Kokemuksia WaveLAN langattoman
lähiverkon asennuksesta ja suorituskyvystä

H. Lyytinen, R. Penttinen

Report B/2000/2

UNIVERSITY OF KUOPIO

Department of Computer Science
and Applied Mathematics

P.O.Box 1627, FIN-70211 Kuopio, FINLAND

Sisältö

Luku 1

Johdanto

Tässä raportissa käsitellään Lucent Technologies WaveLAN -tuoteperheestä rakennetun langattoman lähiverkon asennusta Kuopion yliopiston tietojenkäsittelytieteen ja sovelletun matematiikan laitoksella. Työn tarkoituksena oli hankkia kokemusta ja tietoa uuden teknologian käyttöönotosta, asennuksesta ja tiedonsiirtoyhteyden suorituskyvystä. Linux-asennusta ja -mittauksia koskevat tiedot ovat ensimmäiseltä kirjoittajalta ja Windows-asennuksen ja -kokeiden tiedot jälkimmäiseltä kirjoittajalta. Raportti perustuu jälkimmäisen kirjoittajan aiheesta tekemään erikoistyöhön [5].

Langattomat lähiverkkotuotteet ovat yleistyneet viime aikoina varsin voimakkaasti. Suuntaus kohti langatonta tiedonsiirtoa näkyy usealla eri sektorilla aina matkapuhelimista langattomaan Internetiin. Langattomien lähiverkkojen kaupallisten tuotteiden varsinainen lähtökohta on ollut IEEE 802.11 -standardin julkaisu kesäkuussa 1997. Standardin kehittäminen vei seitsemän vuotta ja siihen osallistuivat johtavat tuotevalmistajat, tutkijat, loppukäyttäjät ja 40 eri organisaation edustajat. Langattoman teknologian kehitys on tämän jälkeen ollut erittäin nopeaa. Standardissa on esitetty hajaspektriteknologian kaksi erilaista toteutustapaa, taajuushyppely- ja suorasekvenssi-hajaspektritekniikka sekä infrapunaan perustuva ratkaisu. Langattoman lähiverkon tuotteet perustuvat pääosin hajaspektriteknologian käyttöön, vaikka muutamalla valmistajalla on infrapuna-teknologiaan perustuvia tuotteita. IEEE 802.11 -standardi on laadittu 2.4 GHz taajuusalueella toimiville laitteille, joiden tiedonsiirtonopeus on 1 - 2 Mbps. Nopeaa kehitystä kuvaa osaltaan se, että standardista on julkaistu keväällä 1999 versio 802.11a, joka määrittelee 5 GHz:n taajuusalueen langattomat laitteet sekä standardi 802.11b, joka standardoi 5.5 ja 11 Mbps tiedonsiirtonopeuden käytön 2.4 GHz:n toimintataajuudella.

Puheenaolevassa verkossa langattoman lähiverkon tuotteeksi valittiin 2.4 GHz:n taajuusalueella toimiva amerikkalainen Lucent Technologiesin valmistama WaveLAN. Tuotteena WaveLAN noudattaa IEEE 802.11 -standardin mukaista ratkaisua. Ensisijainen valintaperuste tuotteen valinnalle oli toiminta Windows- ja Linux-käyttöjärjestelmissä. Kortti asennettiin sekä Windows- että Linux-mikrotietokoneisiin.

Tuotetiedot perustuvat pääosin valmistajan Lucent Technologies WaveLAN -käyttäjän oppaisiin sekä valmistajan Internet-sivuilta saatuihin tuotedokumentteihin.

Luku 2

Laitteistoarkkitehtuuri

Langattomat työasemat kommunikoivat yleensä tukiaseman muodostamalla toiminta-alueella, mutta langaton lähiverkko voidaan muodostaa yksinkertaisimmillaan pelkästään langattomista työasemista, joihin on asennettu WaveLAN PCMCIA -kortit ja tarvittavat ajuriohjelmat. PCMCIA-kortti sisältää radio-osan ja kortille integroidut antennit. Monipuolisemmassa toteutuksessa järjestelmään kuuluu WavePOINT-II -tukiasema, joka sisältää samanlaisen PCMCIA-kortin. WavePOINT-II -tukiasema koostuu asennusalustasta, jossa sijaitsee virtalähde ja prosessorimoduuli. Vaikka PCMCIA-kortti sisältää integroidut antennit, etenkin tukiasema kannattaa varustaa lisäantennilla. Lisäantennin tuoma etu toiminta-alueen laajuudessa on 15 - 100 prosenttia riippuen ympäristöstä verrattuna PCMCIA-kortin omaan antenniin. Puoliavoimessa tilassa (matalilla väliseinillä jaettu toimistotila, ei fyysisiä esteitä) lisäantennin käytöllä saavutetaan 30 prosenttia suurempi kantomatka, mikäli työ- ja tukiaseman päässä on käytössä lisäantenni. Avoimessa tilassa (antennit ovat toistensa näkyvissä) lisäantennin tuoma toiminta-alueen laajennus on 50 - 100 prosenttia [1].

Luku 3

Langattoman lähiverkon muodostaminen ja langaton tiedonsiirto

Langaton lähiverkko on mahdollista muodostaa jo kahden työaseman välille nk. 'Ad-hoc' -periaatteella. Tällainen toimintatapa soveltuu silloin, kun tarvitaan tilapäistä tiedonsiirtoa työasemien välillä esim. kokouksen aikana. Normaalisti langaton lähiverkko rakentuu yhden tai useamman tukiaseman ympärille. Tukiasema keskustelee toiminta-alueella olevien verkkokokoonpanoon kuuluvien työasemien kanssa. Tukiasema voi osallistua tiedonsiirron ohjaukseen siinä tapauksessa, että tukiaseman toiminta-alueella olevat työasemat eivät ole tietoisia toisten työasemien olemassa olosta (työasemat ovat kaukana toisistaan). Tällaisessa tilanteessa on kyse ns. piilossa olevan solmun tapauksesta (engl. Hidden node). Langaton tiedonsiirto perustuu kuuntele-lähetä - periaatteeseen. Työasemat kuuntelevat mediaa ja mikäli media on varattu, työasema ei yritä lähetystä ennen kuin tietty laskennallinen aika (satunnainen) on kulunut edellisestä kuunteluhetkestä. Lähetystä ei kuitenkaan suoriteta välittömästi ajan kuluttua umpeen, vaan mediaa kuunnellaan ja jos se todetaan vapaaksi, lähetys voidaan suorittaa. Piilossa olevan solmun tapauksessa toiset työasemat eivät voi tietää, että kaikki työasemat eivät kuule "toiminta-alueella" olevien työasemien lähetystä ja suorittavat lähetyksen normaali käytännön mukaisesti. Yhtäaikaisten lähetyksien seurauksena syntyy törmäyksiä. Tiedonsiirtoprotokollan tehtävänä on huolehtia törmäyksistä johtuvien menetettyjen pakettien uudelleen lähetyksestä. Useat törmäykset ja niistä aiheutuvat toistuvat lähetykset aiheuttavat verkon kuormitusta ja lisäävät viivettä tiedonsiirtoon, joka taasen näkyy käyttäjälle hitaampana tiedonsiirtona.

Tukiasema voi toimia ilman kiinteää verkkoyhteyttä, mutta yleisempi tapa on liittää tukiasema kiinteään lähiverkkoon, jolloin kiinteän lähiverkon palvelut ovat langattomien työasemien käytettävissä. Tukiaseman tehtävänä on siirtää liikennettä langattoman ja kaapeloidun infrastruktuurin välillä. WavePOINT-II -tukiasemassa on kaksi kaapeloidun lähiverkon liitäntää, joihin voidaan kytkeä joko koaksiaalikaapeli BNC -liittimellä tai vaihtoehtoisesti kierretty parikaapeli RJ45 -liittimellä.

3.1 WavePOINT-II -tukiasema

Lucent Technologies käyttää WavePOINT-II -tukiasemasta nimitystä toisen sukupolven langaton silta Ethernet-ympäristöön. Tukiasemassa on kaksi korttipaikkaa PCMCIA-korteille. Langattoman lähiverkon tukiasema voidaan toteuttaa yhdellä PCMCIA-kortilla, mutta tukiaseman kapasiteettia on mahdollista laajentaa käyttämällä toista PCMCIA -korttipaikkaa. Tässä tapauksessa kummallakin PCMCIA-kortilla on käytössä omat toimintataajuudet. Langattoman lähiverkon toiminta-aluetta voidaan laajentaa silloittamalla tukiasemat siten, että kaksi toiminta-aluetta voidaan yhdistää WavePOINT-II -tukiasemien avulla.

WavePOINT-II -tukiasema suorittaa itsetestauksen aina, kun virta kytketään tukiasemaan. Onnistuneen testin jälkeen tukiasema on valmiina käyttöön ja välittämään lähiverkkoliikennettä. Tukiaseman etupaneelissa olevat merkkivalot ilmaisevat tarkasti tukiaseman toiminnan. Merkkivalojen perusteella voidaan todeta Ethernet - ja WaveLAN-laitteistoviat sekä verkkoliikenteessä mahdollisesti esiintyvät häiriöt tai ylikuormitustilanteet.

Valmistajan ohjeiden mukaan WavePOINT-II -tukiasema on pyrittävä asentamaan mahdollisimman korkealle ja siten, että sen sijainti on keskeinen suhteessa langattomiin työasemiin [2]. Antennin välitön ympäristö on jätettävä vapaaksi, jotta lähetys ja vastaanotto sujuisivat häiriöttä.

3.2 WaveLAN PCMCIA -kortti

WaveLAN PCMCIA -kortti standardikortti, joka soveltuu PCMCIA- korttipaikalla varustettuihin työasemiin sekä WavePOINT-II -tukiasemaan. Kortin teoreettinen tiedonsiirtonopeus on 1 - 2 Mbps. Käytettävä tiedonsiirtonopeus voidaan asettaa pysyvästi jompaankumpaan arvoon tahansa tai arvo voi määräytyä automaattisesti ympäristöolosuhteiden mukaan (häiriöt tai heikentynyt S/N-suhde). Oletusarvoisesti (automaattinen nopeuden valinta) pyritään käyttämään maksimaalista tiedonsiirtonopeutta, mikäli olosuhteet sen vain sallivat. WaveLAN 'Bronze' -kortit eivät tue tiedonsiirronsalausta [3].

Luku 4

Ohjelmistot

WaveLAN- tuotteiden mukana tulevat tarvittavat Windows-ohjelmistot, joiden avulla langaton toimintaympäristö voidaan muodostaa. Ohjelmistotuotteet tarjoavat monipuoliset ylläpitomahdollisuudet tuki- ja työasemille. WaveMANAGER/AP -ohjelmisto on tarkoitettu WavePOINT-II -tukiaseman ylläpitoon ja WaveMANAGER/CLIENT -ohjelmistolla voidaan tarkastella langattoman tiedonsiirron tapahtumia sekä suorittaa tasomittauksia esim. suunniteltaessa tukiaseman optimaalista sijaintia. Perustoimintojen lisäksi kummassakin ohjelmistossa on hienouksia, joiden avulla tuotteiden hallintaa voidaan helpottaa. WaveLAN-tuotteita voi käyttää myös Linux-ympäristössä vapaaehtoisvoimin tehdyillä tai Lucentin omilla [1] ohjelmistoilla.

4.1 WaveMANAGER/AP

WaveMANAGER/AP -ohjelmisto on tarkoitettu WavePOINT-II -tukiaseman ylläpitoon ja normaalisti ohjelmisto on asennetaan lähiverkon pääkäyttäjän työasemaan. Ohjelmistolla on mahdollista muuttaa tukiaseman määrittelyjä ja monitoroida tukiaseman suorituskykyä. WaveMANAGER/AP - ohjelmistolla voidaan lisäksi suorittaa tukiaseman ohjelmapäivitykset sekä huolehtia niiden varmuuskopioinnista. Tiedonsiirtoyhteys tukiasemaan voidaan muodostaa joko langattomasti, kaapeloidun verkon kautta tai toisen tukiaseman välityksellä.

4.2 WaveMANAGER/CLIENT

WaveMANAGER/CLIENT -ohjelmisto toimitetaan jokaisen WaveLAN-verk- kokortin mukana. Ohjelmisto tarjoaa mahdollisuudet monitoroida langattoman tiedonsiirron suorituskykyä työ- ja tukiasemien välillä. Langattoman tiedonsiirron tasomittauksia on mahdollista tarkastella graafisessa ja numeerisessa muodossa. Tarkkailujaksot ovat käyttäjän valittavissa aina yhdestä sekunnista aina 24 tuntiin saakka. Numeerista tietoa voidaan siirtää tarvittaessa taulukkolaskentaohjelmistoon myöhempää tarkastelua varten. Ohjelmisto on erittäin hyvä apuväline tutkittaessa langattoman lähiverkon ongelmia.

Luku 5

WaveLAN-työaseman ja WavePOINT-II -tukiaseman asennus

WaveLAN-tuotteita voi käyttää sekä Windows- että Linux-ympäristöissä. Windows-ympäristössä asennus on automatisoitu, mutta käyttöönotto on helppoa myös Linux-ympäristössä.

5.1 Asennus Windows-ympäristöön

WaveLAN -työaseman ja WavePOINT -II -tukiaseman käyttöönotto Windows -ympäristössä on tehty erittäin yksinkertaiseksi. Tarvittavien ajurien asennuksen jälkeen langaton lähiverkko on lähes valmis käyttöön. TCP/IP -osoitteen lisäksi muita asetuksia ei juurikaan tarvitse tehdä. Perusasetuksista poikkeavia asetuksia tarvitaan, mikäli langattoman lähiverkon ympäristöolosuhteet ovat vaativia.

5.1.1 WaveMANAGER/AP

Tukiaseman tehdasasetukset ovat riittäviä sen käyttöönottamiseksi. Lähiverkon ylläpitäjän tehtäväksi jää antaa tukiasemalle yksilöidyt asetukset. Näihin tehtäviin kuuluvat mm. TCP/IP -osoitteen antaminen organisaation IP-osoitteiden mukaisesti ja verkkonimen määrittely. WavePOINT-II -tukiaseman ja langattoman lähiverkon turvallisuutta voidaan parantaa antamalla tukiasemalle lista ns. 'Access Control Table' (MAC-osoitteet) niistä työasemista, jotka voivat olla yhteydessä tukiasemaan. Tällä tavalla voidaan rajoittaa tukiaseman käyttäjät vain rajattuun ryhmään, joilla on oikeus käyttää langatonta lähiverkkoa ja sen kautta saatavia palveluja. Poikkeavista osoitteista tulevat tiedonsiirtopyynnöt hylätään automaattisesti.

5.1.2 WaveMANAGER/CLIENT

Työaseman käyttöönotto Windows -ympäristössä yksinkertainen toimenpide. PCMCIA -kortti asennetaan työasemassa olevaan korttipaikkaan, jonka jälkeen Windows 95- ja 98 -käyttöjärjestelmät tunnistavat automaattisesti lisätyn kortin ja pyytävät asentamaan tarvittavat ohjelmistot. Windows NT - ja muut käyttöjärjestelmät, jotka eivät tue ns. 'Plug & Play' -toiminnetta vaativat hieman enemmän käyttäjän toimenpiteitä asennuksen suorittamiseksi. WaveLAN -kortin ohjaimet asennetaan toimituksen mukana tulleelta levykkeeltä. Asennuksen yhteydessä määritellään työaseman parametrit mm. TCP/IP- osoite, työaseman ja toimialueen nimi.

5.2 Asennus Linux-ympäristöön

Linux-ympäristössä käyttöönotto vaatii ytimeen sisällytettävän ajurin sekä oheisohjelmia. Ohjelmistoista on sekä Lucentin tekemä versio että vapaaehtoisvoimin tehty versio. Tässä raportissa tarkastellaan jälkimmäisen asennusta. Nämä ohjelmat ovat pcmcia-cs -paketissa [4]. Paketin asennus vaatii olemassaolevaa ytimen konfiguraatiotiedostoa, joten ydin täytyy tätä ennen konfiguroida ja kääntää. Asennus suoritetaan antamalla paketin purkamisen jälkeen komennot 'make config', 'make all' ja 'make install'. Osoitetietojen määrittäminen voidaan toteuttaa asettamalla osoitetiedot käsin tai käyttämällä DHCP-palvelua. Molemmissa tapauksissa halutut parametrit täytyy asettaa /etc/pcmcia/network.opts -tiedostossa.

PCMCIA-palvelujen toiminnasta vastaa cardmgr-palveluprosessi. Tämä prosessi tulee käynnistää työaseman käynnistyssekvenssissä. Paketin asennusohjelma osaa lisätä tämän prosessin käynnistymään työasemaa käynnistettäessä sekä SysV- että BSD-tyyppisillä käynnistyssekvensseillä. Asennettaessa pcmcia-cs -pakettia erilaisiin Linux-jakeluihin täytyy varmistaa, että cardmgr käynnistyy.

Uusissa Linux-jakeluissa on pcmcia-cs -paketti, mutta usein siinä ei ole tukea WaveLAN/IEEE -kortille. Asennettaessa pcmcia-cs -pakettia uusiksi täytyy huomioida, että komento 'make install' asentaa myös uudet konfiguraatiotiedostot /etc/pcmcia -hakemistoon. Mikäli tässä hakemistossa on jo samannimisiä tiedostoja, asennusprosessi lisää asennettavien tiedostojen perään päätteen ".n". Tällöin vanhat asetukset jäävät voimaan, joten vanha pcmcia-cs -paketti konfiguraatiotiedostoineen tulee poistaa ennen uuden paketin asennusta. Tämä onnistuu helposti nykyaikaisissa Linux-jakeluissa olevilla paketinhallintaohjelmilla.

Luku 6

Mittaukset

Langattoman lähiverkon toiminta-alue määräytyy käytettävissä olevasta signaali-kohinasuhteesta (S/N-suhde). WaveMANAGER/CLIENT -ohjelmiston avulla voidaan suorittaa tasomittauksia, joiden perusteella voidaan arvioida langattoman lähiverkon toiminta-alueen laajuutta. Riittävä S/N-suhde on suurempi kuin 10dB. Pienemmällä S/N-arvolla tiedonsiirtoyhteyttä ei ole mahdollista muodostaa tai se on epäluotettavaa. S/N-suhteen ollessa parempi kuin 20dB, yhteyden laatu on valmistajan ohjekirjojen mukaan vähintään hyvä. Kokeiden perusteella valmistajan arviot pätevät melko hyvin. Langattoman verkon käytettävyys on hyvä kun S/N-suhde on parempi kuin 15 dB. Aina 10 dB:in asti yhteys toimii kunhan työaseman lähellä olevia esteitä järjestellään uusiksi. Alle 10 dB:n S/N-suhteella yhteys on erittäin epävarma tai sitä ei saada muodostetuksi lainkaan.

Mitä suurempi S/N-suhde on, sitä parempi on tiedonsiirtoyhteyden laatu. Tukiaseman lähettyvillä ns. toimisto-olosuhteissa S/N-suhde on mittausten mukaan >25dB. S/N-suhde heikkenee oleellisesti etäisyyden kasvaessa ja rakennuksen väliseinät aiheuttavat lisävaimennusta, jolloin S/N-suhde huononee entisestään. Työaseman sijoituksella on myös merkitystä signaali-kohinasuhteeseen. PCMCIA-kortin integroidut antennit ovat herkkiä ympäristön suhteen ja antennin osittainenkin peittäminen heikentää S/N-suhdetta huomattavasti. Lähellä olevat metallipinnat aiheuttavat häiriöitä ja valmistajan ohjeiden mukaan ne tai muut heijastavat kohteet olisi poistettava antennin lähietäisyydeltä. Tavalliset pöytämallin tietokoneet ovat sijoituksen kannalta ongelmallisempia, koska ISA-kortin antenni on tietokoneen takapuolella ja lisäksi hylly tai pöytä voivat rajoittaa antennin näkymistä edes osittain. Tilannetta voidaan parantaa asentamalla lisäantenni, joka on pyrittävä sijoittamaan esteettömään tilaan. Huonoissa lähetys- ja vastaanotto-olosuhteissa lisäantennin paikan muuttamisella voidaan yrittää parantaa toimintaolosuhteita. WavePOINT-II -tukiaseman lisäantennin sijoituksessa pätevät samat seikat kuin normaalisti antennien sijoittamisessa. Periaatteena voidaan pitää, että antennin ympäristö pidetään vapaana heijastavista kohteista.

6.1 Tasomittaukset

Tasomittauksia suoritettiin ennen WavePOINT-II -tukiaseman lopullista sijoittamista Tietotekniaan. Mittausten avulla voitiin kohtalaisella tarkkuudella arvioida langattoman lähiverkon toiminta-aluetta ja tukiaseman optimaalista sijoitusta. Lopullisen asennuksen jälkeen langattoman lähiverkon toiminta-alueella suoritettiin useita mittauksia työpisteissä ja luokkatiloissa. Liitteessä A on esitetty pistemittausten perusteella laadittu arvio toiminta-alueesta. Mittaukset suoritettiin Kuopion yliopiston tietojenkäsittelytieteen ja sovelletun matematiikan laitoksella sekä Tietoteknia-rakennuksen kolmannessa kerroksessa että laitoksen uusissa tiloissa Microteknia-rakennuksessa ensimmäisessä ja toisessa kerroksessa. Mittaustuloksista voidaan todeta S/N-suhteen olleen normaalisti Tietoteknia-rakennuksessa hieman alle 25 dB muualla kuin aivan tukiaseman läheisyydessä. Alle 10 dB lukemia ei sielläkään mittausten yhteydessä todettu. Microteknia-rakennuksessa puolestaan S/N-suhde kerrosten välillä oli pääsääntöisesti alle 25 dB ja yli 10 dB lukemia todettiin vain rajoitetulla alueella. Kerrosten välinen kuuluvuus oli siis huono. Parhaat S/N-suhteen arvot saavutettiin luonnollisesti tukiaseman välittömässä läheisyydessä.

Liitteessä A on esitetty silmämääräisesti mittausaineiston pohjalta piirretyt toiminta-alueet. Esitettyjä toiminta-alueita on piirrosteknisistä syistä johtuen kavennettu ulkoseiniä leikkaavien käyrien osalta. Langaton lähiverkko on tasomittausten perusteella käytettävissä kaikissa saman kerroksen tiloissa.

Toiminta-alueen laidoilla S/N-suhde saattaa olla riittämätön yhteyden muodostumiseen, mutta työaseman sijoitusta muuttamalla tilanne saattaa olla vielä korjattavissa. Lisäantennin käyttöä kannattaa harkita, mikäli S/N-suhde jää alle 20 dB.

6.2 Suorituskykymittaukset

Langattoman lähiverkon suorituskykyä testattiin tiedonsiirtomittauksilla, joita suoritettiin kahden palvelimen ja langattoman lähiverkon välillä. Tiedonsiirrossa käytettiin WS_FTP95LE- ja NcFTP-ohjelmia, joidenka avulla langattomasta työasemasta siirrettiin n. 1 Mt tiedosto palvelimelle ja päinvastoin. Tiedonsiirtonopeusmittauksia tehtiin 50 kpl kummallekin eri palvelimelle molempiin suuntiin. Nämä mittaukset suoritettiin laitoksen sekä vanhoissa että uusissa tiloissa. Mittaustulokset taulukoitiin ja niistä laskettiin keskiarvot ja keskihajonta. Liitteessä B on esitetty mittausympäristö sekä saavutetut tiedonsiirtonopeudet.

Mittaustulokset on taulukoitu ja esitetty tarkemmin liitteissä A ja B.

Luku 7

Yhteenveto

WaveLAN -tuoteperhe soveltuu erittäin hyvin langattoman lähiverkon toteuttamiseen. Langattoman toimintaympäristön luominen WaveLAN tuotteilla on kohtuullisen helppoa. Mukana tulevat ohjelmistot tukevat niitä ominaisuuksia, joita langattoman lähiverkon asennuksessa ja ylläpidossa tarvitaan. Tukiaseman optimaalinen sijoituspaikka voidaan etsiä käyttämällä hyväksi työasemassa olevaa WaveMANAGER/CLIENT -ohjelmistoa ja sen tasomittausominaisuuksia. Langattoman tiedonsiirron laatua voidaan analysoida monipuolisesti ja työasema voidaan jättää tarkkailemaan tiedonsiirtoa pitemmäksi aikaa, jolloin on mahdollista selvittää tiedonsiirrossa esiintyviä satunnaisia häiriöitä. Ongelmatilanteet ja niiden aiheuttajat voidaan ratkaista seuraamalla tiedonsiirron onnistumista mm. lähetettyjen ja vastaanotettujen kehyksien määrää tarkkailemalla. Ohjelmisto sisältää Link Test -ominaisuuden, jonka avulla voidaan tarkkailla radioyhteyden laatua ja tiedonsiirtokapasiteettia. Edellä mainittujen ominaisuuksien lisäksi Link Test -ominaisuudella voidaan testata PCMCIA-kortin toimivuus ja sen asetukset. WaveMANAGER/CLIENT -ohjelmisto osaa myös neuvoa ja ehdottaa käyttäjälle toimenpiteitä ongelmatilanteiden ratkaisemiseksi.

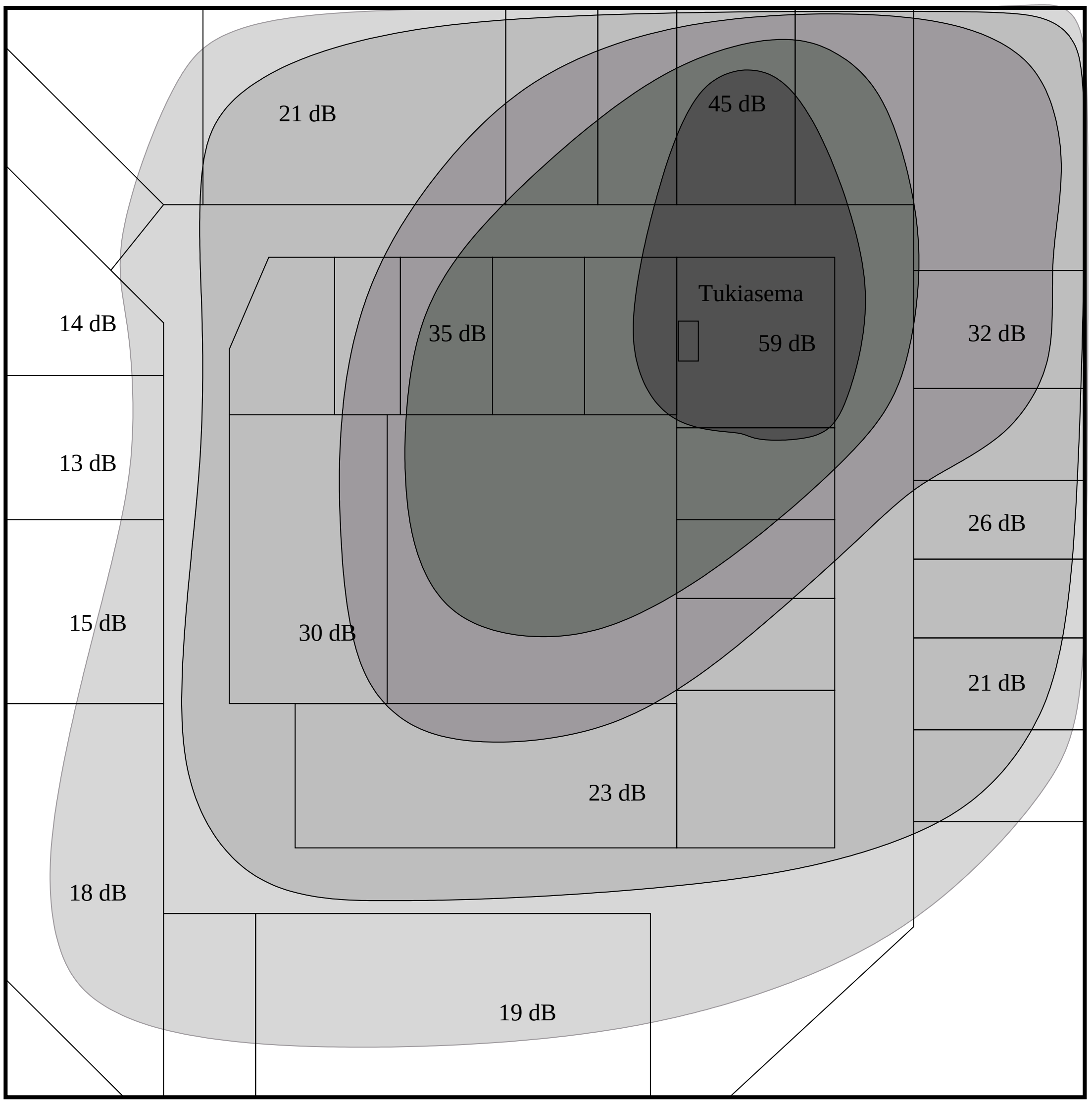
Valmistajan Internet-sivuilta [1] löytyy tuotekuvaukset ja testiraportteja useista asennuksista eri toimintaympäristöissä. Internet-sivuilta löytyy myös nykytavan mukaisesti ohjelmistopäivitykset mm. WavePOINT-II -tukiasemien sulautettuun ohjelmistoon.

Tiedonsiirtomittaukset osoittavat, että normaalissa päivittäiskäytössä langaton lähiverkko on kilpailukykyinen kaapeloituun verkkoon verrattuna. Mittauksissa todettu minimitiedonsiirtonopeus oli n. 0.5 Mbps (työasemalta tukiasemalle) ja maksimitiedonsiirtonopeus 1.6 Mbps (tukiasemalta työasemalle).

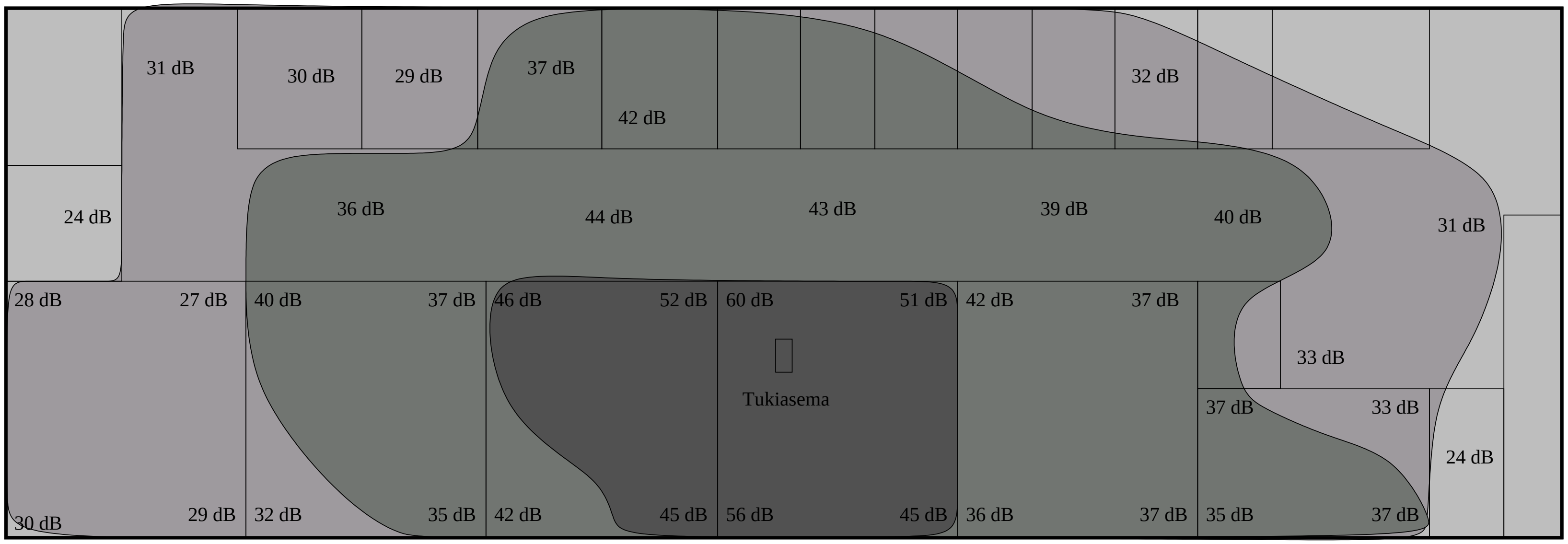
Lucent Technologiesin WaveLAN on sekä ohjelmistoiltaan että toteutukseltaan monipuolinen ja helposti hallittava kokonaisuus. WaveLAN on hyvä ratkaisu esim. harkittaessa lähiverkon laajennusta tai pyrittäessä siirtymään joustavan langattoman infrastruktuurin käyttäjäksi.

Liite A

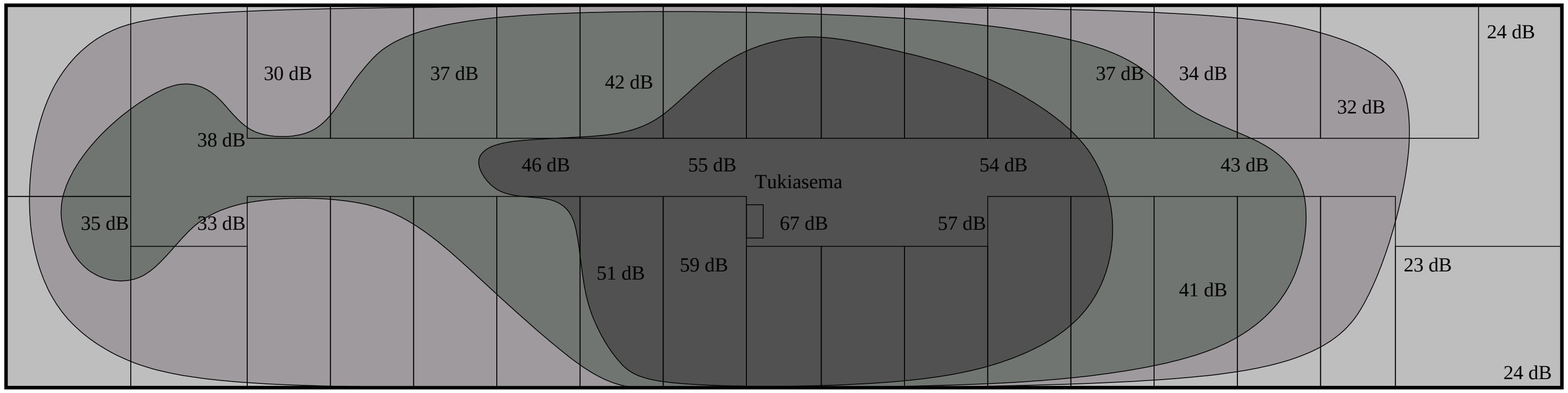
SNR-suhde



Kuva A.1: Tietojenkäsittelytieteen ja sovelletun matematiikan laitoksella 3. kerroksen tiloissa mitatut S/N -suhteet graafisesti esitettynä. Keskellä oleva neliön muotoinen alue on avoin sisäpihatila.



Kuva A.2: Microteknian alakerta



Kuva A.3: Microteknian yläkerta.

Liite B

Tiedonsiirto

Tässä liitteessä on esitetty langattoman lähiverkon tiedonsiirtomittaukset. Mittauksissa siirrettiin noin yhden megatavun kokoinen tiedosto etäkoneen ja työaseman välillä molempiin suuntiin. Taulukoissa on esitetty 50 mittauksen tulokset ja niistä on laskettu keskiarvo ja keskihajonta. Tuloksia tarkasteltaessa on huomioitava, että WS_FTP95-ohjelmistolla saadut tulokset sisältävät ohjelmiston ilmoittaman tiedonsiirtonopeuden ja käytetyn ajan. NcFTP-ohjelmiston tuloksissa käytetty aika on laskettu ohjelman tulostaman tiedonsiirtonopeuden perusteella. Taulukossa B.1 on esitetty yhteenveto mittausten tuloksista.

	alas (kbit/s)	ylös (kbit/s)
Tietoteknia, hytti	1118 (39,2)	720 (93,4)
Tietoteknia, masto	1643 (13,6)	1198 (10,6)
Microteknia, masto	1370 (9,3)	1430 (20,1)

Taulukko B.1: Yhteenveto tiedonsiirtonopeuksista, keskihajonta suluissa.

Palvelintietokone hytti.uku.fi sijaitsee yliopiston ATK-keskuksessa ja masto.uku.fi tietojenkäsittelytieteen laitoksella. Ensimmäisen rivin suureen hajontaan on kaksi syytä; työaseman ja hytin välillä on enemmän tietoliikenneverkon solmuja kuin työaseman ja maston välillä. Toisaalta hytti-koneen kuorman vaihtelu on yleensä suurempi kuin masto-koneessa. Sen sijaan masto-koneen ja työaseman välisen tiedonsiirtonopeuden keskihajonta on pieni keskiarvoon verrattuna.

Tuloksista siis havaitaan, että työaseman ja tukiaseman välisen yhteyden laadun ollessa hyvä, tiedonsiirtonopeus on noin 1 - 1,5 Mbit/s.

NRO	KESTO (s)	NOPEUS (kbit/s)
1	15,6	660
2	13,3	780
3	11,5	900
4	17,2	680
5	14,6	710
6	14,9	700
7	12,3	840
8	14,9	700
9	12,3	840
10	13,8	750
11	16,1	640
12	13,5	770
13	18,4	560
14	15,5	670
15	13,7	760
16	12,8	810
17	14,1	730
18	14,7	710
19	16,3	640
20	15,4	670
21	13,5	770
22	11,9	870
23	15,8	650
24	13,2	790
25	18,0	570
26	15,0	690
27	14,3	720
28	14,4	720
29	14,9	700
30	16,1	640
31	10,0	1020
32	14,9	700
33	13,2	790
34	13,1	790
35	13,8	750
36	16,4	630
37	11,9	870
38	15,1	690
39	13,6	760
40	13,9	740
41	19,9	520
42	16,0	650
43	17,4	600
44	13,9	740
45	13,3	780
46	14,7	710
47	13,3	780
48	17,6	590
49	14,2	730
50	14,8	700

TILASTOTIEDOT	KESTO (s)	NOPEUS (kbit/s)
Keskiarvo	14,6	720
Keskihajonta	1,9	93,4

Tiedoston koko 1056788 tavua

Ohjelmisto: WS_FTP95LE

Taulukko B.2: Tiedonsiirto PC→ hytti.uku.fi. Mittauspaikka Tietoteknia.

NRO	KESTO (s)	NOPEUS (kbit/s)
1	8,8	1150
2	9,0	1120
3	9,5	1060
4	9,0	1120
5	9,3	1090
6	9,2	1090
7	9,2	1110
8	8,8	1150
9	9,0	1120
10	9,1	1110
11	9,0	1120
12	8,9	1140
13	9,0	1130
14	8,9	1130
15	8,9	1140
16	8,9	1130
17	9,0	1120
18	9,0	1120
19	8,9	1130
20	8,9	1140
21	9,0	1130
22	9,0	1130
23	9,1	1110
24	9,0	1130
25	9,0	1130
26	8,9	1130
27	9,0	1130
28	11,0	941
29	9,0	1120
30	8,9	1130
31	8,9	1140
32	8,9	1130
33	8,9	1140
34	9,0	1130
35	9,0	1140
36	10,1	1000
37	9,0	1120
38	9,0	1120
39	8,9	1140
40	8,9	1140
41	8,9	1130
42	8,9	1140
43	8,9	1140
44	8,9	1140
45	10,0	1010
46	9,0	1130
47	8,9	1140
48	8,9	1140
49	8,9	1130
50	8,9	1130

TILASTOTIEDOT	KESTO (s)	NOPEUS (kbit/s)
Keskiarvo	9,1	1118
Keskihajonta	0,4	39,2

Tiedoston koko 1056788 tavua

Ohjelmisto: WS_FTP95LE

Taulukko B.3: Tiedonsiirto hytti.uku.fi → PC. Mittauspaikka Tietoteknia.

NRO	KESTO (s)	NOPEUS (kbit/s)
1	9,6	1210
2	9,6	1210
3	9,7	1200
4	9,8	1190
5	9,7	1200
6	9,7	1190
7	9,8	1190
8	9,7	1200
9	9,7	1200
10	9,9	1170
11	9,6	1210
12	9,7	1200
13	9,7	1200
14	9,8	1190
15	9,8	1190
16	9,9	1180
17	9,7	1200
18	9,6	1210
19	9,8	1190
20	9,9	1180
21	9,6	1210
22	9,7	1200
23	9,7	1200
24	9,7	1210
25	9,8	1190
26	9,7	1200
27	10,0	1160
28	9,7	1200
29	9,7	1200
30	9,6	1220
31	9,6	1210
32	9,7	1200
33	9,7	1200
34	9,7	1200
35	9,6	1210
36	9,7	1200
37	9,7	1200
38	9,7	1200
39	9,7	1190
40	9,7	1200
41	9,7	1200
42	9,7	1200
43	9,7	1200
44	9,7	1200
45	9,7	1200
46	9,7	1200
47	9,7	1200
48	9,6	1210
49	9,7	1190
50	9,7	1190

TILASTOTIEDOT	KESTO (s)	NOPEUS (kbit/s)
Keskiarvo	9,7	1198
Keskihajonta	0,1	10,6

Tiedoston koko 1215248 tavua

Ohjelmisto: WS_FTP95LE

Taulukko B.4: Tiedonsiirto PC → masto.uku.fi. Mittauspaikka Tietoteknia.

NRO	KESTO (s)	NOPEUS (kbit/s)
1	7,1	1630
2	7,1	1650
3	7,1	1630
4	7,1	1630
5	7,1	1640
6	7,1	1640
7	7,0	1660
8	7,2	1620
9	7,0	1660
10	7,2	1610
11	7,0	1650
12	7,0	1670
13	7,1	1640
14	7,1	1640
15	7,1	1630
16	7,1	1640
17	7,1	1630
18	7,0	1660
19	7,1	1650
20	7,1	1640
21	7,1	1640
22	7,0	1660
23	7,1	1640
24	7,1	1640
25	7,2	1630
26	7,1	1640
27	7,1	1640
28	7,1	1640
29	7,0	1660
30	7,1	1640
31	7,1	1640
32	7,1	1640
33	7,0	1660
34	7,1	1630
35	7,2	1620
36	7,1	1640
37	7,1	1640
38	7,1	1640
39	7,1	1650
40	7,0	1660
41	7,0	1660
42	7,1	1650
43	7,0	1670
44	7,1	1640
45	7,1	1650
46	7,0	1650
47	7,2	1610
48	7,1	1650
49	7,1	1640
50	7,0	1650

TILASTOTIEDOT	KESTO (s)	NOPEUS (kbit/s)
Keskiarvo	7,1	1643
Keskihajonta	0,1	13,6

Tiedoston koko 1215248 tavua

Ohjelmisto: WS_FTP95LE

Taulukko B.5: Tiedonsiirto masto.uku.fi → PC. Mittauspaikka Tietoteknia.

NRO	KESTO (s)	NOPEUS (kbit/s)
1	5,7	1450
2	5,7	1440
3	5,9	1380
4	5,6	1460
5	5,7	1430
6	5,7	1440
7	5,8	1420
8	5,7	1440
9	5,7	1440
10	5,9	1400
11	5,8	1420
12	5,7	1430
13	5,6	1460
14	5,7	1440
15	5,8	1400
16	5,7	1440
17	5,7	1440
18	5,8	1400
19	5,7	1430
20	5,6	1460
21	5,7	1440
22	5,7	1440
23	5,8	1420
24	5,7	1440
25	5,8	1410
26	5,7	1430
27	5,7	1450
28	5,7	1450
29	5,7	1450
30	5,7	1440
31	5,7	1430
32	5,7	1450
33	5,7	1430
34	5,8	1400
35	5,6	1460
36	5,8	1420
37	5,6	1460
38	5,7	1440
39	5,9	1380
40	5,7	1440
41	5,7	1440
42	5,7	1430
43	5,8	1420
44	5,9	1390
45	5,7	1430
46	5,6	1460
47	5,7	1440
48	5,7	1450
49	5,8	1410
50	5,8	1410

TILASTOTIEDOT	KESTO (s)	NOPEUS (kbit/s)
Keskiarvo	5,7	1430
Keskihajonta	0,1	20,1

Tiedoston koko 1048576 tavua

Ohjelmisto: NcFTP (Linux)

Taulukko B.6: Tiedonsiirto PC → masto.uku.fi. Mittauspaikka Microteknian yläkerta.

NRO	KESTO (s)	NOPEUS (kbit/s)
1	5.9	1380
2	6.0	1370
3	6.0	1360
4	6.0	1370
5	6.0	1380
6	5.9	1390
7	5.9	1380
8	6.0	1360
9	6.0	1350
10	5.9	1380
11	5.9	1380
12	6.0	1360
13	6.0	1350
14	6.0	1370
15	5.9	1380
16	6.0	1360
17	6.0	1370
18	6.0	1360
19	5.9	1380
20	6.1	1350
21	6.0	1370
22	6.0	1370
23	5.9	1380
24	6.0	1370
25	6.0	1350
26	6.0	1370
27	6.0	1370
28	5.9	1380
29	6.0	1370
30	6.0	1360
31	5.9	1380
32	6.0	1370
33	6.0	1360
34	5.9	1390
35	6.0	1370
36	6.0	1370
37	6.0	1360
38	5.9	1380
39	6.0	1360
40	5.9	1390
41	6.0	1370
42	6.0	1360
43	6.0	1370
44	5.9	1380
45	6.0	1360
46	6.0	1370
47	6.0	1360
48	6.0	1370
49	5.9	1380
50	6.0	1380

TILASTOTIEDOT	KESTO (s)	NOPEUS (kbit/s)
Keskiarvo	6,0	1370
Keskihajonta	0,0	9,3

Tiedoston koko 1048576 tavua

Ohjelmisto: NcFTP (Linux)

Taulukko B.7: Tiedonsiirto masto.uku.fi → PC. Mittauspaikka Microteknian yläkerta.

Viitteet

[1] Lucent Technologies. Orinoco pc card (silver/gold). Saatavilla osoitteesta <http://www.wavelan.com/products/productdetail.html?id=26>. Viitattu 9.11.2000.

[2] Lucent Technologies. *WavePOINT-II User's Guide*, July 1998.

[3] Lucent Technologies. *IEEE 802.11 WaveLAN PC Card User's Guide*, June 1998.

[4] Andreas Neuhaus. Linux WaveLAN/IEEE 802.11 driver. Saatavilla osoitteesta <http://www.fasta.fh-dortmund.de/users/andy/wvlan/>. Viitattu 9.11.2000.

[5] Raimo Penttinen. WaveLAN langaton lähiverkko. *Kuopion yliopisto, tietojenkäsittelytieteen ja sovelletun matematiikan laitos, erikoistyö*, 2000.