

Sisätilapaikannus langatonta verkkoa käyttäen

**Sisätilapaikannuksen käyttöönotto ja testaus asiakkaan
tarpeisiin**

Eero Saarinen

Opinnäytetyö

Marraskuu 2018

Tekniikan ja liikenteen ala

Insinööri (AMK), Tieto- ja viestintätekniikan tutkinto-ohjelma

Tietoverkkotekniikka

Tekijä(t) Saarinen, Eero	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Marraskuu 2018
	Sivumäärä 43	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Sisätilapaikannus langatonta verkkoa käyttäen Sisätilapaikannuksen käyttöönotto ja testaus asiakkaan tarpeisiin		
Tutkinto-ohjelma Tieto- ja viestintätekniikka		
Työn ohjaaja(t) Sampo Kotikoski		
Toimeksiantaja(t) Telia Inmics-Nebula Oy		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön toimeksiantajan Telia Inmics-Nebula Oy, entinen Inmics Oy, asiakas Jyväskylän Paviljonki ilmaisi halua kokeilla sisäpaikannusjärjestelmää vieraiden liikkumisen tarkkailuun messuhalleissaan. Asiakas tarvitsi tiedon vieraiden liikkumisesta halleissa, jotta kykenisi perustelemaan näytteillepanijoille eri hallipaikkojen hinnoittelua paremmin. Järjestelmä olisi hyödyllinen, jotta viranomaisille kyettäisiin osoittamaan hallien ajankohtainen kävijämäärä. Tavoitteena oli saada asiakkaalle toimiva sisätilapaikannusjärjestelmä.</p> <p>Asiakkaalla on käytössään Fortinetin valmistamat langattoman verkon tukiasemat sekä kontrollerit. Näiden avulla pystytään ottamaan käyttöön Fortipresence-järjestelmä pienellä kustannuksella. Järjestelmä otettiin käyttöön asiakkaalle, käyttäen Kianan kehittämää sivustoa, joka muuttaa tukiasemilta saatavan datan luettavaan muotoon. Halleihin tarvittiin lisätukiasemia parantamaan paikannusdatan tarkkuutta. Kianan järjestelmää ei kuitenkaan saatu toimintakuntoiseksi, joten tilalle otettiin käyttöön Fortinetin oma analytiikkasivusto. Myös Fortinetin sivuston kanssa todettiin tarkkuusongelmia, eikä tämän avulla saada tällaiseen haluttua tarkkuutta.</p> <p>Muidenkin laitevalmistajien vastaavia järjestelmiä sekä vaihtoehtoisia paikannusjärjestelmiä tutkittiin ja verrattiin Fortipresenceen.</p> <p>Aikarajan tullessa vastaan piti kuitenkin todeta, että Fortipresence-järjestelmä ei tällaisenaan toimi asiakkaan tarpeisiin. Muihin langattoman verkon laitevalmistajiin siirtyminen ei tällä hetkellä ole perusteltua näiden tuomien kustannuksien takia.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Sisätilapaikannus, paikannusanalytiikka, langaton verkko, Fortipresence		
Muut tiedot		

Author(s) Saarinen, Eero	Type of publication Bachelor's thesis	Date November 2018 Language of publication: Finnish
	Number of pages 43	Permission for web publication: X
Title of publication Indoor location system using wireless networks Configuring and testing indoor location system to customers' needs		
Degree programme Information and Communication Technology, Data Network Technology		
Supervisor(s) Sampo Kotikoski		
Assigned by Telia Inmics-Nebula Oy		
Abstract <p>The thesis's was assigned by Telia Inmics-Nebula Oy, formerly known as Inmics Oy. Their customer was interested in trying an indoor location system for tracking exhibition guests in its exhibition halls. The customer needed information on guests' movements in exhibition halls to be able to justify the pricing of stand locations in the hall. The system could be a useful tool when showing the current guest count in exhibition halls. The goal was to give to the customer a working indoor localization system.</p> <p>The customer uses Fortinet's wireless access-point and controllers. With these it was possible to use Fortipresence system with minimal expenses. The system was implemented using Kiana's website that translates the tracking data into a readable form. To get a better accuracy on this system, extra access-points just for tracking the guests were needed in the exhibition halls. Kiana system could not be implemented, therefore, Fortinet's own location analytic page was taken into use. With this there were also major problems with gaining accurate enough location information from the guests.</p> <p>Other manufacturers' systems and other kind of localization systems were researched and compared to Fortipresence.</p> <p>With the deadline closing, it had to be stated that Fortipresence is not a good fit for the customer at this point on its development. Switching to another manufacturer would not be justified at this point because it would come with unnecessary expenses.</p>		
Keywords/tags (subjects) indoor localization, location analytics, wireless networks, Fortipresence		
Miscellaneous		

Sisältö

1	Johdanto.....	5
2	Opinnäytetyön lähtökohdat.....	6
	2.1 Opinnäytetyön tavoite	6
	2.2 Tutkimuskysymys	6
3	Sisäpaikannus	7
	3.1 Sisäpaikannuksen käyttötarkoitukset	7
	3.2 Sisäpaikannuksen eri tavat	8
	3.3 Cisco Hyperlocation.....	8
4	Paikannusanalytiikka.....	10
5	Paikannuksen toimintaperiaate.....	11
6	Wlan sisätilapaikannuksen eri menetit.....	12
	6.1 RSSI-pohjainen paikannus	12
	6.2 Fingerprinting	12
	6.3 Time of flight.....	13
	6.4 Angle of arrival	14
7	Langaton verkko.....	16
	7.1 802.11	16
	7.2 802.11 Kehys.....	17
	7.3 802.11ac	19
	7.4 802.11az.....	21
8	Global Positioning System (GPS).....	21
9	Laitteisto	22
10	Refesenssit	24
	10.1 Logistiikka	24
	10.2 Sairaalat.....	24

	2
10.3 Messuhallit	25
11 Järjestelmän käyttöönotto	27
11.1 Laitekonfiguraatio	27
11.2 Site Survey	29
11.3 Weighted Average.....	30
11.4 Fortipresence Lite	33
11.5 Kohdealueen pienentäminen.....	36
11.6 Projektin lopettaminen	39
12 Tulokset.....	39
12.1 Tuloksien analysointi.....	39
12.2 Tutkimusvastaus	40
13 Pohdinta.....	41
13.1 Ajatuksia tuloksista	Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.
13.2 Teknologian tulevaisuus	41
13.3 Kehitysehdotukset.....	41
Lähteet.....	43

Kuviot

Kuvio 1. Hyperlocation lisälaite	9
Kuvio 2. Tarkkuusmittaus TOF ja RSS	14
Kuvio 3. AOA-periaate	15
Kuvio 4. WLAN-kehys	17
Kuvio 5. MAC-header	18
Kuvio 6. Beamforming	21
Kuvio 7. FAP-U423EV-E Sijainti	23
Kuvio 8. Stuttgart-esimerkki	26
Kuvio 9. Verkkokäyttöliittymäkonfiguraatio	27
Kuvio 10. Kontrollerin komentorivikonfiguraatio	28
Kuvio 11. Tukiasemien sijoittaminen pohjakuvaan	29
Kuvio 12. Kolmiopaikannus	31
Kuvio 13. Lisätukiasemien sijainti	32
Kuvio 14. Fortipresence Lite -alueet ja tukiasemat	34
Kuvio 15. Yhden vuorokauden paikannetut vieraat	35
Kuvio 16. Pienennetty kohdealue	36
Kuvio 17. Pienennetyt kohdealueen tulos	38

Lyhenteet

ACK	Acknowledgement
AOA	Angle of Arrival
EIRP	Effective (or equivalent) isotropic radiated power
GDPR	General Data Protection Regulation
GPS	Global Positioning System
IoT	Internet of Things
Li-Fi	Light Fidelity
MAC	Media access control
MIMO	Multiple-Input and Multiple-Output
MU-MIMO	Multi-user Multiple-Input and Multiple-Output
RSSI	Received signal strength indication
SSID	Service set identifier
SU-MIMO	Single-user Multiple-Input and Multiple-Output
TOF	Time Of Flight
VLAN	Virtual LAN
LAN	Local Area Network
WA	Weighted Average

1 Johdanto

Jyväskylän Paviljongilta osoitettiin kiinnostusta järjestelmään, jolla mahdollistettaisiin vieraiden liikkumisen seuraaminen halleissa. Tälle tiedolle on paljon käyttöä messuhallien kaltaisissa paikoissa. Tämän seurantajärjestelmän tarve saattaa nousta esiin myös tulevaisuudessa, jos hallien vierasmäärät pitää olla saatavilla joka hetkellä. Viranomaiset saattavat vaatia tätä tietoa.

Asiakkaan toiveesta lähdettiin kartoittamaan vaihtoehtoa heidän kyseiseen tarpeeseen. Päädyttiin kokeilemaan Fortinetin Fortipresence-järjestelmää. Tämä järjestelmä sen takia, että asiakkaalla oli valmiina käytössään Fortinetin langattomat tukiasemat sekä Fortinetin langattoman verkon kontrolleri. Nämä oli uudistettu halliin vain hieman ennen tämän projektin aloittamista.

Työssä tutkittiin Fortipresence-järjestelmää messuhallikäytössä ottaen huomioon asiakkaan tarpeet ja halut tältä järjestelmältä. Samalla tutkittiin muiden laitevalmistajien vaihtoehtoja samaan käyttötarkoitukseen. Tutkimustyö on laadullinen tutkimus.

2 Opinnäytetyön lähtökohdat

2.1 Opinnäytetyön tavoite

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tutkia kävijöiden paikannusjärjestelmää Jyväskylän Paviljongille. Pyyntö asiakkaan suunnalta oli, että tutkittaisiin asiakaspaikannusjärjestelmää heidän käyttöönsä. Asiakkaalla on halu saada tietoa siitä, missä vieraat milloinkin liikkuvat. Tätä tietoa voidaan käyttää hyväksi, kun erilaisten messujen esittelypaikkoja myydään paikalle tuleville yrityksille. Järjestelmän avulla voidaan perustella paikkojen hinnoittelu. Tälle seuranta-analytiikalle voi tulla tulevaisuudessa lisätarve, jos messuhallien vierailijamäärät on saatava tietoon joka hetkeltä. Kyseistä tietoa saattavat vaatia eri viranomaiset. Asiakas oli kuullut, että tällainen järjestelmä on olemassa, kun Inmicsiltä oli heille vinkattu asiasta.

Opinnäytetyön tavoitteena oli siis tutkia, onko Fortinetin Fortipresence-järjestelmä sopiva asiakkaan käyttötarkoitukseen. Järjestelmästä tutkittiin, kuinka tarkasti tämä saa yksittäisen käyttäjän paikkatiedot selville. Inmicsillä ei projektin aloitushetkellä ollut paljoakaan tietoa tämänkaltaisten järjestelmien toimivuudesta, joten samalla otettiin selvää kuinka käyttövalmis järjestelmä on. Inmicsillä on kiinnostusta tietää enemmän tästä järjestelmästä, koska monella asiakkaalla on Fortinetin laitteistoa ja jos tämä todetaan toimivaksi, sitä voi tarjota muillekin asiakkaille.

2.2 Tutkimuskysymys

Opinnäytetyön tutkimuskysymys on, miten asiakkaalle pystytään toteuttamaan vieraiden paikannusjärjestelmä, jolla pystytään analysoimaan vieraiden liikkuminen hallissa. Opinnäytetyössä tutkittiin, mikä vaihtoehtoista on paras asiakkaan tarpeet ja rajoitukset huomioiden. Tähän vastaamista varten pitää

ottaa huomioon asiakkaan jo käytössä olevan langattoman verkon laitteiston mahdollisuudet sekä kustannukset, joita eri järjestelmät tuovat mukanaan. Eri langattoman verkon laitevalmistajien järjestelmiä vertailtiin tutkimusta varten.

Tutkimuskysymykseen vastaamista varten tutkittiin myös muita kuin langattomaan verkkoon pohjautuvia sisätilapaikannusmenetelmiä. Tämän avulla pystyttiin vertailemaan, onko näistä potentiaalisia menetelmiä asiakkaan käyttöön.

3 Sisäpaikannus

3.1 Sisäpaikannuksen käyttötarkoitukset

Sisäpaikannuksessa paikannetaan ihmisiä, laitteita tai tavaroita sisätiloissa. Ihmisten paikannustarpeisiin ulkona käytettävä Globa positioning system (GPS) ei toimi sisätiloissa tarkasti rakennuksissa olevien materiaalien sekä rakennuksen aiheuttamien magneettikenttien takia. Sisätilapaikannuksella voidaan tarjota navigointijärjestelmää tilan käyttäjille. Esimerkiksi suurissa varastojärjestelmissä sisäpaikannusta voidaan käyttää tavaroiden sekä varastolaitteiston paikantamiseen. Tätä tietoa voidaan käyttää tuotteiden paikantamiseen tai keräilytehostamiseen. (Turgut, Aydin & Sertbas 2016.)

Ihmisten paikantamisella pystytään esimerkiksi analysoimaan ihmisten liikumista liiketiloissa tai messuhalleissa. Tätä tietoa voidaan käyttää markkinointiin, kun tiedetään, missä ihmiset liikkuvat milläkin hetkellä. Ihmisten paikantamisen avulla voidaan tarjota navigointijärjestelmiä asiakkaille.

3.2 Sisäpaikannuksen eri tavat

Sisäpaikannusta voi toteuttaa monin eri tavoin: Yksi mahdollisuus on sijoittaa paikannettaviin tiloihin kameroita ja paikannettaviin kohteisiin kuvia/kuvia, joiden perusteella paikannusta voidaan suorittaa. Paikannettaviin kohteisiin tai henkilöihin voidaan myös asettaa laitteita, joiden avulla liikkeet saadaan tietoon. Tällaista järjestelmää käytetäänkin varastohallien keräilyn apuna sekä sairaaloissa laitteiston paikantamiseen. (Roberto 2017.)

Sisäpaikannuksessa on myös käytetty hyväksi rakennusten metallirakenteiden luomia magneettikenttiä. Näiden perustella on paikannettu rakennuksen sisällä liikkuvia esineitä, jotka vaikuttavat tähän magneettikenttään. (Haverinen & Kemppainen 2009.)

3.3 Cisco Hyperlocation

Cisco on luonut Hyperlocation brändin langattoman verkon paikantamiseen tarkoitetuille laitteille sekä ohjelmistoille. Cisco on uusimpiin ja kehittyneimpiin tukiasemiin rakentanut lisälaitteiston, jonka avulla sijaintidata saadaan 1-3 metrin tarkkuudella heidän omien mittaustensa mukaan. Hyperlocation-paikannus käyttää hyväkseen RSSI (ks. luku 7.1 RSSI-pohjainen paikannus) sekä AOA (ks. luku 6.4 Angle of arrival) -pohjaista paikannusta (Cisco Hyperlocation Solution Data Sheet 2018). AOA-paikannus onnistuu joko tukiasemiin osittavilla lisälaitteilla tai tukiasemalla, jossa tämä Hyperlocation on sisäänrakennettuna (ks. Kuvio 1).



Kuvio 1. Hyperlocation lisälaite

Hyperlocation lisälaitteessa antennit ovat tukiaseman ympärillä tiedetyn etäisyyden päässä toisistaan. Tämän avulla voidaan laskea antennien signaalin vastaanottoajan erotuksesta, mistä suunnasta signaali on saapunut laitteelle. Hyperlocation-laitteistolla saadaan tarkempi paikannustieto yhdistettynä kolmiopaikannukseen. Järjestelmällä saadaan melko tarkka paikannustieto jo yhdellä tukiasemalla. Cisco mainitsee tämän tekniikan tuovan tarkemman paikannuksen lisäksi nopeamman paikannuksen sekä tiheämmän päivityksen paikannusdataan. (Cisco Hyperlocation Module n.d.)

Hyperlocation laitteisto on tämän opinnäytetyön kirjoitushetkellä saatavilla sisäänrakennettuna ainoastaan Cisco Aironet 4800 -tukiasemaan. Tämä Ciscon Hyperlocation mahdollistaisi tarkemman paikantamisen Jyväskylän Paviljongillakin, mutta järjestelmä toisi mukanaan paljon lisäkustannuksia verrattuna Fortinetin Fortipresence-järjestelmään: kaikki tukiasemat sekä kontrolleri olisi vaihdettava, eikä juuri ostettujen laitteiden tilalle ole järkevää lähteä vaihtamaan mitään.

4 Paikannusanalytiikka

Verkkokaupoissa on jo pitkään tarkkailtu asiakkaita, heidän liikkeitään sivuilla sekä ostotottumuksia. Verkkosivut keräävät tietoa jokaisesta klikkauksesta, jonka asiakas tai mahdollinen ostaja tekee sivulla sekä siitä, miten kauan sivua on tarkkailtu. Samalla on myös saatu tietoa siitä, mistä käyttäjä on sivulle päätenyt.

Nyt tätä samaa analytiikkaa haluttaisiin enemmän fyysisten kauppojen asiakkaista sekä muiden asiakastilojen kävijöistä. Tällä analytiikalla voitaisiin varmistaa, että asiakkaille saadaan kohdistettua ne tuotteet, joita he olisivat todennäköisimmin ostamassa. Toinen käyttötarkoitus olivat massatapahtumat sekä tilat, joihin kerääntyy paljon ihmisiä. Paikannusanalytiikalla on käyttöä myös tuotannollisissa tiloissa, kuten esimerkiksi varastotiloissa, joissa voidaan tarkkailla trukkien sijaintia.

Paikannusanalytiikalla on saatu myös asiakkaalle erilaisia käyttötarkoituksia. Suurissa tiloissa, kuten lentokentillä, voisi tämän avulla tarjota navigointipalveluja. Tällä mahdollistetaan tarkempi sijaintitieto kuin esimerkiksi GPS-tekniikalla.

Paikannusanalytiikka on kehittynyt muutaman vuoden sisällä paljon eteenpäin. Monet langattomien verkkojen laitevalmistajat ovat lähteneet kehittämään omia järjestelmiään. Fortinetillä on olemassa järjestelmä, jolla tätä pystytään tekemään (jota tässäkin opinnäytetyössä käytetään). Aruballa on tälläkin hetkellä jo hyvin kattava valikoima laitteita ja palveluita paikantamista varten. Cisco on kehittänyt fyysisiä laitteita, joilla paikantamista saadaan parannettua. Paikannusanalytiikka on kuitenkin vielä nuori käsitys, ja tällä saralla tulee isoja kehitysaskelaita lähiaikoina.

5 Paikannuksen toimintaperiaate

Ihmisten sekä ajoneuvojen seurantaan on käytetty kamerapohjaista seuranta suurissa kaupungeissa sekä liikenteen solmukohdissa. Kamerapohjainen seuranta perustuu siihen, että kamera tunnistaa kohteen esimerkiksi ihmiseksi ja merkitsee tämän. Tämänkaltaista kameroilla toimivaa järjestelmää on kehittänyt esimerkiksi Nokia (Cognitive Analytics for Crowd Insight n.d.). Kamerapohjaisen seurantajärjestelmän käyttäminen sisätiloissa voi olla hankalaa, koska kohteeseen ei ole aina näköyhteyttä. Kamerapohjaisen seurantajärjestelmän käyttö voi tulla myös kalliiksi, koska näkyvälle paikalle tarvitaan kamerrat, jotka kykenevät tunnistamaan oikeat kohteet.

Sisätiloihin paremmin sopeutuva ratkaisu on käyttää langatonta verkkoa asiakkaiden sekä vieraiden seurantaan. Langattoman verkon käyttäminen tulee huomattavasti halvemmaksi ratkaisuksi, sillä langattomia verkkoja on nykyään melkein joka tilassa. Nykyään myös melkein jokaiselta ihmiseltä löytyy jonkinlainen laite, jonka pystyy yhdistämään langattomaan verkkoon.

Periaatteena langattoman verkon käyttämisessä olisi se, että jos paikannusanalytiikkaa haluttaisiin tilasta, ei tarvittaisi juuri minkäänlaista investointia laitteiston osalta: asiakkaan/vieraan sijainti kyetään havaitsemaan koko langattoman verkon kantoalueella.

Aruballa on olemassa myös laitteita, jotka käyttävät Bluetooth-tekniikkaa laitteiden tai asiakkaiden seurantaan. Bluetooth soveltuu käyttötarkoituksiin silloin, kun seurattavalle kohteelle tarjotaan jotakin palvelua, kuten sisätilanavigointia. Tämä sen takia, että Bluetooth-lähettimen tarvitsee olla päällä laitteessa. (ARUBA BEACONS n.d.).

Kummatkin näistä sisätiloihin tarkoitetuista paikannusvaihtoehdoista vaatii, että asiakkaalla/vieraalla on laite mukanaan ja tässä laitteessa on langaton

verkko kutsumassa verkkoja tai Bluetooth-lähetin päällä. Langattoman verkon lähetin on yleisemmin päällä kuin Bluetooth.

6 Wlan sisätilapaikannuksen eri menetöt

Sisäverkon langattomaan paikannukseen voidaan käyttää myös muita tekniikoita kuin wlan-verkkoa. Langattomaan sisätilapaikannukseen voidaan käyttää yhtä hyvin Bluetooth-, RFID- sekä Zigbee-tekniikkaa. Edellä mainittuja tekniikoita käytettäviä laitteita ei kuitenkaan yleensä ole messuvieraiden mukana. Ja yleisesti ne vaativat mukana olevaa paikannuslaitetta. Tämän vuoksi tässä opinnäytetyössä keskityttiin wlan-verkkoihin.

6.1 RSSI-pohjainen paikannus

RSSI-pohjaisessa paikannuksessa mitataan päätelaitteelta vastaanotettavan signaalin vahvuutta tämän saapuessa tukiasemalle. Kun yksi laite on havaittu kolmella eri tukiasemalla, voidaan tämä paikantaa mittaamalla signaalin voimakkuutta ja vertailemalla tätä eri tukiasemien saamaan signaalivahvuuteen. RSSI-pohjaisessa paikannusjärjestelmässä pitää ottaa huomioon, että toiset laitteet, kuten kannettavat tietokoneet, lähettävät vahvempaa signaalia kuin esimerkiksi puhelimet. Jos laitteen on kuitenkin havainnut vähintään kolme tukiasemaa, ei tällä pitäisi olla merkitystä. RSSI-pohjainen paikannus on sama, mitä opinnäytetyössä käytettävässä järjestelmässäkin käytetään. (Pathak, Palkar & Tawari 2014.)

6.2 Fingerprinting

Fingerprinting on myös täysin RSSI-pohjainen paikantamismetodi. Fingerprintingissä parannetaan kuitenkin puhtaan RSSI-paikannuksen tarkkuutta

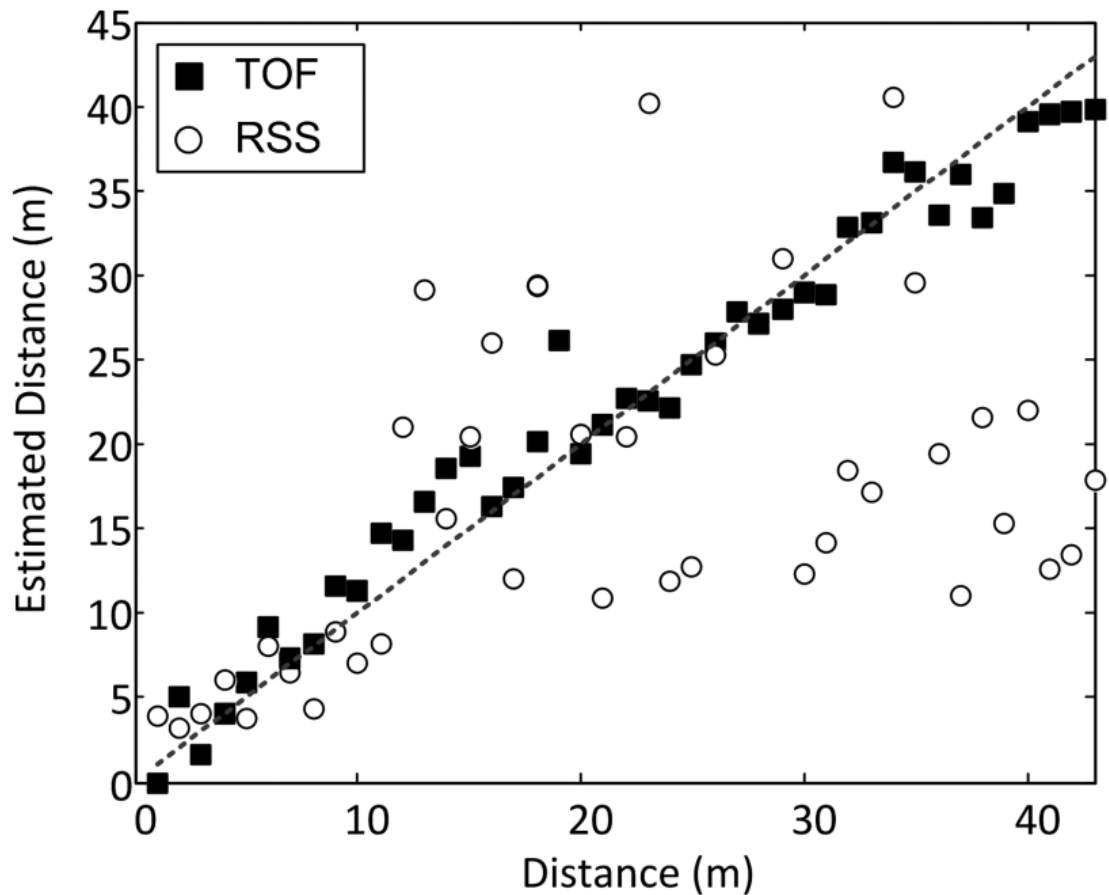
mittaamalla signaalivahvuuden menetystä tukiasemille tunnetuissa sijainneissa. Saadut arvot kirjataan tietokantaan ja niitä käytetään vertailtaessa tuntematonta sijaintia ja vastaanottosignaalin vaimennusta. Tällä tavalla saadaan arvioitua paremmin laitteen sijainti. Huono puoli puhtaaseen RSSI-paikannukseen verrattaessa on se, jos paikannettavassa tilassa muutetaan huonekalujen tai esillepanokulissien sijaintia. Tällöin fingerprinting-mittaukset on tehtävä uudestaan, jotta saadaan hyöty irti fingerprintingistä. (Kiana Insight WebApp 2018.)

Kianan järjestelmässä on fingerprinting ominaisuus, mutta tätä ei tämän opinäytetyön aikana saatu toimimaan Kianan avustuksellakaan.

6.3 Time of flight

Time of flight (TOF) -paikannuksessa mitataan aikaa, joka signaalilla menee kulkea päätelaitteen sekä tukiaseman välillä. Signaali kulkee melko tarkasti äänen nopeudella. Kun nopeus sekä signaalin kulkemiseen kulunut aika tiedetään, voidaan laskea päätelaitteen etäisyys tukiasemasta. Tämän jälkeen, kun vähintään kolmella tukiasemalla saadaan tämä tieto, voidaan päätelaite paikantaa. Wlan-yhteydessä signaalin matkaan kuluttama aika otetaan acknowledgement (ACK) kehyksistä: tässä mitataan, kuinka kauan aikaa kuluu, että tukiasema saa vastaanottavalta laitteelta ACK-viestin. (Lanzisera, Pister & Zats 2011.)

TOF-paikannuksella saadaan tarkempi paikannustulos kuin enemmän käytössä olleella RSSI-pohjaisella paikannuksella (ks. Kuvio 2).



Kuvio 2. Tarkkuusmittaus TOF ja RSS (Lanzisera, Pister & Zats 2011.)

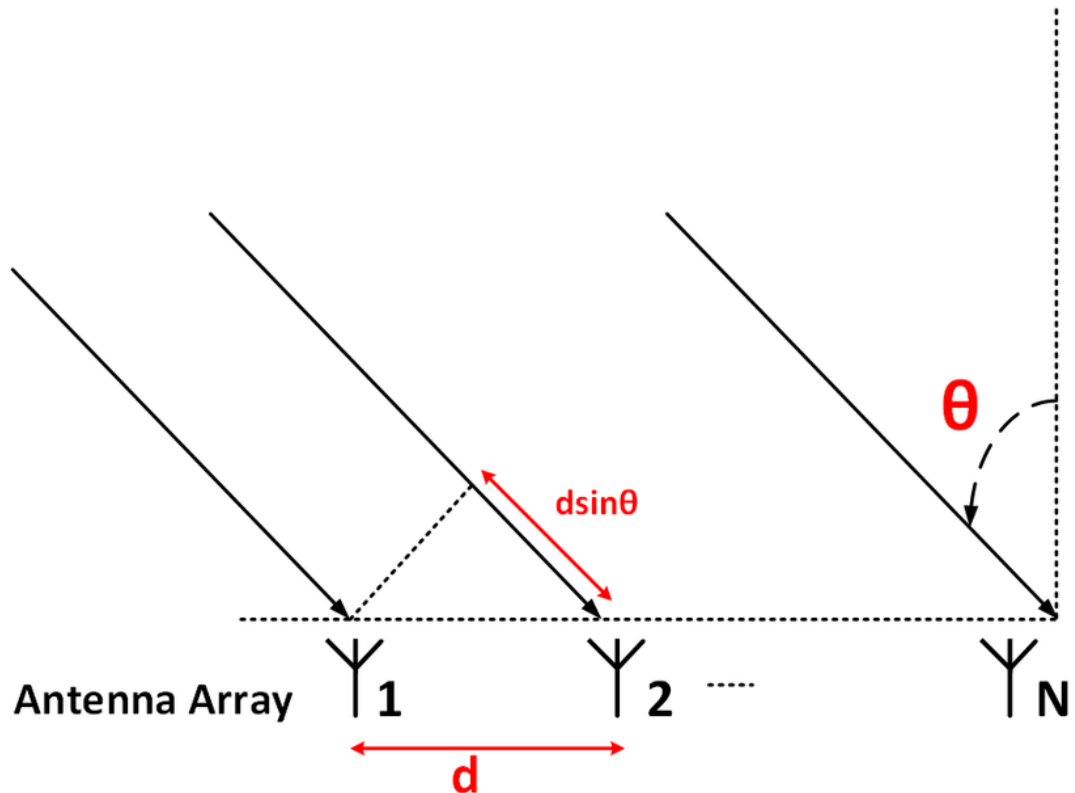
Kuviossa 2 on vertailtu RSSI-pohjaisen sekä TOF-pohjaisen paikannuksen tarkkuutta. Tämän mukaan TOF on tarkempi.

TOF on tarkempi paikannustapa, koska signaali matka-aikaan eivät vaikuta niin paljon esineet ja muut esteet. Esineillä ja esteillä signaalin voimakkuuteen vaikutus on suurempi kuin signaalin matka-aikaan. (Lanzisera, Pister & Zats 2011.)

6.4 Angle of arrival

Angel of arrival (AOA) tarkoittaa, että päätelaitteen signaalin vastaanottava laite osaa mitata kulman, jossa signaali saapuu laitteelle. AOA-paikannusmetodissa tarvitaan tukiasemalle useampi kuin yksi antenni. Kun signaali saapuu laitteelle, mitataan erotus saapumisajassa kahden antennin

välillä. Tämän perusteella voidaan laskea suunta, josta signaali on tullut tukiasemalle. Tämä yhdistettynä kolmiopaikannukseen saadaan selville signaalin lähteen sijainti (ks. Kuvio 3). (Gkelias, Leung & Zafari 2017.)



Kuvio 3. AOA-periaate (Gkelias, Leung & Zafari 2017.)

Antennien pitää olla tietyn etäisyyden päässä toisistaan, jotta kulma saadaan laskettua. AOA-paikannus on mahdollista toteuttaa myös usealla tukiasemalla usean antennin sijasta. Useaa tukiasemaa käytettäessä virheen todennäköisyys kuitenkin kasvaa. Parhaiten paikannus onnistuu sille tehdyllä laitteella, jossa on usea antenni samassa suunnassa, ja tarkasti tiedetyillä etäisyyksillä.

Ciscon Hyperlocation-järjestelmä perustuu AOA-periaatteelle. Cisco on tehnyt laitteistoa, jossa on useita pieniä antenneja ympyrässä, joiden tarkoitus on

vain mitata pienet erot saapuvassa signaalissa. Tämän perusteella saadaan laskettua signaalin tulokulma. Signaalin tulokulma yhdistettynä RSSI-järjestelmään saadaan hyvin tarkka sijaintitieto päätelaitteelle.

7 Langaton verkko

7.1 802.11

IEEE 802.11 -standardi ja sen lukuisat variaatiot ovat Institute of Electrical and Electronics Engineersin (IEEE) kehittämä standardi langattoman tiedonsiirron yhteistämiseksi. Standardi perustui alussa hyvin paljon Ethernet eli 802.3 standardiin. 802.11-standardi on kuitenkin saanut useita päivityksiä ja eri tarkoituksiin kehitettyjä "alistandardeja". Näitä kehitellään jatkuvasti lisää eri käyttötarkoituksiin, kuten parantamaan paikannusta langattomissa verkoissa sekä mahdollistamaan Li-Fi:n eli näkyvän valon avulla käytettävän langattoman verkon. Tulevaisuudessa standardissa pyritään parantamaan Internet Of Things (IoT) yhteensopivuutta. Tätä yritetään kehittämällä järjestelmää, jolla laitteet voidaan herätellä horrostilasta langattoman verkon takaa. Tällä tavalla laite ei kuluta esimerkiksi akkua, kun laitetta ei tarvita. (Ashley & McCann 2018.)

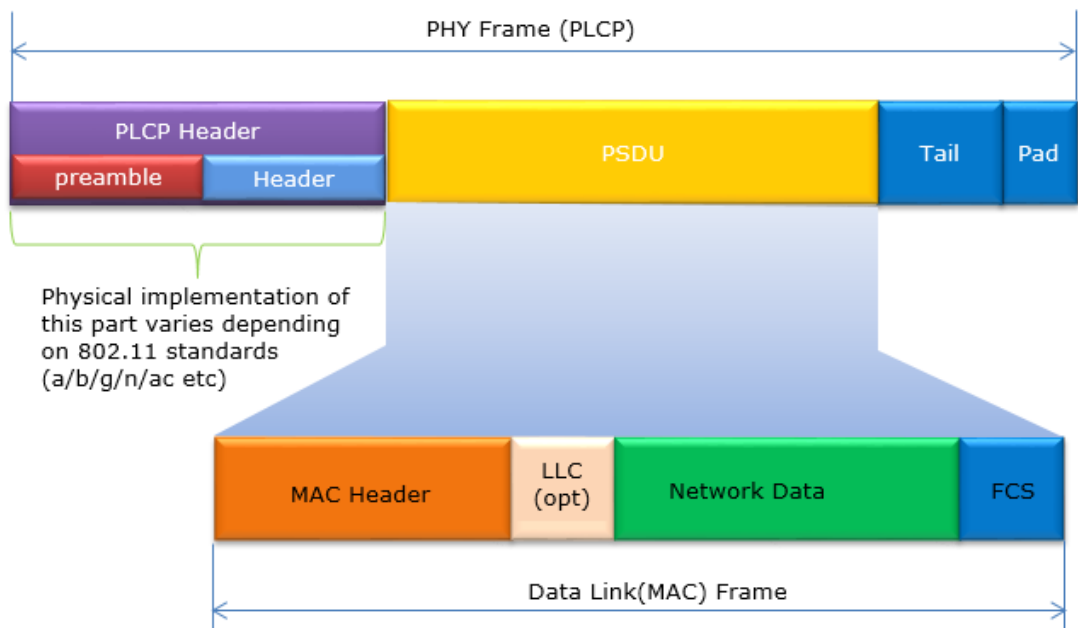
802.11-standardit käyttävät taajuusaluetta 2,4 GHz:stä aina 60 GHz:iin. Yleisimmin käytössä ovat kuitenkin vain 2,4 GHz:n ja 5 GHz:n taajuusalueet. Standardin mahdollistamat nopeudet ovat nousseet jatkuvasti eri versioiden myötä. Vuonna 1997 julkaistu ensimmäinen versio standardista kykeni vain 1 tai 2 Mbit/s nopeuteen, kun taas nykyisin yleisesti käytössä oleva 802.11ac-standardi kykenee teoreettisesti 568.9 Mbit/s nopeuteen (Harwood 2009.). Nopeutta on saatu kasvatettua suurimmaksi osaksi modulaation parantumisen

ansioista. Uudempien versioiden myötä myös kantama ja verkon luotettavuus ovat parantuneet huomattavasti alkuajoista.

7.2 802.11-kehys

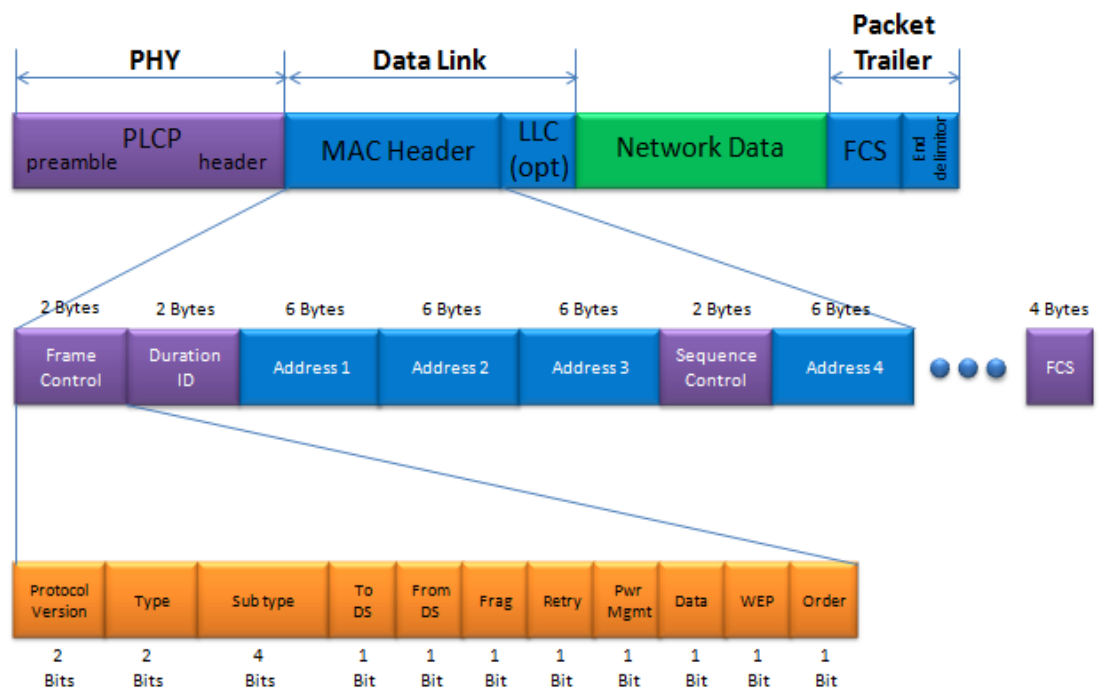
Kehys on muoto, jossa tieto liikkuu tukiaseman sekä päätelaitteen välillä. Langattomassa verkossa tieto sisällytetään kehyksiin. Langattomassa verkossa on kolme eri kehystyyppiä: Data, Management ja Control. Näistä Data-kehykset siirtävät haluttua tietoa päätelaitteen sekä tukiaseman välillä. Management-kehyksellä sekä ylläpidetään laitteiden välistä yhteyttä että tutkitaan, mitä eri tukiasemia ja verkkoja on lähettyvillä. Control-kehyksillä ylläpidetään jo luotua yhteyttä tukiaseman sekä päätelaitteen välillä. (Nicoletti 2005.)

Yksinkertaistettuna jokainen näistä kolmesta kehyksestä sisältää otsikon, MAC-headerin, payloadin tai lastin sekä kehyksen tarkistusnumeron (ks. Kuvio 4).



Kuvio 4. WLAN-kehys (WLAN - Frame Structure N.d.)

Otsikko kertoo vastaanottajalle kehyksen aloituksen. MAC-header on monimutkaisin näistä osuuksista ja tämän työn kannalta oleellisin. MAC-header kertoo kehyksen lähettäjän sekä vastaanottajan tietoja. Kaksi ensimmäistä tavua MAC-headerissä ovat Frame Control -osuus, jolla määritellään, mikä langattoman verkon eri kehysversioista tämä kehys on (ks. Kuvio 5).



Kuvio 5. MAC-header (WLAN - Frame Structure N.d.)

Kuviossa 5 näkyvät kaikki osiot, joita Frame Control -osuuden sisällä on. Protocol version kertoo, mitä protokollaa käytetään; tämä on nolla käytettäessä 802.11-standardia. Type ilmaisee, mikä näistä kolmesta kehystyyppistä tämä kehys on. Sub type kertoo tarkemmin, mikä kehyksen tarkoitus on. To ja From DS -kentät ilmaisevat, onko kehys menossa päätelaitteen vai tukiaseman suuntaan. To ja From DS -kentät ovat tyhjiä Management sekä Control -kehysissä. Fragment ilmaisee, onko kehys osana isompaa määrää kehyksiä, jotka kaikki kantavat samaa lastia. Retry-kenttä käytetään, mikäli kehys vaatii

uudelleenlähetyistä. Power Management -kentällä päätelaite ilmaisee menevää virransäästötilaan. More Data -kentällä tukiasema ilmaisee, että sillä on puskurissa vastaanotettavaksi virransäästöissä olevalle laitteelle. WEP-osuus ilmaisee, onko kehys salattu jollakin salausprotokollalla. Order-kenttä ilmaisee kehyksien järjestyksen, sillä kehykset eivät aina saavu oikeassa järjestyksessä. (WLAN - Frame Structure n.d.)

MAC-headerissä on tämän työn kannalta oleellisin tieto, sillä Fortipresence saa päätelaitteiden sijainnin tietoonsa Management-kehysten Probe-tyyppisellä MAC-Headerilla. Tämän kehysten avulla päätelaite "haistelee" lähettyvillä olevia langattomia tukiasemia. Tukiasema vastaa tähän ja saa samalla tiedon päätelaitteesta ja sen välimatkasta tukiasemaan. Tämä ei tarkoita sitä, että päätelaite olisi liittynyt langattomaan verkkoon, vaan se vasta tutkii, mitä tukiasemia lähettyvillä on. Tämän takia langattoman verkon avulla voidaan toteuttaa sisätilapaikannusta ilman, että paikannettavat laitteet liittyvät verkkoon. (WLAN - Frame Structure n.d.)

7.3 802.11ac

IEEE 802.11ac -standardin kehitys aloitettiin 2011, ja se valmistui vuonna 2013. Virallisesti standardi otettiin käyttöön tammikuussa 2014. 802.11ac-standardi on paranneltu versio 802.11n standardista, joka julkaistiin vuonna 2009. 802.11ac parantaa jo aikaisemmassa versiossa tuotuja ominaisuuksia, kuten tukea 5 Ghz:n taajuudelle sekä Multiple Input Multiple Output (MIMO) -ominaisuuksia. (Mitchell 2018.)

Aikaisemmat versiot 802.11-standardista käyttävät melkein yksinomaan 2,4 Ghz:n taajuutta. Tämä taajuusalue onkin erittäin ruuhkainen, minkä vuoksi häiriötekijöitä on paljon. Häiriötekijöiden estämiseksi 5 Ghz:n taajuusalue haluttiin tuoda käyttöön langattomille verkoille. 5 Ghz:n taajuus mahdollistaa myös nopeamman yhteyden, mutta tuo samalla lyhyemmän kantaman kuin

2,4 Ghz:n taajuus. Vanhemmat päätelaitteet eivät myöskään osaa käyttää kuin 2,4 Ghz:n taajuutta. Useimmiten tukiasemat hyödyntävätkin tämän vuoksi kumpaakin taajuusalueita. (Mitchell 2018.)

802.11ac paransi myös tukea MIMO-ominaisuuksille. MIMolla tarkoitetaan sitä, kun tukiasema "palvelee" useaa päätelaitetta saman aikaisesti. 802.11n-standardi tukee myös MIMO-ominaisuuksia neljälle yhtäaikaiselle laitteelle. Tätä parannettiin 802.11ac-versioon mahdollistamalla kahdeksan samanaikaista päätelaitetta. 802.11ac mahdollisti myös Multiuser MIMOn (MU-MIMO). Tämä tarkoittaa, että pidetään yllä yhteyttä samanaikaisesti moneen laitteeseen sekä pystytään lähettämään dataa yhtäaikaisesti monelle laitteelle. 802.11n standardissa oli vain Single-User MIMO (SU-MIMO). Tällä mahdollistettiin lähetys vain yhdelle laitteelle kerrallaan. (802.11ac: The Fifth Generation of Wi-Fi 2018.)

802.11ac mahdollistaa myös 256QAM-modulaation. Tällä mahdollistetaan isot nopeudet, vaikkakin erittäin pienillä etäisyyksillä. 802.11n mahdollisti 64QAM-modulaation. 802.11ac-standardin teoreettinen nopeus onkin 1.3 Gbps. (802.11ac: The Fifth Generation of Wi-Fi 2018.)

Beamforming on 802.11ac-standardin tuoma tekniikka, jonka avulla voidaan kohdistaa langattoman verkon signaalia tietyille laitteille ja vahvistaa signaalia laitetta kohti. Tämä toimii muuttamalla säteilylähteiden vaihetta, jolloin näillä pystytään vahvistamaan signaalia tiettyyn suuntaan (ks. Kuvio 6).



Kuvio 6. Beamforming

Beamforming mahdollistaa verkon paremman kuuluvuuden pidemmillä matkoilla sekä vähentää häiriön aiheuttamista ympäristöön. (Hoffman 2016.)

7.4 802.11az

Langattoman verkon standardeja luovassa organisaatiossa perustettiin alkuvuodesta 2015 työryhmä tutkimaan sitä, miten 802.11 standardi saadaan paremmin tukemaan paikannusta. Työryhmän tavoitteena on muovata 802.11 standardin fyysistä sekä MAC -kerrosta siten, että niiden avulla pystytään paikantamaan absoluuttinen ja relatiivinen sijainti.

Työryhmää johtavat Intelin, Qualcommin, MediaTekin Sekä Googlen työntekijät. Projekti on vielä alkuvaiheissa, mutta projekti itsessään on osoitus siitä, että paikannusteknologialle on todellinen tarve. (Segev n.d.)

8 Global Positioning System (GPS)

Global Positioning System (GPS) on Yhdysvaltain hallituksen 1960-luvulla kehittämä paikannusjärjestelmä. Alun perin Navstariksi nimetty järjestelmä käyttää avaruudessa olevia satelliitteja paikantaakseen kohteen sijainnin. GPS-

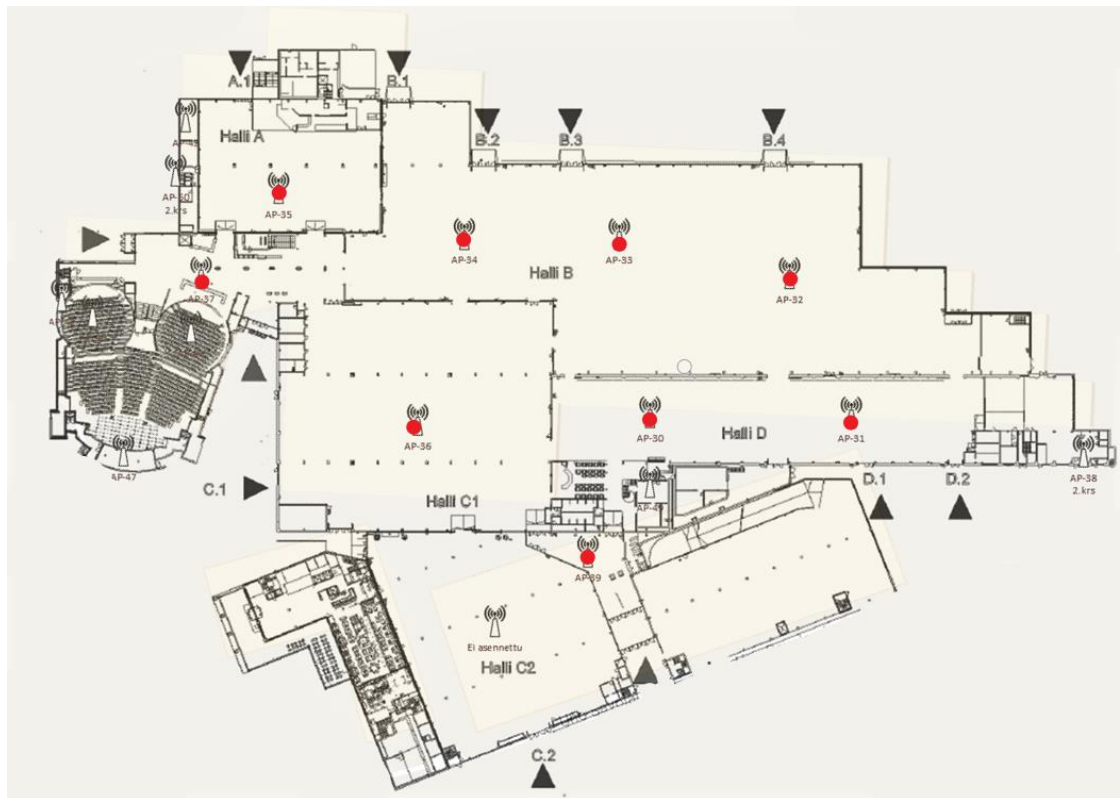
paikannusta käytettäessä laite saa sijaintitiedon näkyvillä olevista satelliiteista näiden sijainnista sekä kellonajasta laskemalla.

GPS-paikannus on suuressa käytössä ulkotiloissa paikantamisessa, mutta sen toimivuus sisätiloissa on heikkoa, koska paikannettava laite tarvitsee line of sight (los) yhteyden avaruudessa olevaan satelliittiin. GPS-järjestelmä tarvitsee mittaustuloksen kolmelta satelliitilta, jotta paikannusmittaus pystytään tekemään. (Tech Terms n.d.)

9 Laitteisto

Jyväskylän Paviljongille oli hieman ennen tämän projektin aloittamista uusittu langattoman verkon laitteisto. Kontrollerina langattomalle verkolle on käytössä kaksi Fortinetin FortiWLC-50D, jotka on konfiguroitu klusteriksi. Klusteri on aktiivi-passiivi-tyylillä, eli toinen laite on varalaitteena, jos päälaitteelle sattuu jotakin.

Tukiasemina käytössä on Fortinetin FAP-U423EV-E laitteet. Laitteet on sijoitettu halleissa kattoon, josta kattavuus on parhain. Näitä tukiasemia on yhteensä yhdeksän kappaletta (ks. Kuvio 7).



Kuvio 7. FAP-U423EV-E Sijainti

Käytössä on myös vanhat käytössä olleet tukiasemat. Nämä ovat Merun AP1010 laitteita. Näitä ajateltiin voitavan käyttää, jos tarvittaisiin lisäkattavuutta hallille. Merun-laitteet toimivat Kontrollerin kanssa sekä Fortipresencen kanssa, koska ovat melko identtisiä Fortinetin tukiasemien kanssa. Meru on Fortinetin hankkima yritys, jonka pohjalta Fortinet pääsi langattomien verkkolaitteiden valmistajaksi.

Myöhemmin Fortipresencen pystytystä tehdessä huomattiin, että edellä mainitut Merun-laitteet eivät toimineetkaan Fortipresence-tarkoitukseen, koska kyseiset laitteet eivät tue ollenkaan 802.11ac standardia. Tämän takia jouduttiin vuokraamaan tähän käyttöön uudempia laitteita Fortinetiltä. Vuokrasimme viisi kappaletta Fortinetin AP832e sekä neljä kappaletta AP832i -tukiasemaa. Nämä tukiasemat tukevat 802.11ac standardia ja sopivat siis tähän käyttöön. Vuokratuissa tukiasemissa on myös suunta-antennit, jotka parantavat paikantamista.

10 Refesenssit

Erilaisia sisätilapaikannusjärjestelmiä on tämän vuosikymmenen aikana ilmestynyt paljon. Järjestelmiä on kehitetty moneen eri käyttötarkoitukseen monella eri tekniikalla.

Käytössä olevia sisätilapaikannusjärjestelmiä on toteutettu logistiikan, liiketilojen, sairaaloiden sekä messuhallien käyttöön eri käyttötarkoituksiin.

10.1 Logistiikka

Logistiikkatilojen paikannukseen on kehitetty RFID-pohjaisia järjestelmiä. RFID:n avulla paikannetaan tuotteita, henkilökuntaa sekä laitteistoa. Tämän analytiikan avulla voidaan löytää tuotteet varastotilasta nopeammin ja parantaa tuotteiden keräilyyn kulutettua aikaa optimoimalla työntekijöiden sekä laitteiden kulku varastossa. Logistiikkatilojen paikannustarve yleistyy entisestään IoT-laitteiston sekä automatiikan lisääntyessä. (Puro 2018).

10.2 Sairaalat

Sairaaloissa on todettu olevan tarvetta potilaiden, henkilökunnan sekä hoitovälineistön paikantamiselle. Sairaanhoitajat käyttävät paljon aikaa päivästäan potilaiden sekä hoitovälineistön etsimiseen. Hankintakustannukset vähenevät, kun esimerkiksi pyörätuolit ovat helposti paikannettavissa, eikä niitä enää tarvita joka nurkalle. Myös toisten sairaanhoitajien nopealle paikantamiselle on tarvetta, esimerkiksi aggressiivisen potilaan tapauksessa (Savela 2016.)

Sairaaloihin onkin kehitetty sisätilapaikannusjärjestelmiä näihin käyttötarkoituksiin. Esimerkiksi Mikkelin keskussairaalalle on otettu käyttöön järjestelmä,

joka paikantaa sairaalasängyt sekä apuvälineet. Tämä järjestelmä on toteutettu Bluetoothilla sekä paikannettaviin laitteistoihin kiinnitettävillä paikantimilla. Tämän järjestelmän toteutti Mikkelin keskussairaalle 9Solutions (9Solutions 2017.)

Myös Itä-Savon sairaanhoitopiiri on ottanut käyttöön samanlaisen sisäpaikannusjärjestelmän. Heillä paikannusjärjestelmä on kuitenkin toteutettu langattoman verkon avulla. Itä-Savon sairaanhoitopiirillä käyttötarkoituksena on myös laitteiston paikantaminen sekä henkilökunnan turvalaitteissa (Savela 2016.)

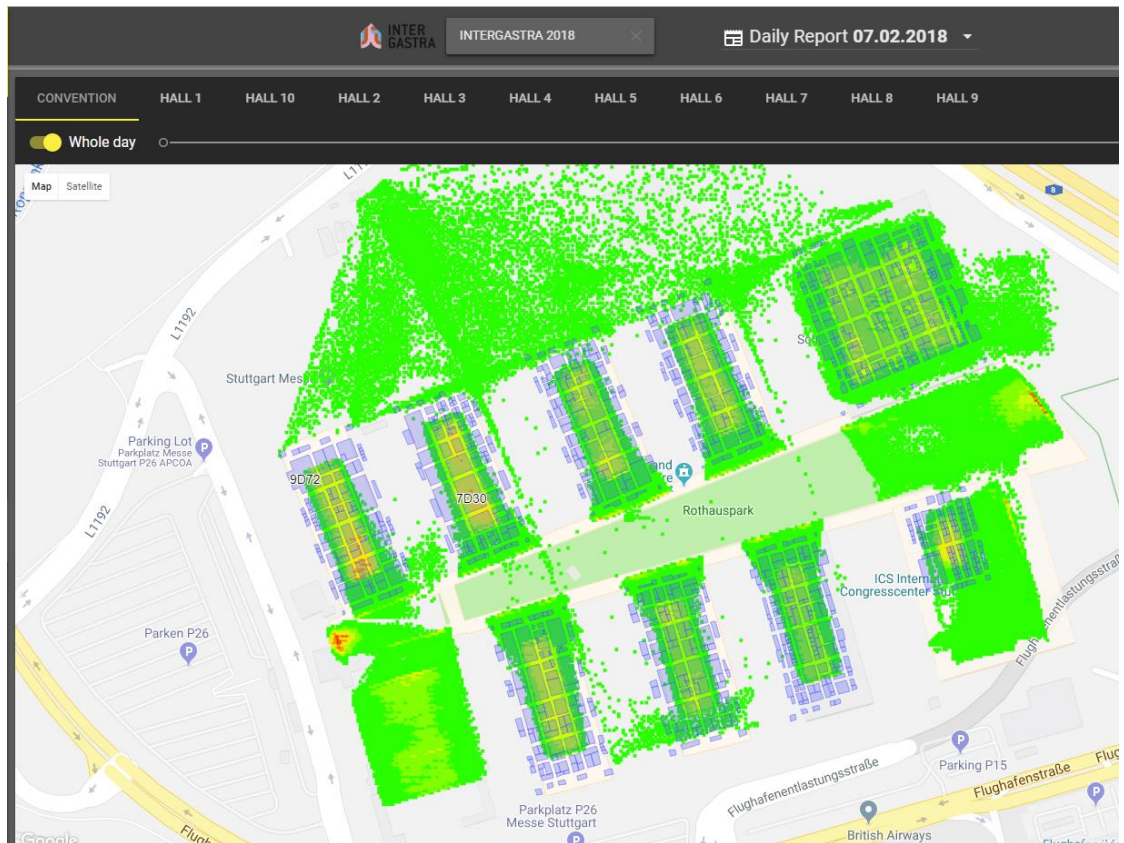
Sairaaloille tarkoitetuissa toteutuksissa on yleensä laite, jota paikannetaan. Näillä järjestelmillä ei paikanneta vieraalla valmiiksi olevaa laitetta. Tämän takia nämä järjestelmät eivät sovellu messuhallin paikannusjärjestelmäksi. Sairaaloissa käytettävissä järjestelmissä on myös tärkeää tunnistaa paikannettava kohde tai henkilö, joka taas messuhallin tapauksessa ei ole oleellista.

10.3 Messuhallit

Fortipresence-järjestelmää käyttöön otettaessa Kianan näytti tekemiään testi-järjestelmän tuloksia. He olivat toteuttaneet Fortipresence-järjestelmän Stuttgartissa sijaitsevalle messuhallille, Messe Stuttgartille.

He antoivat näytteeksi järjestelmästä tuottamansa raportin Intergastra messuista, jotka järjestettiin 15.-19. helmikuuta vuonna 2018.

Raportti on hyvin kattava, sillä koko messualue oli saatu paikannettua. Myös erillisiä halleja pystyttiin tarkastelemaan kerrallaan. (ks. Kuvio 8)



Kuvio 8. Stuttgart-esimerkki

Tämä esimerkkiraportti on samanlainen, minkä Jyväskylän Paviljonki haluaa ottaa käyttöön heidän messuhalleihinsa myös. Stuttgartin paikannusjärjestelmä on toteutettu Fortipresence-järjestelmällä, joka otetaan käyttöön myös Jyväskylän Paviljongille. Järjestelmä on siis ainakin Stuttgartin kohdalla toteuttu toimivaksi vielä isommassa ympäristössä, kun mitä Jyväskylän Paviljongille toteutetaan.

11 Järjestelmän käyttöönotto

11.1 Laitekonfiguraatio

Projekti aloitettiin huhtikuun alkupuolella vuonna 2018 konfiguroimalla langattoman verkon kontrollerin lähettämään vieraista saadun datan Kianan järjestelmään. Datan lähetys onnistuu melko suoraviivaisesti. Kontrolleri on melko uusi, joten siihen on jo valmiiksi lisätty graafiseen käyttöliittymään kohta, johon Kianan osoitetiedot, salausavaimet ja projektin tiedot syötetään (ks. Kuvio 9).

The screenshot shows the FortiWLC web interface. The top header displays the Fortinet logo and the device model 'FortiWLC 8.3-3GAbuild-0 | FortiWLC-50D'. The left sidebar contains a navigation menu with the following items: Monitor, Configuration, System Config, Security, Wireless, Wired, Policies, and Devices. The 'Devices' section is expanded, showing 'System Settings', 'Controller', and 'APs'. The main content area is titled 'Location Services Configuration' and contains the following settings:

- Location Services Feed: Enable
- Report Format: Forti-Presence
- Project Name: 23461a (with a note 'Enter 1-16 chars.')
- Secret: [masked]
- Source Type: WIFI
- Server IP Address: 192.168.1.1
- Server Port: 300 (Valid range: [300-65535])
- Report Interval (in Seconds): 25 (Valid range: [3-3600])

Kuvio 9. Verkkokäyttöliittymäkonfiguraatio

Tälle sivulle syötettävät tiedot saa Kianan Fortipresence-sivulta. Saman konfiguraation voi tehdä myös komentorivin kautta kontrollerille (ks. Kuvio 10).

```

WLC50-MASTER(15)# show location-server
Location Services Configuration

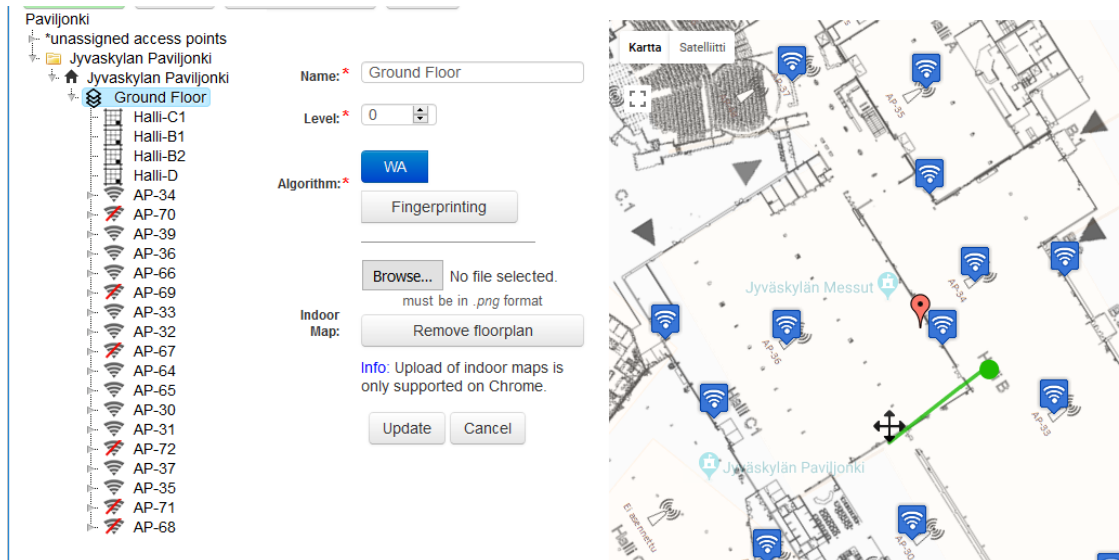
Report Format                : forti-presence
Project Name                 : 19-20-20-30-30
Location Services Feed      : enable
Secret                       : *****
Source Type                  : wifi
Server IP Address           : 10.1.1.5
Server Port                  : 300
Report Interval (in Seconds) : 25
WLC50-MASTER(15)#

```

Kuvio 10. Kontrollerin komentorivikonfiguraatio

Kun kyseiset tiedot on syötetty kontrollerille, saa Kianan sivusto listauksen kontrollerilla olevista tukiasemista. Itse tukiasemat eivät tarvitse konfigurointia tätä varten. Kianan järjestelmän voi myöskin pystyttää verkkoon, missä ei ole kontrolleria käytössä. Tässä tapauksessa jokaiselle tukiasemalle pitäisi konfiguroida sivuston tiedot, jotta tukiasemat osaavat lähettää sen sivustolle.

Kianan sivustolle määritetään projektin nimi sekä kerrokset. Tämän jälkeen sivustolle näytetään missä kohdepaikka sijaitsee ja lisätään pohjakuva halleista. Kianan sivustolle tulleen tukiasemalistauksen mukaan tukiasemat sijoitetaan pohjakuvaan oikeille paikoilleen, jotta sivusto tietää missä mikäkin tukiasema on (ks. Kuvio 11).



Kuvio 11. Tukiasemien sijoittaminen pohjakuvaan

Tukiasemille asetettiin Received signal strength indication (RSSI) arvo, jolla voidaan määritellä miten kaukaa tukiasema ottaa saadun signaalin huomioon. Kaikille tukiasemille määriteltiin RSSI arvoksi -55. Tätä pienemmällä signaali-
vavuudella saadut laitteet jätettiin pois paikannusjärjestelmästä.

11.2 Site Survey

Seuraavaksi järjestelmä pitää konfiguroida. Konfiguroida varten järjestelmään tehdään niin sanottu Site Survey, suoraan suomennettuna paikkakartoit-
tus. Site Surveyssä annetaan sivustolle esimerkiksi puhelimen MAC-osoite. Kyseisen puhelimen kanssa liikutaan alueella, minne paikannuksen on tarkoitus tulla, ja merkataan sivustolle missä milläkin hetkellä ollaan. Tämän perusteella järjestelmä osaa sanoa tarkemmin vierailijoiden sijainnin. Site Survey on Kianaan nimitys Fingerprinting-ominaisuudelle.

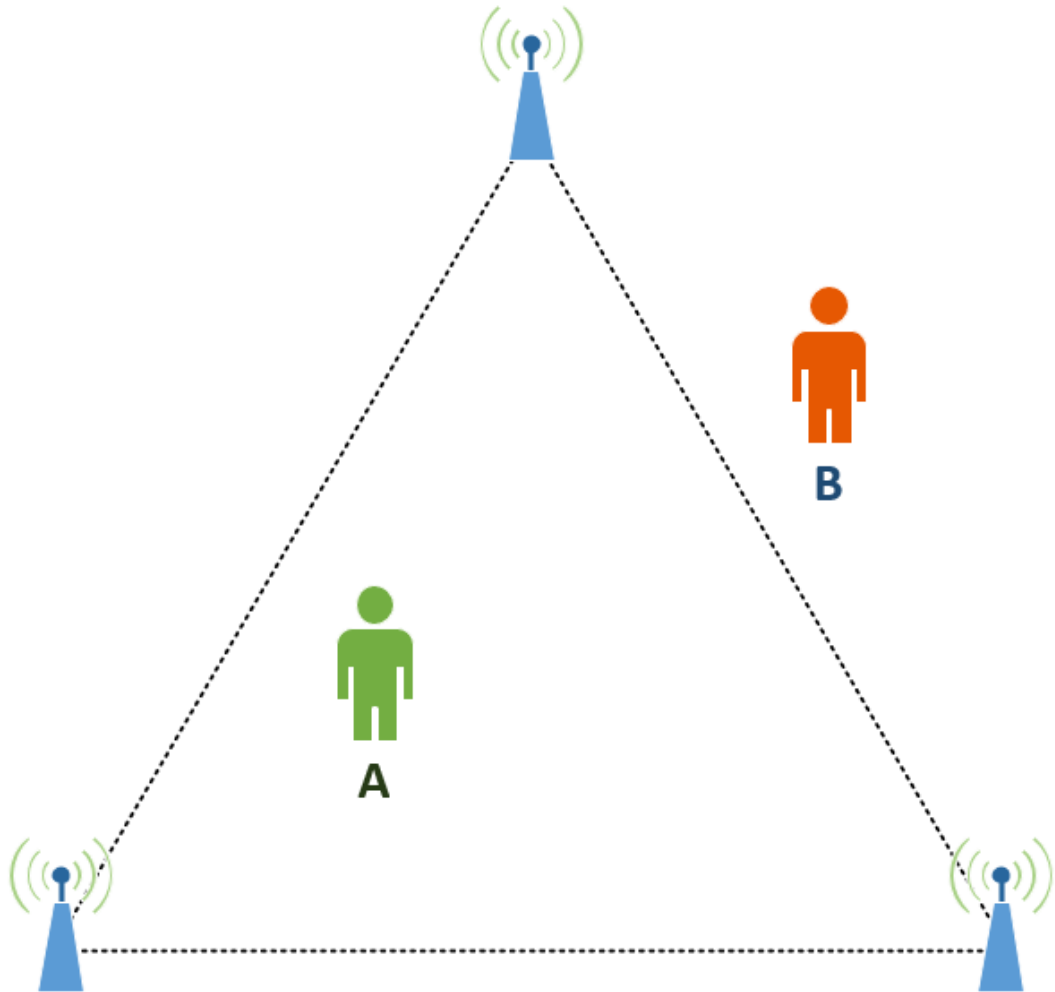
Tätä kalibrointia tehdessä sivustolta saatiin vain virhekoodi, kun sijaintia yritettiin merkitä kartalle. Kianaan otettiin yhteyttä virhekoodin tiimoilta ja sieltä

saatiinkin tieto, että Site Survey ei sillä hetkellä ollut toiminnassa ja ainut henkilö, joka heiltä osaa vian korjata, on lähtenyt yrityksestä. Site Surveyn luvattiin olevan taas käytössä kevään aikana. Päivitys, jossa vika korjattiin, ajettiin ulos vasta heinäkuun aikana. Tein tämän Site Surveyn heinä-elokuun taitteessa, kun asiakkaan tiloissa oli menossa suuri tapahtuma. Tällöin onnistuttiin merkitsemään sijaintini Site Surveyhin vain kerran useamman merkinnän sijaan. Sijaintia yreitettiin merkitä järjestelmään muutaman kymmentä kertaa tässä onnistumatta. Site survey ei siis toiminut halutulla tavalla.

Järjestelmä joudutaan siis ottamaan käyttöön ilman Site Survey -ominaisuutta, ja paikannus toteutetaan pelkästään kolmiopaikannuksen tai Weighted Avaragen (WA) avulla.

11.3 Weighted Average

Weighted Average on toinen paikannusalgorithmi, jota tässä järjestelmässä voi käyttää. Tämä paikannusalgorithmi käyttää niin sanottua kolmiopaikannusta paikantaakseen vieraat. Kolmiopaikannuksella tarkoitetaan sitä, että paikannettavien kohteiden pitää olla kolmen tukiaseman muodostaman kolmion sisäpuolella, jotta kohteet saadaan paikannettua (ks. Kuvio 12).



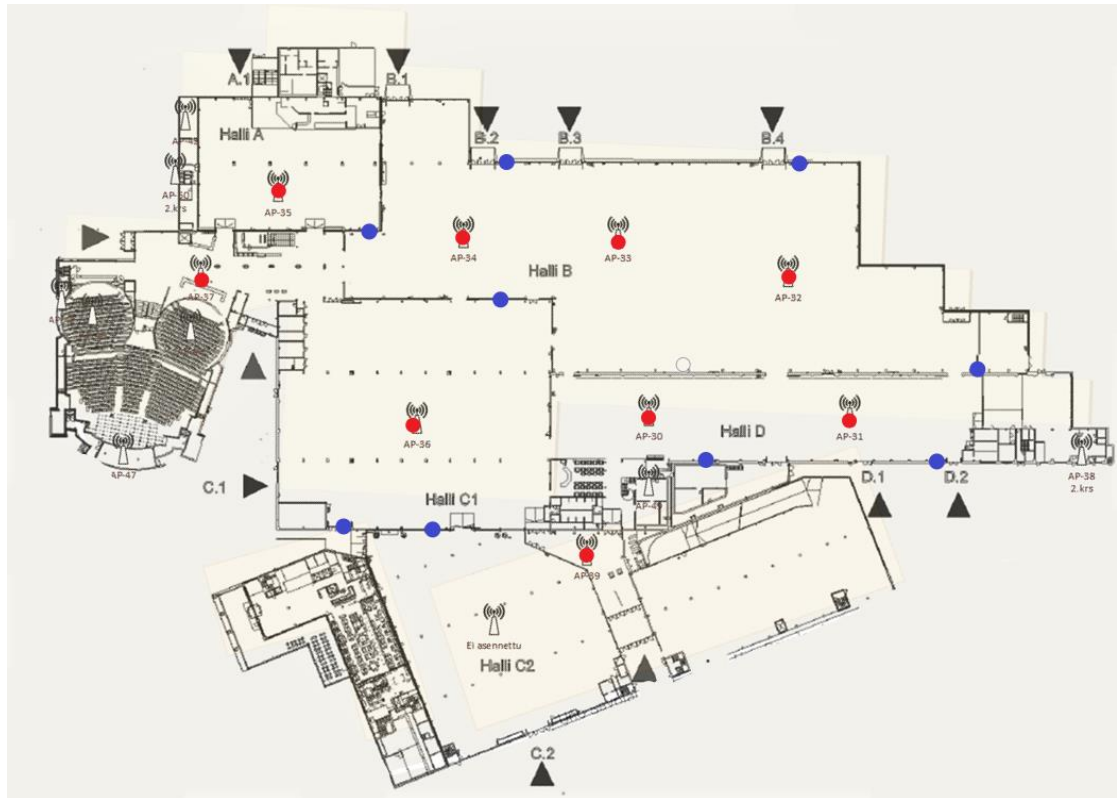
Kuvio 12. Kolmiopaikannus

Yllä olevassa esimerkkikuviossa 12 henkilö A on mukana paikannuksen piirissä. Henkilö B ei puolestaan näy kolmiopaikannusjärjestelmässä.

WA algoritmia varten tarvitsen lisätukiasemia jo käytössä olevien rinnalle, jotta koko paikannettava alue saadaan paikannetuksi. Tätä varten yritettiin ottaa käyttöön asiakkaan vanhat tukiasemat, jotka olivat jääneet langattoman verkon uudistamisesta. Vanhat laitteet liitettiin verkkoon, ennen kuin huomattiin että tukiasemissa pitää olla tuki 802.11ac-standardille.

Hallien ulkoseinille tarvittiin siis lisätukiasemia, jotta halli saadaan paikannettua kokonaisvaltaisesti. Tätä varten lainattiin tukiasemia Fortinetin kautta.

Lainatut tukiasemat olivat Fortinetin AP832e ja AP832i -laitteita, joista mainitsin myös Laitteisto kappaleessa (ks. luku 10 Laitteisto). Uudet Fortinetiltä lainatut tukiasemat sijoitettiin seuraavaksi kuvion mukaisesti hallien reunoille (ks. Kuvio 13).



Kuvio 13. Lisätukiasemien sijainti

Kuviossa 13 violetilla värillä merkityt tukiasemat ovat lainattuja tukiasemia. Punaisella värillä merkityt tukiasemat ovat kiinteät, valmiina olleet tukiasemat. Laitteet sijoitettiin niin hyvin kuin mahdollista halliin jakamoiden läheisyyteen, koska laitteet eivät ole pysyvästi asiakkaalla. Laitteet saatiin hyvin kattamaan koko messuhalleja. Halli A sekä aula jäävät tässä hieman vähemmälle huomiolle. Eniten sijoitettiin tukiasemia halleihin B, C ja D, sillä näiden paikannusta pidetään tärkeämpänä suuren käytettävyytensä vuoksi.

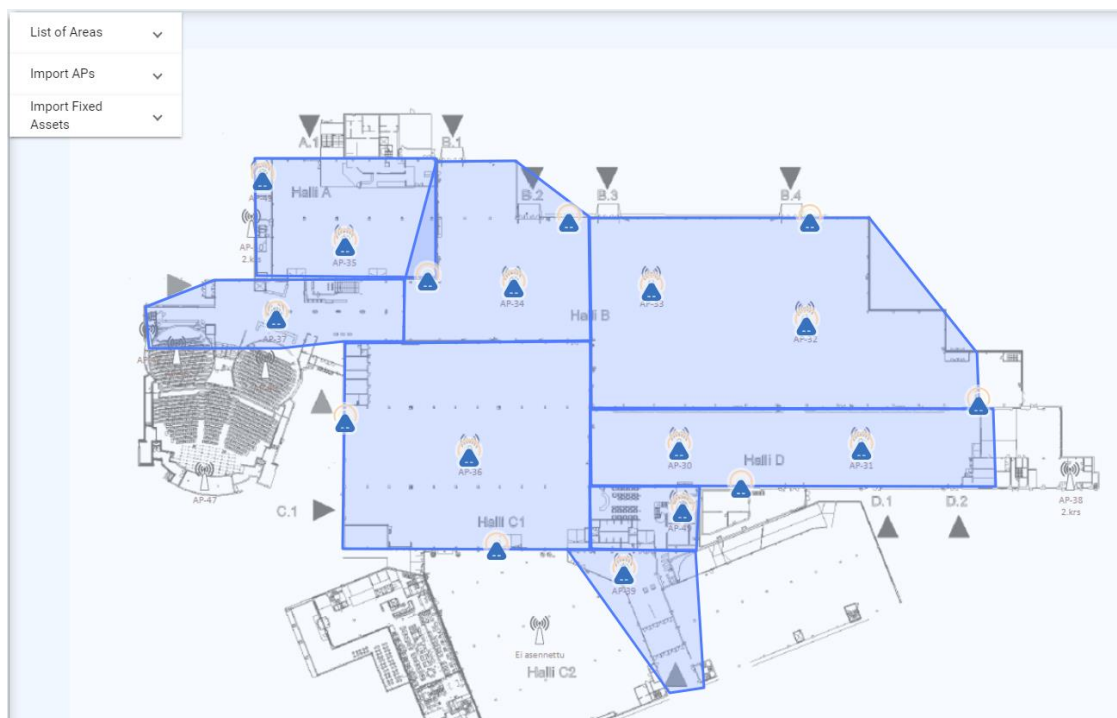
Paikantavien tukiasemien ei tarvitse lähettää mainostaa langatonta verkkoa, joten tukiasemat lisättiin kontrollerille, mutta tukiasemia ei asetettu lähettämään mitään SSID:tä. Tukiasemat asetettiin VLAN:iin, josta niillä on pääsy kontrollerille. Niissä ei kuitenkaan ole tarkoitus liikkua asiakasliikennettä, koska tukiasemien tarkoituksena on vain "haistella" laitteita sen kantaman alueella. Jos asiakas haluaa järjestelmän käyttöönsä tämän demoamisen jälkeen, voi hallien ulkoseinille hankkia edulliset tukiasemat paikannusta varten.

Lisätukiasemien lisäämisen jälkeen, hallit saatiin katettua tyydyttävällä tasolla. Paikannuksen tarkkuus kuitenkin epäilytti, heatmapin osoittaessa ihmismassojen tiiviimmän kohdan olevan seinän sisällä. Järjestelmän tarkkuuden havainnollistamiseksi, käveltiin hallissa puhelimen kanssa, langaton verkko päällä mutta yhdistämättä mihinkään verkkoon. Ennen kuin kyettiin tarkastelemaan tarkkuutta, poistettiin Fortipresencestä yksittäisen tietyn MAC-osoitteen seuranta. Tämä tapahtui hieman sen jälkeen, kun Euroopan Unionin yleinen tietosuojasetus eli GDPR astui voimaan. Vaikka Patch Notesseissa ei vahvistettu tätä, on todennäköinen syy ominaisuuden häviämislle GDPR lainsäädännön takia.

11.4 Fortipresence Lite

Fortipresence Lite on Fortinetin oma versio palvelusta, johon langattomasta verkosta lähetetään paikannustieto, joka muutetaan helposti luettavaan ja katseltavaan muotoon. Tämä sivusto oli projektin alkuvaiheessa vielä beetavaiheessa, mutta valmis Fortipresence Lite julkaistiin heinäkuun aikana. Kianan versio sivustosta oli tässä vaiheessa osoittautunut keskeneräiseksi. Järjestelmässä oli kyllä monia ominaisuuksia, mutta niiden toimivuus oli usein kyseenalaista. Tämän takia otettiin käyttöön Fortipresence Lite.

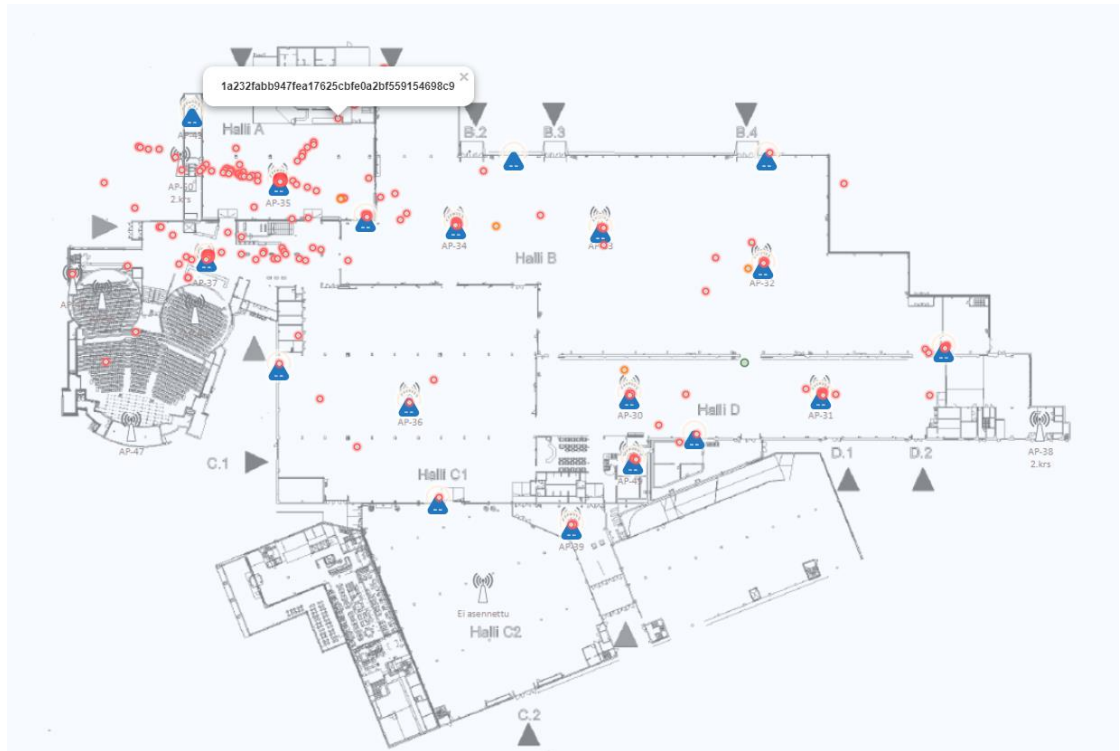
Fortiprecense Liten käyttöönotto tapahtuu hyvin samalla tavalla kuin Kianan versio. Järjestelmästä saadaan langattoman verkon kontrollerille laitettavat tiedot osoitteista, porteista sekä salasanoista. Näiden syötön jälkeen ilmestyvät tukiasemat sivustolle käytettäväksi. Fortiprecensen versiossa alueiden muotona pystyy olemaan muukin muoto kuin neliskantti. Tämän avulla sain tehtyä joka hallille oman alueen. Uusiin alueisiin tukiasemat sijoitetaan oikeille paikoilleen (ks. Kuvio 14).



Kuvio 14. Fortiprecense Lite -alueet ja tukiasemat

Tukiasemien sijoituksen yhteydessä sivusto kysyy tukiaseman antennien Effective isotropic radiated power (EIRP) arvoa. Tämä on asetettu kontrollerilla 23, joka on maksimiarvo. Tämän jälkeen sivusto alkaa paikantamaan vieraita halleista.

Ongelmaksi kuitenkin muodostui se, että järjestelmä sai vain harvoin paikannettua vieraan kahden tai kolmen tukiaseman ”näkökulmasta” samanaikaisesti. Tämä tarkoitti sitä, että suurinta osaa halleissa käyneistä ei paikannettu kunnolla (ks. Kuvio 15).



Kuvio 15. Yhden vuorokauden paikannetut vieraat

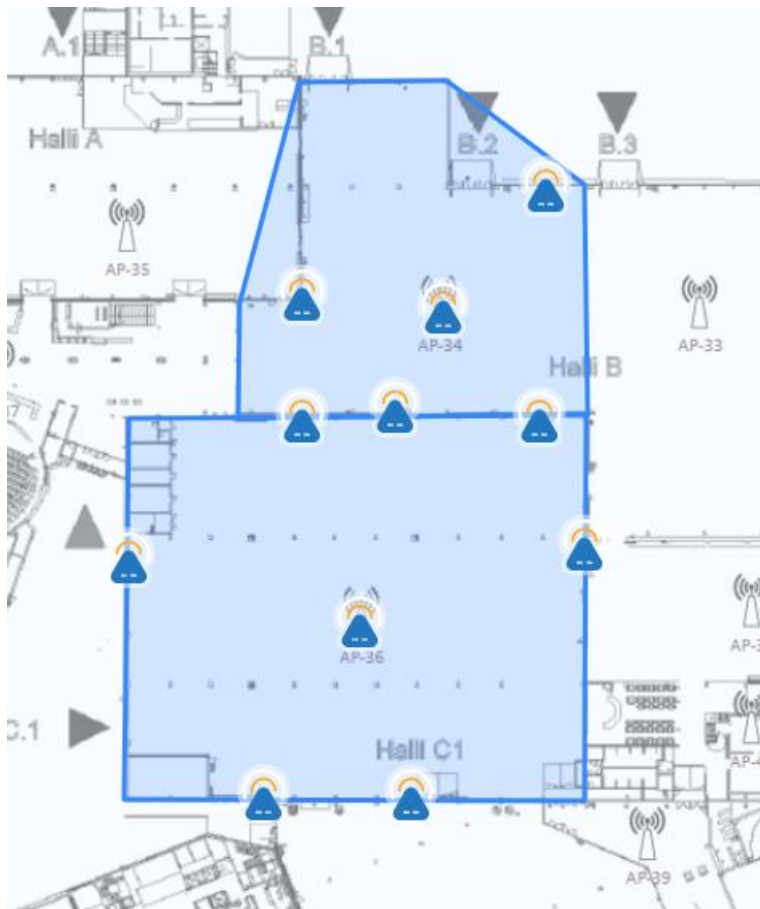
Kuviossa 15 näkyvistä karttaan piirretyistä vieraista 347 kävijää oli vain yhden tukiaseman havaitsemia ja 5 kävijää kahden tai kolmen tukiaseman havaitsemia. Tästä voi päätellä, että tarkkuus ei ole tyydyttävä ja sitä pitää parantaa, jotta järjestelmä on käytettävä.

Kuviossa 15 oleva paikannustieto on normaalilta arkipäivältä, jolloin suurin osa rakennuksessa olevista laitteista sijaitsee toimistotiloissa, josta suurin osa paikannuksista tulee. Toimistojen päässä rakennusta tukiasemia on sijoitettuna hieman harvemmin. Kun halleissa on enemmän vieraita, tulee paikann-

nuksia olla enemmän. Kun ensimmäinen tapahtuma Fortipresence Liteen siirtymisen jälkeen tuli, oli tarkkojen paikannusten määrä 3 kappaletta 1315 kokonaispaikannuksesta. Tämä on 0,23 % havaituista laitteista, mikä ei ole tietenkään tyydyttävä tulos.

11.5 Kohdealueen pienentäminen

Päätettiin kokeilla paikannusta pienemmällä alueella. Kaikki lisätukiasemat sijoitettiin B1-halliin sekä C1-Halliin. Tällä tavoin langattomat verkot saatiin reilusti lomittain ja tarkkojen paikannusten määrän pitäisi kasvaa (ks. Kuvio 16).

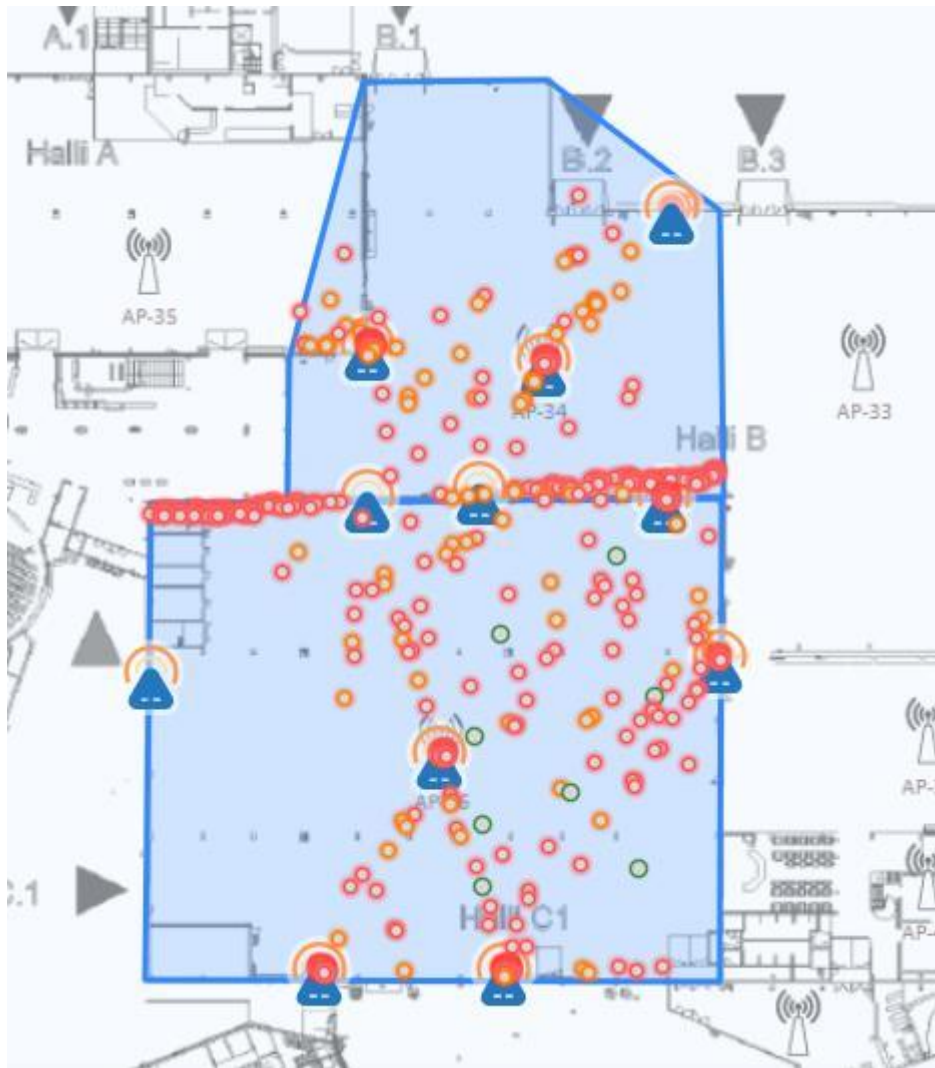


Kuvio 16. Pienennetty kohdealue

Muutamaa tukiasemaa siirrettiin pois kulmien takaa paikoille, joista kuulu-
vuus halliin pitäisi parantua.

Paikannusalueen pienentämisen jälkeen seuraava iso tapahtuma oli opiskelija-
tapahtuma Kauppakadun Approt, joissa kävijämäärä liikkuu tuhansissa. Ta-
pahtuman perusteella pitäisi siis pystyä määrittämään, miten hyvin paikan-
nusjärjestelmä paikantaa vieraita. Kyseisessä tapahtumassa kuviossa 16 oleva
alue tarkoittaa C1-hallissa olevaa narikkatilaa, jonka läpi suurin osa ihmis-
massasta liikkui kyseisen tapahtuman aikana. Tämän perusteella odotetta-
vissa oli, että C1-hallissa olisi paljonkin liikennettä sekä paikannuksia illasta.

Kohdealueen pienentämisellä ei kuitenkaan ollut juurikaan vaikutusta pai-
kannuksen tarkkuuteen. Kauppakadun Approista paikannettu vierasmäärä
oli kyllä yli tuhannen kävijän puolella, mutta näistä paikannuksista tarkkoja
oli vain murto-osa. Alla olevassa kuviossa 17 punaiset merkit ovat epätarkasti
paikannettuja laitteita, ja kuten näiden sijoittautumisesta seinän sisään voi
päättellä, ei tarkkuus ole tyydyttävä (ks. Kuvio 17).



Kuvio 17. Pienennetyn kohdealueen tulos

Tässä vaiheessa C1 halliin on laitettu yhteensä 6 lisätukiasemaa ilman, että paikannus olisi parantunut huomattavasti. Otin yhteyttä järjestelmän toimittajaan eli Fortinettiin. Fortinetiltä sain tiedon, että samankaltaisia haasteita on havaittu muillakin järjestelmän käyttäjillä. Fortinetin korjausehdotuksena oli laskea *location-server report interval* arvo kymmeneen arvoon ollessa ennen yhteydenottoa 25. Tämä arvo on aikaväli sekunteina, kun tukiasemat välittävät tiedon kontrollerille. Arvon laskeminen ei parantanut paikannusta huomattavalla tavalla.

11.6 Projektin lopettaminen

Projekti on koealueen pienentämisen jälkeen jatkunut jo noin vuoden verran ilman kunnollista tulosta tai käytettävää järjestelmää asiakkaalle. Opinnäytetyön tavoiteaika on tulossa vastaan, minkä vuoksi tämä paikannusprojekti pitää päättää tähän. Projekti päättyy kuitenkin vain opinnäytetyön osalta. Telia Inmics-Nebula jatkaa Fortipresence-järjestelmän käyttöönottoa asiakkaalle sitä mukaan, kun järjestelmä kehittyy ja paranee.

12 Tulokset

12.1 Tuloksien analysointi

Opinnäytetyön tavoitteena oli testata Fortipresence-järjestelmää Jyväskylän Paviljongin käyttöön. Fortipresence-järjestelmän testauksella oli tarkoitus paikantaa vieraiden liikkeitä, jonka avulla voidaan osoittaa missä kävijät liikkuvat tietyssä aikana.

Fortipresence-järjestelmän käyttöönotto asiakkaan jo käytössä olevalle kontrollerille onnistui melko saumattomasti. Järjestelmän saaminen toimintavarmaksi ja -tarkaksi aiheutti kuitenkin paljon ongelmia. Tätä varten vuokratut lisätukiasemat eikä kohdealueen pienentäminen tuottanut haluttuja tuloksia. Fortipresence-järjestelmän tarkkuus ei vielä ole siinä vaiheessa, että järjestelmän voisi ottaa käyttöön. Viimeisimmissä mittauksissa toisessa halleista oli 6 lisätukiasemaa pelkästään paikantamista varten.

Lopputulos on siis, että Fortipresence-järjestelmä ei tällaisenaan ja tällä hetkellä ole kannattava sijoituskohde asiakkaalle. Järjestelmää varten tarvitsisi hankkia suuri määrä tukiasemia pelkästään paikantamista varten sekä ostaa lisenssi Fortipresenceen (projektin ajan käytin DEMO lisenssiä).

Myös aikaisemmin testattu Kianan hallintasivusto oli puutteellinen. Kianan sivuston useat ominaisuudet toimivat epävakaasti eikä paikantamisen tarkkuus ollut riittävä. Kianan järjestelmän tarkkuutta ei voitu todeta kuitenkaan karsittujen ominaisuuksien takia.

Aruban tai Ciscon järjestelmillä tulos olisi saattanut olla toinen järjestelmien pidemmällä olevan kehitystyön takia. Niiden käyttäminen ei kuitenkaan ollut mahdollista, koska kyseisten järjestelmien kokeilu olisi vaatinut koko langattoman verkon laitteiston vaihtamista kyseiselle laitevalmistajalle.

Paikannusanalytiikka on kehittyvää teknologiaa, ja kun Jyväskylän Paviljonki on seuraavan kerran päivittämässä langatonta verkkoaan, otetaan varmasti paikannusanalytiikka huomioon hankinnoissa.

12.2 Tutkimusvastaus

Opinnäytetyön lopputulos oli, että perinteisellä RSSI-paikannusmenetelmällä ei langattoman verkon paikannus tällä hetkellä onnistu asiakkaan tiloissa.

Muiden laitevalmistajien järjestelmät vaikuttavat lupaavammita. Varsinkin Ciscon Hyperlocation järjestelmä siinä käytettävän AOA-teknologian takia.

Perinteisesti sisätilapaikannuksissa käytettävä RSSI-pohjainen paikannus ei ole kovin tarkka, sillä se tarvitsee aina paikannettavan kohteen kolmen tukiaseman kantavuusalueelle luotettavan tuloksen saamiseksi.

Tutkimuskysymykseen vastatakseni, Fortinetin Fortipresence ei tällaisenaan toimi asiakkaan tarpeisiin. Toiseen langattoman verkon laitevalmistajaan siirtyminen toisi mukanaan paljon kustannuksia, jotka eivät ole perusteltuja nykyisen laitteiston elinkaaren tässä vaiheessa.

13 Pohdinta

Jyväskylän Paviljongille tutkittiin vieraiden liikkumista varten sisäpaikannusjärjestelmää. Fortipresence on teoriassa hyvä järjestelmä asiakkaan käyttöön sisäpaikannustarkoitukseen. Fortipresenceä käyttöönotettaessa huomasin, että järjestelmä on tuore ja vielä kehitysvaiheessa Fortinetillä. Havaitsin järjestelmän käyttöönotossa ja käytössä erittäin paljon vaikeuksia. Järjestelmä ei kyennyt langattoman verkon resursseilla vaadittavaan paikannustarkkuuteen. Fortipresence oli kuitenkin todettu toimivaksi Stuttgartissa Kianan toimesta.

Mielestäni sisätilapaikannus on mielenkiintoinen aihe. Kehittyessään sisätilapaikannuksesta on varmastikin hyötyä asiakkaalle. Tällä hetkellä ainakin Fortipresence-järjestelmä on niin kehitysvaiheessa, että en suosittele asiakasta panostamaan siihen suuresti.

13.1 Teknologian tulevaisuus

Paikannusteknologian tulevaisuus näyttää hyvältä. Monet langattoman verkon laitevalmistajat kehittävät omia menetelmiään paikannustiedon saamiseksi päätelaitteilta. Paikannusteknologialle on monia eri käyttötarkoituksia ja -tarpeita. Paikannusdatan kerääminen langattoman verkon avulla on kuitenkin suhteellisen uusi käyttötarkoitus langattomalle verkolle.

Myös langattoman verkon standardeja kehittävä IEEE on aloittanut vuonna 2015 kehittämään omaa standardiaan paikannusta varten. Tämä kertoo, että paikannusmenetelmät kehittyvät todennäköisesti parempaan lähivuosina.

13.2 Kehitysehdotukset

Opinnäytetyö vietiin niin pitkälle, kun sallitun ajan puitteissa kyettiin. Seinäksi vastaan tässä työssä tuli Fortipresence-järjestelmän sekä RSSI-pohjaisen paikantamisen luomat rajoitteet. Projektia pystyy kehittämään varmasti, kun

järjestelmä kehitetään pidemmälle, tai kun nykyinen langattoman verkon laitteiston elämänsykli tulee päätökseen ja tilalle vaihdetaan toisen valmistajan laitteita.

Lähteet

- 802.11ac: The Fifth Generation of Wi-Fi. 2018. Cisco. Viitattu 21.09.2018.
<https://www.cisco.com/c/dam/en/us/products/collateral/wireless/aironet-3600-series/white-paper-c11-713103.pdf>
- 9Solutions paikantaa sairaalasängyt ja apuvälineet. 2017. 9Solutions. Viitattu 26.10.2018.
https://docs.wixstatic.com/ugd/07d168_05c7b7c96cb94936bb5a051c3a4b9335.pdf
- ARUBA BEACONS. N.d. Aruba. Viitattu 10.07.2018.
https://www.arubanetworks.com/assets/ds/DS_LocationServices.pdf
- Ashley, A. & McCann, S. 2018. OFFICIAL IEEE 802.11 WORKING GROUP PROJECT TIMELINES. Viitattu 05.09.2018.
http://grouper.ieee.org/groups/802/11/Reports/802.11_Timelines.htm
- Cisco Hyperlocation Module. N.d. Cisco Viitattu 17.10.2018.
<https://www.iptel.com.au/cisco-hyperlocation-module.html>
- Cisco Hyperlocation Solution Data Sheet. 2018. Viitattu 17.10.2018.
<https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/interfaces-modules/aironet-hyperlocation-module-advanced-security/datasheet-c78-734901.html>
- Cognitive Analytics for Crowd Insight. N.d. Nokia. Viitattu 10.07.2018.
<https://networks.nokia.com/products/cognitive-analytics-crowd-insight>
- Gkelias, A, Leung, K & Zafari, F. 2017. A Survey of Indoor Localization Systems and Technologies. Viitattu 12.10.2018.
https://www.researchgate.net/publication/319478162_A_Survey_of_Indoor_Localization_Systems_and_Technologies
- GPS Definition. N.d. Tech Terms. Viitattu 28.10.2018.
<https://techterms.com/definition/gps>
- Harwood, M. 2009. Network+ Exam Cram: Wireless Networking. Viitattu 05.09.2018.
<http://www.pearsonitcertification.com/articles/article.aspx?p=1329709&seqNum=4>
- Haverinen, J & Kemppainen, A. 2009. Global indoor self-localization based on the ambient magnetic field. Viitattu 10.10.2018.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921889009001092>
- Hoffman, C. 2016. What is "Beamforming" on a Wireless Router?. Viitattu 21.09.2018. <https://www.howtogeek.com/220774/htg-explains-what-is-beamforming-on-a-wireless-router/>

- Kiana Insight WebApp – User Guide. 2018. Kiana. Viitattu 19.09.2018
- Lanzisera, S, Pister, K & Zats, D. 2011. Radio Frequency Time-of-Flight Distance Measurement for Low-Cost Wireless Sensor Localization. Viitattu 10.10.2018. <https://ieeexplore.ieee.org/document/5701645>
- Mitchell, B. 2018. What Is 802.11ac in Wireless Networking?. Viitattu 21.09.2018. <https://www.lifewire.com/802-11ac-in-wireless-networking-818284>
- Nicoletti, P. 2005. IEEE 802.11 frame format. Viitattu 19.09.2018. http://www.studioreti.it/slide/802-11-Frame_E_C.pdf
- Pathak, O., Palaskar, P., Palkar, R. & Tawari, M. 2014. Wi-Fi Indoor Positioning System Based on RSSI Measurements from Wi-Fi Access Points – A Tri-lateration Approach. International Journal of Scientific & Engineering Research 5, 1234-1238. Viitattu 19.09.2018. <https://www.ijser.org/researchpaper/Wi-Fi-Indoor-Positioning-System-Based-on-RSSI-Measurements.pdf>
- Puro, J. 2018. RFID-paikannus teollisuuden logistiikan prosesseissa edesauttaa LEAN-ajattelun toteutumista. Viitattu 26.10.2018. <https://www.itewiki.fi/blog/2018/04/rfid-paikannus-teollisuuden-logistiikan-prosesseissa-edesauttaa-lean-ajattelun-toteutumista/>
- Roberto, M. 2017. Information Management: Wearables come in for a refit. Viitattu 10.10.2018. https://www.mmh.com/article/information_management_wearables_come_in_for_a_refit
- Savela, T. 2016. Potilaan paikantaminen sairaalassa. Opinnäytetyö, ylempi AMK. Jyväskylän ammattikorkeakoulu, Tekniikan ja liikenteen ala, Insinööri (YAMK), logistiikan tutkinto-ohjelma. Viitattu 26.10.2018. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2016121820924>
- Segev, J. N.d. Status of IEEE 802.11az. Viitattu 26.10.2018. http://www.ieee802.org/11/Reports/tgaz_update.htm
- Turgut, Z, Aydin, G & Sertbas A. 2016. Indoor Localization Techniques for Smart Building Environment. Procedia Computer Science 83, 1176-1181. Viitattu 12.10.2018. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050916302757>
- WLAN - Frame Structure. N.d. Sharedtechnote. Viitattu 19.09.2019. http://www.sharetechnote.com/html/WLAN_FrameStructure.html