Opinnäytetyö (AMK)

Elektroniikka

Tietoliikennejärjestelmät

2012

Teemu Paananen

KESKI-POHJANMAAN KESKUSSAIRAALAN LANGATTOMAN LÄHIVERKON MITTAUS JA KEHITYS

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Elektroniikka | Tietoliikennejärjestelmät

2012 | 33 sivua

Ohjaajat: TKL Juha Nikkanen, FM Mika Kivelä, Seppo Säilynoja

Teemu Paananen

KESKI-POHJANMAAN KESKUSSAIRAALAN LANGATTOMAN LÄHIVERKON MITTAUS JA KEHITYS

Sairaalaolosuhteissa toimivan langattoman lähiverkon rakentaminen vaatii huolellista suunnittelua. Ei riitä, että saadaan luotua verkko, jossa signaalin vahvuudet ovat hyvät, vaan on otettava huomioon verkon suuri käyttökapasiteetti ja sen tuomat ongelmatilanteet tiedon kuljetuksessa.

Lähdemateriaalina tässä työssä käytettiin kirjallisuutta ja Internet-julkaisuja sekä alan ammattilaisten kanssa käytyjä puhelin- ja sähköpostikeskusteluja. Lähdemateriaalien pohjalta pyrittiin olemassa olevaa Keski-Pohjanmaan keskussairaalan langatonta lähiverkkoa kehittämään toimivammaksi tekniikkaa uusimatta tai laitteita lisäämättä.

Työssä huomattiin, että eri standardien sekoittaminen samaan verkkoon heikentää verkon suorituskykyä huomattavasti. Verkon selkeyttämisen myötä saavutettiin paremmin toimiva verkko.

ASIASANAT:

langattomat lähiverkot, langaton lähiverkko, langattoman lähiverkon mittaus, langaton lähiverkko sairaalassa

BACHELOR´S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Electronics | Telecommunication Systems

2012 | 33 pages

Instructors: Juha Nikkanen, Lic. Tech., Principal Lecturer, Mika Kivelä, M.Sc., Seppo Säilynoja

Teemu Paananen

MEASUREMENTS AND DEVELOPMENT OF THE WIRELESS NETWORK AT THE CENTRAL OSTROBOTHNIAN CENTRAL HOSPITAL

Building a functional wireless local area network in a hospital environment takes careful planning. It takes more than good signal strength. The high usage may result in various problems in data transfer and should be taken under consideration.

Resources used in this thesis were books and Internet publications but also phone and e-mail conversations with technical professionals were used. Based on the resources, attempts for a better wireless network was made without renewing technology or adding base stations.

It was noted, that mixing different standards in one network weakens the throughput of the network. By simplifying the network, the functionality of the network got higher.

KEYWORDS:

wireless networks, wireless network, wireless network measurements, wireless network in hospital

ALKULAUSE

Tämä opinnäytetyö on tehty Anvia Oyj:lle.

Tahdon kiittää Anvia Oyj:tä ja Kiurun ATK-osaston henkilökuntaa heidän antamastaan mahdollisuudesta tehdä haastava ja mielenkiintoinen opinnäytetyö.

14.9.2012

Teemu Paananen

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET

1 JOHDANTO 1

2 RF-SIGNAALIEN TEORIAA 2

2.1 Radioaallot 2

2.2 Radiotaajuudet 3

2.2.1 Langattoman lähiverkon taajuudet 3

2.3 Radiosignaalien eteneminen 4

2.3.1 Vaimeneminen 4

2.3.2 Häipyminen 5

2.3.3 Monitie-eteneminen 5

3 LANGATTOMAT LÄHIVERKKOTEKNIIKAT JA SPESIFIKAATIOT 6

3.1 IEEE 802.11 -standardit 6

3.1.1 IEEE 802.11a 7

3.1.2 IEEE 802.11b 7

3.1.3 IEEE 802.11g 8

3.1.4 IEEE 802.11n 9

3.2 Langattoman lähiverkon kanavat 11

3.3 SSID-verkkotunnus 13

3.4 Roaming 13

4 KESKI-POHJANMAAN KESKUSSAIRAALAN TIETOLIIKENNEVERKKO 14

4.1 Projektin taustatiedot ja osapuolet 14

4.2 Keski-Pohjanmaan keskussairaalan runkoverkon rakenne 15

4.3 Keski-Pohjanmaan keskussairaalan langattoman lähiverkon rakenne 16

4.3.1 Langattoman verkon tekniikat 16

4.3.2 SSID:t 17

4.3.3 Kanavat 17

4.3.4 Suojaus ja autentikointi 18

5 LANGATTOMAN LÄHIVERKON MITTAUS, KEHITYS JA TULEVAISUUDEN KEHITYSEHDOTUKSET 19

5.1 Mittauslaitteisto 19

5.2 Ohjelmistot 19

5.3 Ensimmäiset mittaukset 20

5.4 Muutokset ja niiden vaikutukset 23

5.4.1 Kanavasuunnitelma 24

5.4.2 Standardit 24

5.4.3 Vierailijaverkon tiedonsiirtonopeuden rajoittaminen 27

5.5 Muutosten vaikutusten yhteenveto 27

5.6 Kehitysehdotukset 29

6 YHTEENVETO 31

LÄHTEET 32

KUVAT

Kuva 1. Radioaalto 2
Kuva 2. Radioaallon sähköinen ja magneettinen komponentti 3

Kuva 3. Sähkömagneettinen spektri 4
Kuva 4. Ideaalisen 802.11b/g-verkon kanavointi 13
Kuva 5. WLAN-kanavan tehon jakauma 13
Kuva 6. Luonnos Keski-Pohjanmaan keskussairaalan tietoliikenneverkosta 16
Kuva 7. HP MSM 422 tukiasema 17
Kuva 8. Ekahau Site Surveylle määritetyt verkon vaatimukset 22
Kuva 9. Langattoman verkon laatu ennen muutoksia 22
Kuva 10. Syyt pilotti osaston langattoman verkon heikkoudelle 23
Kuva 11. Chanalyzer Pro -spektrianalysaattorimittaus pilottiosastolta 24
Kuva 12. Signaalinvoimakkuus pilottiosastolla ennen muutoksia ja niiden jälkeen 26
Kuva 13. Pakettien prosentuaalinen hävikki ennen muutoksia ja niiden jälkeen 27
Kuva 14. Pilottiosaston langattoman verkon laatu muutosten jälkeen 29
Kuva 15. Syyt pilottiosastolla yhä ilmeneviin paikoittaisiin heikkouksiin 29

TAULUKOT

Taulukko 1. Radiotaajuuksien luokittelu 3
Taulukko 2. IEEE 802.11n standardin maksimaalisia tiedonsiirtonopeuksia 11
Taulukko 3. IEEE 802.11b ja 802.11g standardien kanavajako 12
Taulukko 4. Ekahau Site Survey -ohjelmaan asetetut verkon vaatimukset. 21

KÄYTETYT LYHENTEET

64-QAM	QAM-modulaatio jolla voidaan muodostaa 64 erilaista symbolia
AAA	Turvallisuusarkkitehtuuri, jolla voidaan käyttäjille määritellä oikeuksia liittyen verkon käyttöön ja kerätä käyttäjästä tilastotietoja (Authentication, Authorization, Accounting)
BPSK	Vaiheavainnus jossa on 2 vaihe-eroa (Binary Phase Shift Keying)
CCK	IEEE 802.11b -standardin suuremmilla tiedonsiirto nopeuksilla käytetty modulaatiokaava (Complementary Code Keying)
CDMA	Koodinjakoon perustuva kanavanvaraustekniikka (Code Division Multiple Access)
CSMA/CA	Tietoliikenteen siirtotien varausmenetelmä (Carrier Sense Multiple Access With Collision Avoidance)
DBPSK	Binäärinen vaiheavainnus, jossa kantoaallon vaiheeseen lisätään 0° tai 180° lähetettävän merkin mukaan (Diffe-rential Binary Phase Shift Keying)
DQPSK	Kvadratuurinen vaiheavainnus, jossa kantoaallon vaiheeseen lisätään 0°, 90°, 180° tai -90° lähetettävän merkin mukaan (Differential Phase Shift Keying)
DSSS	Suorasekventointitekniikka, jolla voidaan data pilkkoa pieniin osiin ja lähettää osat samanaikaisesti koko taajuusalueella (Direct Sequence Spread Spectrum)
ETSI	Eurooppalainen tietoliikennealan standardoimisjärjestö (European Telecommunications Standards Institute)
FCC	Yhdysvaltain telehallintovirasto (Federal Communications Commission)

HTSG	IEEE:n perustama työryhmä joka tutki suuren suorituskyvyn langattomia verkkoja (High Throughput Study Group)
IAPP	Roamauksessa tukiasemien väliseen tiedonvaihtoon käytetty protokolla (Inter-Acces Point Protocol)
IEEE	Kansainvälinen tekniikan alan järjestö (Institute of Electrical and Electronics Engineers)
IP	Protokolla, joka huolehtii pakettien toimittamisesta Internet-verkossa (Internet Protocol)
ISM-taajuusalue	Teollisuuden, tieteen ja terveydenhuollon käyttöön varattu taajuusalue (Industrial, Scientific, Medical)
Mb/s	Megabittiä per sekunti
MIMO	Usealla lähetys- ja vastaanottoantennilla tapahtuva samanaikainen tiedonsiirto (Multiple-Input and Multiple-Output)
OFDM	Usealla taajuudella samanaikaisesti tapahtuvaan tiedonsiirtoon käytetty modulaatio (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing)
PoE	Tekniikka jolla voidaan laitteen käyttöjännite syöttää Ethernet-kaapelilla (Power over Ethernet)
QAM	Modulaatiotekniikka jossa yhdistyy vaihemodulaatio ja amplitudimodulaatio (Quadrature Amplitude Modulation)
QoS	Tietoliikenteen priorisointiin ja luokitteluun käytetty tekniikka (Quality of Service)
QPSK	Vaiheavainnus jossa on 4 vaihe-eroa (Quadrature Phase Shift Keying)
RADIUS	Protokolla, joka tarjoaa tietoliikenneverkoille keskitettyä käyttäjien hallintaa (Remote Authentication Dial In User Service)

SDM	MIMO:ssa käytettävä tekniikka, jossa data pilkotaan osiin ja osat lähetetään samanaikaisesti (Spatial Division Multiplexing)
SSH	Salattuun tiedonsiirtoon käytetty protokolla (Secure Shell)
SSID	Langattoman lähiverkon verkkonimi (Service Set Identifier)
TCP	Tietoliikenneprotokolla (Transmission Control Protocol)
TGn	Ryhmä joka kehitti IEEE 802.11n -standardia (Task Group n)
UDP	Yhteydetön tietoliikenneprotokolla (User Datagram Protocol)
WLAN	Langaton lähiverkko (Wireless Local Area Network)
WPA	Langattomassa lähiverkossa käytetty suojaustekniikka (Wi-Fi Protected Access)

1 JOHDANTO

Suuria rakennuksia kattavista langattomista lähiverkoista on tehty useita opinnäytetöitä. Ennen tämän opinnäytetyön aloittamista tutustuttiin hieman kahteen aiemmin tehtyyn työhön: ”Langattoman verkon suunnittelu ja toteutus” (Haka-Taivalmäki Juha, 2011) ja ”Langattoman lähiverkon suunnittelu Poliisikoulun opiskelija-asuntolaan” (Kauppinen Marko, 2005). Kummastakaan ei kuitenkaan suoranaista apua ollut tämän työn tekoon. Nimenomaan sairaalaympäristöön suunnitelluista langattomista lähiverkoista ei löytynyt hyödyllistä kirjallisuutta.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suorittaa langattoman lähiverkon mittauksia ja kehittää lähiverkon toimivuutta olemassa olevalla tekniikalla.

Opinnäytetyön alussa suoritettiin mittauksia Keski-Pohjanmaan keskussairaalan alkuperäisestä verkkokokoonpanosta. Alkumittausten avulla pyrittiin kartoittamaan verkon suorituskykyä heikentävät tekijät. Alkumittauksia analysoitiin ja pyrittiin tiedonkeruun kautta muokkaamaan verkkoa toimivammaksi. Muutosten jälkeen työssä suoritettiin loppumittaukset ja lopullisten tulosten analysointi.

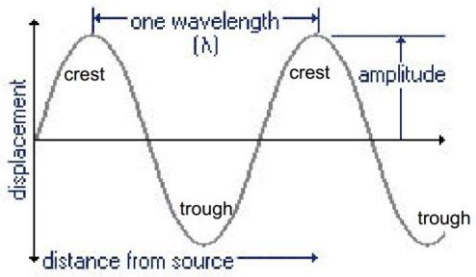
Aluksi työssä käsitellään RF-signaalien teoriaa. Luvussa 3 käsitellään tarkemmin langattomien lähiverkkojen tekniikoita. Luvuissa 4 ja 5 keskitytään Keski-Pohjanmaan keskussairaalan langattoman lähiverkon mittaukseen ja kehitykseen. Lopuksi annetaan myös kehitysehdotuksia.

2 RF-SIGNAALIEN TEORIAA

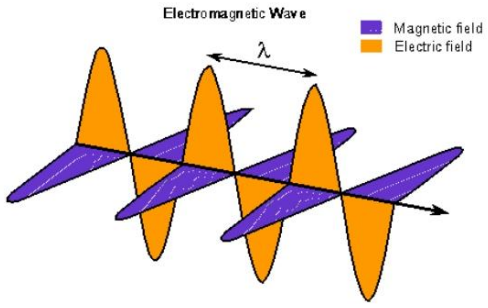
2.1 Radioaallot

Radioaallot ovat valonnopeudella eteneviä sähkömagneettisia aaltoja, jotka sisältävät sekä sähköisen että magneettisen komponentin. Nämä kaksi komponenttia kulkevat aina yhdessä, sillä muutokset sähkökentässä aiheuttavat muutoksia myös magneettikenttään ja päinvastoin [1,s.11]. Kun sähköisesti varautunutta kappaletta liikutetaan, synnyttää se muuttuvan sähkökentän lisäksi muuttuvan magneettikentän. Tarkasteltaessa sähkömagneettista aaltoa mistä tahansa pisteestä on aallolla siinä pisteessä keskenään kohtisuorassa toisiaan vastaan olevat sähkö- ja magneettikentät ja tämän lisäksi molemmat kentät ovat kohtisuorassa myös aallon etenemissuuntaa vastaan. [3]

Kuvista 1 ja 2 nähdään tarkemmin radioaallon rakennetta.



Kuva 1. Radioaalto. [3]



Kuva 2. Radioaallon sähköinen ja magneettinen komponentti. [3]

2.2 Radiotaajuudet

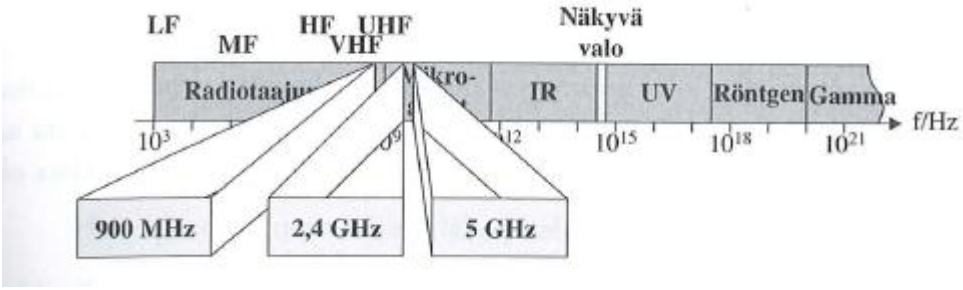
Radiotaajuudet sijaitsevat sähkömagneettisen spektrin taajuusalueella 3 Hz – 300 GHz. Taajuusalueet jaetaan aallonpituuden mukaan eri luokkiin (Taulukko 1). [2]

Taulukko 1. Radiotaajuuksien luokittelu. [3]

Aallonpituus	**Taajuus**	**Luokka**
> 10 km	< 30 kHz	VLF (Very Low Frequency)
> 1 km	< 300 kHz	LF (Low Frequency)
> 100 m	< 3 MHz	MF (Medium Frequency)
> 10 m	< 30 MHz	HF (High Frequency)
> 1 m	< 300 MHz	VHF (Very High Frequency)
> 10 cm	< 3 GHz	UHF (Ultra High Frequency)
> 1 cm	< 30 GHz	SHF (Super High Frequency)
> 10 mm	< 300 GHz	EHF (Extremely High Frequency)

2.2.1 Langattoman lähiverkon taajuudet

Langattomissa lähiverkkotekniikoissa käytetään radiotaajuusalueen suurempia taajuuksia eli mikroaaltotaajuuksia. Kuten muidenkin radiotaajuuksien, on mikroaaltotaajuuksien käyttö rajoitettua ja useimmiten luvanvaraista. Suomessa käyttöä valvoo Viestintävirasto. Mikroaaltoalueelle on kuitenkin määritelty kaksi taajuusaluetta, joita saa vapaasti käyttää (Kuva 3), kunhan niitä käyttävät laitteistot noudattavat asetettuja määräyksiä. Toinen niistä kattaa yhden 80 MHz leveän kaistan 2,4 GHz:n yläpuolella, toinen taas kattaa kolme 100 MHz leveää kaistaa 5 GHz:n yläpuolella. Näitä kahta taajuusaluetta käytetään mm. langattomissa lähiverkoissa [4,s.52-53].



Kuva 3. Sähkömagneettinen spektri. [4,s.53]

2.3 Radioaaltojen eteneminen

Radioaallon etenemiseen vaikuttaa monta tekijää. Jotta radioaalto tavoittaisi vastaanottajan, täytyy vastaanottajan olla lähettimen kuuluvuusalueella. Kuuluvuusalue muokkautuu ympäristön mukaan eikä siis ole tietyn muotoinen alue lähettimen ympärillä. Kuuluvuusalueen muotoon vaikuttavat mm. kaikennäköiset esteet ja lähetettävän signaalin taajuus [1,s.12]. Aallon etenemiseen vaikuttavista perusilmiöistä tässä työssä käsitellään tarkemmin vaimeneminen, häipyminen ja monitie-eteneminen.

2.3.1 Vaimeneminen [1,s.13-14]

Vaimenemisilmiössä lähetettävän signaalin teho pienenee kuljettavan matkan aikana. Signaalin edetessä sen amplitudi pienenee suhteessa matkan pituuteen ja jossakin pisteessä signaalia ei enää erota kohinan seasta. Vaimenemisen suuruus riippuu siirtotiestä ja taajuudesta. Esimerkiksi jos siirtotienä käytetään johtimia, vaimenee signaali johtimen resistanssin takia, koska osa signaalista muuttuu lämpöenergiaksi. Kuten vastaanotetun tehon kaavasta (Kaava 1, [2]) on havaittavissa, riippuu radio- ja mikroaaltotaajuuksilla tapahtuvan langattoman tiedonsiirron vaimennuksen suuruus pääasiassa etäisyydestä *(d)*, lähetettävän signaalin aallonpituudesta *(λ)*, lähetystehosta *(P_t)* sekä lähetys- ja vastaanottoantennien vahvistuksista *(G_t ja G_r)*. Mitä suurempi aallonpituus on (ts. pienempi taajuus), sitä nopeammin signaali vaimenee kuljetun matkan aikana.

Signaalissa, joka sisältää useita eri taajuuksia, syntyy vääristymiä etäisyyden kasvaessa, koska pienet taajuudet vaimenevat suuria taajuuksia vähemmän.

$$P_r = P_t G_t G_r (\frac{\lambda}{4\pi d})^2 \quad (1)$$

2.3.2 Häipyminen [1,s.15]

Häipyminen voidaan jakaa kahteen eri tyyppiin: hitaaseen ja nopeaan häipymiseen. Hitaassa häipymisessä signaalin tehon keskiarvo muuttuu esim. muuttuvan maaston tai näköesteiden takia.

Nopeaa häipymistä syntyy erityisesti monitie-etenemisestä ja lähettimen liikkeestä. Nopeassa häipymisessä on kyse siitä, että vastakkaisessa vaiheessa olevat osasignaalit tietyin väliajoin summautuvat vastaanotossa eli signaali interferoi itsensä kanssa aiheuttaen aika ajoin nopeita ja voimakkaita signaalin tehon pienenemisiä. Nopeassa häipymisessä moduloitu pulssi leviää, mutta sitä voidaan ehkäistä käyttämällä symbolinopeutta, joka on 100 - 200 kertaa suurempi kuin häipymän taajuus.

2.3.3 Monitie-eteneminen

Monitie-etenemistä syntyy, kun lähetetty signaali kulkee lyhimmän ja helpoimman reitin lisäksi pitempiä matkoja heijastumalla erilaisilta pinnoilta kohti vastaanottoantennia. Täten signaalit saapuvat perille eri aikaan. Heijastuksen yhteydessä signaalin teho laskee, joten signaalit saapuvat vastaanottoon myös erivahvuisina [1,s.16]. Vastaanotin ei erottele heijastuneita ja suoran matkan kulkeneita signaaleja, vaan kaikki summautuvat keskenään. Toisinaan heijastuneet signaalit saapuvat suurin piirtein samassa vaiheessa vastaanottoon pääsignaalin kanssa, jolloin ne vahvistavat signaalia. Toisinaan taas heijastuneet signaalit saapuvat vastaanottoon vastakkaisessa vaiheessa, jolloin signaalin teho laskee [5].

3 LANGATTOMAT LÄHIVERKKOTEKNIIKAT JA SPESIFIKAATIOT

3.1 IEEE 802.11 [6]

Nykypäivänä WLAN-verkkoja on tarjolla joka puolella. Lähes kaikki näistä verkoista on toteutettu IEEE 802.11 standardeja käyttäen. Harva on edes kuullut esimerkiksi ETSI:n HiperLAN standardista ja sen vuoksi tässä työssä perehdytään tarkemmin ainoastaan IEEE:n standardeihin. Tässä työssä keskitytään IEEE:n nk. kantastandardeihin 802.11a, 802.11b, 802.11g ja 802.11n.

Järjestelmät, jotka hyödyntävät IEEE 802.11 standardeja, saavuttavat tänä päivänä jopa 600 Mb/s nopeuksia tiedonsiirrossa. Tällaisiin nopeuksiin ylletään tarkemmin ottaen IEEE 802.11n standardin tekniikoilla. Vaikka 802.11n standardi hyväksyttiin jo vuonna 2009, ei se tämän työn kirjoitushetkellä kuitenkaan ole vielä kovin laajasti käytössä vaan suurin osa langattomista verkoista käyttää edelleen vanhempaa 802.11g standardia, jolla voidaan saavuttaa 54 Mb/s nopeuksia. Näillä nopeuksilla langattomista verkoista on hiljalleen tullut monelle yritykselle varteenotettava vaihtoehto langallisille verkoille.

Kaikki IEEE 802.11 standardit hyödyntävät ISM-taajuusalueita (Industrial, Scientific, Medical), jotka sijaitsevat noin 2,4 GHz:ssä ja noin 5 GHz:ssä. Näiden taajuusalueiden käyttö ei vaadi erillistä lupaa, joten ne sopivat ihanteellisesti laajempaan levitykseen. Kaikissa standardeissa on käytössä 22 MHz levyisiä kanavia vaikkakin useimmissa medioissa puhutaan 20 MHz:n kanavaleveyksistä. IEEE 802.11n standardissa voidaan käyttää myös 40 MHz:n levyisiä kanavia.

3.1.1 IEEE 802.11a [7]

IEEE 802.11a standardi hyväksyttiin heinäkuussa 1999 samaan aikaan kuin 802.11b. Vaikka se mahdollisti 802.11b:tä suuremman tiedonsiirtonopeuden, ei se saavuttanut yhtä suurta suosiota. Syy heikompaan suosioon oli se, että sen käyttötaajuus oli suuremmalla ISM-taajuusalueella, eli 5 GHz:n alueella ja täten sitä hyödyntävien laitteiden valmistus oli kalliimpaa. 802.11a standardi sai kuitenkin kiitettävästi suosiota ja pakotti kehittämään tiedonsiirtonopeuksia myös pienemmällä 2,4 GHz:n ISM-taajuusalueella.

IEEE 802.11a standardiin on spesifioitu 54 Mb/s:n maksimi tiedonsiirtonopeus. Nopeutta voidaan kuitenkin tarpeiden mukaan rajoittaa aina 6 Mb:iin/s asti. Ei-päällekkäisiä 20 MHz:n levyisiä kanavia on käytettävissä 12 kappaletta. Signaalin modulaatioon käytetään OFDM-modulointia. 802.11a standardi ei tue MIMO-tekniikkaa, joten sillä voidaan lähettää vain yhtä tietovirtaa kerrallaan.

3.1.2 IEEE 802.11b [8]

IEEE 802.11b standardi hyväksyttiin vuoden 1999 heinäkuussa. Se oli ensimmäinen langattomien lähiverkkojen standardi, joka otettiin laajasti käyttöön tietoteknisissä laitteistoissa. Langattomien lähiverkkojen suuresta suosiosta voidaan pitkälti kiittää juuri 802.11b standardia, sillä se levisi nopeasti ympäri maailmaa mm. lentokentille ja hotelleihin, joissa asiakkaille alettiin tarjota vapaasti käytettävää langatonta Internet-yhteyttä.

802.11b:ssä hyödynnettiin kahdesta ISM-taajuusalueesta pienempää 2,4 GHz:n aluetta. Näin ollen tätä standardia käyttävien laitteistojen valmistus oli halvempaa ja standardin suosio verrattuna 802.11a:han oli siksi huomattavasti suurempaa.

IEEE 802.11b standardin spesifikaatio mahdollistaa maksimissaan 11 Mb/s:n tiedonsiirtonopeuden. Markkinoille tarjottiin myös joidenkin valmistajien toimesta ”802.11b+” standardin tuotteita, joilla maksimitiedonsiirtonopeuksiksi luvattiin

22, 33 ja jopa 44 Mb/s:n nopeuksia, mutta nämä eivät olleet virallisia IEEE:n hyväksymiä tuotteita.

11 Mb/s:n tiedonsiirtonopeus saavutetaan vain ihanteellisissa olosuhteissa ja standardissa onkin monitorointijärjestelmä joka tarkkailee signaalin laatua. Mikäli signaalin laatu heikkenee liikaa tai kanavalle ilmestyy häiriöitä ulkopuolisista lähetyksistä tai laitteista, järjestelmä voi tiputtaa tiedonsiirtonopeutta asteittain 5,5, 2 tai peräti 1 Mb:iin/s saavuttaen näin joustavamman virheenkorjauskyvyn. Näin nopeuksien kärsiessä lähetysten laatu kuitenkin paranee ja voidaan taata varmemmin toimiva linkki vastaanoton ja lähettimen välille.

Yksi suuri este maksimaalisen siirtonopeuden saavuttamiselle on myös IEEE 802.11 standardien käyttämä siirtotien varausmenetelmä CSMA/CA. Tämä tekniikka perustuu siihen, että dataa liikutetaan vain ”puhtaalla” kanavalla, joten vastaanotin saattaa joskus joutua odottamaan tukiasemalta vahvistusta kanavan vapautumisesta, ennen kuin tiedonsiirto voidaan aloittaa. Tämä odottaminen luonnollisesti aiheuttaa viiveitä tiedonsiirrossa ja nopeudet laskevat. Myös TCP-pakettien lähettäminen laskee tiedonsiirtonopeutta pakettien vaatimien overheadien takia. UDP:n kevyemmän pakettirakenteen vuoksi UDP-liikenne rasittaa siirtotietä TCP-liikennettä vähemmän, joten tiedonsiirtonopeudet ovat tällöin suuremmat. UDP:n pakettirakenteen tekee kevyemmäksi se, ettei se sisällä virheenkorjausta eikä tiedonvirtahallintaa (flow control). Tästä johtuen paketit saattavat kuitenkin saapua vastaanottoon virheellisinä tai kadota kokonaan.

IEEE 802.11b:ssä signaali moduloidaan CCK-moduloinnilla, joka perustuu CDMA-modulointiin.

3.1.3 IEEE 802.11g

IEEE 802.11g standardi hyväksyttiin kesäkuussa 2003 ja se toi mukanaan tärkeitä uudistuksia. Standardi mahdollisti saman maksimi tiedonsiirtonopeuden kuin 802.11a, eli 54 Mb/s. 802.11g kuitenkin käytti samaa, pienempää 2,4 GHz:n ISM-taajuusaluetta kuin 802.11b, joten pienemmillä valmistuskustannuk-

silla päästiin nyt suuriin tiedonsiirtonopeuksiin. Uudesta 802.11g standardista tulikin nopeasti yleisin käytetty standardi ja se syrjäytti 802.11b:n hiljalleen kokonaan. [9]

IEEE 802.11g on yhteensopiva 802.11b:n kanssa joten näitä kahta standardia voidaan hyödyntää samanaikaisesti yhdessä langattomassa verkkoympäristössä. Yhteensopivuudessa on kuitenkin pieni varjopuolensa, sillä yksikin 802.11b standardin asiakaspääte muuten 802.11g:n täyttämässä verkossa heikentää koko verkon suorituskykyä ja tiedonsiirtonopeudet laskevat. Verkon suorituskyky puhtaassa 802.11g verkossa on noin 22 Mb/s. Jos solussa on yksikin 802.11b standardin laite, on verkon suorituskyky vain noin 8-13 Mb/s. [10]

802.11g:ssä käytetään eri modulaatiota eri tiedonsiirtonopeuksilla. Ainoastaan 802.11g:n kanssa yhteensopivilla 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48 ja 54 Mb/s:n siirtonopeuksilla käytetään OFDM-modulaatiota. Liikennöitäessä 802.11b:n ominaisnopeuksilla 5,5 sekä 11 Mb/s käytetään CCK-modulaatiota ja 2 sekä 1 Mb/s:n nopeuksilla käytetään DBPSK- tai DQPSK-modulaatiota ja DSSS-suorasekventointia. Kuuluvuusalue on IEEE 802.11g:llä suurempi kuin 802.11b:llä, mutta 54 Mb/s:n tiedonsiirtonopeudella 802.11g:n kuuluvuusalue on roimasti 802.11a:ta pienempi. [9]

3.1.4 IEEE 802.11n

Vuonna 2003 IEEE:n suuria suorituskykyjä omaavia verkkomahdollisuuksia tutkiva TGn-ryhmä julkaisi ensimmäisen Draft 1.0 kehitysversion 802.11n standardista. Viimeisin hyväksytty kehitysversio on Draft 11.0, joka hyväksyttiin kesäkuussa vuonna 2009. IEEE 802.11n standardin kehitys jatkuu edelleen. [11]

IEEE 802.11n standardilla voidaan saavuttaa jopa 600 Mb/s tiedonsiirtonopeuksia. Tällaiset nopeudet ovat mahdollisia monien uudistusten myötä, mutta eniten vaikuttavat tekijät ovat MIMO-tekniikka ja kanavien yhdistäminen. MIMO-tekniikan ideana on SDM:ää hyödyntäen kasvattaa verkon suorituskykyä. MIMO SDM-tekniikalla voidaan lähetettävä data pilkkoa pienempiin osiin (spatial streams) ja lähettää osat samanaikaisesti. Samanaikaisesti lähetettävien paket-

tien määrä riippuu antennien lukumäärästä lähettimellä ja vastaanottimella. Maksimaalinen tiedonsiirtonopeus kasvaa lineaarisesti antennien lukumäärän kasvaessa ja suurin mahdollinen antennien lukumäärä on 4. Yhdellä antennilla voidaan maksimissaan saavuttaa 72,2 Mb/s tiedonsiirtonopeus, neljällä antennilla vastaava lukema on 288,9 Mb/s. [12],[13]

Normaalien 20 MHz:n levyisien kanavien lisäksi voidaan IEEE 802.11n standardissa kanavia yhdistämällä käyttää 40 MHz:n levyisiä kanavia. 40 MHz:n levyisillä kanavilla saavutetaan yli kaksinkertaisia tiedonsiirtonopeuksia 20 MHz:n levyisiin kanaviin verrattuna. Normaalissa 20 MHz:n 802.11n kanavassa on käytössä 52 kantoaaltoa, mutta yhdistämällä kanavia kantoaaltojen lukumäärä nousee 108:aan. Yhdellä 40 MHz:n levyisellä kanavalla voidaan täten siirtää tietoa jopa 150 Mb/s nopeudella. [12],[13]

Taulukossa 4 on listattu maksimaalisia tiedonsiirtonopeuksia joita voidaan 802.11n standardilla saavuttaa riippuen samanaikaisten lähetysten lukumääräs-tä ja kanavien leveyksistä.

Taulukko 2. IEEE 802.11n standardin maksimaalisia tiedonsiirtonopeuksia [13]

Saman-aikaiset lähetyk-set	**Modu-laatio**	**Koodaus-suhde**	**Tiedonsiirtono-peus 20 MHz:n kanavaleveydellä (Mb/s)**	**Tiedonsiirtono-peus 40 MHz:n kanavaleveydellä (Mb/s)**
1	BPSK	1/2	7,2	15
1	64-QAM	5/6	72,2	150
2	BPSK	1/2	14,4	30
2	64-QAM	5/6	144,4	300
3	BPSK	1/2	21,7	45
3	64-QAM	5/6	216,7	450
4	BPSK	1/2	28,8	60
4	64-QAM	5/6	288,8	600

3.2 Langattoman lähiverkon kanavat

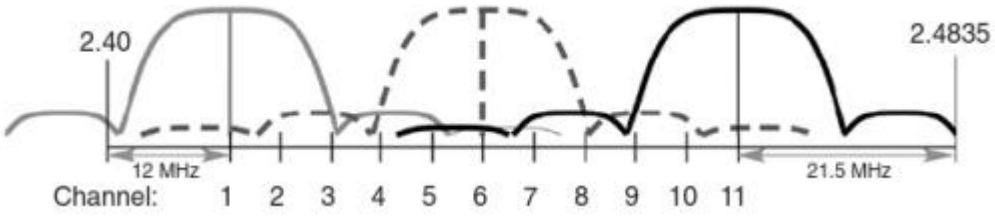
Langattomassa lähiverkossa siihen kytkeytyneet laitteet keskustelevat keskenään IEEE 802.11 standardeissa määritetyillä kanavilla. Tässä työssä keskitytään tarkemmin IEEE 802.11b ja 802.11g standardeissa käytettävään matalampaan 2,4 GHz:n taajuusalueeseen joka ulottuu 2401 megahertsistä 2495 megahertsiin. Tämä alue on jaettu 14 kanavalle, jotka ovat 22 MHz leveydeltään, ja näiden kanavien keskitaajuudet on lueteltu taulukossa 2. [14]

Taulukko 3. IEEE 802.11b ja 802.11g standardien kanavajako [15,s.71]

Kanavanumero	Keskitaajuus (MHz)
1	2412
2	2417
3	2422
4	2427
5	2432
6	2437
7	2442
8	2447
9	2452
10	2457
11	2462
12	2467
13	2472
14	2484

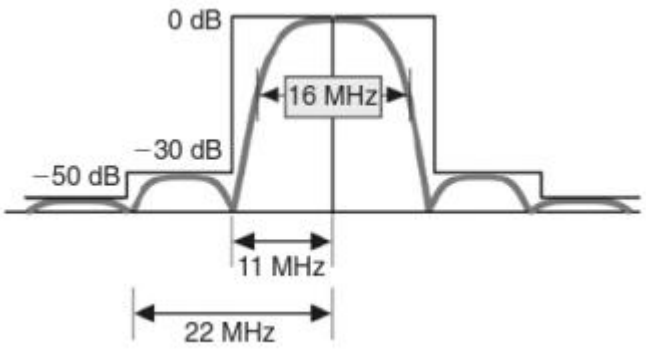
Taulukossa 2 listatuista kanavista Amerikassa ja muualla FCC:n toimialueella, on käytössä ainoastaan kanavat 1-11, Japanissa on käytössä kaikki 14 kanavaa ja Euroopassa ja muilla ETSI:n toimialueeseen kuuluvilla alueilla käytetään kanavia 1-13. Ottaen huomioon kanavien leveyden 22 MHz ja sen, että kanavien keskitaajuudet esiintyvät taajuusalueella 5 MHz:n välein, voidaan todeta, että

kanavat ovat osittain päällekkäisiä. Mikäli langattomassa lähiverkossa käytetään vierekkäisiä kanavia, esim. kanavia 1 ja 2, aiheuttavat nämä häiriöitä toisilleen ja verkon suorituskyky heikkenee. Mitä lähempänä toisiaan käytettävät kanavat ovat, sitä enemmän syntyy häiriöitä. Täten hyvän suorituskyvyn omaavissa 802.11b/g-verkoissa voidaan käyttää pääasiassa vain kolmea eri kanavaa, jotta vältytään vierekkäisten kanavien aiheuttamilta häiriöiltä. Useimmiten päädytään käyttämään kanavia 1, 6 ja 11 (Kuva 4). [14]



Kuva 4. Ideaalisen 802.11b/g-verkon kanavointi. [15,s.72]

IEEE 802.11 standardeissa on tarkkaan määritelty miten tehon tulisi rajoittua kanavien reunoilla (Kuva 4). Kullakin kanavalla on käytettävissä 22 MHz:n kaista. Rajataajuuksilla, eli 11 MHz keskitaajuuden molemmin puolin kanavan tehon tulee olla vähintään 30 dB heikompi kuin keskitaajuudella ja 22 MHz:n etäisyydellä keskitaajuudesta tulee kanavan tehon olla vähintään 50 dB heikompi. [15,s.70]



Kuva 5. WLAN-kanavan tehon jakauma. [15,s.70]

3.3 SSID-verkkotunnus [16]

SSID (Service Set Identifier) on langattoman lähiverkon tunnistukseen käytetty nimi. Kaikkien verkkoon liitettyjen laitteiden tulee käyttää samaa SSID:tä voidakseen liikennöidä juuri siinä verkossa. Tukiasemille useimmiten määritellään julkinen SSID, jota mainostetaan ympäristössä oleville langattomille laitteille. Tukiasemia voidaan myös tietoturvasyistä kieltää mainostamasta verkon tunnusta, jolloin asiakaslaitteet eivät verkkoa automaattihaulla löydä. SSID on maksimissaan 32 merkkiä pitkä ja voi sisältää kirjaimia ja numeroita.

3.4 Roaming

Roaming mahdollistaa sen, että mobiili päätelaite, kuten kannettava tietokone, pystyy monen tukiaseman WLAN-verkossa vaihtamaan tukiasemaa ilman suurempia katkoksia. Tämän mahdollistaa WLAN-tekniikoista löytyvä IAPP-protokolla. Päätelaitteen langaton sovitin kuuntelee tauotta onko samaa SSID:tä tarjoavia tukiasemia lähistöllä. Kun parempaa signaalia tarjoava tukiasema löytyy, lähettää päätelaite siitä tiedon nykyiselle tukiasemalle IAPP:stä löytyvää ilmoitusprotokollaa (announce protocol) hyväksi käyttäen. Uuteen tukiasemaan yhdistettäessä järjestelmä lähettää verkkoon tiedon handout-protokollan välityksellä, jolloin päätelaitteelle tarkoitetut paketit osataan ohjata oikean tukiaseman kautta. [17]

Roamausta tapahtuu myös kuorman tasauksessa, jolloin tukiasemat keskenään päättävät kumpi tukiasemista palvelee kuuluvuusalueiden rajoilla sijaitsevaa päätelaitetta ja siirtää kuormituksen mukaan tarvittaessa päätelaitteen tukiasemalta toiselle. Saumattoman roamauksen mahdollistamiseksi tulee tukiasemilla saman SSID:n lisäksi olla IP-osoite samasta IP-avaruudesta, ettei päätelaitteen tarvitse tukiaseman vaihdon yhteydessä uusia omaa IP-osoitettaan. Lisäksi täytyy tukiasemille olla määritetty samat autentikointi- ja salausasetukset. [18]

4 KESKI-POHJANMAAN KESKUSSAIRAALAN TIETOLIIKENNEVERKKO

4.1 Projektin taustatiedot ja osapuolet

Projektin osapuolet olivat Keski-Pohjanmaan erikoissairaanhoito- ja peruspalvelukuntayhtymä Kiuru sekä Anvia Oyj. Anvia Oyj on tieto- ja viestintäteknologiaan erikoistunut konserni, joka toimittaa tietoliikenne-, IT-, turvatekniikka- ja televisiopalveluita yksityishenkilöille ja yrityksille. Anvia Oyj on Pohjanmaan alueen suurin verkkoyhteyksien tarjoaja.

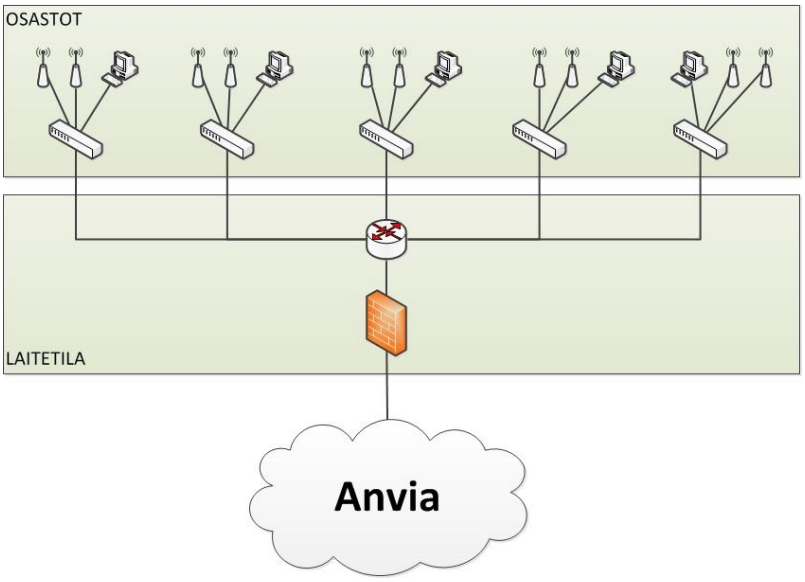
Kokkolassa sijaitsevan Keski-Pohjanmaan keskussairaalan WLAN-verkkoa alettiin rakentaa Anvian toimesta muutama vuosi sitten ja se on edelleen Anvian ylläpidossa. Lääkärit ja hoitajat kiertävät päivittäin potilashuoneissa päivittämässä tietoja potilastietojärjestelmä Efficaan ja yhteyksissä ilmenneiden katkoksien takia työnteko hidastui. Näiden ongelmien takia Kiurun ATK-osasto pyysi Anviaa kartoittamaan WLAN-verkon kuuluvuutta ja selvittämään mahdollisia ratkaisuja ongelmiin.

Tämän työn tarkoituksena oli kehittää Keski-Pohjanmaan keskussairaalan WLAN-verkkoa toimivammaksi tekniikkaa uusimatta tai tukiasemia lisäämättä. Yhteyksien ajoittaisiin katkeamisiin pyrittiin löytämään ratkaisuja tutustumalla mm. radioaaltoihin liittyvään fysiikkaan ja WLAN-tekniikoihin sekä suorittamalla mittauksia ja testauksia. Ongelman tiimoilta oltiin myös sähköposti- ja puhelinyhteydessä Itä-Savon sairaanhoitopiirin ATK-osaston työntekijöihin, joilla on paljon kokemusta langattoman verkon rakennuksesta. Keski-Pohjanmaan keskussairaalalta valittiin kirurgian osasto, eli osasto numero 10 pilottikohteeksi, johon panostettiin hieman enemmän työtunteja. Lisäksi pyrittiin selvittämään mahdollisia kehitysideoita tulevaisuudelle.

4.2 Keski-Pohjanmaan keskussairaalan runkoverkon rakenne

Anvia on langattoman verkon lisäksi toimittanut runkoverkon Keski-Pohjanmaan keskussairaalalle ja muille Kiurun toimialueen toimipisteille. Kiurun toimipisteitä sijaitsee Kokkolan lisäksi mm. Lestijärvellä, Vetelissä, Tunkkarissa, Perhossa, Halsualla, Kaustisella, Toholammilla ja Kannuksessa. Muut toimipisteet on yhdistetty sairaalan kanssa samaan verkkoon Anvian kautta virtuaalisten lähiverkkojen ja reititysten avulla. Osa toimipisteistä sijaitsee Anvian toimialueen ulkopuolella joten siellä runkoverkkoa on vuokrattu kunkin alueen verkon ylläpitäjältä ja tarvittavat virtuaaliset lähiverkot on reititetty toimipisteisiin tämän operaattorin verkon läpi Anvian aluedataverkon nielusta.

Sairaalan runkoverkon keskipisteenä on kellarikerroksen laitetila josta löytyy runkoreitittimet ja -kytkimet. Tästä yhteydet on rakennettu osastoille, poliklinikoille ja muualle sairaalarakennukseen suuren kytkinverkon avulla. Kytkinjakamoita on sairaalarakennuksessa kymmeniä ja esimerkiksi jokaisella osastolla on omansa, jossa tarpeiden mukaan on tietty määrä kytkimiä. Pääasiassa linkit jakamoiden välillä on tehty kuitukaapeloinnilla. Kuvassa 6 on yksinkertaistettu luonnos Keski-Pohjanmaan keskussairaalan runkoverkosta. Todellisuudessa verkossa on satoja aktiivilaitteita.



Kuva 6. Luonnos Keski-Pohjanmaan keskussairaalan tietoliikenneverkosta.

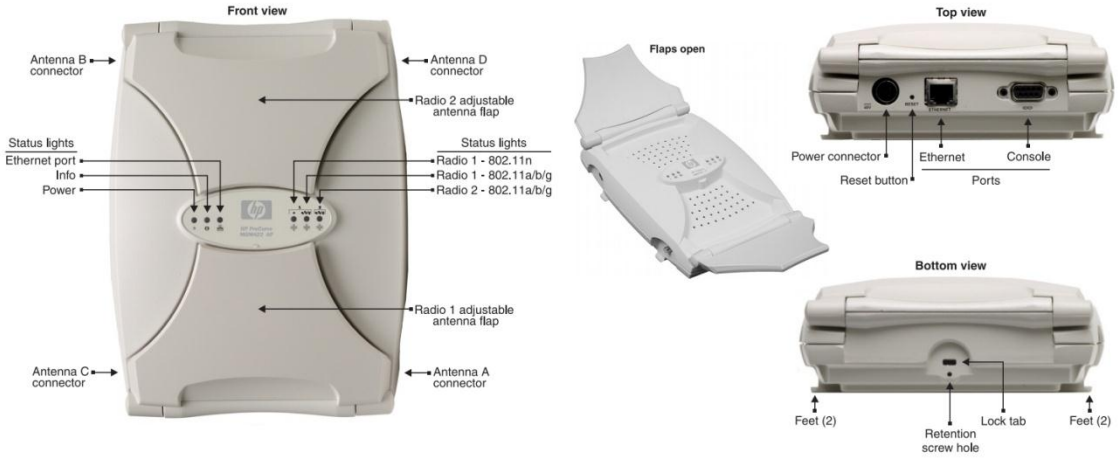
4.3 Keski-Pohjanmaan keskussairaalan WLAN-verkko

4.3.1 Langattoman verkon tekniikat

Kiurun langaton verkko on toteutettu HP:n valmistamilla WLAN-tekniikoilla. Tämän työn tekovaiheessa Kiurun toimialueella oli 72 tukiasemaa ja yksi WLAN-kontrolleri. Tukiasemista 57 kappaletta sijaitsi Keski-Pohjanmaan keskussairaalan alueella. Pilottiosastolla tukiasemia oli 4.

Kaikkia 72:ta tukiasemaa hallinnoidaan HP:n MSM765 WLAN-kontrollerin avulla. Kontrollerille tukiasemat on kytketty kytkinverkon kautta virtuaalisia lähiverkkoja hyödyntämällä. Kontrolleria voidaan hallita joko graafisella web-pohjaisella hallintaohjelmalla tai komentorivillä. Komentorivihallintaan päästään joko sarjaporttiyhteydellä tai SSH-terminaalilla.

Tukiasemat ovat HP:n MSM422-mallia. Näissä tukiasemissa on 2 sisäänrakennettua radioporttia. Radioportilla 1 on kolme antennia ja niitä voidaan käyttää IEEE 802.11a, 802.11b, 802.11g ja 802.11n standardin tiedonsiirtoon. Radioportilla 2 on kaksi antennia ja ne ovat yhteensopivia 802.11a, 802.11b ja 802.11g standardien kanssa. Kaikki antennit ovat ympärisäteileviä. [19]



Kuva 7. HP MSM422 tukiasema. [20]

Alun perin Keski-Pohjanmaan keskussairaalan tukiasemien radioportti 1 oli määritelty toimimaan 802.11n standardilla ja radioportti 2 802.11b/g:llä. Myöhemmin 802.11n standardista luovuttiin kokonaan ja päädyttiin käyttämään ainoastaan 802.11b/g:tä. Asiaa käsitellään tarkemmin kappaleessa 5.4.2.

Tukiaseman Ethernet-portti tukee PoE-syöttöä (Power Over Ethernet), jolloin erillistä sähkökaapelia ei tukiasemalle tarvitse vetää. PoE-tekniikka on määritelty IEEE 802.3 -standardeissa. PoE-syöttöä käytettäessä tarvitaan joko PoE-injektori tai PoE-kytkin. PoE-injektori on laite, johon syötetään virta pistorasiasta ja lähiverkkoyhteys tietoliikennelaitteilta. Injektori vuorostaan syöttää datan ja sähkön eteenpäin yhteen ulkoiseen porttiin, johon voidaan kytkeä tukiasema Ethernet-kaapelilla. Markkinoilla on myös tähän käyttöön tarkoitettuja kytkimiä, joiden Ethernet-portteihin syötetään datan lisäksi myös virtaa niihin kytkettäviä laitteita varten. Keski-Pohjanmaan keskussairaalalla virransyöttöön on käytetty sekä injektoreita että PoE-kytkimiä. [20]

4.3.2 SSID:t

Keski-Pohjanmaan keskussairaalalla käytössä on kaksi SSID:tä; yksi vierailijaverkolle ja yksi Kiurun sisäverkolle. Vierailijaverkko on avoin verkko, jonka tietoliikennetaakkaa on jaettu eri toimijoille ympäri Kokkolan aluetta. Sama vierailijaverkko on käytössä myös mm. Kokkolan alueen kouluilla.

Kiurun sisäiseen verkkoon liitetyllä SSID:llä tietokoneet yhdistyvät samaan verkkoon muiden työasemien kanssa ja näin kannettavista työasemista päästään myös sairaalan sisäisiin tietokantoihin ja potilastietojärjestelmään. Sisäverkkoon linkitetyn SSID:n tiedonsiirtonopeutta ei ole rajoitettu.

4.3.3 Kanavat

Alun perin sairaalan langattomassa verkossa käytettiin HP:n MSM422-tukiasemista löytyvää automaattikanavointia. Tällöin tukiasema tarkkailee käytettävän standardin taajuusaluetta ja valitsee vapaana olevan kanavan. Myö-

hemmin kuitenkin päädyttiin joillakin alueilla tekemään kanavasuunnitelma ja määrittelemään kullekin tukiasemalle kiinteät kanavat. Kanavasuunnitelman toteutuksesta kerrotaan tarkemmin luvussa 5.4.1.

4.3.4 Suojaus ja autentikointi

Kaikille avoin vierailijaverkko on sairaalalla suojaamaton, joten siihen vierailijat voivat kytkeä langattoman päätelaitteensa ilman salasanaa. Kiurun sisäverkon SSID:iin kytkeytyvät tietokoneet tarvitsevat dynaamisen WPA-salausavaimen. Tämän lisäksi, ennen kuin käyttäjä pääsee käsiksi sisäverkon palveluihin, kuten potilastietojärjestelmään, on käyttäjällä oltava Kiurun RADIUS-kirjautumispalvelimella määritetty käyttäjätunnus, jolla on oikeus kirjautua Kiurun sisäverkkoon. RADIUS-palvelimella on kullekin käyttäjätunnukselle AAA-protokollan avulla määritelty käyttäjän tunnistustiedot, sallittu käyttäjälle tiettyjen palveluiden käyttö ja määritelty käyttäjästä kerättävät tilastotiedot.

5 LANGATTOMAN LÄHIVERKON MITTAUS, KEHITYS JA TULEVAISUUDEN KEHITYSEHDOTUKSET

5.1 Mittauslaitteisto

Langattoman verkon mittaamiseen ja suunnitteluun käytettiin kannettavaa HP:n tietokonetta ja kahta USB-porttiin liitettävää Ekahaun toimittamaa WLAN-sovitinta: NIC-300 ja DBx. Ekahau NIC-300 –sovitinta käytettiin langattoman verkon kuuluvuuden kartoittamiseen ja DBx-sovitinta spektrianalysaattorimittauksiin.

5.2 Ohjelmistot

Langattoman verkon mittauksissa käytettiin kahta tietokoneohjelmistoa. Ekahau Site Survey –ohjelmalla suoritettiin langattoman verkon kuuluvuuskartoitusta ja pienissä määrin myös verkon suunnittelua. Ekahau Site Survey –ohjelmaan voidaan ladata pohjapiirustus mitattavasta alueesta. Kun alueella kuljetaan mittauksen ollessa käynnissä, klikataan ajoittain kartalle oma sijainti. Kun alue on kokonaan kuljettu läpi, mittaus lopetetaan ja Ekahau Site Survey antaa kattavan raportin tuloksista. Mittaukselle voidaan myös asettaa vaatimuksia, joiden tulisi alueella täyttyä. Asetettavia vaatimuksia ovat mm. minimisignaalinvoimakkuus [dBm], minimisignaali-kohinasuhde [dB], minimitiedonsiirtonopeus [Mb/s] ja datapakettien maksimikulkuaikaviive [ms]. Ekahau Site Surveyn antama tulosraportti kertoo, kuinka hyvin asetettuihin vaatimuksiin yllettiin.

Chanalyzer Pro –ohjelmalla tutkittiin 2,4 GHz:n taajuusalueella kuuluvia lähetyksiä. Chanalyzer Pro toimii yhdessä DBx USB sovittimen kanssa kuin mikä tahansa spektrianalysaattori, jolla voidaan tutkia 2,4 GHz: ja 5 GHz: taajuusalueita. Chanalyzer Pron antamien tulosten perusteella voidaan langattomalle verkolle valita sellaiset kanavat, joilla ei ole muuta häiritsevää liikennettä.

5.3 Ensimmäiset mittaukset

Keski-Pohjanmaan keskussairaalan langattoman lähiverkon mittauksia alettiin suorittaa syksyllä 2011. Alkumittausten tuloksista selvisi, että joillakin alueilla verkon toimivuus oli erittäin hyvä, joillakin erittäin huono. Suurimmat ongelmat oli selkeästi havaittavissa pilottiosaston alueella. Ekahau Site Surveyn antamien raporttien perusteella suurimmat ongelmat olivat signaalin heikkous ja datapakettien liian suuri kulkuaikaviive. Lisäksi verkon maksimaalinen suorituskyky oli heikoimmillaan vain n. 1 Mb/s. Näihin ongelmiin pyrittiin erilaisin keinoin löytämään ratkaisuja.

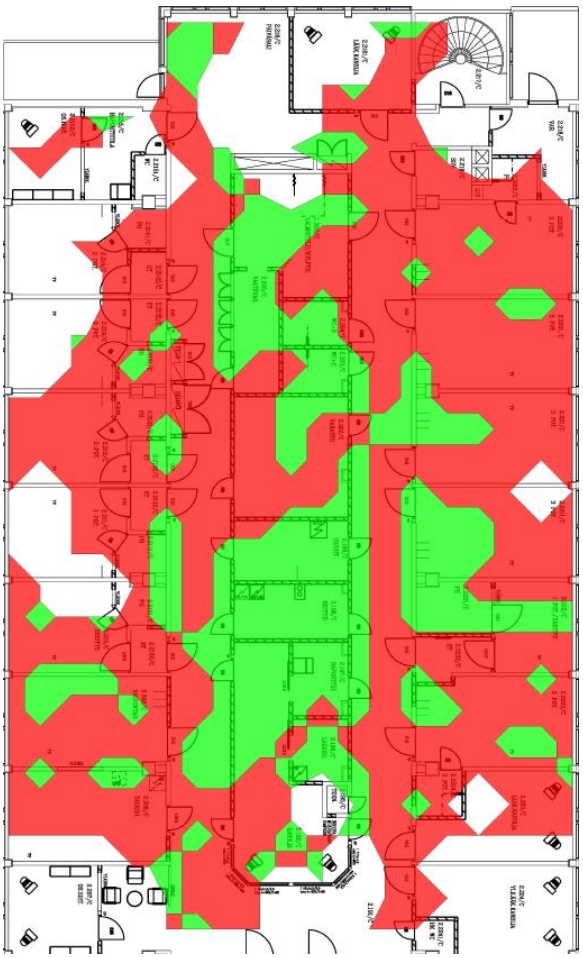
Ekahau Site Survey –ohjelmaan asetettiin taulukon 4 mukaiset sairaanhoitoympäristöön suositetut vaatimukset, jotka valmistaja oli asettanut ohjelmaan. Jokaiselle kriteerille ohjelma antaa omat värikoodinsa (Kuva 8), joilla voidaan selvittää alueittain syyt sille, miksi vaatimukset eivät täyttyneet. Kuva 9 on pilottiosastolla suoritetun mittauksen Ekahau Site Survey –raportista. Kuvassa vihreillä alueilla saavutettiin langattomalle verkolle asetetut vaatimukset, kun taas punaisilla eivät vaatimukset täyttyneet.

Taulukko 4. Ekahau Site Survey -ohjelmaan asetetut verkon vaatimukset.

Vaatimus	Arvo	Lisävaatimus
Signaalin voimakkuus vähintään	-65 dBm	
Signaali-kohina –suhde vähintään	20 dB	
Tiedonsiirtonopeus vähintään	11 Mb/s	
Kuuluvuusalueella olevien tukiasemien lukumäärä vähintään	3	kun signaalin voimakkuus vähintään -75 dBm
Pakettien kulkuaikaviive (ping round trip) korkeintaan	200 ms	
Kadonneiden pakettien lukumäärä korkeintaan	5 %	

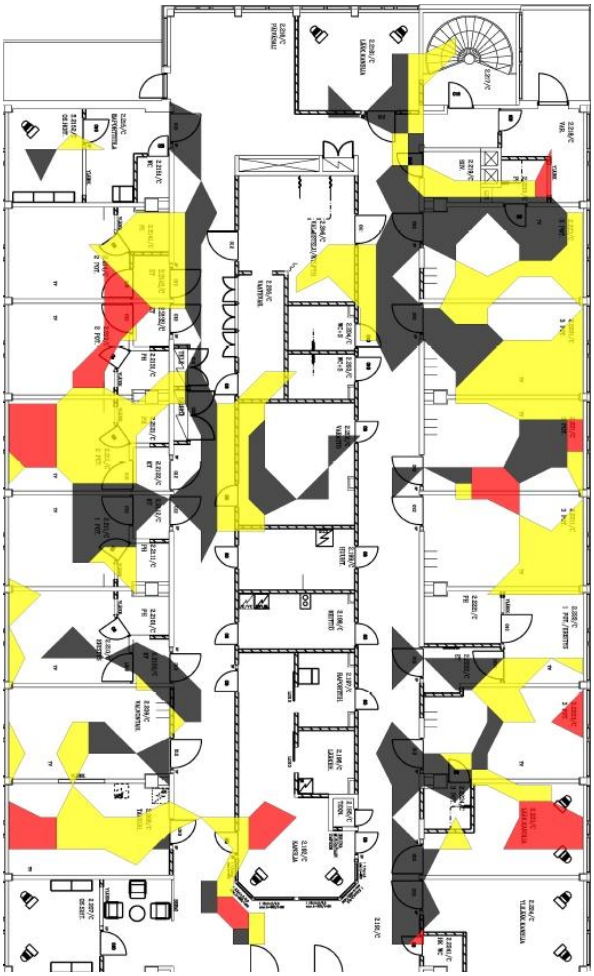
	signal strength *at least*	-65.0 dBm	
	signal-to-noise ratio *at least*	20.0 dB	
	data rate *at least*	11.0 Mbps	
	number of access points *at least*	3	when signal strength at least -75.0 dBm
	ping round trip time *at most*	200.0 ms	
	Packet loss *at most*	5.0 %	

Kuva 8. Ekahau Site Surveylle määritetyt verkon vaatimukset.



Kuva 9. Langattoman verkon laatu ennen muutoksia. Vihreällä alueella verkko täytti sille asetetut vaatimukset kun taas punaisella alueella vaatimukset eivät täyttyneet.

Kuvassa 10 on alueittain selitetty eri värein, mikä verkolle asetetuista vaatimuksista ei täyttynyt. Vertaamalla kuvan värejä Kuvan 8 taulukkoon voidaan todeta, että pilottiosastolla kadonneiden pakettien lukumäärä oli suuri. Myös signaalin vahvuus ja tukiasemien lukumäärä tuntui olevan liian pieni.



Kuva 10. Syyt pilottiosaston langattoman verkon heikkoudelle. Vertaamalla värejä Kuvan 8 taulukkoon voidaan selvittää ne verkolle asetetut vaatimukset, jotka eivät täyttyneet.

Chanalyzer Pro –ohjelmalla suoritetuista spektrianalysaattorimittauksista (Kuva 11) ei löytynyt tuntemattomia häiriötekijöitä 2,4 GHz:n taajuusalueelta. Alun perin arveltiin osastoilla käytettävän langattoman puhelinjärjestelmän aiheuttavan häiriöitä. Spektrianalysaattori ei kuitenkaan tunnistanut mitään liikennettä puhe-

linten tukiasemista. Puhelinjärjestelmän ohjekirjasta selvisikin, että puhelinliikenne tapahtuu 1,9 GHz:n taajuusalueella [21].

Kuva 11. Chanalyzer Pro -spektrianalysaattorimittaus pilottiosastolta.

5.4 Muutokset ja niiden vaikutukset

Mahdollisia muutoksia alettiin pohtia yhdessä Kiurun ATK-osaston henkilökunnan kanssa ensimmäisistä palavereista lähtien. Tietoa etsittiin Internetistä ja kirjallisuudesta, mutta eniten hyödyllistä informaatiota saatiin Itä-Savon sairaanhoitopiirin ATK-osaston henkilökunnan kanssa käydyistä puhelin- ja sähköpostikeskusteluista. ISSHP:lla taisteltiin pitkään samanlaisten ongelmien kanssa WLAN-verkon kanssa, ja heidän käytännön kokemuksien kautta pyrittiin hakemaan ratkaisuja myös Keski-Pohjanmaan keskussairaalalle, vaikka ISSHP:n käyttämät WLAN-tekniikat poikkeavat Kiurun toimialueella käytetyistä WLAN-tekniikoista merkittävästi. ISSHP:lla on käytössä ”älykkäämpää” WLAN-tekniikkaa, joka osaa mm. itsenäisesti muokata asetuksiaan muuttuvan ympäristön mukaisesti.

5.4.1 Kanavasuunnitelma

Alun perin Keski-Pohjanmaan keskussairaalan verkossa hyödynnettiin MSM422-tukiasemien automaattikanavointia. Automaattikanavoinnin toimivuutta alettiin kuitenkin epäillä ja siellä, missä tukiaseman kuuluvuusalue ulottui toisen tukiaseman kuuluvuusalueelle, asetettiin kanavat kiinteästi. Kiinteän kanavoinnin myötä toivottiin saavutettavan puhtaampia kanavia, kun viereisiltä kanavilta ei vuotaisi häiriöitä.

Aluksi suunniteltiin käyttöön otettavaksi kanavia 1, 7 ja 13, sillä ne sijaitsevat spektrissä kauimpana toisistaan. Käyttöön otettiin kuitenkin Itä-Savon sairaanhoitopiirin ATK-osaston henkilökunnan kanssa käytyjen keskustelujen perusteella pääasiallisesti IEEE 802.11b/g kanavat 1, 6 ja 11. ISSHP:n suorittamien spektrianalysaattorimittauksien perusteella kanavilla 7 ja 13 saattaa ilmetä sairaalaolosuhteissa häiriöitä [21]. Keski-Pohjanmaan keskussairaalalla näillä kanavilla ei spektrianalysaattorimittauksissa ilmennyt liikennettä, mutta päädyttiin silti ISSHP:n suosittelemiin kanaviin. Tämä kanavavalinta mahdollistaa myös sen, että verkkoon voidaan tarvittaessa kytkeä FCC-toimialueelle suunniteltu laite, joka ei tue kanavaa 13.

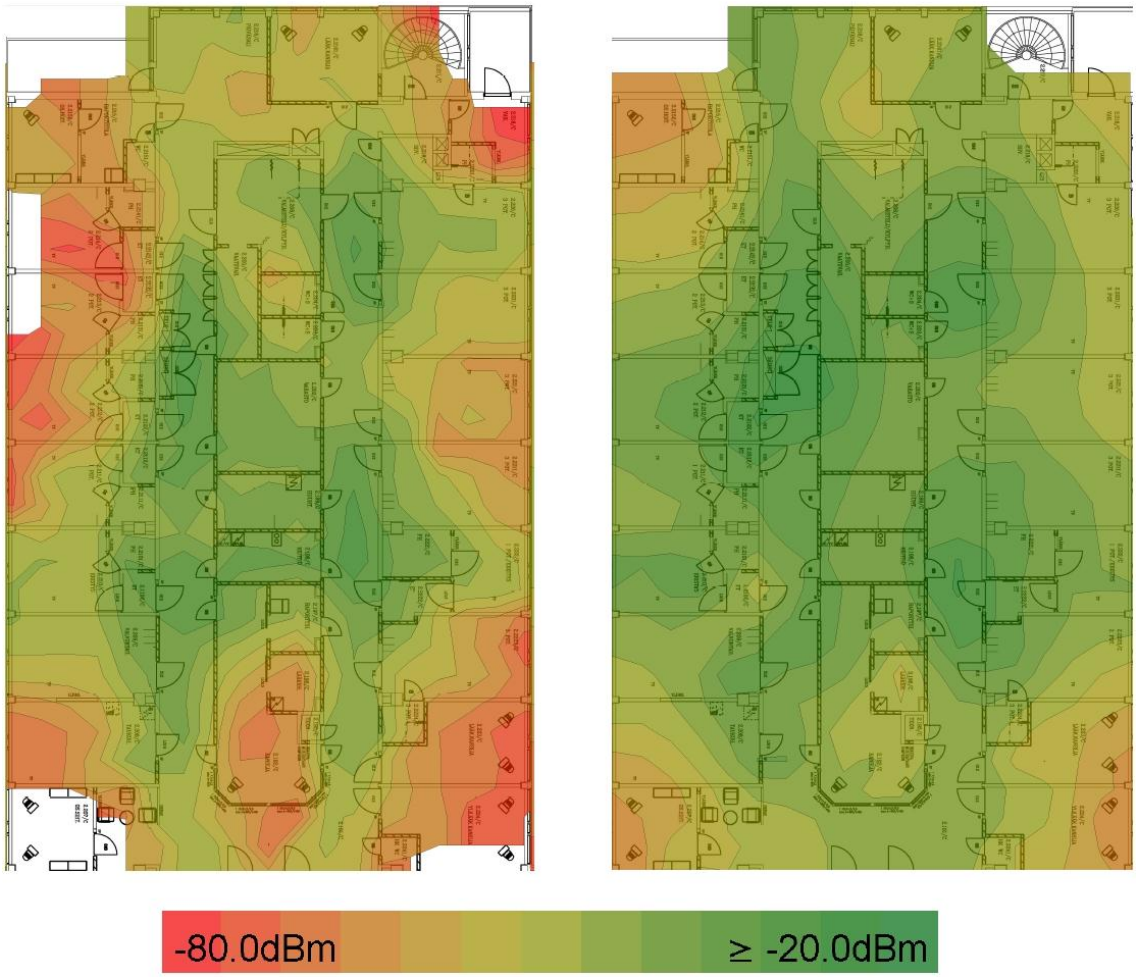
Jotta järkevä kanavasuunnitelma saatiin toteutettua, otettiin käyttöön paikoin myös neljäs kanava. Neljänneksi kanavaksi valittiin kanava numero 8. Valituista kanavista muodostettiin parit 1/8 ja 6/11, eli tukiaseman kahdessa portissa käytettiin joko kanavia 1 ja 8 tai kanavia 6 ja 11. Spektristä katsottuna kanava 8 ulottuu osittain myös kanavien 6 ja 11 päälle, joten paikoitellen säädettiin lähetystehoa kanavalle 8 viritetyllä radioportilla 3 dB pienemmäksi.

5.4.2 Standardit

Laitevalmistaja Cisco oli neuvonut ISSHP:n henkilökuntaa välttämään 802.11n standardin käyttöä sairaalaolosuhteissa, koska sairaaloissa yleisesti on enemmän signaalin kulkua heikentäviä esteitä ja elektronisia laitteita [22]. Lisäksi 5 GHz:n taajuudella signaalien läpäisy on heikompi. Myös Keski-Pohjanmaan

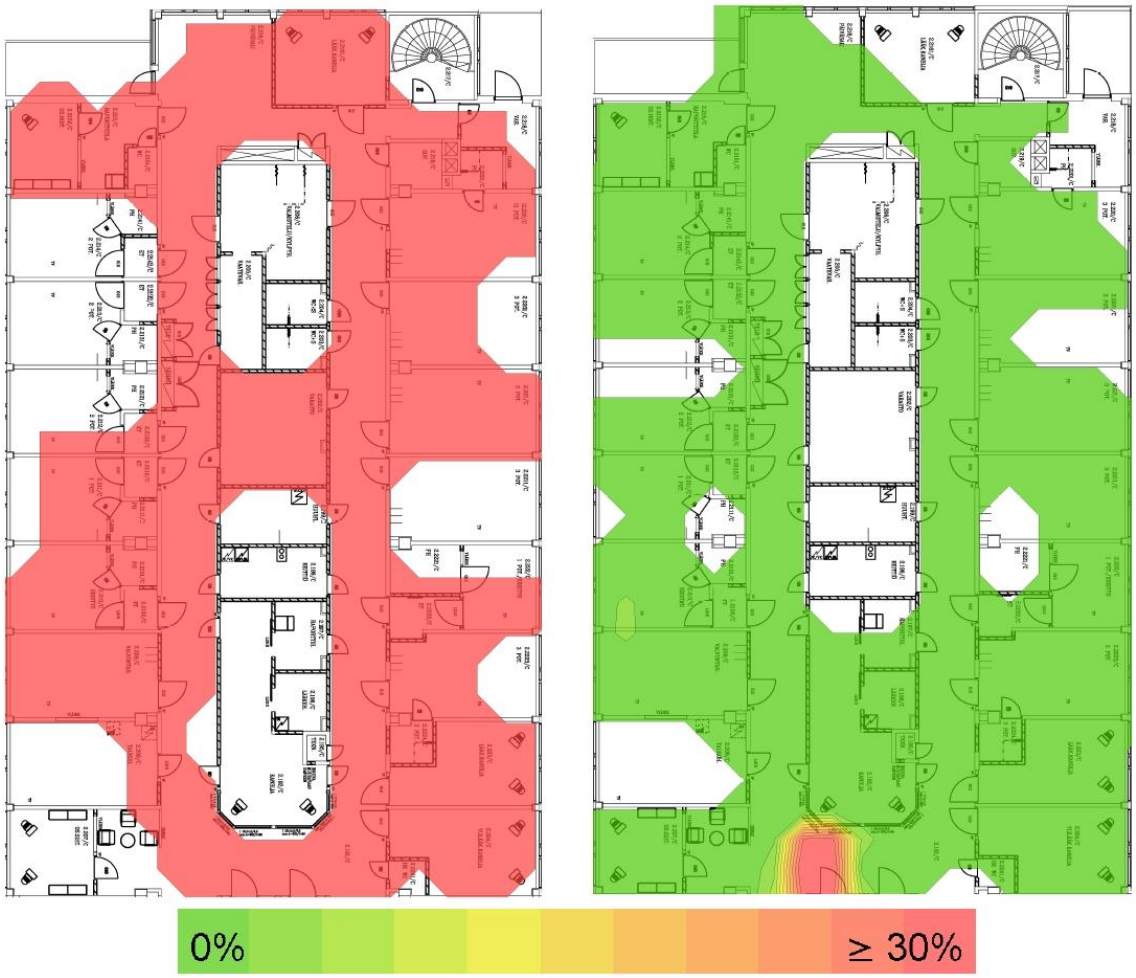
keskussairaalalla päätettiin poistaa 5 GHz:n kaista käytöstä. IEEE 802.11n -standardin poistaminen langattomasta verkosta osoittautui myös järkeväksi ratkaisuksi, sillä signaalien voimakkuudet paranivat huomattavasti. Myöhemmin spektrianalysaattorilla suoritetut mittaukset paljastivatkin, että 5 GHz:n alueella ilmeni melko paljon häiriöitä, jotka varmasti heikensivät langattoman verkon suorituskykyä. Häiriöiden lähteitä ei kuitenkaan pyritty selvittämään koska 5 GHz:n taajuusalueen käytöstä päätettiin luopua kokonaan.

Kuvassa 12 on kuvankaappaus Ekahau Site Surveyn kertomista signaalinvoimakkuuksista pilottiosastolla ennen muutoksia (vasemmalla) ja muutosten jälkeen (oikealla).



Kuva 12. Signaalinvoimakkuus pilottiosastolla ennen muutoksia (vas.) ja niiden jälkeen (oik.).

Pilottiosaston työasemilta poistettiin myös varmuuden vuoksi 802.11n-standardi käytöstä ja lisäksi työasemien WLAN-sovittimet pakotettiin käyttämään ainoastaan 802.11g:tä. Kuten aiemmin on jo mainittu, yksikin 802.11b-standardin laite muuten 802.11g-standardin valloittamassa verkossa heikentää verkon suorituskykyä. Tämä todistettiin myös käytännössä. Kun 802.11b-standardin liikenne evättiin työasemilta, vähenivät pakettien satunnaiset katoamiset huomattavasti. Kuvassa 13 on Ekahau Site Surveyn antamat tulokset prosentuaalisesta kadonneiden pakettien lukumäärästä ennen muutoksia (vasemmalla) ja muutosten jälkeen (oikealla).



Kuva 13. Pakettien prosentuaalinen hävikki pilottiosastolla ennen muutoksia (vas.) ja niiden jälkeen (oik.).

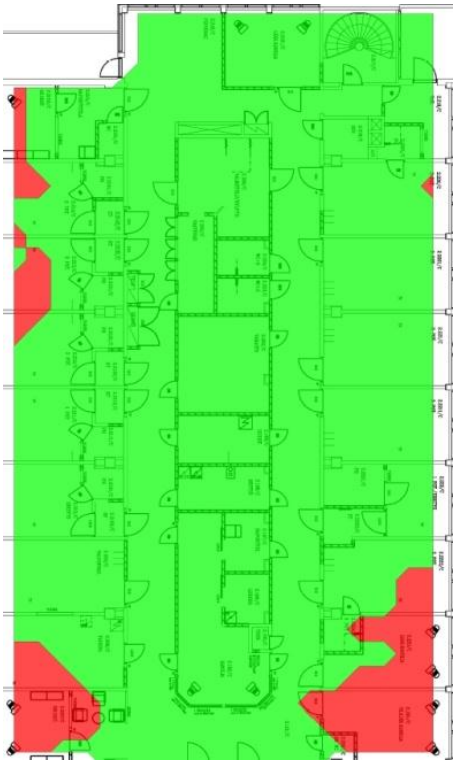
5.4.3 Vierailijaverkon tiedonsiirtonopeuden rajoittaminen

Kiurun ATK-osaston henkilökunnan toivomuksesta muutoksiin kuului myös avoimen vierailijaverkon nopeuksien rajoittaminen. Ennen muutosta maksimitiedonsiirtonopeutta ei vierailijaverkossa ollut rajoitettu, joten suuret kuormitukset, kuten elokuvien tai muiden suurten tiedostojen lataukset, aiheuttivat varmasti hitautta verkossa. MSM765 WLAN-kontrolleriin asetettiin siksi avoimen verkon SSID:lle QoS-määrityksillä minimi 5 %:n ja maksimi 10 %:n kaistan käyttö. Täten IEEE 802.11g-standardin päätelaite pystyisi liikennöimään verkossa n. 2 - 5 Mb:n/s nopeuksilla, kun se ennen rajoitusta pystyi sieppaamaan itselleen kaistaa verkon paikoittaisen suorituskyvyn mukaan rajoittamattomasti.

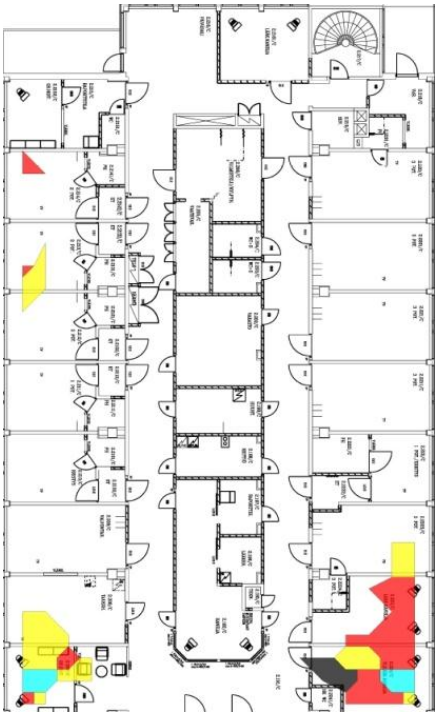
5.5 Muutosten vaikutusten yhteenveto

Muutosten jälkeen verkkoa mitattiin jälleen Ekahau Site Surveyllä ja lisäksi suoritettiin rasitustestejä Effica-potilastietojärjestelmällä ja seurattiin Effican toimivuutta myös käytännössä eli lääkärikierroksien aikana. Uudet Ekahau-mittaukset antoivat positiivisen tuloksen langattoman lähiverkon toimivuudesta pilottiosastolla ja sen ympäristössä sijaitsevilla osastoilla. Myös Effican satunnaiset tietokantayhteyden katkeamiset vähenivät. Mittaustulosten perusteella koko pilottiosastolla saavutetaan myös aiemmin mainittu 802.11g-verkon maksimaalinen suorituskykyihin (n. 24 - 26 Mb/s), kun se ennen muutoksia paikoittain oli n. 1 Mb/s.

Kuvat 14 ja 15 (vrt. kuvat 9 ja 10) ovat pilottiosastolta muutosten jälkeisistä mittauksista. Niistä voidaan huomata langattoman verkon laadun parantuneen huomattavasti. Osaston sisäänkäyntiä lähimpänä olevissa nurkissa (kuvissa 14 ja 15 alhaalla oikealla ja vasemmalla) sijaitsevissa tiloissa on raportin mukaan yhä havaittavissa hieman signaalin heikkoutta, alhaista tiedonsiirtonopeutta ja pakettien katoamisia.



Kuva 14. Pilottiosaston langattoman verkon laatu muutosten jälkeen.



Kuva 15. Syyt pilottiosastolla yhä ilmeneviin paikoittaisiin heikkouksiin. Värikoodit on selitetty Kuvassa 8.

5.6 Kehitysehdotukset

Vaikka uudet mittaukset antoivat yllättävänkin positiivisia tuloksia Keski-Pohjanmaan keskussairaalan langattoman lähiverkon toimivuudesta, on verkossa varmasti vielä kehittämisen varaa.

Tekniikan vaihto älykkäämpään järjestelmään on yksi kehitysvaihtoehdoista. Ciscon CleanAir-tekniikka on yksi esimerkki älykkäästä järjestelmästä. CleanAir-tekniikkaa tukevat tukiasemat tarkkailevat spektriä tauotta ja muokkaavat itse asetuksiaan verkon suorituskykyä parantaakseen. CleanAir mahdollistaa myös tarkemman verkon monitoroinnin, ja järjestelmään on mahdollista integroida hälytysjärjestelmä omien ehtojen mukaisesti. Järjestelmä voidaan asettaa lähettämään hälytys esimerkiksi silloin, kun signaalin vahvuus tietyllä alueella radikaalisti heikkenee. Näin ylläpitäjä voi nopeammin reagoida vikatilanteisiin. Järjestelmä myös muistaa toistuvasti yhdellä taajuudella tapahtuvat häiriöt ja oppii näin välttämään kyseistä taajuutta valitessaan kanavia. [23]

Mikäli nykyisiä WLAN-tekniikoita ruvetaan vaihtamaan, tulee myös kiinnittää suurempaa huomiota verkon huolelliseen suunnitteluun, kuten tukiasemien sijaintiin.

Keski-Pohjanmaan keskussairaalan langattomasta verkosta löytyy edelleen paikoittain katvealueita. Katvealueille voisi suunnitella tukiasemien lisäystä. Tässäkin on oltava huolellinen tukiaseman sijoittelun suhteen ja otettava huomioon myös se, että nykyisten tukiasemien sijaintia saatetaan joutua muuttamaan.

Langattoman verkon tukiasemissa on edelleen sallittu IEEE 802.11b-standardin mukainen liikenne. Kun on varmistettu, että kaikki langatonta verkkoa käyttävät laitteet kykenevät liikennöimään 802.11g-verkossa, voidaan tukiasemista poistaa 802.11b:n tuki kokonaan ja näin varmistaa verkolle parempi suorituskyky.

Potilastietojärjestelmä Effica on käytännön kokemusten ja alan ammattilaisten kanssa käytyjen keskustelujen perusteella erittäin herkkä pakettien katoamisille. Mahdollisia parannuksia Effican käyttömukavuuteen voisi tuoda Effica palvelun

virtualisointi, jolloin Efficaa suoritettaisiin samassa lähiverkossa sijaitsevalta virtuaalitietokoneelta. Täten Effica ei joutuisi avaamaan tietokantayhteyttä langattomasta verkosta, vaan kiinteästä verkosta siltä palvelimelta, johon virtuaalitietokone on asennettu.

Toinen Effican käyttöön liittyvä ehdotus on kiinteiden kosketusnäytöllisten päätteiden asennus jokaiseen potilashuoneeseen. Nämä päätteet voitaisiin kytkeä kiinteästi Ethernet-kaapelilla sairaalan verkkoon ja Effican käyttö olisi täten sulavampaa.

6 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää Keski-Pohjanmaan keskussairaalan langattoman lähiverkon toimivuutta olemassa olevalla tekniikalla. Pyrittiin alusta alkaen etsimään ongelmille syitä ja ratkaisuja ilman, että tukiasemia tulisi lisätä tai tekniikkaa vaihtaa.

Opinnäytetyössä tutkittiin alan kirjallisuudesta ja Internet-julkaisusta kerättyä teoriaa radioaaltojen etenemisestä ja langattomiin lähiverkkoihin liittyvistä tekniikoista ja standardeista. Näillä teoreettisilla tiedoilla saatiin tarkemmin selville fyysiset rajoitukset ja pystyttiin myös suunnittelemaan kehitystyötä standardien ja tekniikoiden rajoitusten mukaisesti. Tiedon keruussa hyödynnettiin Itä-Savon sairaanhoitopiirin tietotaitoa.

Käytännön osuudessa suoritettiin alkumittauksia Keski-Pohjanmaan keskussairaalalla ja alkumittausten perusteella ryhdyttiin teoriaan nojautuen suorittamaan verkon muutoksia tavoitteena paremmin toimiva langaton verkko.

Muutosen jälkeiset mittaukset osoittivat langattoman lähiverkon suorituskyvyn parantuneen huomattavasti. Suurimmaksi verkon laatua heikentäväksi tekijäksi osoittautui eri standardien sekoittaminen. Käyttämällä ainoastaan IEEE 802.11g-standardin mukaisia asetuksia langattoman verkon signaalin vahvuudet paranivat huomattavasti. Myös satunnaiset pakettien katoamiset vähenivät radikaalisti.

Tämän opinnäytetyön yhteydessä tehtyjen muutosten myötä Keski-Pohjanmaan keskussairaalan langattoman verkon toimivuus parani huomattavasti joten suuremmat verkkouudistukset eivät ole aiheellisia lähitulevaisuudessa.

LÄHTEET

[1] Granlund, K. 2001. Langaton tiedonsiirto. Porvoo: WS Bookwell

[2] Furse, C. Wireless Communication, Lecture 5 - Large-scale Path Loss – Friis transmission equation. Viitattu 19.11.2012. http://www.ece.utah.edu/~ece5960/lectures/L5%20--%20Friis%20Transmission/L5.html

[3] Center For Cosmological Physics. Radio Wave basics. Viitattu 20.08.2012. http://kicp.uchicago.edu/education/explorers/2002summer-YERKES/pdfs-sum02/background.pdf

[4] Puska, M. 2005. Langattomat lähiverkot. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy

[5] Adrio Communications Ltd. Multipath propagation. Viitattu 20.08.2012 http://www.radio-electronics.com/info/propagation/multipath/multipath-propagation-basics-tutorial.php =

[6] Adrio Communications Ltd. IEEE 802.11 Standards Tutorial. Viitattu 22.08.2012. http://www.radio-electronics.com/info/wireless/wi-fi/ieee-802-11-standards-tutorial.php

[7] Adrio Communications Ltd. IEEE 802.11a. Viitattu 22.08.2012. view-source:http://www.radio-electronics.com/info/wireless/wi-fi/ieee-802-11a.php

[8] Adrio Communications Ltd. IEEE 802.11b. Viitattu 22.08.2012. http://www.radio-electronics.com/info/wireless/wi-fi/ieee-802-11b.php

[9] Adrio Communications Ltd. IEEE 802.11g. Viitattu 23.08.2012. http://www.radio-electronics.com/info/wireless/wi-fi/ieee-802-11g.php

[10] Cisco Systems, Inc. Capacity, Coverage And Deployment Considerations For IEEE 802.11g. Viitattu 11.9.2012 http://www.cisco.com/application/pdf/en/us/guest/products/ps430/c1244/ccmigration_09186a00801d61a3.pdf

[11] Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. Official IEEE 802.11 Working Group Project Timelines. http://grouper.ieee.org/groups/802/11/Reports/802.11_Timelines.htm

[12] Stanford, M. How Does 802.11n Get to 600Mb/s?. Viitattu 11.09.2012 http://www.wirevolution.com/2007/09/07/how-does-80211n-get-to-600Mb/s/

[13] AirMagnet. 802.11n Primer. Viitattu 09.09.2012. http://www.airmagnet.com/assets/whitepaper/WP-802.11nPrimer.pdf

[14] Adrio Communications Ltd. Wi-Fi / WLAN Channels, Frequencies And Bandwidths. Viitattu 28.08.2012. http://www.radio-electronics.com/info/wireless/wi-fi/80211-channels-number-frequencies-bandwidth.php

[15] Dobkin, Daniel. 2004. Communications Engineering - RF Engineering for Wireless Networks: Hardware, Antennas and Propagation. USA: Newnes

[16] Mitchell, B. SSID - Service Set Identifier. Viitattu 25.08.2012. http://compnetworking.about.com/cs/wireless/g/bldef_ssid.htm

[17] Geier, J. WLAN Design: Range, Performance, and Roaming Considerations. Viitattu 13.9.2012. http://www.ciscopress.com/articles/article.asp?p=1613796&seqNum=4

[18] UniNett. Roaming. Viitattu 13.9.2012. http://forskningsnett.uninett.no/wlan/roaming.html

[19] Hewlett-Packard Development Company. MSM422 Antenna Technical Note. Viitattu 25.8.2012.
http://h20000.www2.hp.com/bc/docs/support/SupportManual/c02666873/c02666873.pdf

[20] Hewlett-Packard Development Company. MSM422 Access Point Quickstart. Viitattu 25.8.2012.
http://h20000.www2.hp.com/bc/docs/support/SupportManual/c02566435/c02566435.pdf

[21] Siemens AG. HiPath Cordless Enterprise - The integrated cordless solution for HiPath 4000. Viitattu 4.9.2012 http://www.siemens.cz/siemjetstorage/files/f45963_592_DA_cordless-enterprise_SL2_M2_en.pdf

[22] Puhelinneuvottelu ja sähköpostikeskustelut Itä-Savon sairaanhoitopiirin ATK-osaston henkilökunnan kanssa. Syksy 2012.

[23] Cisco Systems Inc. Cisco CleanAir Technology. Viitattu 13.9.2012. http://www.cisco.com/en/US/solutions/collateral/ns340/ns394/ns348/ns1070/aag_c22-594304.pdf