

Mastonet-verkon jatkosuunnitelma

Lahti Free Wifi

LAHDEN
AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan ala
Tietotekniikan koulutusohjelma
Tietoliikennetekniikka
Opinnäytetyö
Kevät 2018
Anssi Lyttinen

Lahden ammattikorkeakoulu
Tietotekniikan koulutusohjelma

LYTTINEN, ANSSI:

Mastonet-verkon jatkosuunnitelma
Lahti Free Wifi

Tietoliikennetekniikan opinnäytetyö, 39 sivua

Kevät 2018

TIIVISTELMÄ

WLAN eli langaton lähiverkko on lähiverkkotekniikka, jolla voidaan erilaisia verkkolaitteita yhdistää langattomasti. Langattomalla lähiverkolla tarkoitetaan IEEE 802.11 -standardia käyttäviä laitteiden liityntäverkkoa. Langattomia lähiverkkoja on käytössä monissa paikoissa, kuten kotona, työpaikoilla, kouluissa ja useilla julkisilla paikoilla.

Opinnäytetyön tavoitteena oli toteuttaa Lahdessa toimivalle Mastonet-verkolle jatkosuunnitelma, joka tulisi kattamaan katkeamattoman langattoman lähiverkkoyhteyden Lahden matkakeskukselta Sibeliustalolle. Langaton lähiverkko on ilmainen ja se on tarkoitettu turisteille, työmatkalla vieraileville ihmisille sekä paikallisille asukkaille. Tulevaisuudessa Mastonet-verkko tulee toimimaan nimellä Lahti Free Wifi. Verkon ylläpidosta vastaa Lahden ammattikorkeakoulun tekniikan ala.

Langattoman lähiverkon suunnittelu aloitettiin valitsemalla verkolle laitteet, joihin kuuluvat tukiasemat, antennit sekä WLAN-kontrolleri. Tukiasemiksi valittiin ulkokäyttöön suunniteltu HPE Aruba 274 Instant -tukiasema sekä tukiasemille yhteensopivat ympärisäteilevät antennit. Lopuksi kartoitettiin alue, jonka langattoman lähiverkon olisi tarkoitus kattaa. Jatkosuunnitelma toteutettiin ilman kanava- tai kuuluvuusmittauksia.

Tulevaisuudessa langattoman lähiverkon alueelle voidaan tehdä kuuluvuus- ja kanavamittaukset, esimerkiksi Ekahau site survey -ohjelmalla. Ohjelma auttaa sijoittamaan tukiasemat mahdollisimman tehokkaasti mittaamalla niiden signaalien voimakkuudet.

Asiasanat: WLAN, MASTONET, jatkosuunnitelma, tukiasema

Lahti University of Applied Sciences
Degree Programme in Information Technology

LYTTINEN, ANSSI:

The expansion plan for the Mastonet
network
Lahti Free Wifi

Bachelor's Thesis in Information Technology, 39 pages

Spring 2018

ABSTRACT

WLAN, a wireless local area network, is a local area network technology that can be used to link different network devices wirelessly. WLAN stands for a network of devices adhering to the IEEE 802.11 standard. WLANs are used in a variety of places such as home, workplaces, schools, and many public places.

The aim of the thesis was to implement an expansion plan for the Mastonet network in Lahti, which should provide an uninterrupted wireless local area network connection from the Lahti Travel Centre to the Sibelius Hall. The WLAN is free of charge and intended for tourists, people on a business trip and also for local residents. In the future, the Mastonet network will work under the name Lahti Free Wifi. The network is maintained by the Faculty of Technology at the Lahti University of Applied Sciences.

WLAN design was initiated by selecting network devices that include access points, antennas, and a WLAN controller. The HPE Aruba 274 Instant access point for outdoor use was selected as access points that were designed to use compatible omnidirectional antennas. Finally, the area that the WLAN was supposed to cover was mapped. The expansion plan was implemented without any channel or coverage measurements.

In the future, coverage and channel measurements can be made in the WLAN area, for example using the Ekahau Site Survey program. Program helps to locate the access points as effectively as possible by measuring their signal strengths.

Key words: WLAN, MASTONET, plan versus expansion plan, access point

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	WLAN	2
2.1	Langaton lähiverkko	2
2.2	WLAN-arkkitehtuuri	3
2.3	WLAN-standardit	4
2.4	OSI-malli	6
2.5	WLAN-modulointitekniikat	9
2.6	Taajuusalueet	10
2.7	Antennit	13
3	LANGATTOMAN LÄHIVERKON TIETOTURVA	16
3.1	Langaton tietoturva	16
3.2	Salaustekniikat	16
4	LANGATTOMAN LÄHIVERKON LAITTEET	20
5	AVOIMET KAUPUNKIVERKOT	23
5.1	Mastonet	23
5.2	PanOULU	24
6	MASTONET-VERKON JATKOSUUNNITELMA	25
6.1	Jatkosuunnitelman lähtökohta	25
6.2	Langattoman lähiverkon suunnittelu	25
6.2.1	Langattoman lähiverkon alueet	34
6.3	Jatkokehitysmahdollisuudet	38
7	YHTEENVETO	39
	LÄHTEET	40

LYHENNELUETTELO

AES	Advanced encryption standard, symmetrinen salausalgoritmi
AP	Access point, tukiasema
BSS	Basic service set, peruspalveluryhmä
CCK	Complement code keying, langattomien verkkojen modulointitekniikka
DSSS	Direct sequence spread spectrum, suorasekvenssihajaspektritekniikka
DS	Distribution system, runkoverkko
ESS	Extended service set, laajennettu palveluryhmä
ETSI	European telecommunications standards Institute, Euroopan telealan standardisoimisjärjestö
FHSS	Frequency hopping spread spectrum, taajuushyppelyhajaspektritekniikka
IBSS	Independent basic service set, itsenäinen palveluryhmä
IEEE	Institute of electrical and electronics engineers, kansainvälinen tekniikan alan järjestö
IP	Internet protocol, protokolla, joka huolehtii IP-tietoliikennepakettien toimittamisesta
IPX	Internetwork packet exchange, verkkoprotokolla
ISM	Industrial, scientific and medical, maailmanlaajuinen radiotaajuuskaista
ISO	International organization for standardization, kansainvälinen standardisoimisjärjestö

MAC	Media access control, verkkosovittimen ethernet-verkossa yksilöivä osoite
MIMO	Multiple-input multiple-output, moniantennitekniikka
OFDM	Orthogonal frequency division multiplexing, modulointitekniikka
OSI	Open systems interconnection, kuvaa tiedonsiirtoprotokollien yhdistelmän
PBCC	Packet binary convolutional coding, modulointitekniikka, joka tukee Bakerin sarjaa
PSK	Pre shared key, salausavain
SPX	Sequential packet exchange, kuljetusprotokolla
SSID	Service set identifier, verkkotunnus langattomalle verkolle
TCP	Transmission control protocol, kuljetusprotokolla
TKIP	Temporal key protocol, tietoturvaprotokolla
UDP	User datagram protocol, kuljetusprotokolla, joka huolehtii ainoastaan datavirran pilkkomisesta
WEP	Wired equivalent privacy, salaustekniikka
WLAN	Wireless local area network, langaton lähiverkko
WPA	Wi-Fi protected access, salaustekniikka

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tavoitteena on toteuttaa Lahdessa toimivalle Mastonet-verkolle jatkosuunnitelma, joka tulee tarjoamaan katkeamattoman langattoman lähiverkkoyhteyden Lahden matkakeskukselta Sibeliustalolle. Langaton lähiverkko on ilmainen ja sen on tarkoitus tarjota internet-yhteys turisteille, työmatkalla vieraileville ihmisille sekä paikallisille asukkaille. Tulevaisuudessa Mastonet-verkko tulee toimimaan nimellä Lahti Free Wifi. Opinnäytetyö tehdään Lahden ammattikorkeakoululle ja verkon ylläpidosta vastaa Lahden ammattikorkeakoulun tekniikan ala.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa käydään läpi langattoman lähiverkon yleisiä asioita, kuten WLAN-standardeja, modulointitekniikoita, arkkitehtuuria ja taajuusalueita. Langattoman lähiverkon tietoturva, jossa keskitytään eri salaustekniikoihin, sekä langattoman lähiverkon laitteita esitellään myös opinnäytetyössä teoriassa.

Teoriaosuuden jälkeen työssä on Mastonet-verkon jatkosuunnitelma, jossa langattoman lähiverkon suunnittelu Lahden matkakeskuksen ja Sibeliustalon välille aloitetaan tukiasemien, antennien sekä WLAN-kontrollerien valinnalla. Lopuksi langattomalle lähiverkolle kartoitetaan alue, jonka sen olisi tarkoitus kattaa, sekä käydään läpi verkon jatkokehitysmahdollisuuksia.

2 WLAN

2.1 Langaton lähiverkko

Langaton lähiverkko eli WLAN tulee sanoista wireless local area network ja tarkoittaa lähiverkkotekniikkaa, jolla voidaan langattomasti yhdistää erilaisia verkkolaitteita. Yleensä langattomilla lähiverkoilla tarkoitetaan IEEE 802.11 -standardia käyttäviä laitteiden liityntäverkkoa.

(Viestintävirasto 2014a.)

Langatonta lähiverkkoa käytetään usein esimerkiksi kotona, toimistoissa, kouluissa ja erilaisissa julkisissa tiloissa, kuten ravintoloissa, kahviloissa ja lentoasemilla. Suomessa WLAN-verkkotoimintaa aloitetaan tai laajennetaan hiljalleen muutamissa kaupungeissa. (Viestintävirasto 2014a.)

WLAN on standardina maailmanlaajuinen, joten verkot toimivat eri puolilla maailmaa samoilla radiotaajuusalueilla, 2,4 GHz ja 5,6 GHz.

Taajuusalueet on jaettu standardeissa useammaksi kanavaksi. Eri maissa ja alueilla käytettävissä olevat taajuudet ja kanavien määrä vaihtelevat, mutta laitteet, jotka käyttävät WLAN-tekniikkaa, toimivat kuitenkin kaikissa WLAN-verkoissa. (Viestintävirasto 2014a.)

2.2 WLAN-arkkitehtuuri

Langaton lähiverkko voidaan toteuttaa erilaisilla tavoilla. WLAN-arkkitehtuuri sisältää kolme erilaista topologiaa verkon luomiseen, jotka ovat ESS, BSS ja IBSS. Se, mitä topologiaa käytetään, vaikuttaa siihen, mitä langattomalta verkolta halutaan. (Granlund 2007, 294.)

ESS (Extended Service Set) tarkoittaa laajennettua palveluryhmää, joka koostuu useasta samaan verkkoon kytketystä tukiasemasta. Langattomat verkot, jotka koostuvat kahdesta tai useammasta tukiasemasta, kuuluvat ESS-verkkoon. Suurien langattomien verkkojen muodostamiseen käytetään ESS-topologiaa, jonka tarkoituksena on kattaa suurempia alueita. Runkoverkko DS (Distribution System) mahdollistaa työasemille autentikoinnin, jolloin työasema voi poistua autentikointitilasta tai liittyä verkkoon. (Granlund 2007, 296.)

BSS (Basic Service Set) tarkoittaa peruspalveluryhmää, joka on langattoman verkon käytetyin topologia. Topologiaa käytetään usein pienemmissä verkoissa, kuten kotiverkoissa. BSS-topologiassa verkko vaatii aina toimiakseen tukiaseman, joka on liittynyt pääverkkoon. Ilman tukiasemaa verkko ei ole käytettävissä. (Granlund 2007, 295.)

IBSS (Independent Basic Service Set) tarkoittaa itsenäistä palveluryhmää, joka toimii niin, että laitteet kommunikoivat keskenään. IBSS-topologian toimivuus ei ole niin hyvä kuin muiden topologioiden, johtuen useista katvealueista. IBSS-verkosta käytetään myös nimeä Ad-hoc-verkko. (Granlund 2007, 294.)

2.3 WLAN-standardit

WLAN-termillä tarkoitetaan IEEE 802.11 -standardia, eli langatonta lähiverkkoa. ETSI:n (European Telecommunications Standards Institute) HiperLan-standardi on myös langaton lähiverkko, mutta sen eri versiot eivät ole saavuttaneet suurempaa suosiota kuin IEEE 802.11 -standardi. Wi-Fi, WLAN ja 802.11 tarkoittavat samaa asiaa, vaikka termit eivät tarkalleen ole synonyymejä keskenään. Yleisimpänä nimityksenä käytetään nykyään Wi-Fi nimitystä, jota käytetään myös markkinointinimenä. (Wikipedia 2017c.)

IEEE julkaisi vuonna 1997 802.11-standardin, joka oli ensimmäinen WLAN-tekniikka. Tämä standardi määrittää OSI-mallin fyysisen kerroksen ja siirtokerroksen alemman puoliskon, jota nimitetään MAC-kerrokseksi (Media Access Control). Standardi toimii 2,4 - 2,4835 GHz:n ISM-taajuusalueella, jossa välitystekniikoina käytetään radiotietä ja infrapunaa. Verkkoyhteyksien siirtonopeudet standardilla ovat 1 Mbps ja 2 Mbps. Radiotaajuustekniikoista standardissa käytetään taajuushyppelyhajaspektritekniikkaa FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) sekä suorasekvenssihajaspektritekniikkaa DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum). DSSS-tekniikassa tiedonsiirto tapahtuu Bakerin sarjoja lähettämällä. Standardi määrittelee verkkotopologiaksi AdHoc-verkon sekä tukiasemiin perustuvan infrastruktuurin. (Wikipedia 2018.)

802.11b-standardi on IEEE:n julkaisema standardi vuonna 1999, josta käytetään myös nimeä 802.11hr (High Rate). Verkkoyhteyksien siirtonopeudet standardilla ovat 5,5 Mbps ja 11 Mbps, jotka ovat edelliseen standardiin verrattuna huomattavasti nopeammat. Yhteyden taajuusalue toimii samalla 2,4 GHz:n taajuudella kuin aiempikin, mutta tiedonsiirrossa käytetään CCK-tekniikkaa (Complement Code Keying), jossa tiedonsiirto lähetetään 64:n 6-bittisen koodisanan sarjoina. Toisena tiedonsiirtotekniikkana standardissa voidaan käyttää myös PBCC-tekniikkaa (Packet Binary Convolutional Coding), joka tukee Bakerin sarjaa. (Wikipedia 2018.)

802.11a-standardi julkaistiin myös vuonna 1999, ja se koki aikaisempaan standardiin verrattuna suuria muutoksia. Standardin taajuusalue toimii 5,000 - 5,875 GHz:n ISM-alueella (Industrial, scientific and medical) ja tiedonsiirto tapahtuu OFDM-tekniikkaa (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) hyödyntäen, joten verkkoyhteyksien nopeudet saatiin nostettua 54 Mbps. Standardin suosio ei ollut edustaan huolimatta yhtä suuri kuin aiemman 802.11b-standardin, johtuen korkeammasta taajuuden käytöstä, joka vaikutti kantaman pienentymiseen. Suosioon vaikutti myös hinnoiltaan korkeammat verkkolaitteet. (Wikipedia 2018.)

IEEE perusti tutkimusryhmän vuonna 2000, jonka tehtävänä oli kehittää 802.11b-standardin laajennusta. Vuonna 2003 tutkimustyön tuloksena syntyi 802.11g-standardi, joka on aiempien 802.11a-standardin ja 802.11b-standardin risteytys. Standardi käyttää tiedonsiirtoon CCK-OFDM-tekniikkaa sekä PBCC-tekniikkaa vaihtoehtoisena siirtotapana. Radiotaajuustekniikoista standardi määrittää OFDM-, HR-DSSS- ja DSSS-tekniikat. Liikennöinti tapahtuu nopeuksilla 54 Mbps ja 11 Mbps käyttäen 2,4 Ghz:n taajuusaluetta, joten standardi on yhteensopiva aiemman 802.11b-standardin kanssa. (Wikipedia 2018.)

IEEE julkaisi vuonna 2009 802.11n-standardin, jonka tarkoituksena oli WLANin suorituskykyä parantava standardi. Suurimmaksi bruttonopeudeksi määriteltiin 600 Mbit/s, vaikka todellinen nopeus on 100-200 Mbit/s. Standardi tukee MIMO-tekniikkaa (Multiple-input, Multiple output), jossa on käytössä yhtä aikaa useampi ilmatien kanava sekä useampi antenni. MIMO-tekniikalla saadaan useampia ilmakehän kanavia ja tasaisemmat kantamat. (Wikipedia 2018.)

802.11ac-standardia aloitettiin kehittämään vuonna 2011 ja se julkaistiin joulukuussa 2013. Standardi käyttää 5 Ghz:n taajuusaluetta sekä tukee MIMO-tekniikkaa. Siirtonopeudeksi standardi mahdollistaa 1600 Mbit/s, sekä 80 Mhz ja ja 160 Mhz kaistanleveydet. Kaistanleveytenä on mahdollista käyttää jatkuvasti 160 Mhz, suuren tiedonsiirtonopeuden

saamiseksi, sekä ajoittaista 80 + 80 Mhz:n tilaa päällekkäisyyksien välttämiseksi. (Wikipedia 2018.)

2.4 OSI-malli

OSI-malli (Open Systems Interconnection) on ISO:n (International Organization for Standardization) määrittelemä tietoliikenteen standardi, joka kehiteltiin 1980-luvun alussa. OSI-malli on jaettu seitsemään eri kerrokseen, joissa jokaisella on tietoliikenneverkossa oma tehtävänsä. (KUVIO 1.) Kerrosajattelussa jokainen kerros tuottaa palveluja ylemmälle kerrokselle, samalla kun se käyttää alempana olevan kerroksen tarjoamia palveluja. (Granlund 2007, 7.)



KUVIO 1. OSI-malli (Punomo 2018)

Fyysinen kerros on OSI-mallin alin kerros, joka määrittelee signaalinsiirtoon ja kaapelointiin liittyvät mekaaniset ja sähköiset arvot. Fyysisen kerroksen määrittäjiin kuuluu myös johtokoodaus, joka muuttaa lähetettävät bitit erilaisiksi signaalimuodoiksi. Fyysisen kerroksen aktiivilaitteisiin kuuluvat toistimet, keskittimet ja mediamuuntimet. (Hakala & Vainio 2005, 139.)

Siirtoyhteyskerros määrittelee, kuinka lähetettävästä datasta saadaan muodostettua kaapelointijärjestelmässä siirrettäviä yksiköitä, kuten soluja tai kehyksiä. Kerroksen tehtävänä on määrittää vastaanottavan ja lähettävän laitteen MAC-osoitteet. Siirtoyhteyskerroksen tärkeimmät aktiivilaitteet ovat kytkimet, sillat ja verkkokortit. Nämä toimivat myös fyysisen kerroksen laitteina. (Hakala & Vainio 2005, 139.)

Verkkokerros määrittelee reitityksen verkkojen välisessä yhteydessä sekä liikennöintimuotojen välisen priorisoinnin. Lähiverkoissa käytetään tehtävien hoitamiseen yleensä IP-protokollaa (Internet Protocol) sekä Novellin IPX-protokollaa (Internetwork Packet eXchange). Verkkokerroksella reititin on keskeisin aktiivilaite. (Hakala & Vainio 2005, 139.)

Kuljetuskerroksen tehtävistä lähiverkoissa huolehtivat kuljetusprotokollat TCP (Transmission Control Protocol), Novellin SPX (Sequential Packet Exchange) ja NetBIOS. Protokollien tehtävänä on sovellusten lähettämän datavirran pilkkominen käsittelykokosiin osiin sekä huolehtia yhteyden muodostamisesta asiakas- ja palvelinohjelmistojen välillä. Vuonohjaus on tehtäväkokonaisuus, joka muodostuu datan pilkkomisesta, lähetettävän pakettikoon määrittämisestä sekä kuittauksesta. Kehittyneemmät kuljetusprotokollat ilmoittavat dataa lähettävälle laitteelle kuinka paljon dataa voidaan maksimissaan ottaa vastaan sekä seuraavat laitteen kuormitustilannetta. Tällaista protokollaa kutsutaan yhteydelliseksi protokollaksi. TCP/IP-protokollaperheeseen kuuluva UDP (User Datagram Protocol) huolehtii ainoastaan datavirran pilkkomisesta, eli vain osasta

vuonohjauksesta. Tällaista kutsutaan yhteydettömäksi protokollaksi. (Hakala & Vainio 2005, 139-140.)

Istuntokerroksen tehtäviin kuuluvat käyttöoikeuksien tarkistukset sekä järjestelmän suojauksiin liittyvät tehtävät. Sen ohjelmistot tarjoavat salausmenetelmät ja kirjautumisrutiinit sekä huolehtivat tietue-, tiedosto- ja kenttälukituksista. Istuntokerroksen tehtäviin kuuluu myös keskusmuistialueiden suojaus. Käyttöjärjestelmä vastaa useimmista tehtävistä nykyisissä järjestelmissä. Kerroksen ohjelmistoina toimivat osittain tietokantojen hallintajärjestelmät sekä salausohjelmistot. (Hakala & Vainio 2005, 140.)

Esitystapakerroksen tehtävänä on määrittellä, missä muodossa tapahtuu sanomaliikenne asiakkaan ja palvelimen välillä. Erilaiset koodausjärjestelmät kuuluvat esitystapakerroksen määrittelyihin. Järjestelmien välinen tiedon siirto tapahtuu binäärimerkkijoina. Yhden tietotyypin siirrossa joudutaan sanomarakenteeseen määrittelemään, kuinka alkuperäiset tietotyypit saadaan koodattua binäärimerkkijoina ja kuinka ne saadaan dekodattua takaisin alkuperäiseen muotoon vastaanottavalle sovellukselle. Käyttöjärjestelmä huolehtii tehtävistä nykyisissä lähiverkkojärjestelmissä. (Hakala & Vainio 2005, 140.)

Sovelluskerros määrittelee ne osat käyttöjärjestelmien ja sovellusten toiminnasta, joita ei ole määritelty alemmissä kerroksissa. Sovellus-, esitystapa- ja istuntokerroksesta muodostuu yksi ohjelmallinen kokonaisuus, joiden toisistaan erottaminen ei ole mahdollista nykyisissä lähiverkkojen sovelluksissa ja käyttöjärjestelmissä. Esitystapakerros voidaan erottaa yleensä TCP/IP-protokollin perustuvissa sovelluksissa, joissa määritellään käytettävien sanomien muoto palvelinohjelmiston ja asiakasohjelmiston välisessä liikenteessä. (Hakala & Vainio 2005, 140 - 141.)

2.5 WLAN-modulointitekniikat

FHSS (Frequency-hopping spread spectrum) eli taajuushyppely on ensimmäinen laajemmin käytössä ollut modulaatitekniikka.

Taajuushyppelyn suurin hyöty on saada useammat verkot toimimaan samalla taajuuskanavalla ja alueella samanaikaisesti. Taajuushyppelyssä jaetaan tasaisiin taajuusväleihin käytetty taajuuskaista. Kaikkia taajuusvälejä voidaan käyttää samanaikaisesti, mutta samalla taajuusvälillä ei voida liikennöidä samalla aikavälillä. Aikavälit ovat kestoltaan 40 millisekuntia. Useampi eri verkko voi liikennöidä samaa taajuusaluetta käyttäen, mikäli jokainen verkko käyttää liikennöintiin samalla aikavälillä eri taajuuksia. (Gast 2012, 170 - 175.)

DSSS (Direct-sequence spread spectrum) eli suorasekvensointi on tekniikka, jossa osiin jaettu sanoma lähetetään yhtenä signaalina koko taajuusaluetta käyttäen. Tiedonsiirrossa kohinan kaltaiseen suurinopeuksiseen kantaaltoon sekoitetaan lähetettävä pieninopeuksinen datasiignaali. Vastaanotin pystyy tunnistamaan kohinan, joten sanoman ottaminen kohinan seasta onnistuu, vaikka lähetettävän sanoman voimakkuus olisi 10dB vaimeampi kuin kohina. Kohina tunnetaan lyhenteellä PN-koodi, jonka luomiseen DSSS:n käyttää Barker-koodausta 11MHz:n ajoitustaajuudella. PN-koodia käytetään datasiignaalin levitykseen ja ohjausbittien merkitsemiseen. (Gast 2012, 181 - 186.)

OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)

-modulointitekniikassa tiedonsiirto tapahtuu usealla toisiaan häiritsemättömällä taajuuskanavalla samaan aikaan. OFDM jakaa käytettävän taajuuskanavan pienempiin alikanaviin ja tiedonsiirtoon osallistuu jokainen alikanava. Alikanavat multiplekstataan yhdeksi laajakaistaiseksi signaaliksi. Useat pienet datavirrat lähettävät tietoa hitaalla tiedonsiirtonopeudella, mutta lopputuloksena tulee yksi iso datavirta, jolla tiedonsiirtonopeus on huomattavasti nopeampi.

Tiedonsiirtonopeudet OFDM-tekniikalla ovat nopeammat kuin DSSS- tai FHSS-tekniikoissa. (Silviu 2010, 656.)

MIMO (Multiple-in, multiple-out) on tekniikka, jossa käytetään useampaa kuin yhtä antennia verkossa tapahtuvaan liikennöintiin. MIMO-tekniikkaa käytetään uusimmassa 802.11n-standardissa, joka on valinnainen tekniikka, jolla saadaan saavutettua nopeampi tiedonsiirto vanhempiin standardeihin. Käytettävissä oleva taajuusalue rajoittaa käytettävien lähetin- ja vastaanotinantennien määrää. MIMO:n menetelmää, jossa päätelaitteessa on yksi antenni ja tukiasemassa kaksi antennia, käytetään usein WLANissa. Tällaista kuvataan yleensä MISO/SIMO-tilaksi. Tukiasema voi käyttää lähettämiseen ja vastaanottamiseen myös vain yhtä antennia. (Viinikka 2012, 16.)

2.6 Taajuusalueet

Langattomille verkoille IEEE-standardien käyttämät taajuusalueet ovat 2,4 GHz ja 5 GHz. Yhdysvalloissa taas 802.11y -standardin mukaisesti käytössä ovat 3,6 GHz ja 4,9 GHz taajuusalueet. 5 GHz:n edut verrattuna 2,4 GHz:n taajuusalueeseen ovat datan tiheämpi kulku, suurempi kaistannopeus ja 19 tukiaseman toimiminen saman aikaisesti, niiden häiritsemättä toisiaan. 2,4 GHz:n taajuusalue on huomattavasti ruuhkaisempi, johtuen monien muiden laitteiden toimivan samoilla taajuuksilla. Esteiden läpäisykyky, sekä parempi kantoalue on kuitenkin parempi 2,4 GHz taajuusalueella. (Holm 2014, 13.)

2,4 GHz taajuusalue on langattomissa lähiverkoissa yleisin käytettävä taajuusalue, jolla tarkoitetaan ISM-taajuusaluetta. Tämä alue kattaa 2400-2483,5 MHz taajuudet. (TAULUKKO 1.) Taajuusalueet ja kaistanleveydet vaihtelevat eri mailla. Euroopassa taajuusalueita on 13 kanavaa, jotka ovat 22 Mhz leveitä ja ne ovat 5 MHz:n välein toisistaan. Kanavat menevät päällekkäin aiheuttaen häiriöitä viereisille kanaville. Kanavat 1, 6 ja 11 ovat yleisimmät käytössä olevat kanavat, jotka voivat toimia samaan aikaan häiritsemättä toisiaan. (Silviu 2010, 654.)

TAULUKKO 1. 2,4 GHz:n taajuusalueen kanavat (Wikibooks 2015)

Taajuusalue (MHz)	Numero	Päällekkäin
2401 - 2423	1	2 3 4 5
2406 - 2428	2	1 3 4 5 6
2411 - 2433	3	1 2 4 5 6 7
2416 - 2438	4	1 2 3 5 6 7 8
2421 - 2443	5	1 2 3 4 6 7 8 9
2426 - 2448	6	2 3 4 5 7 8 9 10
2431 - 2453	7	3 4 5 6 8 9 10 11
2436 - 2458	8	4 5 6 7 9 10 11 12
2441 - 2463	9	5 6 7 8 10 11 12 13
2446 - 2468	10	6 7 8 9 11 12 13
2451 - 2473	11	7 8 9 10 12 13
2456 - 2478	12	8 9 10 11 13
2461 - 2483	13	9 10 11 12

5 GHz:n käytettävä taajuusalue langattomissa lähiverkoissa on 5,170 - 5,835 GHz, joka jaetaan 24 kanavaan. (TAULUKKO 2.) Kanavat ovat 20 MHz leveitä, joten taajuusalueella on mahdollista toimia 24 tukiasemaa häiritsemättä toisiaan. (Silviu 2010, 653.)

Euroopassa käytössä on 19 kanavaa, joista vain sisäkäyttöön on tarkoitettu kahdeksan ensimmäistä kanavaa ja loput yksitoista kanavaa tarkoitettu sisä- ja ulkokäyttöön. Kanavoista viisi viimeistä on tarkoitettu lyhyen kantaman laitteille, kuten langattomille mikrofoneille ja kaukosäätimille. Kanavat ovat jaettu kolmeen eri ryhmään ja niiden kanavanumerot ovat toisistaan neljän välein. Kanavat 36 - 64 ovat

sisätiloihin tarkoitetut kanavat, 100 - 140 ovat sisä- ja ulkokäyttöön tarkoitetut kanavat ja loput 149 - 165 kanavat ovat lyhyen kantaman langattomille laitteille. (Electronics-notes 2018.)

TAULUKKO 2. 5 GHz:n taajuusalueen kanavat (Wikibooks 2015)

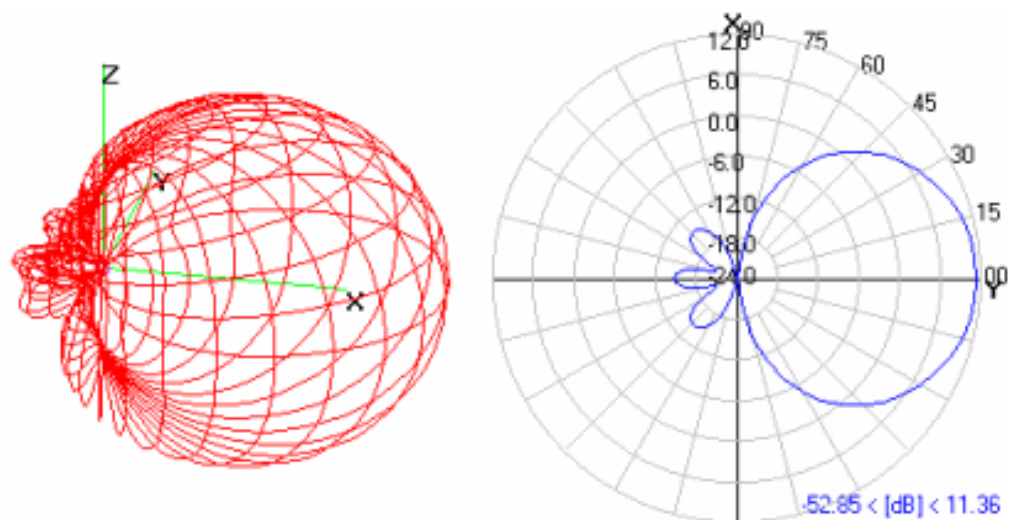
Taajuusalue (MHz)	Numero	Rajoitukset
5180 - 5200	36	Vain sisätiloissa
5200 - 5220	40	Vain sisätiloissa
5220 - 5240	44	Vain sisätiloissa
5240 - 5260	48	Vain sisätiloissa
5260 - 5280	52	Vain sisätiloissa
5280 - 5300	56	Vain sisätiloissa
5300 - 5320	60	Vain sisätiloissa
5320 - 5340	64	Vain sisätiloissa
5500 - 5520	100	
5520 - 5540	104	
5540 - 5560	108	
5560 - 5580	112	
5580 - 5600	116	
5600 - 5620	120	
5620 - 5640	124	
5640 - 5660	128	
5660 - 5680	132	
5680 - 5700	136	
5700 - 5720	140	

2.7 Antennit

Antenneja käytetään radioaaltojen lähettämiseen sekä vastaanottamiseen. Tehtävänä on datan siirtäminen vapaaseen tilaan tai vapaasta tilasta vastaanottimelle mahdollisimman tehokkaasti. Antenneja on monenlaisia ja niiden käyttökohteet riippuvat pitkälti niiden tarpeesta. Antennit voidaan jakaa kahteen ryhmään: suunta-antenneihin sekä ympärisäteileviin antenneihin. Suunta-antenneja käytetään vain silloin, kun vastaanotto- tai lähetyssuunta tiedetään. Suunta-antenneja ovat esimerkiksi lautasantennit eli paraboliset peiliantennit, joita satelliittiviestinnässä käytetään. Ympärisäteileviä antenneja taas ovat esimerkiksi mastoantennit, jotka vastaanottavat radioaaltoja monesta eri suunnasta samanaikaisesti. (People.uta 2018.)

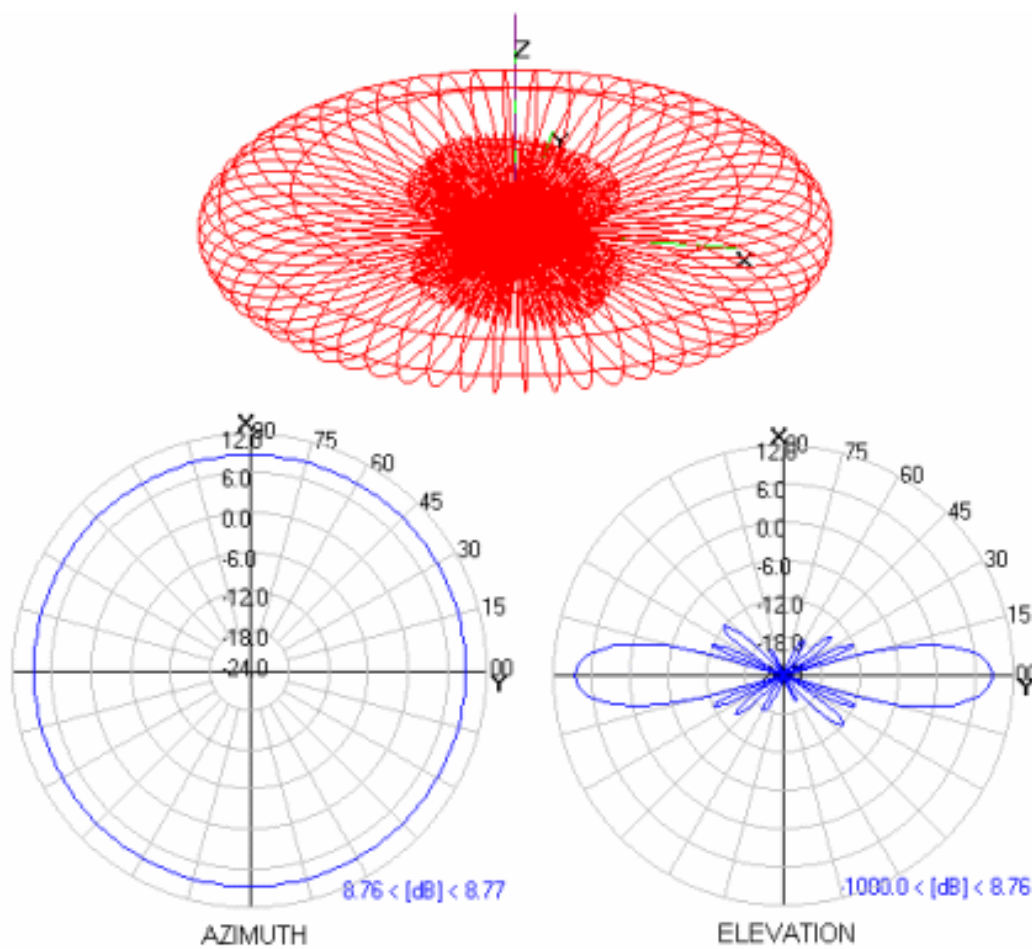
Antennien valmistuksessa antennit optimoidaan tietyille taajuusalueelle. Langattomissa lähiverkoissa käytetään 2,4 GHz:n tai 5 GHz:n taajuusalueille optimoituja antenneja. Ympärisäteileviä dipoliantenneja ovat yleensä tukiasemien antennit, joiden antennivahvistus on 2,2 dBi käytetyllä taajuusalueella. Antenni valitaan yleensä antennivahvistuksen ja säteilykuvion perusteella. (Puska 2005, 63.)

Suunta-antenneilla lähetysteho saadaan haluttuun suuntaan suurimmaksi. Suunta-antenneja ovat esimerkiksi Yagi- ja heijastinantennit. Suuntaavana antennina voidaan myös käyttää levyantennia, mikäli se on siihen käyttötarkoitukseen suunniteltu. Suunta-antenneja voidaan käyttää myös linkkeinä tukiasemien väleillä. Pidemmällä etäisyyksillä tarvitaan tehokkaampia antenneja, sekä esteettömän näköyhteyden merkitys kasvaa. Maan kaareutuminen on alettava ottamaan huomioon yli kuuden kilometrin välimatkoissa. Suoran yhteyden luomisessa tukiasemien välille, suunta-antennien käyttö on tarpeellista. Tehokkuus perustuu suuntaavuuteen, jolloin lähettämä teho kohdistuu pienemmälle alueelle. (KUVIO 2.) (Trevormarshall 2001.)



KUVIO 2. Suunta-antennin säteilykuviot (TechRepublic 2010)

Ympärisäteilevää antennia käytetään, kun halutaan alueelle mahdollisimman suurta peittoa. Tavallisimpia ympärisäteileviä antennejä ovat levyantenni, dipoliantenni, sauva-antenni sekä WLAN-laitteiden sisäiset antennit. Ympärisäteilevän antennin säteily pystysuunnassa on hyvin kapea sekä epäsymmetrinen. (KUVIO 3.) Alueen alapuolelle muodostuu katvealue, joka voi joissakin tapauksissa olla haitallista. Ympärisäteilevät antennit ovat yleisimpiä kodeissa ja toimistoissa, sillä radioaallot säteilevät tasaisesti joka suunnasta antennia. (Trevormarshall 2001.)



KUVIO 3. Ympärisäteilevän antennin säteilykuviot (TechRepublic 2010)

3 LANGATTOMAN LÄHIVERKON TIETOTURVA

3.1 Langaton tietoturva

Langattomien verkkojen tietoturva on kaapeliverkkoon verrattuna huomattavasti haasteellisempaa, koska sitä on vaikeampi hallita.

Tietoturvan uhkana on ulkopuolisten pääsy dataan, mikäli tietoturva on puutteellinen. (Puska 2005, 70.)

Laitteiden fyysinen tietoturva on myös tärkeää langattomissa lähiverkoissa, joten laitteiden sijoittaminen on tärkeää, ettei ulkopuoliset pääse niihin käsiksi. (Puska 2005, 70.) Langattoman verkon suojaamisessa tiedostot ja tiedot pysyvät yksityisinä, joten suojaaminen on tärkeä toimenpide niin kotiverkoissa kuin yritysverkoissa (Silviu 2010, 665).

3.2 Salaustekniikat

Langattomien verkkojen suojautuminen hyökkäyksiltä on vaativaa ja haastavaa. Suojautumista voitaisiin parantaa rakennusten eri suunnitelmilla sekä rakennustekniikoilla. Tämä on kuitenkin jälkikäteen haasteellista toteuttaa, joten tietoteknisten suojautumismuotojen käyttäminen on suositeltavampaa. (Geier 2005, 177-178.) Langattoman lähiverkon suojaamiseksi on määritelty monia salaustekniikoita, jotka salakirjoittavat tukiaseman ja päätelaitteen välillä kulkevat viestit (Viestintävirasto 2014b).

WEP-salaus (Wired Equivalent Privacy) on ensimmäisen 802.11-standardin salaustekniikka, jossa oli vain 40-bittinen salausavain johtuen Yhdysvaltain tiukoista vientimääräyksistä. WEP käyttää RC4-salausmenetelmää, joka perustuu symmetriseen salaukseen. RC4-salausmenetelmä on RSA Security-yhtiön kehittämä menetelmä. Käytännössä lähetettävän tiedon salaus tapahtuu salausavaimella, joka on laskettu RC4-algoritmilla ja tiedon vastaanottaja purkaa lähetetyn tiedon

samalla salausavaimella. Salausavaimena voidaan käyttää 64- tai 128-bittistä salausavainta. RC4-salausalgoritmi on kuitenkin todettu puutteelliseksi ja WEP-salaus on saatu täysin murrettua. Salauksen murtamiseen on nykyään yleisesti saatavilla olevia ohjelmistoja, joilla salauksen saa murrettua melkein kuka tahansa. WEP-salausta ei tämän ongelman vuoksi suositella käytettäväksi salausmenetelmäksi. (Gast 2012, 96 - 107.)

WPA-salaus (Wi-Fi Protected Access) kehitettiin WEP-salauksessa olevien puutteiden ja ongelmien korjaamiseksi. Salauksia käytettiin valiaikaisena ratkaisuna langattomien verkkojen salausongelmissa. WPA käyttää salausavainten hallintaan TKIP-tekniikkaa (Temporal Key Integrity Protocol), joka käyttää omaa salausavainta jokaiselle lähetetylle paketille. TKIP-tekniikalla voidaan käyttää 128-bittistä salausavainta. TKIP tarvitsee erillisen autentikointipalvelimen, jolla salausavaimisto saadaan toteutettua, joten TKIP-protokollaan perustuvaa WPA-salausta käytetään yleensä vain laajemmissa langattomissa verkoissa. (Aspinwall 2003, 276.)

WPA toimii myös ilman autentikointipalvelintä, jolloin salausmenetelmänä käytetään PSK-salausavainta (Pre Shared Key). PSK-salausavainta käytettäessä asiakas ja tukiasema todentavat, että molemmilla on sama avain. Salauksessa käytetään 256-bittistä salausavainta. Salausavain koostuu ASCII muodossa olevista kirjaimista tai 64 heksadesimaalimerkistä, joten salausavaimen pituudeksi tulee 8-63 merkkiä. (Aspinwall 2003, 277.)

WPA2-salauksessa salausavaimen hallintaan on lisätty mahdollisuus käyttää AES-salausalgoritmia (Advanced Encryption Standard). AES-salausalgoritmi vaatii erillisen salauspiirin sitä tukevalta laitteelta ja on yleisesti saatavilla oleva symmetrinen salausmenetelmä, joka on murtamaton tähän päivään mennessä. AES-salausalgoritmilla voidaan käyttää 256-bittistä salausavainta. Salaus perustuu pakettisalaukseen, jolloin salattu paketti on samankokoinen aina. (Viinikka 2012, 19-20.)

WPA2 käyttää uutta nelivaiheista kättelymenetelmää, jossa tukiasema lähettää kertaluontoisen salatun paketin päätelaitteelle, joka muodostaa lähetetyn paketin avulla uuden salausavaimen, jonka päätelaite lähettää takaisin tukiasemalle. Tukiasema muodostaa uudelleen uuden salausavaimen, joka muodostetaan tukiaseman alkuperäistä viestiä käyttäen, päätelaitteen lähettämää viestiä sekä tukiaseman ja päätelaitteen MAC-osoitetta. Tukiasema lähettää tämän jälkeen salausavaimen päätelaitteelle, joka kuittaa tukiasemalle tiedon ja hyväksyy salausavaimen. (Viinikka 2012, 19-20.)

TKIP (Temporal Key Protocol) on tietoturvaprotokolla, jonka tehtävänä on huolehtia yhteyksien turvaamisesta ja salaamisesta langattomissa lähiverkoissa. Salausavaimen pituus on 128-bittiä ja liikenteen salaus tapahtuu RC4-algoritmilla. TKIP-salauksen hyvänä puolena on kehyskohtaiset avaimet, jolloin laitteet salaavat 128 bittisellä aloitusavaimella, joka yhdistetään työaseman MAC-osoitteeseen sekä neljään eniten merkitsevään bittiin kehyksen järjestysnumeroissa. Kahteen alimpaan bittiin yhdistetään väliaikainen avain, josta tulee kehyskohtainen avain. Jokaisella laitteella on oma kehyskohtainen avaimensa. Satunnaisavaimet vaihtuvat noin 10000 paketin jälkeen, tietoturvan vaatimuksista riippuen. (Geier 2005, 183.)

AES (Advanced Encryption Standard) on symmetrinen salausalgoritmi, joka tarkoittaa, että tiedon purkamiseen ja salaamiseen on käytettävä samaa avainta. AES-salausta käytetään eri ohjelmistojen, henkilötietojen, verkkoliikenteen, sekä IT-infrastruktuurien suojelemiseen. AES purkaa tiedon monien kierrosten läpi, joiden lukumäärä on 10, 12 tai 14 riippuen kuinka pitkä salausavain on. Salausavaimet voivat olla 128-, 192-, tai 256-bittisiä. AES on tänäkin päivänä murtamaton ja on siksi luotettavimpia salaustapoja. (Yksityisyydensuoja 2018.)

SSID (Service Set Identifier) on verkkotunnus langattomalle verkolle, josta verkko tunnistetaan. Verkkotunnuksella voidaan erottaa myös samalla alueella olevat muut langattomat verkot toisistaan. Langattoman verkon laitteiden on tiedettävä verkon SSID, jotta yhteys on mahdollista. SSID-tunnus voi koostua enintään 32 alfanumeerisesta merkistä.

Aakkosnumeeriset merkit voivat koostua aakkosten kirjaimista A-Z, sekä numeroista 0-9 välillä. SSID voidaan piilottaa, mikäli halutaan että verkkotunnus ei näy julkisesti. Verkkotunnuksen piilottaminen ei kuitenkaan vaikuta tietoturvaan, sillä SSID on helposti mahdollista saada selville verkkoa kuuntelemalla. (Wikipedia 2017a.)

4 LANGATTOMAN LÄHIVERKON LAITTEET

Langaton lähiverkko koostuu yleensä yhdestä tai useammasta WLAN-tukiasemasta (Access Point), WLAN-kontrollereista (WLAN-controller), sekä päätelaitteista (client). Pelkästään päätelaitteista koostuvia verkkoja kutsutaan Ad-hoc-verkoiksi. Langaton lähiverkko toteutetaan useimmiten kiinteän lähiverkon laajennukseksi, joten langattomat lähiverkon laitteiksi voidaan kutsua myös kiinteän lähiverkon laitteet kuten reitittimet, kytkimet, palvelimet ja palomuurit. (Hovatta 2005, 13.)

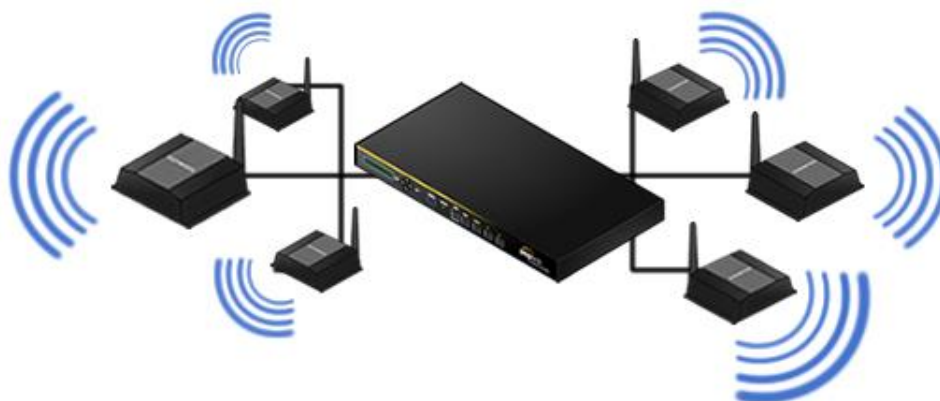
WLAN-tukiasema AP (Access Point) on laite, jolla radioverkko saadaan toteutettua langattomalle lähiverkolle. Tukiasema toimii päätelaitteen ja kiinteän lähiverkon välillä siltana, joten sen tehtävänä on välittää langallisen lähiverkon liikenne langattomasti WLAN-verkossa olevaan päätelaitteeseen. (Hovatta 2005, 13.)

Tukiasemien ominaisuudet vaihtelevat paljon, sillä WLAN -tekniikkaa käytetään monenlaisiin käyttötarkoituksiin ja monenlaisissa eri ympäristöissä. Suuremmilla alueilla voi olla sisä- ja ulkotiloja, joissa etäisyydet ovat pitkiä ja päätelaitteita voi olla suuria määriä, joten tukiasemat vaativat erilaisia ominaisuuksia verrattuna kodeissa käytettäviin tukiasemiin, missä etäisyydet ovat lyhyitä ja päätelaitteita vähemmän. Tukiasemia voidaan käyttää itsenäisesti, tai halutessaan WLAN-kontrollerin kanssa. Tukiasemia, jotka toimivat ainoastaan WLAN-kontrollerin kanssa, kutsutaan thin access point -laitteiksi. (Hovatta 2005, 13.)



KUVIO 4. CISCO:n WLAN-tukiasema (Verkkokauppa 2017)

WLAN-kontrolleri (WLAN-controller) on laite, jota käytetään verkon keskitettyyn hallintaan, kun WLAN-tukiasemia on useita. WLAN-kontrolleriin on keskitetty toimintoja, joita on aiemmin toteutettu WLAN-tukiasemissa, joten tukiasemista saa tehtyä rakenteeltaan ja toiminnallisuudeltaan kevyempiä, sekä halvempia valmistaa. Verkon hallinnassa ilmenevät keskitetysti hallitun ratkaisun edut, esimerkiksi kun WLAN-tukiasemien firmware-ohjelmistot saadaan päivitettyä kaikkiin laitteisiin WLAN-kontrolleria käyttäen. WLAN-kontrollerin avulla useamman tukiaseman verkkoon voidaan kerralla tehdä myös WLANien luomiset, salaukset, sekä pääsyylistat. Rikkoutuneen WLAN-tukiaseman vaihto helpottuu huomattavasti, kun uudelle tukiasemalle saadaan haettua asetukset automaattisesti WLAN-kontrollerilta, ilman lisäkonfiguraatioiden tekemistä. Keskitetysti hallituissa ratkaisuisissa on yleensä automatisoivia toimintoja radioverkon kanavasunnittelulle sekä WLAN-tukiasemien välistä liikkuvuutta kehittäviä ratkaisuja. (Hovatta 2005, 16 - 17.)



KUVIO 5. WLAN-kontrollerin toimintamalli (Peplinkworks 2017)

Päätelaite (client) on laite, jolla on mahdollista liittyä langattomasti lähiverkkoon WLANin kautta. Laite voi olla älypuhelin, tablet-tietokone, kannettava tietokone, tai mikä tahansa laite, jossa on sisäinen tai ulkoinen langaton verkkosovitin. Päätelaitteen täytyy olla tukiasemaa vastaava 802.11 -standardin mukainen laite. (Hovatta 2005, 17.)

5 AVOIMET KAUPUNKIVERKOT

5.1 Mastonet

Mastonet on Lahden kaupungin avoin langaton verkko kaupungissa vieraileville käyttäjille, sekä kaupungin asukkaille. Mastonet tarjoaa käyttäjilleen ilmaisen internet-yhteyden kaupungin julkisilla paikoilla, kuten rautatieasemalla, linja-autoasemalla, kirjastossa, Sibeliustalolla ja sataman alueella, sekä muissa paikoissa joissa ihmiset liikkuvat ja oleskelevat eniten. (Mastonet 2011.)

Mastonet-verkko rakennettiin alun perin vuonna 2005 Lahden stadionille Salpausselän kisojen vierailijoita varten, minkä jälkeen samaan verkkoon liitettiin Lahden kaupungin peruskoulut. Myöhemmin verkkoon yhdistettiin lisäksi myös Suomen 4G:n kaupallinen verkko, joka oli Lahti Energian tytäryhtiö. Mastonet-verkon tulevaisuudesta käytiin julkinen keskustelu vuonna 2007, jonka jälkeen verkon ylläpidosta vastasi vähän aikaan Lahti Energia, kunnes ylläpitosopimus irtisanottiin vuonna 2008. Verkon ylläpidosta on vastannut vuodesta 2009 lähtien Lahden ammattikorkeakoulu, joka samalla vastaa myös verkon kehittämisestä, sekä vaiheittaisesta verkon uudistamisesta. (Wikipedia 2017b.)

Mastonet-verkko toimii samalla Lahden ammattikorkeakoulun Tietotekniikan koulutusohjelman opiskeluympäristönä, jossa osana tietotekniikan insinööriopinnoissa verkkoa kehitetään (Mastonet 2011).

Ylläpidon rahoittajana on toiminut Lahden kaupunki (Wikipedia 2017b).

5.2 PanOULU

PanOULU (Public access network OULU) on Oulun kaupungin tarjoama avoin langaton verkko, joka ei vaadi käyttäjilleen erillistä sisäänkirjautumista tai rekisteröitymistä (Wikipedia 2016).

Vuonna 2003 Oulun kaupunki, Oulun puhelin Oy, Oulun ammatti-korkeakoulu sekä Oulun yliopisto tekivät yhteistoimintasopimuksen, jossa niiden avoimet langattomat verkot liitettiin yhdeksi yhtenäiseksi verkoksi. Verkko nimettiin panOULU-verkoksi. Merkittävä kasvu panOULU-verkolle tapahtui vuonna 2005 Oulun kaupungin 400-vuotispäivänä, kun verkkoa päätettiin aloittaa laajentamaan 400 tukiasemalla julkisille alueille vuoden 2007 loppuun mennessä. Verkon käyttö tuplaantui, kun käyttäjätunnuksen vaatinut sisäänkirjautuminen poistettiin verkosta vuonna 2005, jolloin verkosta tuli Suomen suurin käyttäjämäärältään, sekä kuuluvuusalueen laajuudelta. Verkko laajeni yli kahdellasadalla tukiasemalla kahdeksaan Oulun seudun kuntaan vuonna 2009 ja kokonaisuus kattoi reilusti yli tuhat tukiasemaa jo vuonna 2010. (panOULU 2013.)

PanOULU kuuluu Oulun keskustassa laajalla alueella, sekä monessa julkisessa rakennuksessa, kuten Raksilan jäähallissa, Nallikarin leirintäalueella ja kaupunginkirjastossa. Verkko toimii myös joissakin paikallisliikenteen linja-autoissa, sekä Hailuotoon liikennöivillä lautoilla. Oulun lentoasemalla on käytössä panOULU-verkko, joka on Suomen lentoasemilla ensimmäinen avoin ja maksuton langaton verkko. (Wikipedia 2016.)

6 MASTONET-VERKON JATKOSUUNNITELMA

6.1 Jatkosuunnitelman lähtökohta

Työn tavoitteena on suunnitella Lahden alueella toimivalle Mastonet-verkolle jatkosuunnitelma, joka kattaisi katkeamattoman langattoman lähiverkkoyhteyden Lahden matkakeskuksesta Sibeliustalolle.

Langattoman lähiverkkoyhteyden on tarkoitus tarjota käyttäjilleen katkeamaton avoin lähiverkkoyhteys Lahden matkakeskuksen ja Sibeliustalon väliselle alueelle, kulkien Lahden keskustan sekä Vesijärven sataman kautta.

Kyseisellä alueella kulkee paljon paikallisia sekä Lahdessa vierailevia ihmisiä, joten langattomalle lähiverkolle on varmasti paljon käyttäjiä. Verkko on tarpeellinen, esimerkiksi turisteille tai työmatkalla vieraileville ihmisille. Suunnitelma tehdään Lahden ammattikorkeakoululle, joka vastaa Mastonet-verkon ylläpidosta. Mastonet-verkko tulee tulevaisuudessa toimimaan nimellä Lahti Free Wifi. Mastonet-verkon jatkosuunnitelma toteutettiin ilman kanava- tai kuuluvuusmittauksia.

6.2 Langattoman lähiverkon suunnittelu

Langattoman lähiverkon suunnittelu Lahden matkakeskuksen ja Sibeliustalon välille aloitettiin tukiasemien, antennien sekä WLAN-kontrollerien valinnalla. Lopuksi kartoitettiin langattomalle lähiverkolle alue, jonka sen olisi tarkoitus kattaa.

Tukiasemien valinnassa vaikuttavimpana tekijänä oli ulkokäyttöön suunnitellun tukiaseman valitseminen, joka olisi kyseiseen ympäristöön sopiva. Tukiasemien valinnassa vertailtiin kolmea eri ulkokäyttöön suunniteltua tukiasemaa. Vertailussa olivat Cisco Aironet 1572EAC, Cisco Aironet 1562D, sekä HPE Aruba 274 -tukiasemat.

	Cisco Aironet 1572EAC	Cisco Aironet 1562D	HPE Aruba 274
Taajuuskaista	2,4 GHz, 5GHz	2,4 GHz, 5 GHz	2,4 GHz, 5 GHz
Tiedonsiirtonopeus	1.3 Gbit/s	1.3 Gbit/s	1.3 Gbit/s
Linjakoodausmuoto	CCK	CCK	CCK, 64 QAM, 256 QAM, BPSK, QPSK, 16 QAM, OFDM
Tiedonsiirtoprotokolla	IEEE 802.11b IEEE 802.11a IEEE 802.11g IEEE 802.11n IEEE 802.11ac	IEEE 802.11b IEEE 802.11a IEEE 802.11g IEEE 802.11n IEEE 802.11ac IEEE 802.11ac Wave2	IEEE 802.11n IEEE 802.11ac IEEE 802.11b IEEE 802.11a IEEE 802.11g
Vähimmäiskäyttölämpötila	-40 °C	-40 °C	-40 °C
Enimmäiskäyttölämpötila	65 °C	65 °C	65 °C
Liitännät	1 x 1000Base-T(PoE+) - RJ-45 4 x antenni - N connector 1 x - SFP (mini-GBIC) 1 x konsoli - RJ-45 1 x antenni	1 x 1000BaseT(PoE) - RJ-45 (WAN) 1 x - SFP (mini-GBIC) (WAN) 1 x konsoli - RJ-45	6 x antenni - N connector 1 x konsoli 1 x 1000Base-T(PoE+) - RJ-45 1 x 1000Base-T - RJ-45
Ominaisuudet	Laitekohtainen automaattinen havaintotoiminto, MAC-osoitesuodatus, DFS-tuki, VPN-läpimeno, nollaus-painike, keskelle kiinnitettävä, Maximum Ratio Combining (MRC), 4T4R MIMO -teknologia, GPS-synkronointi yhteensopiva, ClientLink 3.0 -tekniikka, toistuvien jakojen moninaisuus (CSD), CleanAir 2.0 technology, Cisco Flexible Antenna Port technology, keilanmuodostustekniikka, paketin yhdistäminen A-MPDU, paketin yhdistäminen A-MSDU	Laitekohtainen automaattinen havaintotoiminto, MAC-osoitesuodatus, DFS-tuki, VPN-läpimeno, CleanAir-tekniikka, nollaus-painike, 2T2R MIMO -teknologia, ClientLink-tekniikka, Maximum Ratio Combining (MRC), radioresurssien hallinta (RRM), toistuvien jakojen moninaisuus (CSD), MU-MIMO-tekniikka, Cisco Flexible Antenna Port technology, keilanmuodostustekniikka, paketin yhdistäminen A-MPDU, paketin yhdistäminen A-MSDU, High Density Experience (HDX)	Laitekohtainen automaattinen havaintotoiminto, PoE+, Maximum Ratio Combining (MRC), Dual-band 802.11n, 3T3R MIMO -teknologia, Low Density Parity Check (LDPC), Transmit Beam-forming (TxBF) ready, Power over Ethernet (PoE), Automaattinen maa-satelliittiyhteys (auto MDI/MDI-X), IEEE 802.11n, IEEE 802.11b, IEEE 802.3at, IEEE 802.11ac, IEEE 802.11a, IEEE 802.3af, IEEE 802.11g, Wi-Fi CERTIFIED, FCC, R&TTE, EN 301.893, EN 60601-1-2, cTUVus, IP67, IP66, FIPS, LVD, EN 60950, IEC 60950, UL 60950, CB, EN 300.328

KUVIO 6. Tukiasemien tekniset tiedot taulukoituna

Tukiasemat eivät teknisesti eroa paljon toisistaan, lukuun ottamatta Cisco Aironet 1562D -tukiasemaa, jossa ei ulkoisille antennille ole mahdollisuutta. Eroa tukiasemissa kuitenkin on enimmäkseen liitännöissä, sekä ominaisuuksissa. HPE Aruba 274 -tukiasemassa on hintaansa nähden paremmat ominaisuudet kuin Cisco Aironet 1572EAC -tukiasemassa, joka on huomattavasti kalliimpi tukiasema. Näin ollen tukiasemaksi valittiin HPE Aruba 274 -tukiasema, joka on 802.11ac-

standardin mukainen kahden radion tukiasema ulkokäyttöön. Tukiasemien hallintaan ei välttämättä tarvita erillistä WLAN-kontrolleria, sillä hallintaa voidaan tehdä myös yhden tukiaseman kautta. Tukiasemat eivät sisällä antennia, joten ne täytyy valita erikseen.

AP-274 Specifications	
<p>AP-270 Series Specifications</p> <ul style="list-style-type: none"> AP-274 and IAP-274 <ul style="list-style-type: none"> 2.4-GHz (600 Mbps max) and 5-GHz (1.3 Gbps max) radios, each with 3x3 MIMO and three external antenna connectors <p>Wireless Radio Specifications</p> <ul style="list-style-type: none"> AP type: Outdoor, dual radio, 5-GHz 802.11ac and 2.4-GHz 802.11n <ul style="list-style-type: none"> In addition to 802.11n data rates, the 2.4-GHz radio supports 802.11ac data rates using 256-QAM modulation. This gives TurboQAM-enabled clients a 33% boost above the maximum supported data rate to deliver up to 600 Mbps. 3x3 MIMO with three spatial streams and up to 1.3 Gbps wireless data rate Supported frequency bands (country-specific restrictions apply): <ul style="list-style-type: none"> 2.4000 GHz to 2.4835 GHz 5.150 GHz to 5.250 GHz 5.250 GHz to 5.350 GHz 5.470 GHz to 5.725 GHz 5.725 GHz to 5.875 GHz Available channels: Dependent upon configured regulatory domain Dynamic frequency selection (DFS) optimizes the use of available RF spectrum Supported radio technologies: <ul style="list-style-type: none"> 802.11b: Direct-sequence spread-spectrum (DSSS) 802.11a/g/n/ac: Orthogonal frequency-division multiplexing (OFDM) 802.11n/ac: 3x3 MIMO with up to three spatial streams Supported modulation types: <ul style="list-style-type: none"> 802.11b: BPSK, QPSK, CCK 802.11a/g/n: BPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM, 256-QAM (with TurboQAM clients) 802.11ac: BPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM, 256-QAM Transmit power: Configurable in increments of 0.5 dBm Maximum (aggregate, conducted total) transmit power (limited) by local regulatory requirements: <ul style="list-style-type: none"> 2.4-GHz band: +28 dBm (23 dBm per chain) 5-GHz bands: +28 dBm (23 dBm per chain) Advanced cellular coexistence (ACC) feature to minimize interference from cellular systems Maximum ratio combining (MRC) for improved receiver performance Cyclic delay diversity (CDD) for improved downlink RF performance Short guard interval for 20-MHz, 40-MHz and 80-MHz channels Space-time block coding (STBC) for increased range and improved reception Low-density parity check (LDPC) for high-efficiency error correction and increased throughput Explicit transmit beam-forming (TxBF) for increased reliability in signal delivery Supported data rates (Mbps): <ul style="list-style-type: none"> 802.11b: 1, 2, 5.5, 11 802.11a/g: 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 802.11n: 6.5 to 450 (MCS0 to MCS23, 1 to 3 spatial streams) 802.11ac: 6.5 to 1,300 (MCS0 to MCS9, 1 to 3 spatial streams) 802.11n high-throughput (HT) support: HT 20/40 802.11ac very high throughput (VHT) support: VHT 20/40/80 802.11n/ac packet aggregation: A-MPDU, A-MSDU Power Maximum power consumption: 23 watts. Direct AC source: 100-240 Volt AC Power over Ethernet (PoE): 48 Vdc (nominal) 802.3at compliant source <p>WiFi Antennas</p> <ul style="list-style-type: none"> Six N-type female connectors for external antennas. <p>Other Interfaces</p> <ul style="list-style-type: none"> One PoE+ PD port 10/100/1000BASE-T Ethernet network interfaces (RJ-45) <ul style="list-style-type: none"> Auto-sensing link speed and MDI/MDX One port 10/100/1000BASE-T Ethernet network interfaces (RJ-45) <ul style="list-style-type: none"> Auto-sensing link speed and MDI/MDX AC power interface, power cords sold separately Serial console interface (micro USB) Reset button Visual indicator (LED): <ul style="list-style-type: none"> Power/system status; automatically disabled after initial operation period 	<p>Mounting</p> <ul style="list-style-type: none"> Must be ordered separately Optional mounting kits: <ul style="list-style-type: none"> AP-270-MNT-V1: Aruba 270 series AP long mount kit for pole/wall mounting. Reduces impact of obstruction by pole or extends away from corner. AP-270-MNT-V2: Aruba 270 series AP short mount kit for pole/wall mounting AP-270-MNT-H1: Aruba 270 series AP mount kit for hanging from inclined/horizontal structures <p>Mechanical</p> <ul style="list-style-type: none"> Dimensions/weight (excluding mount): <ul style="list-style-type: none"> 23 cm (W) x 24 cm (D) x 19 cm (H) with aesthetic cover 9.0" (W) x 9.4" (D) x 7.5" (H) 2.7 kg/6 lbs 23 cm (W) x 24 cm (D) x 14 cm (H) without aesthetic cover 9.0" (W) x 9.4" (D) x 5.5" (H) 2.4 kg/5.3 lbs <p>Environmental</p> <ul style="list-style-type: none"> Operating: <ul style="list-style-type: none"> Temperature: -40° C to +65° C (-40° F to +150° F) Humidity: 5% to 95% non-condensing Storage and transportation <ul style="list-style-type: none"> Temperature: -40° C to +70° C (-40° F to +158° F) Maximum operating altitude: 3000m Chassis rating: IP66 and IP67 Wind survivability: Up to 165 mph Shock and vibration: ETSI 300-19-2-4 spec T41.E 4M3 <p>Regulatory</p> <ul style="list-style-type: none"> FCC/Industry of Canada CE Marked R&TTE Directive 1999/5/EC Low Voltage Directive 2006/95/EC EN 300 328 EN 301 489 EN 301 893 UL/IEC/EN 60950 EN 60601-1-1, EN60601-1-2 <p>For more country-specific regulatory information and approvals, please see your Aruba representative.</p> <p>Reliability</p> <ul style="list-style-type: none"> MTBF: 753,457hrs (86yrs) at +25C operating temperature <p>Regulatory Model Number</p> <ul style="list-style-type: none"> AP-274 and IAP-274: APEX0101 <p>Certifications</p> <ul style="list-style-type: none"> CB Scheme Safety, cTUVus Wi-Fi Alliance certified 802.11a/b/g/n/ac <p>Warranty</p> <ul style="list-style-type: none"> Aruba limited lifetime warranty <p>Minimum Software Versions</p> <ul style="list-style-type: none"> ArubaOS 6.4 Aruba Instant 4.1

KUVIO 7. HPE Aruba 274 -tukiaseman tekniset tiedot (Securewirelessworks 2018c)



KUVIO 8. HPE Aruba 274 -tukiasema (Securewirelessworks 2018b)

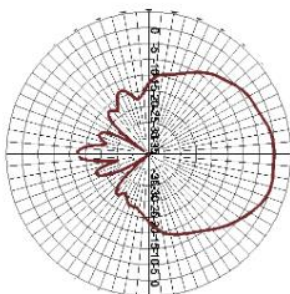
Tukiasemat tulee sijoittaa paikkoihin, joiden lähellä ei ole häiriötekijöitä, eikä paksuja seiniä käyttöalueen suuntaan. Tukiasemat pyritään sijoittamaan rakennusten seinille tai matalampien rakennusten katoille. Kaupungin keskustassa, sekä Vesijärven sataman alueella tukiasemia voidaan kiinnittää myös niille sopiviin tolppiin tai pylväisiin.

Seuraavaksi työssä vertailtiin tukiasemille sopivia antennejä, joista toinen on ympärisäteilevä antenni ja toinen suunta-antenni. Vertailuun otettiin Aruban antennista ANT-3x3-5010 antennisarja, jossa antennit ovat ympärisäteileviä antennejä, sekä ANT-3x3-D608, joka on suunta-antenni.

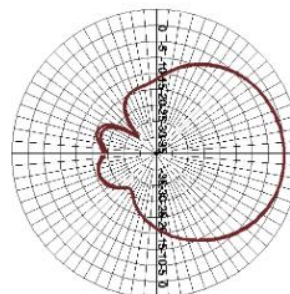
	ANT-3x3-5010	ANT-3x3-D608
Taajuus	4,9 - 5,875 GHz	2,4 GHz 5 GHz
Vahvistus	10dBi	4,9 - 6,0 GHz / 7,5 dBi 2,4 - 2,5 GHz / 7,5 dBi
Polarisaatio	Lineaarinen	Vertikaalinen
Liitäntä	N-type male	N-type female
Mitat	495 x 25 x 25 mm (Vpol) 451 x 25 x 25 mm (Hpol)	197,5 x 197,5 x 34,5 mm
Impedanssi	50 ohmia	50 ohmia
Käyttölämpötila	-40C +85C	-45C +65C
Paino	180g (Vpol) 180g (Hpol)	521g

KUVIO 9. Antennien tekniset tiedot taulukoituna

Vertical pattern

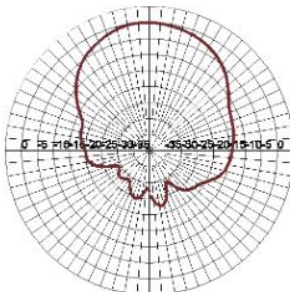


Vertical and horizontal polarization (5.x GHz)

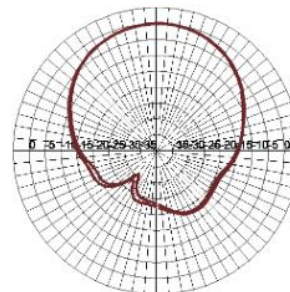


Vertical and horizontal polarization (2.4 GHz)

Horizontal pattern

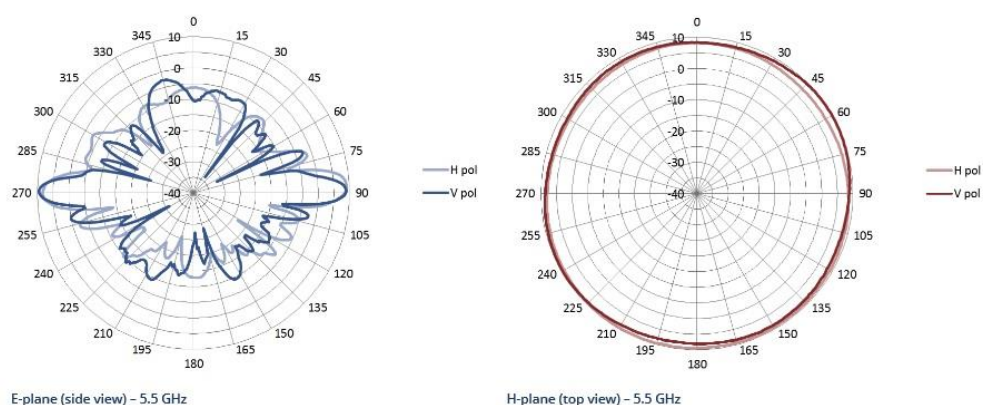


Vertical and horizontal polarization (5.x GHz)



Vertical and horizontal polarization (2.4 GHz)

KUVIO 10. ANT-3x3-D608 säteilykuviot 5 GHz:n ja 2,4 GHz:n taajuusalueilla (Arubanetworks 2018)



KUVIO 11. ANT-3x3-5010 antennin säteilykuviot 5,5 GHz:n taajuusalueella (Arubanetworks 2018)

Antenneiksi valittiin Aruban ANT-3x3-5010 mallisia antenneja, jotka ovat käyttöympäristöön, sekä yhteensopivuudeltaan tukiasemille paras vaihtoehto. Valintaan vaikutti eniten säteilykuviot, sekä antennivahvistus. Ympärisäteilevät antennit ovat usein parempi vaihtoehto kaupunkialueilla, koska yleensä tukiasemaan ei ole suoraa näköyhteyttä.



KUVIO 12. ANT-3x3-5010 antenni (Arubanetworks 2018)

Antennisarja sisältää kolme antennia, joista kaksi on lineaariselta polarisaatioltaan vertikaalisia ja yksi horisontaalinen. Antennit ovat ympärisäteileviä antennia, joten säteily saadaan käyttöympäristössä kattamaan paremmin joka suunnassa ja suuremmalla alueella. Antennit toimivat 4,9 - 5,875 Ghz:n taajuusalueella ja niiden vahvistus on jopa 10 dBi. Antennit voidaan kiinnittää suoraan tukiasemien runkoon tai tukiaseman ulkopuolelle mukana tulvevilla kiinnikkeillä.

FREQUENCY/MAX GAIN

- 4.9 – 5.875 GHz (10dBi)

POLARIZATION

- Vpol antenna: linear, vertical
- Hpol antenna: linear, horizontal

BEAMWIDTH

- E-plane: 8 degrees (Vpol antenna), 9.5 degrees (Hpol antenna)
- H-plane: 360 degrees

IMPEDANCE

- 50 ohms

MAXIMUM INPUT POWER

- 10 watts

VSWR (MINIMUM PERFORMANCE)

- 2.0:1

DIMENSIONS

- 495 x 25 x 25 (Vpol), 451 x 25 x 25 (Hpol)

WEIGHT

- 180g (Vpol), 180g (Hpol)

HOUSING

- Radome: Polycarbonate, UV, White

CONNECTOR

- N-type male (Note: RF cables not included)

OPERATING/STORAGE TEMPERATURE

- -40C to +70C (operating), -40C to +85C (storage)

MOUNTING STYLE

- Direct mount on AP or pole mount

INSTALLATION HARDWARE

- Pole mount kit included.

KUVIO 13. ANT-3x3-5010 antennin tekniset tiedot (Arubanetworks 2018)

Langattomalle lähiverkolle suunniteltiin kontrolleripohjainen verkko, joten tukiasemien hallintaan täytyi valita sopiva WLAN-kontrolleri, jotta niitä voidaan hallita keskitetysti. Keskitetyllä hallinnalla voidaan hallita useamman tukiaseman asetuksia, esimerkiksi SSID:n, salausten tai muiden palvelujen asetuksia.

WLAN-kontrollerin valinnassa vaikuttavimpana tekijänä oli yhteensopivuus tukiasemille, joten kontrolleriksi valittiin Aruban tuoteperheestä suosittu Aruba 7210 -kontrolleri. Liitäntäpisteitä kontrollerissa on maksimissaan 512. WLAN-kontrolleri ei kuitenkaan ole välttämätön langattomalle lähiverkolle, koska tukiasemia voidaan hallita tässä tapauksessa myös yhden tukiaseman kautta.



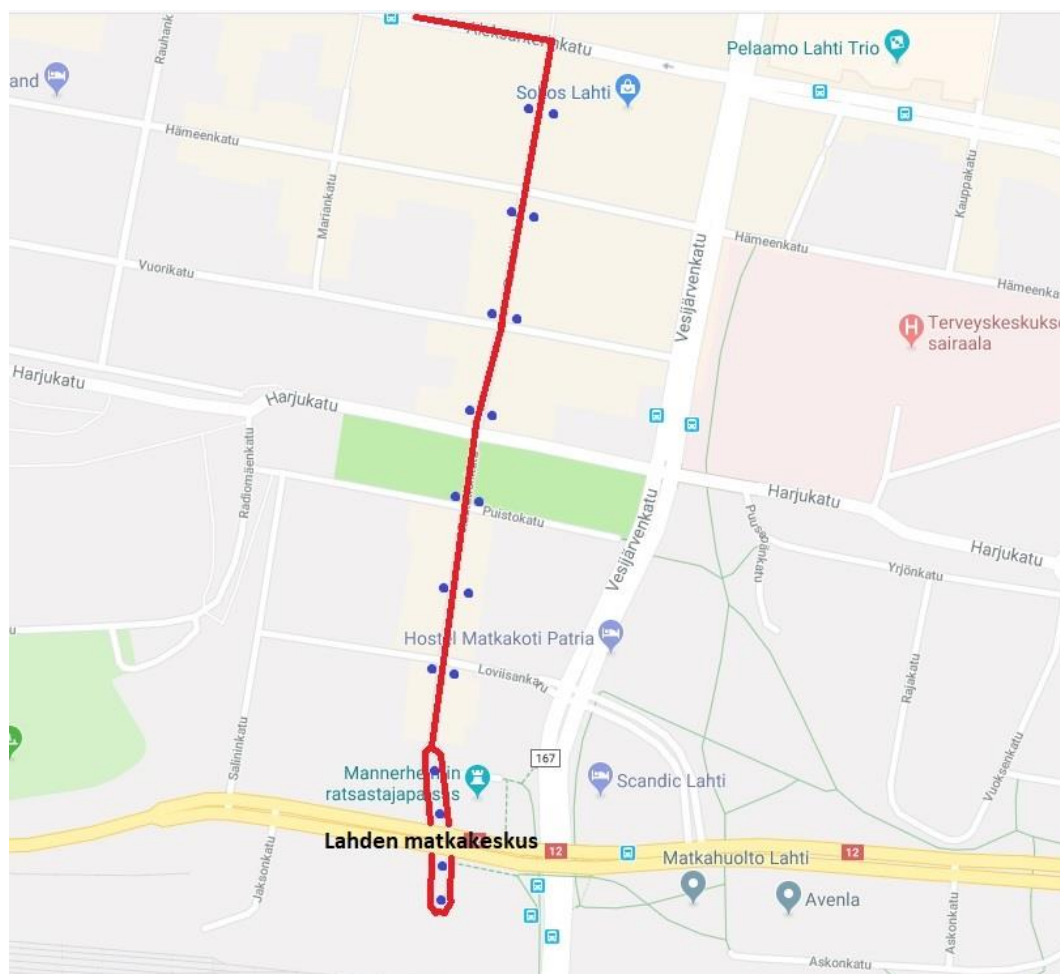
KUVIO 14. Aruba 7210 -kontrolleri (Securewirelessworks 2018a)

Features	7205	7210	7220	7240/7240XM
Performance and Capacity				
Maximum APs (licenses)	256	512	1,024	2,048
Maximum RAPs	256	512	1,024	2,048
Maximum concurrent devices	8,192	16,384	24,576	32,768
VLANs	2,048	4,094	4,094	4,094
Concurrent GRE Tunnels (System BSSIDs)	8,192	8,192	16,384	32,768
Concurrent Tunneled Ports	4,096	8,192	12,288	16,384
Concurrent IPSec Sessions	4,096	16,384	24,576	32,768
Concurrent SSL Fallback Sessions	4,096	8,192	8,192	8,192
Active Firewall Sessions (Concurrent sessions)	1,000,000	2,015,291	2,015,291	2,015,291
Wired Throughput (large packets)	12 Gbps	20 Gbps	40 Gbps	40 Gbps
Interfaces and indicators				
Interfaces and Indicators	<ul style="list-style-type: none"> Two 10GBASE-X and four dual-media (1000BASE-X or 10/100/1000BASE-T) ports One USB 2.0 Console (RS-232) RJ-45 or mini-USB LINK/ACT and status LEDs Management/status LEDs LCD panel and navigation buttons Expansion slot (reserved for future use) 	<ul style="list-style-type: none"> Four 10GBASE-X (SFP+) ports One USB 2.0 Console (RS-232) RJ-45 or mini-USB LINK/ACT and status LEDs Management/status LEDs LCD panel and navigation buttons Expansion slot (reserved for future use) 		
Physical Characteristics				
Dimensions	(H) 4.4 cm x (W) 33.4 cm x (D) 44.2 cm (1.75" x 13.13" x 17.38")	(H) 4.4 cm x (W) 44.5 cm x (D) 44.5 cm (1.75" x 17.5" x 17.5")	(H) 4.4 cm x (W) 44.5 cm x (D) 44.5 cm (1.75" x 17.5" x 17.5")	(H) 4.4 cm x (W) 44.5 cm x (D) 44.5 cm (1.75" x 17.5" x 17.5")
Weight	4.95 kg (10.19 lbs)	4.95 kg (10.19 lbs)	4.95 kg (10.19 lbs)	4.95 kg (10.19 lbs)
Environmental				
Operating temperature range	0° C to 40° C			
Operating humidity	5% to 95% non-condensing			
Storage temperature range	-40° C to 70° C			
Storage humidity	5% to 95% non-condensing			
Operating altitude	10,000 feet			
Acoustic noise ¹ (with AC power supply)	49.0 dBA	46.9 dBA	46.9 dBA	54.7 dBA
Power Supply Specifications				
350-watt AC power supply	<ul style="list-style-type: none"> AC input voltage: 100 VAC to 240 VAC AC input current: 5-2.5A AC input frequency: 50-60 Hz Weight: 2.8 lbs (1.3 kg) 			
Maximum power consumption	75.2 watts	110 watts	125 watts	165 watts
Regulatory & Safety Compliance				
Regulatory and Safety Compliance	<ul style="list-style-type: none"> FCC Part 15 Class A CE Industry Canada Class A VCCI Class A (Japan) EN 55022 Class A (CISPR 22 Class A), EN 61000-3, EN 61000-4-2, EN 61000-4-3, EN 61000-4-4, EN 61000-4-5, EN 61000-4-6, EN 61000-4-8, EN 61000-4-11, EN 55024, AS/NZS 3548 UL 60950, EN60950 CAN/CSA 22.2 #60950 CE mark, cTUVus, CB, C-tick, Anatel, NOM, MIC 			
Minimum ArubaOS Release	<ul style="list-style-type: none"> 7210: 6.2.0.0 7220: 6.2.0.0 7240: 6.2.0.0 			

KUVIO 15. Aruba 7000-sarjan kontrollerien tekniset tiedot
(Securewirelessworks 2018c)

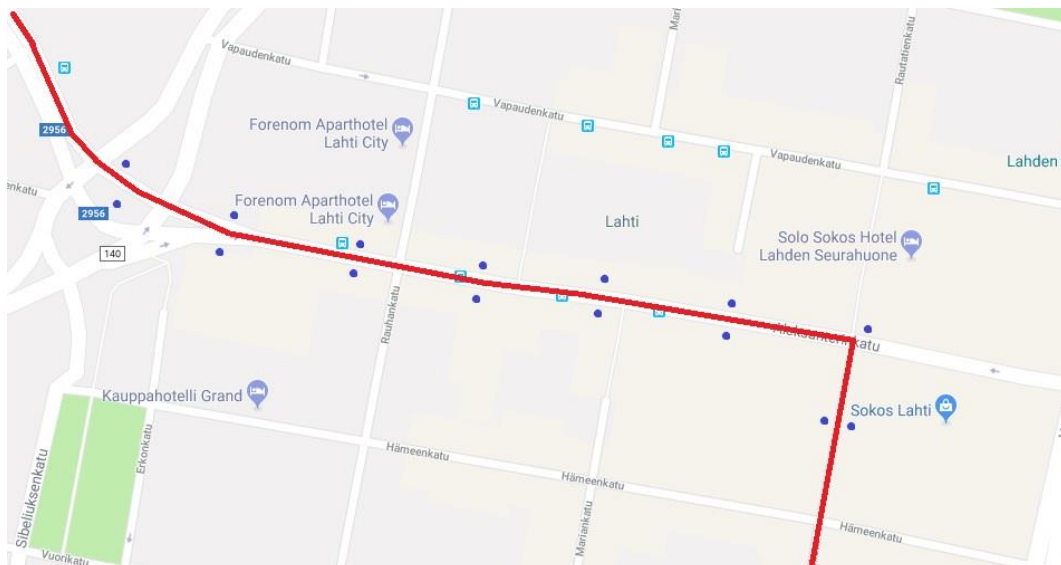
6.2.1 Langattoman lähiverkon alueet

Langattoman lähiverkon toisena päätepisteenä on Lahden matkakeskus, josta tarkoituksena on kattaa langaton lähiverkko Rautatienkatua pitkin keskusta Aleksanterinkadulle. Etäisyys Lahden matkakeskuksesta Aleksanterinkadun ristikseen on noin 650m. Reitti on havainnollistettu kartalle punaisella viivalla, sekä tukiasemien mahdolliset sijoituspaikat on merkitty sinisillä pisteillä (KUVIO 16).



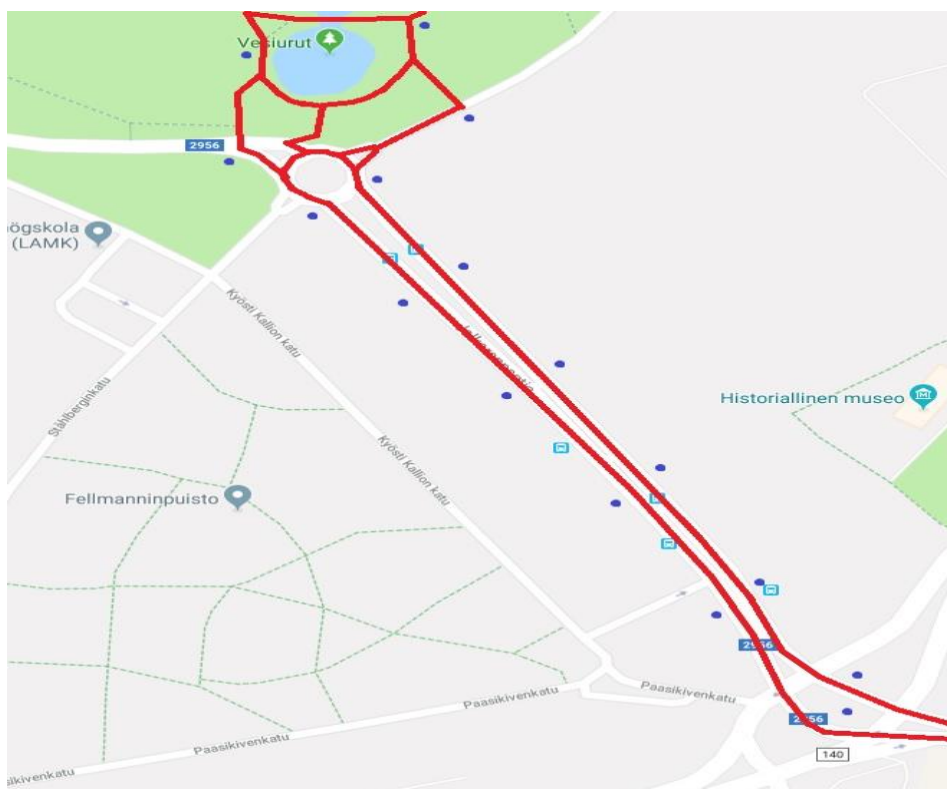
KUVIO 16. Lahden matkakeskus - Rautatienkatu

Seuraava alue tulee kattamaan Aleksanterinkadun osan, päättyen Jalkarannantien alkuun. Etäisyys Aleksanterinkadun ja Rautatienkadun risteyksestä Jalkarannantielle on noin 500m. Reitti on havainnollistettu kartalle punaisella viivalla, sekä tukiasemien mahdolliset sijoituspaikat on merkitty sinisillä pisteillä (KUVIO 17).



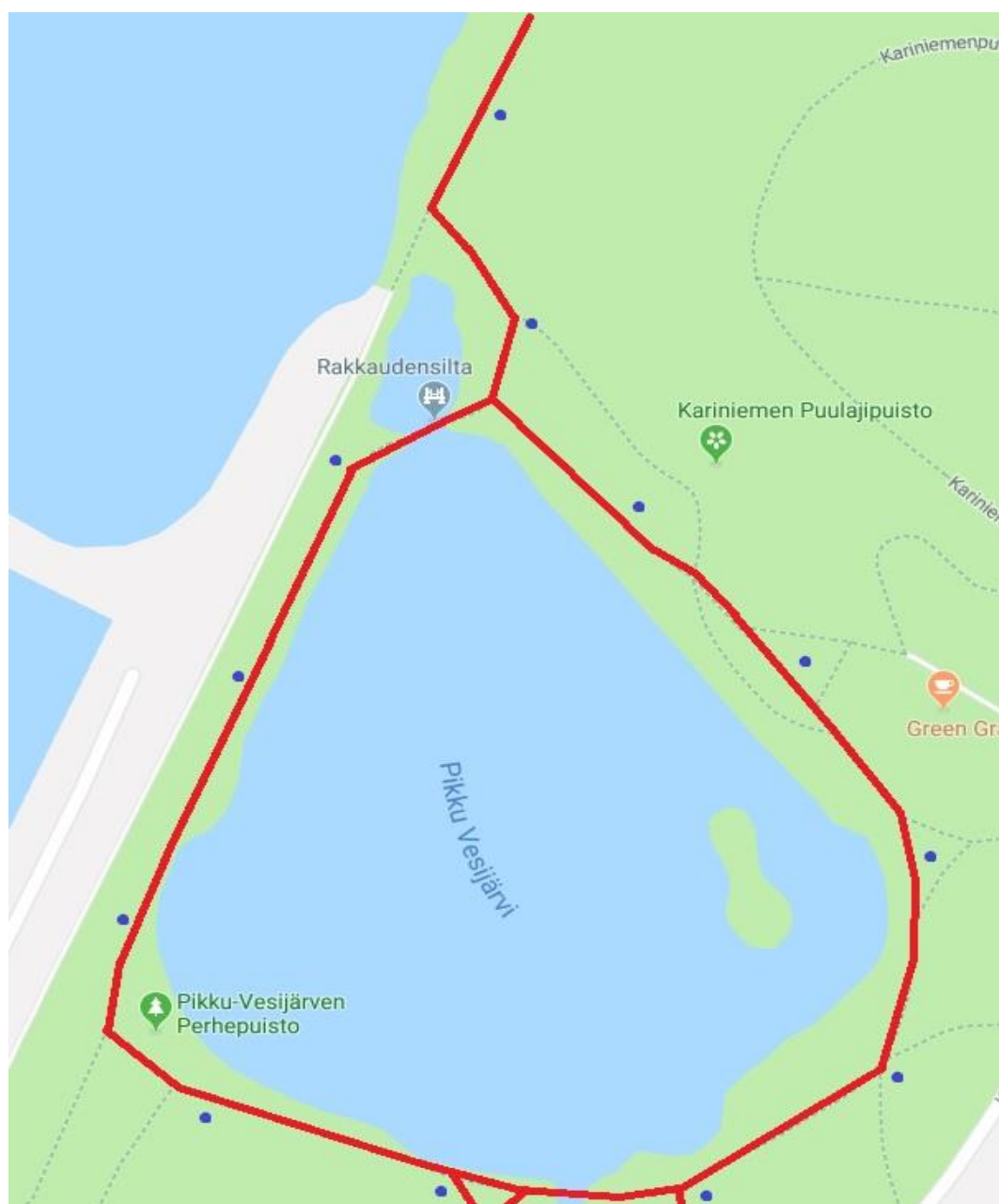
KUVIO 17. Aleksanterinkatu – Jalkarannantie

Alue tulee jatkumaan Jalkarannantietä pitkin Pikku-Vesijärven vesiuruille. Etäisyys Jalkarannantien alusta vesiuruille on noin 550m. Reitti on havainnollistettu kartalle punaisella viivalla, sekä tukiasemien mahdolliset sijoitus paikat on merkitty sinisillä pisteillä (KUVIO 18).



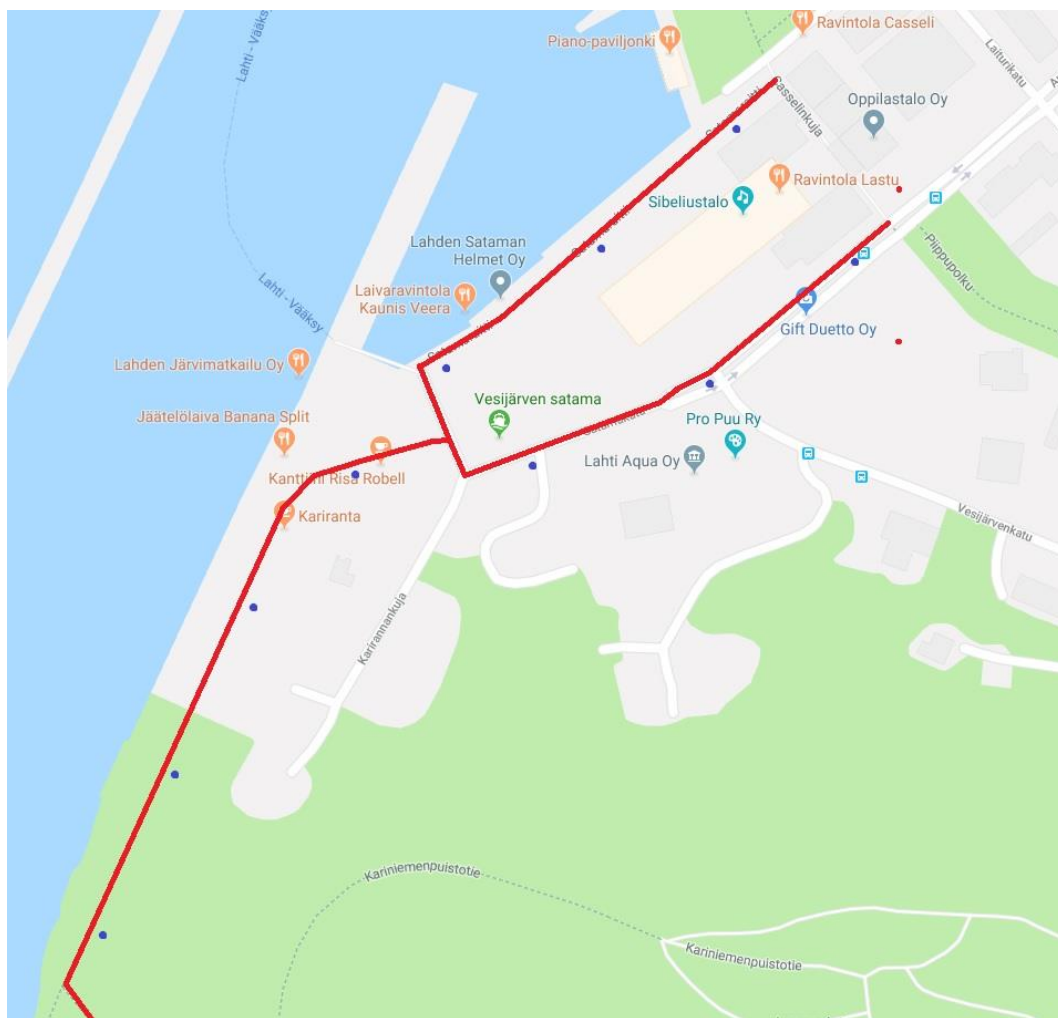
KUVIO 18. Jalkarannantie – Pikku-Vesijärvi

Pikku-Vesijärven ympäristö tulee kattamaan kokonaisuudessaan koko puistoalueen ympäri. Etäisyys vesiurulta Vesijärven sataman suuntaan kumpaakin reittiä, Kariniemenpuistotielle on noin 600m. Reitti on havainnollistettu kartalle punaisella viivalla, sekä tukiasemien mahdolliset sijoituspaikat on merkitty sinisillä pisteillä (KUVIO 19).



KUVIO 19. Pikku-Vesijärven alue

Pikku-Vesijärveltä alue jatkuu Kariniemenpuistotietä pitkin Vesijärven sataman ja Sibeliustalon alueelle. Etäisyys Kariniemenpuistotien alusta Vesijärven satamaan ja Sibeliustalolle on noin 550m. Reitti on havainnollistettu kartalle punaisella viivalla, sekä tukiasemien mahdolliset sijoitus paikat on merkitty sinisillä pisteillä (KUVIO 20).



KUVIO 20. Vesijärven sataman ja Sibeliustalon alue

6.3 Jatkokehitysmahdollisuudet

Opinnäytetyössä olennaisena osana on sen jatkokehitys, joten tulevaisuudessa langattoman lähiverkon alueelle voidaan tehdä kuuluvuus- ja kanavamittaukset, esimerkiksi Ekahau site survey -ohjelmalla, joka auttaa sijoittamaan tukiasemat mahdollisimman tehokkaasti mittaamalla niiden signaalien voimakkuudet.

Langattoman lähiverkon kohdealueilla olisi hyvä tehdä kartoitusta Ekahau site survey -ohjelmalla, kun joitakin tukiasemia on saatu sijoitettua alueelle. Kartoittamalla WLAN -verkon kuuluvuutta, saadaan paremmin selville uusien tukiasemien sijoituspaikat. Kartoituksen jälkeen pystytään laskemaan kanavan käyttöaste, jotta tiedetään tarvittavien tukiasemien määrä. Tukiasemien sijoitusta voidaan alkaa suunnitella, kun tiedetään tarvittavien tukiasemien määrä.

Ekahau site survey on ohjelma WLAN -verkkojen suunnittelemiseen. Ohjelmalla voidaan tehdä kuuluvuus- ja kanavamittaukset, sekä saadaan suunniteltua tukiasemien asennuspaikat ja yleiskuva ympäristöstä, johon langaton lähiverkko toteutetaan. Mikäli alueella ei ole ennestään WLAN-verkkoa, saadaan ohjelmalla kartoitettua muut WLAN -verkot, jotka saattavat aiheuttaa päällekkäisyyksiä kanaville. Kartoitus voidaan toteuttaa myös niin että mitattavalle alueelle asennetaan muutamia tukiasemia väliaikaisesti paikkoihin, joissa tukiasemat mahdollisesti saattaisi olla hyvä asentaa ja tämän jälkeen tehdä alueelle kuuluvuusmittaukset site survey -ohjelmalla. Näin saadaan testattua ja suunniteltua, miten tukiasemat kohdealueella kannattaa sijoitella.

7 YHTEENVETO

Tavoitteena oli toteuttaa Mastonetin jatkosuunnitelma, joka tulisi kattamaan Lahden matkakeskuksen ja Sibeliustalon välisen alueen, kulkien keskustan läpi. Työ aloitettiin laitteiden valinnoilla ja lopuksi kartoitettiin kyseisen ympäristön alueet, joilla langattoman lähiverkon olisi tarkoitus toimia. Työssä käytiin läpi myös jatkokehitysmahdollisuuksia, mikä on olennainen osa verkon lopullista toimintaa.

Tukiasemien vaikuttavimpana tekijänä oli, että se olisi ominaisuuksiltaan riittävä sekä kyseiseen ympäristöön sopiva. Tukiasemaksi valittiin siis HPE Aruba 274 -tukiasemat. Antennien valinnoissa päädyttiin käyttämään Aruban ANT-3x3-5010 mallisia antennia, jotka ovat käyttöympäristöön, sekä yhteensopivuudeltaan tukiasemille paras vaihtoehto. Antennisarja sisältää kolme antennia, joista kaksi on lineaariselta polarisaatioltaan vertikaalisia ja yksi horisontaalinen. Valintaan vaikutti myös, että antennit ovat ympärisäteileviä antennia, joten säteily saadaan käyttöympäristössä kattamaan paremmin. Vaikuttavimpana tekijänä valinnassa oli antennien säteilykuviot. WLAN-kontrollerin valinnassa vaikeinta oli löytää tukiasemille yhteensopiva kontrolleri, joten valinnassa päädyttiin Aruba 7210 -kontrolleriin. WLAN-kontrolleri ei kuitenkaan ollut välttämätön langattomalle lähiverkolle, sillä tukiasemien hallinta onnistuu tässä tapauksessa myös yhden tukiaseman kautta. Langattoman lähiverkon alueet jaettiin viiteen osaan, jossa kukin alue on suunnilleen yhtä pitkä. Tämä helpottaa tulevaisuudessa jatkokehitysmahdollisuuksia langattomalle lähiverkolle.

Lopputuloksena saatiin hyvä pohja langattoman lähiverkon jatkokehitykselle, jossa voidaan tehdä verkolle kuuluvuus- ja kanavamittaukset. Tällä hetkellä käytössä olevia tukiasemia voidaan jatkossa hyödyntää langattoman lähiverkon mittauksissa ja jatkokehityksessä. Tulevaisuudessa verkon kuuluvuutta voidaan laajentaa myös muihin Lahden kaupunginosiin.

LÄHTEET

Arubanetworks 2018. Data Sheet. Aruba Outdoor MIMO Antenna [viitattu 24.5.2018]. Saatavissa:

https://www.arubanetworks.com/assets/ds/DS_ANT-3x3-D608.pdf

Arubanetworks 2018. Data Sheet. Outdoor MIMO Antenna kit ANT-3x3-5010 [viitattu 27.3.2018]. Saatavissa:

http://www.arubanetworks.com/assets/ds/DS_ANT-3x3-5010.pdf

Aspinwall, J. 2003. Installing, Troubleshooting and Repairing Wireless Networks. Chicago: McGraw-Hill.

Electronics-notes 2018. Wi-Fi Channels, Frequencies, Bands, Bandwidths [viitattu 11.3.2018]. Saatavissa: <https://www.electronics-notes.com/articles/connectivity/wifi-ieee-802-11/channels-frequencies-bands-bandwidth.php>

Gast, M. 2002. 802.11 Wireless Networks: The Definite guide. Yhdysvallat: O'Reilly Media.Inc.

Geier, J. 2005. Langattomat verkot. Helsinki: Edita Prima Oy.

Granlund, K.2007. Tietoliikenne. Jyväskylä: Docendo Oy.

Hakala, M. & Vainio, M. 2005. Tietoverkon rakentaminen. Jyväskylä: Docendo Oy.

Holm, S. 2014. WLAN järjestelmän käyttöönotto. Tampere: Tampereen ammattikorkeakoulu [viitattu 30.3.2018]. Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö. Saatavissa:

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/72798/Simo_Holm.pdf?sequence=1

Hovatta, T. 2005. WLAN-tekniikat ja –käyttösovellukset toimitilakiinteistöissä. Espoo: Sähköinfo Oy.

Kassner M, 2010. 802.11: Time to clear up some antenna misconceptions.

Marshall T. 2001. Antennas Enhance WLAN Security. Byte.com. Trevor's View [viitattu 1.5.2018]. Saatavissa:

http://www.trevormarshall.com/byte_articles/byte1.htm

Mastonet 2011. Tervetuloa Mastonetin sivuille [viitattu 23.3.2018].

Saatavissa: <http://www.mastonet.net>

PanOulu 2013. Sata tekoa Oulusta –tunnustus numero 50 kymmenen vuotta täyttävälle panOULU WLAN-verkolle [viitattu 23.3.2018].

Saatavissa: <https://www.panoulu.net/fi/content/sata-tekoa-oulusta-tunnustus-numero-50-kymmenen-vuotta-tayttavalle-panoulu-wlan-verkolle>

People.uta 2018. POHDIN-projekti. Antenni ja säteilykuvio [viitattu 15.4.2018]. Saatavissa: <https://people.uta.fi/~tnjuma/Antenni.pdf>

Puska. M. 2005. Langattomat lähiverkot. Jyväskylä: Talentum Media Oy.

SecureWirelessWorks. 2018a. Aruba 7210 Mobility Controller [viitattu 27.3.2018]. Saatavissa: <http://www.securewirelessworks.com/Aruba-7210.asp>

SecureWirelessWorks. 2018b. Aruba AP-274 Access Point [viitattu 27.3.2018]. Saatavissa: <http://www.securewirelessworks.com/Aruba-AP-274.asp>

SecureWirelessWorks 2018c. Aruba AP-274 Access Point. Specifications [viitattu 27.3.2018]. Saatavissa: <http://www.securewirelessworks.com/Aruba-AP-274.asp>

Silviu, A. 2010. Certification ALL-IN-ONE for dummies. Kanada: Wiley Publishing.Inc.

TechRepublic. 2010. 802.11: Time to clear up some antenna misconceptions [viitattu 13.3.2018]. Saatavissa:

<https://www.techrepublic.com/blog/data-center/80211-time-to-clear-up-some-antenna-misconceptions/>

Punomo. 2018. Miten web toimii. TCP/IP-pino. Punomo.fi käsityö verkossa [viitattu 11.3.2018]. Saatavissa: <https://punomo.fi/tvt-ict-tekniikka/miten-web-toimii-tcp-ip-pino/>

Verkkokauppa. 2017. Cisco Small Business WAP371 –WiFi-tukiasema [viitattu 13.4.2018]. Saatavissa: <https://www.verkkokauppa.com/fi/product/49337/jrvkj/Cisco-Small-Business-WAP371-WiFi-tukiasema>

Viestintävirasto. 2014a. Tietoturva nyt! Langaton lähiverkko – enemmän kuin silmä näkee [viitattu 12.1.2018]. Saatavissa: <https://www.viestintavirasto.fi/kyberturvallisuus/tietoturvanyt/2014/09/ttn201409021705.html>

Viestintävirasto. 2014b. Tietoturva nyt!. WLAN-salaus salaa vain radioliikenteen [viitattu 13.3.2018]. Saatavissa: <https://www.viestintavirasto.fi/kyberturvallisuus/tietoturvanyt/2014/09/ttn201409091046.html>

Viinikka S. 2012. Avoin kaupunki-WLAN käyttäjän näkökulmasta. Tietoliikennetekniikka. Lahti: Lahden ammattikorkeakoulu, Tekniikan ala [viitattu 11.3.2018]. Saatavissa: http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/43869/Viinikka_Simo.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Wikibooks. 2015. Radiotaajuuskirja/Langaton lähiverkko [viitattu 30.3.2018]. Saatavissa: https://fi.wikibooks.org/wiki/Radiotaajuuskirja/langaton_lahiverkko

Wikipedia. 2016. PanOULU [viitattu 23.3.2018]. Saatavissa: <https://fi.wikipedia.org/wiki/PanOULU>

Wikipedia. 2017c. WLAN [viitattu 30.3.2018]. Saatavissa: <https://fi.wikipedia.org/wiki/WLAN>

Wikipedia. 2017a. Langattoman lähiverkon tietoturva. SSID [viitattu 30.3.2018]. Saatavissa:

https://fi.wikipedia.org/wiki/Langattoman_lähiverkon_tietoturva

Wikipedia. 2017b. Mastonet [viitattu 23.3.2018]. Saatavissa:

<https://fi.wikipedia.org/wiki/Mastonet>

Wikipedia. 2018. IEEE 802.11 [viitattu 13.4.2018]. Saatavissa:

https://fi.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11

Yksityisyydensuoja. 2018. Yksityisyydensuoja. Tietojen salaaminen [viitattu 30.3.2018]. Saatavissa: <https://www.yksityisyydensuoja.fi/tietojen-salaaminen>

