoja tiedonsiirron toteutukseen. Muutos koskee sekä yhdysväyliä rakennuksista yleisiin tietoverkkoihin että rakennuksen sisäistä tiedonsiirtoteknologiaa. Seuraavassa aihetta käsitellään lähinnä puhelin-, radio-, sähkö-, kaapelitelevisio- ja Internet-verkon näkökulmasta. Aiheen käsittely on valikoivaa, mutta tarkastelu kattanee rakennusten potentiaalisimmat lähivuosien uudet tiedonsiirtoteknologiat.

2. PUHELINVERKKO

2.1 Modeemit ja telepäätelaitteet

Rakennusten teknisten järjestelmien kannalta valintaiseen puhelinverkkoon asennettu modeemi tai tekniseen laitteeseen integroitu telepäätelaitte on tulevina vuosina edelleenkin varteenotettava ja nykyaikainen ratkaisu datan siirtoon. Tämä koskee sellaisia laitteita ja järjestelmiä, joiden datansiirtotarve on vähäinen ja jotka on kyettävä toteuttamaan pienin kustannuksin. Esimerkiksi AMR-tiedonsiirrossa, jossa laite- ja käyttökustannuksilla on ratkaiseva merkitys tiedonsiirtoyhteyden valintaan, perinteinen puhelinverkko ja modeemiyhteys arvioidaan ominaisuuksiltaan edelleen kilpailukykyiseksi vaihtoehdoksi [2]. Vaikka valintainen puhelinverkko on vanha järjestelmä, teknistä edistystä on viime vuosina tapahtunut sekä puhelinliitäntäpiirien että liitännässä olennaisten mikroprosessoripiirien osalta. Sen myötä telepäätelaitteen toteuttaminen puhelinverkkoon on tullut kustannuksiltaan entistä edullisemmaksi.

Aiemmin telepäätelaitteen liitäntä puhelinverkkoon vaati kokoelman erilliskomponentteja muuntajasovituksineen. Vähitellen integrointiaste on kasvanut ja kaikki puhelintoiminnot voidaan toteuttaa jo yhdellä tai kahdella integroidulla piirillä sekä muutamilla passiivisilla komponenteilla. Elektroniikan komponenttivalmistajat ovat puolestaan toteuttaneet hinnaltaan edullisia, jopa suoraan telekommunikaatiosovelluksiin suunniteltuja mikrokontrollereita. Ne saattavat sisältää esimerkiksi DTMF-signaalien vastaanottamiseen ja tuottamiseen tarvittavat toiminnot (esim. Motorola 68HC05F, Philips PCD33xxA) sekä muita hyödyllisiä integoituja kokonaisuuksia, kuten ajastimia ja watchdog-toimintoja I/O-liitäntöinen, tai vaikkapa modeemitoiminnot.

Käytännössä yksinkertaisen integroidun telepäätelaitteen muodostaa esimerkiksi puhelinverkkoon liitetty AMR-mittauslähetin, joka koostuu mikrokontrollerista, puhelinliitäntäpiireistä sekä muista tarvittavista komponenteista. Laitteen komponenttikustannukset ovat jo alle sata markkaa. Kustannusten pienuuteen vaikuttaa osaltaan myös se, että nykyisten mikropiirien virrankulutus on jo niin pieni, että tarvittava käyttöjännite voidaan muokata puhelinverkon tasajännitteestä kuormittamatta silti verkkoa sallittua enemmän. Tavallinen valintainen puhelinverkko tulee siten olemaan lähivuosina kilpailukykyinen tiedonsiirtomedia pienimuotoisiin, kustannuksiltaan kriittisiin toteutuksiin.

2.2 Ilmoituksensiirtojärjestelmät

Langallisessa puhelinverkossa toimivat ilmoituksensiirtojärjestelmät perustuvat yleensä DOV-tekniikkaan. Data siirretään puhelinlinjalla varsinaisen puhekaistan yläpuolella.

Tyypillisen kantoaallon taajuus on muutamasta kilohertzistä muutamiin kymmeneen kilohertzeihin. Tiedonsiirtonopeudet ovat yleensä verraten pieniä, 300 - 2 400 b/s. Tämä sopii kuitenkin hyvin useisiin rakennusten tiedonsiirtotarkoituksiin ja DOV-tekniikka on siksi ollut suosittu tiedonsiirtotapa. Samalla periaatteella on tarjolla myös modeemija.

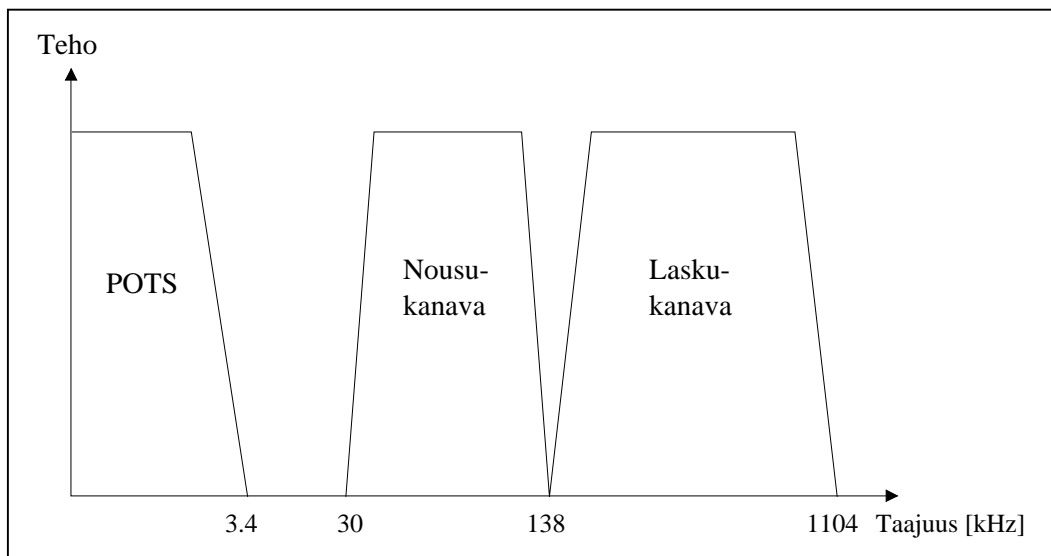
DOV-ilmoituksensiirtojärjestelmä koostuu päätelaitteista ja keskittimistä. Päätelaite on puhelinlinjaan kytketty, nykyisin mikroprosessoripohjainen laite, joka voi sijaita tavallisen puhelinkoneen rinnalla, puhelimen toimintaa häiritsemättä. Päätelaite mittaa tiedot ympäristöstään omien I/O-liitäntöjensä kautta ja siirtää tiedot puhelinlankoja pitkin keskittimelle. Päätelaitteen ja keskittimen välillä on koko ajan galvaaninen yhteys. Siksi keskitin sijoitetaan puhelinkeskukseen, josta sillä on langallinen yhteys kaikkiin päätelaitteisiin. Keskitin kerää tiedot, paketoit ne ja lähettää eteenpäin. Katkeamaton langallinen yhteys on menetelmän etu. Sen avulla järjestelmä kykenee myös valvomaan tiedonsiirtoyhteyden kuntoa. Siksi ilmoituksensiirtojärjestelmiä käytetään yleisesti viranomaisten tietojen, kuten palohälytysten tai vastaavien tietojen, siirtoon. Tekniseltä toteutukseltaan päätelaite on yksinkertainen ja sen kustannukset ovat samaa luokkaa kuin edellä kuvatun valintaiseen puhelinverkkoon tarkoitetun AMR-telepätelaitteen. Keskitimen kustannukset jakaantuvat kaikkien siihen liitettyjen päätelaitteiden suhteen, joten järjestelmän kokonaiskustannukset yhtä liitettävää pistettä kohti ovat pienet, jos I/O-liitäntöjä on riittävästi.

DOV-tekniikkaan perustuvat tuotteet ovat vähitellen väistymässä ISDN:n ja ADSL:n tieltä, jotka hyödyntävät huomattavasti tehokkaammin puhelinkaapelin taajuusalueen. DOV-järjestelmät eivät voi toimia samalla linjalla ISDN:n tai ADSL:n kanssa, koska niiden taajuusalueet leikkaavat toisiaan. Tästä huolimatta ilmoituksensiirtoon on kehitetty uusiakin tuotteita aivan viime vuosina. Esimerkiksi suomalainen TeleWatch on tuonut juuri markkinoille (v. 1998) uuden, edullisen ilmoituksensiirtojärjestelmän, jossa päätelaite ei ole galvaanisessa kosketuksessa puhelinlinjaan [3].

2.3 ADSL

ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) on uusi puhelinverkkoon sovellettava teknologia, joka moninkertaistaa puhelinverkon datansiirtomahdollisuudet. Puhelinverkon alkuperäinen taajuuskaista soveltuu nykyisellään vain muutamien kymmenien kilobittien siirtoon sekunnissa. Varustamalla puhelinlinjan molemmat päät, keskuksessa ja tilaajalla, sopivalla päätelaitteella, voidaan kaistanleveyttä ja tiedonsiirtonopeuksia laajentaa tuntuvasti nykyisestään. Suunnitelman mukaan ADSL-toteutuksessa otetaan normaalin puhekaistan lisäksi käyttöön kaksi datansiirtokanavaa tilaajan ja keskuksen välillä (Kuva 1) [4]. Nousukanavaa (tilaajalta keskukseseen) myöten datan siirtonopeus olisi

tällöin 384 kb/s ja laskukanavaa (keskukselta tilaajalle) myöten noin 6 Mb/s riippuen linjan pituudesta ja fyysisistä mitoista. Keskukselta tilaajalle voisi siten välittää helposti esimerkiksi TV- ja videokuvaa sekä erilaisia datansiirtopalveluita. Päätelaitteista riippuen tilaajalla olisi mahdollisuus lähettää myös dataa verkon välityksellä, myös rakennusten teknisten järjestelmien välisenä datansiirtona. Järjestelmää kokeillaan parhaillaan eri puolilla maailmaa. Yhdysvalloissa tekniikka on jo osittain käytössä [5]. ADSL-tekniikan soveltamiseen löytyy myös jo valmiita integroituja piirejä komponenttivalmistajilta [6]. Kestänee kuitenkin joitakin vuosia ennen kuin ADSL-tekniikka on laajamittaisessa käytössä.



Kuva 1. ADSL-kanavajako puhelinkaapelin koko taajuuskentässä. Perinteisten puhelin toimintojen (POTS) lisäksi ADSL:ään kuuluu nousukanava asiakkaalta keskukseseen ja laskukanava keskukselta asiakkaalle päin.

ADSL on kaapelitelevisioverkon kilpailija. Molemmat kykenevät tarjoamaan samantapaisia palveluja asiakkailleen. ADSL:n etuna on jo asennettu laaja langallinen puhelinverkko ja valmis asiakaskunta. Kaapelitelevisioverkon käyttäjiä on edelleen vähemmän ja jokainen uusi asiakas vaatii kaapeloinnin kiinteistöön.

ADSL:n ongelmat liittyvät sen tekniseen toteutukseen ja standardisointiin sekä nykyisten puhelinverkon palvelujen säilyttämiseen. Suunniteltujen nousu- ja laskunopeuksien takaamiseksi puhelinverkolta edellytetään, että rakennus on riittävän lähellä puhelinkeskusta ja kaapelin poikkipinta, materiaalit sekä asennustapa ovat sopivat nopeaan tiedonsiirtoon. Todellisuudessa nämä ominaisuudet vaihtelevat sekä paikallisesti että eri maiden asennuskäytäntöjen mukaisesti. Liian pitkät linjat aiheuttavat ylimääräistä induktiivista kuormitusta suurilla nopeuksilla. Päättämättömät ylimääräiset parit kaapelissa voivat aiheuttaa resonanssia. Joissakin maissa osa puhelinlinjoista on toteutettu alumiinilla. Tämä lisää linjan resistiivisyyttä, pienentää siirtoetäisyyksiä ja aiheuttaa signaalin heijastuksia kuparin ja alumiinin liitoskohdissa [7]. Seurauksena on, että yhteistä standar-

dia maksiminopeuksineen (ANSI T1.413 Issue 1), jota ADSL:lle on kaavailtu, ei ehkä voida toteuttaa aiotussa muodossaan. Uusi ITU:n (International Telecommunication Union) standardiehdotus G.lite pudottaisi datan laskunopeuden 1,5 Mb:iin/s ja nousunopeuden 512 kb:iin/s. Tämä sopisi paremmin ominaisuuksiltaan vaihteleviin puhelinverkkoihin. Ainoa haitallinen asia uudessa ehdotuksessa on, että suunnitelluilla uusilla nopeuksilla ei voida tarjota kaikkia vastaavia palveluita kuin kaapelitelevisioverkossa.

Eräs ongelma on myös se, miten säilyttää nykyiset ISDN-asiakkaat ADSL:n käyttöönoton jälkeen. ISDN:n suosio useissa Euroopan maissa on yllättänyt puhelinoperaattorit ja uusia asennuksia on tehty nopeaan tahtiin. Koska ISDN:n ja ADSL:n taajuusalueet leikkaavat toisiaan ja aiheuttavat näin yhteensopivuusongelman, monet operaattorit ovat halukkaita säilyttämään nykyiset ISDN-asiakkaansa myös ADSL:n ohessa. Tämä edellyttäisi kuitenkin sitä, että ADSL:n taajuusaluetta nostettaisiin ISDN:n yläpuolelle, mikä on eräs julkistettu ehdotus [7]. Ongelmistaan huolimatta ADSL:n edut ovat ilmeisiä ja uusi tekniikka tulee palvelemaan asiakkaitaan lähivuosina.

Rakennusten teknisten järjestelmien kannalta ADSL tuo selviä etuja perinteiseen puhelinverkkoon verrattuna. ADSL muodostaa nopean datansiirtokanavan ulos rakennuksesta. Kanava on koko ajan käytettävissä toisin kuin normaali puhelinyhteys, joka vaatii aina yhteyden aloittamisen ja lopettamisen ja tarjoaa vain hitaan tiedonsiirtonopeuden. Tämä tuo rakennuksen teknisten järjestelmien suunnitteluun ja toteutukseen uusia ulottuvuuksia. Automaatiojärjestelmän resurssit voidaan käyttäjän huomaamatta helposti hajauttaa laajalle alueelle ja hyödyntää useiden järjestelmien kanssa yhdessä. Suurelta maantieteellisistä etäisyydistä ei näy järjestelmien toiminnassa. Uusi yhteys mahdollistaa Internet-verkon ja sen tarjoamien palvelujen laaja-alaisen hyödyntämisen. Järjestelmän toiminta voi perustua kokonaan esimerkiksi Internet-pohjaiseen tiedonsiirtoon ja Web-käyttöliittymään. Nopean tiedonsiirtoyhteyden avulla myös liikkuvan kuvan siirto käy kätevästi. Tätä voi hyödyntää vaikkapa murtohälytysuojauksessa, kulunvalvonnassa tai huoltotyön ohjauksessa.

2.4 HomePNA

HomePNA (The Home Phonenumber Networking Alliance) on useiden yritysten muodostama konsortio (AMD, AT&T Wireless, Compaq, IBM, Intel, Lucent, Rockwell, 3Com, Hewlett Packard ym.), joka kehittää kodin sisäisestä puhelinverkosta nopeaa Ethernet-tyyppistä väylää kotitietokoneiden, niiden oheislaitteiden, automaation ja viihde-elektroniiikan lisääntyviin tarpeisiin. HomePNA:n kehittäjien mielestä nopeaa tiedonsiirtoa on pyritty viime aikoina järjestämään kodin ja rakennuksen ulkopuolisiin palveluihin, mutta tiedonsiirron tarve kohdistuu yhä enemmän myös rakennusten sisäisten palvelu-

jen tuottamiseen. Tämä johtuu kodin elektroniikan, kodinkoneiden ja kotiautomaation lisääntymisestä.

Datansiirto väylässä tulee olemaan aluksi noin 1 Mb/s, mutta suunnitelmissa on nostaa nopeus noin 10 Mb:iin/s [8]. Väylän avulla on samanaikaisesti mahdollista käyttää tavallista tai johdotonta puhelinta, Internet-palveluja sekä tulevia ADSL-verkon palveluja. Alustavien tietojen mukaan väylä mahdollistaa myös muiden kotiympäristössä yleisten teknisten laitteiden liittämisen verkkoon, esimerkiksi USB- tai P1394-standardien mukaan. HomePNA:n tavoitteena on toimia kodin erilaisten teknisten järjestelmien yhdistäjänä ja väylänä ulkoisiin, nopeisiin tiedonsiirtopalveluihin ADSL:n, ISDN:n tai kaapelitelevisioverkon kautta. Koska kodin puhelinverkon täytyy tarjota asukkaalle myös tavanomaisen puhelimen käyttömahdollisuus ja tulevaisuudessa myös ADSL-palvelut, on HomePNA:n datansiirto suunniteltu sijoitettavaksi taajuusalueeltaan edellisten yläpuolelle [9]. Yhden laitteen verkkoliitännän alustava hinta on noin 100 \$ [10]. Ensimmäiset standardin mukaiset tuotteet saadaan markkinoille vuoden 1999 kolmannella neljänneksellä.

HomePNA tarjoaa helpon tavan yhdistää kaikki kodin laitteet yhdeksi kokonaisuudeksi, mukaan lukien kotiautomaatio sekä murtohälytys- ja kulunvalvontajärjestelmät. Sen avulla voidaan kätevästi luoda PC:n alaisuudessa toimivia kodin koneiden ja laitteiden käyttöä ja toimintaa ohjaavia sekä kodin turvallisuutta parantavia palveluja. HomePNA:n tulevaisuutta on vaikea ennakoida. Todennäköisesti järjestelmä menestyy parhaiten Yhdysvalloissa, jossa kotiautomaation markkinat ovat kehittyneimmät.

3. LANGATON TIEDONSIIRTO

3.1 Yleistä

Langaton tiedonsiirto ja nimenomaan radiotiedonsiirto on tulossa varteenotettavaksi kilpailijaksi langalliselle tiedonsiirrolle myös rakennuksissa. Langaton tiedonsiirto säästää kaapelointikustannuksia ja mahdollistaa nopean asennuksen myös vanhoihin rakennuksiin. Radiotie muodostaa kokonaan uuden siirtoyhteyden rakennuksesta ulospäin, mutta se on kätevä tapa informaation siirtoon myös rakennuksen sisällä ja monipuolistaa siten rakennuksen teknisten järjestelmien toteutusta. Radiotiedonsiirto tulee täydentämään muita tiedonsiirtotapoja. Lähivuosina rakennuksen tekniset järjestelmät sisältävät sekä kaapeliyhteyksiä että langattomia yhteyksiä. Markkinoilla on jo nyt tarjolla talotekniikan tuotteita, jotka perustuvat radiotekniikkaan. Monet yritykset ja yrityskonsortiot ovat kehittämässä tuotteita, jotka on tähdätty juuri koti- ja rakennusympäristöön. Jäljempänä on tarkasteltu muutamia erilaisia vaihtoehtoja radiotiedonsiirron toteutukseen.

Langattomaan tiedonsiirtoon luetaan radiotien lisäksi kuuluvaksi mm. infrapunatiedonsiirto (IR-tiedonsiirto), joka on käytössä esimerkiksi kannettavissa tietokoneissa sekä kodin viihde-elektronikan, valaistuksen ja AV-laitteiden ohjauksessa. Tiedonsiirrossa hyödynnetään joko suoraan IR-lähtetimeltä tai heijastavan pinnan kautta tulevaa säteilyä. Infrapunatiedonsiirto puolustaa paikkaansa sellaisissa sovelluksissa, joissa lähetin ja vastaanotin ovat samassa huonetilassa. Rakennusten teknisissä järjestelmissäkin tällaisia kohteita on, mutta ne ovat lähinnä edellä mainittuja laitteita. Tässä esityksessä infrapunatiedonsiirtoa ei käsitellä tarkemmin.

Radiotietä hyödyntävät tiedonsiirtoon tarkoitetut laitteet saavat toimia vain niille varatuilla taajuusalueilla. Valvonta-, hälytys-, kaukomittaus-, kauko-ohjaus- ja datansiirtolaitteet, turvapuhelimet sekä videosovellukset kuuluvat samaan ryhmään, ja niille on määrätty joukko taajuusalueita sekä enimmäislähetystehot kullakin alueella [11]. Lisäksi joillekin taajuusalueille on määriteltä tarkemmin se, millaista modulaatiomenettelyä on noudatettava.

3.2 Pienitehoiset radiomoduulit

Ominaisuuksia

Pienitehoinen radiomoduuli soveltuu lyhyen kantaman tiedonsiirtoon. Monet kaupalliset radiomoduulit on suunniteltu taajuusalueelle 433,050 - 434,790 Mhz, jossa antennista lähtevä suurin säteilyteho saa olla enintään 25 mW. Nämä laitteet toimivat silloin ISM-alueella (Industrial Scientific and Medical bands) luokan II vaatimusten mukaisesti

(Standardi I-ETS 300 220 [12]). Tämän taajuusalueen modulointitekniikka on vapaasti valittavissa. Tyypillinen modulointitapa lyhyen kantaman datansiirtoon, jossa nopeus ei ole ensijainen kriteeri, on binäärinen FSK-tekniikka. Siinä lähetyssignaalin kantoaalloon taajuus muuttuu vain kahden eri taajuuden välillä. Erään radiolaittevalmistajan ilmoituksen mukaan esimerkiksi 10 mW teholla radioyhteyden suurin etäisyys vapaassa ilmatilassa on noin 300 metriä ja rakennuksen sisällä noin 75 metriä (R.F Solutions, FM-TX2-XXX, FM-RX2-XXX). Datansiirtonopeus on näillä etäisyyksillä maksimissaan 40 Kb/s. Lyhyen kantaman radiolaitteille on tulossa CEPTin (Conference Europeenne des Administrations des Postes et des Telecommunications) määrittelemänä uusi alue, joka sijoittuu taajuvälille 868 - 870 MHz [13]. Myös tälle alueelle löytyy jo kaupallista radiomoduularjontaa.

Kaupallisia tuotteita

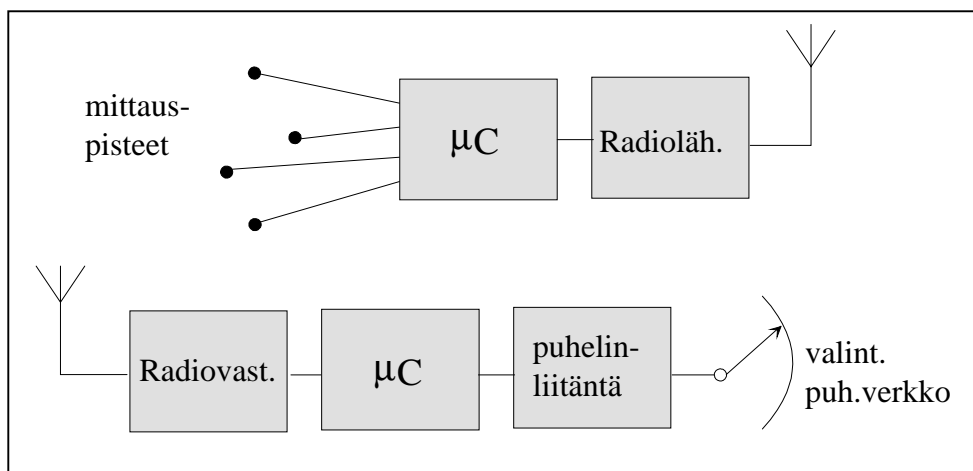
Radiomoduuleille löytyy useita valmistajia maailmalta. Amerikkalainen RF Monolithics valmistaa hybridipiireinä toteutettuja lähetin- ja vastaanotinpiirejä. Vastaanottimissa käytetään erillisiä pinta-aaltosuodattimia, joiden avulla parannetaan vastaanoton selektiivisyyttä. Laitteen erikoisuutena on myös pinta-aaltotekniikkaan perustuva viivelinja. Sen tarkoituksena on aikaansaada vastaanottimeen stabiili toiminta suurillakin signaalien vahvistuksilla. Englantilainen RF Solutions valmistaa myös hybriditekniikalla toteutettuja lähetin- ja vastaanotinpiirejä. Hybriditekniikan etuna on piirin valmistuksen aikana tapahtuva viritys. Tavanomainen piirin valmistustapa vaatii aina jälkikäteen laitteen virituksen. R.F. Solutions tarjoaa laajahkon valikoiman radiomoduuleita pienitehoisiin sovelluksiin. Esimerkiksi yhden AM-lähtetimen (AM-TX1-433) tai vastaanottimen (AM-HRR3-433) hinta jää alle sataan Suomen markkaan suoraan valmistajalta hankittuna. Muita radiomoduulien valmistajia on koonnut mm. Wikström [14].

Useilta mikropiirivalmistajilta on saatavana integroitua piirejä, joista radiomoduuli voidaan suunnitella alusta pitäen. Monet tuotteista on tarkoitettu juuri telemetriasovelluksiin tai lyhyen kantaman kauko-ohjaukseen. Esimerkkeinä sellaisista lähetin- tai vastaanotinpiireistä ovat TRF 1400 (Texas Instruments), MC13175 (Motorola), UAA3201T (Philips), KESTX01 (Mitel Semiconductor) ja UPC8116GR (NEC). Niiden hyödyntäminen tuonee kustannussäästöjä lopulliseen tuotteeseen, mutta kehitystyö vaatii myös enemmän radiotekniikan osaamista kuin valmiit moduuliratkaisut.

Sovellutusesimerkki

Kuva 2 esittää yksinkertaisen esimerkin radiomoduulien soveltamisesta AMR-mittaustiedon siirtoon. Esimerkissä sovelletaan simplex-yhteyttä, joka on yksinkertainen ja halvin vaihtoehto. Tällöin tiedonsiirto tapahtuu aina vain yhteen suuntaan, radiolähet-

timestä vastaanottimeen. Järjestelmän toimivuus voidaan varmistaa ja sitä voidaan valvoa lähettämällä mittaussignaali säännöllisin väliajoin vastaanottavalle laitteelle. Jos signaalin tulo lakkaa, vastaanotin voi informoida siitä eteenpäin. Mittaustiedon lähetin sisältää siten ainakin radiolähtimen ja yksinkertaisen mikrokontrollerin anturitietojen mittaukseen, muuntamiseen ja lähtimen ohjaukseen. Jos mittaustiedon siirretään telepäätelaitteen kautta langalliseen puhelinverkkoon, kuten kuvassa 2, muodostuu päätelaitteen rakenne radiovastaanottimesta, puhelinliitäntäpiireistä ja molempien ohjaukseen tarvittavasta mikrokontrollerista. Sekä lähetinyksikkö että telepäätelaitteet tarvitsevat lisäksi erillisen käyttöjännitteen paristosta tai muuntajan kautta 220 V:n verkkovirrasta. Radiomoduulien virran kulutus 3 - 5 V:n käyttöjännitteellä lähetys- tai vastaanottotilanteissa on muutamia milliampeereja.



Kuva 2. Radiomoduulisovellutus AMR-mittaustiedon siirtoon.

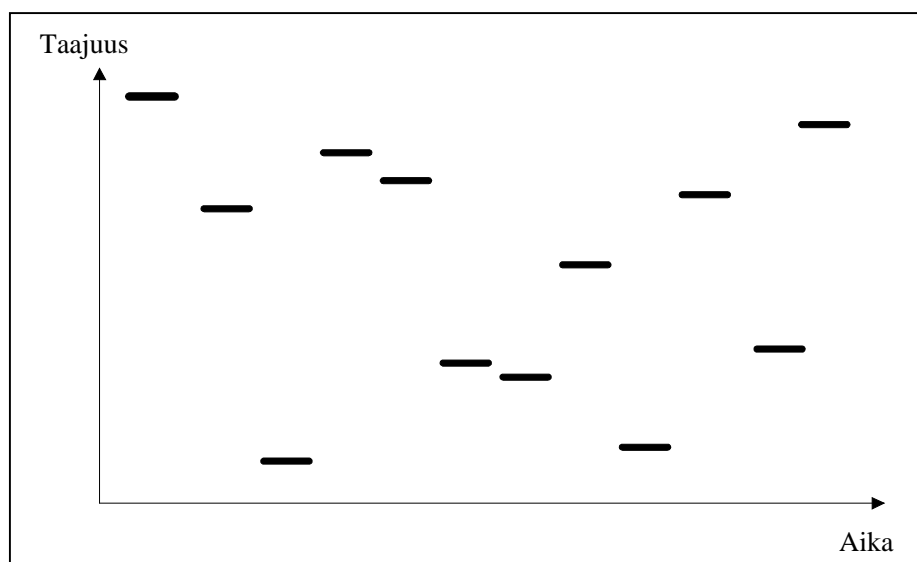
Telepäätelaitteet ja sen kautta valintaiseen, langalliseen puhelinverkkoon muodostettu jatkoyhteys mittaustiedon siirrolle on vain yksi vaihtoehto. Mittaustiedot voidaan koota esimerkiksi useasta kohteesta yhdellä radiovastaanotinyksiköllä ja siirtää eteenpäin mittaustiedon omalla radiolinkillä, matkapuhelinverkossa, langallisessa puhelinverkossa jne. Informaation siirtoon ja jatkoyhteyksien järjestämiseen löytyy useita erilaisia vaihtoehtoja.

3.3 Langattomat lähiverkot

Standardit

Monet nykyiset langattomat lähiverkot toimivat taajuusalueella 2 400,000 - 2 483,500 MHz. Osasyynä suosioon lienee taajuusalueelle aikaansaatu IEEE 802.11 -standardi vuonna 1997 [15]. Tämän lisäksi markkinoille on tulossa ainakin kahden eri yrityskonsortion lanseeraamat lähiverkot SWAP ja Bluetooth. Jos niillä on kaupallista menestys-

tä, niistä voi muodostua de facto -standardeja. Lähiverkkojen toiminta perustuu tavallisesti hajaspektri- tai suorasekvenssitekniikkaan. Ensin mainitussa menettelyssä lähetettävä signaali hajautetaan laajalle taajuusalueelle muuttamalla lähetyskaistaa lukuisia kertoja sekunnissa (Kuva 3.). Vastaanottava laite tietää hyppimissekvenssin ja osaa poimia signaalin oikeassa muodossa talteen ja koota niistä yhtenäisen sanoman. Suorasekvenssissä levitetään lähete laajemmalle taajuusalueelle moduloimalla kantaaltoa tietyn koodin mukaisesti. Menettely vaatii monimutkaisemman modulointitavan kuin taajuushyppely, jolle kelpaa tavallinen FSK-modulointi. Sekä hajaspektri- että suorasekvenssitekniikalla on omat kannattajansa, mutta ensin mainittu lienee tällä hetkellä suosituimpi. IEEE 802.11 -standardi määrittelee näiden molempien toimintaperiaatteet 2,4 GHz:n alueella sekä lisäksi infrapunalähiverkon toiminnan IR-alueella. SWAP ja Bluetooth perustuvat hajaspektritekniikan mukaiseen taajuushyppelyyn.



Kuva 3. Taajuushyppelyn periaate; radiosignaali jaetaan osiin ja osat lähetetään vastaanottajalle eri taajuusalueilla määrätyn sekvenssin mukaan.

IEEE 802.11 -standardin mukaiset lähiverkot

Käytännön lähiverkko IEEE 802.11 -standardin toimintaperiaattein muodostuu usean PC:n ja niiden oheislaitteiden välille. Tyypillisiä verkkoon kuuluvia muita laitteita ovat esimerkiksi kannettavat tietokoneet, tiedonkeruulaitteet, kirjoittimet, kassakoneet jne. Verkko voi muodostua joko spontaanisti kahden PC:n välille (Ad-hoc-verkko) tai yhden, tavallisesti langalliseen verkkoon kytketyn PC:n ohjaukseen (Access Point-verkko). Jälkimmäisessä tapauksessa verkkoon voi kuulua 15 - 50 muuta laitetta. Tyypillisen langattoman LANin toimintasäde on 30 - 100 metriä ja tiedonsiirtonopeus noin 1,6 Mb/s. Käyttäjän tietokone kytketään verkkoon langattoman LAN-adapterin avulla, joka on käytännössä PC-kortti. Käyttäjä kommunikoi verkon muiden asiakaslaitteiden kanssa

oman koneensa käyttöjärjestelmän kautta. Itse langattoman verkon toiminta on käyttäjälle läpinäkymätöntä. Vaikka langaton verkko toimisikin tarkasti standardin mukaisesti, kahden eri valmistajan laitteen välinen kommunikointi ei välttämättä onnistu. Yhteiskäyttöisyyden esteinä ovat mm. variaatiot standardin yksityiskohtien tulkinnassa ja toteutuksessa. Siksi laitetoimittajien muodostama yhteinen foorumi The Wireless LAN Interoperability Forum on määritellyt oman OpenAir-standardin, jolla näiden laitevalmistajien laitteet saadaan yhteiskäyttöisiksi standardin IEEE 802.11 puitteissa. Yhden Access Point -liitännän hinta on noin 5 000 - 10 000 mk ja LAN-adapterin hinta 1 500 - 5 000 mk [16].

Yllä kuvattu langaton lähiverkko sopii hyvin toimistojen PC-ympäristöön, kaappoihin, varastoihin, tehdasympäristöön ym. Rakennuksissa se voisi palvella rakennusautomaatio-sovelluksissa. Hierarkkisen järjestelmän ylimmillä tasoilla, hallintoväylän tai automaatiotähtäjäalueella langaton verkko olisi varteenotettava vaihtoehto vähentämään kaapelointitarvetta. Eräs sovellus voisi olla huollon ja kunnossapidon tiedonkeruujärjestelmät. Esimerkiksi huoltomiehen päälle puettava tietokone, joka on langattoman verkon kautta yhteydessä rakennuksen omaan tietoverkkoon, voi välittää langattomasti mitaus- ja kuvainformaatiota toisella paikkakunnalla olevalle asiantuntijalle.

SWAP

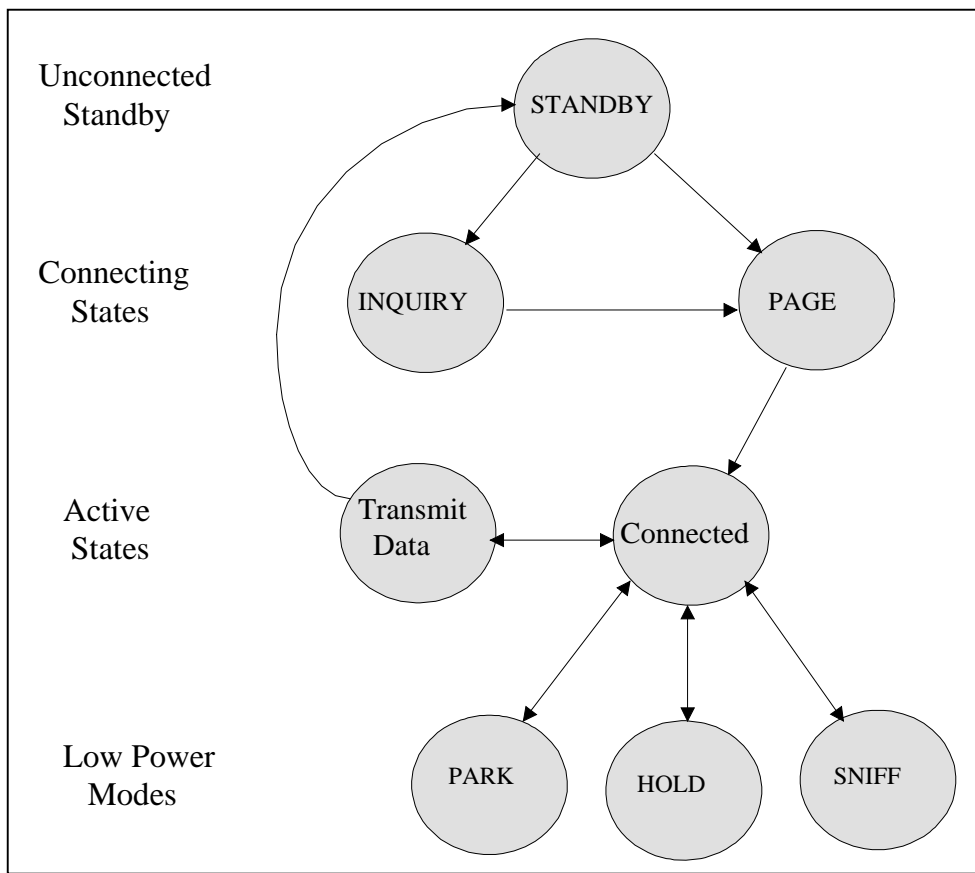
Hintatasoltaan kohtuullisempaa lähiverkkoa kehitetään Home RF Working Groupissa, joka on useiden yritysten muodostama ryhmä. Yrityskonsortiossa ovat mukana mm. Compaq, Ericsson, Hewlett-Packard, IBM, Intel, Motorola ja Philips. Työ tavoitteena on standardisoida uusi SWAP-protokolla (Shared Wireless Access Protocol) [17] kotiympäristön lähiverkon ytimeksi. SWAP-järjestelmä on tarkoitettu puheen ja datan siirtoon PC:n ja sen oheislaitteiden välillä. SWAP tukee sekä TDMA:ta (Time Division Multiple Access) puheen siirtämiseksi ja CSMA/CA:ta (Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance) datan siirtämiseksi väylälle. Verkko yhdistää samaan kokonaisuuteen mm. kodin puhelinjärjestelmän, automaatio- ja elektroniikkalaitteet. Lähiverkon kautta syntyy toimiva Internet-yhteys kodin jokaisesta tilasta. SWAP-järjestelmä voi toimia joko kontrolloituna verkkona liitäntäpisteen (Connection Point) ohjaamana tai spontaanisti irrallisten solmupisteiden välisenä Ad-hoc-verkkona. Jälkimmäisessä tapauksessa kaikki solmupisteet ovat tasa-arvoisia ja verkon hallinta on jakaantunut verkkoon liittyneiden laitteiden kesken. Liitäntäpiste kytkee verkon puhelinverkkoon tai PC:hen standardiliitännän kautta. Yhteen SWAP-järjestelmään voi kuulua enintään 127 solmua. SWAP-spesifikaatio valmistuu vuoden 1998 loppuun mennessä. Verkon tai sen osien hintatasosta ei ole vielä kattavaa aineistoa, mutta kotiympäristöön tarkoitettuna järjestelmän yhden solmupisteen komponenttikustannukset ovat todennäköisesti kohtuullisia.

Taulukko 2. Esimerkkejä 2,4 GHz alueella toimivista langattomista lähiverkoista [18].

Nimi	IEEE 802.11 Langaton verkko	HRFWG:n SWAP- kotiverkko	Bluetooth- oheislaitteverkko
Käyttötarkoitus	Toimistoverkon langaton laajennus	Kodin PC:n, elektroniikan ja puhelimien yhdistävä verkko	PC:n, sen oheislaitteiden välinen ja kodin elektroniikan välinen tiedonsiirto
Käyttöalue	Toimisto ja tilapäisjärjestelyt	Koti ja sen ympäristö	PC:n tai muun laitteen lähiympäristö
Tekniikka	Taajuushyppely, suorasekvenssi	Taajuushyppely	Taajuushyppely
Nopeus ja mo- dulointi	1 Mb/s 2 GFSK, 2 Mb/s 4 GFSK, 1 Mb/s DBPSK, 2 Mb/s DQPSK	1 Mb/s 2FSK 2 Mb/s 4 FSK	721 kb/s + 3 äänikanavaa (64 kb/s)
Lähetysteho	100 nW	100 mW	1 mW
Asemien/ solmujen lkm	10 - 20	127	8/verkko
Kantavuus	50 - 200 m	50 m	10 m

Bluetooth

Toinen SWAPia vastaava, mutta hieman eri tarkoitukseen suunniteltu lähiverkko on Bluetooth [19] (ks. Taulukko 2). Sen takana on myös muutama suuri IT-yritys. Yrityskonsortiossa ovat mukana mm. Ericsson, IBM, Intel, Nokia ja Toshiba. Niiden aloittaman standardointityön on määrä valmistua vuoden 1998 aikana. Tavoitteena on, että verkon komponentteja tulee markkinoille syksyllä 1999 [20]. Bluetooth yhdistää PC:t, puhelimet, kamerat, kirjoittimet, kopiokoneet, kodin elektroniikkaa ym. laitteita kymmenen metrin säteellä. Etäisyyttä voidaan kasvattaa sataan metriin lisävahvistimella. Bluetoothin ideana on päästä eroon turhasta kaapeloinnista. Toiminta on samantapainen kuin SWAPissa, hajaspektritekniikka ja taajuushyppely. Lähetystaajuutta vaihdetaan 1600 kertaa sekunnissa. Bluetooth-standardi on avoin, siitä ei peritä lisenssimaksuja. Bluetooth-radiomoduuli on noin kolmen neliösentin kokoinen radiolähetin-vastaanotin, jonka hinnaksi arvioidaan aluksi 20 dollaria. Kehittäjien mukaan sirun koko pienenee ja hinta halpenee viiteen dollariin vuoteen 2001 mennessä [21].



Kuva 4. Bluetooth-verkon laitteiden erilaiset toimintatilat ja siirtyminen tilasta toiseen.

Bluetooth-järjestelmä mahdollistaa sekä pisteestä pisteeseen että pisteestä useaan eri pisteeseen tapahtuvan kommunikoinnin. Verkko voi syntyä spontaanisti kahden eri laitteen ollessa molempien kantoalueen sisällä (piconet). Tällöin toinen laitteista toimii isäntänä ja toinen orjana. Yksi piconet voi sisältää enintään kahdeksan laitetta, mutta verkkotopologia tukee myös usean piconetin muodostamia kokonaisuuksia. Datansiirtoon kykenevän verkon muodostuminen alkaa kunkin solmupisteen osalta STANDBY-tilasta, jossa laite säännöllisesti käy kuuntelemassa kaikki 32 kanavaa mahdollisten yhteydenottojen varalta (Kuva 4.). Yhteyden aloittaa jokin verkon laite antamalla PAGE-komennon, jos verkon laitteiden osoitteet ovat tunnettuja tai INQUIRY-komennon, jos osoitteet ovat tuntemattomia. Kun vastesignaalit on saatu, verkko aktivoituu ja datansiirto voidaan suorittaa. Jos datansiirtoa ei tarvita, isäntälaitte voi asettaa orjalaitteet HOLD-tilaan, jossa ainoastaan laitteiden sisäinen kello toimii. Näin pienennetään laitteiden tehon kulutusta. Lisäksi on käytössä kaksi muuta pienitehoista tilaa: SNIFF- ja PARK-tila. SNIFF-tilassa laite käy kuuntelemassa piconet-verkon komennot tavallista harvemmin. PARK-tilassa laite on edelleen synkronoitu verkkoon, mutta ei osallistu tiedonsiirtoon.

Vaikka Bluetooth on alun perin suunniteltu PC:n ja sen oheislaitteiden, matkapuhelimen, PDA-laitteiden yms. väliseen kommunikointiin, niin järjestelmälle löytyy useita erilaisia sovellusmahdollisuuksia myös rakennusten teknisistä järjestelmistä. Langattomat säätimet, termostaatit, anturit, toimilaitteet ja muut rakennusautomaatiolaitteet muodostuvat kustannuksiltaan kohtuullisiksi, mikäli radiomoduulin hinta-arvio pitää paikkansa. Varsinkin saneerattavien kohteiden automaation asennuskustannukset tulevat pieneneväan radioverkon ansiosta. Koska Bluetooth-moduuli sijoitetaan uusiin tietokone-laitteisiin, matkapuhelimiin, viihde- ja toimistoelektroniikkaan laajenevat sovellusmahdollisuudet. Rakennus- tai kotiautomaatiolaitteiden käyttöliittymät voidaan joissakin tapauksissa suunnitella vaikkapa PC:llä tai uuden sukupolven matkapuhelimella toimivaksi ja minimoida siten varsinaisen automaatiolaitteen käyttöliittymä. Kustannussäästöjen lisäksi tuloksena voi olla nykyistä helppokäyttöisempiä laitteita. Bluetooth-verkko voi olla myös osa laajempaa tietoverkkokonaisuutta, jossa yksi tai useampia piconet-verkkoja kytketään yhdysväylän kautta rakennuksen ulkopuoliseen tietoverkkoon. Siten käyttäjä kykenee ohjaamaan ja tarkistamaan kotinsa tai toimistonsa eri laitteiden, kulunvalvonnan ja murtosuojausten statuksen lähes mistä tahansa. Tämä kaikki luonnollisesti edellyttää sitä, että Bluetooth-verkko osoittautuu luotettavaksi ja toimivaksi kokonaisuudeksi ja sen käyttö yleistyy eri laitevalmistajien keskuudessa.

3.4 CellNet

CellNet on CellNet Data Systemsin valmistama radiotietä hyödyntävä mittaus- ja datansiirtojärjestelmä. CellNetiä käytetään rakennusten sähkön-, veden-, kaasun- ja lämmönkulutuksen mittaustietojen keruuseen. Valmistajan ilmoituksen mukaan laitteita on asennettu jo yli miljoonan kohteeseen Yhdysvalloissa [22]. Järjestelmän toiminta perustuu kiinteään, noin 900 Mhz:n alueella toimivaan radioverkkoon, johon mittauskohteesta kerätään tiedot yksi- tai kaksisuuntaisen radioyhteyden avulla. Järjestelmä on teknisesti ja toiminnallisesti yhteen sopiva monien kaupallisten datansiirtojärjestelmien kanssa, mikä helpottaa tiedon siirtämistä radioverkosta eteenpäin paikkakunnalta toiselle. CellNet koostuu rakennuksesta katsoen seuraavista laitteista. Remote Terminal Unit (RTU) lähettää mittaustiedon anturilta asuntoalueen MicroCell Controllerille, joka kykenee vastaanottamaan tiedot usealta kymmeneltä RTU:lta noin 400 metrin säteeltä. Microcell Controller siirtää tiedon edelleen radioteitse CellMasterille. Tämä laite ohjaa jopa 200 MicroCell Controllerin toimintaa. CellMaster muuntaa tiedon tarvittaessa eri siirtomediaoitten vaatimaan muotoon, kytkeytyy johonkin kaupalliseen tietoverkkoon ja toimittaa tiedot keskusvalvomoon. Valmistajan ilmoituksen mukaan kattavan järjestelmän mittauskustannukset yhdestä kohteesta ovat 1 - 20 \$ kuukaudessa. Näihin kuluihin laskettaneen myös verkon ylläpito. Yritys on luonut yhteistyöverkoston useiden tunnettujen mittarivalmistajien ja rakennusautomaatiolaitteiden valmistajien kanssa. CellNet-

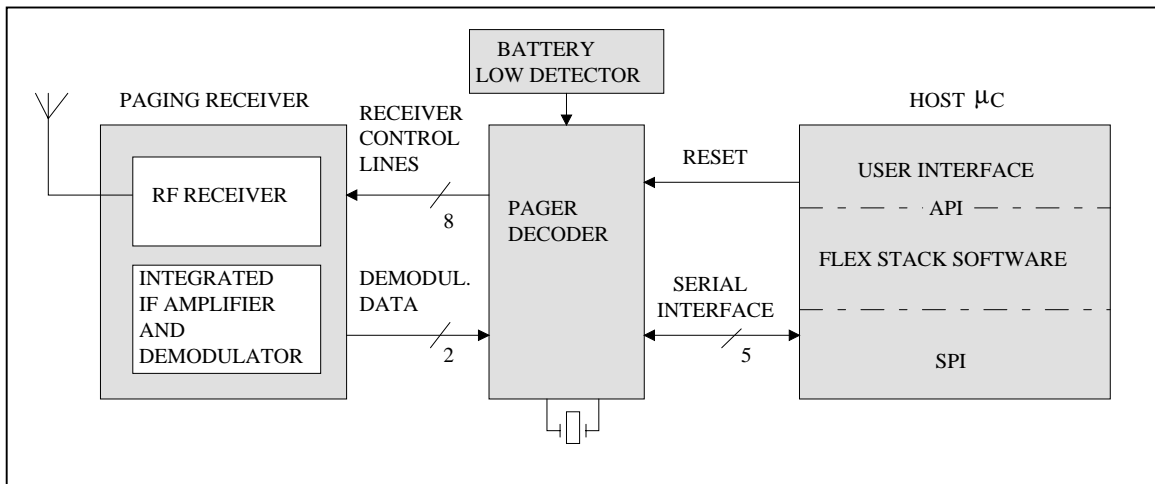
järjestelmää ei tiettävästi tuoda Suomeen, mutta yrityksellä on yhteistoimintaa muualla Euroopassa toimivien yritysten kanssa.

CellNet on esimerkki kiinteästä, yksityisestä, erityistarkoitukseen suunnitellusta radioverkosta. Se on kyetty toteuttamaan kustannuksiltaan edullisesti ja siten kilpailemaan tuloksellisesti kustannuskriittisellä AMR-alueella. Tiedonsiirtoverkko on tarkoitettu lähinnä mittausinformaation siirtoon ja se ei siten palvele muita rakennusten tiedonsiirtotarpeita. Järjestelmä on parhaiten kannattava mittaussovellutuksissa, jossa asuntoalueen kaikki rakennukset liittyvät järjestelmään. AMR-teknologioiden kesken käydään parhaillaan kovaa kilpailua markkinoista. Teknisesti mittausjärjestelmä ja tiedonsiirto voidaan toteuttaa usealla eri tavalla. Järjestelmän toteutus- ja käyttökustannukset on eräs painavimmista valintaperusteista. Vaikka radiotiedonsiirto yleistyneenä myös mittaussovellutuksissa, nähtäväksi jää, kykeneekö CellNetin tapainen monitasoinen radioverkko kilpailemaan tulevaisuudessa alan markkinoista.

3.5 Kaksisuuntainen henkilöhakuverkko

Kaksisuuntainen henkilöhakuverkko on tulevaisuudessa eräs potentiaalinen siirtotie telemetriaan, kauko-ohjaukseen ja pienimuotoiseen datansiirtoon. Sekä Yhdysvalloissa että Euroopassa valmistellaan asiaa koskevaa standardia. Yhdysvalloissa sikäläinen standardi tunnetaan nimellä ReFlex ja Euroopassa kehitetään ERMES-järjestelmää [23]. ERMES toimii jo yksisuuntaisena 169 MHz alueella, myös Suomessa. Parhaillaan käydään neuvotteluja kaksisuuntaisen ERMES-järjestelmän ominaisuuksista, jotka koskevat paluuviestin taajuusaluevarauksia ja lähetinyksikön ominaisuuksia. Alustavien tietojen mukaan vastaajan lähetysteho tulee olemaan 60 - 240 mW. Tämän on arveltu kantavan maaseutu ympäristössä noin 12 km. Vastaanotin antennien on siis sijaittava enintään tällä etäisyydellä vastaajan lähettimestä. Radiokanavan kaistanleveys on 25 kHz tai 12,5 kHz. Paluukanavan taajuusalue lienee 400 tai 800 Mhz:n tienoilla. Järjestelmän käyttöönottoon kuluu vielä muutama vuosi aikaa.

Laittevalmistajat ovat kuitenkin kehittämässä uusia tuotteita tulevaan ja nykyiseen verkkoon. Esimerkiksi Motorola on julkistanut Pager-dekooderin, joka muuttaa radiovastaanotinviestin jatkokäsittelyä varten ohjaavan logiikan vaatimaan muotoon ja päinvastoin. Samaan yhteyteen Motorola tarjoaa myös ohjaavaan mikrokontrolleriin C-kielistä Flex Stack -ohjelmaa API-rajapinnalla. Ohjelmaa ja dekooderia hyväksi käyttäen uudet sovellukset on helpompi toteuttaa kuin tekemällä kaikki Flex-protokollan vaatimat kovo- ja pehmo-osat ominpäin (Kuva 5.).



Kuva 5. Motorolan Pager-dekooderi ja sen liitännät radiovastaanottimeen ja ohjaavaan mikrokontrolleriin. Kokonaisuuteen kuuluu myös API-rajapinnalla varustettu ohjelmisto Flex-protokollan mukaiseen liikennöintiin [24].

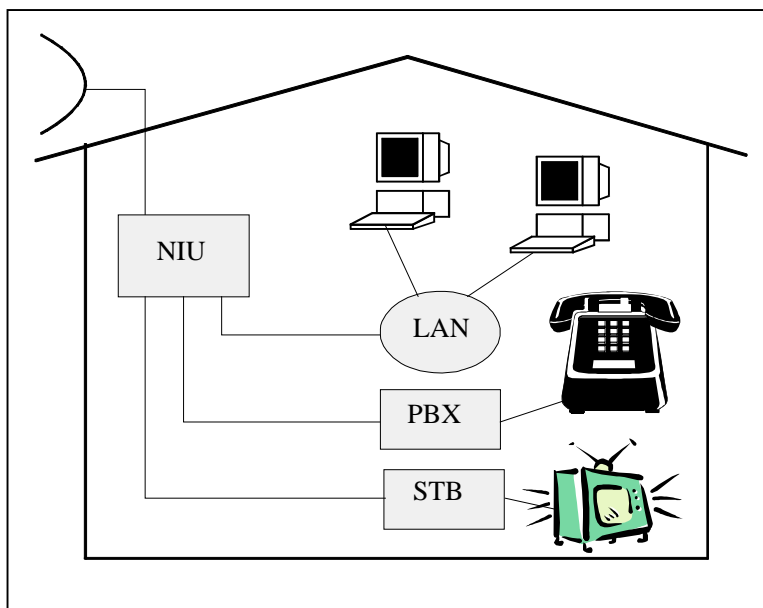
Henkilöhakuvastaanottimien määrä asukasta kohti on monissa muissa Euroopan maissa suurempi kuin Suomessa ja laitteiden suosio on kasvamaan päin. Suomessa matkapuhelintiheys on jo verrattain suuri ja tämän seurauksena henkilöhakulaite ei ole kovin suosittu. Lisäksi matkapuhelimien hinnat ovat edelleenkin laskusuunnassa. Koska uusi henkilöhakuun tarkoitettu radioverkko vaatii teleoperaattoreilta investointeja, saattaa verkon rakentaminen viivästyä, kunnes asiakkaiden kiinnostus kasvaa. Monissa muissa Euroopan maissa henkilöhakuverkko on potentiaalisempi tiedonsiirtoratkaisu siirrettäessä pienimuotoista dataa kiinteistöistä eteenpäin.

3.6 LMDS

LMDS (Local Multipoint Distribution System) [25] on langaton kaksisuuntainen tiedonsiirtoteknologia, joka toimii mikroaaltoalueella (taajuusalue 25 Ghz tai yli). Verkko on paikallinen, kiinteä soluverkko, jossa solun koko on yleensä vain 4 - 5 kilometriä. Tiedonsiirto laskusuuntaan tilaajalle tapahtuu yhdestä tukiasemapistestä usealle vastaanottajalle yhtä aikaa. Noususuuntaan on käytössä tiedonsiirto pisteestä pisteeseen. Verkon kautta voi lähettää samanaikaisesti puhetta, dataa, Internet-palveluja, videoita ym. LMDS-verkko muodostuu seuraavista osista: verkon operointikeskus, valokuitukaapelointi, tukiasemat antennineen ja kiinteistöissä sijaitsevat tilaajalaitteet. Lähetys- ja vastaanottopään antennien on oltava esteettömällä näkölinjalla. Puut, oksistot ja jopa sade vaimentavat signaalia. Siksi tukiaseman yhteyteen rakennetut lähetysantennit pyritään sijoittamaan esimerkiksi korkeiden rakennusten katoille tai torneihin.

Tilaajalaitteiden keskeisen osan muodostaa verkkoliitäntäyksikkö (Network Interface Unit). Tämä sisältää sekä mikroaaltosignaalien vastaanottamiseen ja lähettämiseen että signaalin modulointiin, demodulointiin ja ohjaukseen tarvittavat laitteet mukaan lukien

standardiliitännät erilaisille laitteille, kuten puhelimille, tietokoneiden paikallisverkolle tai televisiolle. Kokoonpano vaihtelee riippuen siitä, onko kyseessä toimisto vai yksityisasunto (Kuva 6.). Kiinteistön verkkoliitäntäyksikkö voi ottaa verkon kanavan haltuunsa datan lähetystä varten LMDS:n konfiguraatiosta riippuen mm. TDMA-, FDMA- tai CDMA-monikäyttömenetelmällä. Signaalin moduloinnissa sovelletaan erilaisia vaihe- (PSK) tai amplitudimodulaatiomenetelmiä (AM). Järjestelmän datansiirtonopeus vaihtelee useista eri tekijöistä riippuen, mutta sekä lasku- että noususuuntaan nopeus voi olla useita satoja Mb:ejä/s.



Kuva 6. LMDS-järjestelmän tilaajalaitteet rakennuksen sisällä.

LMDS:stä kaavaillaan kaapelitelevisioverkon kilpailijaa. Etuina sillä ovat mm. pienet investoinnit verkon infrastruktuuriin ja sen ylläpitoon. Verkkoa ei rakenneta etukäteen vaan aina tarpeen mukaan. Verkon laajentaminen on nopeaa samoin kuin laiteasennukset uuden asiakkaan kiinteistössä. LMDS:n standardisointi on parhaillaan menossa alan kansainvälisissä järjestöissä. Näistä esimerkiksi DAVIC on jo hyväksynyt standardin vuonna 1997. LMDS:n kaupallisia sovelluksia on vielä vähän, mutta teknisesti järjestelmä on jo toteutuskelpoinen. Sen hyödyt rakennusten teknisille järjestelmille ovat samat kuin ADSL:n tai kaapelitelevisioverkon. Se tarjoaa standardiliitännän, jonka kautta automaatiojärjestelmä tai jokin muu laite saa nopean tiedonsiirtoyhteyden rakennuksesta maailmalle.

3.7 Cellemetry

Cellemetry Data Service on patentoitu, BellSouth Corporation -nimisen yrityksen tekninen järjestelmä kaksisuuntaiseen tiedonsiirtoon matkapuhelinverkon ohjauskanavassa,

ei siis varsinaisessa puheen siirtoon tarkoitettussa kanavassa. Menetelmän avulla on mahdollista kerätä mittaustietoa valikoiduista kohteista ja reitittää tiedonsiirto Cellemetryn palveluasemalle. Mittauskohteen lähetin toimii matkapuhelimen tavoin rekisteröityessään paikalliseen tukiasemaan. Tavallisen matkapuhelimen käyttäjälle rekisteröitymistoimenpide tapahtuu automaattisesti käyttäjän tietämättä. Cellemetry-järjestelmä siirtää mittaustiedot ohjauskanavaan juuri rekisteröitymistapahtuman aikana. Järjestelmä kykenee lähettämään 32-bittisen sanoman, joka vastaanotetaan Cellemetryn palveluasemalla. Valmistajan mukaan sopivia Cellemetryn sovelluksia ovat mm. kopiokoneiden ja jakeluautomaattien valvonta, mittarien luku, hälytystietojen siirto, liikkuvien kohteiden paikan määrittäminen sekä kauko-ohjaus. Järjestelmä on käytössä vain Yhdysvalloissa. Sen käytöstä on sovittava kunkin paikallisen matkapuhelinverkon operaattorin kanssa. Cellemetry on esimerkki erityistekniikasta, jota ei voi soveltaa kaikkialla. Se on kuitenkin eräs osoitus tiedonsiirtovaihtoehtojen moninaisuudesta.

3.8 Langattomat puhelinverkot

GSM ja UMTS

Matkaviestinverkko täydentää valintaisen, langallisen puhelinverkon käyttöä teknisten järjestelmien tiedonsiirrossa ja on usein eräs harvoista vaihtoehdoista siirrettäessä dataa kohteisiin, joissa ei ole edes tavallista puhelinverkkoa käytettävissä. Matkaviestinverkot ovat osa televerkkoa, sillä matkaviestinverkon runkoyhteydet ovat televerkon langallisia yhteyksiä.

Matkaviestinverkoista GSM lienee tällä hetkellä Suomessa soveltuvin vaihtoehto datansiirtoa ajatellen. Jos pelkkä datansiirto on kyseessä, silloin OEM GSM -puhelin voi olla tarkoituksenmukaisin ratkaisu. Nykyisin GSM mahdollistaa datansiirron 9 600 b/s nopeudella, mutta lähivuosien aikana suorituskykyä parannetaan päivittämällä ohjelmistoa. Uusittu standardi sallii tällöin ISDN-tason nopeudet, Internet-yhteydet ja kuvapuhelut matkaviestimestä. Standardin mukaiset, ns. mediamatkapuhelimet ja ohjelmistot otetaan käyttöön lähivuosina. Erään laitevalmistajan arvion mukaan vuonna 2000 10 - 15 % matkaviestimistä on jo Internet-kelpoisia.

Seuraavan sukupolven matkaviestinjärjestelmiä suunnitellaan parhaillaan. UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) on ETSI:n johdolla valmistettava eurooppalainen ehdotus. Pohjois-Amerikassa ja Japanissa on molemmissa omat järjestelmänsä, jotka poikkeavat ominaisuuksiltaan eurooppalaisesta matkaviestinjärjestelmästä. UMTS:n tavoitteena on tarjota käyttäjälleen samat palvelut samanlaatuisina kuin kiinteässä lankaverkossa. Se tukee mm. mobiili- ja lankaverkon palveluja 2 Mb/s nopeuteen saakka. Mobiilipalveluista tulevat kyseeseen esimerkiksi navigointi, ajoneuvon paikan-

nus ja tieliikenteen informaatiopalvelut. Päätelaitetta voidaan käyttää kaikkialla, kotona toimistossa ja yleisillä paikoilla. Lisäksi järjestelmä sallii erilaisia päätelaitteita alkaen halvasta taskupuhelimesta täydet multimediapalvelut tarjoavaan päätteeseen [26]. Kaupalliset UMTS-tasoiset matkaviestimet ovat tulossa markkinoille ensiksi Japanissa v. 2001. Suomessa järjestelmä otetaan käyttöön v. 2002.

Uudet matkaviestimet hyödyntävät tuotteistettuja sisältöpalveluja, joita tarjoavat operaattoreiden lisäksi erilaiset palveluyritykset. Palvelut perustuvat matkaviestimien Java-sovelluksiin. Perusmatkaviestin saattaa sisältää vain normaalit puhelintoiminnot ja ohjelmistoalustan mutta on ladattavissa milloin vain uusilla toiminnoilla. Käyttäjä tilaa sisältöpalvelun esimerkiksi soittamalla tiettyyn puhelinnumeroon, jolloin palveluohjelmisto siirretään käyttäjän matkaviestimeen. Ääniviestit, Internet-yhteys, paikannus tai liikenteen informaatiopalvelut voivat olla tämänkaltaisia palveluja [27].

Jo nykyiset matkaviestimet ovat käyttökelpoisia rakennusten teknisten laitteiden ja järjestelmien tiedonsiirrossa. Parannettu GSM sekä tuleva UMTS tarjoavat lisää valinnanmahdollisuuksia paitsi tiedonsiirtoon, myös itse teknisten järjestelmien toteutukseen. Matkaviestin, so. puhelin tai PCS, voi toimia laitteiden monipuolisena käyttöliittymänä. Jokin tekninen laite, jonka toimintaan tarvitsee puuttua verraten harvoin, voidaan rakentaa käyttöliittymän osalta pelkistettynä versiona. Tällöin sen käyttöliittymänä toimisi esimerkiksi standardimatkapuhelin tai PCS. Kommunikointi laitteen ja puhelimen välillä tapahtuisi Bluetooth-lähiverkon kautta radioteitse tai Internet-verkon kautta, jos itse ohjattava laite on siihen kytketty. Teknisen laitteen käyttöliittymä voitaisiin puolestaan tilata ja ladata matkaviestimeen tuotteistettuna sisältöpalveluna aina tarvittaessa, vaikkapa laitevalmistajan tai maahantuojan ylläpitämältä web-sivulta. Erilaisia mahdollisuuksia matkaviestimien hyödyntämiseen löytyy monia muitakin. Tuotteistettujen sisältöpalvelujen kautta rakennusten omistajille, huoltomiehille ym. voidaan tarjota rakennuksen tai sen teknisten järjestelmien ja laitteiden huoltoon ja ylläpitoon, energian käyttöön yms. liittyviä asiantuntijapalveluja. Tulevissa matkaviestinjärjestelmissä päätelaitteiden varustelutaso on monipuolisempi kuin nykyään. Osa niistä voi olla varustettu vaikkapa videokameralla. Sen avulla asiantuntijat voivat käyttäjän avustamana tehdä esimerkiksi rakennuksen kuntoon liittyviä tarkastuksia toiselta paikkakunnalta.

DECT

DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunication) on johdottoman digitaalisen puhelimen standardi, jonka toiminta-alue on 1 880 - 1 900 MHz GFSK-modulaatiolla. Johdottomalla puhelimella on käytettävissä kymmenen eri radiokanavaa (Multi Carrier), joiden monikäyttömenetelmänä toimii TDMA. Tiedot pakataan 10 ms mittaisiin kehyksiin, joissa nousu- ja laskusuuntaiselle datalle on varattu omat aikaikkunansa (Time Division Duplex). Näin koko varausjärjestelmälle käytetään lyhennystä MC/TDMA/TDD.

Pohjois-Amerikassa käytössä oleva johdottoman puhelimen standardi PWT perustuu DECTiin. Eroina ovat modulaatiotekniikka ja käytettävissä oleva taajuuskaista. Euroopan puolella DECTin ensimmäinen ETSIn standardi on vuodelta 1992 [28]. Puhelimia on myyty jo noin 25 miljoonaa.

DECT-järjestelmä muodostuu kiinteästä päätelaitteesta ja johdottomasta, kannettavasta käsipuhelimesta. Sisätiloissa puhelimen kantoalue ulottuu 50 metriin ja ulkona noin 300 metriin. Yhteen kiinteään päätelaitteeseen voidaan kytkeä kuudesta kahdeksaan kannettavaa käsipuhelinta. Käsipuhelin voi siirtyä yhden tukiaseman toiminnan ohjauksesta toiselle. Siten sama kannettava puhelin voi olla käytössä sekä kotona että toimistossa. Salakuuntelun estämiseksi kaikki siirrettävä tieto koodataan. Turvallisuuden parantamiseksi sekä kiinteä että kannettava puhelinosa varustetaan omalla PIN-koodilla.

DECTiin on suunniteltu monenlaisia telekommunikaatiopalveluja. Näihin kuuluvat tavallisen kodin ja toimiston puhelintoimintojen lisäksi mm. ISDN-, faksi-, modeemi-, sähköposti- ja Internet-yhteydet. Parhailtaan DECTin standardia ollaan täydentämässä datansiirto-ominaisuuksien osalta. Standardissa määritellään mm. releointi Ethernet- ja Token ring -tyyppisten paikallisverkkojen kanssa, pisteestä pisteeseen tai useaan pisteeseen tapahtuva alfanumeerinen henkilöhaaku sekä liitäntä V.24-laitteisiin. Perusstandardin mukainen datansiirtonopeus on maksimissaan 552 kb/s. Multim mediasovellukset vaativat hiukan suurempia nopeuksia. Siksi standardin yksityiskohtia modifioimalla datansiirtonopeus nousee jopa 2 Mb:iin/s. Uusilla datansiirto-ominaisuuksilla varustettuja tuotteita on saatavana vuoden 1999 aikana.

DECT on tulossa myös koti- ja rakennusautomaatioon. Se tarjoaa mahdollisuuden siirtää langattomasti mm. erilaisia sähkön, lämmön ja veden mittaustietoja ja luo samalla standardin siirtotien ulos rakennuksesta. Järjestelmän avulla on mahdollisuus aikaansaadaksi myös erilaisia verkkoratkaisuja, jossa kodin tai pienehkön toimiston automaatio liitetään PC:n ohjaukseen langattomasti [29]. Sellaisenaan se tulee kilpailemaan useiden langallisten ja langattomien järjestelmien kanssa. Kun DECTin uudet datansiirto-ominaisuudet tulevat käyttöön, järjestelmä sisältää vakiovarusteena monet niistä piirteistä, joihin kilpailevissa verkkoratkaisuissa pyritään.

4. SÄHKÖVERKKO

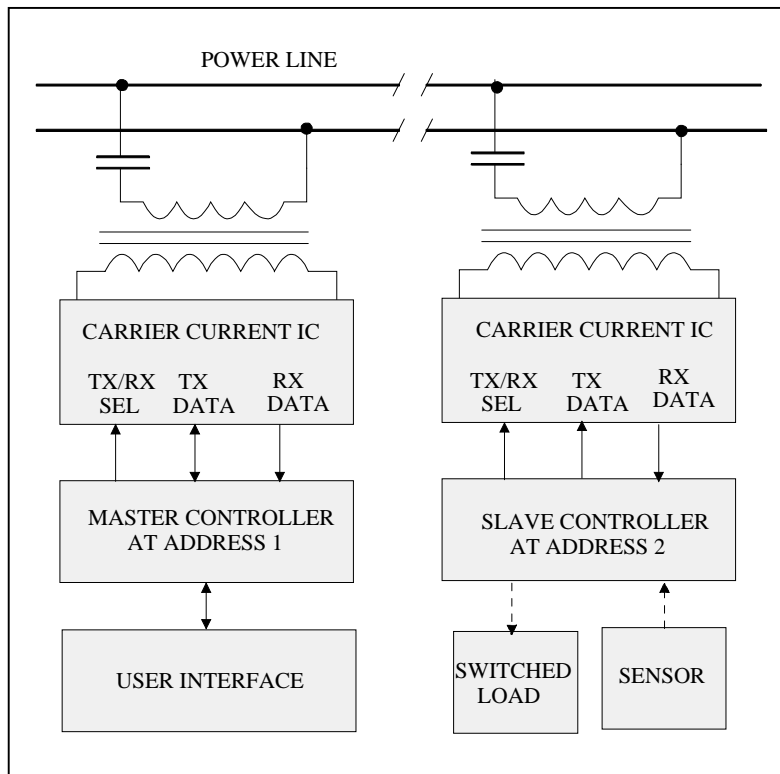
4.1 Sähköverkko tiedonsiirtomediaan

Tiedonsiirto sähköverkossa ei ole uutta. Sähköjakeluyhtiöt ovat käyttäneet tekniikkaa jo vuosikymmeniä sähköverkon ohjaukseen. Rakennusten sisäisessä tiedonsiirrossa ja kotiautomaatiossa tekniikkaa on sovellettu jo 1970-luvulta lähtien [30]. Nykyisin yleisiä sovelluksia ovat mm. sisäpuhelimet, kodinkoneiden ja LVIS-laitteiden ohjaus, murto- ja palohälytysjärjestelmät sekä telemetriajärjestelmät. Alan kehitys ei ole kuitenkaan pysähtynyt tähän, sillä lähivuosien aikana käyttäjille sekä rakennusten teknisille järjestelmille saattaa sähköverkon kautta avautua uusi, nopea tiedonsiirtoväylä ulkopuolisiin tietoverkkoihin. Lisäksi uusi teknologia mahdollistaa tiedonsiirron halvemmalla tai kokonaan uudella tavalla.

Sähköjakeluverkko on ongelmallinen datan siirtotie. Suuret häiriötasot ja signaalin vaimennukset ovat yleisiä. Lisäksi nämä ominaisuudet vaihtelevat sekä rakennuksesta toiseen siirryttäessä että myös ajallisesti. Häiriöt eivät johdu ainoastaan häiriöjännitteistä vaan myös linjaimpedanssien äkillistä muutoksista [31]. Luotettava tiedonsiirto vaatii siten erityismenetelmiä, varsinkin jos tiedonsiirron nopeusvaatimus on suuri.

4.2 Modulointitekniikkaa

Pienillä nopeuksilla ASK- tai FSK-modulointi 10 - 500 kHz kantaalloilla on yleinen käytäntö, jota sovelletaan esimerkiksi sisäpuhelimissa ja muissa kodin laitteissa. Vaikka häiriötaso nousisikin ajoittain normaalia korkeammalle, voidaan virheet eliminoida toistamalla lähetys useita kertoja. Jos tiedonsiirron nopeusvaatimus on useita satoja kilobit-tejä sekunnissa, hajaspektritekniikka on sopiva modulointitapa [32]. Hajaspektritekniikka on epäherkkä kapeakaistaisille häiriöpiikeille ja vaihteleville vaimennusmaksimeille. Lisäksi lähetetyn sanoman energia jakaantuu laajemmalle kaistalle ja ehkäisee eri lähetimien keskinäistä interferenssiä. Taajuuskaista on tällöin useita megahertsejä, alueella 1 - 20 MHz. Esimerkkejä eri modulaatiotekniikkaa soveltavista liitäntäpiireistä ovat mm. ASK: TDA5051 (Philips), FSK: LM 1893 (National Semiconductor) (Kuva 7.), ST7536 (SGS-Thomson) ja hajaspektritekniikka: PLT-30 (Echelon). Kaikki näitä piirejä voidaan soveltaa standardin EN 50065-1 (CENELEC) [33] mukaan, joka määrittelee pienjänniteverkossa dataa siirtävien laitteiden ominaisuudet.



Kuva 7. Lohkokaavio LM 1893:n soveltamisesta tiedonsiirtoon sähköverkossa. LM 1893 voi toimia sekä lähetin- että vastaanotinpiirinä.

4.3 UNB

Uutta tekniikkaa datansiirrossa sähköverkossa edustaa UNB-modulointi (Ultra Narrow Band). Sitä sovelletaan lähinnä rakennusten sähkömittarien lukemisessa, jossa siirrettävän datan määrä on pieni. Jokaisen järjestelmään kuuluvan sähkömittarin sisään on rakennettu pienikokoinen ja hinnaltaan edullinen UNB-lähetin. Se lähettää dataa verkkoon koko ajan, mutta erittäin pienellä nopeudella ja kapealla kaistalla. Datansiirtonopeus saattaa olla vain 0,0005 baudia. Kapeakaistaisia signaaleja mahtuu sähköverkon taajuusalueelle tuhansia yhtä aikaa. Koska kaikki sähkömittarit lähettävät mittaustietoa yhtä aikaa, voidaan puuttuvasta tai vääristyneestä signaalista arvioida lähettävän mittarin ja rakennuksen sähköverkon kuntoa. Vastaanottopäässä datan käsittelee digitaalinen signaaliprosessori (DSP), joka ohjelmoidaan toimimaan kunkin yksittäisen kapeakaistaisen signaalin vastaanottimena. Datana hitaudesta johtuen yksi DSP-prosessori ehtii vastaanottamaan jopa 3 000 mittarin lukemat [34].

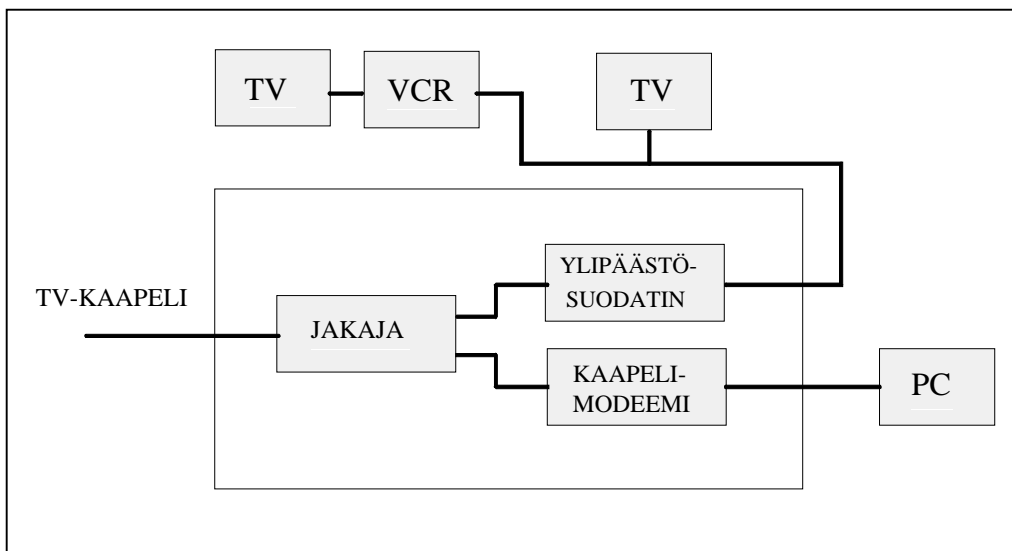
4.4 Digital PowerLine

Nopeaan tiedonsiirtoon (500 kb/s - 1 Mb/s) sähköverkossa on kehitteillä myös kaupallisia sovelluksia. Kanadalainen Nortel on kokeilemassa uutta Digital PowerLine -järjestelmää, jossa rakennuksen asukkaat voivat kytkeytyä Internetiin sähköverkon kautta. Internet-liitännän lisäksi DLP 1000 -tuotenimeä käyttävä järjestelmä voi valmistajan mukaan palvella mm. kauko-ohjaussovelluksissa sekä kotiautomaatio- ja turvajärjestelmissä [35]. Järjestelmän runkona on voimajohtoverkon ohjaukseen tarkoitettu valokaapeli-verkko, johon jokainen paikallismuuntaja on kytketty. Datasignaali välitetään muuntajan ja käyttöpisteen välillä tavallisen sähköverkon kautta. Menetelmä on patentoitu. Tarkoituksena on avata käyttäjille uusi, nopea tiedonsiirtotie rakennusten sähköverkon kautta maailmalle. Järjestelmä on parhaillaan koekäytössä [36]. Käyttäjän tietokone kytketään sähköverkkoon Ethernet- tai USB-väylän kautta.

Vaikka suunniteltu tiedonsiirtonopeus on pienempi kuin ADSL:n tai kaapelitelevisioverkon, järjestelmä tarjoasi näille kilpailevan vaihtoehdon. Julkistettu tekniikka on mielenkiintoinen rakennusten teknisten järjestelmien kannalta. Koska rakennusten sisäisessä tiedonsiirrossa sähköverkkoa käytetään on jo nyt, uuden tekniikan ansiosta tiedonsiirtomedia pysyisi samana sekä rakennuksen sisällä että sen ulkopuolella. Tämä saattaisi rationalisoida koko järjestelmän rakennetta ja tuoda kustannussäästöjä.

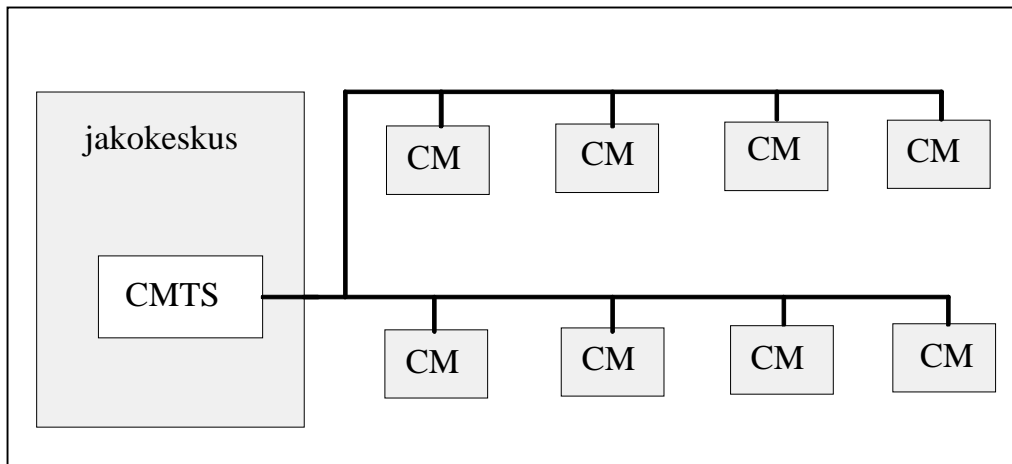
5. KAAPELITELEVISIOVERKKO

Kaapelitelevisioverkko ja siihen kytketty kaapelimodeemi (cable modem) tuo rakennuksen ja ulkopuolisten tietoverkkojen välille uuden, nopean datansiirtoväylän. Luonnollisesti sama verkko palvelee jatkossa myös TV-lähetysten jakelussa. Rakennuksen sisällä molemmat toiminnot välitetään käyttäjälle yhden laitteen, ohjausyksikön, kautta (Kuva 8.). Ohjausyksikön lisäksi verkko on varustettava jakelupäässä verkonohjausjärjestelmällä (Cable Modem Termination System). Tämä ohjaa tiedonsiirtoa kaikille kaapelimodeemeille. Kukaan kaapelimodeemi kykenee lähettämään dataa suoraan vain CMTS:lle, mutta ei muille kaapelimodeemeille. Kaapelimodeemien välinen liikenne ohjautuu aina CMTS:n kautta. Yhden verkonohjausjärjestelmän perässä voi olla noin tuhat ohjausyksikköä (Kuva 9.) [37].



Kuva 8. Ohjausyksikön rakenne ja sen kytkentä PC-, TV- ja videolaitteisiin.

ADSL:n tapaan kaapeliverkon datan nousu- ja laskunopeudet poikkeavat toisistaan. Euroopassa TV-kanavan kaistanleveys on 8 Mhz, jolla saavutetaan 41 - 55 Mb/s nopeus laskevalle datalle modulointitavasta riippuen. Taajuusalueena laskevalle datalle on käytettävissä 65 - 850 MHz. Datan nousunopeus on puolestaan noin 3 Mb/s. Datansiirto laskusuuntaan on jatkuvaa mutta noususuuntaan se tapahtuu porskeittain, kullekin kaapelimodeemille varatussa aikaikkunassa tai kilpailemalla vapaiden aikaikkunoiden käytöstä.



Kuva 9. Kaapeliverkon rakenne. Verkonohjausjärjestelmä (CMTS) ohjaa asiakkaiden kaapelimodeemien (CM) toimintaa.

Datansiirtoon kaapelitelevisioverkossa ei ole olemassa yhtä maailmanlaajuista standardia. 1990-Luvun puolivälissä asetettu IEEE 802.14 -työryhmä, jonka tarkoitus oli laatia yhteinen standardi, edistyi monien mielestä liian hitaasti. Siksi yritykset Yhdysvalloissa ja Euroopassa muodostivat omat konsortionsa ja saivat nopeasti aikaan kaksi kilpailevaa standardia. Niinpä IEEE jäi odottelemaan seuraavaa seuraavaa standardisointikierrosta. Yhdysvalloissa MCNS DOCSIS -nimellä kulkeva standardi hyväksyttiin ITU:ssa maaliskuussa 1998 [38]. Vastaava eurooppalainen ETSIn standardi tunnetaan nimellä DVB/DAVIC, jossa DVB ja DAVIC viittavat järjestöihin Digital Video Broadcasting ja Digital Audio Visual Council. Standardi on tehty niiden yhteistyönä. Parhaillaan Yhdysvalloissa useiden yritysten OpenCable-yhteistyöryhmä määrittelee MCNS DOCSIS -standardin pohjalta toiminnallisia ja rakenteellisia yksityiskohtia, joilla taataan eri laitevalmistajien tuotteiden yhteiskäyttöisyys samassa kaapeliverkossa. Vastaava yhteistyöryhmä toimii myös Euroopassa. Laitevalmistajat ovat puolestaan jo aloittamassa ohjausyksiköiden myyntiä. Ensimmäiset hinta-arviot laitteen vähittäismyyntihinnasta asettuvat noin 300 \$:iin [39].

Käyttäjän sekä rakennusten teknisten järjestelmien kannalta kaapelimodeemi kilpailee lähinnä ADSL:n kanssa. Kaapelimodeemin etuna on suurempi datansiirtonopeus, joka mahdollistaa monipuolisempia palveluja kuin ADSL. Ongelmana on puolestaan verkon pieni peittoalue ja sen laajentamisen kalleus. Suomessa on nykyisin noin 850 000 kaapelitelevisioasiakasta [40]. Langallisen puhelinliittymän omistajia lienee ainakin kaksinkertainen määrä.

Teknisen järjestelmän liittyminen kaapeliverkkoon tapahtuu esimerkiksi PC:n kautta. Kaapeliverkon sovellukset rakennusten teknisten järjestelmien osalta ovat samat kuin ADSL:llä, mukaan lukien energian hallinta, kotiautomaatio ja turvajärjestelmät [41].

6. INTERNET

6.1 Internetin vaikutuksia rakennusten teknisten järjestelmien toimintaan

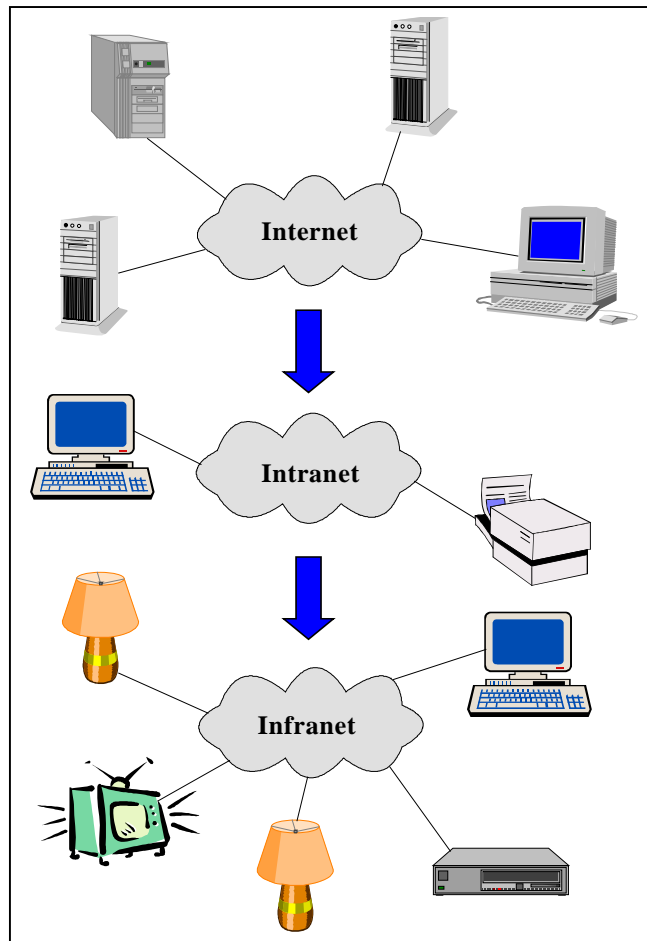
Internet-tiedonsiirtoverkon suosio on kasvamassa ja sen odotetaan tulevan merkittäväksi väyläksi rakennusten teknisille laitteille ja järjestelmille. Nykyisellään Internet-yhteys syntyy useimmiten puhelinverkon kautta joko tavallisen modeemin tai ISDN:n avulla. Toimistoautomaatiosovelluksissa sovelletaan jo pääsääntöisesti nopeampia verkko-yhteyksiä kuin muissa rakennusten teknisissä järjestelmissä. Lähivuosina ADSL, kaapelitelevisioverkko ja muut vastaavat nopeat tiedonsiirtoväylät tekevät kytkeytymisen käytännöllisesti katsoen viiveettömäksi ja yhteyden huomattavasti nopeammaksi.

Internet mahdollistaa kokonaan uudentyyppisten, maantieteellisesti hajautettujen tietoverkkoratkaisujen ja automaatiojärjestelmien toteuttamisen, joissa osa järjestelmän resursseista noudetaan verkon kautta vasta tarvittaessa ja käyttäjän huomaamatta, esimerkiksi tuotteistettuina tietosisältöpalveluina. Rakennuksen asukas, kiinteistönhoitaja tai huoltomies saa tällöin PC:n tai vastaavan käyttöliittymän kautta vaivatta monipuolista informaatiota automaatiojärjestelmän tai muiden teknisten laitteiden toiminnan opastukseen, käyttöön, huoltoon ja ylläpitoon [42]. Käyttöliittymä voi perustua esimerkiksi multimedia- tai virtuaaliodellisuustekniikkaan. Laitevalmistajat ja maahantuojat voivat päivittää tuotteidensa rakenteeseen, toimintaan tai huoltoon liittyvät muutokset kaikille asiakkaille samanaikaisesti ja käytännössä lähes viiveettä. Automaatiojärjestelmä saattaa sisältää myös itsenäistä selaintoimintaa, ns. push-tekniikkaa, jossa selain konfiguroidaan aktiivisesti seuraamaan tiettyjä sisältökohteita ja päivittämään muutokset automaatiojärjestelmään [43]. Järjestelmistä muodostuu näin jopa globaalisia, verkotettuja kokonaisuuksia. Teknisesti monet näistä toiminnoista on mahdollista toteuttaa jo nyt, mutta nopea on-line-yhteys Internettiin tekee niistä mielekkäämpiä.

6.2 Internet-liitäntä

Sulautettujen järjestelmien kuten rakennusten teknisten järjestelmien liittäminen Internet-verkkoon on laite- ja ohjelmistovalmistajien ajankohtainen ongelma. Monet edellä kuvatuista järjestelmäratkaisuista, kuten ADSL, kaapelimodeemi, SWAP ja HomePNA, tarjoavat standardiliitännän tai -rajapinnan, jonka kautta nopea yhteys on helppo toteuttaa. Itse automaatiolaite tai muu tekninen järjestelmä toimii itsenäisenä yksikkönä ja on yhteydessä ulkopuoliseen verkkoon vain tämän yhden rajapinnan kautta. Tähän samaan ratkaisuun pyrkii mm. LON-tuotteita valmistava Echelon yhdessä Cisco Systemsin kanssa [44]. Viime mainittu markkinoi lisensioitua Cisco NetWorks -ohjelmistotuotetta

kustannuksiltaan edullisena ja helppona Internet-verkkosovittimena. Tässä ratkaisussa LON-verkko liittyy Internetiin LNS-käyttöjärjestelmään rakennetun rajapinnan välityksellä. Echelonin mukaan on tarpeetonta siirtää toisenlaisiin tietoliikennesovelluksiin suunniteltua TCP/IP-protokollaa ja yhteyskäytäntöä prosessitasolle saakka. Echelon markkinoi näin omalla ratkaisullaan hierarkkista verkkorakennetta, jossa alimman tason Infranet (LON-verkko) on erotettu suorituskyvyiltään, vasteajoiltaan ja laitekannaltaan erilaisista Intranet- ja Internet-verkoista [45] (Kuva 10.).



Kuva 10. Echelonin hierarkkinen verkkorakenne. Luonteeltaan erilaiset verkot on haluttu pitää toisistaan erillään. Liitäntä verkosta toiseen tapahtuu yhden pisteen kautta.

emWare tarjoaa sulautettujen järjestelmien Internet-liitäntään toisenlaista, EMIT-ohjelmistonsa perustuvaa ratkaisua. Siinä sulautettuun 8- tai 16-bittiseen järjestelmään sijoitetaan mini-Web-palvelinohjelma, joka vaatii vain yhden kilotavun muistia. Varsinainen TCP/IP-yhteys Internet-verkkoon muodostuu emGateway-ohjelman kautta. Se sijoitetaan PC:hen, yhden kordin tietokoneeseen tai johonkin muuhun 32-bittiseen prosessoripohjaiseen tuotteeseen. emGateway toimii yhtä aikaa useiden mini-Web-palvelimien porttina Internet-verkkoon. Kommunikointi emGatewayn ja sulautettujen järjestelmien

välillä hoidetaan hitaahkona langallisena tai langattomana yhteytenä. Käyttäjä kommunikoi yksittäisen sulautetun laitteen kanssa Internet-verkon kautta standardin verkkoselaimen avulla, jossa hyödynnetään verkosta ladattavia Java-objekteja [46]. emWare markkinoi EMIT-ohjelmistoaan mm. AMR-sovellutuksiin ja rakennusten turvajärjestelmiin. EMIT-ohjelmistoa hyödyntävät myös jotkin puolijohdevalmistajat. Esimerkiksi Atmel kehittää omaan 8-bittiseen AVR-prosessoriinsa juuri tämäntyyppistä Internet-liitäntää emWaren kanssa [47].

WindRiver on puolestaan kehittänyt sulautetun HTTP-palvelimen. Valmistajan mukaan ohjelmisto voidaan sijoittaa pieniin mikroprosessorijärjestelmiin. Muistitilaa laitteesta vaaditaan 7 - 40 kilotavua. Järjestelmän käyttäjä kommunikoi sulautetun järjestelmän kanssa IP-osoitteella, kuten normaalissa palvelinyhteydessä. Standardi verkkoselain on riittävä työkalu operointiin järjestelmän kanssa. Vastaavia tuotteita on muillakin yrityksillä. Esimerkiksi Integrated Systems tarjoaa reaaliaikaiseen käyttöjärjestelmään linkittävää HTTP-palvelinratkaisua. Se suosittelee ohjelmistoaan sulautettuihin järjestelmiin mm. kauko-ohjaukseen ja -mittaukseen sekä diagnostisiin sovellutuksiin.

Sulautettujen Internet-teknologioiden tarjoajia on monia muitakin kuin yllä mainitut yritykset. Kuvatut ratkaisut edustavat kuitenkin muutamaa erilaista lähestymistapaa ongelman ratkaisuun. Ne osoittavat, että rakennuksen teknisen järjestelmän verkkoliitäntä kaipaa standardiratkaisuja ja yhteisesti sovittuja rajapintoja, jotta ohjelmisto- ja laitevalmistajat voivat tarjota omia modulaarisia ratkaisujaan verkkoliitännän eri osiin. Helpoin tapa liittyä verkkoon on soveltaa ensin mainittua ratkaisua, jossa rakennuksen sisäinen automaatio- ja prosessiympäristö, Infranet, muodostaa oman itsenäisen verkkonsa ja liittyy ulkopuolisiin verkkoihin kaupallisen standardiliitännän (ADSL:n, kaapelimodeemin tms.) kautta. Internet-verkon ja IP-osoiteavaruuden ulottamisella rakennuksen sisään on myös omat etunsa, mutta standardiratkaisujen muotoutuminen vaatii vielä aikaa.

7. MUITA VAIHTOEHTOJA

Edellä kuvattujen tiedonsiirtotekniikoiden lisäksi on muitakin vaihtoehtoja. Satelliittitekniikan käyttö yleistyneenä lähivuosien aikana AMR-sovelluksissa [48]. Sen hyödyntäminen datansiirtoon voi olla teknistaloudellisesti perusteltu ratkaisu varsinkin taajama-alueiden ulkopuolella. Näissä sovelluksissa hyödynnetään Low-Earth Orbit (LEO) -satelliitteja. Niiden avulla maassa sijaitseva lähetin/vastaanotinyksikkö (subscriber communicator) tarvitsee vain pienehkön lähetystehon ja laitekustannukset pysyvät kohtuullisina. Kaupallisia laiteratkaisuja on jo tarjolla.

VESA-Home Network [49] edustaa parikaapeliverkkoa hyödyntävää tiedonsiirtoteknologiaa. Tämän verkon taustavoimana on VESA-organisaatio (Video Electronics Standards Association), kansainvälinen yritysten muodostama ryhmä. Tavoitteena on aikaansaada Plug & Play -tyyppinen liitäntä kodin PC:lle, viihde-elektronikalle, automaatiolle ym. Järjestelmä tukee myös liitäntöjä muihin verkkoihin, kuten Ethernetiin, HomeRF:ään tai CEBusiin sekä rakennuksen ulkoisiin tietoverkkoihin. Laittehallinta hoidetaan yhdestä verkon pisteestä Web-selaimen avulla. Tiedonsiirtonopeudeksi verkossa on kaavailtu noin 50 Mb/s vähintään 50 metrin pituisessa verkossa. VESA-verkon toiminta perustuu IEEE:n standardiin 1394. Vuoden 1998 maaliskuussa VESA-organisaatio julkisti onnistuneet kokeilunsa verkon yhteiskäytöstä eri laitevalmistajien kanssa.

VESAa vastaava, mutta vain kodin AV-laitteiden toiminnan ohjaukseen tarkoitettu lähiverkko on HAVi. Sen taustayrityksinä ovat Grundig, Hitachi, Matsuhita Electric Industrial, Royal Philips Electronics, Sharp, Sony ja Thomson Multimedia sekä Toshiba. Verkkoon liittyviä tyypillisiä kodin laitteita ovat mm. kaapelitelevisioverkon ohjausyksikkö, digitaalinen TV, Internet-TV ja älykkäät AV-tallennusvälineet tai PC. Verkkoon kytkeytyvässä laitteessa on oltava suoritusala, johon verkon toimintoja ohjaava sovellusohjelma ladataan. Ohjelma voidaan sulauttaa laitteeseen jo valmistusvaiheessa tai ladata esimerkiksi CD:ltä tai Internetin Web-sivuilta. Tiedonsiirto verkossa perustuu standardiin IEEE-1394 [50].

Kaupallisissa tiedonsiirtoverkoissa on jo nykyisellään erilaisia palveluja, jotka sopivat osaratkaisuna myös rakennusten teknisten järjestelmien tiedonsiirtoon. Esimerkiksi Sonera Oy markkinoi SafeNet-verkkoaan kaukovalvonnan palveluverkoksi, johon voidaan kytkeä tarkkailtavia tai ohjattavia kiinteistöjä ja rakennuksia teknisine järjestelmineen ja josta voidaan siirtää tiedot SafeNet-verkossa asiakkaan haluamaan kohteeseen.

Kiinnostus kotiautomaation uusiin tiedonsiirtoteknologioihin ja väyläratkaisuihin on nähtävissä myös PC-ohjelmistojen tuotekehityksessä. Microsoft, Compaq Computer, Honeywell, Intel, Mitsubishi Electric ja Philips ovat perustaneet Home API -työryhmän lokakuussa 1998 [51, 52]. Sen tarkoituksena on määritellä API-rajapinta nykyisille

markkinoilla oleville ja tuleville kodin tietoverkoille, joita ovat esimerkiksi HAVi, Home RF, Cibus, Lonworks ja X-10. Home API on tiedonsiirtoprotokollista ja -medioista riippumaton rajapinta, joka pyrkii liittämään kodin tekniset järjestelmät Windows-käyttöjärjestelmän alaisuuteen. Ensimmäiset ohjelmistotuotteet valmistuvat vuoden 1999 loppupuolella tai vuoden 2000 alussa.

8. YHTEENVETO

Tiedonsiirto rakennuksen sisällä ja rakennuksesta ulospäin on lähivuosina kokemassa suuria muutoksia. Tiedon valtatie ulottuu monissa muodoissaan koskettamaan suurinta osaa suomalaisista. Mielenkiintoista on havaita, että muutokset ulottuvat myös rakennuksen sisälle. Pelkästään koti- ja rakennusautomaatioon, telemetriaan ym. rakennuksen sisäiseen tiedonsiirtoon on tulossa monia uusia järjestelmiä (Taulukko 3.). Kehityksen nopeutta kuvaa se, että monet uudet tiedonsiirtoteknologiat syntyvät aluksi yritysten yhteistyönä ja muodostuvat de facto -standardeiksi, joita alan järjestöt standardisoivat vasta jälkikäteen.

Tyypillisiä piirteitä rakennuksen sisäiseen tiedonsiirtoon tarkoitetuissa järjestelmissä ovat väylä- ja verkkototeutukset, standardiliitännät muiden valmistajien järjestelmiin ja/tai laajakaistaisiin yhdysväylätyyppisiin järjestelmiin, suuret tiedonsiirtonopeudet sekä merkittävien IT-yritysten sitoutuminen hankkeisiin. Langaton tiedonsiirto, joka on yleistymässä muissakin tietoliikennesovelluksissa, on tulossa myös rakennuksen sisäisiin järjestelmiin. Tähän ovat vaikuttamassa mm. radiomoduulien ja radioverkkotuotteiden laskeva hintatrendi ja radiojärjestelmien yleistymisen erilaisissa lyhyen kantaman sovellutuksissa. Tästä syystä pelkkä parikaapeli on osittain korvautumassa radioyhteydellä. Myös puhelin- ja sähköverkon käyttö tulee lisääntymään nykyisestäään, sillä kaapeloinnin välttämiseksi monet uudet sovellukset pyrkivät hyödyntämään olemassa olevaa infrastruktuuria. Puhelin- ja sähköverkko tarjoavat reitin myös muihin rakennuksen ulkopuolisiin tietoverkkoihin. Tämä tuo selviä etuja asennettaessa järjestelmiä jo olemassa oleviin rakennuksiin.

Osa rakennuksen tiedonsiirrosta on jatkossakin hidasta ja pienimuotoista datansiirtoa, jota leimaa myös toteutusten kustannuskriittisyys. Useimmiten kyseessä ovat erilaiset telemetriasovellukset, kuten sähkön, lämmön ja veden kulutusmittaukset sekä niiden siirto ulkoisiin tietoverkkoihin. Nykyteknologia kykenee tarjoamaan myös näihin tarkoituksiin uusia, kilpailukykyisiä ratkaisuja.

Laajakaistainen, nopea tiedonsiirto on tulossa rakennuksiin monen erilaisen tiedonsiirtoteknologian muodossa. Kaikki teknologiat mahdollistavat standardiliitännällä varustettujen järjestelmien kytketymisen ulkopuolisiin tietoverkkoihin. Tämän ansiosta automaatio- tai muun järjestelmän resursseja voidaan hajauttaa laajalle alueelle ja hyödyntää lukuisissa kohteissa samanaikaisesti. Monipuolista, multimediapohjaista informaatiota tullaan soveltamaan itse järjestelmissä ja niiden käyttöliittymissä. Tekninen laite voidaan suunnitella "ohueksi", vain perustoiminnot sisältäväksi tuotteeksi, jonka varsinainen ohjaus tapahtuu verkosta tilatun tietosisältöohjelman avulla. Näin laajakaistaiset tiedonsiirtoyhteydet luovat toiminnoiltaan ja palveluiltaan kokonaan aiemmasta poikkeavia teknisiä järjestelmiä.

Taulukko 3. Yhteenveto edellä käsitellyistä tiedonsiirtoteknologioista.

TIEDONSIIRTO-TEKNOLOGIA	TIEDONSIIRTO-MEDIA	SOVELLUSALUE	SAATAVANA KAUPALLISESTI
Modeemi, Int. telepääte	Valintainen puhelinverkko	AMR	Nyt
DOV-ilm.siirojärj.	Paikallinen puh.verkko	AMR	Nyt
ADSL	Paikallinen puh.verkko	Yhdysväylä tietoverkkoihin	1998 - 1999
HomePNA	Kodin sisäinen puhelinverkko	Kodin lähiverkko, kotiautomaatio	1999
Radiomoduulit	RF	Rakennusten tekn. järjestelmät	Nyt
Radio LAN	RF	Toimisto- ja rakennusautom.	Nyt
SWAP	RF	Kodin lähiverkko ja autom.	1999 - 2000
Bluetooth	RF	Kodin PC, elektroniikka, rakennusten tekn. järjestelmät	1999 - 2000
CellNet	RF	AMR	Nyt
Two-way Pager	RF	AMR	2001 - 2002
LMDS	RF, mikroaaltoalue	Yhdysväylä tietoverkkoihin	1998 - 1999
Cellemetry	RF, matkapuh.verkko	AMR	Nyt
GSM	RF, matkapuh.verkko	Rakennusten tekn. järjestelmät	1999 - 2000 *)
UMTS	RF, matkapuh.verkko	Rakennusten tekn. järjestelmät	2001 - 2002
DECT	RF ja puh.verkko	Kotiautomaatio ja pienet rakennusautomaatiosovell.	1999 **)
DigitalPowerLine	Paikall. sähköverkko	Yhdysväylä tietoverkkoihin	1999 - 2000
UNB	Paikall. sähköverkko	AMR	Nyt
Kaapelimodeemi	Kaapelitelevisioverkko	Yhdysväylä tietoverkkoihin	1999 - 2000
Internet	Puh.verkko, yhdysväylät	Tietoverkko rakennusten tekn. järjestelmien sovelluksiin	Nyt
LEO-satelliittijärj.	RF	AMR	Nyt
VESA	Parikaapeli	Kodin lähiverkko, kotiautomaatiosovellukset	1999 - 2000
HAVi	Parikaapeli	Kodin viihde-elektroniikka	1999 - 2000

*) Uusitun standardin mukaisilla ominaisuuksilla.

**) Täydennetyillä datansiirto-ominaisuuksilla.

Lähdeluettelo

1. Final phase in bus convergence. BatiBUS Club International, Paris, France 1998. [Cited Dec 12, 1998]. Available from Internet: <URL:http://www.batibus.com/anglais/news/_texte4a.htm>.
2. Do trends favour automatic meter reading? Part 2, Metering International, 3, 1997. Official publication of the DLMS User Association, AMRA and IURPA [cited March 5, 1998]. Available from Internet: <URL:<http://metering.com/mi397.htm>>.
3. Lehtonen, Matti, Seppälä, Anssi & Takala, Juha. Pienten kuluttajien liittäminen vapaan sähkökaupan piiriin. Sähkömarkkinakeskus 1996, 1. 63 s. ISBN 951-53-0878-X.
4. Hamann, Jerrid. ADSL: High Bandwith for the Installed Local Loop? Updated Dec 15, 1996 [cited Oct. 14, 1998]. Available from Internet: <URL:<http://www.cs.tamu.edu/people/jhamann/ads/top.html>>.
5. Craig, Andrew. British Telecom Lags With ADSL. TechWeb Technology News Oct. 14, 1998 [On-line] [cited Oct. 23, 1998]. Available from Internet: <URL:<http://www.techweb.com/>>.
6. Dunn, Darrell. Alcatel sets off new ADSL solution - Company releases latest generation of its DynaMiTe modem chiposet. Electronic Buyer's News, October 19, 1998, Issue 1131, Section: Communications [cited Oct. 23, 1998]. Available from Internet: <URL:<http://www.techweb.com/>>.
7. March, David & Kempainen, Stephen 1998. ADSL trims down with G.Lite. EDN 1998, August 3, s. 31 - 40.
8. LaPedus, Mark. Intel, National Semiconductor Place Take In Home Networking, Electronic Business news 9/15/98, [On-Line]. Available from Internet: <URL:<http://www.ebonline.com/daily/0998/091598news8.html>>.
9. HomePNA White Paper, June 1998. The Home Phonenumber Networking Alliance [cited Oct. 28, 1998]. Available from Internet: <URL:<http://www.homePNA.org/>>.
10. Howard, Bill. Digital Living Rooms; Home networking in a snap. PC-Magazine Sept. 8, 1998 [cited Oct. 28, 1998]. Available from Internet: <URL:<http://www.znet.com/pcmag/issues/1715/339912.html>>.
11. THK 15 K/1998M. Määräys eräiden radiolaitteiden yhteistaajuuksista ja käytöstä. Telehallintokeskus, Helsinki, 1998. 5 s. + liitt. 8 s.

12. I-ETS 300 220. Radio Equipment and Systems; Short range devices. Technical characteristics and test methods for radio equipment to be used in the 25 MHz to 1000 Mhz frequency range with power levels ranging up to 500 mW. European Telecommunications Standards Institute (ETSI), Valbonne France, October 1993. 49 s.
13. White, Newell. New standards and certified modules ease low-power-radio designs, EDN Access Sept. 4, 1998 [On-line]. Available from Internet: <URL:<http://ednmag.com/default.cfr>>.
14. Wikström, Krister. Pienitehoiset radiomoduulit, Prossori 1998, No 6 - 7, s. 65 - 69.
15. The IEEE 802.11 Wireless Standard White paper. Proxim, Inc., Mountain View, California 12/97 [cited Nov. 20, 1998]. Available from Internet: <URL:<http://www.proxim.com/learn/whiteppr/>>.
16. What is a Wireless LAN? White paper. Proxim, Inc., Mountain View, California March 1998, 5 s. [cited Nov. 20, 1998] Available from Internet: <URL:<http://www.proxim.com/learn/whiteppr/>>.
17. Technical Summary of the SWAP Specification. HomeRF Working Group, San Francisco, California, March 1998 [cited Oct 16, 1998]. Available from Internet: <URL:<http://www.homerf.org>>.
18. Hänninen, Veijo. Langattomat verkkotekniikat. Prossori 1998, No 8, s. 81 - 85.
19. Bluetooth Technical Overview. The "Bluetooth" Special Interest Group 1998 [cited May 22, 1998]. Available from Internet: <URL:<http://www.bluetooth.com/>>.
20. Miettinen, Anssi. Sinihammas tekee matkapuhelimesta monitoimikoneen. Helsingin Sanomat 12.11.1998.
21. Könönen, Ilari. Uusi teknologia muuttaa työskentelytavat; Bluetooth yhdistää laitteet radioaalloilla. Tietoviikko, 29.5.1998.
22. CellNet Data Systems Launches Online Energy Information Website for Customers, CellNet Data Systems Press Release, Feb. 6, 1998. [cited March 6, 1998]. Available from Internet: <URL:<http://www.cellnet.com>>.
23. Jagoda, A. & deVillepin, M. 1993. Mobile communications. John Wiley & Sons. 180 s. ISBN 0-471-93906-4.
24. Nath, M. APIs and development tools advance paging applications. EDN, 1998, May 2, s. 89 - 98.

25. LMDS Tutorial Overview. Web ProForum. [updated Oct. 29, 1998] [cited Nov. 27, 1998]. Available from Internet:
<URL:<http://www.webproforum.com/nortel4/index.htm>>.
26. Saarelainen, Kari. Suomalainen tiedon valtatie, TIVEKE-hanke 1.2, loppuraportti. Liikenneministeriö, 1996. 60 s. Saatavana Internet-verkosta:
<URL:<http://telmo.telmo.fi/tiveke/valtat1.htm>>.
27. TI and Java: Bringing the Revolution in Network Intelligence to Wireless Systems 1997. DSP Solutions for Wireless Communications, Texas Instruments. 9 s. [cited March 18, 1998]. Available from Internet:
<URL:<http://www.ti.com/sc/docs/wireless/java/techbrf.htm#provide>>.
28. DECT The standard explained 1997. DECT Forum, Solothurn, Switzerland, Feb. 1997. 16 s. Available from Internet: <URL:<http://www.dect.ch>>.
29. Good Progress for DECT Voice and Data Applications 1998. DECT Forum News Letter, Vol. 2, Nr 4, Dec. 1, 1998. 4 s. Available from Internet:
<URL:<http://www.dect.ch>>.
30. Strassberg, Dan. Home-automation buses: Protocols really hit home, EDN Access April 13, 1995 [On-line]. Available from Internet:
<URL:<http://ednmag.com/reg/1995/041395/>>.
31. Strassberg, Dan. Powerline communication: wireless technology, EDN Access June 6, 1996 [On-line]. Available from Internet:
<URL:<http://ednmag.com/reg/1996/060696/>>.
32. Piety, Robert, A. Intrabuilding data transmission using power-line wiring, Hewlett-Packard Journal, May 1987. S. 35 - 40.
33. EN 50065-1. Signalling on low-voltage electrical installations in the frequency range from 3 kHz to 148,5 kHz part 1: General requirements, frequency bands and electromagnetic disturbances, European Committee for Electrotechnical Standardization (CENELEC), Brussels, Belgium, January 1991. 19 s.
34. Hunt, Paul. UNB power line carrier. Metering International 1, 1998. Official publication of the DLMS User Association, AMRA and IURPA [cited May 5, 1998]. Available from Internet:<URL:<http://metering.com/>>.
35. Nord, Joey. Nortel (Northern Telecom) and Norweb launch improved technology to provide data services and Internet over electricity lines, Nortel Networks Infor Center, March 18, 1998. [cited Nov. 24, 1998]. Available from Internet:
<URL:http://www.nortel.com/home/press/1998a/3_18_9898121_norweb.htm>.

36. Lausti, Tapani. Data ja puhe kulkevat sähköä seassa, Tekniikka ja talous 30.10.1997.
37. Östergaard, Rolf V. What is a cable modem? [cited Nov. 13, 1998] Available from Internet: <URL:<http://www.godset.dk/cablemodem/>>.
38. International Telecommunications Union Approves DOCSIS Modem Standard 1998. CableLabs Press release March 19, 1998. [cited Dec. 11, 1998] Available from Internet: <URL:http://www.cablelabs.com/PR/ITU_DOCSIS.html>.
39. 3Com Starts Shipping Two-Way DOCSIS Solution 1998. Cable Datacom News, November 1998 Highlights. [cited Dec. 11, 1998]. Available from Internet: <URL:<http://cabledatcomnews.com/nov98-2.htm/>>.
40. Kaapeliverkoissa 850 000 taloutta. Tekniikka & Talous 19.11.98. S. 7.
41. Cable Modem Applications. Cable Modem University 1998, St. Petersburg, Florida [cited Nov. 13, 1998]. Available from Internet: <URL:<http://www.catv.org/modem/content/index.htm/>>.
42. Möttönen, Veli & Pakanen, Jouko. On-line fault diagnosis using internet and WWW pages. Computers in the Practice of Building and Civil Engineering. Worldwide ECCE Symposium. Lahti, FI, 3 - 5 Sept. 1997. Association of Finnish Civil Engineers RIL. Helsinki. (1997), s. 362 - 366.
43. Seppänen, Veikko. Sulautetut järjestelmät: Ohjelmistot sulautuvat tietoverkkoihin ja piille. Prossori 1/98, s. 43 - 45.
44. Cisco, Echelon to Develop Links Between Building, Factory and Residential Control Networks and the Internet. Echelon News, June 3, 1998. Echelon Corporation, Santa Clara, California. Available from Internet: <URL:<http://www.Echelon.com/>>.
45. Raji, Reza. Control Networks and the Internet. White Paper, Revision 2.0. Echelon Corporation, Santa Clara, California [cited Dec 11, 1998]. Available from Internet: <URL:<http://www.Echelon.com/solutions/wpapers.htm>>.
46. The Utility Industry; Consumer Services - The Secret to Success Under Deregulation. ETI Journal 1998, emWare, Salt Lake City, Utah. [cited Oct. 28, 1998]. Available from Internet: <URL:<http://www.emware.com/etijournal.htm>>.
47. Atmel and emWare Combine Technologies to Provide Complete Internet networking with AVR MCUs - Atmel AVR Microcontrollers Use EMIT Software to Deliver Internetworking Capabilities for Embedded Systems. EDTN Network 10/6/98, WebScan: Press Release. [cited Oct 28, 1998]. Available from Internet: <URL:<http://www.edtn.com/scribe/reference/webscan/mn003178.htm>>.

48. Wigglesworth, David. Satellite Communications. Metering International 1, 1998. Official publication of the DLMS User Association, AMRA and IURPA [cited Nov. 19, 1998]. Available from Internet: <URL:<http://metering.com/>>.
49. VESA Announces Home Network Technology Proof of Concept and Interoperability. Press release March 31, 1998, Video Electronics Standards Association, San Jose, California. [cited Dec. 1, 1998]. Available from Internet: <URL:<http://www.vesa.org/pressroom.html>>.
50. The HAVi Specification, Version 1.0 Beta November 19, 1998. 409 s. [cited Dec. 10, 1998]. Available from Internet: <URL:<http://www.havi.org/>>.
51. Potential Market Applications. Home API Working Group 1998. [cited Dec 12, 1998]. Available from Internet: <URL:<http://www.homeapi.org>>.
52. Quan, Margaret. Group promises API home networks by June. EETIMES, October 19, 1998, Issue 1031. CMP Media Inc. [cited Oct. 28, 1998]. Available from Internet: <URL:<http://www.techweb.com/directlink.cgi?EET19981019s001>>.

Liite A: **www-osoitteita**

Atmel	http://www.atmel.com/
Bluetooth	http://www.bluetooth.com
Cellemetry Data Service	http://www.cellemetry.com
CellNet Data Systems	http://www.cellnet.com
Cisco Systems	http://www.cisco.com
Echelon	http://www.echelon.com
emWare	http://www.emware.com
HAVi	http://www.havi.org
Home API	http://www.homeapi.org
Home PNA	http://www.homePNA.org
Home RF	http://www.homerf.org
Integrated Systems	http://www.isi.com
Motorola Semiconductors	http://mot.com/
Mitel Semiconductors	http://www.mitelsemi.com/
NEC	http://www.nec.com/semiconductors/
Northern Telecom (Nortel)	http://www.nortel.com
Philips semiconductors	http://www.semiconductors.philips.com
Proxim	http://www.proxim.com
R.F. Solutions	http://www.rfsolutions.co.uk
RF Monolithics	http://www.rfm.com
Sonera, SafeNet	http://www.safenet.tele
Texas Instruments	http://www.ti.com
VESA	http://www.vesa.org
WindRiver	http://www.wrs.com