

LANGATTOMAN LÄHIVERKON OPTIMOINTI

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tietotekniikan koulutusohjelma
Tietoliikennetekniikka
Opinnäytetyö
Kevät 2009
Valtonen Tommi

Lahden ammattikorkeakoulu
Tietotekniikan koulutusohjelma

VALTONEN, TOMMI: Langattoman lähiverkon optimointi

Tietoliikennetekniikan opinnäytetyö, 63 sivua, 1 liitesivu

Kevät 2009

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on kartoittaa ja optimoida olemassa olevaa langattonta lähiverkkoa. Työ tehdään Päijät-Hämeen koulutus konsernin vuonna 2008 käytönotettuun langattomaan lähiverkkoon. Kartoituksen tavoitteena on luoda kuuluvuus kartat konsernin Intranet-sivuille kun taas optimoinnin tavoitteena on parantaa verkon kuuluvuutta ja käyttäjämääriä.

Langattoman verkon kartoitus on toimenpide, jonka tarkoituksena on osoittaa langattoman verkon ongelmakohtia sekä tuottaa verkosta kuuluvuus kartta. Kartoitus suoritetaan yleensä sitä tarkoitusta varten kehitetyllä ohjelmalla. Kartoitus on käytännössä yksinkertainen mutta aikaa vievä toimenpide. Kartoituksessa mitattava kohde kierretään sopivan päätelaitteen ja mittaohjelman kanssa, samalla kun kuljettu reitti merkitään ohjelmaan.

Optimointi voidaan sen sijaan jakaa useampaan eri vaiheeseen. Tässä työssä keskityttiin lähinnä tukiasemien asennukseen sekä tukiasemien paikkojen siirtämiseen. Näiden lisäksi tutkittiin verkon hallintajärjestelmää ja vieraiden verkkojen vaikutusta konsernin langattomaan lähiverkkoon.

Optimointi voidaan käytännössä suorittaa vasta kun alue on kartoitettu, tämä siitä syystä että kartoitus selvittää verkon toiminnan ja ongelmakohdat. Kartoituksen pohjalta uusien tukiasemien sekä vanhojen siirto on helpompi ja järkevämpi toteuttaa. Optimoinnin kannalta on myös tärkeää tuntee langattoman verkon hallintajärjestelmä, sekä järjestelmään tehtyjen muutosten vaikutus koko verkon toimintaan. Osaksi optimointia voidaan myös laskea muiden verkkojen vaikutus oman verkon toimintaan, erityisesti kanvasuunnittelun kannalta vaikutus on hyvä tuntee.

Työssä saadut tulokset osoittavat sen, kuinka pienillä muutoksilla langattoman lähiverkon kuuluvuutta voidaan parantaa merkittävästi. Työ myös osoitti sen, kuinka hyödyllisiä langattoman verkon kartoitustulokset ovat, kun verkkoa lähdetään optimoimaan.

Avainsanat: langaton lähiverkko, WLAN, 802.11, AirMagnet, optimointi, kartoitus

Lahti University of Applied Sciences
Faculty of Technology

VALTONEN, TOMMI: Optimization of a wireless local area network

Bachelor's Thesis in Telecommunications Technology, 63 pages, 1 appendix

Spring 2009

ABSTRACT

The objective of this thesis was to optimize an existing wireless local area network. The work was made to a company called Lahti Region Educational Consortium, also known as PHKK. PHKK is a company that provides educational services in the area of Päijät-Häme. Lahti Region Educational Consortium consists of three different business units; these are Lahti University of Applied Science, Salpaus and Tuoterengas. The job was done in the facilities of these three business units.

The job was divided in to two different sections. The first one was to study the existing network, which the company had introduced in the spring of 2008. In this first stage the values of the access points were measured. This work was done by specific measuring software called AirMagnet Survey Pro and a laptop computer. The measuring results were used to make a website, where the staff and students of PHKK can view the best locations of the wireless network. The website was made with ASP-technology and can be found in PHKK's Intranet, which is accessible from any of the company's workstations.

In the second phase the wireless network was optimized with the help of measuring results. Optimization was done because implementation of the network was made very rapidly and the locations of the access points were not in their optimal positions.

Job also included the monitoring of the current and improved network. Monitoring was done by using the WLAN controller and the operating system of the controller. In this stage, certain areas of company's facilities were investigated to determine the existence of the external networks in company's facilities. This was done because the external networks can interference the use of PHKK's own wireless network.

Result of the thesis indicates that the optimization brought new users to the wireless network, and overall the cover area of the network improved substantially. Future plans of the network may include the implementation of the 802.11n-standard; this would improve the usage and throughput of the network.

Key words: wireless local area network, WLAN, 802.11, AirMagnet, optimization, site survey

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	LANGATTOMAT LÄHIVERKOT	3
2.1	Yleistä langattomista lähiverkoista	3
2.1.1	Langattomien lähiverkkojen historia	3
2.1.2	Langattomien lähiverkkojen toimintaperiaate	3
2.1.3	OSI-malli	4
2.1.4	Radioaallot langattomissa lähiverkoissa	5
2.1.5	Taajuudet langattomissa lähiverkoissa	6
2.1.6	Langattomien lähiverkkojen kanavat	6
2.1.7	Laitteet langattomissa lähiverkoissa	7
2.2	Erilaiset verkkotyypit langattomissa lähiverkoissa	8
2.2.1.	Ad hoc-verkko	8
2.2.2	Infrastruktuuriverkko	9
2.3	Langattomien lähiverkkojen tekniikat	11
2.3.1	Vuoronvaraus langattomissa lähiverkoissa	11
2.3.2	Frequency Hopping Spread Spectrum	12
2.3.3	Direct Sequence Spread Spectrum	13
2.3.4	Orthogonal Frequency Division Multiplexing	14
2.3.5	Liikkuminen langattomassa verkossa	15
2.4	Langattomien lähiverkkojen standardit	16
2.4.1	802.11-standardi	16
2.4.2	802.11b-standardi	16
2.4.3	802.11a-standardi	17
2.4.4	802.11g-standardi	17
2.4.5	802.11n-standardi	18
2.4.6	Muut WLAN-standardit	19
3	LANGATTOMIEN VERKKOJEN KARTOITUS	20
3.1	Periaatteet langattomien verkkojen kartoituksesta	20
3.1.1	Signaalikohinasuhde	20
3.1.2	Signaalien ominaisuudet sisätiloissa	21
3.1.3	Vaimennuksen vaikutukset WLAN-verkkoihin	22
3.2	Tekniset vaatimukset mittauksen suorittamiselle	23
3.2.1	Mittauksessa käytettävät laitteet	23
3.2.2	Mittauksessa käytettävät ohjelmat	24
3.2.3	Aktiivi- ja passiivimittauksen erot	25
4	PÄIJÄT-HÄMEEN KOULUTUSKONSERNIN LANGATTOMAN LÄHIVERKON LÄHTOTILANNE	26
4.1	Nykyisen verkon laitteet	26
4.1.1	Verkon hallintajärjestelmä	26
4.1.2	Verkon tukiasemat	28

4.2	Olemassa oleva langaton verkko	30
4.2.1	Konsernin fyysinen verkko	31
4.2.2	Konsernin looginen verkko	34
5	VERKON KARTOITUS JA OPTIMOINTI PÄIJÄT-HÄMEEN KOULUTUSKONSERNIN TILOISSA	35
5.1	Kartoituksen alkuvalmistelut	35
5.2	AirMagnet Survey Pro-ohjelman käyttö	37
5.3	Verkon kartoitus konsernin tiloissa	41
5.4	Päijät-Hämeen koulutus konsernin langattoman verkon optimointi	47
5.4.1	Uusien tukiasemien asennus verkkoon	49
5.4.2	Tukiasemien siirtäminen optimaalisille paikoille	51
5.4.3	Rogue-tukiasemien etsiminen	54
5.4.4	Kontrollerin asetusten tarkastelu	56
5.5	Langattoman verkon käyttö	58
6	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	61
	LÄHTEET	64

LYHENNELUETTELO

AD	Active Directory, keskitetty käyttäjätietokanta ja hakemistopalvelu
A-GPS	Assisted Global Positioning System, tekniikka joka käyttää paikannukseen satelliittien lisäksi GSM-signaaleja
AP	Access Point, langattoman verkon tukiasema laite
BSS	Basic Service Set, tukiasemalaitteen avulla luotu langaton lähiverkko.
CCK	Complementary Code Keying, langattomissa lähiverkoissa käytetty modulaatiotekniikka.
CDMA	Code division multiple access, koodijakokanavanvaraus menetelmä.
CSMA/CA	Carrier Sense Multiple Access With Collision Avoidance, langattomissa lähiverkoissa oleva vuoronvaraustekniikka.
CSMA/CD	Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection, langallisten verkkojen puolella oleva vuoronvaraustekniikka.
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol, tarjoaa automaattisesti IP-osoitteet työasemille verkossa
DIFS	Distributed Inter Frame Space, aika jonka lähettävä asema odottaa ennen lähetystä, kun siirtotie on todettu vapaaksi.
DS	Distribution System, runkoverkko johon langaton järjestelmä voi olla yhteydessä.
DSSS	Direct Sequence Spread Spectrum, Langattomien lähiverkkojen modulointitekniikka.
ESS	Extended Service Set, usean BSS-verkon luoma laajempi verkko.
FCC	Federal Communications Commission, Yhdysvaltojen telehallintovirasto joka hallinnoi mm. radiotaajuuksia.
FHSS	Frequency-hopping spread spectrum, toinen langattomien lähiverkkojen modulointimenetelmistä.

GPS	Global Positioning System, paikannustekniikka, joka toimii satelliittien avulla
IBSS	Independent Basic Service Set, kahden tai useamman laitteen välille luotu langaton lähiverkko, joka ei käytä tukiasemalaitteita.
ISM	Industrial, Scientific and Medical, vapaassa käytössä olevia taajuusalueita.
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers, tuottoa tavoittelematon tekniikan alan kansainvälinen järjestö.
LWAPP	Lightweight Access Point Protocol, protokolla, joka vastaa liikenteestä kontrollerilta tukiasemille langattomassa lähiverkossa
MAC	Media Access Control, osakerros joka hoitaa verkon varausta ja liikennöintiä.
MIMO	Multiple Input Multiple Output, antennitekniikka joka sallii usean lähetyksen/vastaanottamisen yhtäaikaaisesti.
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing, monikantoaalto modulaatiomenetelmä jota käytetään langattomassa tiedonsiirrossa.
OSI	International Standardization Organization, malli jota käytetään tietoliikennejärjestelmien suunnitteluun.
PBCC	Packet Binary Convolutional Code, langattomissa lähiverkoissa käytetty koodausmenetelmä.
PCMCIA	Personal Computer Memory Card International Association, tietokoneissa oleva laajennuspaikka johon voidaan lisätä erilaisia lisälaitteita kuten verkkokortteja.
PDA	Personal Digital Assistant, kannettava taskukokoinen tietokone-laite
PN	Pseudo Noise, koodibittejä joilla voidaan selvittää kadonneita bittejä, koodibitit sekoitetaan varsinaiseen dataan.

PoE	Power over Ethernet, tekniikka, millä saadaan siirrettyä laitteille virtaa verkkojohtoa käyttämällä
QoS	Quality Of Service, liikenteen priorisointiin käytetty tekniikka.
RF	Radio Frequency, radiotaajuus
RLDP	Rogue Location Discovery Protocol, Ciscon kehittämä protokolla rogue-asemien eristämiseen
RSSI	Received Signal Strength Indicator, signaaliarvo, jonka pääte-laite saa tukiasemalta
SSID	Service Set Identifier, langattomissa verkoissa käytetty verkkojen tunnus
VLAN	Virtual Local Area Network, virtuaalinen lähiverkko, jonka avulla voidaan helposti erotella verkkoja toisistaan
WLAN	Wireless Local Area Network, radiosignaaleja hyväksi käyttäen toteutettu langaton lähiverkko.
WPA2	Wi-Fi Protected Access, langattomissa lähiverkoissa käytetty tietoturva ominaisuus
VoWLAN	Voice Over Wireless Local Area Network, tekniikka, joka mahdollistaa langattomat IP-puhelut

1 JOHDANTO

Julkisten langattomien lähiverkkojen määrä on nykyisin jatkuvassa kasvussa. Langattomia verkkoja löytyy tänä päivänä lähes joka puolelta, aina hotelleista ja ravintoloista koko kaupungin kattaviin verkkoihin. Ongelmana näissä verkoissa on niiden heikko kuuluvuus kattavalle alueelle. Pienissä tiloissa kattavuus on vielä helppo toteuttaa, mutta isommissa tiloissa kattavan kuuluvuuden toteuttaminen on vaikeampaa. Tämä ongelma yhdistettynä verkkojen nopeasti toteutettuun suunnitteluun aiheuttaa lisää kuuluvuusongelmia käyttäjille. Ongelmaa voidaan kuitenkin korjata jälkikäteen suoritettavalla kuuluvuusmittauksella. Mittauksen avulla voidaan langattoman verkon tukiasemille löytää niiden optimaaliset sijainnit ja näin ollen parantaa käyttäjien pääsyä langattomaan verkkoon.

Opinnäytetyö tehtiin Päijät-Hämeen koulutus konsernille eli PHKK:lle. PHKK on Päijät-Hämeen alueella toimiva yhtiö, joka tarjoaa koulutuspalveluja alueen kunnille. Yhtiö koostuu kolmesta eri liikelaitoksesta: Lahden ammattikorkeakoulusta, Koulutuskeskus Salpauksesta sekä Tuoterenkaasta. Näiden lisäksi yhtiöllä on sisäisen toiminnan yksiköitä, nämä yksiköt hoitavat eri liikelaitosten palveluja. Työ käsittelee konsernin tiloissa olevan langattoman lähiverkon parannusta. Konsernin toimitiloissa otettiin käyttöön langaton lähiverkko keväällä 2008 ja sitä voivat tällä hetkellä käyttää niin henkilökunta, kuin oppilaatkin.

Työ voidaan jakaa kahteen eri tavoitteeseen. Ensimmäinen tavoite on suorittaa langattoman verkon kuuluvuuskartoitus. Kartoitus tehdään käyttäen tätä tarkoitusta varten hankittavalla langattomien verkkojen kartoitusohjelmalla. Kartoituksesta tullaan tekemään myös kuuluvuuskartat konsernin intranetsivuille. Kuuluvuuskarttojen tarkoituksena on helpottaa verkon käyttäjien mahdollisia kuuluvuusongelmia. Työn toisena tavoitteena on parantaa olemassa olevaa verkkoa. Parannus tullaan tekemään siirtämällä tukiasemien sijainteja niiden optimaalisille sijainneille. Optimoinnin tavoitteena on lisätä verkon käyttäjämääriä. Optimoinnissa tullaan myös tarkkailemaan mui-

den verkkojen käyttöä konsernin tiloissa sekä kartoittamaan mahdollisia parannuksia verkon hallintajärjestelmään

Työn aihepiiri rajataan langattoman verkon optimointiin ja kartoitukseen lähinnä fyysisellä tasolla. Työn ulkopuolelle jää verkon looginen parantaminen, kuten IP-osoitteiden muutokset sekä VLAN-muutokset. Työssä ei myöskään tulla ottamaan kantaa verkon tietoturvaratkaisuiden parantamiseen.

2 LANGATTOMAT LÄHIVERKOT

2.1 Yleistä langattomista lähiverkoista

2.1.1 Langattomien lähiverkkojen historia

Historian ensimmäisenä langattoman pakettikytkentäisenä verkkona voidaan pitää ALOHA verkkoa. Verkko kehitettiin 1970-luvulla Havaijin yliopistossa. Tarkoituksena oli yhdistää Havaijin saarten verkkoliikenne toisiinsa. Alkususäyksen langattoman lähiverkon (Wireless Local Area Network, WLAN) kehitykselle antoi todenteollista Yhdysvaltojen telehallintovirasto (Federal Communications Commission, FCC) joka salli useiden taajuuksien vapaan käytön vuonna 1985. (Intel 2007; St Andrews 2007.)

Seuraava askel oli vuonna 1990 kun Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) perusti oman työryhmän tutkimaan langattomia verkkoja. Tästä alkoikin standardin kehittäminen, joka huipentui vuonna 1997, kun ensimmäinen standardi julkaistiin (802.11). Vuonna 1999 julkaistiin versiot 802.11a ja 802.11b, seuraavaksi vuonna 2003 julkaistiin 802.11g. Todennäköisesti vuonna 2009 tullaan julkaisemaan 802.11n-standardi. On otettava huomioon, että standardit hyväksyttiin kyseisinä vuosina, mikä tarkoittaa sitä, että laitteita saattoi tulla aikaisemminkin saatavilla. Langattomien verkkojen suosio lähti kasvuun laajakaistojen yleistymisen yhteydessä. (Intel 2007; Suvanto 2008.)

2.1.2 Langattomien lähiverkkojen toimintaperiaate

Langattoman lähiverkon toimintaperiaate on melko samanlainen kuin perinteisen Ethernet-verkon. Suurimpana erona näiden kahden välillä on langattoman verkon käyt-

tämät radiosignaalit eli tiedonsiirto tapahtuu ilmatietä pitkin. Langaton verkko siis muodostuu vähintään kahdesta erillisestä laitteesta: lähettimestä ja vastaanottimesta. Tosin sama laite voi toimia molempina. (Geier 2005, 70.)

Lähetys tapahtuu siten, että tietokoneelta tuleva digitaalinen data muunnetaan moduloimalla analogiseksi. Tämän jälkeen dataa vahvistetaan vahvistimilla, jonka jälkeen data lähetetään antennilla eteenpäin. Vastaanottava laite sitten havaitsee nämä Radio Frequency -signaalit (RF) ja demoduloi ne takaisin digitaaliseen muotoon. (Geier 2005, 70.)

2.1.3 OSI-malli

WLAN-verkot on määritelty myös International Standardization Organization (ISO) OSI-mallissa (OSI). OSI-malli on seitsemänkerroksinen malli, jolla pyritään selittämään tietoliikennettä. WLAN toimii OSI-mallin kahdella alimmalla kerroksella, fyysisellä ja Media Access Control -kerroksella (MAC). (Geier 2005, 52.)

Fyysinen kerros huolehtii tiedon siirrosta bittimuotoisena. 802.11-standardissa fyysiselle kerrokselle on määritelty kolme erilaista toteutustapaa. Radiotaajuustekniikoina ovat taajuushyppelyhajaspektritekniikka (Frequency-hopping spread spectrum, FHSS) ja suorasekvenssihajaspektritekniikka (Direct Sequence Spread Spectrum, DSSS). Kolmantena vaihtoehtona on käyttää infrapunatekniikkaa tiedonsiirrossa. Fyysisen kerroksen muita tehtäviä tiedonsiirron lisäksi, ovat huolehtia sanomien välityksestä ylemmälle MAC-kerrokselle sekä välittää vuoronvarausta koskevia tietoja samalle ylemmälle kerrokselle. (Geier 2005, 53)

Siirtoyhteyskerros nimellä toimiva MAC-kerros on toinen WLAN-tekniikan OSI-kerroksista. Kerroksen pääasiallinen tehtävä on kommunikoida alemman, fyysisen kerroksen kanssa. MAC-kerros myös huolehtii langattoman verkon roaming ominaisuudesta, eli kyvystä liikkua eri tukiasemien välillä yhteyden katkeamatta. Kerros

myös huolehtii siitä, että langatonta siirtomediaa hyödynnetään mahdollisimman tehokkaasti. Tämän kerros toteuttaa käyttämällä siihen tarkoitettua Carrier Sense Multiple Access With Collision Avoidance -tekniikkaa (CSMA/CA). MAC-kerroksen tehtävänä on myös huolehtia WLAN-laitteiden virransäästöominaisuuksista. (Geier 2005, 53; Juutilainen 2005.)

2.1.4 Radioaallot langattomissa lähiverkoissa

Suurimmassa osassa langattomia verkkoja tiedonsiirto tapahtuu radioaaltoja hyväksi käyttäen, tosin infrapunavaloa käytetään joissain tilanteissa. Radioaaltojen käytössä yksi tärkeimmistä ominaisuuksista on käytettävä taajuus ja myöhemmin käsitelläänkin WLAN-verkoissa käytettävät taajuudet. Taajuus ilmoitetaan yleensä hertseinä ja radiotaajuudet megahertseinä sekä gigahertseinä (Hz, MHz ja GHz). (Juutilainen 2005.)

Langattomissa verkoissa radioaaltojen ominaisuuksista aiheutuu myös ongelmia, kuten interferenssi ja heijastuminen. Interferenssi on radioaaltojen ominaisuus, joka tapahtuu silloin, kun vastaanottava laite vastaanottaa kaksi signaalia joilla on sama taajuus ja vaihe. Tällöin laite ei osaa erottaa sitä tietoa, mitä lähettäjä on halunnut hänelle lähettää. Interferenssiä voidaan vähentää valitsemalla vapaita kanavia halutulta taajuusalueelta. (Juutilainen 2005.)

Toinen ongelma on radioaaltojen heijastuminen. Heijastuminen on ilmiö, jossa radioaallot kulkevat eri polkuja lähteestä kohteeseen. Eri polut aiheutuvat siitä, että radiosignaalin matkalla on esteitä kuten huonekaluja, ihmisiä, ovia yms. Heijastumisen seurauksena osa signaalista saattaa viivästyä ja saapua kohteeseen eri aikaa kuin loput signaalista. Heijastumisesta seuraa se, ettei vastaanottava laite pysty tulkitsemaan alkuperäistä viestiä. Heijastumisesta aiheutuvia ongelmia voidaan yrittää korjata uudelleenlähetyksillä. (Geier 2005, 74; Juutilainen, 2005.)

2.1.5 Taajuudet langattomissa lähiverkoissa

802.11-tekniikka käyttää hyväkseen vapaita Industrial-, Scientific- and Medical -kaistan taajuuksia (ISM). ISM-kaistan taajuudet on maailmanlaajuisesti sovittu vapaisiksi taajuuksiksi. Tämä tarkoittaa sitä, ettei niiden käyttö vaadi erillistä lupaa ja näin ollen kuka tahansa voi niitä käyttää. (Juutilainen 2005.)

WLAN-verkoissa käytettävät taajuusalueet 2,4 GHz ja 5 GHz kuuluvat juuri ISM-kaistan piiriin. Samoilla taajuusalueilla toimii myös muita laitteita kuten Bluetooth-laitteet ja mikroaaltouunit, joten nämä saattavat joissain tilanteissa aiheuttaa häiriöitä WLAN-verkkoihin. (Juutilainen 2005.)

2,4 GHz taajuusalue on yleisempi käytetyistä taajuusalueista. Taajuusalue on vapaasti käytettävissä kaikkialla toisin kuin 5 GHz-alue, jolla on joitain rajoituksia Euroopassa. Taajuusalueilla on myös erilaiset tehorojoitukset, 2,4 GHz tehorojoituksen ollessa 100 mW voi teho 5 GHz alueella nousta jopa 1 W. (Juutilainen 2005.)

2.1.6 Langattomien lähiverkkojen kanavat

Taajuuksia, joilla saman langattoman verkon laitteet kommunikoivat keskenään, kutsutaan kanaviksi. Kummallakin langattoman verkon taajuusalueella (2,4 ja 5 GHz) on valittavana tietty määrä käytettäviä kanavia. Kanavien määrää riippuu myös maantieteellisestä sijainnista, sillä Euroopassa ja Yhdysvalloissa on valittavana eri määrä käytettäviä kanavia. (Geier 2005, 128.)

Euroopassa 2,4 GHz alueella kanavaväli on 5 MHz, paitsi kahden viimeisen kanavan väli on 12 MHz. Käytettäviä kanavia on yhteensä 13 tai 14, riippuen maantieteellisestä sijainnista. Tästä seuraa se, että taajuusalue on väliltä 2,4000 – 2,4835 GHz. Yhden kanavan kaistanleveys on 22 MHz. Sen sijaan 5 GHz taajuusalueen rajat ovat väliltä 5,0000 – 5,8250 GHz. Kanavan kaistanleveys on 20 MHz, joka on jaettu 64 alikana-

vaan, näiden alikanavien kanavaväli on 0,3125 MHz. (Poole 2008b; Juutilainen 2005; Poole 2008a.)

Käytettävää kanavaa valittaessa olisi hyvä varata vähintään viisi kanavaa käyttävien kanavien väliin, tämä siksi ettei kanavat aiheuttaisi häiriötä toisilleen. 2,4 GHz alueella saadaan näin ollen kolme erilaista ”kanavanippua”, jotka ovat häiriö vapaita toistensa suhteen. Näitä ovat kanavat 1, 6 tai 11, 2, 7 tai 12 ja 3, 8 tai 13. Myös 4, 9 tai 14 kanavia voidaan käyttää, jos kanava 14 on sallittu. Vastaavasti 5 GHz taajuusalueella näitä häiriövapaita kanavia on kaksitoista kappaletta. Näitä kanavia käyttämällä voi siis luoda suuremman verkon, jossa kanavien ei pitäisi häiritä toisiaan. (Poole 2008b; Juutilainen 2005; Poole 2008a)

2.1.7 Laitteet langattomissa lähiverkoissa

Langattomien verkkojen peruslaitteita on kolmea eri tyyppiä, näihin kuuluvat radioverkkokortit, tukiasemat ja antennit. Radioverkkokortit ovat yleensä tietokoneessa sijaitsevia verkkokortteja ja niiden tehtävänä on yhdistää tietokone mahdolliseen langattomaan verkkoon. Radioverkkokortissa on normaalisti vakiona ympärisäteilevä antenni. (Geier 2005, 106.)

Tukiasemat eli Access Point:it (AP) ovat taas laitteita jotka lähettävät langattoman verkon signaalia ympäristöön. Langattomat verkkokortit ovat juuri tukiasemiin yhteydessä ja yleensä tukiasemat ovat vielä yhteydessä johonkin jakeluverkkoon. Eli tukiaseman tehtävänä on toimia siltana tai reitittimenä lankaverkkoon. Tukiasemissa siis voi olla myös silta-, toistin- tai reititinominaisuuksia. Toistimina niitä kannattaa käyttää silloin kun tarvitaan yhteys kohteeseen johon ei mene lankaliittymää. (Geier 2005, 106.)

Antennit ovat tärkeä osa langatonta verkkoa. Antenneja on useaa erilaista tyyppiä riippuen käyttötarkoituksesta. Tukiasemiin ja verkkokortteihin pystytään jossain ta-

pauksissa vaihtamaan erilainen antenni paremman kuuluvuuden saavuttamiseksi. Normaalisti WLAN-verkoissa käytetään ympärisäteilevää antennia, mutta myös muita on käytettävissä. Luotaessa linkki kahden pisteen välille langattomasti voidaan käyttää joko lautasantennia, tai normaalia suuntaavaa antennia. Lautasantennia käytetään pidemmällä välimatkoilla kun taas suunta-antennia lyhyemmällä välimatkoilla. Sektoriantennilla sen sijaan voidaan kattaa vain haluttu alue. (Geier 2005, 110; Juutilainen 2005.)

2.2 Erilaiset verkkotyypit langattomissa lähiverkoissa

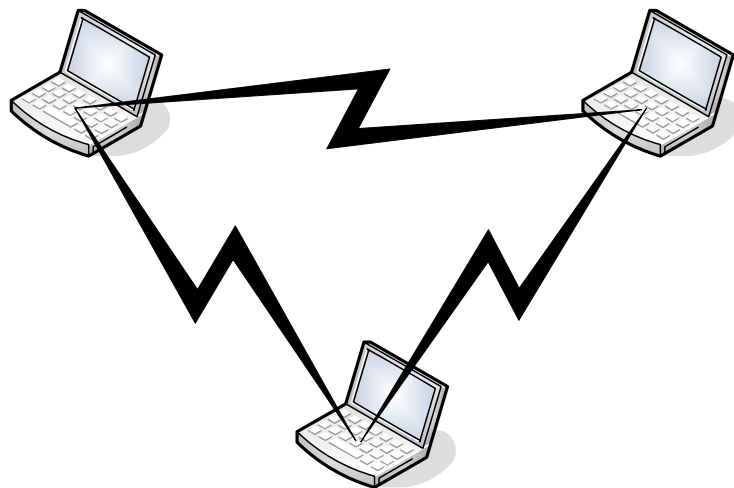
Langattomia lähiverkkoja voidaan luoda kahdella eri tavalla, toisessa pelkät päätelaitteet ovat yhteydessä toisiinsa. Toinen tapa on infrastruktuuriverkko, tällöin mukana on myös tukiasema johon päätelaitteet ovat yhteydessä. Selvästi yleisempi tapa luoda langaton lähiverkko, on käyttää infrastruktuuriverkkoarkkitehtuuria. (Geier 2005, 39.)

Kummatkin verkkotyypit liitetään usein myös kiinteään verkkoon, jolloin langattomasta verkosta voidaan olla yhteydessä laajempaan verkkoon. Tätä kiinteää verkkoa nimitetään usein Distribution System:iksi (DS). (Geier 2005, 39.)

2.2.1. Ad hoc-verkko

Yksinkertaisin tapa muodostaa langaton verkko on niin kutsuttu ad hoc-verkko, toiselta nimeltään Mobile ad-hoc Network. Verkko muodostetaan päätelaitteiden välille, eli tukiasemaa ei tarvita. Verkko on tarkoitettu lyhytaikaiseen käyttöön, tilanteissa joissa päätelaitteiden tarvitsee olla yhteydessä toisiinsa. Verkko on helppo ja nopea toteuttaa, mutta toisaalta sen käyttö on myös rajoittunut pienelle alueelle. (Hämäläinen 2007.)

Päätelaitteiden sijoittelun tulee siis olla sellainen, että ne pystyvät kuulemaan toisensa. Verkko ei myöskään ole yhteydessä muihin verkkoihin, ellei jokin päätelaitteista ole langallisessa yhteydessä lähiverkkoon tai Internetiin. Tässä tapauksessa nämä yhteydet voidaan jakaa myös muiden pääteasemien kesken. Ad hoc-verkossa ensimmäinen päätelaite muodostaa Independent Basic Service Set:in (IBSS), tähän muut päätelaitteet ottavat yhteyden ja verkko on muodostunut. Ad hoc-verkon periaate on esitetty kuviossa 1. (Juutilainen 2005; Ruotsalainen 2006.)

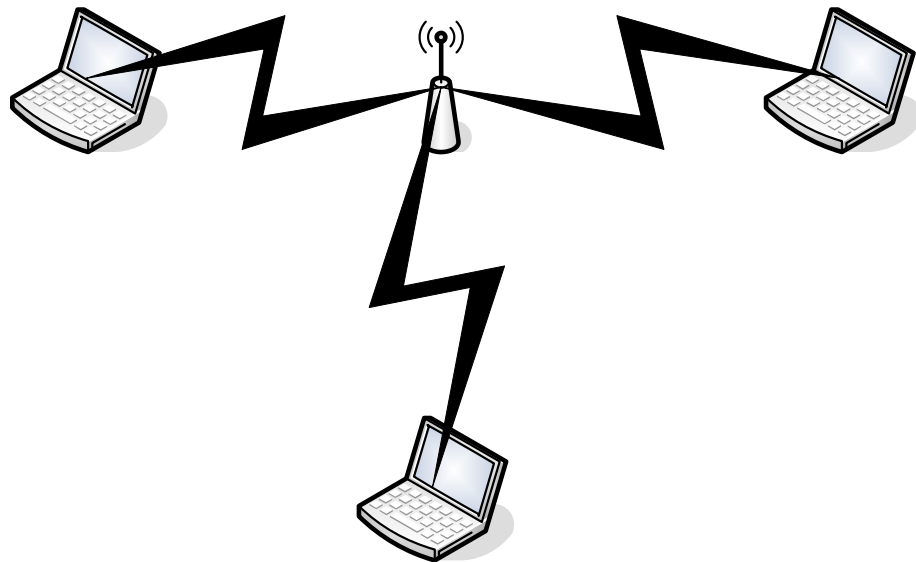


KUVIO 1. Ad hoc-verkko

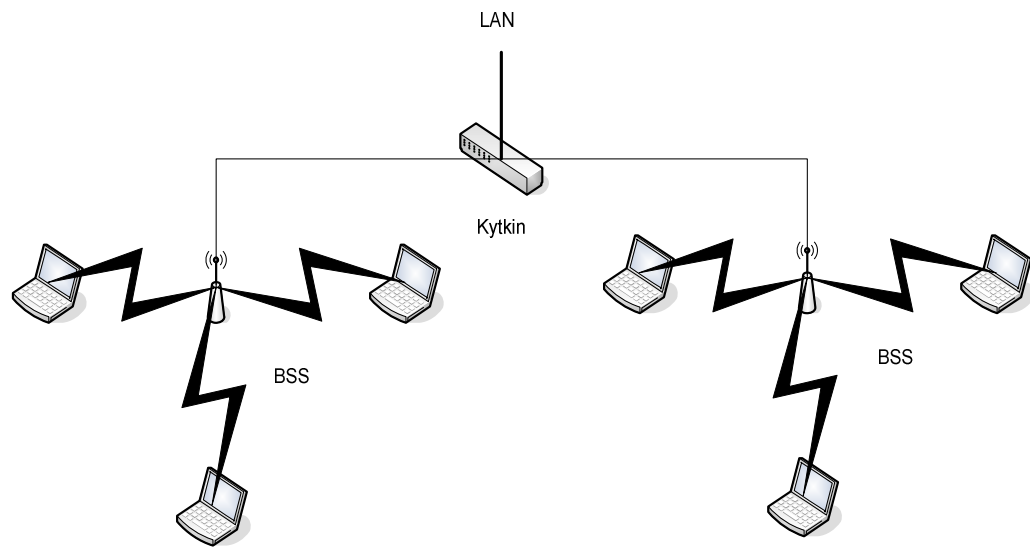
2.2.2 Infrastruktuuriverkko

Infrastruktuuriverkko poikkeaa ad hoc-verkosta siten, että siinä on aina vähintään yksi tukiasema johon päätelaitteet luovat yhteyden. Infrastruktuuriverkot voidaan jakaa yhden tai usean tukiaseman verkoiksi. Yhden tukiaseman verkkoa kutsutaan Basic Service Set-verkoksi (BSS) ja usean tukiaseman verkkoa Extended Service Set-verkoksi (ESS). (Juutilainen 2005.)

BSS-verkko on yhden tukiaseman muodostama lähiverkko, tämä verkko on esitetty kuviossa 2. Koska yhden tukiaseman kuuluvuus ei riitä pitkälle, käytetään BSS-verkkoa yleensä kodeissa ja pienissä yrityksissä. Tällaisen verkon hallinta on helppoa yhden tukiaseman johdosta. Verkossa päätelaitteet yhdistyvät tähän yhteen tukiasemaan ja näin voidaan helposti luoda lähiverkko samaan tukiasemaan yhteydessä olevien koneiden välille. Kun BSS-verkkoja liitetään yhteen DS:n avulla, saadaan aikaiseksi ESS-verkko, kuten kuviosta 3 nähdään. Verkko voidaan kuitenkin toteuttaa myös sillatuilla yhteyksillä tukiasemien välillä. Tukiasemien välillä liikkumisen mahdollistaa roaming-ominaisuus. (Geier 2005, 39; Juutilainen 2005.)



KUVIO 2. BSS-verkon rakenne



KUVIO 3. ESS-verkon rakenne

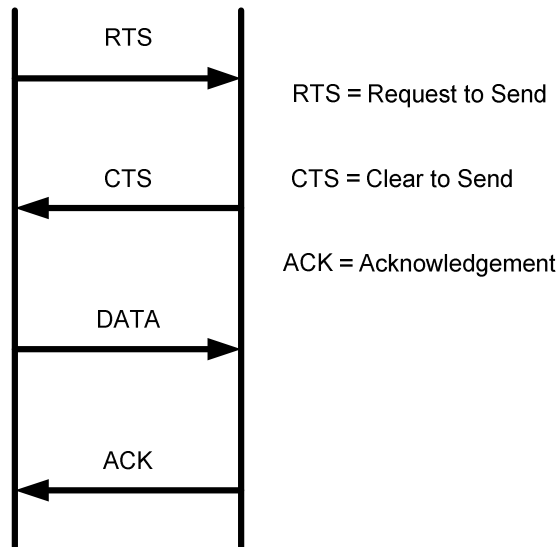
2.3 Langattomien lähiverkkojen tekniikat

2.3.1 Vuoronvaraus langattomissa lähiverkoissa

Vuoronvaraus eli Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance (CSMA/CA) on langattomissa lähiverkoissa oleva tekniikka, jolla on tavoitteena estää usean lähetyslaitteen aiheuttama päällekkäisyys. Vuoronvarauksen peruseräiteena on sama kuin Ethernet-verkoissa toimiva Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection (CSMA/CD). Erona tekniikoiden välillä on se, että CSMA/CA kuuntelee onko kanava vapaa, sen sijaan että havaitsisi törmäykset lähetyksen jo tapahduttua. (Granlund 2001, 241; Hämäläinen 2007.)

Vuoronvarauksen toiminta perustuu vapaan kanavan kuunteluun. Lähettävä asema kuuntelee aluksi kanavaa jolle se on lähettämässä, jos kanava on vapaa, asema kuuntelee vapautta vielä Distributed Inter Frame Space -viiveen (DIFS) ajan. Jos kanava pysyy tämänkin ajan vapaana lähettää asema RTS-sanoman, johon asema vielä odot-

taa kuittausta CTS-sanomalla. CTS-sanoman saatuaan laite voi alkaa lähettää dataa vastaanottajalle, jonka vastaanottaja sitten kuittaa ACK-viestillä, kyseinen toimenpide nähdään myös kuviossa 4. (Granlund 2001, 245; Hämäläinen 2007.)



KUVIO 4. CSMA/CD:n nelivaiheinen toiminta

2.3.2 Frequency Hopping Spread Spectrum

Taajuushyppelyhajasppektritekniikka eli Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS) on toinen 802.11-standardin radiotaajuustekniikoista. Tekniikan peruseriaatteena on käyttää hyväksi taajuushyppelyä, eli hyppiä monen taajuuden välillä käyttäen yhtä taajuutta lähetykseen aina kerrallaan. Kanavointitapana FHSS käyttää CDMA:ta. (Granlund 2001, 237; Juutilainen 2005.)

Tekniikka toimii 2,4 GHz alueella ja sille on varattu Euroopassa 79 kanavaa. Hyppely ei ole täysin satunnaista vaan sille on asetettu tiettyjä ehtoja, kuten että kanavaa tulee vaihtaa 400 ms välein. Toinen ehto on se, että hyppyjen välisten kanavien välissä tulee olla 6 MHz alue. Hypyille on myös määrätty järjestykset etukäteen, nämä järjestykset on sitten jaettu ryhmiin (set). (Haanperä & Sinisalo 2006; Juutilainen 2005.)

Euroopassa on käytössä kolme hyppyryhmää, nämä ryhmät toimivat siten, että ne eivät häiritse toisiaan. Jos jollain kanavalla kuitenkin esiintyy häiriötä, ei sitä voida käyttää laisinkaan. Tekniikka tosin on hyvin häiriötä kestävä, koska yhdellä kanavalla ei viivytä pitkään. Samoin FHSS-tekniikkaa käyttäviä laitteita on helppo toteuttaa, tosin niiden tiedonsiirtonopeus ei yllä kuin 2 Mbit/s. (Haanperä & Sinisalo 2006; Juutilainen 2005.)

2.3.3 Direct Sequence Spread Spectrum

Toinen langattomissa verkoissa käytettävä hajaspektritekniikka on nimeltään suorasekvenssihajaspektritekniikka (Direct Sequence Spread Spectrum, DSSS). Aivan kuten FHSS, myös DSSS käyttää kanavointiin CDMA-tekniikkaa. DSSS modulointimenetelmässä lähetetään varsinaisen datan lisäksi Pseudo Noise koodausbittejä (PN), nämä koodausbitit lisäävät siis lähetettävän tiedon määrää. PN-koodi limittää signaalin 20 MHz alueelle, vastaanottaja osaa sitten purkaa eri taajuuksilta saapuneen datan käyttämällä samoja koodibittejä kuin mitä lähettäjä käytti. Koodausbittien avulla voidaan myös selvittää tiedonsiirron aikana tuhoutuneita bittejä ja rekonstruoida ne. Tämä lähetystapa käyttää hyväksi 11-bittistä Barkerin-sekvenssiä. Tämä toteutustapa sopii hyvin, kun käytetään pienempiä tiedonsiirtonopeuksia. (Granlund 2001, 235; Haanperä & Sinisalo 2006.)

Siirryttäessä käyttämään yli 2 Mbit/s tiedonsiirtonopeuksia, on parempi käyttää CCK-koodausta (Complementary Code Keying). CCK käyttää 11-bittistä koodia, ja jakaa koodin käyttämisen jälkeen alkiobitit kahdeksan alkion koodeiksi. Tämän jälkeen nämä jaetaan vielä lohkoiksi, joista osa koodataan käyttäen vaihe-eroa ja osa käyttäen sopivia koodisanoja. (Haanperä & Sinisalo 2006; Juutilainen 2005.)

Koska DSSS käyttää 20 MHz taajuuskaistaa, voidaan samalla kuuluvuusalueella käyttää korkeintaan kolmea DSSS-pohjaista järjestelmää. Tämä siksi että Euroopassa

on käytössä vain 13 kanavaa. Etuja verrattuna FHSS-tekniikkaan on muun muassa suurempi tiedonsiirtonopeus ja yksinkertaisempi MAC-protokolla. (Juutilainen 2005.)

2.3.4 Orthogonal Frequency Division Multiplexing

Orthogonal Frequency Division Multiplexing eli OFDM on monikanta-aaltomodulaatiomenetelmä, joka on käytössä 802.11a- ja 802.11g-standardeissa, tosin eri taajuusalueilla. Tekniikka käyttää hyväkseen diskreettiä Fourier-käänteismuunnosta. Muunnoksessa moduloitavat symbolit kuvaavat kompleksilukuina esitettyjä taajuuksien voimakkuuksia ja vaihekulmia. (Syrmä 2008; Haanperä & Sinisalo 2006.)

Menetelmässä siirrettävä digitaalinen tieto jaetaan rinnakkaisiin analogisiin datavirtoihin, näiden datavirtojen kaistanleveys on 5 MHz. Kukin datavirta lähetetään omalla alikanavallaan, nämä alikanavat voivat käyttää eri modulointimenetelmiä datavirtojen keskiFREKVENSSIT ovat toisiinsa nähden ortogonaalisia, eli ne eivät aiheuta toisilleen häiriöitä. Häiriöttömyys johtuu siitä, että kanta-aallon keskitaajuudella muiden kanta-aaltojen amplitudi on nolla, josta seuraa se, ettei varokanavia tarvitse käyttää. (Juutilainen 2006; Syrmä 2008.)

OFDM sopii hyvin langattomien lähiverkkojen käyttöön, koska tekniikka mahdollistaa suuret tiedonsiirtonopeudet sekä sietää hyvin monitie-etenemisestä aiheutuvia ongelmia. Menetelmä ei myöskään aiheuta itselleen häiriöitä ja pystyy käyttämään tehokkaasti koko taajuuskaistansa 802.11-standardeissa. Toisaalta tekniikka vaatii erittäin tarkkaa synkronointia ja on erittäin herkkä taajuusvaihteluille. (Haanperä & Sinisalo 2006; Juutilainen 2005.)

2.3.5 Liikkuminen langattomassa verkossa

Liikkuminen langattomissa verkoissa on mahdollista samalla tavalla kuin matkapuhelinverkoissa. Liikkumista verkon tukiasemalaitteiden välillä ilman yhteyden katkaisemista tukiasemaan, kutsutaan nimellä roaming. Langattomissa verkoissa roaming voidaan toteuttaa kahdella eri tavalla. Ensinnäkin voidaan siirtyä saman verkon tukiasemalaitteiden välillä ilman että käyttäjä huomaa tukiaseman vaihdosta. Toiseksi liikkuminen voidaan tehdä kahden eri verkon välillä. (Leary & Roshan 2004; Juutilainen 2005.)

Hyvässä verkkosuunnittelussa roaming-ominaisuus on otettu huomioon jo suunnitteluvaiheessa. Tällöin tukiasemat on asennettu siten, että verkon tukiasemien kuuluvuudet ovat limittäin, tosin siten etteivät viereiset kanavat ole toistensa kanssa päällekkäin. (Haanperä & Sinisalo 2006.)

Teknisesti roaming toteutetaan tukiasemien ja päätelaitteiden välillä. Langattomassa verkossa oleva päätelaite tarkkailee jatkuvasti omassa verkossaan olevia tukiasemia. Päätelaite saattaa vaihtaa käyttämään tukiasemaa, jossa on parempi kuuluvuus, jos tietyt raja-arvot ylittyvät. Tukiaseman vaihtaminen tapahtuu lähettämällä pyyntö, jonka uusi tukiasema voi hyväksyä, minkä jälkeen vanhaa tukiasemaa informoidaan yhteyden katkaisusta päätelaitteeseen. Tämän jälkeen päätelaite käyttää uutta tukiasemaa tiedonsiirrossa. (Juutilainen 2005; Haanperä & Sinisalo 2006.)

Tukiasemien välillä liikkuminen ei aina kuitenkaan onnistu ongelmitta. Ongelmia aiheuttaa erityisesti nopea liikkuminen tukiasemien välillä. Tällöin tukiasemat eivät ehdi suorittaa kaikkia roaming:in vaatimia toimenpiteitä. Ongelmia aiheuttaa myös aliverkkojen välillä siirtyminen sekä tietyt turvallisuusasetukset. Aliverkkojen välillä syntyviä ongelmia on pyritty ratkaisemaan Mobile-IP- nimisen tekniikan avulla. (Haanperä & Sinisalo 2006; Leary & Roshan 2004.)

2.4 Langattomien lähiverkkojen standardit

2.4.1 802.11-standardi

802.11 oli ensimmäinen WLAN-standardi. Standardin kehitys aloitettiin vuonna 1990 ja julkaistiin 26.7.1997, kuuden versio päivityksen jälkeen. Standardi määrittää pääosin vain fyysisen kerroksen ja alemman siirtokerroksen, eli MAC-kerroksen OSI-mallista. 802.11 määritteli kolme erilaista siirtotietä. (Juutilainen 2005.)

Radiotaajuusalueella standardi käyttää yleistä ISM-taajuusaluetta (2,4 – 2,4835 GHz) ja voi valita käytettäväksi joko DSSS- tai FHSS-tekniikan. Kolmantena vaihtoehtona 802.11:ssä pystytään käyttämään 820 nm infrapunatekniikkaa. Nopeudet perusversiossa ovat 1 Mbit/s tai 2 Mbit/s. Nopeudet eivät kuitenkaan olleet riittäviä nykypäivän tarpeille, joten tämä versio jäi varsin vähälle käytölle, mutta aloitti tuotekehityksen uudemmille versioille standardista. (Haanperä & Sinisalo 2006; Juutilainen 2005.)

Kantomatka standardilla on 50–300 metriä, riippuen olosuhteista. Standardissa määritettiin myös verkkotopologiat, jotka olivat ad hoc ja infrastruktuuriverkko. Tiedon siirtotekniikkana standardi käytti Barkerin sarjaa. (Juutilainen 2005.)

2.4.2 802.11b-standardi

Ensimmäinen lisäys 802.11-standardiin oli versio 802.11b, joka julkaistiin syyskuussa 1999 (tunnetaan myös nimellä 802.11hr eli high rate). Standardi oli täysin yhteensopiva aikaisemman 802.11-standardin kanssa. Standardi toimii ISM-taajuusalueella (2,4000 GHz – 2,4835 GHz). (Haanperä & Sinisalo 2006; Hämäläinen 2007.)

Standardissa otettiin käyttöön CCK-modulointi DSSS-tekniikan lisäksi. Tämä mahdollisti uusien 5,5 Mbit/s ja 11 Mbit/s nopeudet. Standardin kantama on samaa luok-

kaa kuin aiemminkin, eli noin viisikymmentä metriä. Modulointitekniikkana 802.11b tarjoaa Packet Binary Convolutional Code -tekniikan (PBCC). (Haanperä & Sinisalo 2006; Hämäläinen 2007.)

2.4.3 802.11a-standardi

Samaan aikaan 802.11b:n kanssa julkaistiin myös 802.11a. Standardi käytti edellisistä poiketen ylempää ISM-kaistaa (5,000 – 5,875 GHz), kyseinen kaista on tosin varattu Euroopassa muuhun käyttöön joten kyseistä standardia saa käyttää vain sisätiloissa. (Haanperä & Sinisalo 2006; Hämäläinen 2007.)

Taajuuden nostaminen ja OFDM-tekniikan käyttöönotto siirtotekniikkana mahdollisti standardin nopeuden nostamisen jopa 54 Mbit/s. Toisaalta taajuuden nostaminen myös laski verkon kuuluvuutta viidestäkymmenestä metrissä noin kolmeenkymmeneen metriin. Myös laitteiden kalliimpi hinta kilpailijoihin nähden rajoitti standardin nopeaa leviämistä. (Haanperä & Sinisalo 2006; Hämäläinen 2007.)

2.4.4 802.11g-standardi

Seuraava lisäys 802.11-standardeihin oli vuonna 2003 ratifioitu 802.11g. Standardissa yhdistyvät 802.11a:n ja 802.11b:n hyvät puolet, eli käytettävä taajuus on 2.4 GHz ja maksimi tiedonsiirtonopeus on 54 Mbit/s. (Hämäläinen 2007.)

Siirtotekniikkana se käyttää CCK-OFDM-monitaajuusmodulointia, mutta PBCC:n käyttö on myös mahdollista. Radiotaajuustekniikoina standardi käyttää DSSS-, HR-DSSS- ja OFDM-tekniikoita. Standardin kantama on noin 50–300 metriä olosuhteista riippuen. Tekniikka on myös yhteensopiva 802.11b laitteiden kanssa. (Haanperä & Sinisalo 2006; Hämäläinen 2007.)

2.4.5 802.11n-standardi

Kyseinen standardi on vielä vahvistamatta, mutta laitteita on jo nyt käytössä ja ratifi-
oimisenkin pitäisi tapahtua vuoden 2009 aikana. 802.11n-standardin tavoitteena on
lisätä langattomien verkkojen nopeutta huomattavasti. Teoreettisesti sen nopeus on
600 Mbit/s luokkaa, mutta käytännössä nopeus on jäänyt noin 300 Mbit/s, tosin ym-
päristön vaikutus voi vielä pudottaa nopeuden 100 Mbit/s tasolle. (Broadcom 2006.)

Keinot joilla näihin nopeuksiin päästään on käyttämällä uutta Multiple Input Multiple
Output (MIMO) antennitekniikkaa. MIMO tekniikassa tukiasemat voivat käyttää
useita antennia ja kanavia samanaikaisesti eli voidaan käyttää useampaa kuin kahta
antennia lähetykseen ja vastaanottoon. Taulukossa 1 on esitetty kaikkien standardien
käyttämät nopeudet (lukuun ottamatta 802.11-perusstandardia). Nopeudet ovat niitä
nopeuksia joita standardit käyttävät, kun signaalitaso alittaa tietyn rajan. (Broadcom
2006; Zheng 2008.)

TAULUKKO 1. 802.11-standardien tukemat nopeudet

Standardi	Tuetut nopeudet (Mbit/s)
802.11a	6, 9, 12, 24, 36, 48, 54
802.11b	1, 2, 5.5, 11
802.11g	1, 2, 6, 9, 12, 24, 36, 48, 54
802.11n	1.00, 2.00, 5.50, 6.00, 6.50, 7.20, 11.00, 12.00, 13.00, 13.50, 14.40, 15.00, 18.00, 19.50, 21.70, 24.00, 26.00, 27.00, 28.90, 30.00, 36.00, 39.00, 40.50, 43.30, 45.00, 48.00, 52.00, 54.00, 57.80, 58.50, 60.00, 65.00, 72.20, 78.00, 81.00, 86.70, 90.00, 104.00, 108.00, 115.60, 117.00, 120.00, 121.50, 130.00, 135.00, 144.40, 150.00, 156.00, 162.00, 173.30, 175.50, 180.00, 195.00, 208.00, 216.00, 216.70, 231.10, 234.00, 240.00, 243.00, 260.00, 270.00, 288.90, 300.00

2.4.6 Muut WLAN-standardit

Aiemmin esitellyt WLAN-standardit ovat WLAN-verkon perustandardeja. Näiden lisäksi on olemassa iso joukko muita 802.11-standardeja. Nämä standardit ovat lähinnä lisäosia ja parannuksia jo olemassa oleviin perustandardeihin. Myöhemmin nämä standardit ovat otettu osaksi uudempia standardeja. (Juutilainen 2005.)

Lisäykset standardiin tuovat jo olemassa oleviin standardeihin esimerkiksi parannettuja tietoturvaominaisuuksia, maakohtaisia erikoisuuksia, kuten esimerkiksi Japanissa (802.11j). Muita lisäyksiä ovat muun muassa tiedonsiirron priorisointiin oleva lisäys (Quality Of Service, QoS) ja roaming-ominaisuuden mahdollistava lisäys. Tähän mennessä lisäyksiä on julkaistu lähes kolmekymmentä kappaletta. (Juutilainen 2005.)

3 LANGATTOMIEN VERKKOJEN KARTOITUS

3.1 Periaatteet langattomien verkkojen kartoituksesta

Langattomien verkkojen kartoituksen periaatteena on kuuluvuusalueella suoritettava mittaus. Mittauksessa tarkastellaan signaalitasoa, kohinaa sekä näiden suhdetta. Jokainen langaton verkkokortti pystyy mittaamaan näitä arvoja ja esittämään ne jonkinlaisen ohjelman avulla myös käyttäjälle. Laadukkaimmissa verkkokorteissa on sen sijaan ominaisuuksia, joilla näistä mittauksista saadaan tarkempia. Tämä siksi että kortit ovat paremmin hallittavia ja sopivat siksi kehittyneimpien ohjelmien käyttöön, niissä on yleensä myös tuki useammille standardeille. (Cisco 2008a; Geier 2008.)

Itse mittaus tapahtuu käytännössä siten, että tarkasteltavaa aluetta kierretään langattomalla verkkokortilla varustetun kannettavan tietokoneen tai vastaavan laitteen kanssa. Alue kierretään ja kaikki mittauspisteet merkitään ohjelmaan, jolloin ohjelma tallentaa jokaisen pisteen sen hetkisen signaalitason. Tämän ansiosta ohjelma osaa laskea signaali/kohina-suhteiden avulla kuuluvuuskartan. Tämän kartan ohjelma osaa antaa kuvatiedostona, jossa nähdään yleensä eri väreillä selitettynä kunkin alueen signaalitaso. (AirMagnet 2008; Geier 2008.)

3.1.1 Signaalikohinasuhde

Signal to noise ratio (SNR) on arvo jolla mitataan signaalin suhdetta kohinaan, toisinaan SNR-arvo kuvaa signaalin laatua. Yleisesti SNR-arvo ilmoitetaan desibeleillä ilmaistuna. WLAN-ympäristössä erinomainen SNR arvo on yli 50 dB, tosin tämä arvo saavutetaan vain aivan tukiaseman läheisyydessä. Normaalisti hyvän kuuluvuuden takaa jo noin 20 dB signaalikohinataso. Signaalikohinasuhde saadaan laskettua kaavasta, joka löytyy kuviosta 5. (Cisco 2008b, Phifer 2005.)

$$SNR(dB) = 10 \log_{10} \left(\frac{P_{\text{signaali}}}{P_{\text{kohina}}} \right) = 20 \log_{10} \left(\frac{A_{\text{signaali}}}{A_{\text{kohina}}} \right)$$

KUVIO 5. Signaali-kohinasuhteen kaava (Cisco 2008a.)

SNR-suhteen laskiessa alle 10 dB, on yhteys yleensä jo melko huonolaatuinen ja tiedonsiirtonopeus pienentynyt huomattavasti. SNR-suhdetta voidaan parantaa lisäämällä lähetyslaitteen tehoa, mikä ei kuitenkaan aina onnistu WLAN-ympäristössä, joka johtuu siitä, että laitteiden lähetysteho on rajattu yhteen milliwattiin. (Cisco 2008b, Phifer 2005.)

3.1.2 Signaalien ominaisuudet sisätiloissa

Langattoman verkon toimintaan vaikuttaa suuresti signaalitaso, eli mitä huonompi signaalitaso on, sitä huonompi on myös tiedonsiirtonopeus. Signaalien käyttäytyminen sisätiloissa heikkenee muun muassa heijastumisen, taittumisen, taipumisen, monitie-etenemisen, vapaantilanvaimennuksen yms. johdosta. (Juutilainen 2005.)

Langattomissa verkoissa signaalien tehot ovat pääsääntöisesti alle 100 mW, johtuen tehorajoituksista, joita lainsäädäntö asettaa. Normaalisti vaimennukset ja SNR-suhde ilmaistaan dB-yksiköllä, vahvistukset dBi-yksiköillä ja lähetys/vastaanottotehot dBm-yksiköillä. Tämän lisäksi tehot voidaan ilmoittaa milliwatteina. (Galburt 2008; Viestintävirasto 2002.)

3.1.3 Vaimennuksen vaikutukset WLAN-verkkoihin

Langattoman verkon kuuluvuuteen vaikuttaa vahvasti myös vaimennus. Vaimennuksella tarkoitetaan sitä, kun radiosignaalin teho heikkenee, mitä pidemmälle lähettimestä kuljetaan. Vapaantilan vaimennus on merkittävä tekijä joka vaimentaa radiosignaalia. Ulko- ja sisätiloissa vapaantilan vaimennus on hieman erilainen, koska sisätiloissa on enemmän muita vaimennusta aiheuttavia tekijöitä. Vaimennusta aiheuttavia tekijöitä ovat muun muassa erilaiset rakennusmateriaalit, ihmiset sekä erilaiset kalusteet, kasvit yms. Tämän lisäksi radiosignaalia vaimentavat lähetys- ja vastaanotinlaitteiden kaapelit sekä laitteet itsessään. (Juutilainen 2005; Stein 2001.)

TAULUKKO 2. Eri materiaalien vaimennusarvoja (Stein 2001; Yui & Singh 2007; Geier 2002.)

Materiaali	Vaimennus (dB)
Kerros	30
Ikkunallinen tiiliseinä	2
Tiiliseinän metalliovi	12,4
Metallioven vieressä oleva tiiliseinä	3
Kipsilevyseinä	6
Konttoriseinän metalliovi	6
Kevytsoharkkoseinä	4
Lasiovi metalliverkolla	6
Lasiovi	5

Rakennusmateriaalien aiheuttamia vaimennuskertoimia on esitetty taulukossa 2. Ongelmia sisätiloissa aiheuttavat juuri vanhojen rakennusten paksut seinät sekä kerrosten väliset kuuluvuudet. Myös ihmiset aiheuttavat vaimennusta, joten vilkkaimpina päivinä voi kuuluvuus olla huonompi kuin rauhallisempina. (Stein 2001; Yui & Singh 2007; Geier 2002.)

3.2 Tekniset vaatimukset mittauksen suorittamiselle

Ennen kun mittaus voidaan suorittaa, täytyy mittauksen tekijällä olla jonkinlainen kuva jo olemasta olevasta verkosta. Loogisesta verkosta mittauksen tekijän tulisi tietää ainakin mitä verkkoa hän on mittaamassa. Tämä tarkoittaa sitä, että verkosta täytyy selvittää Service Set Identifier (SSID) eli verkontunnus. SSID on tunnus jonka langattoman verkon ylläpitäjä voi määrittää verkolle. SSID saattaa myös olla piilotettu, mutta normaalisti kartoitusohjelmat pystyvät näkemään myös nämä piilotetut verkot. (Cisco 2008a; Zheng 2008.)

Fyysisellä puolella mittauksen suorittaja tarvitsee jonkinlaisen mittalaitteen sekä ohjelman joka pystyy käsittelemään saatuja RF-arvoja. On myös mahdollista käyttää lisäantenneja, tarkemmat antennit antavat myös parempia tuloksia signaalitasoista. (Cisco 2008a.)

3.2.1 Mittauksessa käytettävät laitteet

Mittauksen sopii oikeastaan mikä vain kannettava tietokone, missä on Personal Computer Memory Card International Association-korttipaikka (PCMCIA) tai vastaavasti yhteensopiva kiinteä verkkokortti. Kannettavan tietokoneen lisäksi mittaus voidaan suorittaa Personal Digital Assistant (PDA) -laitteella tai erillisellä mittalaitteella, joita eräät valmistajat valmistavat. (Ekahau 2008; AirMagnet 2008.)

Langattoman verkon kuuluvuusmittaus voidaan suorittaa myös käyttämällä oman verkon langattomia tukiasemia. Tämä tekniikka perustuu siihen, että olemassa olevat tai tätä tarkoitusta varten lisätyt tukiasemat suorittavat radiosignaalin tarkkailua. Tiettyillä hallintaohjelmilla nämä tulokset saadaan näkemään myös kuvatiedostoina. (Cisco 2008c.)

3.2.2 Mittauksessa käytettävät ohjelmat

Langattoman verkon kuuntelua voidaan suorittaa melkein millä tahansa ohjelmalla, joka osaa analysoida langattoman verkkokortin vastaanottamia arvoja. Esimerkiksi melkein jokaisella työkalulla, jolla pystytään yhdistämään laite langattomaan verkkoon, pystytään näkemään sillä hetkellä oleva verkon signaalitaso. (Cisco 2008a.)

Sen sijaan tarkempaan mittaukseen on olemassa kaupallisia sekä maksuttomia ohjelmia. Maksuttomilla ohjelmilla voidaan yleensä tutkia signaalitasoja ja SNR-arvoja. Tunnetuimpia maksuttomia ohjelmia ovat muun muassa NetStumbler sekä ilmaisen lähdekoodin Kismet. Kaupallisilla ohjelmilla puolestaan pystytään usein tekemään samoja mittauksia, mutta arvoista saadaan tarkempia tietoja, kuten häiriöitä aiheuttavat kanavat yms. Kaupallisista sovelluksista tunnetuimpia ovat AirMagnet ja Ekahau. (Wireless Defence.org 2008.)

Kartoitusohjelmissa on myös mahdollista hyödyntää erilaisia muita tekniikoita. Tekniikoista yleisimmin käytetty on Global Position System:in (GPS) käyttö apuna tehtäessä kartoituksia. GPS-järjestelmän avulla voidaan selvittää esimerkiksi tukiasemien sijainnit. Toinen käyttökohde GPS-järjestelmälle on aikaisemmin mainittu kartoituksen tekeminen. Käytettäessä GPS-laitetta, ei kartoituksen suorittajan tarvitse merkitä kulkemaansa reittiä, vaan GPS-järjestelmän avulla reitti tallentuu automaattisesti ohjelmaan. GPS-järjestelmä ei kuitenkaan sovellu sisätiloihin johtuen siitä, etteivät satelliittien signaalit läpäise paksuja kattoja ja seinä. Vaihtoehtona tähän olisi käyttää Assisted Global Position System:iä (A-GPS) eli avustettu GPS. Tällöin normaalia

GPS-signaalia avustetaan matkapuhelinverkon avulla. Tosin tätäkään ei voida tällä hetkellä käyttää hyväksi, johtuen siitä, etteivät karttoitusohjelmat vielä tue A-GPS-signaalimuotoa. (Ekahau 2008; AirMagnet 2008; Rainio 2002.)

Karttoitusohjelmiin on myös mahdollisuus lisätä alueen pohjakartta suoritettaessa mitausta. Pohjakarttojen lisääminen mittausprojekteihin on melkein pakollinen osa onnistunutta mitausta. Pohjakuva on yleensä normaali kuvatiedosto tai vaihtoehtoisesti esimerkiksi AutoCAD-tiedosto. Eräissä ohjelmissa on mahdollisuus käyttää kolmannen osapuolen karttaohjelmaa apuna mittauksissa. Tuloksen esittäminen muuttuu järkeväksi vasta, kun alla on kohteen kartta, josta voidaan tarkastaa halutun alueen signaalitasot. (AirMagnet 2008; Ekahau 2008.)

3.2.3 Aktiivi- ja passiivimittauksen erot

Tekniikoita mittaukseen on periaatteessa kahdenlaisia. Ensinnäkin on passiivimittaus-tapa. Passiivimittauksessa, laite millä mitaus suoritetaan, voidaan asettaa kuuntelemaan tiettyä tukiasemaa tai langatonta verkkoa. Laite ei kuitenkaan assosioidu tiettyyn tukiasemaan tai verkkoon, sen sijaan laite yksinkertaisesti kuuntelee ympäristössä olevaa RF-dataa. (Cisco 2008a; Zheng 2008.)

Toinen vaihtoehto suorittaa mitaus, on käyttää aktiivimittausta. Aktiivimittaus poikkeaa passiivisestä siinä suhteessa, että kuuntelevan laitteen täytyy assosioitua, eli liittyä, joko tukiasemaan tai langattomaan verkkoon. Aktiivimittauksessa on otettava huomioon ohjelmien roaming-asetukset jos liikutaan useiden tukiasemien välillä. Yleensä liittymisasetukset tehdään suoraan, käyttäen käyttöjärjestelmän omia työkaluja. Mittausohjelma osaa sitten hyödyntää näitä asetuksia suoraan. (Cisco 2008a; Zheng 2008.)

4 PÄIJÄT-HÄMEEN KOULUTUSKONSERNIN LANGATTOMAN LÄHIVERKON LÄHTOTILANNE

4.1 Nykyisen verkon laitteet

Päijät-Hämeen koulutus konsernin toimipisteissä otettiin kevään 2008 aikana käyttöön langaton lähiverkko. Langaton lähiverkko on käytössä suurimmassa osassa toimipisteitä, mutta on joitain toimipisteitä mihin verkkoa ei ole asennettu. Paikat, joissa verkkoa ei ole, ovat kooltaan niin pieniä, ettei niissä ole tarvetta langattomalle verkolle.

Langattoman verkon kaikki laitteet on toimittanut Cisco Systems, yhteensopivuuden parantamiseksi. Verkko koostuu kahdenlaisista laitteista, ensinnäkin toimipisteissä olevista tukiasemista ja toiseksi verkossa olevasta langattoman verkon hallintalaitteesta, eli kontrollerista. Tämä hallintalaitte on yhteydessä jokaiseen tukiasemaan ja hoitaa tukiasemille tarvittavat asetukset.

4.1.1 Verkon hallintajärjestelmä

Verkkoa kontrolloi yksi keskitetty kontrolleri. Kontrollerina toimii Cisco Systems:in 4404 Wireless LAN Controller. Kontrollerissa on tuki sadalle tukiasemalle ja kontrolleri saadaan yhdistettyä toiseen samanlaiseen laitteeseen jolloin tukiasemien määräkin luonnollisesti kaksinkertaistuu. Kontrolleria voidaan hallita sekä komentorivin kautta, että web-käyttöliittymän kautta. Laitteesta löytyy myös portit, joilla laite voidaan liittää osaksi suurempaa verkkoa. Kontrolleri tukee kaikkia yleisimpiä 802.11-standardeja sekä yleisimpiä salausmenetelmiä. Järjestelmän toimintaperiaatteena on tukiasemien ja kontrollerin yhteistyö. Tukiasemat paketoivat kaikki lähetettävät SSID:t yhteen VLAN:iin, kun taas kontrolleri purkaa ne SSID:tä vastaavaan VLAN:iin. (Cisco 2008d.)

Kontrollerissa on hallintajärjestelmä, jota käyttämällä käyttäjä voi määrittää halutut asetukset omaan langattomaan verkkoonsa. Tämän hetkisen hallintajärjestelmän versionumero on 5.1.150.0. Kuten aiemmin todettiin, voidaan järjestelmää hallita sekä komentoriviltä että web-hallintaliittymän kautta. Järjestelmässä on myös monitorointimainaisuuksia, kuten ketkä verkkoa käyttävät ja mitkä tukiasemat ovat toiminnassa. Kuviossa 6 nähdään hallintajärjestelmän perusnäkymä web-käyttöliittymässä. (Cisco 2008d.)

The screenshot shows the Cisco 4404 Wireless LAN Controller web management interface. The browser window title is "wln-cntrl-1 - Microsoft Internet Explorer provided by PHKK". The address bar shows "https://wln-cntrl-1.prv.phkk.fi/screens/frameset.html". The interface has a navigation menu with options: MONITOR, WLANs, CONTROLLER, WIRELESS, SECURITY, MANAGEMENT, COMMANDS, HELP. The main content area is titled "Summary" and includes a "Data Center" status bar showing "100 Access Points Supported" and "Cisco 4404 Series Wireless LAN Controller".

Controller Summary

Management IP Address	192.168.1.1
Service Port IP Address	192.168.1.254
Software Version	5.1.151.0
System Name	wln-cntrl-
Up Time	147 days, 21 hours, 15 minutes
System Time	Thu Feb 12 15:29:31 2009
Internal Temperature	+36 C
802.11a Network State	Enabled
802.11b/g Network State	Enabled
Local Mobility Group	PHKK
CPU Usage	1%
Memory Usage	32%

Access Point Summary

	Total	Up	Down	
802.11a/n Radios	95	95	0	Detail
802.11b/g/n Radios	95	95	0	Detail
All APs	95	95	0	Detail

Client Summary

Current Clients	86	Detail
Excluded Clients	1	Detail
Disabled Clients	0	Detail

Rogue Summary

Active Rogue APs	122	Detail
Active Rogue Clients	12	Detail
Adhoc Rogues	14	Detail
Rogues on Wired Network	0	

Top WLANs

Profile Name	# of Clients	
PHKK_staff	35	Detail
PHKK_students	33	Detail
phkk_visitors	0	Detail
visitors	0	Detail
PHKK_mobile	0	Detail

Most Recent Traps

- Coverage hole pre alarm for client[1] 00:13:e8:41:a0:7
- Coverage hole pre alarm for client[1] 00:1d:e0:23:05:b
- Coverage hole pre alarm for client[1] 00:13:ce:b7:7c:7
- Coverage hole pre alarm for client[1] 00:1d:e0:23:05:b
- Coverage hole pre alarm for client[1] 00:13:ce:b7:7c:7

This page refreshes every 30 seconds.

KUVIO 6. Cisco 4404:n käyttöliittymä

4.1.2 Verkon tukiasemat

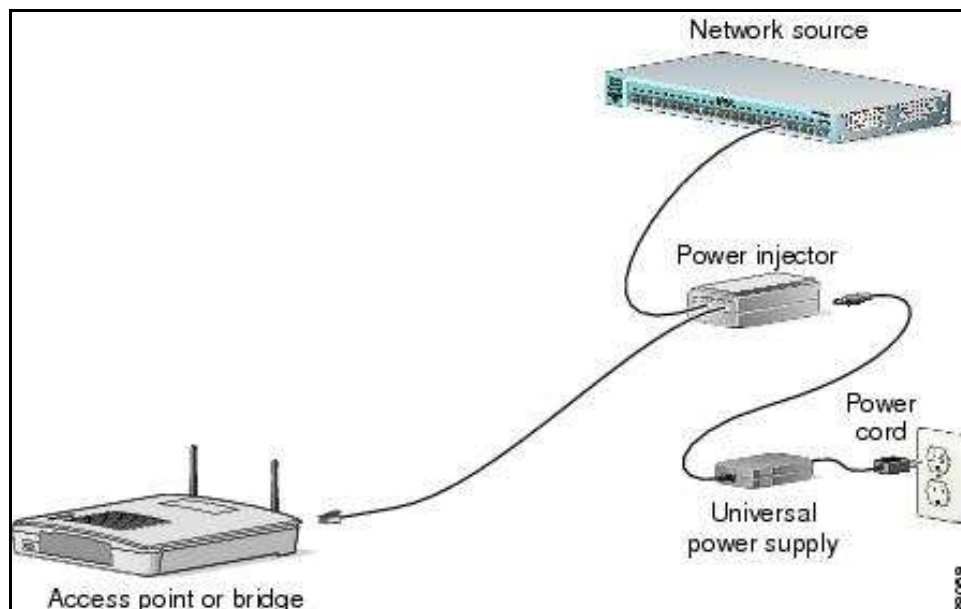
Verkon tukiasemina toimivat Cison Aironet 1131ag-laitteet. Tukiasemassa on kaksi antennia, joista toinen on 802.11a ja toinen 802.11g-standardin lähetystä/vastaanottoa varten. Tukiasema tukee kahden edellä mainitun lisäksi 802.11b-standardia. Laitteessa on myös tuki yleisimmille langattoman verkon salaustekniikoille. Kuviossa 7 nähdään kuva verkossa käytettävistä tukiasemista. (Cisco 2008e.)



KUVIO 7. Cisco Aironet 1131ag-tukiasema (Cisco 2008e).

Tukiasemat toimivat niin sanottuina lightweight-tukiasemia. Tämä tarkoittaa sitä, ettei tukiasemille tarvitse erikseen asettaa asetuksia. Asetusten määrittäminen tapahtuu käyttäen langattoman verkon kontrolleria. Tukiaseman liittyessä verkkoon, ja laitteen ollessa oikeassa Virtual Local Area Networkissa (VLAN), osaa laite automaattisesti hakea uusimmat versiopäivitykset ja langattoman verkon asetukset sekä asentaa kyseiset asetukset. Ainoat käsin asetettavat asetukset ovat tukiaseman nimi ja tukiaseman käyttämä kytkinportti. Asetusten hakemiseen ja käyttämiseen tukiasema käyttää Cisco:n kehittämää Lightweight Access Point Protocol:ia (LWAPP). Tosin tukiasema saadaan toimimaan myös itsenäisesti, ottamalla siihen konsolilyhteys ja asettamalla halutut asetukset itse. (Cisco 2008e.)

Tukiasemissa on myös optio, jolla laitteet saadaan toimimaan Power over Ethernet-laitteiden (PoE) avulla, Cisco käyttää laitteesta nimeä Power Injector. PoE:n käyttö helpottaa tukiasemien sijoitusta, koska laite mahdollistaa virran syöttämisen laitteille pelkällä verkkokaapelilla. PoE-laitteet voidaan sijoittaa usealla mahdollisella tavalla, mutta kuviossa 8 nähdään yleisin asennusvaihtoehto. (Cisco 2008f.)



KUVIO 8. Tukiaseman asennus käyttäen apuna PoE-laitetta (Cisco 2008f).

4.2 Olemassa oleva langaton verkko

Kuten aiemmin kävi ilmi, langaton verkko otettiin käyttöön PHKK:n tiloissa kevään 2008 aikana. Tuolloin ei kuitenkaan tukiasemien sijainteja ehditty asentaa niiden parhaimmille mahdollisille paikoille. Tästä syystä langattoman verkon kuuluvuus on ollut tietyissä paikoissa konsernin tiloja melko heikko tai olematon. Esimerkiksi joillain alueilla konsernia tukiasemia oli asennettu laitekaappien sisään, vaikka ne sijaitsevat kahden paksun betoniseinän takana.

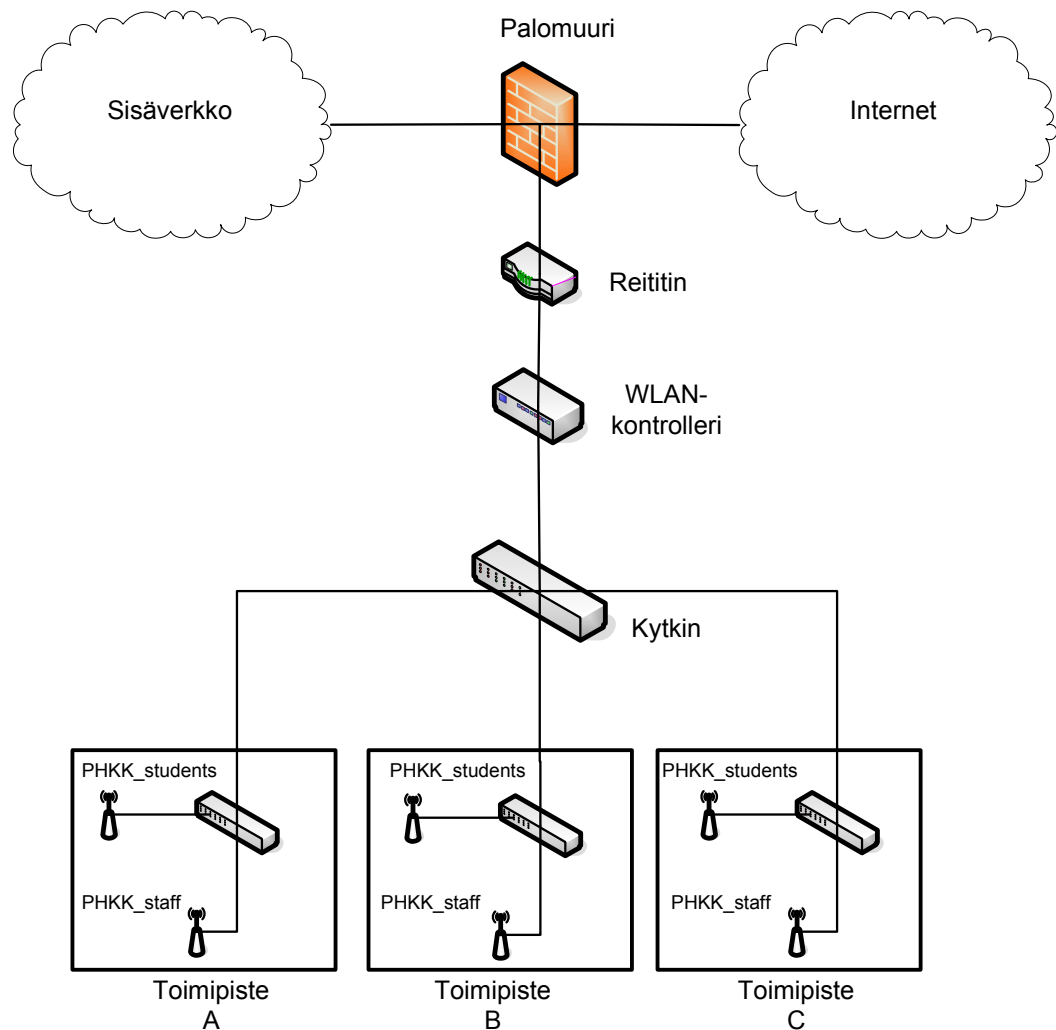
Verkko luotiin tukemaan olemassa olevaa langallista verkkoa, tämä tarkoittaa sitä, ettei langattoman verkon tarkoituksena ole toimia ensisijaisena verkkona. Verkon kohdekäyttäjät ovat oppilaat ja henkilökunta sekä jossain määrin myös vierailijat. Syy miksi vierailijat eivät vielä pääse langattomaan verkkoon on se, ettei tunnusten luovuttamisesta ole vielä sovittu yhdenkään laitoksen kanssa.

Tärkeimpinä kohteina langattomille verkoille oli aiemmin sovittu koulujen yleiset tilat, kuten aulat, käytävät, auditoriot, tietokeskukset, ryhmätyötilat sekä kokoustilat. Henkilökunnalle erityisen tärkeitä kohteita olivat kokoustilat ja auditoriot, näissä tiloissa vapaiden verkkopaikkojen määrä on rajallinen, jonka takia langaton verkko takaa kokoukseen osallistujille pääsyn koulun verkkoon. Vierailijoiden ja oppilaiden kannalta erityisesti auditoriot ovat ensisijaisia käyttöpaikkoja. Toissijaisina kohteina kuuluvuudella olivat normaalit luokahuoneet, ATK-luokat, ruokalat ynnä muut sellaiset tilat, missä ei normaalisti ole käyttöä langattomalle verkkoyhteydelle. Näiden kohteiden lisäksi oli toimipistekohtaisia alueita, mihin kuuluvuutta erityisesti haluttiin parantaa.

4.2.1 Konsernin fyysinen verkko

Fyysisellä verkolla tarkoitetaan tässä tilanteessa lähinnä langattoman verkon laitteita ja langattoman verkon yhteyttä langalliseen verkkoon. Työn alkaessa langaton verkko koostui kahdeksastakymmenestä tukiasemasta ja yhdestä WLAN-kontrollerista. Tukiasemat oli jaettu ympäri konsernin tiloja, paikkoihin joissa oletettavasti oli niille käyttöä.

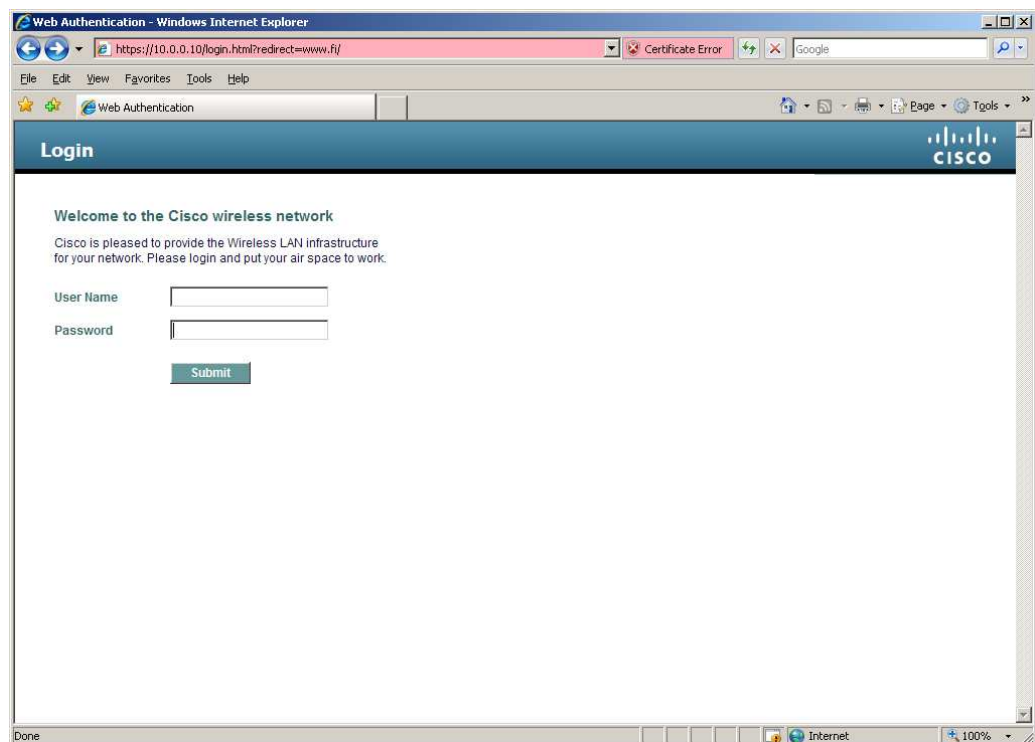
Langaton verkko on yhteydessä konsernin muuhun verkkoon. Yhteys on toteutettu siten, että jokainen verkon tukiasemista on liitetty toimipisteessä langallisen verkon lähimpään kytkimeen ja kytkimessä porttiin, johon on asetettu tukiasemille tarkoitettu VLAN. Täten muodostuu langattoman verkon oma VLAN, joka on sitten reititetty muuhun verkkoon WLAN kontrollerin kautta, jotta langattomasta verkosta saadaan yhteys myös muihin laitteisiin. Tämä VLAN on taas yhteydessä WLAN-kontrolleriin. Yhteys ulko- ja sisäverkkoon hoidetaan yhdistämällä kontrolleri reitittimeen. Tästä reitittimestä on yhteys palomuurin kautta sekä yrityksen sisäverkkoon, että Internetiin. Fyysinen verkko on esitetty myös kuviossa 9.



KUVIO 9. Periaatekuva PHKK:n langattomasta verkosta

Kaikilla verkon käyttäjillä on pääsy Internetiin, mutta riippuen käyttäjästä, pääsy muuhun verkkoon voi vaihdella. Opiskelijoilla on pääsy käyttämään verkkolevyä, sekä omaa, että yhteistä. Tämän lisäksi opiskelijat voivat käyttää tulostuspalveluita ja Intranet-sivustoja. Tosin tällöin käytössä tulee olla laitoksen tarjoama päätelaite. Henkilökunnalla on näiden lisäksi pääsy GroupWise-palveluun. Kirjautumisessa erona henkilökunnan ja oppilaiden välillä on käytetty menetelmä.

Opiskelijoiden liittyessä verkkoon omilla päätelaitteillaan on käytössä WPA2 (Wi-Fi Protected Access 2)-salaus. WPA2-salasana on ilmoitettu konsernin sivuilla. Tämän lisäksi joudutaan kirjautumaan verkkoon käyttäen omia Active Directory-tunnuksia. Kirjautuminen tapahtuu avaamalla selain, jolloin automaattisesti avautuu kirjautumissivu, tämä sivu nähdään kuviossa 10. Henkilökunnan verkkoon pääsemiseksi, tarvitsee käyttäjän koneen kuulua AD-verkkoon, myös muiden konsernin tarjoamien päätelaitteiden tulee kuulua AD-verkkoon. Kaikilta käyttäjiltä vaaditaan koneen verkkokortin tukea WPA2-salaukselle. Syy miksi WPA2 salaus on käytössä, on salauksen turvallisuus verrattuna muihin salasanaa käyttäviin salausmenetelmiin.

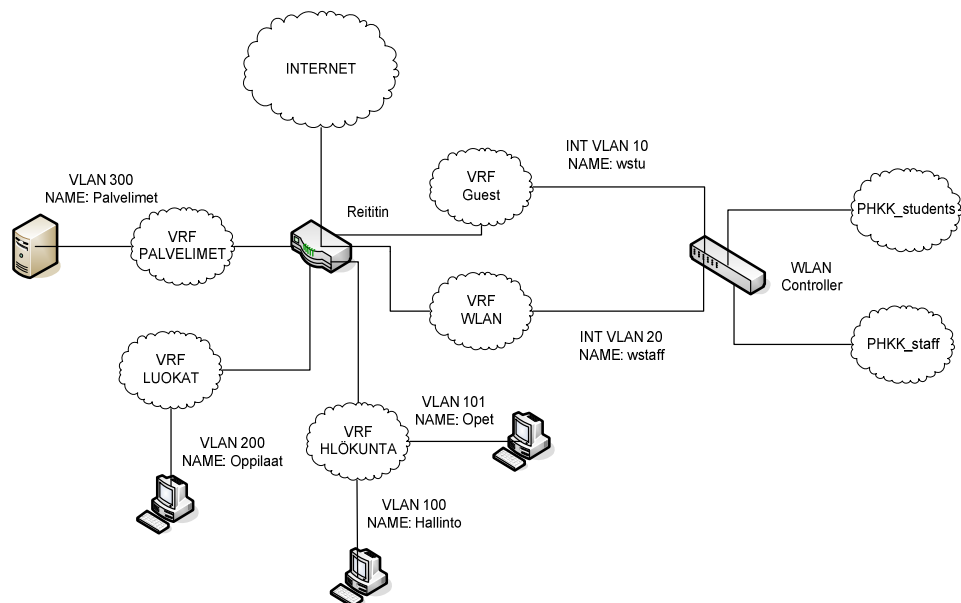


KUVIO 10. Kirjautumisikkuna langattomaan verkkoon

4.2.2 Konsernin looginen verkko

Tämän hetkinen langaton verkko koostuu useammasta eri SSID:stä. Opiskelijoille tarkoitettuja tunnuksia ovat PHKK_students, Salpaus_edu ja Lamk_edu. Näistä PHKK_students on tarkoitettu opiskelijoiden omilla päätelaitteilla käytettäväksi, kun taas muut ovat tarkoitettu käytettäväksi laitoksen tarjoamilla päätelaitteilla. Henkilökunnan työasemille on tarjolla PHKK_staff. Henkilökunnalle on tarjolla myös PHKK_mobile, joka on tarkoitettu henkilökunnan älypuhelimien käyttöön, verkko on tosin tällä hetkellä piilotettu käytöltä. Oppilaat voivat käyttää omaa PHKK_students verkkoa omilla älypuhelimillaan aivan kuten tietokoneillakin.

Kuviossa 11 on esitetty konsernin loogisen verkon rakenne ja sen osuus langattomasta verkosta. Kuviossa 11 näkyvä reititin sisältää myös palomuurimoduulin. Kaikki liikenne pilvien välillä kulkee siis reitittimen ja palomuurin läpi. Kuvio 11 on vain periaatekuva verkosta. WLAN-kontrolleri huolehtii SSID-tunnuksien sitomisen oikeisiin VLAN:ihin.



KUVIO 11. Periaatekuva loogisesta verkosta

5 VERKON KARTOITUS JA OPTIMOINTI PÄIJÄT-HÄMEEN KOULUTUSKONSERNIN TILOISSA

5.1 Kartoituksen alkuvalmistelut

Työ aloitettiin valitsemalla sopiva ohjelma, jolla työ tulitisiin toteuttamaan. Vertailu suoritettiin tutkimalla markkinoilla olevia ohjelmia, jotka sopivat langattoman verkon kartoitukseen. Vertailua tehtiin tutkimalla valmistajien sivuilta löytyviä tuotesittelyjä, tämän lisäksi tehtiin myös muutamia kyselyitä valmistajilta. Sopivia ohjelmia löytyi lopulta kolme kappaletta. Näistä kolmesta ohjelmasta vertailtiin seuraavaksi saatavuutta Suomessa, ohjelman hintaa sekä ohjelman sisältämiä ominaisuuksia. Päävaatimus ohjelmalle oli kyky suorittaa langattoman verkon kartoitus nykyisillä standardeilla, eli niillä standardeilla joita konsernin tiloissa oli käytössä. Toinen tärkeä vaatimus oli ohjelman raportointiominaisuus, verkosta tahdottiin niin sanotut kuuluvuuskartat, joista nähtäisiin missä päin langaton verkko toimii. Näiden lisäksi oli vielä joukko ominaisuuksia, jotka helpottivat kartoituksen suorittamista nimenomaan PHKK:n tiloissa.

Kolme ohjelmaa, joiden väliltä valinta tehtiin, olivat AirMagnet Survey Pro, Ekahau Site Survey ja InterpretAir. Edellä mainituista InterpretAir on uusin tulokas WLAN-kartoituksessa. Ohjelman on tehnyt yhtiö nimeltä Fluke, joka tuottaa myös muita mittalaitteita, kuten jännitemittareita ynnä muita perinteisiä mittatyökaluja. InterpretAir sisälsi vertailussa olevista ohjelmista selvästi vähiten ominaisuuksia. Flukelta löytyi edustusta Suomesta, joten ohjelma olisi ollut helppo hankkia. Ominaisuuksien vähyden takia kyseistä ohjelmaa ei hankittu tätä työtä varten.

Käytännössä päätös käytettävästä ohjelmasta tehtiin Ekahaun ja AirMagnetin välillä. Suuria eroja ei ohjelmien väliltä tuntunut löytyvän, kummastakin ohjelmista tarkasteltiin kattavampia Pro-versioita. Molemmilla ohjelmilla oli edustusta Suomessa ja näin ollen päätös kummankaan hankkimisesta ei ratkennut siihen. Taulukkoon 3 on kerätty

hieman eri ohjelmien ominaisuuksia, nämä olivat osa niistä ominaisuuksista mitä tarkasteltiin valittaessa parasta ohjelmaa. Lopulta päätöksen AirMagnetin hyväksi ratkaisi ohjelmassa ollut tuki tutkia verkon kuormitusta. Yksi ominaisuus puuttui kaikista kolmesta ohjelmasta, tämä oli kyky käyttää hyväkseen A-GPS-järjestelmää. GPS-tuki löytyi, mutta sisätiloissa sen käyttö olisi ollut melkein mahdotonta. A-GPS-tuki olisi helpottanut huomattavasti itse työn tekemistä. Valintaan vaikutti myös se, että AirMagnet sopi yhteen jo olemassa olevan PCMCIA-verkkokortin kanssa ja ohjelmassa oli hyvä tuki kyseiselle kortille.

TAULUKKO 3. Ohjelmien vertailua

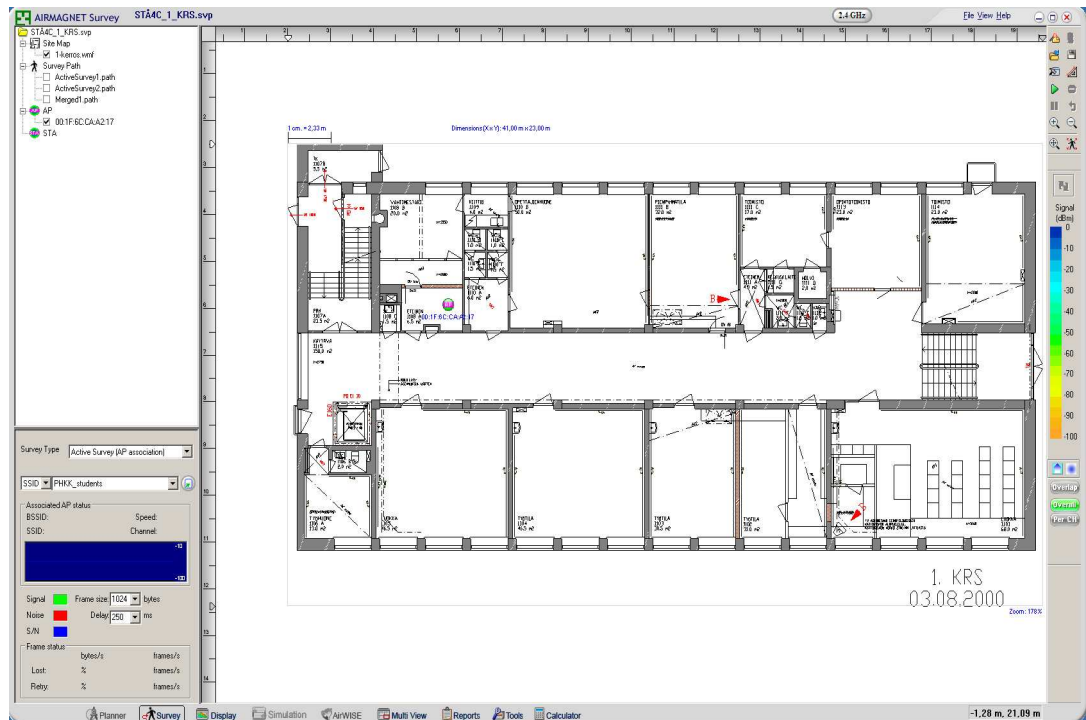
	AirMagnet	Ekahau	InterpretAir
Standardit	802.11a/b/g/n	802.11a/b/g/n	802.11a/b/g
Suunnittelu	Simulointi	Suunnittelu ja simulointi	Suunnittelu ja simulointi
Mittaustapa	Aktiivi/passiivi	Passiivi	Passiivi
Raportointi	pdf, xml, html, ja Microsoft Excel.	rtf, pdf	html
Pohjakartta	bmp, dib, dwg, dxf, emf, gif, vsd, jpg, wmf	bmp, gif, jpeg, png	jpg, png
GPS-tuki	X	X	-
Tuki kolmannen osapuolen karttaohjelmille	Google Earth, Microsoft Map-Point	-	-

Ennen hankintaa AirMagnet Survey-ohjelmaa vielä testattiin, käyttämällä rajoitettua kokeiluversiota ohjelmasta. Testauksen aikana varmistuttiin siitä, että ohjelma on toimiva juuri siihen tarkoitukseen, mihin sitä oltiin hankkimassa. Ohjelman valitsemisen jälkeen kyseinen ohjelma hankittiin maahantuojalta. Löydettiin kaksi edustajaa joilta kysyttiin hinnat. Valinta tapahtui halvimman hinnan perusteella.

5.2 AirMagnet Survey Pro-ohjelman käyttö

AirMagnet on kaupallisia langattoman verkon ohjelmistoja tarjoava yritys. AirMagentin ohjelmistoista löytyy muun muassa verkon suunnitteluun, mittaukseen ja viaretsintään kehitettyjä ohjelmia sekä verkonhallintasovelluksia. Tämän lisäksi yritys on kehittänyt myös erillisiä mittausrakenteita ja langattomia verkkokortteja näihin tehtäviin. Tässä työssä käytettiin AirMagnet Survey -ohjelmaa ja Pro-versioita kyseisestä ohjelmasta, kyseisellä ohjelmalla voidaan suorittaa kuuluvuuskarttoituksia langattomasta verkosta. Tällä hetkellä ohjelmia on saatavilla Windows ja OS X-käyttöjärjestelmille, tosin OS X-järjestelmille oleva ohjelma vaatii Windows-emulointia, joten periaatteessa kyseessä on ainoastaan Windows-ohjelma.

AirMagnet Survey Pro on monipuolinen ohjelma, jonka päätarkoituksena on tehdä langattomien verkkojen kuuluvuuskarttoja, mutta myös langattoman verkon simulointi on mahdollista. Mittaus voidaan tehdä suureen osaan 802.11-standardeista, lukuun ottamatta ensimmäistä 802.11-standardia. Toisin kuin muissa vastaavissa ohjelmissa, ei AirMagnetissa ole lainkaan suunnitteluominaisuutta, tosin sen saa hankittua erillisenä lisäosana (AirMagnet Planner). Suunnitteluominaisuuden puuttumisesta ei tosin ollut haittaa, koska työ tehtiin jo olemassa olevaan verkkoon ja näin ollen varsinaista verkon suunnittelua ei tarvinnut tehdä. Kuviossa 12 on esitelty AirMagnet-ohjelman perusmittausnäky, tässä näkymässä suoritetaan mittaukseen valittavat asetukset sekä itse mittaus. Kuviossa 12 nähdään myös ohjelman välilehtivalikot, näitä valikoita esitellään seuraavaksi.



KUVIO 12. AirMagnet-ohjelman perusnäky

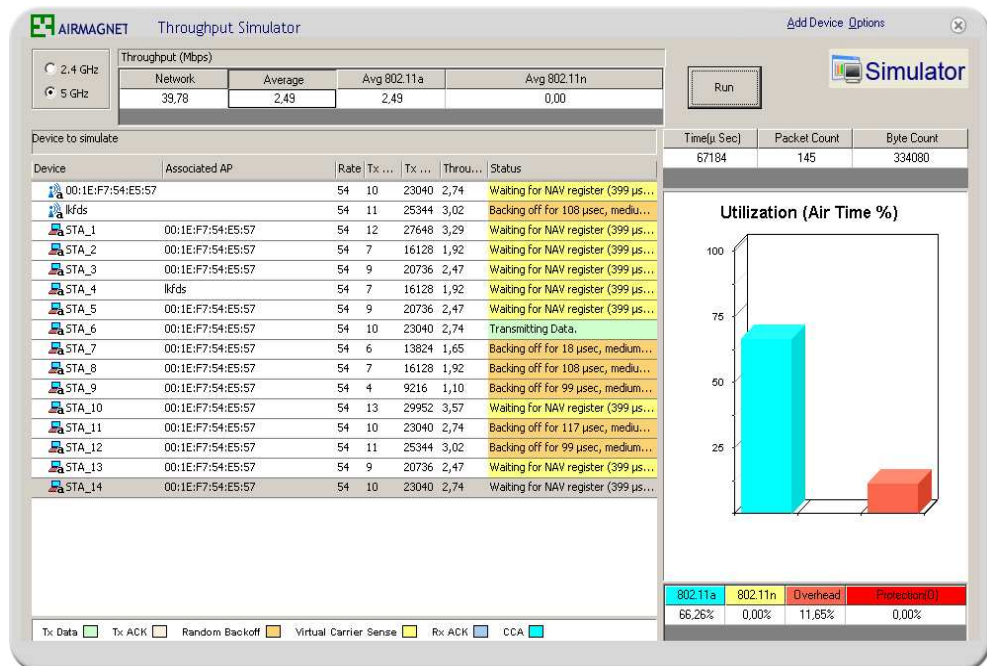
Ohjelma on tällä hetkellä ainoa markkinoilla olevista ohjelmista, joka antaa valita käytetäänkö mittauksessa aktiivi- vai passiivimittausta. AirMagnet sopi hyvin tähän työhön, koska suurin osa konsernin tilojen pohjakuvista oli dwg-tiedostomuodossa ja AirMagnet tukee suoraan tätä tiedostomuotoa, näin ollen erillistä muutosta tiedostojen välillä ei tarvinnut tehdä. Mittaustuloksien vertailussa tarjoaa ohjelma monta erilaista vaihtoehtoa. Tuloksia pystytään tarkastelemaan signaalikuuluvuuden, kohinan, interferenssin, tiedonsiirtonopeuksien, uudelleenlähetysten ja signaalikohinasuhteen kannalta. Edelleen näitä tuloksia voidaan tarkastella tukiasemakohtaisesti, käytetyn verkon kannalta tai halutun kanavan osalta. Lisäksi useamman kerroksen kohteissa, tulokset pystytään asettamaan rinnakkain, jolloin pystytään vertailemaan kerroksien väliset tulokset. Tosin kerrosten määrä on rajoitettu neljään.

AirMagnet Survey Pro ohjelmasta löytyy kattavat raportointiominaisuudet. Ohjelma pystyy automaattisesti tuottamaan raportteja lukuisissa eri tiedostomuodoissa (pdf, html, xml ja xls). Raportteja pystytään tuottamaan lähes samoilla perusteilla, kuin miten tuloksia voidaan tarkastella pääohjelmassa. Raportointityökalun lisäksi ohjelma sisältää AirWise nimisen työkalun. AirWise-työkalun avulla ohjelmalle voidaan asettaa arvoja, joita halutaan verkon toteuttavan. Kartoituksen aikana nähdään toteutuuko annetut raja-arvot vai tarvitseeko verkkoon tehdä muutoksia. Työkalussa on myös erityinen asetus, jolla voidaan varmistaa Voice Over Wireless Local Area Network (VoWLAN) toiminta, pelkästään mittaamalla. AirWise tarjoaa myös neuvoja ja teoriaa WLAN-verkoista ja niiden toiminnasta.

Muita ominaisuuksia, joita Pro-versio tarjoaa, ovat langattomien verkkojen laskutyökalu ja yhdistämistyökalut. Laskutyökalun avulla voidaan suorittaa erilaisia laskutoimituksia, joita saattaa tarvita tutkittaessa ja parannettaessa olemassa olevaa verkkoa. Näitä ovat muun muassa vapaan tilan vaimennukseen, Fresnelin vyöhykkeen ynnä muiden sellaisten laskemiseen tarvittavat työkalut. Yhdistämistyökaluihin sisältyy ping-työkalu ja DHCP-työkalu (Dynamic Host Configuration Protocol). Edellä olevien työkalujen avulla voidaan varmistaa, toimiiko yhteys ja mihin verkkoon ollaan yhteydessä. Yhteyden varmistaminen on hyödyllistä, jos tahdotaan selvittää toimiiko alueen langaton verkko. Työkalu nopeuttaa varmentamista jonkin verran, koska ohjelmaa ei tarvitse sulkea ja tarkastaa yhteyttä Windowsin oman yhteyden muodostajan avulla. Ohjelma pitäisi sulkea, koska se varaa verkkokortin käytön itselleen kokonaan, näin ollen se ei ole muiden ohjelmien käytössä laisinkaan.

Ohjelmassa on mukana simulointiominaisuus. Tällä ominaisuudella pystytään tekemään simuloiteja jo mitattuun verkkoon. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että ohjelmalla on suoritettava kartoitus tiettyyn tilaan ennen kun simulointi voidaan suorittaa. Syy tähän on se, että ohjelman on tiedettävä miten radioaalot käyttäytyvät kyseisessä tilassa. Simulointi suoritetaan lisäämällä valmiiseen kartoitukseen tukiasemia, ja asettamalla näille tukiasemille halutunlaisia arvoja. Tämän jälkeen ohjelma osaa ottaa nämä uudet tukiasemat huomioon piirtäessään kuuluvuuskarttaa. Toinen simu-

lointivaihtoehto, on testata verkon kuormitettavuus. Testaus voidaan tehdä simuloimalla olemassa olevien tukiasemien kykyä suoriutua halutusta määrästä työasemia verkossa, tästä on esimerkki kuviossa 13. Myös kuormasimuloinnissa voidaan käyttää simuloituja tukiasemien tietoja, tällöin nähdään kuinka paljon tukiaseman lisäys parantaisi verkon käytettävyyttä.



KUVIO 13. Kuormitussimulointia

Huolimatta siitä, että ohjelma oli Pro-versio, ei AirMagnet tarjoa kaikkia ominaisuuksia kerralla. Jo aiemmin mainitun suunnitteluohjelman lisäksi (AirMagnet Planner), ohjelmaan on mahdollista hankkia lisäosana radiotaajuus spektrianalysointia (AirMagnet Spectrum Analyzer). Lisäosan avulla, pystytään halutulla alueella tarkastelemaan olemassa olevien verkkojen radiotaajuuksien käyttäytymistä.

Ohjelman saavuttua maahantuojalta, asennettiin ohjelma työssä käytettävään kannettavaan tietokoneeseen. Asennusvaihtoehtoja lisenssi tarjosi kaksi kappaletta. Ensimmäinen

näkin ohjelma pystyttiin asentamaan vain yhteen tietokoneeseen. Toiseksi ohjelma voitiin asentaa käyttämään vain tiettyä verkkokorttia (yhtä MAC-osoitetta). Asennusvaihtoehtoksi valittiin verkkokorttiin liittyvä asennus. Tämä asennusvaihtoehto valittiin siksi, että käytössä oli ulkoinen verkkokortti (PCMCIA) ja näin ollen ohjelmaa pystytään jatkossa käyttämään myös muilla kannettavilla tietokoneilla. Ohjelman asennus noudatti muuten perinteistä Windows-ohjelmien asennusten kaavaa ja oli melko yksinkertainen suorittaa. Kannettavana tietokoneena työssä käytettiin Dell Latitude D810, koneessa oli käyttöjärjestelmänä Windows XP Service Pack 3 ja verkkokorttina käytettiin Cisco Aironet 802.11a/b/g Wireless Adapter.

5.3 Verkon kartoitus konsernin tiloissa

Yksi työn tavoitteista oli tehdä niihin Päijät-Hämeen koulutus konsernin tiloihin, joissa langaton verkko oli jo käytössä, langattoman verkon kartoitus, sekä tuottaa näistä mittaustuloksista kuuluvuuskartat. Kuten aiemmin todettiin, PHKK:n langaton verkko on käytössä suuressa osassa toimipisteitä ja tämä lista nähdään liitteessä 1. Samassa liitteessä nähdään myös alkuperäiset tukiasemat ja niiden lukumäärä kussakin toimipisteessä. Taulukossa ei ole eritelty tukiasemien sijaintia tarkemmin, esimerkiksi olemassa olevaa paikkaa tai muuta vastaavaa.

Verkon kartoitus aloitettiin harjoittelemalla ohjelman käyttöä omassa toimipisteessä. Näin itse ohjelma ja ohjelman käytettävyys tulivat tutuiksi. Aivan aluksi hankittiin työhön tarvittavat pohjakartat. Suurin osa pohjakartoista oli dwg-muotoisia, kun taas osa oli wmf-muotoisia. Jokaisesta kartasta selvitettiin aluksi niiden mittasuhteet, jokaisen rakennuksen ja kerroksen pituudet ja leveydet. Selvitys tehtiin käyttäen AutoCAD-ohjelmaa, jolla saatiin hankittua halutut mitat käyttäen ohjelman omia, kyseiseen tarkoitukseen soveltuvia työkaluja. Halutut mitat selvitettiin noin metrin tarkkuudella. Kaikkien pohjakuvien mitat kerättiin Excel-tilukoon myöhempää käyttöä varten.

Mittausprojektille laadittiin aikataulu, jota pyrittiin noudattamaan. Mittauksille varattiin aikaa yhteensä kuukausi ja niiden tuli olla valmiina ennen joulua 2008. Aikataulu oli jaettu siten, että yhteen rakennukseen käytettiin keskimäärin neljä tuntia aikaa. Isoimmille kohteille kuten koko keskustan kampusalueelle, varattiin aikaa noin viikon verran ja Vipusenkadun toimipisteelle päivän verran. Projektin aloitus myöhästyi hieman alkuperäisestä, johtuen siitä, että ohjelman toimituksessa kesti kauemmin kuin alun perin piti. Muuten sovituissa aikataulussa pysyttiin.

Seuraavassa vaiheessa jokaisesta eri toimipisteestä ja kerroksesta tehtiin oma mittausprojektiinsa. Projektit tehtiin suoraan AirMagnet-ohjelmaan, joiden tiedostomuotona käytettiin svp-tiedostomuotoa. Mittausprojektit tehtiin ennen kuin siirryttiin varsinaiseen mittauspaikkaan. Mittausprojektin tekeminen oli melko yksinkertainen toimenpide. Ensiksi avattiin AirMagnet ohjelma, tämän jälkeen valittiin valikosta: New Project. Tämä avasi uuden ikkunan, johon syötettiin Projektin nimi sekä tallennuskansion polku. Projektit lajiteltiin toimipisteiden mukaan selkeyden vuoksi. Seuraava vaihe oli valita haluttu pohjakuva projektiin, kuvan ominaisuuksiin lisättiin aiemmin mitatut pituus- ja leveysarvot. Tämän jälkeen valittiin tila joka parhaiten kuvaa mitattavaa aluetta, esimerkiksi onko kyseessä toimistotila, varastohalli tai muu sellainen. Tässä vaiheessa määritetään myös langattoman verkon lähetysteho milliwateissa. Viimeisessä vaiheessa ohjelma tarjosi valinnan kirjoittaa tietoja projektista, tämä on vapaavalintainen kohta eikä vaikuta itse mittaukseen, mutta voi helpottaa tulosten tarkastelua jälkepäin.

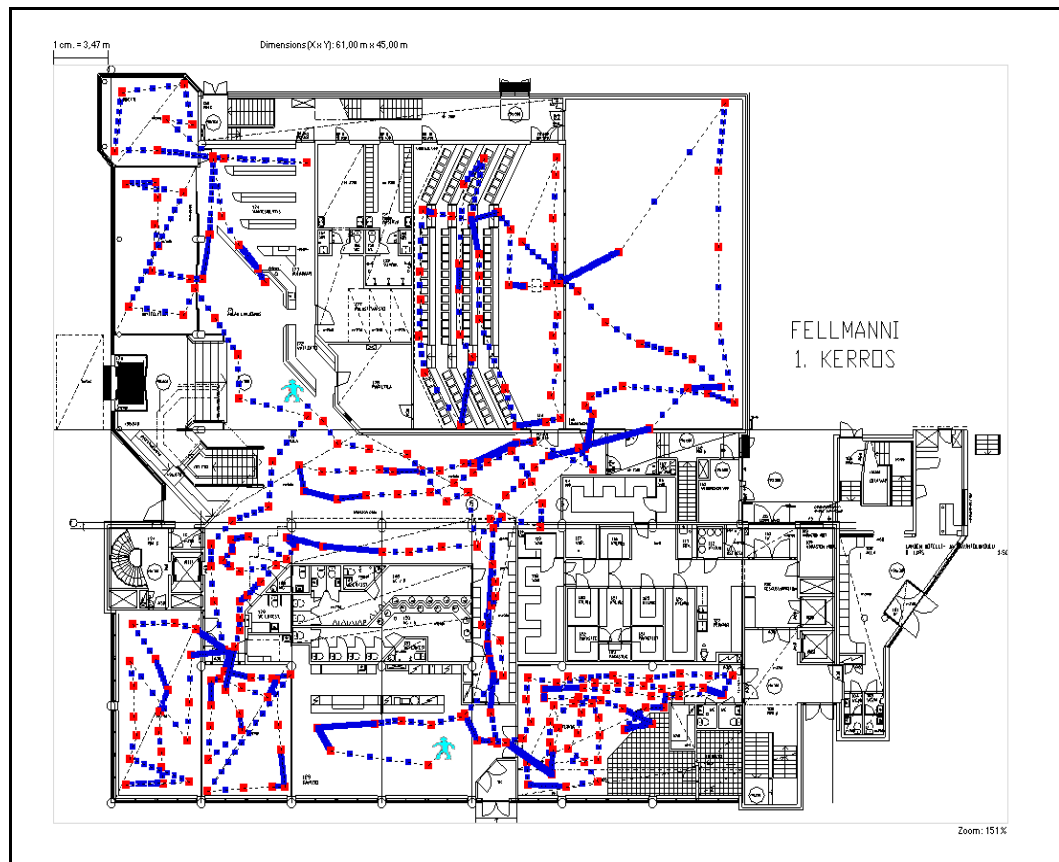
Kaikissa mittauksissa mittausasetuksina oli kartoittaa PHKK_students-verkkoa, täten samalla myös PHKK_staff-verkkoa, johtuen tukiasemien kyvystä levittää molempia verkkoja samanaikaisesti. Mittaustavaksi valittiin aktiivimittaus, jolloin mittalaite oli koko ajan yhteydessä verkkoon. Aktiivimittauksen ansiosta saatiin selville verkon roaming-ominaisuuksia.

Työssä kierrettiin kaikki konsernin toimipisteet ja suoritettiin kuuluvuusmittaukset. Tavoitteena oli kiertää kukin alue mahdollisimman tarkkaan, käyden läpi suurin osa

tiloista. Tämä pyrittiin tekemään häiritsemättä esimerkiksi oppitunteja tai kokouksia. Ongelma-alueilla mittaus suoritettiin useammin kuin kerran, muuten pyrittiin selviämään yhdellä mittauskerralla. Kartoitusta tehtäessä huomattiin myös, että osa pohjakuvista oli vanhentuneita ja osa kuvista puuttui kokonaan. Vanhentuneita kuvia pyrittiin mahdollisuuksien mukaan päivittämään ja puuttuvia pohjakuvia hankkimaan, tässä toisin aina onnistumatta.

Siirryttäessä toimipisteeseen avattiin kannettavalla tietokoneella AirMagnet-ohjelma ja ohjelmassa avattiin kyseisen toimipisteen projekti. Ennen mittausta saatettiin selvittää toimipisteen tukiasemien sijainnit sekä olla yhteydessä kyseisen pisteen mikrotukeen. Mikrotuella oli pääsääntöisesti hyvä käsitys olemassa olevasta verkosta ja verkon ongelmakohdista. Tukiasemien selvittäminen ei ollut pakollinen toimenpide, koska mittauksista pystyi selvittämään jokaisen tukiaseman sijainnin. Mittaukset aloitettiin paikallistamalla aloituskohta kartalta. Seuraavaksi aloitettiin liikkuminen toimipisteessä, merkittäen ohjelmaan tasaisin väliajoin oma sijainti. Sijainti oli merkittävä, jotta ohjelma osaa tallentaa kyseisessä kohdassa olevan signaaliarvon projektin tietoihin. Mittaus suoritettiin loppuun kiertämällä koko kerros, tosin alkuperäiseen paikkaan ei ollut pakko palata vaan lopetuksen pystyi tekemään koska vain. Mittauksista tuli sitä tarkempi, mitä enemmän mittauksia kerättiin.

Kuviossa 14 on esimerkki mittauksen reitistä, joka suoritettiin Kirkkokadun toimipisteessä. Mittausta ei ollut pakko suorittaa yhdellä kerralla, vaan mittauksen pystyi tekemään osissa. Osat pystyttiin myöhemmin yhdistämään yhdeksi mittaukseksi, ohjelman merge-toiminnon avulla. Kuvion 14 mittauksessa on käytetty merge-toimintoa, johtuen siitä ettei osaan kokoushuoneista päässyt heti, vaan mittaus suoritettiin osissa. Mittauksen ollessa ohi, tuloksen realistisuutta tarkasteltiin, jonka jälkeen siirryttiin seuraavaan kerrokseen tai toimipisteeseen.



KUVIO 14. Kirkkokadun toimipisteen mittausreitti

Mittaukset etenivät hyvin ja suuresta osasta saatiin laadittua alueen kuuluvuuskartta. Ongelmia aiheuttivat alueet joista pohjakuvaa ei jostain syystä ollut olemassa. Tällaisia toimipisteitä oli muun muassa Niemenkadun toimipiste. Niemenkadun toimipiste on vuokratila, joten kyseisestä toimipisteestä ei ollut pohjakuvaa. Alueilla joista ei pohjakuvaa löytynyt suoritettiin kuitenkin alueen tarkastelu. Tämä tehtiin testaamalla yhteyttä sekä signaalitasoja eri puolilla kohdetta ja laatimalla tämän jälkeen kirjallinen versio alueen kuuluvuudesta.

Yhteensä mittauksia suoritettiin noin yhdeksänkymmentä kappaletta. Tähän lukuun ei laskettu uudelleenmittauksia ja niiden toimipisteiden mittauksia, joista ei varsinaista kuuluvuuskarttaa saatu. Joten todellinen mittausten määrä 120–150 mittauksen välil-

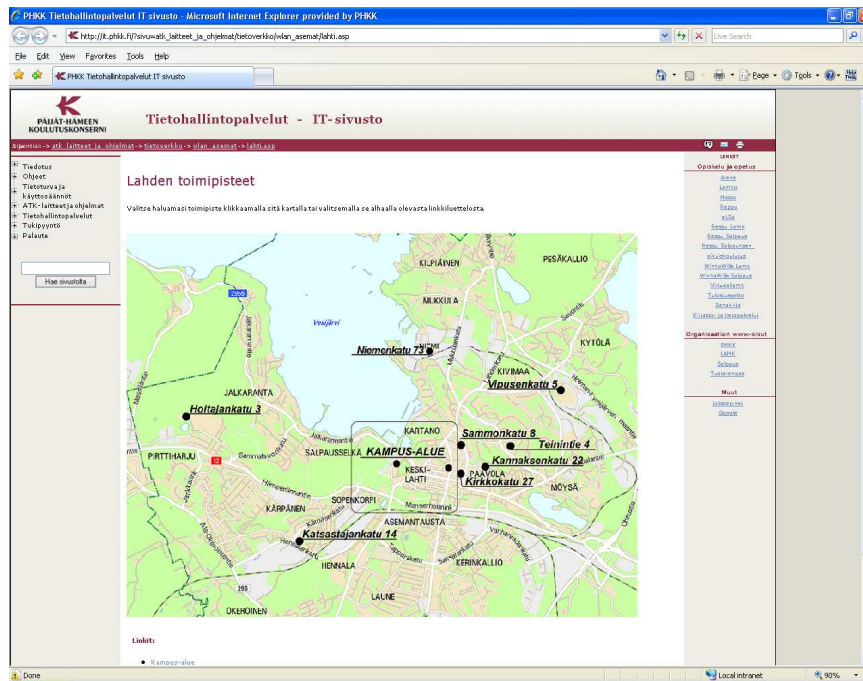
tä. Aiemmin mainituista yhdeksästäkymmenestä mittauksesta saatiin kaikista hyvä kuuluvuuskartta.

Mitatuista kuuluvuuskartoista koostettiin web-sivut yrityksen intranettiin, sekä henkilökunnan, että oppilaiden nähtäville. Sivut sijoitettiin it.phkk.fi-sivustolle, langattomien lähiverkkojen kohtaan. Sivujen toteutuksessa sovellettiin siellä käytettyä ASP-tekniikkaa, mikä käytännössä tarkoittaa sitä, että infosivut tehtiin erillisinä sivuina, mutta ne näkyvät osana jo olemassa olevia sivuja. Käytännöllisyyden kannalta sivut koottiin käyttäen karttakuvia sekä Päijät-Hämeestä että Lahdesta. Kuvia käytettiin, jotta navigointi olisi luontevampaa, tosin sivujen alalaitoihin lisättiin myös suorat tekstilinkit.

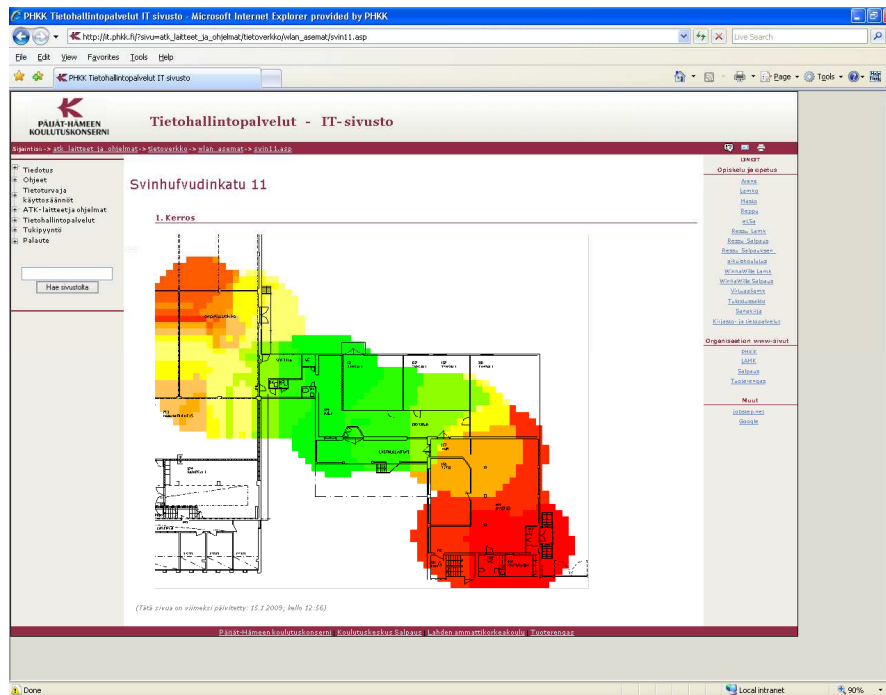
Ensimmäiseksi sivuksi päätettiin laittaa koko Päijät-Hämeen kartta, josta haluttua kuntaa klikkaamalla päästään tarkastelemaan lähemmin kyseisen kunnan toimipisteitä. Kaikissa muissa kunnissa paitsi Lahdessa oli vain yksi toimipiste, josta langaton verkko löytyi. Muiden kuntien kuuluvuuskartat laitettiin siis suoraan kunnan linkin taakse. Lahti sen sijaan sai vielä oman kartan johon lisättiin kaikki toimipisteet linkeiksi, Lahden sivut nähdään kuviossa 15. Tässäkin tehtiin hieman jaottelua, sekä keskustan kampusalue, että Vipusenkatu jaoteltiin vielä omiksi alasivuiksi, joissa kyseisten kohteiden kaikki rakennukset ovat näkyvissä. Valitsemalla joku rakennuksista tulee kyseisen rakennuksen kaikkien kerrosten kuuluvuuskartat esille, kerrosjärjestyksessä, mikä nähdään kuviossa 16. Kuviossa 16 nähdään myös, minkälaisia kuuluvuuskartat käytännössä ovat.

Linkit kuviin toteutettiin käyttämällä HTML-koodauksesta löytyvää toimintoa, jolla on mahdollista lisätä kuviin halutun muotoinen linkkialue. Kuvissa sekä kunnat, että rakennukset ovat ääri viivojaan myöten linkkejä. Myös muiden kuin kampusalueen ja Vipusenkadun toimipisteiden rakennusten kuuluvuuskartat ovat kerrosjärjestyksessä. Niille sivuille, joista ei kuuluvuuskarttaa vielä ollut lisättiin kuuluvuusalue tekstimuotoisena, selittäen missä päin kuuluvuus toimii parhaiten ja missä huonoiten. Aloitus-sivulle lisättiin info-teksti jossa selitetään kuuluvuuteen vaikuttavia seikkoja ja opas-

tusta miten sivuja tulisi käyttää. Aloitussivulta löytyy myös kuuluvuuskarttojen värit selittävä infokuva. Kuvasta käy ilmi värien ilmoittamat tiedonsiirtonopeudet sekä nuoli, joka yksinkertaistaa kuvan lukemista.



KUVIO 15. Lahden navigointisivu intranet-sivuilla



KUVIO 16. Esimerkki kuuluvuuskartta sivuista, kyseessä Svinhufvudinkatu 11

5.4 Päijät-Hämeen koulutus konsernin langattoman verkon optimointi

Samaan aikaan langattoman verkon kartoituksen kanssa suoritettiin myös kyseisen verkon optimointia. Optimointia voidaan tarkastella suurempana kokonaisuutena, joka koostuu useasta eri osasta. Ensinnäkin on uusien tukiasemien asennus ja niiden tuoma parannus nykyiseen verkkoon. Toiseksi verkkoa parannettiin siirtämällä jo olemassa olevia tukiasemia optimaalisempiin sijainteihin. Kolmanneksi konsernin tiloissa tehtiin kartoitus, jossa tarkasteltiin konsernin tiloissa vaikuttavia muita langattomia lähiverkkoja, jotka saattavat häiritä konsernin omaa langatonta verkkoa. Neljäntenä kohtana oli langattoman verkon hallintalaitteen eli kontrollerin asetusten tarkastelu ja mahdollinen parantaminen. Näiden lisäksi tutkittiin verkon kuulumista konsernin tilojen ulkopuolelle.

Koska optimointia tehtiin samaan aikaan kartoituksen aikaan, pystyttiin kustakin kohteesta miettimään myös paikan päällä mahdollisia parannuksia verkkoon. Osa tukia-

semistä tiedettiin jo etukäteen olevan kuuluvuuden kannalta heikoissa paikoissa joten näitä tukiasemia saatettiin siirtää ennen varsinaista kuuluvuusmittauksen tekemistä. Yksi tällainen tukiasema sijaitsi Paasikivenkadulla, koulutus konsernin tietokeskuksen tiloissa. Paikan henkilökunnalta tuli pyyntö saada langaton verkko kuulumaan toisen kerroksen neuvottelutiloihin. Joten ennen mittausta tukiasema siirrettiin ensimmäisen kerroksen kytkinkaapilta toiseen kerrokseen, paikkaan josta oli aikaisempien kokemusten mukaan hyvä kuuluvuus koko rakennukseen. Tukiasema tarvitsi kaapeloinnin, joita kyseissä paikassa oli kahdessa eri kohtaa. Tukiasema asetettiin vuorollaan kumpaakin kohtaan ja mitattiin molemmilla kerroilla. Ensimmäisen pisteen ongelma oli hyvän kiinnityspaikan puuttuminen ja toisen ongelmana oli virran saanti tukiasemaan. Ongelma ratkaistiin käyttämällä PoE-laitetta ja sijoittamalla tukiasema jälkimmäiseen vaihtoehtoon. PoE-laitteen avulla selvittiin ilman uusia kaapelointeja tai seinään kiinnityksiä. Verkon kuuluvuus testattiin vielä kerran ja todettiin hyväksi koko rakennuksessa ja erityisesti kokoushuoneessa johon päähuomio kiinnittyi. Vastavanhaisia tilanteita tuli muutama lisää työn aikana.

Loput muutoskohteet selvitettiin tutkimalla kartoituksessa saatuja kuuluvuuskarttoja. Tutkimalla karttoja ja miettimällä verkon mahdollista käyttötarvetta päädyttiin taulukossa 4. näkyviin muutos ehdotuksiin. Taulukkoon 4 on kerätty esimerkkejä muutos ehdotuksista, tosin siihen ei ole kerätty kaikkia muutoksia, sillä osassa toimipisteitä muutoksia tehtiin sitä mukaan kun niitä tuli vastaan, taulukossa on esillä myös tuloksia.

TAULUKKO 4. Esimerkkejä tukiasemien muutosehdotuksista sekä lopputuloksista

Kohde	Muutosehdotus	Tulokset
Ståhlberginkatu 4A	1. kerroksen tukiaseman mahdollinen siirto aulatilaan tai sen läheisyyteen. Testataan myös sitä että sijoitetaan jokaiseen kerrokseen yksi tukiasema vuoronperään molempiin päihin taloa jolla saadaan katettua pari muutakin kerrosta. Sijoitetaan mahdollisesti vapautuva tukiasema pohjakerrokseen mikäli 1. krs. siirto ei tuota tulosta.	Siirrot tulevaisuudessa
Ståhlberginkatu 4C	Liiketalouden laitoksen auditorioon uusi tukiasema	Asennus remontin jälkeen
Svinhufvudinkatu 2D	– Uuden tukiaseman asennus mikrotuen työpisteen läheisyyteen – 2. kerroksen tukiaseman siirto rakennuksen puoliväliin	Siirrot tulevaisuudessa
Svinhufvudinkatu 6F-G	Uuden tukiaseman asennus Musiikinlaitokselle	Asennus tulevaisuudessa (kaapelointi puuttuu)
Kannaksenkatu 22	– 2. krs., Siirretään mikrotuen tilasta lähemmäksi Antinsalia – A-rakennuksen 3. kerroksen tukiaseman siirtäminen	– Ei siirtoa – Kuuluvuus parani merkittävästi
Opintie 1	Siirto 1. krs. kopiohuoneesta 2. krs. neuvotteluhuoneen lähelle sekä bunkkerista auditorioon tai käytävälle.	1. Krs. Siirto paransi kuuluvutta merkittävästi
Opintie 2	Siirto 1. krs. varastuhuoneesta käytävälle.	Siirto auditorioon paransi kuuluvutta

5.4.1 Uusien tukiasemien asennus verkkoon

Uusien tukiasemien asennuksella oli työssä kaksi rajoittavaa tekijää. Ensinnäkin WLAN-kontrollerissa oli työn aloitushetkellä vapaana kolmetoista tukiasemapaikkaa, ja kontrolleriin tahdottiin jättää myös muutama vapaa paikka ongelmatilanteiden va-

ralle. Toiseksi tukiasemalaitteita oli jäljellä noin kymmenen kappaletta, joista osa tahdottiin säilyttää varalla, jos jokin olemassa olevista tukiasemista hajoaisi. Tukiasemien lisääminen oli tässä suhteessa haastavaa. Ennen kun tukiasema lisättiin, mietittiin alueen mahdollista tarvetta ja jo olemassa olevaa verkon kuuluvuutta. Kaikkialla pelkkä yhden tukiaseman lisääminen ei olisi huomattavasti parantanut verkon kuuluvuutta, vaan vasta usean tukiaseman lisääminen olisi tuonut tuntuvaan parannuksen verkkoon.

Uuden tukiaseman asennus alkoi siitä kun tukiasemalle etsittiin sopiva paikka. Paikan etsinnässä käytettiin avuksi kuuluvuuskarttoja. Tukiasemia ei yleensä sijoitettu paikkoihin, joista ne olisi saatettu varastaa tai niille olisi tehty jonkinlaista ilkeävaltaa. Yleisesti paikat olivat huomaamattomia, lukollisessa tilassa tai korkealla katon rajassa. Kun tukiaseman paikka oli löydetty, eli paikka josta teoriassa olisi hyvä kuuluvuus sekä kaapelointi tukiasemalta kytkimelle, kytkettiin tukiasema verkkojohdolla kytkimeen. Tämän jälkeen kytkimen porttiin asetettiin oikea VLAN, jotta tukiasema osasi kommunikoida kontrollerin kanssa. Tukiasema haki tämän jälkeen oikeat asetukset kontrollerilta. Sitä ennen kontrollerilla oli määritelty tukiaseman nimi ja muut asetukset. Asetukset tehtiin perustuen tukiaseman MAC-osoitteeseen. Muutaman uudelleenkäynnistyksen jälkeen tukiasema oli käytettävissä ja sen kuuluvuus voitiin tarkistaa mittaamalla.

Uusia tukiasemia asennettiin muutamia kappaleita. Esimerkiksi Vipusenkadun toimipisteeseen tukiasemien lukumäärää lisättiin kahdella. Ensimmäkin A-rakennuksen auditorioon lisättiin tukiasema. Toiseksi B-rakennuksen autohalliin asennettiin uusi tukiasema. Autohallin tukiaseman kuuluvuuskartta nähdään kuviossa 17, kuviossa vihreä väri kuvaa parempaa tiedonsiirtonopeutta. Osa uusien tukiasemien asennuksista tullaan toteuttamaan vasta lähitulevaisuudessa. Syy tähän on kaapeloinnin puute tai käynnissä olevat remonttityöt. Esimerkiksi Liiketalouden auditorioon, jossa tällä hetkellä verkko ei toimi ollenkaan, ei voida tukiasemaa toimittaa johtuen siitä, ettei laitetta saataisi kytkettyä verkkoon puutteellisen kaapeloinnin takia. Kyseisen tukiaseman odotetaan myös parantavan muun Liiketalouden langattoman verkon kuuluvuutta.

ta, erityisesti auditorion läheisyydessä. Sen sijaan Opintien A-rakennuksessa olleen remontin takia, toinen puoli rakennuksesta jäi langattoman verkon ulkopuolelle. A-rakennukseen tullaan kuitenkin lisäämään tukiasema remontin valmistuttua.



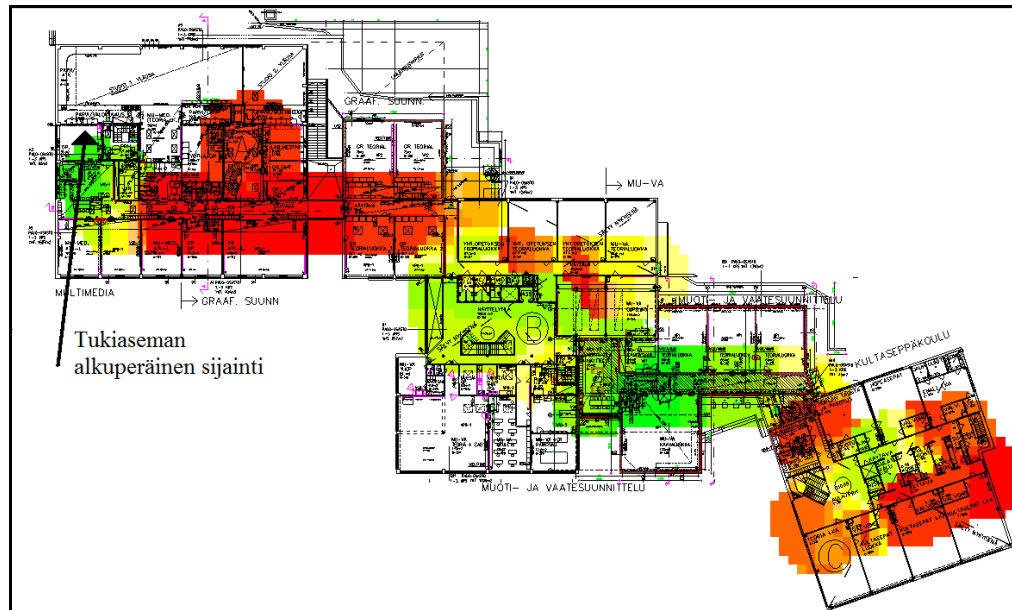
KUVIO 17. Vipusenkadun B-rakennuksen kuuluvuus tukiaseman lisäyksen jälkeen

5.4.2 Tukiasemien siirtäminen optimaalisille paikoille

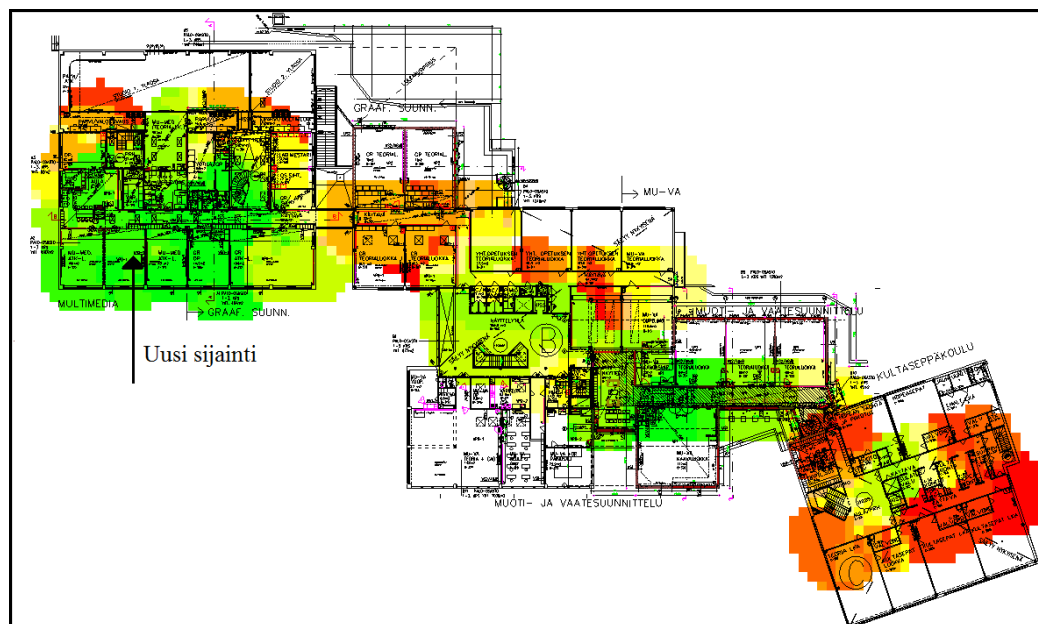
Tukiasemien siirtoa käsiteltiin jo hiukan aiemmin, tosin silloin kyseessä oli tukiasema, jonka kuuluvuus tiedettiin alun perin riittämättömäksi. Peruseriaate on kuitenkin sama. Siirto vain toteutettiin mittauksen jälkeen, tutkimalla mittaustuloksia. Aivan kuten uuden tukiaseman asennus, vaati myös tukiaseman siirtäminen muutoksen kytkimen porttiasetuksiin. Tukiaseman siirtämistä ei ollut rajoitettu samalla lailla kun tukiaseman lisäämistä. Ainoat rajoitukset asettivat yleiset turvallisuusseikat, kuten turvalliset asennuspaikat varkauksia ja ilkivaltaa vastaan. Tukiasemien siirtoja optimaalisimmille paikoille suoritettiin useita kertoja, mutta osasta tehtiin vain suunnitelmat jotka tullaan suorittamaan sopivassa yhteydessä.

Esimerkkinä tukiaseman siirrosta käytetään taulukossa 4 nähtyä Kannaksenkadun A-rakennuksen kolmannessa kerroksessa sijainnutta tukiasemaa. Kyseinen tukiasema oli alun perin huonosti sijoitettu ja käyttäjämäärät kyseisellä tukiasemalla olivat olemattomat. Kuviossa 18 on esitetty kyseisen tukiaseman kuuluvuus, kuviosta nähdään tukiaseman tarjoama heikko kuuluvuus koko A-rakennuksen kolmannessa kerroksessa. Tätä kuviota tutkimalla päädyttiin ratkaisuun, jossa tukiasema siirrettäisiin keskeisemmälle rakennusta, josta sen oletettiin tarjoavan parempaa kuuluvuutta. Erinomainen paikka löydettiin eräästä ryhmätyötilasta, jossa sattui lisäksi olemaan vapaa verkko-paikka tukiaseman asentamiseksi. Kytkimeen tehtiin tarvittavat muutokset ja tukiasema sijoitettiin sähkökaapin päälle, kiinnittäen se vaijerilla ja lukolla kiinni kyseiseen sähkökeskukseen. Näin tukiasema oli turvattu varkauksien varalta, ainoa ongelma kyseisessä asennuspaikassa oli mahdollinen verkkokaapelin irrotus tietoliikenne-rasiasta joko ilkeiden takia tai vahingossa. Siirto lisäsi myös alemman kerroksen kuuluvuutta jonkin verran. Kolmannen kerroksen uusi kuuluvuus on esillä kuviossa 19.

Kyseisen tukiaseman toimintaa ryhdyttiin tämän jälkeen seuraamaan, jotta saataisiin selville siirrosta saavutettu hyöty. Noin kahden viikon tarkastelujakson aikana saatiin selville tukiaseman käyttöasteen raju nousu. Kun aiemmin tukiaseman käyttäjämäärät olivat olleet lähes olemattomat tai vähäiset, siirtyi se yhdeksi ahkerimmin käytetyistä tukiasemista koko langattomassa verkossa tarkastelujakson aikana. Keskimäärin tukiasemalla oli siirron jälkeen yhdestä kahteen käyttäjää jatkuvasti ja ruuhka-aikoina käyttäjämäärät nousivat noin kymmeneen käyttäjään. Voidaankin todeta kyseisen siirron olleen onnistunut. Samoin tutkittaessa muita tehtyjä siirtoja, huomattiin niiden käyttäjämäärien lisääntyminen, tosin oli niitäkin alueita missä siirto ei lisännyt käyttäjämääriä.



KUVIO 18. Kannaksenkadun A-rakennuksen tukiaseman alkuperäinen sijainti



KUVIO 19. Kannaksenkadun A-rakennuksen tukiaseman uusi sijainti

5.4.3 Rogue-tukiasemien etsiminen

Työn seuraava vaihe oli tutkia konsernin alueella olevien, muiden kuin valtuutettujen tahojen asentamia tukiasemia nimenomaan käyttäen konsernin langallista verkkoa DS:nä. Toinen syy tutkimukseen oli kilpailevien langattomien verkkojen kuuluvuus konsernin alueella. Tässä osassa työtä käytettiin hyväksi tukiasemien kykyä tutkia verkon käyttöä sekä WLAN-kontrollerin raportointiominaisuuksia. Työtä varten otettiin käyttöön viisi tähän tarkoitukseen asennettavaa tukiasemaa, joita kutsuttiin nimellä rogue-detector. Monitorointitukiasemien asennus tapahtui samalla tavalla kuin varsinaisten tukiasemien lisäys verkkoon. Ainoana erona oli asettaa tukiasemat WLAN-kontrollerista monitorointitilaan. Monitorointitilassa tukiasemat eivät välitä eteenpäin mitään verkkoa vaan ne tarkkailevat ympärillä olevaa verkkoa ja raportoivat muista olemassa olevista verkoista ja muiden verkkojen käyttäjistä WLAN-kontrollerille. Monitorointitukiasemille asetettiin lisäksi Rogue Location Discovery Protocol (RLDP) ominaisuus. RLDP on Ciscon kehittämä protokolla joka aktiivisesti tarkkailee rogue-asemia ja pyrkii eristämään niitä.

Normaalit tukiasemat pystyvät itsenäisestikin tarkkailemaan ympärillä olevia verkkoja samalla lailla kuin tätä varten asennetut monitorointitukiasemat. Syy miksi monitorointitukiasemia asennettiin, oli se että mahdolliset luvattomat verkot pystyttiin tarkemmin paikantamaan, pelkästään tukiasemia käyttämällä.

TAULUKKO 5. Monitorointitukiasemien asennuspaikat

Ståhlberginkatu 6		Kannaksenkatu 22	
Rogue 1.	puusiipi, laitekaappi	Rogue 1.	Vahtimestarin huone
Rogue 2.	1. krs: työhuone	Rogue 2.	Puutyösali
Rogue 3.	1. krs: sähköluokka	Rogue 3.	-
Rogue 4.	2. krs: teorialuokka	Rogue 4.	Ruokala
Rogue 5.	2. krs: ATK-luokka	Rogue 5.	B-talo 3.krs

Taulukkoon 5. on kerätty työtä varten asennetut monitorointitukiasemat sekä niiden asennuspaikat. Alueiksi valittiin kaksi melko erilaista sijaintia, Ståhlberginkatu 6:n toimipiste valittiin koska rakennus sijaitsee keskellä kampusaluetta, eikä lähistöllä sijaitse asutusta. Keskeisen sijainnin ansiosta, pystyttiin tarkkailemaan myös muiden oppilaitosten mahdollisia rogue-tukiasemia. Kannaksenkatu valittiin, jotta saataisiin selville miten lähistöllä oleva asutus ja muiden rakennusten mahdolliset langattomat verkot kuuluivat rakennukseen. Monitorointitukiasemien sijainnit pyrittiin levittämään mahdollisimman laajalle alueelle rakennusten sisällä. Asennuspaikat eivät yleensä olleet yhtä turvallisia kuin verkon muiden tukiasemien asennuspaikat.

Työssä selvisi se, ettei valituilla alueilla löytynyt muiden tukiasemia. Ståhlberginkadun toimipisteessä muita tukiasemia ei löytynyt kertaakaan koko kolmen viikon tarkastelujakson aikana. Kannaksenkadulta sen sijaan löytyi muutama muiden tahojen tukiasema. Päättelämällä kyseisten verkkojen kuuluvuus niiden signaaliarvoista, pystyttiin toteamaan näiden tukiasemien sijaitsevan konsernin tilojen ulkopuolella. Ad hoc-verkkojen käyttö oli sen sijaan yleistä molemmissa toimipisteissä.

Tutkimalla WLAN-kontrollerista rogue-tukiasemien kuuluvuutta verkon alueella, selvisi että alueilla jossa oli paljon asutusta kuten Sammonkadun ja Kirkkokadun toimipisteiden läheisyydessä, myös muiden verkkojen kuuluvuus konsernin tiloissa oli huomattavasti suurempi kuin syrjäisemmissä toimipisteissä, mikä oli myös odotettavissa. Suurimmaksi yksittäiseksi, konsernin tiloissa kuuluvaksi verkoksi paljastui MASTONET, eli Lahden kaupungin ilmainen WLAN-verkko. Kyseinen verkko kuului lähes jokaisessa Lahden keskustan alueella sijaitsevassa toimipisteessä. Tämä paljastui tarkkailemalla WLAN-kontrollerin raportointiominaisuuksia. Verkon käyttöaste oli myös muita verkkoja huomattavasti suurempi. Kontrollerista paljastui se, että ulkopuolisten verkoilla oli keskimäärin käyttäjiä noin viisitoista kappaletta, ja näistä käyttäjistä yli puolet käytti MASTONET:iä.

Kun vielä tutkittiin aikaisemmin tehtyjä kuuluvuusmittauksia ja niiden interferenssi- ja kanavointituloksia, päädyttiin siihen lopputulokseen, etteivät vieraat verkot häirin-

neet konsernin langatonta verkkoa juuri laisinkaan. Jossain paikoissa häiriötä tosin esiintyi, muttei niissäkään huomattavasti.

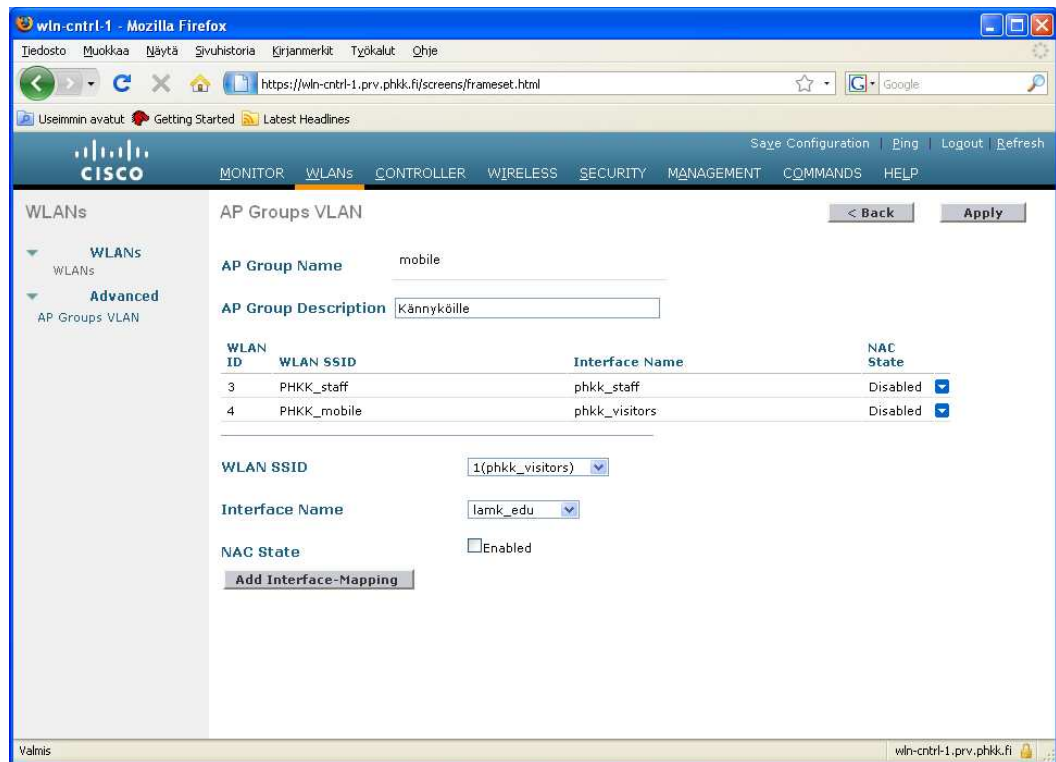
Myös konsernin langattoman verkon kuuluvuutta toimipisteiden ulkopuolelle tarkasteltiin. Tarkastelu tehtiin tutkimalla kuuluvuuskarttojen arvoja erityisesti reuna-alueilla. Pääsääntöisesti verkon kuuluvuus pysyi konsernin tiloissa. Näin ollen verkon tehoa ei tarvinnut pudottaa. Tehon pudotus olisi aiheuttanut erityisesti kuuluvuusongelmia joten pudotus olisi tuonut enemmän ongelmia kuin ratkaissut niitä. Verkossa käytetyt vahvat salausmenetelmät takaavat sen, ettei verkkoa voida väärinkäyttää vaikka se kuuluisi konsernin tilojen ulkopuolella.

5.4.4 Kontrollerin asetusten tarkastelu

Langattoman verkon toimivuutta pystytään parantamaan myös tarkastelemalla WLAN-kontrolleriin asetettuja arvoja. Usein laitteisiin saattaa jäädä niiden oletusarvot, joita ei kaikkia muisteta muuttaa, tai ohjelmiston uuden version myötä tulleita uusia ominaisuuksia ei ole vielä asetettu optimaalisiin arvoihin.

Aivan ensimmäisenä tarkasteltiin kontrollerin ominaisuutta ryhmitellä tukiasemia, eli AP-grouping. Kyseistä ominaisuutta oli kaivattu jo aiemmin, mutta vasta uusien versio kontrollerin hallintaohjelmasta tarjosi kyseisen ominaisuuden. AP-grouping on ominaisuus jonka avulla pystytään helposti määräämään tietyn alueen tukiasemille levitettävät SSID:t. Konsernin tiloissa kyseistä ominaisuutta pystytään soveltamaan esimerkiksi kohteissa, joissa ei haluta levittää kaikkia verkkoja. Muita käyttökohteita ovat alueet joihin halutaan luoda tietylle ryhmälle tarkoitettu SSID. Nykyiseen langattomaan verkkoon luotiin yksi AP-group kokeeksi. Luominen oli helppoa, valitsemalla uusi AP-group. Tälle ryhmälle asetettiin levitettävät SSID-tunnukset. Tämän jälkeen jokaiselle tukiasemalle voitiin erikseen asettaa mihin tukiasemaryhmään ne kuuluivat. Tosin tukiaseman ryhmät olivat rajattu yhteen ryhmään. Testi AP-group:n ansiosta uusien AP-group:ien luominen on tulevaisuudessa helpompaa, koska toimin-

ta on testattu kertaalleen. Ryhmät voidaan muodostaa sekä web-käyttöliittymässä, että komentoriviltä, tässä työssä käytettiin web-käyttöliittymää. Kuviossa 20 on esimerkki tukiasemaryhmästä.



KUVIO 20. AP-Group käytännössä

Työssä tarkasteltiin myös PHKK:n langattoman verkon roaming-ominaisuuksia. Tämä tehtiin, jotta pystyttäisiin määrittämään mahdollisia ongelmia verkon sisällä liikkuttaessa. Tarkkailua tehtiin samaan aikaan, kun verkkoa kartoitettiin muutenkin. Tarkkailun aikana ei suuria ongelmia havaittu verkon roaming-ominaisuuksissa. Tarkasteltaessa hallintajärjestelmästä verkon roaming-asetuksia havaittiin niiden olevan oletusarvoillaan. Johtuen käytännössä testatusta roaming-ominaisuuden toimivuudesta, päätettiin, ettei arvoja tarvinnut muuttaa. Tosin tulevaisuudessa, mikäli VoVOIP-puhelimia otetaan käyttöön, näitä asetuksia saatetaan joutua tarkistamaan uudelleen. Kuviossa 21 on esitelty verkon nykyiset roaming-asetukset. Kuviossa esiintyvä Mi-

nimum RSSI, kuvaa pienintä arvoa, jolla päätelaite voi liittyä verkkoon (Received Signal Strength Indicator, RSSI). Hysteresis taas kuvaa kuinka paljon naapuritukiasemien signaalitason tulee poiketa toisistaan. Scan threshold yhdessä Transition Time arvon kanssa kuvaavat sitä aikaa, jonka päätelaite käyttää etsiäkseen uutta tukiasemaa, silloin kun arvo on tippunut scan threshold-arvon alle. Näitä arvoja säätämällä voidaan verkon roaming-asetuksia muuntaa, mikäli tulevaisuudessa on tarvetta muutokseen.

RF Parameters

Mode	<input type="text" value="Default"/>
Minimum RSSI	<input type="text" value="-85"/> dBm
Hysteresis	<input type="text" value="2"/> dB
Scan Threshold	<input type="text" value="-72"/> dBm
Transition Time	<input type="text" value="5"/> Seconds

KUVIO 21. Verkon roaming-asetukset

5.5 Langattoman verkon käyttö

Varsinaisen optimoinnin jälkeen ryhdyttiin kiinnittämään huomiota verkon yleiseen käyttöön. Päijät-Hämeen koulutus konsernin langattoman verkon käyttöasteet vaihtelevat huomasti eri toimipisteiden välillä. Tukiasemien väliset erot ovat myös huomattavia. Työn aikana kävi selvästi ilmi, että eniten käyttöä langattomalla verkolla oli Tekniikan laitoksella ja Muotoilu instituutilla, näiden osuus verkon käytöstä oli melkein puolet koko käytöstä ja kahden edellä mainitun jälkeen käyttö oli aktiivisinta Liiketalouden laitoksella. Erot kahden suurimman liikelaitoksen, eli Lahden ammattikorkeakoulun ja Koulutuskeskus Salpauksen, välillä olivat myös merkittäviä,

LAMK:in oppilaiden ja henkilökunnan ollessa selvästi aktiivisempia käyttäjiä. Sekä Tuoterenkkaan, että Yhteisten palveluiden verkon käyttö oli odotetusti vähäisintä, johtuen näiden liikelaitosten pienestä koosta kahteen suurimpaan verrattuna.

Erot henkilökunnan ja oppilaiden välillä eivät olleet merkittäviä. Lukumääräisesti henkilökunnan verkon käyttö oli suuren osan ajasta korkeampi kuin oppilaiden. Kuitenkin määrällisesti oppilaita oli enemmän, johtuen siitä, että henkilökunnan henkilöissä saman käyttäjän kannettava tietokone oli läpi päivän yhteydessä verkkoon. Oppilaita taas vieraili verkossa useampi, mutta lyhyempiä jaksoja kerralla. Numeroina verkkoa käytti keskimäärin 60–80 henkeä kerrallaan. Henkilökunnan verkon käyttö oli kiinteästi noin 40 käyttäjän luokkaa. Ruuhkahuippujen aikaan verkon käyttöaste nousi yli sataan käyttäjään. WLAN-kontrollerista kyseiset käyttäjämäärät veivät noin 2 % suoritintehosta.

Uhkia, jotka saattavat heikentää verkon käyttöastetta ovat esimerkiksi uudet langattomat modeemit. Langattomia modeemeja alkaa nykyään olla jo useilla kannettavan tietokoneen käyttäjällä. Näiden laitteiden etuna on se, että niitä voidaan käyttää myös muualla kuin konsernin tiloissa. Tästä seuraa se, että ihmiset käyttävät mieluusti omia laitteita Internetin käyttöön. Toinen uhka on muiden langattomien verkkojen käyttö. Erityisesti MASTONET saattaa viedä käyttäjiä PHKK:n omalta langattomalta verkolta, hyvän kuuluvuuden johdosta. Nämä uhat eivät kuitenkaan poista oman langattoman verkon tarvetta. Etuna omaan verkkoon on erityisesti hyvä kuuluvuus ja pääsy konsernin verkkopalveluihin.

Tarkastelemalla verkon käyttöasteita voidaan päätellä, ettei verkkoa tarvitse ainakaan nykyisellä käyttöasteella kasvattaa. Jos verkkoa lähdetäisiin kasvattamaan, tarkoittaisi se käytännössä toisen hallintalaitteen ja usean kymmenen tukiaseman hankkimista. Tämä nostaisi verkon melkein koko konsernin kattavaksi, tähän ei ole nykyisillä käyttöasteilla kuitenkaan tarvetta. Jatkossa tukiasemien käyttöä tulisi myös tarkkailla, jotta paikoista joissa verkon käyttöä ei esiinny voidaan tukiasema siirtää alueelle, jossa

tarvetta langattomalle verkolle esiintyisi. Sen sijaan ei ole tarvetta poistaa langatonta verkkoa yhdestäkään toimipisteestä, jossa verkko on jo käytössä.

6 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin kuinka langattoman verkon kuuluvuutta kartoitetaan ja kuinka kartoitustulosten avulla verkkoa voidaan optimoida toimimaan laajemmalla alueella. Työn tavoitteina oli tuottaa Päijät-Hämeen koulutus konsernille kuuluvuus-kartat langattoman verkon toiminnasta heidän intranet-sivuilleen, sekä parantaa olemassa olevan verkon kuuluvuutta konsernin tiloissa. Molemmissa työn tavoitteista onnistuttiin. Vaikkakin osassa optimoitavia kohteita saatiin parannusehdotukset tehtyä, jäi varsinainen tukiasemien fyysinen siirto odottamaan myöhempää ajankohtaa. Työn rajauksissa onnistuttiin myös pysymään onnistuneesti.

Tällä hetkellä langattomien verkkojen suunnittelu- ja kartoitusohjelmistot ovat lyömässä itseään todenteolla läpi. Myös muut langattoman lähiverkon tilaa ja toimintaa parantavat ohjelmat ovat tulleet osaksi laajempien verkkojen valvontaa. Kovin kilpailu käydään tällä hetkellä AirMagnet:in ja Ekahaun ohjelmistojen välillä, mutta myös uusia tulokkaita on tulossa jatkuvasti markkinoille. Langattomien verkkojen kartoitus tulee todennäköisesti olemaan osa lähes kaikkien laajempien verkkojen toimintaa. Syy siihen löytyy ylläpitäjien halusta olla tietoisia omasta verkostaan ja mahdollisista ongelmakohtista verkossa. Myös halu kertoa käyttäjille verkon toiminnasta lisää kartoitusten tekemistä langattomissa verkoissa.

Langattoman verkon kartoitus ei ole käytännössä vaikea toteuttaa, edellyttäen että tarvittavat ohjelmat ja laitteet ovat riittävät. Kartoitus on kuitenkin aikaa vievää ja osittain rankkaakin, etenkin suuremmissa verkoissa. Laajemmissa kartoituksissa olisiikin hyvä käyttää kevyitä kannettavia tietokoneita tai vastaavasti kantotelineitä, nämä vähentäisivät työn fyysistä rankkuutta jo huomattavasti. Verrattaessa kartoitusta optimointiin on optimointi haastavampaa. Optimoinnissa haasteita aiheuttavat uusien tukiasemien asennus ja vanhojen tukiasemien siirtäminen, ja etenkin parhaiden asennuspaikkojen löytäminen tukiasemille. Työn aikana optimoinnin apuna käytettiin verkon mitattuja arvoja, joka helpotti optimointia huomattavasti. Sen sijaan kartoitusohjelmassa ollutta simulointiominaisuutta ei käytetty, johtuen lähinnä kyseisen omi-

naisuuden heikosta tasosta. Simuloimalla tehdyissä malleissa uusi kuuluvuus oli usein heikompi kuin alkuperäinen, erityisesti kun lisättiin uusia tukiasemia vanhojen rinnalle. Joten jatkossa jos simulointiominaisuutta käytetään, tulee olla tarkkana, että saadut arvot ovat edes jollain tasolla realistisia.

Opinnäyteyö osoitti kuinka tärkeää langattoman lähiverkon optimointi ja kartoitus on jo olemassa oleviin langattomiin lähiverkkoihin. Työ myös näytti, kuinka pienillä muutoksilla langattoman lähiverkon kuuluvuutta voidaan parantaa merkittävästi. Erityisesti Kannaksenkadun toimipisteen A-rakennuksen kolmannessa kerroksessa tehty tukiaseman muutos osoitti sen, kuinka yhden tukiaseman käyttäjämäärät nousivat lähes nolosta yhdeksi konsernin langattoman verkon käytetyimmäksi tukiasemaksi. Toimipisteessä tehty siirto oli suhteellisen helppo toteuttaa, sen jälkeen kun oli ensin tutkittu alueella tehtyä kuuluvuusmittausta, mittaustulosten perusteella oli helppo määrittää tukiasemalle optimaalinen sijainti. Työ opetti myös laajempien WLAN-verkkojen toimintaa sekä erityisesti hallintajärjestelmä tärkeyttä osana laajaa verkkoa. Hallintajärjestelmän hyvä tuntemus sekä verkon toiminnan ymmärtäminen helpottavat langattoman verkon hallintaa huomattavasti. Lisäksi hallintajärjestelmän erilaisten asetusten ymmärtäminen parantaa ylläpitäjän kykyä hallita langatonta verkkoa.

Tulevaisuudessa, jos verkon käyttöä halutaan kasvattaa, tulee tietoisuutta langattomasta verkosta lisätä konsernin alueella, erityisesti oppilaiden keskuudessa. Langattomasta verkosta löytyy jo nyt, varsin hyvät ohjeet intranetistä, mutta moni ei osaa niitä etsiä sieltä. Tietoisuutta voitaisiin lisätä esimerkiksi asettamalla toimivan verkon alueille ilmoituksia langattoman verkon mahdollisuudesta, aivan kuten Muotoiluinstituutissa on jo tehty. Paikkoja joihin ilmoituksia voisi asettaa, ovat muun muassa auditoriot, ryhmätyötilat, aulat yms.

Kuten aiemmin todettiin, ei verkon koon fyysinen kasvattaminen ole vielä ajankohtaista. Verkon tiedonsiirtokapasiteetin nostaminen saattaa kuitenkin olla edessä jossain vaiheessa. Mahdollinen siirtyminen käyttämään 802.11n-standardia on yksi tulevaisuuden ennusteista. Erityisesti, jos konsernissa otetaan käyttöön useita VoWLAN-

puhelimia voi se vauhdittaa uuden tekniikan käyttöönottoa. Myös muut uudet hankinnat saattavat vauhdittaa tukiasemien uusimista käyttämään 802.11n-standardia. Hallintajärjestelmä ja kontrolleri tarjoavat jo nyt mahdollisuudet 802.11n-standardin käyttöön.

Langattoman lähiverkon kartoitusta ja optimointia tulee myös tulevaisuudessa jatkaa konsernin tiloissa. Erityisesti silloin, kun verkkoon tai rakennuksiin tehdään jonkinlaisia muutoksia. Verkon käyttöä tulisi myös tarkkailla, jotta tukiasemien käyttöaste selviäisi pidemmällä ajanjaksoilla, mitä työn aikana tarkasteltiin. Kuuluvuuskarttojen päivittämisestä tulee myös pitää huolta, jotta loppukäyttäjät ovat selvillä mahdollisista langattoman verkon muutoksista.

Langattomien verkkojen määrän jatkuvasti lisääntyessä, kasvaa myös ongelmat verkoissa. Erityisesti laajemmissa langattomissa verkoissa saattaa olla alueita joilla verkon kuuluvuus on heikko tai olematon, vaikka alueelta löytyykin tukiasemia. Pelkkä tukiasemien lisääminen ei aina poista ongelmia vaan saattaa pahimmissa tapauksissa lisätä niitä. Parempia tuloksia saavutetaan kun käytössä on langattoman verkon kartoitusohjelma. Kartoituksen avulla ylläpitäjät pystyvät selvittämään ongelmia, sekä puuttumaan niihin optimoimalla tukiasemien sijainteja. Kartoitus ja optimointi ovat hyviä tapoja, joilla verkon suunnittelijat ja ylläpitäjät voivat pienillä muutoksilla parantaa langattoman lähiverkon toimintaa ja kasvattaa käyttäjämääriä sekä saavuttaa suuriakin säästöjä tukiasemien hinnoissa.

LÄHTEET

AirMagnet, Inc. 2008. WLAN Site Survey - WiFi Site Planning – AirMagnet. AirMagnet, Inc [viitattu 25.10.2009]. Saatavissa:

<http://www.airmagnet.com/products/survey/>

Broadcom Corporation. 2006. 802.11n: Next-Generation Wireless LAN Technology. Broadcom Corporation [viitattu: 18.10.2008]. Saatavissa:

http://www.broadcom.com/docs/WLAN/802_11n-WP100-R.pdf

Cisco Systems, Inc. 2008a. Wireless Site Survey FAQ. Cisco Systems, Inc [viitattu 10.2.2009]. Saatavissa:

http://www.cisco.com/en/US/tech/tk722/tk809/technologies_q_and_a_item09186a00805e9a96.shtml#qa1

Cisco Systems, Inc. 2008b. Cisco Unified Wireless IP Phone 7920 Design and Deployment Guide. Cisco Systems, Inc [viitattu 25.10.2009]. Saatavissa:

http://www.cisco.com/en/US/docs/voice_ip_comm/cuipph/7920/5_0/english/design/guide/wrlapdxb.html

Cisco Systems, Inc. 2008c. Cisco Wireless Control System (WCS). Cisco Systems, Inc [viitattu: 10.2.2009]. Saatavissa:

http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/wireless/ps5755/ps6301/ps6305/product_data_sheet0900aecd802570d0.html

Cisco Systems, Inc. 2008d. Quick Start Guide: Cisco 4400 Series Wireless LAN Controllers. Cisco Systems, Inc [viitattu: 13.2.2009]. Saatavissa:

<http://www.cisco.com/en/US/docs/wireless/controller/4400/quick/guide/ctrlv32.html#wp37718>

Cisco Systems, Inc. 2008e. Cisco Aironet 1130AG IEEE 802.11 A/B/G Access Point. Cisco Systems, Inc [viitattu: 13.2.2009]. Saatavissa:

http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/wireless/ps5678/ps6087/product_data_sheet0900aecd801b9058.html

Cisco Systems, Inc. 2008f. Quick Start Guide Cisco Aironet Power Injector and Cisco Aironet Power Injector Media Converter. Cisco Systems, Inc [viitattu 19.2.2009]. Saatavissa:

<http://www.cisco.com/en/US/docs/wireless/power/quick/guide/pinjcomb.html>

Ekahau. 2008. Get Wi-Fi that works. Ekahau [viitattu: 13.11.2008]. Saatavissa:

<http://www.ekahau.com/file.php?id=99443>

Galburt, P. 2008. Basic WLAN Antenna Considerations. Hybrid Arrangements [viitattu: 12.2.2009]. Saatavissa:

<http://ipvideoblog.files.wordpress.com/2008/12/radiowhitepaper.pdf>

Geier, J. 2005. Langattomat verkot - Perusteet. Helsinki: Edita.

Geier, J. 2008. How to: Conduct a Wireless Site Survey. Wifi-Planet.com [viitattu: 11.11.2008]. Saatavissa: <http://www.wi-fiplanet.com/tutorials/article.php/3761356>

Geier, J. 2002. Beating Signal Loss in WLANs. Wifi-Planet.com [viitattu:

16.1.2009]. Saatavissa: <http://www.wi-fiplanet.com/tutorials/article.php/1431101>

Granlund, K. 2001. Langaton Tiedonsiirto. Jyväskylä: Docento Finland Oy.

Haanperä, V & Sinisalo, T. 2006. Langattomat Lähiverkot. Lappeenrannan Teknillinen Yliopisto: Tietotekniikan osasto [viitattu: 20.10.2008]. Saatavissa:

<http://www.it.lut.fi/kurssit/05-06/Ti5316800/seminarit/WLAN.pdf>

Hämäläinen, M. 2007. WLAN ja Logistiikka-ala. Stadia: Tekniikan ja Liikenteen toimiala [viitattu: 16.10.2008]. Saatavissa:

<https://oa.doria.fi/bitstream/handle/10024/28169/stadia-1191323663-0.pdf?sequence=1>

Intel Corporation. 2007. Standards and Industry Group - Standards & Initiatives. Intel Corporation [viitattu 23.10.2008]. Saatavissa:

http://www.intel.com/standards/case/case_802_11.htm

Juutilainen, M. 2005. Siirtyvä tietoliikenne – Langaton lähiverkko. Lappeenranta teknillinen yliopisto [viitattu: 20.10.2008]. Saatavissa: <http://www.it.lut.fi/kurssit/03-04/010651000/luennot/wlan.pdf>

Leary, J & Roshan, P. 2004. Wireless LAN Fundamentals: Mobility. Cisco Press [viitattu 24.2009]. Saatavissa: <http://www.ciscopress.com/articles/article.asp?p=102282>

Phifer, L. 2005. Understanding WLAN signal strength. Core Competence Inc [viitattu: 29.10.2008]. Saatavissa:

<http://www.gwec.org/students/resources/Files/Understanding%20WLAN%20signal%20strength.pdf>

Poole, I. 2008a. IEEE 802.11a - an overview or tutorial about the 802.11a the new Wi-Fi standard providing data rates of 54 Mbps at 5 GHz. Adrio Communications Ltd [viitattu 12.2.2009]. Saatavissa: <http://www.radio-electronics.com/info/wireless/wi-fi/ieee-802-11a.php>

Poole, I. 2008b. Wi-Fi / WLAN channels, frequencies and bandwidths. Adrio Communications Ltd [viitattu 12.2.2009]. Saatavissa: <http://www.radio-electronics.com/info/wireless/wi-fi/80211-channels-number-frequencies-bandwidth.php>

Rainio, A. 2002. Mobiilipaikannus ja paikantavat päätelaitteet. Proessori [viitattu 9.2.2009]. Saatavissa: <http://www.proessori.fi/es02/arkisto/NAVI.HTM>

Ruotsalainen, P. 2006. RADIUS-palvelin WLAN-verkossa. Savonia-ammattikorkeakoulu: Informaatiotekniikan kehitysyksikkö [viitattu: 21.10.2008]. Saatavissa: http://wirelessplatform.savonia-amk.fi/index2.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=15&Itemid=87

Suvanto, V. 2008. WLAN. Kynämies Oy [viitattu 25.1.2009]. Saatavissa: <http://plaza.fi/muropaketti/artikkelit/sekalaiset/wlan>

Stein, J. 2001. Indoor Radio WLAN Performance Part II: Range Performance in a Dense Office Environment. Harris Semiconductor [viitattu 21.11.2008]. Saatavissa: <http://www.sparcotech.com/WLANs-in-offices.pdf>

Syrmä, T. 2008. Mittalaite Flash-OFDM-tekniikalle. Digita Oy [viitattu: 20.4.2009]. Saatavissa: <https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/1286/Mittalaite%20Flash-OFDM-tekniikalle.pdf?sequence=1>

University of St Andrews. 2007. Aloha History Section. St Andrews Wifi Virtual Laboratory [viitattu 23.10.2008]. Saatavissa: <http://wifi.cs.st-andrews.ac.uk/alohahistory.html>

Viestintävirasto. 2002. Langattomat lähiverkot 2,45 GHz taajuusalueella. Viestintävirasto [viitattu: 20.10.2008]. Saatavissa: <http://www.ficora.fi/index/viestintavirasto/asiakastiedotteet/radiotaajuudet/2002/P.html>

Wireless Defence.org. 2008. Windows Wireless Tools Index. Wireless Defense.org [viitattu: 14.12.2008]. Saatavissa:

<http://wirelessdefence.org/Contents/WirelessWin32Tools.htm>

Yui, C & Singh, S. 2007. High Data Rate WLAN. IEEE Xplore [viitattu: 16.1.2009].

Saatavissa: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=04525971>

Zheng, J. 2008. AirMagnet Survey User Guide. [CD-ROM] AirMagnet, Inc [viitattu: 25.10.2008].

Kunta	Osoite	Tukiasemien määrä
Asikkala	Laurellintie 2	2
Heinola	Opintie 1-2	6
Hollola	Kukonkannus	3
Lahti	Hoitajankatu 3	3
	Niemenkatu (Neopoli)	2
	Katsastajankatu	3
	Kannaksenkatu 22	7
	Paasikivenkatu 7	1
	Sammonkatu 8	7
	Ståhlberginkatu 2	3
	Ståhlberginkatu 4A	5
	Ståhlberginkatu 4C	2
	Ståhlberginkatu 6	3
	Ståhlberginkatu 8-10	9
	Svinhufvudinkatu 2	3
	Svinhufvudinkatu 6D	1
	Svinhufvudinkatu 6F-G	1
	Svinhufvudinkatu 7	1
	Svinhufvudinkatu 11	1
	Svinhufvudinkatu 13	3
	Svinhufvudinkatu 17	1
	Svinhufvudinkatu 23	2
	Teinintie 4	3
	Vipusenkatu	9
Nastola	Rakokivenkatu	2
Orimattila	Koulutie	4
	Yhteensä	87