

LANGATTOMAN LÄHIVERKON KUULUVUUSKARTOITUS

Päijät-Hämeen keskussairaala

LAHDEN
AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan ala
Tietotekniikka
Tietoliikennetekniikka
Opinnäytetyö
Kevät 2017
Jesse Karhunen

Lahden ammattikorkeakoulu
Tietotekniikan koulutusohjelma

KARHUNEN, JESSE: Langattoman lähiverkon kuuluvuuskartoitus
Päijät-Hämeen keskussairaala

Tietoliikennetekniikan opinnäytetyö, 40 sivua, 8 liitesivua

Kevät 2017

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön tavoitteena oli suorittaa Päijät-Hämeen keskussairaalan tiloissa langattoman verkon reaaliaikaiset mittaukset ja tuloksien pohjalta tehdä parannussuunnitelma. Parannussuunnitelman pohjalta Päijät-Hämeen keskussairaalan tietohallinto voi halutessaan tehdä muutokset langattomaan verkkoon suorituskyvyn parantamiseksi.

Lähiverkolla tarkoitetaan langallista yhteyttä erilaisten pääte- ja verkkolaitteiden välillä. Lähiverkon avulla verkossa olevien laitteiden on mahdollista kommunikoida keskenään. Langaton lähiverkko toimii samoin tavoin kuin langallinen lähiverkko, mutta tiedonsiirto tapahtuu ilmateitse radioaaltoja pitkin. Langattoman lähiverkon suurimpia vahvuuksia ovatkin liikkuvuus ja yhteyden luominen lähes mistä tahansa. Langattoman lähiverkon tiedonsiirto on kuitenkin haavoittuvaisempi tarkoittaen, että langaton lähiverkko tarvitsee tarkempaa suojausta muun muassa erilaisin autentikoinnin ja salauksien avulla.

Päijät-Hämeen keskussairaalan tiloissa suoritetuissa mittauksissa kartoitettiin verkon kuuluvuus, käytetyt radiotaajuuskanavat ja suorituskyky eli verkon nopeus. Verkon kuuluvuuden mittauksessa käytettiin Ekauhau site survey -ohjelmaa. Käytettyjä kanavia mitattiin Fluke Aircheck -testerillä. Verkon nopeutta mitattiin Ooklan speedtest-mobiilisovelluksella. Pohjapiirustuksiin luotujen kuuluvuuskarttojen analysoinnin avulla luotiin parannussuunnitelma langattomalle lähiverkolle. Kuuluvuuskartoituksen tulokset paljastivat verkon kuuluvuudessa pieniä puutteita, jotka ovat korjattavissa uusilla tukiasemilla. Nopeustestien tulokset tukivat kuuluvuuskartoituksen tuloksia. Kanavamittaukset osoittivat, että kanavien käyttö oli suunniteltu hyvin ennen mittauksia.

Parannusehdotukset pohjautuivat mitattuihin kuuluvuuskarttoihin. Parannusehdotuksissa keskityttiin uusien tukiasemien lisäämiseen havaituille ongelma-alueille siten, että kuuluvuusalue kattaisi havaitut katvealueet ja parantaisi langattoman verkon kuuluvuutta.

Asiasanat: WLAN, langaton lähiverkko, kuuluvuuskartoitus, nopeustesti

Lahti University of Applied Sciences
Degree Programme in Information Technology

KARHUNEN, JESSE: Site survey of a wireless local area network
The Central Hospital of Päijät-Häme

Bachelor's Thesis in Information Technology, 40 pages, 8 pages of
appendices

Spring 2017

ABSTRACT

The goal of this thesis was to conduct a real-time site survey of the wireless network in the Central Hospital of Päijät-Häme and, based on these measurements, make a plan to improve the network. The IT department of the hospital can then make the necessary modifications to improve the wireless network if they so desire.

The term local area network stands for a wired connection between different end and network devices. Using a local area network, the devices in the network can communicate with each other. A wireless local area network works in the same manner but file transfers are handled using radio waves. The strengths of wireless networks are mobility and the ability to create connections from virtually anywhere. That said, wireless networks are more vulnerable than wired networks, meaning a wireless network needs more care to be put into making it more secure by using different means of authentication and encryption.

The measurements done in the Central Hospital of Päijät-Häme were used to map out the signal strength, the frequency channels, and the performance, i.e. the speed of the network. A piece of software called Ekahau site survey was used to make the coverage map. The channels being used were determined with Fluke Aircheck Tester. Network speeds were measured with Ookla's speedtest mobile application. A plan was made to improve the wireless network in the building, using the coverage maps and the building blue prints. The results of the site survey revealed minor weaknesses in signal strength, which can be fixed by adding more base stations in the wireless network. Speedtest results supported the site survey results. Channel measurements showed that the use of different channels was well planned before the measurements.

Improvement suggestions were based on the coverage maps made. The focus of the improvement suggestions was adding more base stations in the detected problem areas so that the wireless network would cover the found fringe areas and improve the signal strength of the wireless network.

Key words: WLAN, wireless local area network, site survey, speedtest

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	TIETOVERKKO	2
2.1	Osoitteet	3
2.2	OSI-malli	5
3	WLAN	8
3.1	WLAN-arkkitehtuuri	8
3.1.1	WLAN-asemat	9
3.1.2	Basic Service Set	9
3.1.3	Distribution System	10
3.1.4	Extended Service Set	11
3.2	WLAN-tyypit	12
3.3	WLAN-standardit	13
3.3.1	802.11	13
3.3.2	802.11b	13
3.3.3	802.11a	14
3.3.4	802.11g	14
3.3.5	802.11n	14
3.3.6	802.11ac	15
3.4	Tietoturva	15
3.4.1	Autentikointi ja tietojen salaaminen	16
3.4.2	MAC-osoitteiden suodattaminen	17
3.4.3	SSID:n piilottaminen	17
3.4.4	Hyökkäyksien tunnistus ja estäminen	18
4	LANGATTOMAN LÄHIVERKON KUULUVUUSKARTOITUS	19
4.1	Lähtökohta verkon mittaukselle	19
4.2	Langattoman lähiverkon mittaaminen	20
4.2.1	Ekahau site survey	21
4.2.2	Nopeustesti	23
4.2.3	Kanavamittaus	24
4.3	Tuloksien tulkitseminen ja parannusehdotukset	26
5	YHTEENVETO	38
	LÄHTEET	39

LYHENNELUETTELO

AAA	Authentication, authorization ja accounting, voidaan tunnistaa toinen osapuoli tietoverkossa.
AD HOC	Langattomien lähiverkkojen yhteystapa ilman keskitettyä hallintointia.
AES	Advanced encryption standard, lohkosalausmentelmä.
BSS	Basic Service Set, tapa, jolla tietokoneet liittyvät toisiinsa langattomasti.
DS	Distribution system, infrastruktuuri, jolla voidaan yhdistää kaksi tai useampi tukiasemia toisiinsa.
DSSS	Direct sequence spread spectrum, suorasekventointimodulointi.
ESS	Extended service set, tapa, jolla yhdistetään kaksi tai useampi BSS toisiinsa.
FHSS	Frequency hopping spread spectrum, taajuushyppelymodulointi.
HTTP	Hypertext transfer protocol, protokolla, jota käytetään internetissä liikennöimiseen.
IDS	Intrusion detection system, järjestelmä, jolla tunnistetaan verkkoon tapahtuvia hyökkäyksiä.
IEEE	Institute of electrical and electronics engineers, kansainvälinen tekniikan alan järjestö.
IP	Internet protocol, protokolla, joka huolehtii tietojen lähettämisestä verkosta toiseen.
IPS	Intrusion prevention system, järjestelmä, jolla voidaan estää verkkoon tapahtuvat hyökkäykset.
ISO	International organization for standardization, kansainvälinen standardisoimisjärjestö.
IV	Initialization vector, alustusvektori.
MAC	Media access control address, osoite, joka on verkkosovittimen yksilöivä osoite.

MIMO	Multiple input multiple output, tekniikka, jonka avulla tukiasemassa voidaan käyttää samanaikaisesti useampaa antennia.
OFDM	Orthogonal frequency division multiplexing, modulointitekniikka.
OSI	Open systems interconnection, standardi ja referenssimalli tiedonsiirtoprotokollille.
RC4	Rivest cipher 4, salausalgoritmi.
SSID	Service set identifier, langattoman lähiverkon verkkotunnus.
TKIP	Temporal key integrity protocol, langattomien verkkojen tietoturvaprotokolla.
VoIP	Voice over internet protocol, tekniikka, jonka avulla ääntä siirretään IP-protokollaa hyödyntäen.
WDS	Wireless distribution system, järjestelmä, jonka avulla langattomat tukiasemat voidaan yhdistää toisiinsa langattomasti.
WEP	Wired equivalent privacy, salausmenetelmä.
WLAN	Wireless local area network, langaton lähiverkko.
WPA	Wi-Fi protected access, salausmenetelmä.
WPA2	Wi-Fi protected access 2, WPA salausmenetelmän uudempi versio.

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tavoitteena on Päijät-Hämeen keskussairaalan langattoman lähiverkon kuuluvuuden mittaaminen ja tulosten perusteella tehdä parannusehdotuksia verkon parantamiseksi. Saatujen tulosten perusteella keskussairaalan tietohallinto voi tarvittaessa hyödyntää mittauksen tuloksia ja korjata havaitut ongelmat verkossa.

Opinnäytetyö tehdään Päijät-Hämeen keskussairaalan tilauksesta Lahden ammattikorkeakoululle. Mittaukset suoritetaan Päijät-Hämeen keskussairaalan tiloissa osoitteessa Keskussairaalankatu 7. Opinnäytetyön suorittamiseen käytettävät työkalut tarjoaa oppilaitos, jonka toimesta työkalut ovat entuudestaan tuttuja aikaisemmilta opinnoilta.

Opinnäytetyössä pyritään mittaamaan keskussairaalan langattoman verkon kuuluvuus kaikilla alueilla, joilla ei suoriteta varsinaisia hoitotoimenpiteitä. Mittaustulosten perusteella pyritään tekemään parannusehdotukset verkon parantamiseksi. Työkaluina mittauksessa käytetään nopeustestiä, kanavanmittauslaitetta sekä kuuluvuuskartoitusohjelmaa. Parannusehdotukset annetaan kuuluvuuskartoitusohjelman, nopeustestien ja kanavamittauksen tulosten perusteella.

Teoriaosuudessa käydään aluksi läpi tietoverkkoja yleisesti, minkä jälkeen tarkennetaan langattoman lähiverkon ominaisuuksiin arkkitehtuurin, standardien ja tietoturvan muodossa. Tavoitteena on, että lukiessaan lukija saa käsityksen langattoman lähiverkon toiminnasta. Lähteinä teoriaosuudessa on hyödynnetty internetistä löytyviä artikkeleita ja kirjoja.

Lahden ammattikorkeakoulun tekniikan ala tarjoaa koulutusta konetekniikassa, prosessi- ja materiaalitekniikassa, tieto- ja viestintätekniikassa sekä energia- ja ympäristötekniikassa. Opinnot voidaan suorittaa kokopäiväisesti tai joustavasti monimuoto-opintoina. Tarjolla on myös ylempi AMK-tutkinto englanniksi.

2 TIETOVERKKO

Tietokoneita yhdistetään verkkoon samasta syystä kuin ihmiset verkostoituvat. Ihmisverkostoja tarvitaan, jotta saataisiin suoritettua tehtäviä, joista yksittäinen henkilö ei voi suoriutua. Tietokoneita alettiin yhdistää tietoverkoiksi, jotta tietokoneiden yhteistä laskentatehoa voitaisiin hyödyntää paikallisesti. Myöhemmin verkot kasvoivat pienistä lähiverkoista kampusverkkoihin, joista verkot kasvoivat suurkaupunkien verkoiksi ja lopulta globaaleiksi verkoiksi. (Silviu 2010, 5.)

Tietoverkko on ryhmä tietokoneita, jotka on yhdistetty keskenään, jotta ne voivat kommunikoida toistensa kanssa. Jotta kommunikointi voidaan mahdollistaa, yhdistetään ne joko langallisesti tai langattomasti.

Tietokoneiden viestintää ohjaavat tietokoneiden ja verkkolaitteiden verkkosovellukset. Päätelaitteita voivat olla kaikki laitteet, joita käytetään kytkeytyäkseen verkkoon. Tällaisia laitteita ovat esimerkiksi palvelimet, tietokoneet, työasemat, älypuhelimet, tabletit ja kannettavat tietokoneet. Verkkolaitteet ovat laitteita, jotka toimivat päätelaitteiden välissä. Tällaisia laitteita ovat esimerkiksi kytkimet, reitittimet, hubit, toistimet ja palomuurit. (Silviu 2010, 5 – 6.)

Tietoverkkoja voidaan hyödyntää moneen eri käyttötarkoitukseen:

- HTTP
- tiedostojen jakaminen
- sähköposti
- etäyhteys
- VoIP
- rinnakkaisprosessointi (tietokoneklusteri).

Muitakin verkon käyttötarkoituksia on olemassa, mutta nämä ovat niistä yleisimpiä. (Silviu 2010, 6 – 7.)

2.1 Osoitteet

Verkossa liikennöimisen saavuttamiseksi tarvitsevat verkossa olevat laitteet tietoa toisistaan. Silloin käytetään osoitteita. IP-osoitteen (Internet Protocol) avulla luodaan yhteys ylemmän tason verkkoprotokollien ja sovellusten välillä. IP-osoitteet ovat neljän pisteellä erotetun luvun sarjoja, jotka ovat muotoa 192.168.101.113. MAC-osoitteen (Media Access Control) avulla muodostetaan yhteys verkkosovittimien välille. MAC-osoitteet ovat muotoa 3A:34:C4:B8:69:AF. (Silviu 2010, 7 – 8.)

IP-osoitteet jaettiin alun perin viiteen luokkaan, joiden mukaan internetin runkoverkon liikenteen reititys perustuu. Luokista kuitenkin jouduttiin luopumaan, koska IP-osoitteita oli tarve jakaa tarkemmalla osoiteavaruusjaolla. Vanhan jaon ongelma oli, että osa osoiteluokista olivat liian isoja ja toiset liian pieniä. Tästä huolimatta liikennöinti pohjautuu edelleen taulukossa oleviin luokkiin. (TAULUKKO 1.) (Wikipedia 2017c.)

TAULUKKO 1. Osoiteluokat (Wikipedia 2017c)

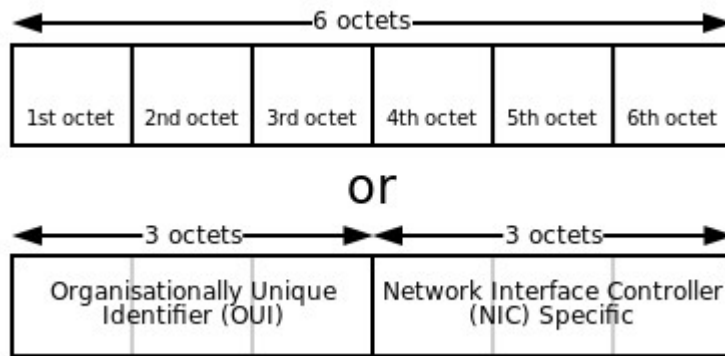
Verkon luokka	Verkon peite	Verkon osoite
A	255.0.0.0	1.0.0.0 – 126.255.255.255
B	255.255.0.0	128.0.0.0 – 191.255.255.255
C	255.255.255.0	192.0.0.0 – 223.255.255.255
D	255.255.255.0	224.0.0.0 – 239.255.255.255
E	–	240.0.0.0 – 255.255.255.255

IP-osoitteille on myös määritetty kolme ryhmää, jotka on varattu yksityiskäyttöön. Standardin mukaan niitä ei saa käyttää julkisesti internetin reitityksessä vaan ne on varattu sisäverkkojen osoitteiksi. Mikäli on tarve kytkeä internetiin tietokone, jolla on yksityiskäyttöön varattu osoite, tulisi silloin käyttää osoitteet muuntavaa reititintä. (TAULUKKO 2.) (Wikipedia 2017c.)

TAULUKKO 2. Yksityisosoitteet (Wikipedia 2017c)

Verkon osoite	Verkon peite
10.0.0.1 – 10.255.255.255	255.0.0.0
172.16.0.1 – 172.31.255.255	255.240.0.0
192.168.0.1 – 192.168.255.255	255.255.0.0

MAC-osoitteen tarkoitus on yksilöidä verkkosovittimet verkossa. Osoitteet on kirjoitettu fyysisesti verkkokortteille jo valmiiksi tehtaalla, mutta niitä on myös mahdollista vaihtaa myöhemmin ohjelmallisesti. MAC-osoite muodostuu kuudesta kaksinumeroisesta heksadesimaalisesta luvusta. Näistä kolme ensimmäistä on varattu valmistajalle etuliitteeksi tunnistamista varten ja kolme jälkimmäistä on juokseva sarjanumero, jonka tarkoitus on yksilöidä verkkosovitin. MAC-osoitteita on mahdollista muuntaa IP-osoitteiksi reverse address resolution -protokollaa hyväksi käyttäen. Sama voidaan tehdä myös toisinpäin käyttäen address resolution -protokollaa, jolloin IP-osoitteesta voidaan muuntaa MAC-osoite. (KUVIO 1.) (Wikipedia 2017d.)



KUVIO 1. MAC-osoitteen rakenne (Wikipedia 2017d)

2.2 OSI-malli

OSI-malli (Open Systems Interconnection) on ISO:n (International Organization for Standardization) määrittelemä kansainvälinen standardi ja toimii referenssimallina tiedonsiirtoprotokollille. OSI-malli sisältää seitsemän kerrosta, joista jokaisella on oma tärkeä roolinsa tiedonsiirrossa. Kukin kerros tarjoaa palveluja yhtä kerrosta ylemmäs ja sama toiseen suuntaan, eli kerros käyttää yhtä alemman kerroksen palveluja. (KUVIO 2.) (Silviu 2010, 15.)



KUVIO 2. OSI-malli (Wikipedia 2017e)

OSI-mallin ensimmäisen kerroksen, fyysisen kerroksen vastuulla on tiedon eli datan siirtäminen lähettäjän ja vastaanottajan välillä sähköisesti, optisesti tai ilmateitse radiotaajuuksien avulla. Kerroksen käyttämä data

muutetaan aina biteiksi, eli 1:ksi ja 0:ksi, jotta tieto saadaan kuljetettua käyttäen sähkövirtaa tai optisia signaaleja, jotka simuloivat 1 (signaali) tai 0 (ei signaalia). Fyysisen kerroksen laitteita ovat hubit ja toistimet. Useimmat hubit vahvistavat myös signaalia, jolloin ne ovat todellisuudessa toistimia. (Silviu 2010, 19.)

Siirtokerroksen tehtävänä on asettaa siirrettävä data siirtotielle. Siirtokerros käyttää MAC-osoitteita reitittämiseen ja kerroksen vastuulla on datan reitittäminen paikallisesti. Siirtokerros vastaanottaa paketit verkkokerrokselta ja asettaa paketit kehyksiin paikallisten osoitetietojen kanssa. Tämän jälkeen kehykset siirretään fyysiselle kerrokselle lopullista siirtämistä varten. Siirtokerroksella toimivia laitteita ovat kytkimet. (Silviu 2010, 18 – 19.)

Verkkokerroksella valitaan paras reitti paketeille lähettäjältä vastaanottajalle. Verkkokerros asettaa IP-osoitteet kaikille verkon laitteille, jotta kerros voi tunnistaa jokaisen lähettäjän ja vastaanottajan. Vastaanottaessaan datan kuljetuskerrokselta verkkokerros paketoii datan yhdessä reititystietojen kanssa yhtenäiseksi datapaketiksi. Verkkokerroksella operoivat muun muassa IP-, IPX- ja AppleTalk-protokollat. Reititin on laite, joka operoi verkkokerroksella. (Silviu 2010, 18.)

Kuljetuskerroksen tehtävä on pilkkoa kuljetettava data pieniin osiin, jotka on helpompi lähettää verkossa. Data voi kulkea päätepisteeseen eri reittejä, joten data saattaa saapua eri järjestyksessä, kuin mikä järjestys oli lähetettäessä. Dataa vastaanotettaessa kuljetinkerroksen tehtävä on järjestää saapuva data oikeaan järjestykseen ja yhdistää pienet osat jälleen yhteen muotoon. (Silviu 2010, 18.)

Istunterroksen tarkoituksena on avata ja ylläpitää yhteyksiä ja kanavia kahden tai useamman osallistujan välillä, jolloin osallistujien välillä voi tapahtua viestintää. Jotkin verkkosovellukset vaativat tunnistautumista ennen kuin ne voivat avata istunnon päätelaitteiden välille ja

tunnistautumisen suorittaminen on myös istuntokerroksen tehtävä. (Silviu 2010, 17.)

Esitystapakerros muokkaa lähetettäessä sovelluskerrokselta saadun datan sellaiseen muotoon, jonka alemmat kerrokset voivat lähettää verkossa eteenpäin. Dataa vastaanottaessa esitystapakerros muokkaa datan takaisin alkuperäisen muotoon, jotta kuvat, sähköpostit, videot ja muut tiedostot näkyvät samanlaisina sekä datan lähettäjällä sekä vastaanottajalla. (Silviu 2010, 17.)

Ylimmän ja viimeisen sovelluskerroksen tehtävä on sovelluksien näyttäminen käyttäjälle. Sovelluskerroksella toimii esimerkiksi sähköpostin käyttäminen, internetin selaaminen ja tiedostojen siirtäminen (FTP, NFS). Sovelluskerros toimii rajapintana päätelaitteen käyttäjälle. (Silviu 2010, 16 – 17.)

3 WLAN

WLAN:lla (Wireless Local Area Network) eli langattomalla lähiverkolla tarkoitetaan rajatulla alueella, kuten esimerkiksi kotona, toimistoissa, kouluissa tai hotelleissa, toimivaa lähiverkkoa, johon on mahdollista kytkeytyä radioteitse erilaisilla mobiililaitteilla. Verkko perustuu standardisoituun WLAN-teknologiaan. (Ficom 2017.)

Langaton lähiverkko voi korvata kiinteän lähiverkon kokonaan tai toimia kiinteän lähiverkon jatkeena. Jos esimerkiksi toimistotiloissa on käytössä molemmat, niin voidaan siirryttäessä työpisteeltä toiselle tarvittaessa jatkaa verkossa olevien tietojen ja sovellusten käyttöä langattomassa lähiverkossa. (Ficom 2017.)

Langaton lähiverkko koostuu yhdestä tai useammasta tukiasemasta ja tukiasemia kaapeleilla yhdistävästä kiinteästä verkosta sekä muista aktiivilaitteista, jotka ohjaavat liikennettä lähiverkon sisällä tai palomuurin läpi internetiin. Langattomat päätelaitteet, kuten esimerkiksi kannettavat tietokoneet, älypuhelimet ja tabletit, ovat yhteydessä radioteitse lähimpään tukiasemaan. (Ficom 2017.)

3.1 WLAN-arkkitehtuuri

Langattomat lähiverkot on mahdollista toteuttaa erilaisilla verkkoarkkitehtuureilla. WLAN-arkkitehtuurilla tarkoitetaan, millä tavalla langattomassa lähiverkossa komponentit toimivat keskenään. (Wikipedia 2017f.)

Kaikkia laitteita, jotka voivat kytkeytyä langattomaan lähiverkkoon, kutsutaan asemiksi. Arkkitehtuurilla määritetään, millä tavoin asemat ovat yhteydessä toisiinsa. Käytettäviä arkkitehtuureja ovat BSS (Basic Service Set), josta on kaksi eri versiota, joissa toisessa versiossa laitteet kytkeytyvät toisiinsa tukiaseman kautta ja toisessa laitteet kytkeytyvät suoraan toisiinsa ilman välissä olevaa tukiasemaa. ESS (Extended Service Set) on ryhmä yhdistettyjä BSS:jä sekä DS (Distribution System), joka yhdistää tukiasemat ESS:ään. (Wikipedia 2017f.)

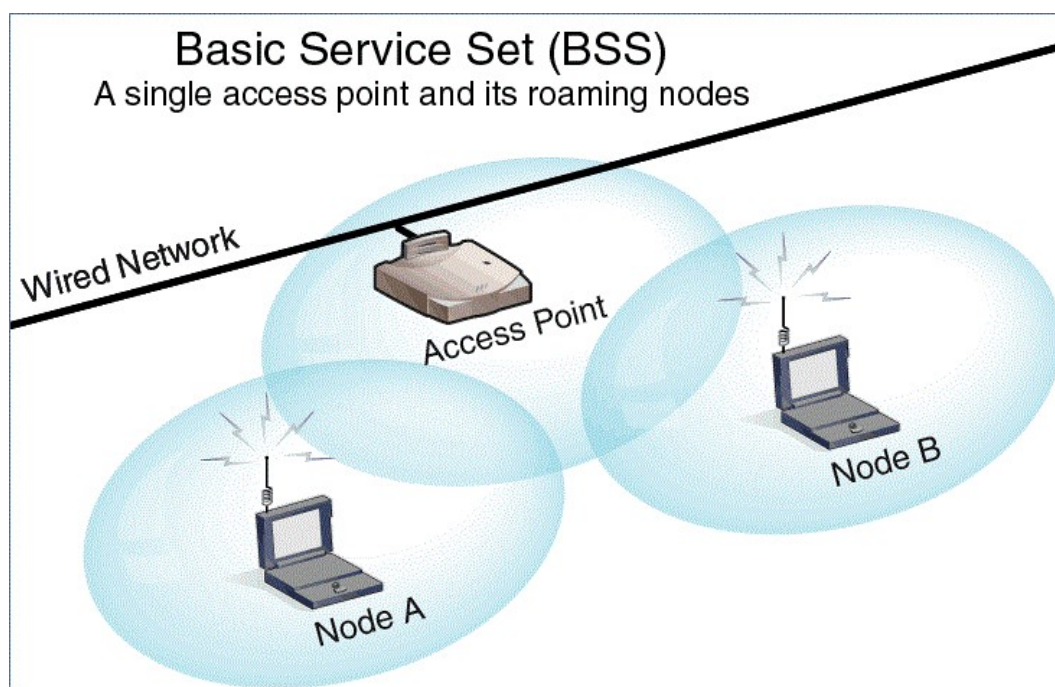
3.1.1 WLAN-asetat

IEEE 802.11 -standardin mukaisesti jokaista laitetta, jolla on mahdollisuus yhdistyä langattomaan lähiverkkoon, kutsutaan asemaksi. Siirrettävän (portable) ja liikutettavan (mobile) aseman ero on, että siirrettävä laite on yhteydessä lähiverkkoon vain paikalla ollessaan ja liikutettava asema on yhteydessä lähiverkkoon jatkuvasti, vaikka asema olisi koko ajan liikkeessä. (Tutorial-Reports 2013.)

Asemat jaetaan kahteen kategoriaan, jotka ovat tukiasemat (access points) ja asiakkaat (client). Tukiasemat ovat normaalisti langattomia reitittäjiä, jotka lähettävät ja vastaanottavat radiosignaaleja, mikä mahdollistaa kommunikoinnin muiden langattomien laitteiden kanssa. Asiakkaat voivat olla esimerkiksi kannettavia tietokoneita, älypuhelimia tai paikallaan olevia työasemia, jotka on varustettu langattomalla verkkoliitännällä. (Wikipedia 2017f.)

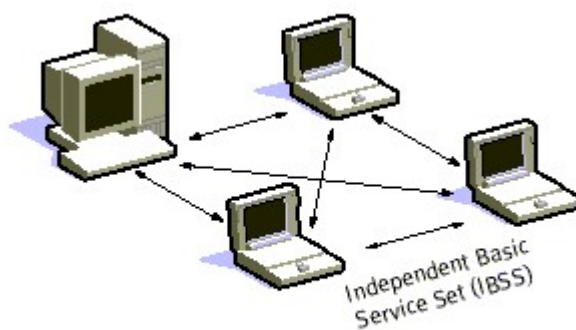
3.1.2 Basic Service Set

BSS (Basic Service Set) on perusarkkitehtuuri, jolla voidaan kytkeä laitteita toisiinsa. BSS koostuu kahdesta tai useammasta laitteesta, jotka osaavat kommunikoida keskenään. BSS:iä on olemassa kaksi eri versiota: Infrastructure BSS ja independent BSS. Infrastructure BSS:ssä asemat ovat yhteydessä toisiinsa tukiaseman välityksellä ja laitteet keskustelevat keskenään tukiaseman kautta samalla muodostaen infrastruktuuriverkon. (KUVIO 3.) (Tutorial-Reports 2013.)



KUVIO 3. Infrastructure BSS (Savvius 2017)

Independent BSS:llä tarkoitetaan sitä, kun asemat yhdistyvät toisiinsa ilman tukiasemaa muodostaen ad hoc -verkon. Lähes kaikki Independent BSS-verkot ovat spontaaneja ja tyypillisesti rajoitettuja ajallisesti. (KUVIO 4.) (Tutorial-Reports 2013.)



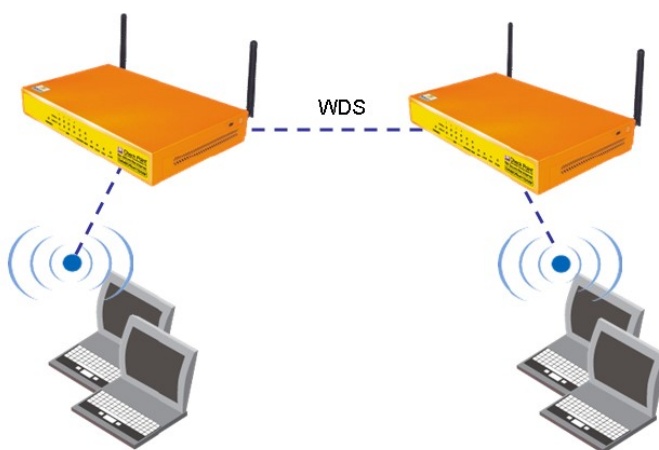
KUVIO 4. Independent BSS (Tutorial-Reports 2013)

3.1.3 Distribution System

DS-infrastruktuurilla (Distribution System) on mahdollista yhdistää kaksi tai useampia tukiasemia (BSS verkkoja) toisiinsa. DS voi olla kaapeloitu tai langaton. DS:n avulla on myös mahdollista laajentaa verkon kuuluvuutta

roamingin avulla tukiasemista toiseen. Käytetyimmät langattomat DS:t ovat mesh ja WDS (Wireless Distribution System). (Wikipedia 2017f.)

WDS:ä muodostettaessa toisiinsa tukiasemat tulee konfiguroida käyttämään samoja radiokanavia ja salausavaimia. SSID:ä (Service Set Identifier) ei tarvitse konfiguroida samaksi, mutta samat SSID:t helpottavat tunnistettavuutta. Mesh-verkossa yksi tukiasema, jota kutsutaan isäntä-tukiasemaksi. Tämän tukiaseman tehtävä on lähettää SSID:tä muille tukiasemille ja samalla toimia yhdyskäytävänä langalliseen verkkoon. (KUVIO 5.) (Wikipedia 2017f.)

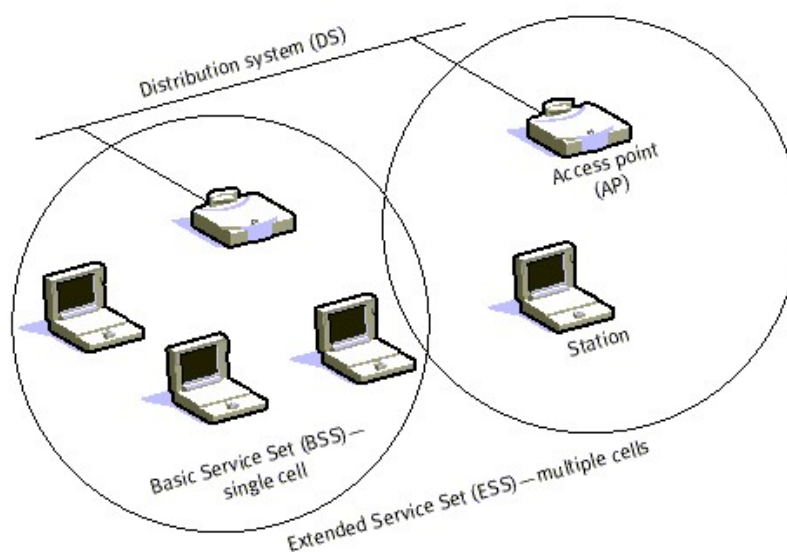


KUVIO 5. Wireless Distribution System (Checkpoint 2017)

3.1.4 Extended Service Set

ESS (Extended Service Set) muodostuu useammasta BSS:stä. Erilliset ESS:t yhdistetään DS:n avulla joko langallisesti tai langattomasti. (Tutorial-Reports 2013.)

ESS:n ansiosta verkko voidaan saada kattamaan suuriakin alueita, jolloin langattoman lähiverkon kuuluvuus saadaan toimimaan myös suurissakin rakennuksissa. ESS:n hienous on, että ESS saa koko verkon näyttämään yhdeltä BSS:ltä ja näin ollen päätelaitteet voivat liikkua ESS:n sisällä BSS:stä toiseen ilman yhteyden katkeamisia. (Tutorial-Reports 2013.)



KUVIO 6. Extended Service Set (Tutorial-Reports 2013)

3.2 WLAN-tyypit

IEEE 802.11 -standardi määrittelee langattomalle lähiverkolle kaksi tapaa operoida: infrastruktuuri ja ad hoc. Useimmat langattomat verkot toteutetaan infrastruktuuria käyttäen ja ad hocilla toteutetaan yleensä väliaikaisia verkkoja esimerkiksi kahden tietokoneen välille. (Wikipedia 2017f.)

Infrastruktuurissa on käytössä aina vähintään yksi tukiasema, jonka kautta päätelaitteet kommunikoivat keskenään. Päätelaitteet eivät siis kommunikoi suoraan keskenään, vaan data liikkuu aina päätelaitteiden välillä tukiaseman välityksellä. Tukiasemia lisäämällä on mahdollista laajentaa verkon kuuluvuutta. (Silviu 2010, 679.)

Ad hoc -verkossa ei ole erillistä tukiasemaa, vaan verkko koostuu päätelaitteista, jotka ovat suoraan yhteydessä toisiinsa ja toimivat reitittiminä toisilleen. Ad hoc -verkko toimii yleensä pienellä säteellä. (Wikipedia 2017f.)

3.3 WLAN-standardit

Varhaisessa vaiheessa WLAN:a kehitettäessä yritettiin käyttää erilaisia tekniikoita langattoman lähiverkkoyhteyden saavuttamiseksi. Erilaisien tekniikoiden takia tuli tarve standardien kehittämiseen. Standardien avulla kaikilla yrityksillä on mahdollisuus rakentaa laitteita, jotka voidaan ottaa käyttöön muiden valmistajien laitteiden kanssa. (Silviu 2010, 657.)

WLAN-standardit on mahdollista jakaa kolmeen pääryhmään: 2,4 GHz:n, 5 GHz:n ja 2,5 GHz:n sekä 5 GHz:n taajuusalueilla toimiviin. Standardien kehittyessä usein huomattavin muutos on tiedonsiirtonopeuksissa ja verkon kantavuudessa. (Silviu 2010, 657 – 661.)

3.3.1 802.11

802.11 on ensimmäinen WLAN-standardi, jonka IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) julkaisi vuonna 1997. 802.11 määrittelee pääasiassa OSI-mallin fyysisen kerroksen ja siirtokerroksen alemman osan. Standardin määrittelemät nimelliset tiedonsiirtonopeudet ovat 1 tai 2 Mbps. (Wikipedia 2017a.)

802.11 on määritelty toimivaksi 2,4 GHz:n taajuusalueella. Standardissa on radiotaajuustekniikoista käytössä DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) eli suorasekvenssihajaspektritekniikka ja FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) eli taajuushyppelyhajaspektritekniikka. (Wikipedia 2017a.)

3.3.2 802.11b

Verkkosovellusten ja langattomien verkkojen laajentuneen käytön takia IEEE julkaisi 802.11b-standardin vastaamaan näihin haasteisiin. 802.11-standardin tiedonsiirtonopeudet kävivät liian pieniksi kasvaneen verkon käytön takia. (Wikipedia 2017a.)

802.11b määrittelee tiedonsiirtonopeudeksi 5,5 tai 11 Mbps, jonka takia standardi on huomattavasti edeltäjäänsä nopeampi. Standardi toimii samalla 2,4 GHz:n taajuusalueella kuten edeltäjänsä. (Wikipedia 2017a.)

3.3.3 802.11a

Samaan aikaan 802.11b:n kanssa oli kehitteillä toinen standardi 802.11a, joka julkaisiin syksyllä 1999. 802.11a:lle määriteltiin uusi taajuusalue 5 Ghz. Samalla siirtotekniikka koki muutoksen, kun standardissa määriteltiin tiedonsiirrolle OFDM-tekniikka (Orthogonal Frequency Division Multiplexing). Tehtyjen muutoksien avulla saatiin siirtonopeudeksi 54 Mbps. (Wikipedia 2017a.)

Eduistaan huolimatta 802.11a ei koskaan kokenut edeltäjänsä kaltaista suosiota. Korkeamman taajuusalueen takia standardin kantama oli pienempi kuin 802.11b:llä. Huonoon suosioon syynä oli myös kalliimmat verkkolaitteet. (Wikipedia 2017a.)

3.3.4 802.11g

Vuonna 2003 IEEE hyväksyi 802.11g-standardin, joka on 802.11b-standardin laajennus. Todellisuudessa 802.11g on risteytys edeltäjistään 802.11a- ja 802.11b-standardeista. (Wikipedia 2017a.)

802.11g kykenee 54 Mbps siirtonopeuksiin a-version tapaan, mutta 2,4 GHz:n taajuudella. Edelliset standardit eivät olleen yhteensopivia keskenään, mutta 802.11g on täysin yhteensopiva vanhemman 802.11b-standardin kanssa. Yhteensopivuuden takia 802.11g syrjäytti 802.11b:n yleisessä käytössä. (Wikipedia 2017a.)

3.3.5 802.11n

802.11n-standardin tarkoituksena oli parantaa suorituskykyä edeltäviin 802.11a- ja 802.11g-standardeihin verrattuna. 802.11n-standardi on yhteensopiva joko jommankumman tai molempien aiempien standardien

kanssa. Yhteensopivuustilassa nopeus on vanhan standardin mukainen. 802.11n hyväksyttiin vuonna 2009. (Wikipedia 2017a.)

802.11n määrittelee tiedonsiirtonopeudeksi 600 Mbps, mutta todellisuudessa standardilla päästään noin 100-200 Mbps nopeuteen. Tällöin nopeus olisi samaa luokkaa perinteisen 100 Mbps ethernet-kaapelin kanssa. 802.11n määrittelee käytettäväksi MIMO-tekniikkaa (Multiple Input Multiple Output), jossa käytetään useampaa kanavaa ja antennia yhtä aikaa. Tekniikan avulla saavutetaan tasaisempi kantama mahdollistaen useat ilmakehät. (Wikipedia 2017a.)

3.3.6 802.11ac

802.11ac kehittäminen aloitettiin vuonna 2008 ja julkaistiin joulukuussa 2013. 802.11ac käyttää edeltäjänsä tapaisesti MIMO-tekniikkaa, mutta toimii ainoastaan 5 GHz:n taajuusalueella. (Wikipedia 2017b.)

Standardin avulla tiedonsiirtonopeudet voivat olla 433 megabitistä jopa useampaan gigabittiin sekunnissa. 802.11ac mahdollistaa myös kaistanleveydeksi 80 MHz tai 160 MHz edeltäjänsä 20 MHz ja 40 MHz lisäksi. (Extremetech 2016.)

3.4 Tietoturva

Langattoman verkon suojaaminen tehdään, jotta yksityiset tiedot ja tiedostot pysyisivät yksityisinä. Langattoman verkon suojaamisessa on hieman eroa langallisen verkon suojaamiseen. Langattomassa verkossa ei voi koskaan olla varma, missä verkon käyttäjät sijaitsevat fyysisesti. (Silviu 2010, 665.)

Kaikkien verkkolaitteiden oletusasetukset on syytä vaihtaa heti laitteiden käyttöönoton yhteydessä. Oletussalasanat, IP-asetukset, SSID sekä käyttäjien ja pääkäyttäjätunnuksien salasanat on dokumentoitu laitteiden ohjekirjoissa. Tämä tarkoittaa, että kaikki nämä tiedot ovat kaikkien saatavilla verkossa. (Silviu 2010, 671.)

Oletusasetuksien vaihtamisen lisäksi langattoman verkon suojaamiseksi on neljä tapaa, jolla verkkoa voidaan suojata:

- autentikointi ja tietojen salaaminen
- MAC-osoitteiden suodattaminen
- SSID:n piilottaminen
- hyökkäyksien tunnistus ja estäminen.

Edellä mainittuja tapoja verkon suojaamiseksi tulisi käyttää useimpien verkkolaitteiden kanssa työskennellessä. (Silviu 2010, 666.)

3.4.1 Autentikointi ja tietojen salaaminen

Langattomien verkkojen suurimpia ongelmia on, että tieto kulkee ilmassa RF-signaalien (Radio Frequency) avulla, jolloin kuka vain voi kaapata signaalin ja samalla signaalin sisältävän tiedon. Signaalien salaamiseen käytetään salausmenetelmiä, joista ensimmäinen oli WEP (Wired Equivalent Privacy). WEP:n tarkoitus oli huolehtia samantasoisesta suojauksesta langattomalle verkolle, kuin mitä langallisella verkolla on. WEP-salaus perustuu kahteen mekanismiin: autentikointiin eli tunnistautumiseen ennen verkkoon liittymistä ja kaiken verkossa liikkuvan tiedon salaamiseen. WEP koostuu 64- tai 128-bittisestä salausavaimesta. 64 bitin WEP koostuu 40 bitin avaimesta, johon liitetään 24 bitin IV (Initialization Vector) ja näistä kahdesta osasta muodostuu RC4-koodi. IV:n täytyy olla uniikki jokaisessa lähetetyssä paketissa. IV:n ollessa vain 24-bittia pitkä rupeaa IV toistamaan itseään jo 5000 lähetetyn paketin kohdalla. (Silviu 2010, 667.)

WEP:n heikkouksia paikkaamaan kehitettiin WPA (Wi-Fi Protected Access). WEP:ssä käytetyn staattisen salausavaimen sijaan WPA käyttää TKIP:tä (Temporal Key Integrity Protocol). Selkokiehisen IV:n sijaan WPA yhdistää IV:hen salaisen juuriavaimen. Samalla WPA tuo mukanaan sekvenssilaskurin, jonka jälkeen kaikkien pakettien tulee saapua tukiasemalle oikeassa järjestyksessä tai väärässä järjestyksessä tulleet paketit hylätään. Lisäksi WPA mahdollistaa salausavaimen päivittämisen

tai uudelleen asettamisen neutraloidakseen mahdolliset salausavaimen murtoyritykset. (Silviu 2010, 668.)

Myöskin TKIP:tä käyttävä WPA-salaus on mahdollista murtaa, minkä takia kehitettiin AES (Advanced Encryption Standard). AES:ia pidetään markkinoiden turvallisimpana salausmenetelmänä. AES käyttää sertifikaattipohjaista tunnistautumista tai jaettua salausta. Sertifikaattipohjaista tunnistautumista käytetään WPA2:n enterprise-tilassa ja jaettua salausta WPA2:n personal-tilassa. Näistä kahdesta vaihtoehdosta WPA2 enterprise, eli sertifikaattipohjainen tunnistautuminen, tarjoaa vahvemman suojauksen. (Silviu 2010, 668.)

3.4.2 MAC-osoitteiden suodattaminen

Autentikoinnin ja tietojen salaamisen lisäksi verkkoa voidaan suojata suodattamalla käyttäjiä pääsemästä verkkoon MAC-osoitteiden avulla. Suodatus toimii lisäämällä laitteen MAC-osoite whelistille, jolloin laitteella on pääsy verkkoon tai lisäämällä MAC-osoite blacklistille, jolloin pääsy verkkoon on estetty. MAC-osoitteita voidaan suodattaa suoraan tukiasema kohtaisesti tai keskitetysti ylläpitää suodatuslistoja tunnistautumispalvelun tai AAA (Authentication, Authorization and Accounting) palvelimen kautta.

Koska verkkokortin MAC-osoitteen muuttaminen on mahdollista, on suodattaminen heikko suojauskeino kuten WEP. Kun MAC-osoitteiden suodattamista käytetään muiden suojauskeinojen lisäksi, tuo suodattaminen kuitenkin lisäturvaa. (Silviu 2010, 670.)

3.4.3 SSID:n piilottaminen

Kaikki langattoman verkon tukiasemat lähettävät säännöllisin väliajoin broadcast lähetyksiä, jotka sisältävät verkon nimen eli SSID:in. SSID:tä käytetään verkkojen erottamiseen toisistaan ja SSID:in avulla liitytään langattomiin verkkoihin. (Silviu 2010, 670.)

Tukiasemien asetuksista on mahdollista ottaa pois käytöstä broadcast viestit, joilla SSID:tä mainostetaan. SSID:n mainostuksen lopettaminen ei estä verkkoon liittymistä, mutta mainostuksen lopettamisen jälkeen hyökkääjän tulee tietää verkon nimi entuudestaan, jotta hän voisi liittyä verkkoon. SSID on myös mahdollista saada selville erilaisilla sovelluksilla kuuntelemalla radiotaajuuksia. (Silviu 2010, 670.)

3.4.4 Hyökkäyksien tunnistus ja estäminen

IDS- (Intrusion Detection System) ja IPS (Intrusion Prevention System) -järjestelmät monitoroivat verkkoliikennettä ja liikennöivät järjestelmiin havaitakseen verkosta laitteita, jotka saattavat yrittää tunkeutua verkkoon. Kun hyökkääjä yrittää tunkeutua verkkoon, ajaa hyökkääjä erilaisia ohjelmistoja, jotka jättävät jälkiä liikenteestään. IDS- ja IPS-järjestelmät havaitsevat hyökkääjästä jääneet jäljet. (Silviu 2010, 671.)

IDS:n avulla on mahdollista havaita hyökkääjä ja paikallistaa hänen sijaintinsa samalla estäen hyökkääjän aikeet. Kun järjestelmä huomaa hyökkäyksen ja automaattisesti reagoi siihen estämällä hyökkääjän pääsyn verkkoon, viitataan yleensä IPS-järjestelmään. IDS- ja IPS-järjestelmät voivat toimia verkon oletusyhdyskäytävässä tai aivan verkon sisällä. (Silviu 2010, 671.)

4 LANGATTOMAN LÄHIVERKON KUULUVUUSKARTOITUS

4.1 Lähtökohta verkon mittaukselle

Päijät-Hämeen keskussairaala on tilannut Lahden ammattikorkeakoululta WLAN-verkollensa kuuluvuuskartoituksen. Mittauksen tulokset ja niiden pohjalta tehdyt verkon parannusehdotukset annetaan keskussairaalan tietohallinnolle hyödynnettäväksi.

Keskussairaalalla on tehty viime vuosina remonttia ja laajennuksia, joiden takia vanhoja tukiasemia on jouduttu siirtelemään ja uusia lisäämään laajennetuille alueille. WLAN-mittaus päätettiin toteuttaa, jotta saataisiin oikeanlainen kuva verkon kattavuudesta.

Keskussairaalalla on toiminnassa monta eri WLAN-verkkoa samanaikaisesti eri tarkoituksiin. Jotta tehtävä kartoitus ei häiritsisi keskussairaalan toiminnalle tärkeitä verkkoja, eivätkä salassa pidettävät tiedot vaarantuisi, luotiin PHKS:n tietohallinnon toimesta mittausta varten oma väliaikainen WLAN-verkko nimeltä "mittaus". Verkolle annettiin myös salasana "tvlabra".

Mittausta tehdessä hyödynnettiin ammattikorkeakoulun tarjoamia välineitä ja työkaluja, joita on käytetty opiskelujen aikana kursseilla ja aikaisemmissa projekteissa. Välineiden ja työkalujen ollessa valmiiksi tuttuja sekä koulun tarjoamia, välttyttiin uusien tarvikkeiden opettelulta sekä hankkimiselta.

Päätarkoituksena oli mitata verkon kattavuus ja tarkistaa nopeus, mikäli verkosta löytyy katvealueita. Samalla tarkistettiin myös verkossa käytetyt kanavat.

Mittauksien aikana käytettiin seuraavia työkaluja: verkon kattavuus ja samalla signaalin voimakkuus mitattiin Ekahau site survey -ohjelmistolla. Fluke Aircheck Testerin avulla tarkistettiin verkossa käytettävät kanavat. Testerin avulla voitiin myös paikantaa tarvittaessa tukiasemia.

Nopeustestit suoritettiin Ooklan speedtest-sovelluksella, joka oli asennettu matkapuhelimeen.

4.2 Langattoman lähiverkon mittaaminen

Lähiverkon mittaaminen suoritettiin kurssiin sisältyvänä projektina. Mittausprojektin aikana kurssin opiskelijat toimivat projektipäällikön alaisuudessa.

Opiskelijat jaettiin neljään kolmen hengen ryhmään ja ryhmille jaettiin omat mittauspäivät, joita jokaiselle ryhmälle tuli kaksi. Samalla ryhmien kesken jaettiin pohjapiirustukset eli alueet, joilla ryhmien tulisi suorittaa lähiverkon kuuluvuuskartoitus.

Mittauksien aikana tuli ottaa huomioon, että mittauksia tehtiin keskussairaalassa. Tämä tarkoitti, että mittauksien aikana ei häiritä sairaalan henkilökunnan toimintaa sekä siellä asioivien asiakkaiden rauhaa ja yksityisyyttä.

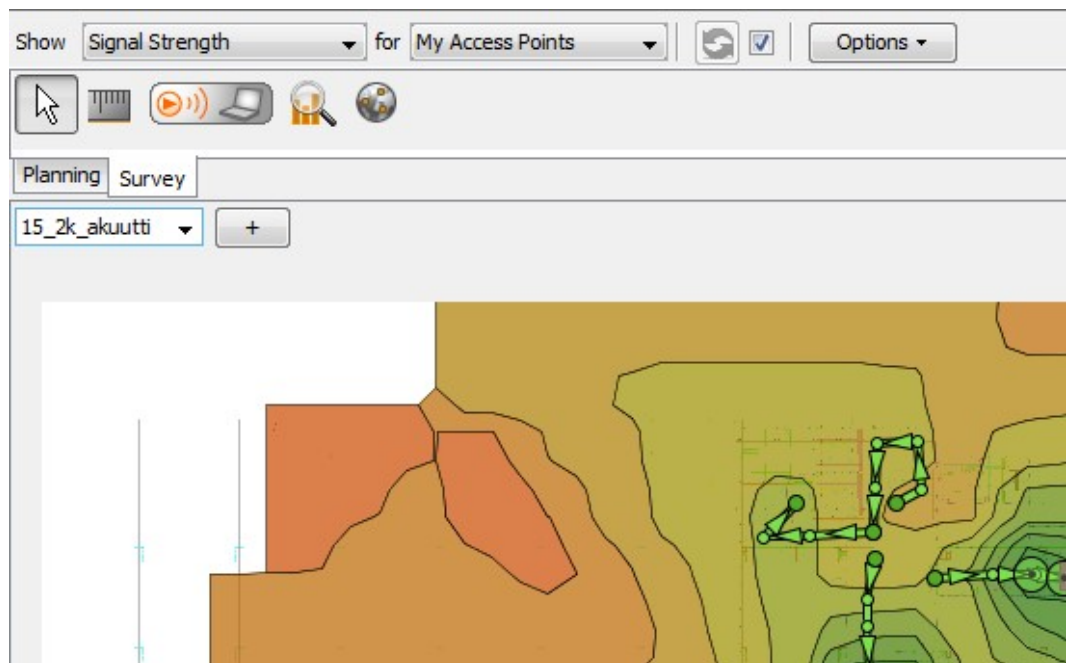
Mittauksien ensimmäisenä päivänä haettiin tuntumaa mittauslaitteistoon (koulun tarjoama kannettava tietokone, Ekahau site survey -ohjelma, Ookla speedtest -sovellus ja Fluke Aircheck Tester) ja samalla suunniteltiin, miten mittaukset tulisi käytännössä suorittaa kyseisessä ympäristössä. Päivän kuluessa huomattiin pieneksi ongelmaksi, että kannettava tietokone, jolla kuuluvuuskartoitusta mitattiin, kulutti erittäin nopeasti akkua. Tämä tarkoitti, että pitkänä mittauspäivinä tietokonetta tarvitsi välillä käydä laatomassa, jotta mittauksia voitiin jatkaa.

Ensimmäisenä päivänä huomattiin myös mittaustulosten tallentamisen tärkeys kesken mittauksien. Juuri kun ensimmäiset mittaukset oli saatu tehtyä, mittaustietokone kaatui muistiongelmiensa takia niin, että kesken ollut mittausprojekti korruptoitui ja koko päivän mittaustulokset hävisivät kokonaan. Tapauksen jälkeen kaikkia ryhmiä ohjeistettiin varotoimenpiteenä tallentamaan mittausprojekti noin 10-15 minuutin välein, ettei vastaavaa pääsisi tapahtumaan.

4.2.1 Ekahau site survey

Mittaukset ensimmäinen vaihe oli keskussairaalan pohjapiirrosten lisääminen Ekahau site survey -ohjelmaan. Keskussairaalan tietohallinnolta saadut pohjapiirrokset olivat .pdf-tiedostoja ja mittauksissa käytetty ohjelma ei hyväksy kyseistä tiedostomuotoa. Tämän takia käyttöön otettiin GIMP -kuvankäsittelyohjelma, jonka avulla tiedostot saatiin muokattua oikeaan tiedostomuotoon.

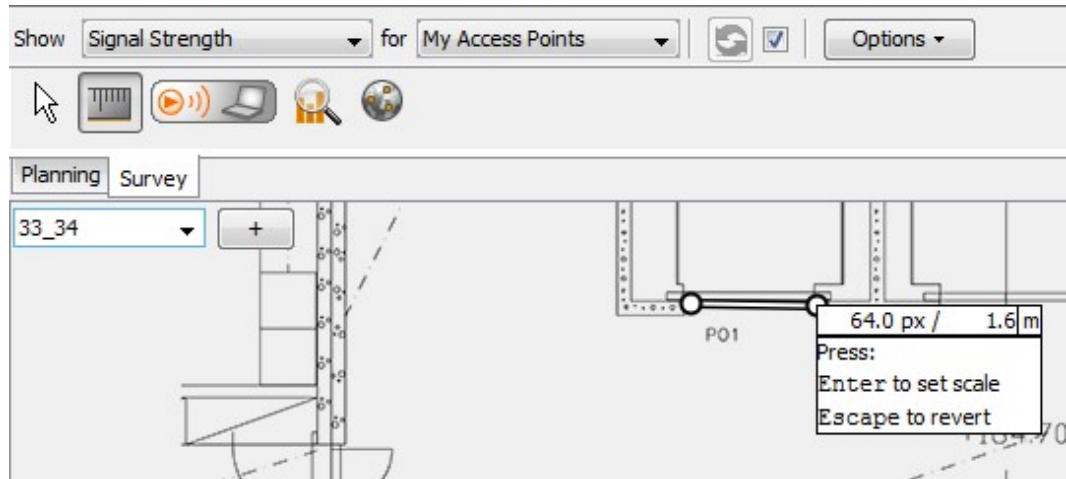
Keskussairaalan suuren koon takia pohjapiirrokset oli jaettu moneen pienempään osaan ja jokaiselle jaetulle alueelle tehtiin omat kuuluvuusmittaukset. Pohjapiirrokset lisätään painamalla ohjelman vasemmasta reunasta nappia, jossa on + symboli, jonka jälkeen avautuu valikko, mistä pohjapiirrokset voidaan lisätä. Saman napin vasemmalta puolelta löytyy myös dropdown -valikko, jonka avulla voidaan vaihtaa ohjelman sisällä pohjapiirrosta, jota halutaan käyttää mittauksissa. (KUVIO 7.)



KUVIO 7. Pohjapiirroksen lisääminen ohjelmaan

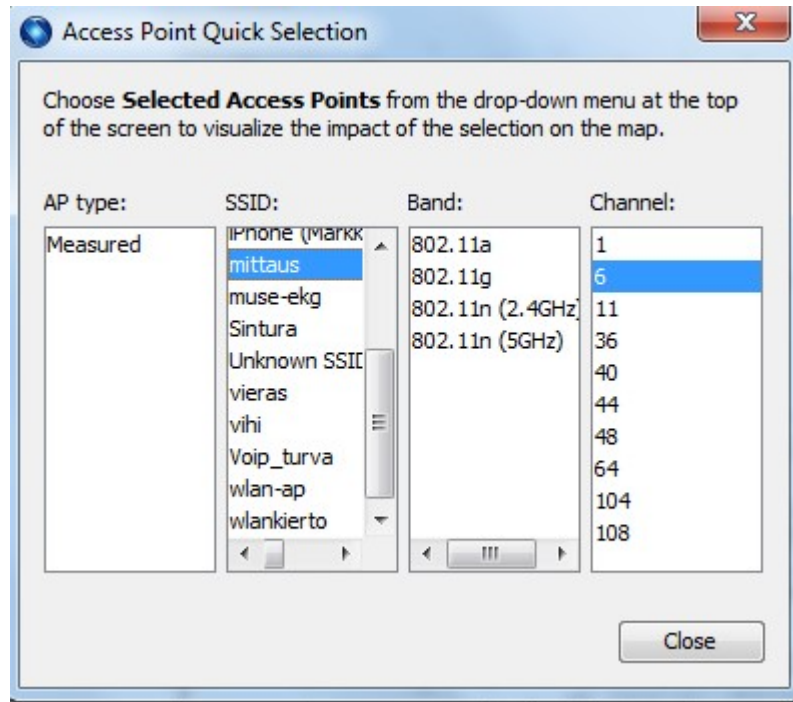
Jokaiseen mittauksessa käytettävään piirrokseen piti lisätä skaala. Saaduista piirroksista ei saatu selville skaalaa, joten skaalan asettamiseksi mitattiin keskussairaalan tiloissa jokaisen piirroksen kohdalla sopiva mitta

seinästä ja osoitettiin saatu pituus ohjelmaan skaalaksi. Saatu skaala asetettiin ohjelmaan viivoittimen näköistä painiketta painamalla, minkä jälkeen piirrokseen painettiin mitatun seinän kohdalle kaksi pistettä, joiden etäisyys merkittiin metreinä ja senttimetreinä. (KUVIO 8.)



KUVIO 8. Skaalan lisääminen pohjapiirrokseen

Itse kuuluvuuskarttoitus suoritettiin etenemällä kannettavan tietokoneen kanssa ympäri rakennusta pohjapiirroksen mukaisesti ja klikkaamalla muutaman metrin välein ohjelmassa olevaan pohjapiirrokseen sen hetkinen sijainti. Tämän jälkeen ohjelma ilmoitti kuuluvuuden värikoodattuna. Mitä vihreämpi väri on, sitä voimakkaampi signaali on ja mitä punaisempi sitä heikompi. Oletuksena ohjelma päivittää kaikkien alueella kuuluvien verkkojen kuuluvuuden. Jotta mittauksissa saataisiin oikeanlaisia tuloksia, tuli ohjelman access points valikosta painaa quick select -nappia, jonka jälkeen ruudulle aukeaa uusi ikkuna, josta valittiin mittaus -verkko. Tämän valinnan tehtyä ohjelma ei näyttänyt ylimääräisten verkkojen kuuluvuuksia. (KUVIO 9.)

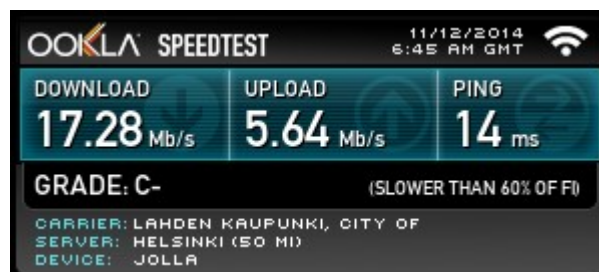


KUVIO 9. Verkon valinta

4.2.2 Nopeustesti

Nopeustestillä testattiin verkon suorituskykyä. Nopeustestejä tehtiin pistokokeina sekä silloin jos kuuluvuuskartoituksen aikana löytyi katvealueita. Mittauksissa ei huomattu suuria heittoja, mikäli mittausta ei tehty katvealueella.

Testit tehtiin seisomalla avoimessa tilassa ja suorittamalla matkapuhelimesta Ooklan speedtest -sovellus. Sovelluksesta saatiin tuloksena lataus- ja lähetyksenopeus sekä vasteaika. (KUVIO 10.)



KUVIO 10. Nopeustesti

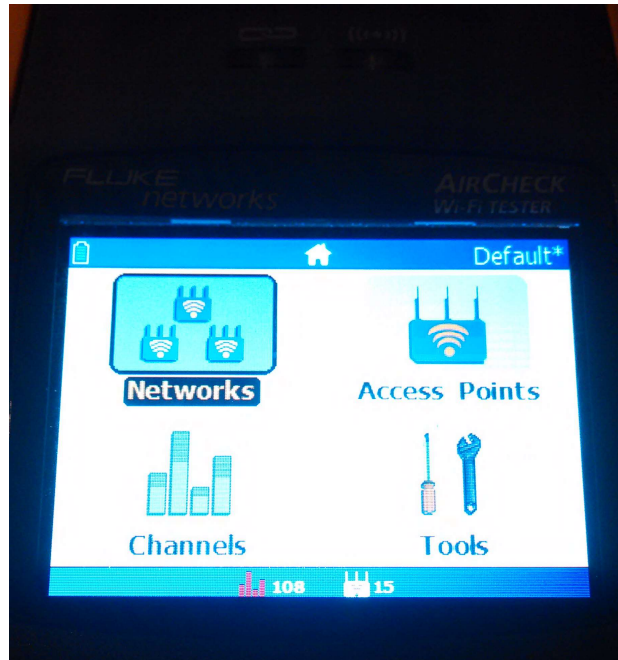
4.2.3 Kanavamittaus

Mittauksien avulla saatiin selville, mitä kanavia kantaman sisällä olevat tukiasemat käyttävät. Mikäli kantaman sisällä on paljon tukiasemia, jotka käyttävät samoja kanavia keskenään niin aiheutuu radiotaajuuksille ruuhkaa, jonka seurauksena verkon suorituskyky laskee.

Kanavamittaukset suoritettiin Fluke Aircheck -testerillä. Laite käynnistetään painamalla alhaalla olevaa vihreää virtanappulaa. (KUVIO 11.) Laitteen käynnistyttyä valittiin aloitusnäkyimestä valikko nimeltä Channels. (KUVIO 12.)

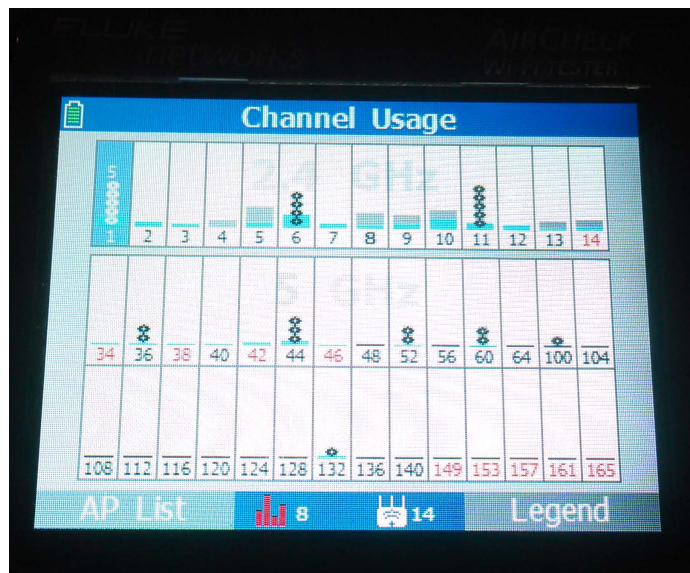


KUVIO 11. Fluke Aircheck Tester



KUVIO 12. Aloitusnäky

Kanavamittauksessa laite vietiin testattavaan tilaan ja odotettiin hetki, jotta laite sai päivitettyä tulokset. Paljon käytetyt kanavat kirjattiin ylös. Testerin avulla nähtiin tukiasemien käyttämät kanavat ja analysoitua onko käytetyillä kanavilla ruuhkaa. (KUVIO 13.)

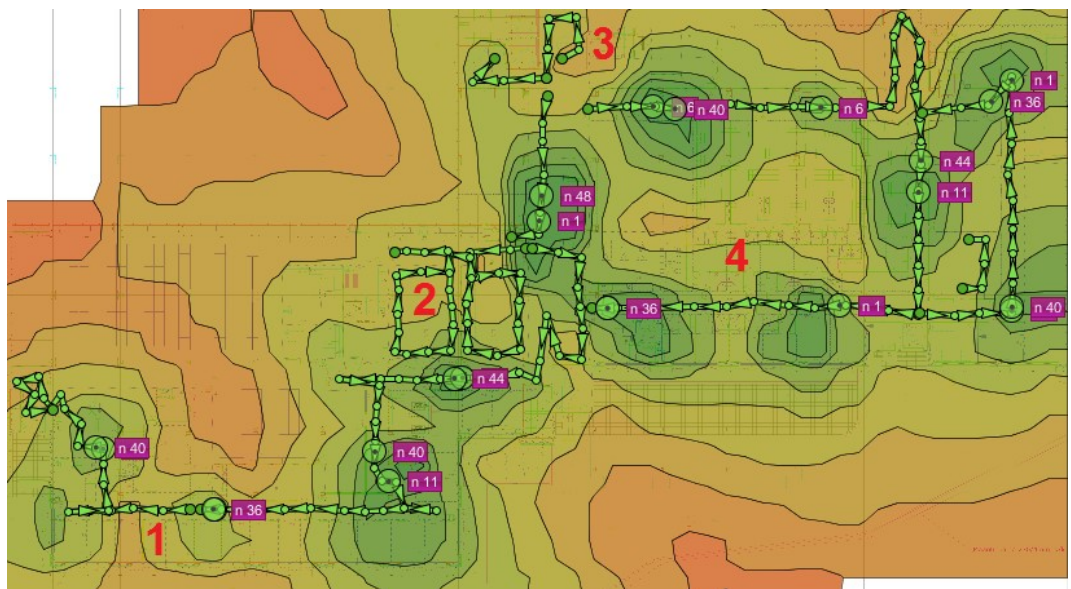


KUVIO 13. Kanavien käyttö

4.3 Tuloksien tulkitseminen ja parannusehdotukset

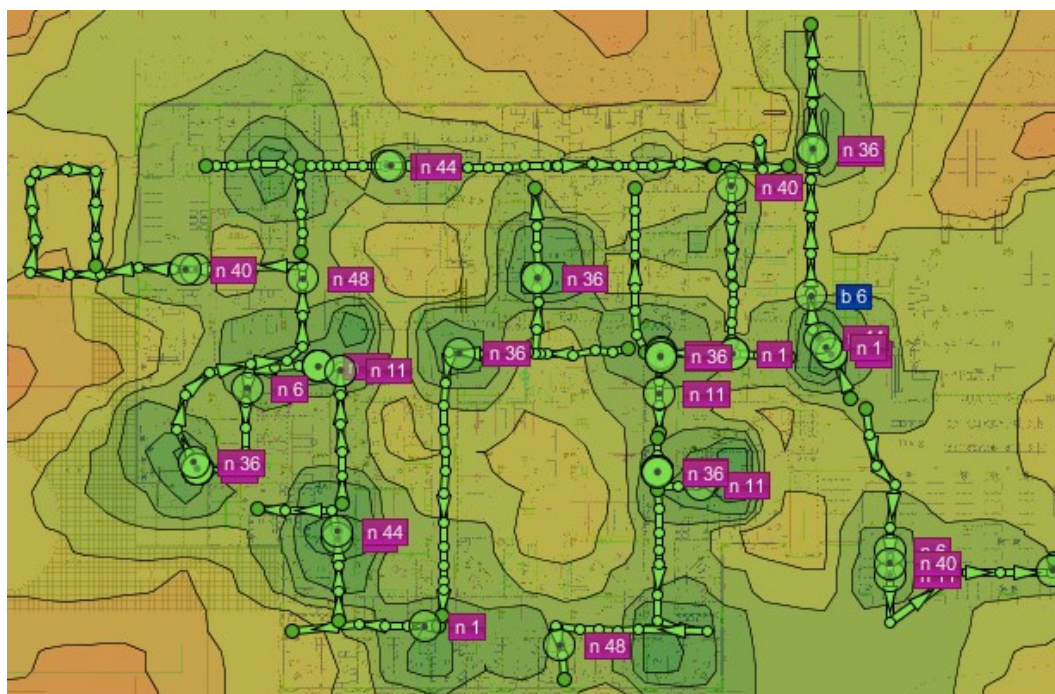
Kuuluvuuskartoituksen valmistuttua saatiin selville, missä päin keskussairaalaa on tarvetta uusille tukiasemille. Tuloksia tarkasteltaessa on otettava huomioon, että mittauksen aikana kaikkiin tiloihin ei ollut pääsyoikeutta, minkä takia kuvissa voi näkyä huonoa kuuluvuutta.

Mittaukset aloitettiin alimmaisesta kerroksesta, josta löydettiin tarvetta uusille tukiasemille. Ensimmäisessä kohdassa havaittiin, että kyseisellä paikalla on ennen ollut tukiasema, mutta tukiasema on jostain syystä poistettu. Paikalle oli vain jätetty tukiasemalle kuuluva teline. Kohdan yläpuolella oleva iso katvealue on apuvälinekeskuksen varastotiloja, johon ei ollut mittauksien aikana kulkulupaa. Kohdasta kaksi löytyy muutama kokoustila, joille olisi hyvä lisätä yksi tukiasema lisää kuuluvuuden parantamiseksi. Mittauksen aikana havaittiin, että hissiauloissa on paljon kuuluvuusongelmia, josta on ensimmäinen esimerkki kohdassa kolme. Kyseisessä tilassa on jo valmiiksi yksi tukiasema, mutta tukiaseman uudelleen sijoittaminen voisi korjata kuuluvuusongelman. Kohta neljä sisältää suurimmaksi osaksi vain varasto- ja lepotiloja, joten alueen kuuluvuus on tyydyttävä tilojen käyttöön nähden. (KUVIO 14.)



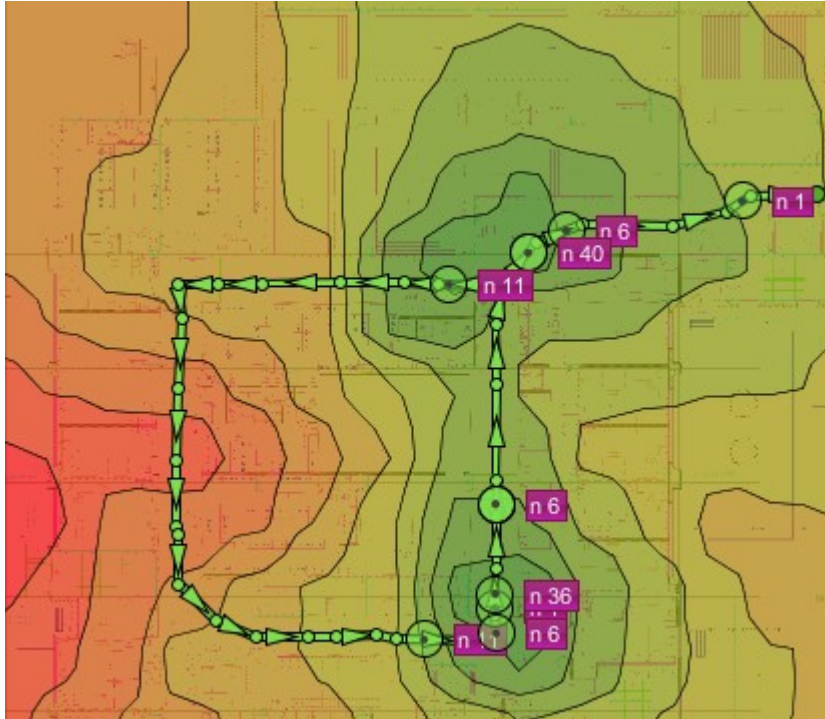
KUVIO 14. Kuntoutustutkimusyksikkö ja äidinmaitokeskus

Akuutista ja ruokalasta löytyi muutama parannuskohde. Kuvan vasemmasta laidasta löytyvään ambulanssihalliin voisi lisätä yhden tukiaseman, jotta keskussairaalan verkko kuuluisi sielläkin hyvin. Kuvan ylälaidasta löytyvä kuuluvuuden heikkeneminen johtuu hyvin pitkälti alueen vieressä sijaitsevasta magneettikuvauslaitteistosta. Keskellä oleva iso huono kuuluvuusalue johtuu siitä, että kyseiseen tilaan ei ollut kulkuoikeutta mittausten aikana ja kuuluvuuden tilasta ei ole tietoa kyseisellä alueella. Kuvan oikeassa laidassa sijaitsevaan ruokalaan voitaisiin lisätä yksi tukiasema, jotta koko ruokala saataisiin hyvin katettua. (KUVIO 15.)



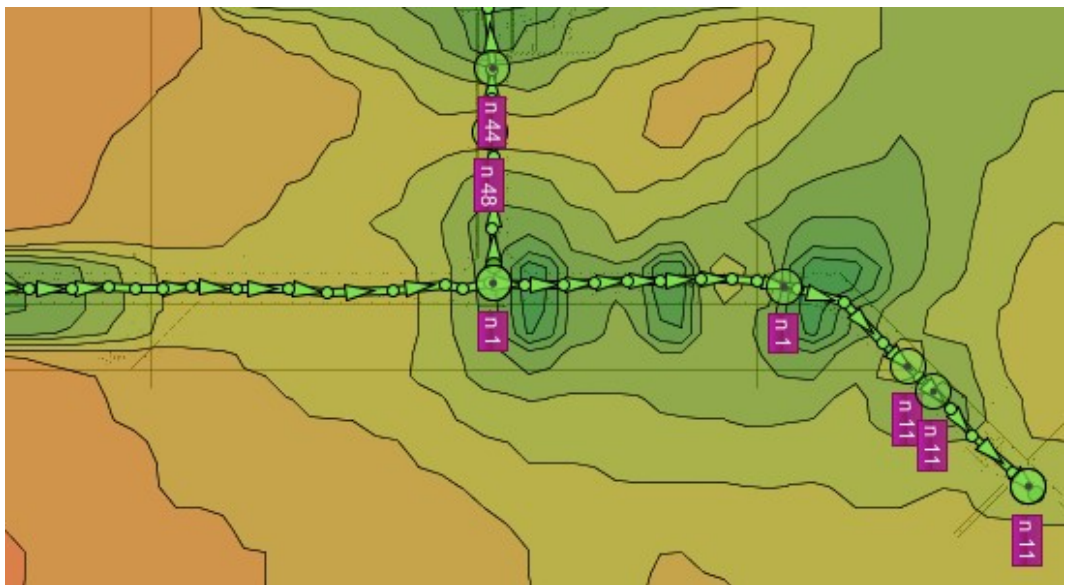
KUVIO 15. Akuutti24-päivystys ja ruokala

Dialyysistä löytyi iso katvealue kuuluvuudessa. Yläosa katvealueesta on suurimmaksi osaksi vain pukuhuoneita, jonne ei välttämättä tarvitse lisätä tukiasemaa kuuluvuuden parantamiseksi. Jos pukuhuoneisiin kuitenkin halutaan hyvä kuuluvuus, niin pukuhuoneille voidaan lisätä yksi tukiasema kuuluvuuden parantamiseksi. Kuvan alalaidassa sijaitsee dialyysi, jossa on asiakkaiden odotustiloja ja suoritetaan hoitotoimenpiteitä, joten alueelle olisi hyvä lisätä yksi tukiasema kuuluvuuden korjaamiseksi. (KUVIO 16.)



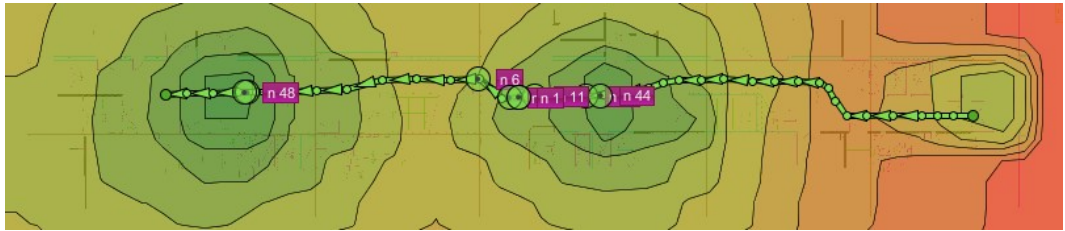
KUVIO 16. Dialyysi

Huoltokäytävän alkupäässä havaittiin huonoa kuuluvuutta, mutta kyseinen alue ei välttämättä tarvitse uutta tukiasemaa. Käytävällä ei ole muuta käyttöä kuin yhdistää päärakennus psykiatrisen osastoon, joka sijaitsee viereisessä rakennuksessa. (KUVIO 17.)



KUVIO 17. Huoltokäytävä

Kotikadulla huomattiin heti hissien kohdalla, että kuuluvuus on huono. Kuvan oikeassa laidassa huomataan, että kuuluvuus loppuu kuin seinään. Tämä johtuu siitä, että kohdassa on metalliovi, joka estää signaalin etenemisen. Alueella ei ole hissien lisäksi muuta kuin vessoja ja komeroita, joten tukiaseman lisääminen ei ole välttämätöntä, mutta sitä voidaan harkita. (KUVIO 18.)



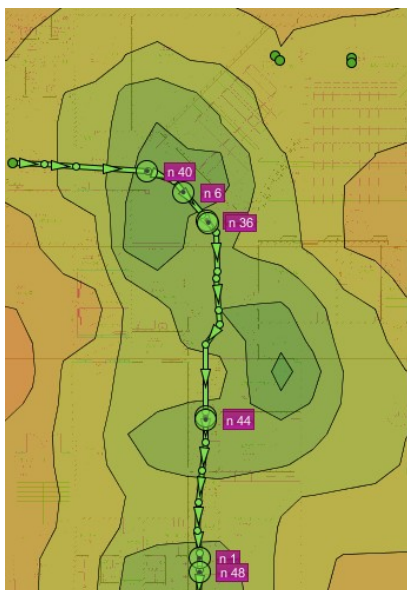
KUVIO 18. Kotikatu

Mittauksia tehdessä kuntokadulla oli remontointi kesken. Tämän takia kyseisen alueen mittaustuloksissa on iso katvealue. Osalle alueesta ei ollut kulkulupaa, eikä kyseisen alueen tukiasemat olleet käytössä. (KUVIO 19.)



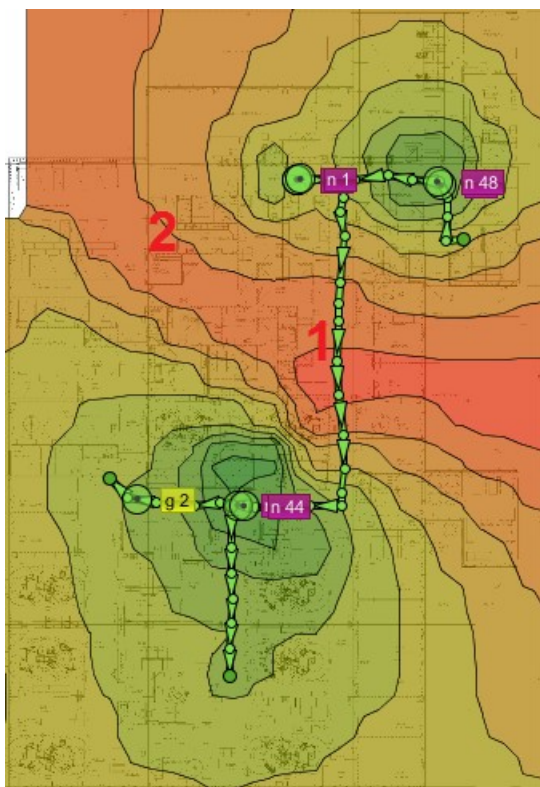
KUVIO 19. Kuntokatu

Kokoustilojen mittaustuloksissa ei ollut huomattavia ongelmia, mutta auditorioissa voisi olla parempi kuuluvuus. Ongelmat saataisiin ratkaistua lisäämällä kyseisiin tiloihin omat tukiasemat. (KUVIO 20.)



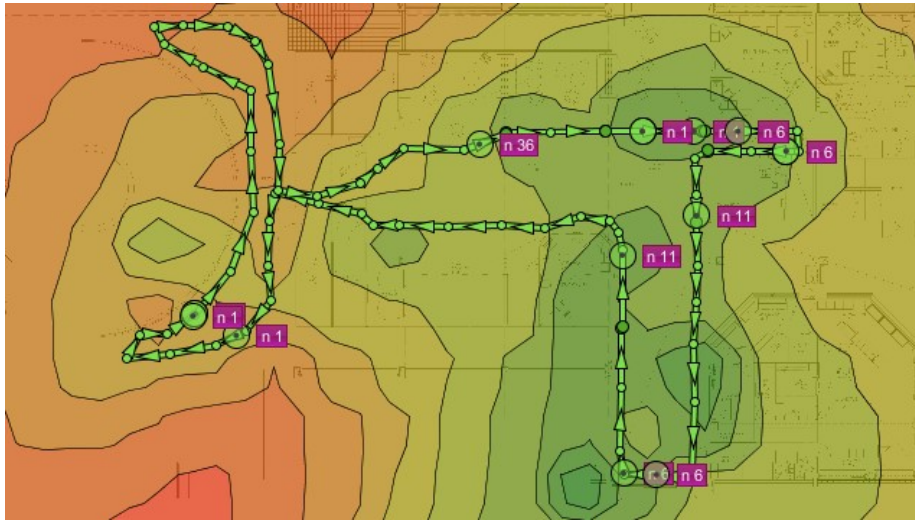
KUVIO 20. Kokoustilat

Päiväkirurgian pohjakuvaa tarkasteltaessa huomataan koko kuvan leikkaava punainen katvealue. Alueella sijaitsee päiväkirurgian odotus- ja aulatilat sekä muutamia hoitajien huoneita. Ongelma voitaisiin ratkaista lisäämällä kaksi tukiasemaa esimerkiksi kohtiin yksi ja kaksi. (KUVIO 21.)



KUVIO 21. Päiväkirurgia

Keskussairaalan pääaulassa ja kanttiinissa on hyvä kuuluvuus. Tämän lisäksi päätettiin tehdä mittaukset myös pääsisäänkäynnin ulkokatoksessa. Tuloksissa on nähtävissä, että kuuluvuus ei riitä rakennuksen ulkopuolelle. Mikäli halutaan, että verkkoa voidaan käyttää myös pääsisäänkäynnin ulkopuolella ja pääsisäänkäynnin läheisyydessä olevilla oleskelualueilla, tulisi sisäänkäynnin ulkopuolelle lisätä yksi tukiasema. (KUVIO 22.)



KUVIO 22. Pääaula ja kanttiini

Toisessa kerroksessa on havaittavissa jälleen yleinen ongelma kerroksen hissiaulassa. Ongelma saataisiin ratkaistua lisäämällä yksi tukiasema kyseiselle alueelle. (KUVIO 23.)



KUVIO 23. Toisen kerroksen hissiaula

Parkkitalon ensimmäisessä kerroksessa löytyy yksi katvealue, joka johtuu parkkitalossa sijaitsevasta hissistä. Kyseistä katvealuetta ei voi järkevästi korjata, eikä siitä ole myöskään hirveästi haittaa verkon käytölle. (KUVIO 24.)



KUVIO 24. Parkkitalon ensimmäinen kerros

Vuodeosastojen ollessa symmetrisia käytiin mittaukset suorittamassa vain muutamassa esimerkikerroksessa, jotta nähtiin, löytyykö niistä katvealueita. Itse vuodeosastoilta ei löytynyt minkäänlaisia ongelmia.

Vuodeosastoilla käydessä mitattiin myös kerroksien hissiaulat. Kuten jo aikaisemmin on mainittu, on hissiauloissa ongelmia kuuluvuuden kanssa. Ongelmat voitaisiin poistaa vuodeosastojenkin hissiauloista lisäämällä niihin yhden tukiaseman, jolloin kuuluvuus parantuisi. Vuodeosastojen kaikissa hissiauloissa ongelmat olivat melko identtisiä. (KUVIO 25.) (LIITE 1.)



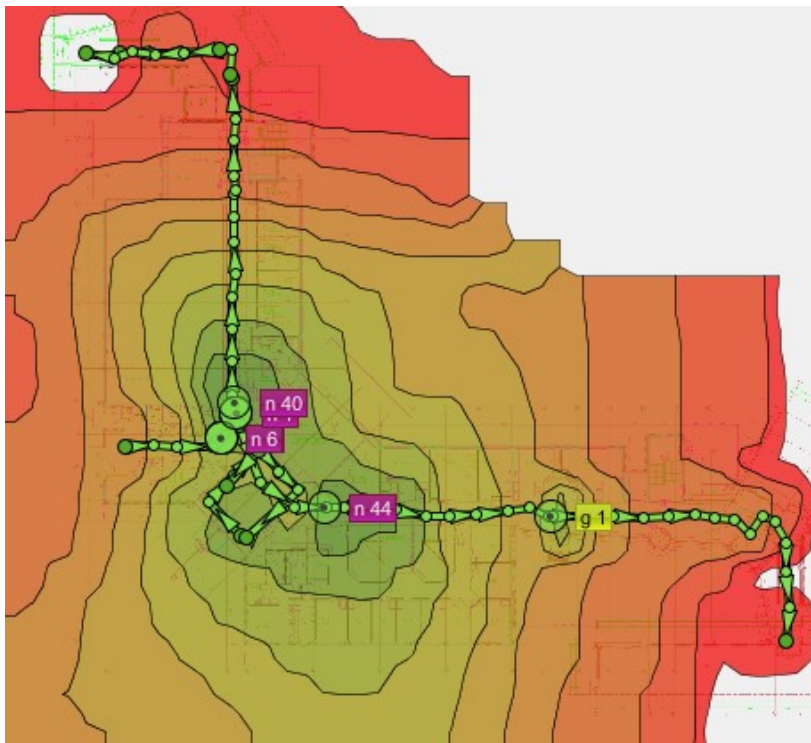
KUVIO 25. Vuodeosasto ja hissiaula

Radiologian pohjapiirustuksesta voidaan havaita, että suurin katvealue löytyy kuvan vasemmasta yläkulmasta. Tämä johtuu siitä, että kyseisellä alueella on eristettyjä huoneita, jotka estävät signaalin etenemistä. (KUVIO 26.)



KUVIO 26. Radiologia

Koko projektin pahimmat katvealueet löytyivät psykiatrian ensimmäisestä kerroksesta. Kuuluvuus oli muuten hyvä, mutta mitä kauemmaksi siirryttiin pääaulasta kohti rakennuksen sivusiipiä, sitä heikommaksi signaali muuttui. Pahimmillaan signaali katkesi kokonaan. (KUVIO 27.)



KUVIO 27. Psykiatrian ensimmäinen kerros

Psykiatrian kuuluvuusongelmat voidaan korjata helposti lisäämällä molempiin rakennuksen sivusiipiin yhdet uudet tukiasemat. Näin kuuluvuus saadan toimimaan myös siipien päissä olevissa odotus- ja oleskelutiloissa.

Mittausten aikana tehtiin myös kanavamittauksia, joiden avulla selvitettiin kanavien käyttö keskussairaalan verkossa. Verkossa käytettiin tasaisesti kanavia 1, 6 ja 11 ja kanavien käyttö oli ennestään hyvin suunniteltu ja muutostarvetta ei ole.

Kanavamittausten lisäksi tehtiin myös satunnaisia nopeustestejä. Nopeustestejä otettiin muutamia sekä ongelma-alueilla että normaalisti toimivilla alueilla. Näin saataisiin kuva, miten verkko toimii ongelma-alueilla verrattuna normaaliin tilanteeseen.

Taulukon ensimmäisellä sarakkeella on kerrottu, missä nopeustesti on suoritettu, toisella sarakkeella on latausnopeus, kolmannella lähetysnopeus ja viimeisellä vasteaika. Mikäli kuuluvuuskartoituksen aikana havaittiin ongelmakohtia, niin pyrittiin nopeustesti suorittamaan kyseisellä pisteellä. (TAULUKKO 3.)

Kuten nopeustestin tuloksista huomataan, lähetysnopeus laskee aina huomattavasti ongelma-alueilla kuten psykiatrian sivuaulassa ja päiväkirurgian käytävällä. Latausnopeudessa voidaan havaita pientä laskua, mutta lasku ei ole niin suuri kuin lähetysnopeuden kohdalla. Vasteaika ei juurikaan vaihdellut nopeustesteissa lukuun ottamatta toisen kerroksen hissiaulaa, jossa vasteaika oli 39 millisekuntia. (TAULUKKO 3.)

TAULUKKO 3. Nopeustestit

TILA	LATAUSNOPEUS	LÄHETYSNOPEUS	VASTEAIKA
Psykiatrian pääaula	39.74 Mbps	29.85 Mbps	14 ms

Psykiatrian sivuauula	26.42 Mbps	5.94 Mbps	15 ms
Osasto 44 hissiaula	17.28 Mbps	5.64 Mbps	14 ms
Päiväkirurgian käytävä	14.33 Mbps	2.81 Mbps	20 ms
Kahvio	27.76 Mbps	11.91	16 ms
Pääauula	24.69 Mbps	15.72 Mbps	14 ms
Toisen kerroksen hissiaula	13.54 Mbps	6.35 Mbps	39 ms
Hallintokäytävä	25.31 Mbps	11.24 Mbps	13 ms
Kuntokatu	16.11 Mbps	2.20 Mbps	15 ms
Kokoustilojen hissit	28.65 Mbps	24.22 Mbps	11 ms
Dialyysi	19.71 Mbps	22.81 Mbps	16 ms

Taulukossa 4 on koostettu yhteen mittauksissa havaitut ongelma-alueet. Ensimmäisellä sarakkeella on kerrottu mitattu alue, toisella sarakkeella langattoman verkon nykytila ja viimeisellä sarakkeella on parannusehdotus, joka on tehty mittaustuloksien perusteella. Alueet, joista ei löytynyt mittausten aikana ongelmia, löytyy työn lopusta liitteestä 2. (TAULUKKO 4.) (LIITE 2.)

TAULUKKO 4. Verkon kuuluvuus

TILA	NYKYTILA	PARANNUSEHDOTUS
Kuntoutustutkimusyksikkö ja äidinmaitokeskus	- kuuluvuus välttävä neljässä eri paikassa	- 1 uusi tukiasema jokaiselle ongelmalueelle
Akuutti24-päivystys ja ruokala	- kuuluvuus välttävä kahdessa tilassa	- 2 uutta tukiasemaa
Dialyysi	- kuuluvuus huono	- 1 uusi tukiasema
Huoltokäytävä	- kuuluvuus välttävä	- 1 uusi tukiasema (ei välttämätön, ei tärkeä kohde)
Kotikatu	- kuuluvuus huono	- 1 uusi tukiasema
Kuntokatu	- kuuluvuus huono	- uusi mittaus remontin valmistuttua
Kokoustilat	- kuuluvuus välttävä	- 2 uutta tukiasemaa molempiin auditorioihin
Päiväkirurgia	- kuuluvuus huono	- 2 uutta tukiasemaa

Pääaula ja kanttiini	- kuuluvuus välttävä	- 1 uusi tukiasema (jos halutaan laajentaa)
Toisen kerroksen hissiaula	- kuuluvuus huono	- 1 uusi tukiasema
Parkkitalon ensimmäinen kerros	- kuuluvuus välttävä	- ei mitään
Vuodeosasto ja hissiaula	- kuuluvuus huono	- uudet tukiasemat jokaiseen hissiaulaan
Radiologia	- kuuluvuus huono	- ei mitään
Psykiatrian ensimmäinen kerros	- kuuluvuus huono	- 2 uutta tukiasemaa

5 YHTEENVETO

Langattoman lähiverkon kuuluvuuden mittaamisella saadaan hyvä käsitys siitä, missä kunnossa verkko on. Kuuluvuuden ollessa huono lähetyksenopeudet laskevat ja yhteys voi pahimmassa tapauksessa katketa kokonaan. Verkon signaalin voimakkuuteen voidaan vaikuttaa lisäämällä verkkoon lisää tukiasemia.

Päijät-Hämeen keskussairaalan langatonta lähiverkkoa on mahdollista parantaa lisäämällä uusia tukiasemia mittauksissa löytyneille ongelma-alueille, joissa on normaalia heikompi signaali. Mittauksien aikana kulkulupa oli kaikkialle, missä ei tehty suoria hoitotoimenpiteitä, ja näin ollen tulokset ja parannusehdotukset keskittyvät kaikkialle muualle keskussairaalan tiloihin.

Verkon mittaamisella saatiin selville verkon nykytila ja samalla pystyttiin ehdottamaan parannuksia eri ongelma-alueille. Samalla opinnäytetyön tavoitteet tulivat täytettyä. Päijät-Hämeen keskussairaallalle annettussa raportissa on pelkästään keskitytty mittaustuloksiin ja mahdollisiin parannusehdotuksiin.

Nykyisiä tukiasemia on myös mahdollista parantaa tulevaisuudessa vaihtamalla niitä uudempiin. Uusia standardeja tulee koko ajan lisää, minkä ansiosta langattomien verkkojen nopeudet paranevat entisestään unohtamatta laajempia kuuluvuusalueita.

Langattomien verkkojen käyttö kasvaa kaiken aikaa mobiililaitteiden lisääntymisen takia erilaisissa kouluissa, yrityksissä ja julkisissa tiloissa. Tämän takia on tärkeää, että verkon kuuluvuus on hyvä ja vakaa verkon käyttäjien kannalta. Langattomien verkkojen avulla esimerkiksi kouluissa voidaan jakaa oppimateriaalit oppilaiden omiin mobiililaitteisiinsa. Langaton verkko mahdollistaa myös, että työskentelyn ei tarvitse olla nykypäivänä paikallaan pysyvää vaan työpiste voi olla missä tahansa, missä mobiililaitte voidaan liittää langattomaan lähiverkkoon.

LÄHTEET

Checkpoint 2017. Wireless Distribution System Links [viitattu 23.4.2017].
Saatavissa: <http://www.checkpoint.com/smb/help/utm1/8.2/6581.htm>

Extremetech 2016. What is 802.11as Wi-Fi, and how much faster than 802.11n is it? [viitattu 4.5.2017]. Saatavissa:
<https://www.extremetech.com/computing/160837-what-is-802-11ac-and-how-much-faster-than-802-11n-is-it>

Ficom 2017. Langaton lähiverkko eli WLAN [viitattu 22.4.2017].
Saatavissa:
http://www.ficom.fi/tietoa/tietoa_4_1.html?Id=1052071509.html

Savvius 2017. 802.11 WLAN Packets and Protocols [viitattu 23.4.2017].
Saatavissa:
http://www.savvius.com/resources/compendium/wireless_lan/wlan_packets

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

Tutorial-Reports 2013. IEEE 802.11 Architecture [viitattu 22.4.2017].
Saatavissa: http://www.tutorial-reports.com/wireless/wlanwifi/wifi_architecture.php

Wikipedia 2017a. IEEE 802.11 [viitattu 4.5.2017]. Saatavissa:
http://fi.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11

Wikipedia 2017b. IEEE 802.11ac [viitattu 4.5.2017]. Saatavissa:
http://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11ac

Wikipedia 2017c. IP-osoite [viitattu 21.4.2017]. Saatavissa:
<http://fi.wikipedia.org/wiki/IP-osoite>

Wikipedia 2017d. MAC address [viitattu 21.4.2017]. Saatavissa:
http://en.wikipedia.org/wiki/MAC_address

Wikipedia 2017e. OSI-malli [viitattu 21.4.2017]. Saatavissa:
<http://fi.wikipedia.org/wiki/OSI-malli>

Wikipedia 2017f. Wireless LAN [viitattu 22.4.2017]. Saatavissa:
http://en.wikipedia.org/wiki/Wireless_LAN

LIITTEET

LIITE 1. Vuodeosastojen hissiaulat

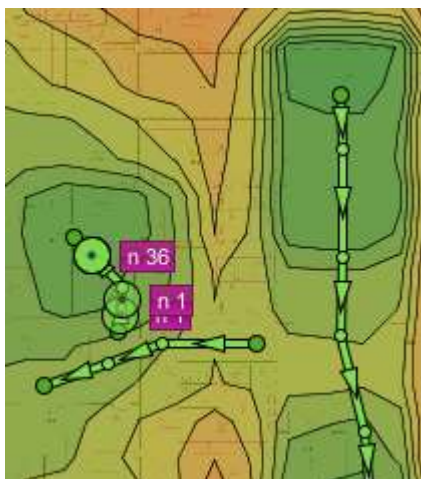




LIITE 2. Mittaustulokset



TLT käytävä



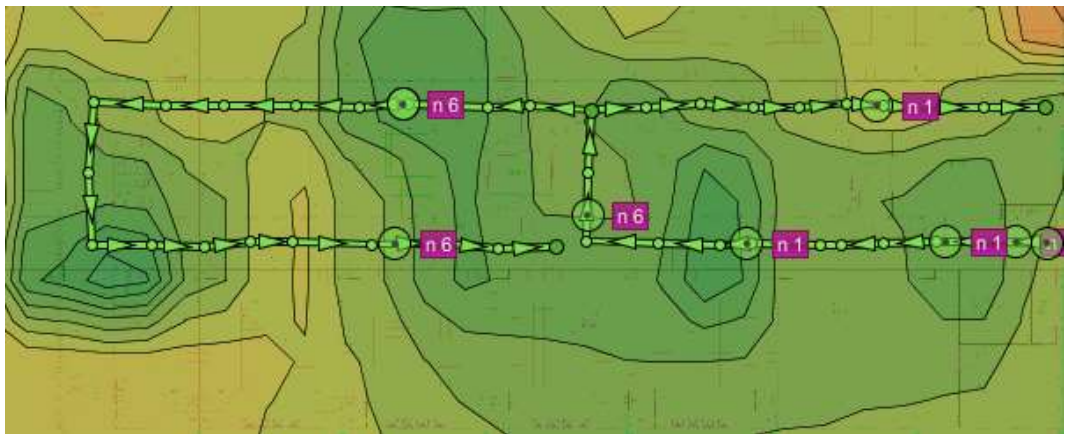
Mikrotuki



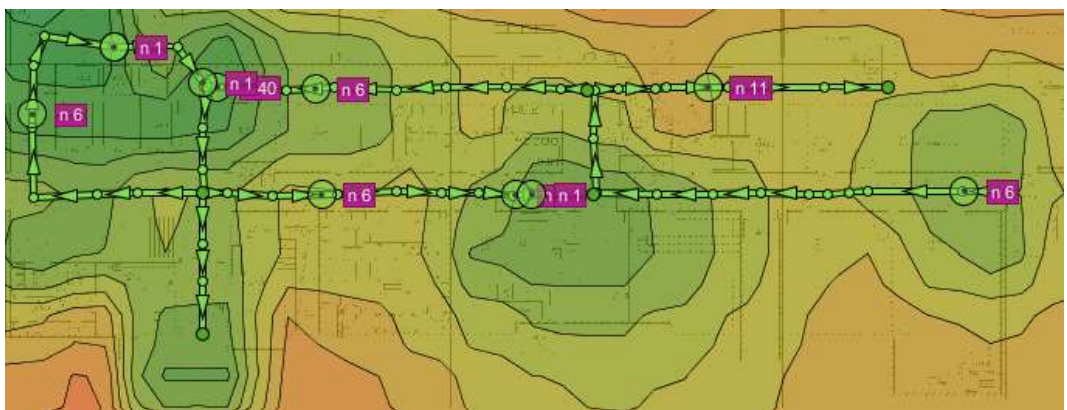
Lastauslaituri



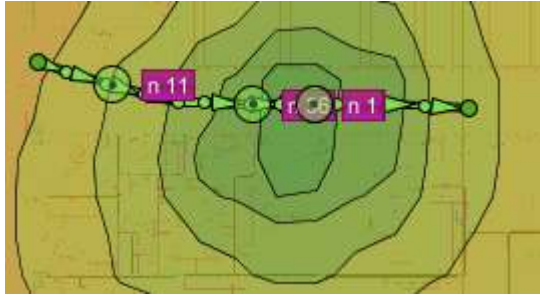
Keskuvarasto



Hissiaula 1



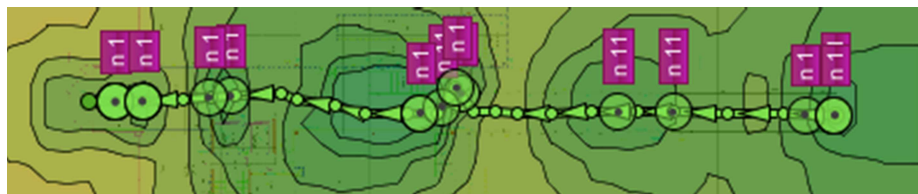
Hissiaula 2



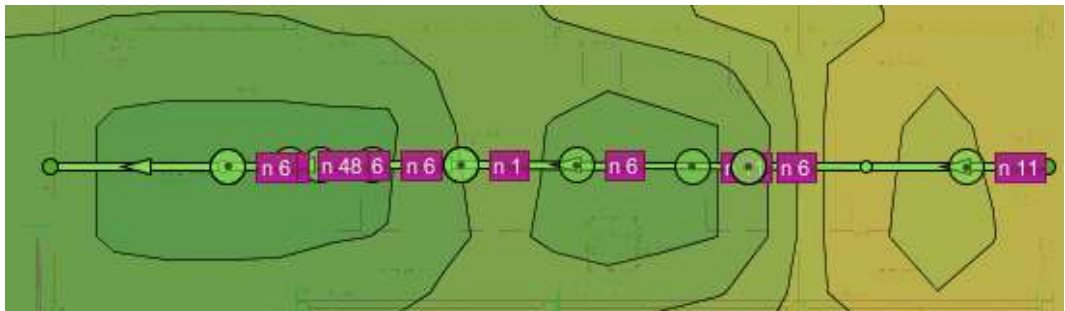
Arkistokäytävä



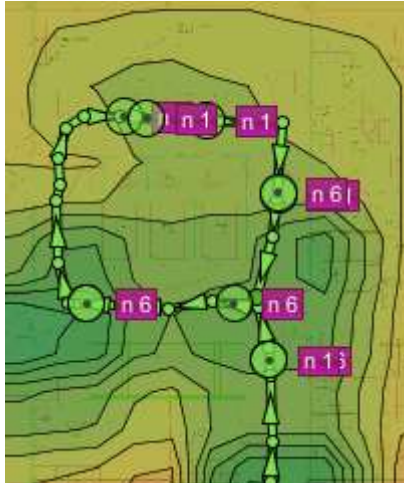
Tutkimuskatu



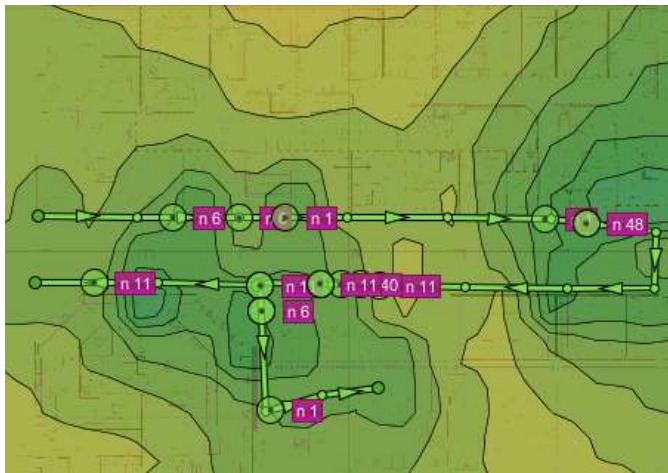
Parkkitalon käytävä



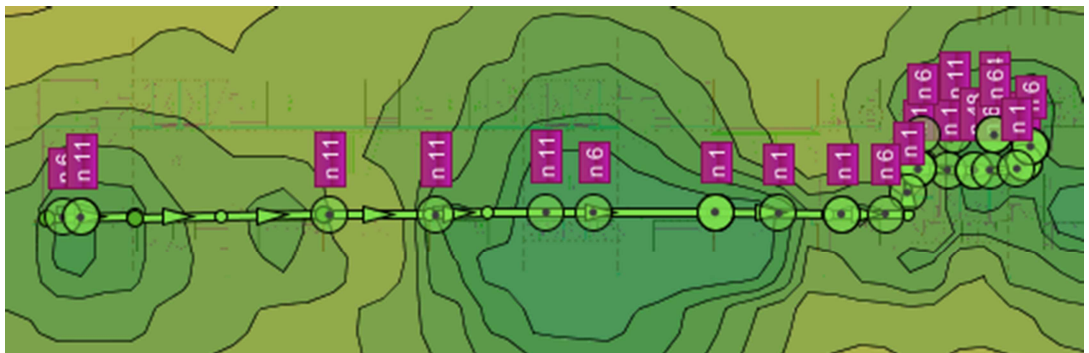
Päiväkirurgian käytävä



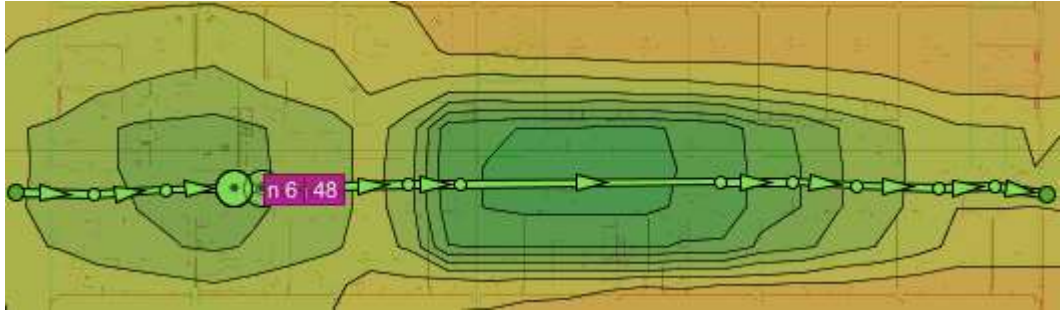
Lastenosaston hissiaula



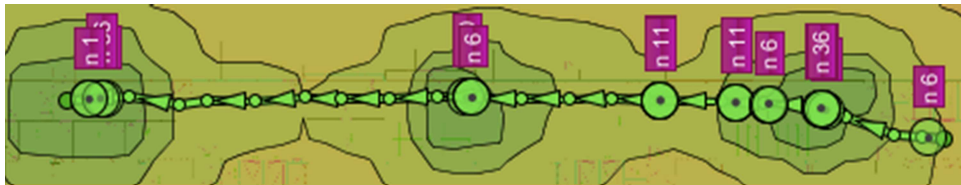
Kahvio



Aulakatu



Tietohallinto



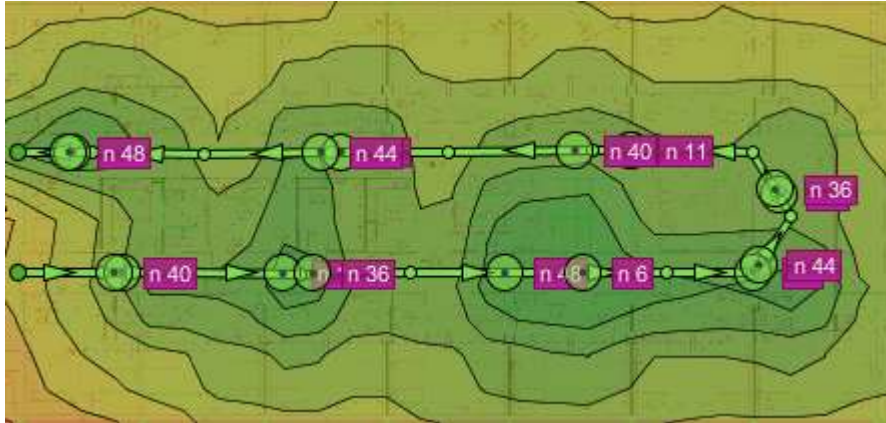
Leikkauskatu



Hoitokatu



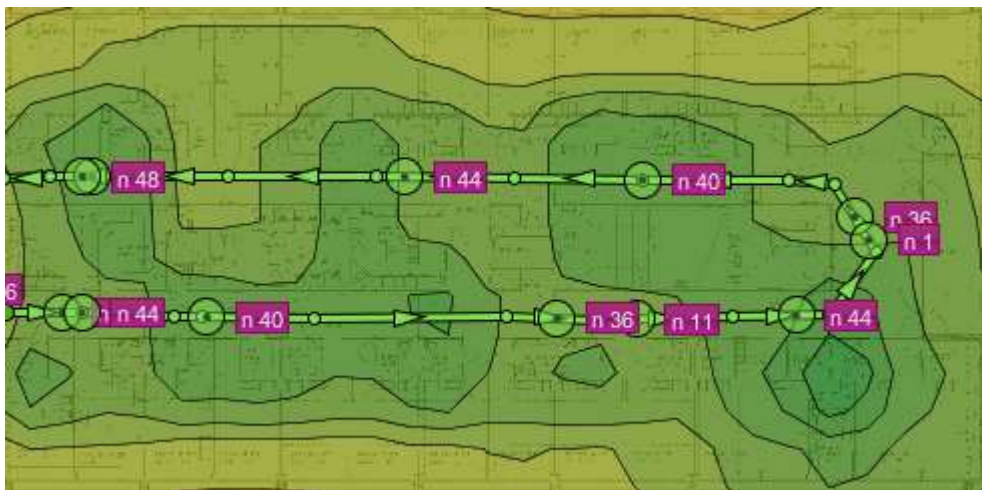
Hallinto



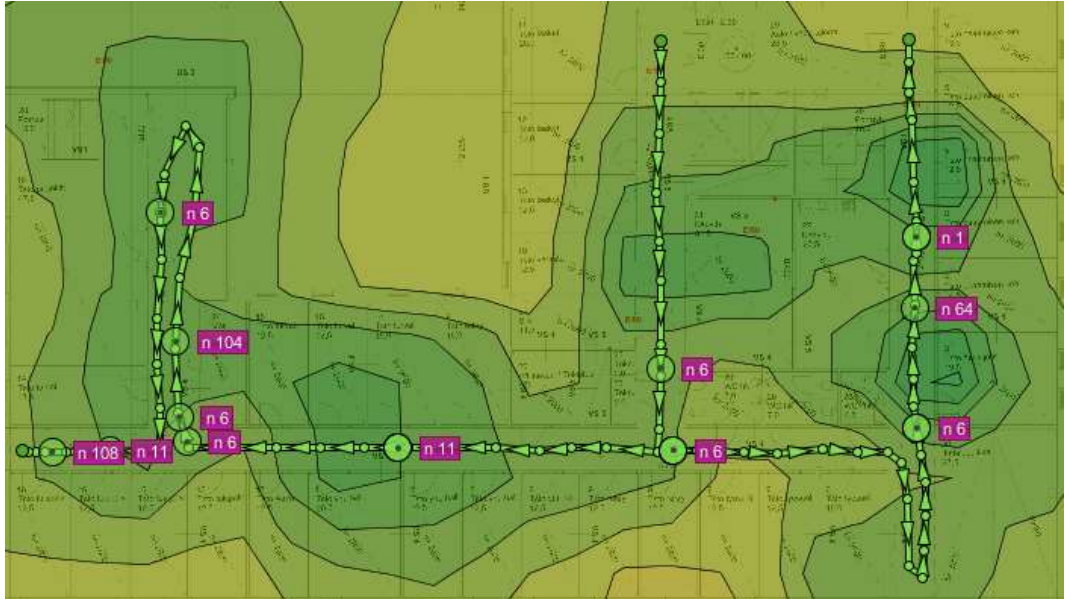
Vuodeosasto 1



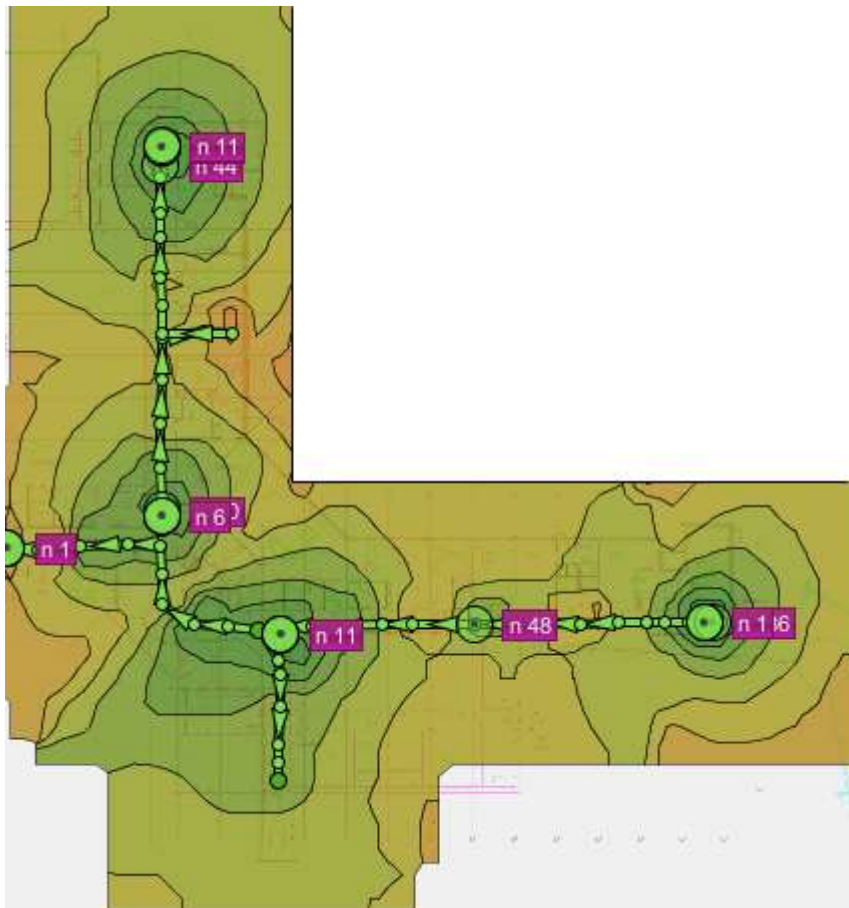
Vuodeosasto 2



Vuodeosasto 3



Parkkitalon kellarikerros



Psykiatrian kellarikerros