



WLAN-verkon kapasiteettipohjainen mitoitus

Matti Moisio

Opinnäytetyö
Tammikuu 2015
Tietotekniikka
Tietoliikennetekniikka

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tampere University of Applied Sciences

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tietotekniikka
Tietoliikennetekniikka ja tietoverkot

Matti Moisio:
WLAN-verkon kapasiteettipohjainen mitoitus

Opinnäytetyö 40 sivua, joista liitteitä 6 sivua
Toukokuu 2015

Kannettavien laitteiden yhä yleistyessä ovat langattomien lähiverkkojen käyttäjämäärät kasvaneet huomasti. Suuret käyttäjämäärät tuovat suuren rasituksen verkolle, mikä on muodostunut ongelmaksi osassa verkkoja, joiden kapasiteetti on väärin mitoitettu käyttäjämäärille. Tänä päivänä kaikille langattomille lähiverkoille tulisi tehdä kapasiteettimitoitus; mitoituksella verkon suorituskyky mitoitetaan käyttäjämäärälle. Kapasiteettipohjaiseen mitoittamiseen on vasta viime vuosina alettu panostaa WLAN-verkkosuunnittelussa.

Tampereen ammattikorkeakoulu päätti uudistaa WLAN-verkkoa vuonna 2015, uuden työntekijä VLAN-verkon tullessa käyttöön. Uudistuksen yhteydessä päätettiin tehdä kapasiteetin mitoitus verkolle, jotta nähdään pystyykö se hallitsemaan käyttäjämäärät. Samalla pyrittiin parantamaan joidenkin alueiden kuuluvuutta ja eliminoimaan tiedossa olevia kuuluvuusongelmia.

Tässä opinnäytetyössä käsitellään TAMKIn WLAN-verkon kapasiteettimitoitukseen liittyviä käsitteitä, standardeja, ominaisuuksia, ohjelmia, suunnittelua ja toteutusta. Työssä käydään myös läpi miten kapasiteetin mitoittaminen toteutetaan Ekahau Site Survey with Planner -ohjelmalla.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
ICT Engineering
Telecommunication and Networks

Matti Moisio:
Capacity based WLAN design

Bachelor's thesis 40 pages, appendices 6 pages
January 2015

Wireless devices are becoming extremely popular and large amount of devices is creating a lot of strain to the WLAN. If the network is not properly configured for capacity the network can't handle the user masses and that will lead to network connection problems.

Tampere University of Applied Sciences decided to update its WLAN, which is available for staff, students and guests. The question arose when the staff VLAN was about to be added to the network that could the network capacity handle all users. So the network capacity was adequate to the number users the network has.

This thesis examines the capacity based WLAN design made for TAMK in 2015. the goal of this project was to design TAMKs WLAN system capacity-specific basis. This thesis also introduces standards, specifications, designing and usage of Ekahau Site Survey with Planner software.

Keywords: Wireless local area network, WLAN, capacity, capacity based WLAN design, 802.11

Sisällys

1	JOHDANTO	8
2	LANGATON LÄHIVERKKO	9
2.1	Siirtotie	9
2.2	Taajuusalue.....	9
2.3	Standardit.....	11
2.3.1	802.11a-standardi	12
2.3.2	802.11b-standardi.....	12
2.3.3	802.11g-standardi.....	12
2.3.4	802.11n-standardi.....	13
2.3.5	802.11ac-standardi	13
3	KAPASITEETTI.....	14
3.1	Määritelmä.....	14
3.2	Törmäksenesto.....	14
3.3	Kehyttäminen	16
3.4	Airtime fairness -menetelmä	18
3.5	Lähetysajan pituus	19
3.6	Esimerkki.....	20
4	KAPASITEETIN MITOITTAMINEN	23
4.1	Vaatimusmäärittely	23
4.2	Käyttäjät	23
4.3	Site survey -kartoitus	24
4.4	Mitoitus	26
4.5	Mitoitus Ekahau Site Survey with Planner -ohjelmalla	26

5	TAMKIN WLAN-VERKON KAPASITEETIN MITOITUS	29
5.1	Suunnittelu.....	29
5.2	WLAN-verkon mitoittaminen	29
6	POHDINTA	32

LYHENTEET JA TERMIT

AP	Access Point, WLAN-tukiasema, yhteyspiste langattomasta lähiverkosta langalliseen
CCK	Complementary Code Keying, modulointitekniikka
CSMA/CA	Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance, WLAN-verkon vuoronvaraustekniikka
dBm	Desibelimilliwatti, tehon mittayksikkö
DSSS	Direct Sequence Spread Spectrum, hajaspektritekniikka, jossa jokainen alkuperäisen signaalin bitti esitetään usealla bitillä
HT	High Throughput, 802.11n-standardin käyttämä fyysisen kerroksen formaatti
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineer, kansainvälinen tekniikan alan järjestö, joka muun muassa määrittelee standardeja
Inter Frame Space	IFS-aika, datapakettien välissä käytettävä odotusaika
LLC	Logical Link Control, Siirtokerroksen protokolla, joka vastaa vastaa multiplexoinnista
MAC	Medium Access Control, kaistanvaraus 802-verkossa
Mb/s	Megabittiä sekunnissa, tiedonsiirtonopeuden mittayksikkö
MIMO	Multiple-in/Multiple-Out, tekniikka, jossa sekä lähetykseen että vastaanottoon käytetään samanaikaisesti useampaa kuin yhtä antennia
MPDU	MAC Protocol Data Unit, MAC-kehys, sisältää osoitetietoja, voi sisältää useampia MSDU-kehyksiä
MSDU	MAC Service Data Unit, MAC-kehys, sisältää varsinaisen siirrettävän datan

OFDM	Orthogonal Frequency-Division Multiplexing, taajuuskanavointi, jossa tietoa siirretään useilla taajuuskanavilla samaan aikaan
OSI-malli	Open Systems Interconnection Reference Model, kuvaa tiedonsiirtoprotokollien yhdistelmän seitsemässä kerroksessa
Over head	Otsake, OSI-mallin kahdessa alimmassa kerroksessa tapahtuvan kehystyksen yhteydessä datapakettiin lisätään osoitetietoja, joita kutsutaan otsakkeeksi
PLCP	Physical Layer Convergence Protocol, protokolla, jota käytetään törmäyksen havaitsemisessa
PPDU	PLCP Protocol Data Unit, fyysisen kerroksen paketin lähetysformaatti
PSDU	PLCP Service Data Unit, MAC-paketin esitysmuoto
RF-signaali	Radio Frequency, radiotaajuuskaista, 3 kHz - 300 GHz:in taajuusalueella
RTS/CTS	Request To Send/Clear To Send, 802.11x-standardien käyttämä kättely, jolla estetään pakettitörmäyksiä
U-NII	Unlicensed National Information Infrastructure, radiotaajuus, jota 5GHz:in taajuuskanavan 802.11-laitteet käyttävät
VHT	Very High Throughput, 802.11ac-standardin käyttämä fyysisen kerroksen formaatti
VLAN	Virtual Local Area Network, virtuaalinen lähiverkko
WLAN	Wireless Local Area Network, langaton lähiverkko

1 JOHDANTO

Tänä päivänä useat yritykset sekä koulut tarjoavat työntekijöilleen, oppilailleen tai vierailijoilleen mahdollisuuden käyttää WLAN-yhteyttä. WLAN-yhteyttä käyttävien laitteiden määrän yhä viime vuosina kasvaessa on törmätty ongelmaan, jossa suuret WLAN-verkon käyttäjämäärät saavat WLAN-verkon kapasiteetin ylikuormitettua ja verkon tukkeutumaan. WLAN-verkkojen kapasiteetin mitoittamisen välttämättömyyteen on vasta muutaman viime vuoden aikana alettu kiinnittää huomiota. Tähän asti WLAN-verkot on suunniteltu kuuluvuusperusteisesti huomioimatta kapasiteettitarvetta.

Tampereen ammattikorkeakoulussa päätettiin uudistaa WLAN-verkkoa. Uudistuksessa tuli työntekijöille VLAN-verkko käyttöön WLAN-verkkoon, sekä langaton verkko päätettiin mitoittaa vastaamaan nykypäivän käyttäjämääriä. Samalla pyrittiin parantamaan joidenkin alueiden kuuluvuutta ja eliminoimaan tiedossa olevia häiriölähteitä.

Opinnäytetyössäni käsitellään aluksi WLAN-verkkoihin liittyvä teoria WLAN-standardien, siirtotien ja kapasiteetin osalta. Sen jälkeen käyn läpi WLAN-verkon kapasiteettipohjaisen suunnittelun perusteita. Työssä käydään myös läpi kapasiteettipohjainen mitoittaminen Ekahau-ohjelmistolla. Lopuksi esittelen TAMKin uudistettua WLAN-verkkoa sekä pohdin uudistuksen hyötyjä ja onnistumista.

2 LANGATON LÄHIVERKKO

Langaton lähiverkko tai englanninkielinen lyhenne WLAN-verkko on lähiverkko, jossa OSI-mallin mukainen fyysinen kerros on toteutettu radiosiirtotiellä. WLAN-laitteet kommunikoivat toistensa kanssa radiosignaaleilla, jotka kulkevat laitteiden antennien välillä. Langattomasta lähiverkosta WLAN-nimityksen lisäksi käytetään usein nimitystä Wi-Fi.

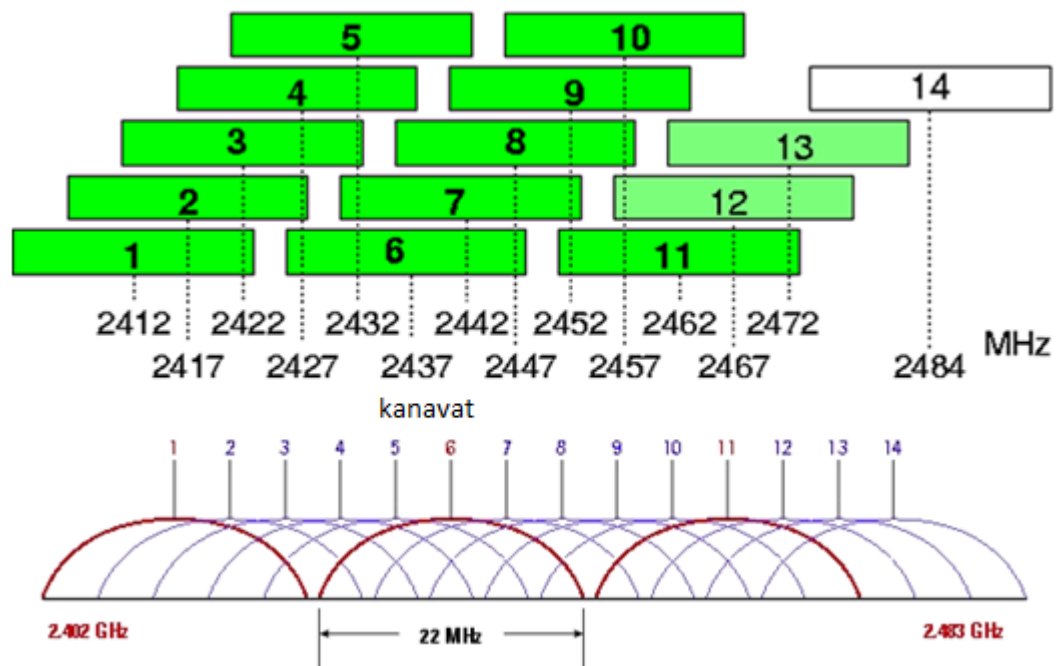
2.1 Siirtotie

Langattomassa lähiverkossa tieto siirretään tukiasemalta päätelaitteelle sähkömagneettisina RF (Radio Frequency) - signaaleina ilmateitse. RF-signaalit etenevät yleensä jossain väliaineessa, kuten eetterissä, mutta RF-signaalit pystyvät etenemään myös tyhjiössä. Tyhjiössä signaalit pystyvät kulkemaan valon nopeudella. RF-signaalit kuitenkin heikkenevät mitä kauemmaksi ne kulkevat signaalilähteestä, paitsi tyhjiössä. Signaalin heikentymiseen vaikuttaa myös ympäristö ja erityisesti materiaalit kuten seinärakenteet, joista signaali joutuu kulkemaan. Esimerkiksi betonirakenteet heikentävät signaalia, kun taas metallirakenteet saattavat vahvistaa signaalien kulkua ja näin RF-signaalit voivat päätyä alueille, joihin niitä ei haluta.

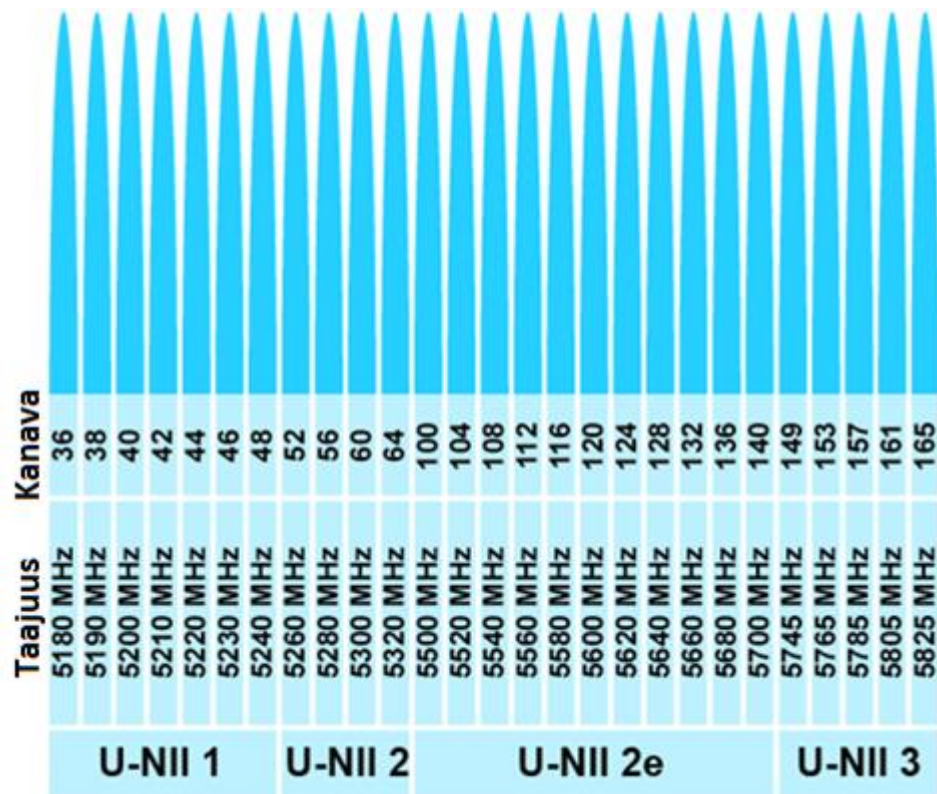
2.2 Taajuusalue

WLAN-verkon radioaallot käyttävät pääasiassa 2.4 GHz:in tai 5 GHz:in taajuusaluetta, jotka jakautuvat kanaviin. 2.4 GHz:in taajuusalueella kanavia on 5 MHz:in välein yhteensä 13 Euroopassa. WLAN-tekniikka kuitenkin käyttää 20 MHz kaistanleveyttä, joten kanavia, jotka eivät häiritse toisiaan, on vain kolme (kuva 1). 5 GHz:in taajuusalueella on paljon enemmän kanavia ja niiden keskitajuudet ovat 20 MHz:in päässä toisistaan, joten kanavat eivät häiritse toisiaan (kuva 2). Jos kaksi tai useampi

lähellä oleva tukiasema lähettää samalla kanavalla, aiheuttaa tämä kuuluvuusongelmia päätelaitteelle koska se ei tunnista tukiasemia toisistaan. Viereisten tukiasemien kanavat tulee ottaa huomioon langatonta verkkoa suunniteltaessa.



Kuva 1. 2.4GHz:in taajuusalueen kanavajako (air-stream.org)



Kuva 2. 5 GHz:in kanavajako (www.connectblue.com)

2.3 Standardit

WLAN-verkot käyttävät IEEE 802.11 -standardia, joka määrittelee verkon ominaisuudet, kuten siirtonopeuden sekä taajuuden. Näin pyritään varmistamaan eri valmistajien verkkotuotteiden yhteensopivuus. IEEE 802.11-standardit määrittelevät OSI-mallin siirtokerroksen ja fyysisen kerroksen ominaisuudet. Siirtokerros kehystää verkkokerroksen paketin siirtoa varten. Siirtokerroksen MAC-alikerros huolehtii siirtotien varauksesta, verkkoon liittymisestä sekä tunnistautumisesta. (Puska 2005,25-27)

Jokainen edellä mainituista kerroksista lisää datapakettiin oman kehüksensä. Jokainen näistä kehüksistä lisää lähetettävän viestin pituutta (overhead) sekä heikentää verkon

kapasiteettia, mutta kehyksien lisääminen on välttämätöntä viestiyhteyden toiminnan kannalta.

2.3.1 802.11a-standardi

Standardi julkaistiin vuonna 1999. 802.11a-standardi käyttää yhtä 20 MHz:in kanavaa kerrallaan, 5 GHz:in taajuusalueella ja pystyy 54 megabittiä sekunnissa (Mb/s:in) siirtonopeuteen. Standardi käyttää monikanta-aaltomodulointia (OFDM). Vaikka 802.11a on tiedonsiirtonopeudeltaan parempi kuin 802.11b, ei 802.11a yleistynyt yhtä hyvin johtuen korkeataajuisien komponenttien hinnasta. Laitteet soveltuivat hyvin raskaisiin langattomiin sovelluksiin, kuten suurten käyttäjämäärien palveluun Voice over WLAN -verkkopuheluissa, johtuen suuresta tiedonsiirtokapasiteetista sekä suhteellisen häiriövapaasta kanavataajuudesta. (IEEE 802.11 standards tutorial,2.)

2.3.2 802.11b-standardi

Standardi julkaistiin samoihin aikoihin 802.11a-standardin kanssa. 802.11b-standardi käyttää 20 MHz:in kanavaa 2,4 GHz:in taajuusalueella ja pystyy 11 Mb/s:in siirtonopeuteen. Toisin kuin 802.11a käyttää 802.11b suorasekvenssitekniikkaa CCK:ta, joka perustuu DSSS-hajaspektritekniikkaan, jossa jokainen alkuperäisen signaalin bitti esitetään usealla bitillä. Eri taajuusalueen takia 802.11a- ja 802.11b-standardit eivät ole yhteensopivia. (IEEE 802.11 standards tutorial,3.)

2.3.3 802.11g-standardi

802.11g-standardi kehitettiin nostamaan jo suosittuun 802.11b-standardiin perustuvien langattomien verkkojen tiedonsiirtonopeutta. 802.11g julkaistiin vuonna 2003. 802.11g-standardi käyttää 20 MHz kanavaa 2,4GHz:in taajuusalueella ja pystyy 54 Mb/s:in

siirtonopeuteen. 802.11g-standardissa modulointitekniikkaa vaihdetaan tiedonsiirtonopeuden mukaan yhteensopivuuden takaamiseksi. Käytettävissä on ERP-DSSS (1, 2, 5.5, 11 Mb/s:in), ERP-OFDM (6, 9, 12, 18, 24, 36,48, 54 Mb/s:in), ERP-PBCC (1, 2, 5.5, 11, 22, 23 Mb/s:in) ja DSS-OFDM (6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mb/s:in). (IEEE 802.11 standards tutorial,5.)

2.3.4 802.11n-standardi

WLAN-verkon tiedonsiirtonopeutta haluttiin edelleen kasvattaa, mikä johti 802.11n-standardin kehitykseen. 802.11n-standardi on ensimmäinen 802.11-standardi, joka käytti MIMO (Multiple-In/multiple-Out)-tekniikan ja kahden 20 MHz:in kanavan yhdistämistä tiedonsiirtonopeuden kaksinkertaistamiseksi. 802.11n-standardi 20 MHz:in tai 40 MHz:in kaistanleveydellä 2,4 GHz:in ja 5 GHz:in taajuusalueella pystyy teoreettisesti 600 Mb/s:in siirtonopeuteen. Modulointiin 802.11n käyttää CCK-, DSSS- ja OFDM-tekniikoita. (IEEE 802.11 standards tutorial,7.)

2.3.5 802.11ac-standardi

802.11ac-standardi on suunniteltu kykenemään minimissään 1 Gb/s:n tiedonsiirtonopeuteen, mutta yhteyden nopeus voi parhaimmillaan olla jopa 7 Gb/s. Tämän takia 802.11ac-standardista käytetäänkin VHT nimitystä. Kaistanleveytenä 802.11ac käyttää 20, 40 ja 80 MHz:in kaistoja. Vaihtoehtoisesti standardi tukee myös 160 MHz:in kaistanleveyttä, sekä kahden 80 MHz:in kaistan yhdistelmää. Huomionarvoista standardissa on myös sen käyttämä 5.8 GHz:in taajuus, normaalin 5GHz:in sijaan. 5.8 GHz:in kanavataajuutta ei kuitenkaan ole vielä lisensoitu 802.11ac-standardin käyttöön. (IEEE 802.11 standards tutorial,8.)

3 KAPASITEETTI

WLAN-verkon kapasiteetti vaikuttaa siihen paljonko käyttäjiä verkossa voi yhtä aikaa olla ilman palvelun laadun heikentymistä. Seuraavissa luvuissa käydään läpi mitä WLAN-verkon kapasiteetti on ja siihen vaikuttavia tekijöitä. Lisäksi perehdytään langattoman verkkoliikenteen rakenteeseen.

3.1 Määritelmä

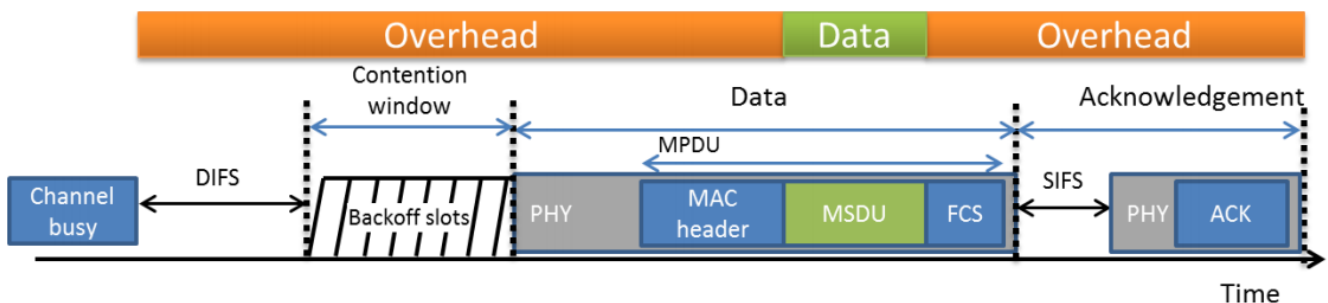
WLAN-verkon hyvä kuuluvuus ei takaa välttämättä hyvää yhteyttä suurten käyttäjämäärien yhteydessä. Jos yhteen WLAN-tukiasemaan on yhdistynyt useampi sata käyttäjää, tai jos kourallinen käyttäjiä käyttää sovelluksia, jotka kuluttavat paljon tiedonsiirtokaistaa, menee verkko niin sanotusti tukkoon. Tällaisissa tilanteissa WLAN-verkon kapasiteetti ylittyy ja verkko tukkeutuu, joka johtaa yhteyden katkeiluun, yhteyden nopeuden laskemiseen ja yhteyksien aikakatkaisuun. Kapasiteetilla tarkoitetaan tässä tapauksessa millaisia WLAN-verkon käyttäjiä sekä missä määrissä verkko pystyy heitä palvelemaan. Kapasiteettia kuvaillaan usein sanoilla vetoisuus, tilavuus tai suorituskyky.

3.2 Törmäyksenesto

WLAN-verkossa käytetään törmäyksenestoprotokollia, joilla pyritään estämään datapakettien törmäystä lähettäessä. Törmäyksiä tapahtuisi tilanteissa, missä kaksi päätelaitetta kuulevat tukiaseman, mutta eivät toisiaan signaalien vaimenemisen takia (Hidden node problem). Törmäykset saadaan vältettyä CSMA/CA-vuoronvarausmenetelmällä (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) ja RTS/CTS-kättelyllä (Request To Send/Clear To Send). Näillä pyritään sallimaan vain yksi lähetys kerrallaan verkossa. CSMA/CA-vuoronvarauksessa jokaisen

lähettämistä aikovan laitteen täytyy ensin kuunnella kanavaa saadakseen selville onko se vapaa. Kun laite alkaa lähettää, eivät kehykset seuraa toinen toistaan, vaan kahden kehyksen välissä laite joutuu odottamaan jonkun seuraavista ajoista:

- SIFS-aika (Short Inter Frame Space). SIFS-aikaa käytetään toisiinsa liittyvien kehyksen välillä, esimerkiksi datakehyksen ja kuittauksen kohdalla (Puska 2005, 30).
- PIFS-aika (PCF Inter Frame Space). PIFS-aika on SIFS-aikaa pidempi kilpailuttoman toiminnan aika, joka tarkoittaa että etuoikeutettu kehys voidaan lähettää ennen muuta liikennettä. Tällöin lähettävän laitteen pitää odottaa kanavan vapautumista vain kahden SIFS-ajan (Puska 2005, 30).
- DIFS-aika (DCF Inter Frame Space). DIFS-aika on pidempi kuin kaksi edellistä aikaa ja DIFS-ajan lisäksi lähettävä laite odottaa satunnaisen laitekohtaisen odotusajan (Back-off time), joka on satunnainen kokonaisluku kertaa perusaika (Slot Time). Jos kaksi laitetta saa saman satunnaisluvun, ne aloittavat lähetyksensä toisistaan tietämättä ja tapahtuu törmäys. Satunnaisluku arvotaan aluksi väliltä 0-31, mutta jokaisen törmäyksen jälkeen lukuväli kaksinkertaistuu aina 1023 saakka (Puska 2005, 30).

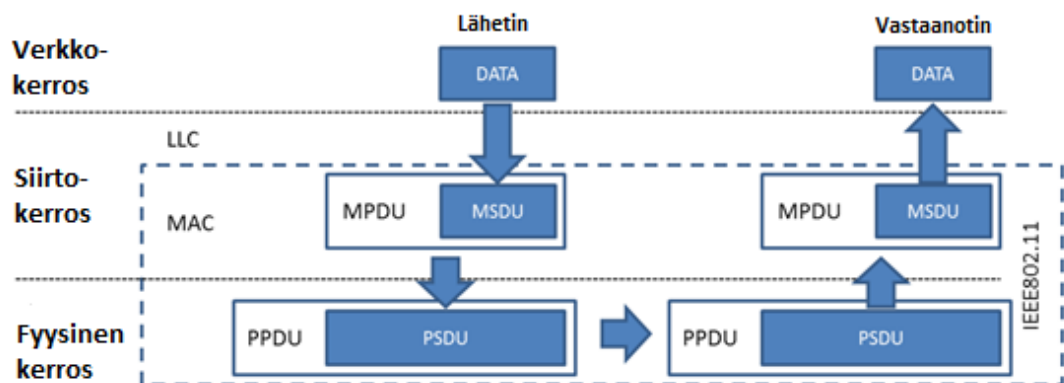


Kuva 3. CSMA/CA vuoronvaraussykli (Wi-Fi Capacity Analysis for 802.11ac and 802.11n. Ekahau)

Lähetyksen aloittava laite sijoittaa MPDU-kehysten kestokenttään varausajan, jonka lähettäjä olettaa tarvitsevänsä kehysten lähettämiseen sekä kuittaamiseen. Jos datapaketti on vastaanotettu ilman virheitä lähettää vastaanottolaite ACK-kuittauksen. Paketti lähetetään uudelleen mikäli ACK-kuittauksia ei saada. Vaikka lähetys loppuisi ennen ilmoitettua varausaikaa, alkaa kehysten välisen ajan laskenta ja kilpailu vasta varauksen loputtua. Kaikkien IFS-aikojen arvot määrittää lähetyksessä käytettävä 802.11-standardi (Puska 2005, 30).

3.3 Kehystäminen

Kuten jo Standardit-kappaleessa mainittiin määrittelevät IEEE 802.11-standardit OSI-mallin siirtokerroksen ja fyysisen kerroksen ominaisuudet.

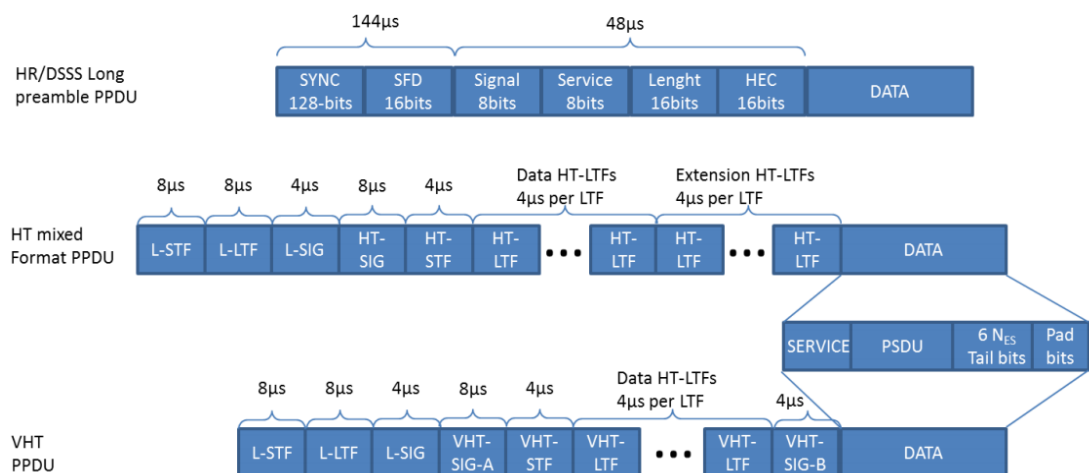


Kuva 4. Yksinkertaistettu kuva OSI-malli alimmista kerroksista ja paketin kehystämisestä (Wi-Fi Capacity Analysis for 802.11ac and 802.11n. Ekahau).

Jokaisella OSI-mallin kerroksella lähetettävän datapaketin ympärille lisätään tietokenttiä eli kehyksiä, jotka sisältävät tietoa paketista, kuten määränpää, lähettäjä ja kehystenohjaus. Siirtokerroksella tulevaan datapakettiin lisätään MPDU-kehys (MAC Protocol Data Unit). MPDU-kehys alkaa MAC-otsikolla (MAC Header), jonka jälkeen tulee varsinainen datapaketti MSDU (MAC Service Data Unit) ja sen perässä FCS (Frame Check Sequence), jolla havaitaan tiedonsiirtovirheitä viestissä. Mikäli

datapaketissa ei havaita virheitä paketin vastaanottanut laite lähettää ACK-kuittauksen; jos ACK-kuittausta ei saada lähetetään datapaketti uudelleen kunnes ACK-kuittaus saadaan. (Wi-Fi Capacity Analysis for 802.11ac and 802.11n. EkaHau.com)

Fyysisen kerroksen määrittää käytettävä 802.11-standardi. Uusin fyysisen kerroksen formaatti on VHT PPDU -kehys (Very High Throughput), jota 802.11ac-standardi käyttää. 802.11b-standardi käyttää HR/DSSS PPDU -kehystä (High Rate/Direct Sequence Spread Spectrum) ja 802.11n-standardi käyttää HT (High Throughput) mixed Format PPDU -kehystä. Uusien 802.11-standardien myötä alkumerkin (Preamble) pituus on lyhentynyt huomattavasti 802.11b-standardin 192 μ s:n pituudesta ac- ja n -standardien minimissä käyttämään 40 μ s:een. Kuvassa 5 on havainnollistettu kehysten pituudet eri 802.11-standardeilla ja eri kehystietokenttien ajalliset pituudet. (Wi-Fi Capacity Analysis for 802.11ac and 802.11n. EkaHau.com)



Kuva 5. Esimerkki fyysisen kerroksen kehysten formaateista 802.11b-, n- ja ac -standardeilla (Wi-Fi Capacity Analysis for 802.11ac and 802.11n. EkaHau).

3.4 Airtime fairness -menetelmä

WLAN-tukiasema peruseriaatteeltaan lähettää ja vastaanottaa dataa yhdeltä käyttäjältä kerrallaan ja WLAN-tukiasema pystyy lähettämään dataa tietyssä ajassa tietyn määrän, esimerkiksi Ruckus R600 -tukiasema pystyy 1300 Mb/s:in tiedonsiirtonopeuteen 5 GHz:in taajuusalueella. Vastaavasti käyttäjän päätelaite kykenee tiettyyn tiedonsiirtonopeuteen esimerkiksi 802.1x g -sarjan laitteet pystyvät 54 Mb/s:in tiedonsiirtonopeuteen kun taas 802.1x n -sarjan laitteet pystyvät 600Mb/s:in tiedonsiirtonopeuteen. Koska käyttäjän päätelaite on tiedonsiirtonopeudeltaan hitaampi kuin WLAN-tukiasema määrittää päätelaite itsensä ja tukiaseman välisen teoreettisen maksimitiedonsiirtonopeuden.

Airtime fairness -tekniikka perustuu juurikin siihen, että tukiasemalle annetaan tietty aika-arvo, vaikkapa 100 mikrosekuntia, jonka ajan tukiasema lähettää dataa yhdelle käyttäjälle. Ajan kuluttua loppuun alkaa tukiasema lähettää dataa seuraavalle käyttäjälle ja toistaa samaa kaavaa kaikille lopuille käyttäjille. Lopulta kaikki käyttäjät ovat käyttäneet vuoronsa ja on taas ensimmäisen käyttäjän vuoro. Airtime fairness -tekniikka on kapasiteetin kannalta parempi kuin esimerkiksi packet fairness -tekniikka. Packet fairness -tekniikassa tukiasema lähettää jokaiselle käyttäjälle yksi kerrallaan saman määrän paketteja. Tämä on huono tekniikka, mikäli verkossa on hitaampia 802.11b- tai g -standardeja käyttäviä laitteita nopeampien n- ja ac-laitteiden seassa, koska näillä hitaammilla laitteilla kestää pidempään pakettien siirrossa kuin n- ja ac-laitteilla samojen pakettien siirrossa.

Kun WLAN-tukiasemalla on vain yksi käyttäjä lähettää tukiasema dataa ainoastaan kyseiselle päätelaitteelle, jolloin sillä on yksinoikeus tukiaseman lähetyksajalle. Kun samalle tukiasemalle yhdistyy useampia käyttäjiä, lähettää tukiasema vuorotellen jokaiselle käyttäjälle dataa, ja kun yhdelle käyttäjälle lähetetään dataa joutuvat muut käyttäjät odottamaan omaa datan siirtoikkunansa. Mitä enemmän käyttäjiä samaan

tukiasemaan on yhdistynyt, sitä pidempään yksittäiset laitteet joutuvat odottamaan vuoroaan saada dataa tukiasemalta.

Tämä pitkä odotusaika voi tietyissä tilanteissa johtaa ongelmiin, esimerkiksi käyttäjän kirjautuessa verkkopalveluihin, joissa on lyhyt aikakatkaisu. Tämä johtuu siitä että palvelu aikakatkaisee yhteyden käyttäjältä, jonka päätelaite ei vastaa ajoissa lähetettyyn palveluyhteyksipyyntöön. Päätelaite ei kuitenkaan ole edes ehtinyt saada kyseistä pyyntöä, koska päätelaite joutuu odottamaan niin pitkään omaa datan siirtoikkunaa tukiasemalta. Tällaisessa tilanteessa WLAN-verkon kapasiteetti kyseisen tukiaseman kohdalla on ylittynyt.

3.5 Lähetyksajan pituus

Lähetyksajan pituudella tarkoitetaan yhden datapaketin lähettämiseen kuluva aiaa. Kun yksittäisen datapaketin lähetyksaika on tiedossa, saadaan WLAN-kanavan käyttöaste laskettua paketin lähetyksajan sekä pakettia per sekunti -arvon pohjalta. Lisäksi WLAN-verkon lähetyksaikaan vaikuttaa tukiaseman ja päätelaitteen ominaisuudet sekä signaaliolosuhteet kuten:

- Pakettivirheiden määrä
- Datavirtojen määrä
- Kanavan kaistanleveys
- Samalla kanavalla olevien päätelaitteiden aikaansaama ylimääräinen otsakkeen pituus (overhead)
- Sekä muiden WLAN-laitteiden ja sovellusten luoma taustaliikenne

(Wi-Fi Capacity Analysis for 802.11ac and 802.11n. Ekahau).

3.6 Esimerkki

Esimerkissä käytetään full HD videostreamin -ohjelmaa havainnollistamaan VHT-siirtokerroksen paketin lähetysaika. Ohjelman oletetaan käyttävän 1000 tavun pakettikokoa ja 10 Mb/s:in siirtonopeutta. Kaavoilla 1-4 kyetään laskemaan yksittäisen datapaketin lähetysaika.

$$\begin{aligned}
 T_{XTIME} = & T_{LEG_PREAMBLE} + T_{L-SIG} + T_{VHT-SIG-A} \\
 & + T_{VHT_PREAMBLE} + T_{VHT-SIG-B} + T_{SYML} \times \left[\frac{T_{SYMS} \times N_{SYM}}{T_{SYML}} \right] \quad (1)
 \end{aligned}$$

$$T_{LEG_PREAMBLE} = T_{L-STF} + T_{L-LTF} \quad (2)$$

$$T_{VHT_PREAMBLE} = T_{VHT_STF} + N_{VHTLTF} \times T_{VHT_LTF} \quad (3)$$

$$N_{SYM} = m_{STBC} \times \left[\frac{8 \times DATA_LENGTH + N_{SERVICE} + N_{TAIL} \times N_{ES}}{m_{STBC} \times N_{DBPS}} \right] \quad (4)$$

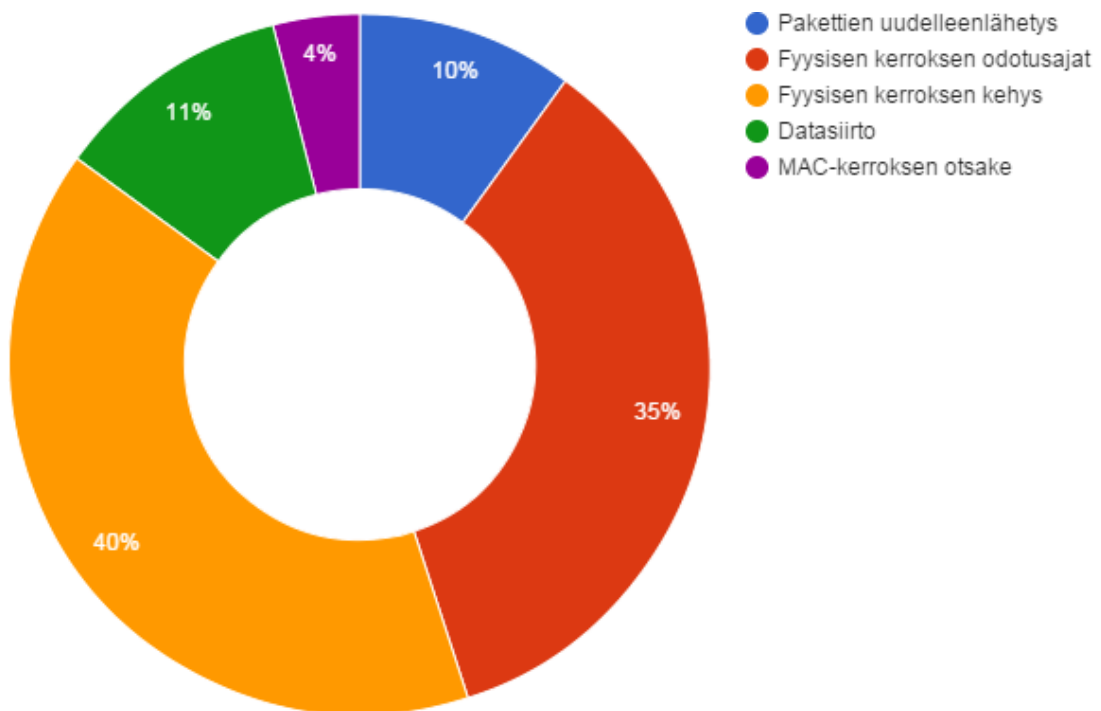
Aluksi symboleiden määrä (N_{SYM}) täytyy laskea käyttäen kaavaa 4. Merkittävin tekijä kaavassa on N_{DBPS} , joka määrittää montako databittiä on yhdessä symbolissa. Esimerkiksi QAM-64 modulointia, 5/6 koodausnopeutta, 40 MHz:in kaistanleveyttä ja 2 kanavaista MIMO-tekniikkaa käyttämällä N_{DBPS} -arvo on 1080. Kun MAC-kehys lisätään datapaketin pituuteen saadaan DATA-LENGTH-arvoksi 1034 tavua ja oletetaan että STBC (Space-Time Block Code) ei ole käytössä.

$$N_{SYM} = \left[\frac{8 * 1034 * 16 + 6 * 1}{1 * 1080} \right]$$

Kun N_{SYM} on tiedossa voidaan lähetysaika laskea kaavalla 1, käyttäen kuvan 5 tietoja.

$$\begin{aligned}
 TXTIME &= 8\mu s + 8\mu s + 4\mu s + 8\mu s + 4\mu s + 2 \times 4\mu s + 4\mu s + 4\mu s \times \left[\frac{3,6\mu s \times 8}{4\mu s} \right] \\
 &= 76\mu s
 \end{aligned}$$

Yhden 1000 tavun datapakettin lähettämiseen kuluu siis aikaa $76\mu s$, josta $48\mu s$ kuluu MAC-kerroksen kehukseen. Paketin otsake vie ison osan lähetyksajasta, esimerkiksi lähetyks on kuitenkin tapahtunut ideaalisessa ympäristössä. Todellisuudessa verkossa on useampia käyttäjiä, jolloin MAC kehukseen lisätään IFS-ajat ja backoff-aika. Tällöin paketin lähetyksaika kasvaa noin $200\mu s$:iin. Kuviossa 1 on havainnollistettu lähetyksajan jakautuminen. Lähetyksajasta vain murto-osa käytetään varsinaiseen datan siirtoon. Datan siirron prosentuaalista määrää lähetyksajasta saisi kasvatettua käyttämällä kehysten yhdistämistekniikka (frame aggregation), jossa kaksi tai useampi samaan kohteeseen lähtevä datapaketti yhdistetään yhden kehuksen alle. (Wi-Fi Capacity Analysis for 802.11ac and 802.11n. Ekahau).



Kuvio 1. Lähetyksajan jakautuminen (Wi-Fi Capacity Analysis for 802.11ac and 802.11n. Ekahau).

10 Mb/s:in tiedonsiirtonopeudella videosovelluksen täytyy lähettää 1250 pakettia sekunnissa. Huomioonotettaessa pakettivirheet kasvaa pakettimäärä 1375 pakettiin sekunnissa, koska noin 10% paketeista joudutaan lähettämään uudelleen. Yksittäisen datapaketin lähetysajan ja lähetettävien pakettien määrän perusteella voidaan laskea WLAN-kanavan käyttöaste (channel utilization), joka tässä tapauksessa on 27.5%.

(Wi-Fi Capacity Analysis for 802.11ac and 802.11n. Ekahau.com)

Soveltamalla esimerkissä esiteltyä laskutapaa saadaan laskettua myös useamman käyttäjän luoma kanavan käyttöaste. Suositeltavaan kuitenkin on käyttää sovelluksia, joilla kyetään laskemaan käyttäjämäärän tarvitsema kapasiteetti. Laskusovelluksilla kapasiteetin selvittäminen on nopeampaa ja vaivattomampaa sekä parametrien vaihtaminen on helpompaa. Esimerkkinä tällaisesta sovelluksesta on revolution wifin - capacity planner -laskentaohjelma. Laskettaessa kanavan käyttöastetta useammalle käyttäjälle voi käyttöaste nousta yli 100 prosenttiin. Tämä tarkoittaa, että yhden WLAN-tukiaseman kapasiteetti on täynnä ja käyttäjämäärä tarvitsee enemmän tukiasemia. Esimerkiksi jos kanavan käyttöasteeksi saadaan 237%, tarkoittaa se, että käyttäjämäärä tarvitsee kolme WLAN-tukiasemaa, muutoin verkon kapasiteetti ylittyy.

4 KAPASITEETIN MITOITTAMINEN

WLAN-verkon kapasiteetin mitoittamisella pyritään takamaan kaikille käyttäjille tasapuolinen ja toimiva verkkoyhteyden taso. Seuraavissa kappaleissa käydään läpi kapasiteetin mitoittamisen periaatteita, tarvittavia tietoja, työvaiheita ja muutamia työkaluja.

4.1 Vaatimusmäärittely

Vaatimusmäärittelyn tarkoituksena on kartoittaa verkolle käyttötarkoituksen mukainen suorituskyky sekä kattavuusalue. Päätelaitteiden määrä, sijainti ja käyttäjien käyttämien palveluiden asettamat vaatimukset ovat vaatimusmäärittelyn keskeisiä asioita. (Hovatta 2005, 18)

Vaatimusmäärittelyllä verkon ominaisuuksille luodaan vaatimukset, joiden tulisi täytyä koko verkon alueella. Vaatimusmäärittely on pakollinen osa kapasiteettipohjaista WLAN-verkon suunnittelua, koska siten tutkitaan, selvitetään sekä määritellään verkon käyttäjäkunta ja heidän verkon käyttötarve.

4.2 Käyttäjät

Kapasiteettia mitoittaessa on erittäin tärkeää tietää millaisia käyttäjiä verkossa tulee olemaan, koska verkon käyttäjät määrittävät sen millainen on verkon kapasiteettitarve. Käyttäjistä on tärkeä tietää mitä laitteita he käyttävät, erityisesti mitä 802.11-standardeja laitteet tukevat, koska tämä määrittää pitkälti mitä WLAN-tukiasemia voidaan käyttää. Käytettävä standardi vaikuttaa myös verkon kapasiteettiin, koska vanhemmilla a-, b- ja g -laitteilla paketin lähetysajat ovat paljon pidemmät kuin uudemmilla n- ja ac -laitteilla, mikä vaikuttaa suoraan WLAN-kanavan käyttöasteeseen. Käyttäjistä tulee myös tietää

käyttäjämäärät ja heidän käyttämä tiedonsiirtonopeus, sillä yhden WLAN-tukiaseman kapasiteetti ei riitä monelle suurta tiedonsiirtonopeutta käyttävälle käyttäjälle, mutta riittää usealle pienä tiedonsiirtonopeutta käyttävälle. Mikäli käyttäjien käyttämää tiedonsiirtonopeutta ei voida selvittää, esimerkiksi jo olemassa olevan WLAN-verkon kontrollointisovelluksen kautta, täytyy käyttäjien tarvitsemat tiedonsiirtonopeudet arvioida. Tiedonsiirtonopeuden tarve on helppo arvioida, jos WLAN-verkon käyttäjät ovat homogeenisiä, esimerkiksi yrityksen WLAN-verkko, jossa on pääasiassa Voip-laitteita, kun taas heterogeenisten käyttäjien tiedonsiirtonopeuden tarvetta on vaikeampi arvioida. Käyttäjän ominaisuuksien arvioihin löytyy muun muassa Ekahaun suunnitteluovelluksesta hyviä keskivertoja käyttäjäarvoja, kuten kuinka paljon keskiverto älypuhelin käyttää tiedonsiirtonopeutta. On myös hyvä tietää mille alueelle käyttäjät keskittyvät, ovatko käyttäjät jakautuneet tasaisesti ympäri aluetta vai onko alueella käyttäjäkeskittymiä, eli "Hot Spotteja", kuten kahviot ja oleskelutilat.

Käyttäjämääriä arvioitaessa on huomioitava että kaikki alueella olevat käyttäjät eivät välttämättä ole yhdistäneet päätelaitettaan WLAN-verkkoon tai ole aktiivisia datan käytössä. Arvioiden mukaan noin 70-80% käyttäjistä on yhdistänyt laitteensa WLAN-verkkoon, joista noin 60-70% käyttää aktiivisesti verkkoyhteyttä. Vaikka passiiviset verkkoon yhdistetyt laitteet eivät kuluta lähes ollenkaan verkon tiedonsiirtonopeutta, pienentävät ne silti kapasiteettia, koska ne lähettävät ja vastaanottavat satunnaisesti datapaketteja sekä skannaavat paremmin kuuluvaa tukiasemaa.

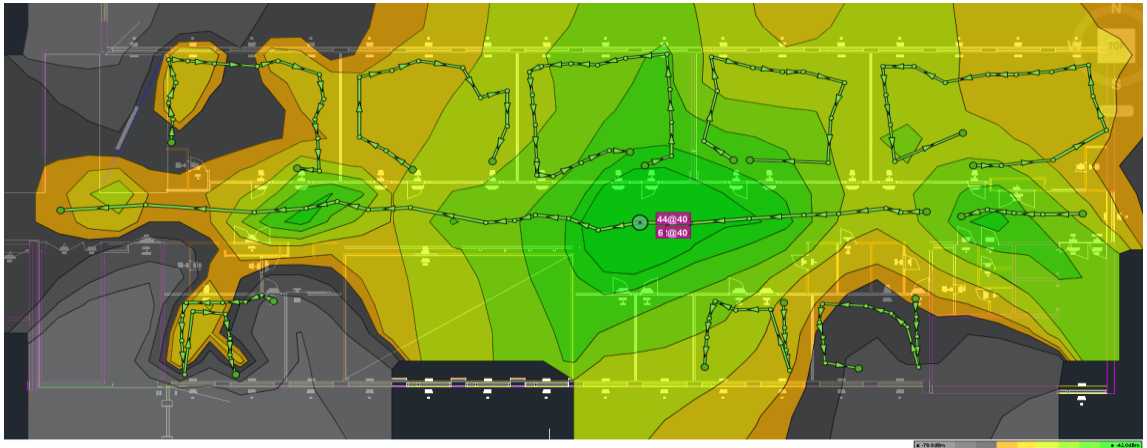
4.3 Site survey -kartoitus

Site survey -kartoitus on erittäin tärkeä ja lähes pakollinen osa WLAN-verkon kapasiteettipohjaista suunnittelua. Site survey -kartoitus sisältää kuuluvuusmittauksen, RF-kartoituksen ja tukiasemien asennuspaikkojen valinnan, ja sen avulla saadaan yleiskuva ympäristöstä, johon verkko aiotaan toteuttaa. Mikäli kohdealueella on jo toimiva WLAN-verkko, jonka kapasiteettia aiotaan päivittää, saadaan site survey -kartoituksella tarkistettua verkon kuuluvuus alueilla sekä havaittua mahdolliset

kuuluvuusongelmat. Jos alueella ei ole ennestään WLAN-verkkoa, saadaan site survey:llä kartoitettua ulkoa tulevat WLAN-verkot, jotka voisivat aiheuttaa kanavien päällekkäisyyttä. Lisäksi site survey:llä voidaan toteuttaa AP on a stick -kartoitus, jossa mitattavalle alueelle asennetaan väliaikaisesti yksi tai useampi WLAN-tukiasema. Tukiasemat on hyvä sijoittaa lähelle paikkaa, johon ne saattaisi olla hyvä asentaa ja tämän jälkeen mitata site survey:llä tukiasemien kuuluvuus. Tällä metodilla voidaan suunnitella ja testata miten WLAN-tukiasemat kannattaa kohdealueella sijoitella, mikäli käytettävissä ei ole WLAN-verkon suunnittelusovelluksia.

Markkinoilla on monia eri valmistajien site survey -ohjelmia kuten Ekahaun (kuva 6), Fluken, Aerohiven ja NetSpot. Site survey -kartoitus aloitetaan tuomalla ohjelmaan kartoitettavan rakennuksen pohjapiirros, jonka mittakaava määritetään ohjelmalle. Kartoitus tapahtuu kulkemalla rakennuksessa ohjelman vaatiman mittalaitteen kanssa, samalla merkiten ohjelman karttaan kuljettu reitti. Ohjelma mittaa langattoman verkon signaalin kuuluvuutta, vasteaikaa, kanavia sekä muita parametreja. Mittaustulosten perusteella ohjelma arvioi WLAN-verkon kuuluvuuden kartoitetun reitin lähialueelta. Osassa site survey -ohjelmista on lisäksi suunnitteluohjelma, joka arvioi tarvittavien tukiasemien määrän sekä sijoituspaikan ohjelman käyttämään pohjapiirroksen. Ohjelma ottaa myös huomioon rakenteiden vaimennukset sekä verkolle määritetyt vaatimukset, kuten verkon kapasiteetin.

Kuvassa 6 on esimerkki site survey -kartoituksen tuottamasta kuuluvuuskartasta. Kartassa on esitettyä WLAN-verkon signaalin voimakkuus. Vihreä väri tarkoittaa hyvää kuuluvuutta ja keltainen heikompaa kuuluvuutta. Harmaa väri kartassa tarkoittaa, ettei signaalin voimakkuus niillä alueilla täytä sille asetettuja vaatimuksia. Karttaan on merkitty kulkureitti vihreillä nuolilla. Vihreät ympyrät tarkoittavat ohjelman havaitsemien tukiasemien arvioidut sijainnit.



Kuva 6. Ekahau Site Survey –kartoitus

4.4 Mitoitus

WLAN-verkon kapasiteettia voidaan alkaa mitoittaa kun tiedetään käyttäjien määrä sekä verkon käyttötarpeet. Tämän lisäksi olisi hyvä tehdä kohdealueella site survey -kartoitus (liite 1), jotta jo olemassa olevan WLAN-verkon kuuluvuus saadaan kartoitettua ja uusien tukiasemien sijoituksen jälkeen tehtävälle site survey -kartoitukselle on vertailukohde. Kun nämä tiedetään voidaan laskea kanavan käyttöaste, jolla saadaan selville tarvittavien WLAN-tukiasemien määrä. Tiedettäessä tarvittavien WLAN-tukiasemien määrä voidaan WLAN-tukiasemia sijoitusta alkaa suunnitella. Tukiasemien paikat alueella on helppo suunnitella mikäli käytössä on suunnitteluohjelma, joka pystyy ennakoimaan signaalin kuuluvuuden, kuten Ekahau site survey with planner (liite 2) tai Aerohive planner. Jos käytössä ei ole suunnitteluohjelmaa, täytyy sijoittelu testata AP on a stick-periaatteella.

4.5 Mitoitus Ekahau Site Survey with Planner -ohjelmalla

Kapasiteetin mitoittaminen Ekahau Site Survey with Planner -ohjelmalla aloitetaan tuomalla ohjelmaan rakennuksen pohjapiirroksat. Mikäli suunnittelua tehdään useampaan saman rakennuksen kerrokseen voidaan pohjapiirroksat asettaa päällekkäin kuten ne ovat todellisuudessaakin. Ohjelmalle ilmoitetaan pohjapiirrosten skaala ja

merkitään linjauspisteet, joiden avulla ohjelma linjaa pohjakuvat oikein. Building-valikosta valitaan new building, jonka jälkeen rakennukseen valitaan halutut pohjapiirrokset ja ohjelma luo rakennuksen. Building-valikoista voidaan luomisen jälkeen asettaa huoneen korkeus ja lattian aiheuttama signaalin vaimennus. Seuraavaksi voidaan pohjapiirrokset rajata rajaustyökalulla. Rajauksella pohjapiirroksista rajataan alue, johon ohjelma suunnittelee signaalin kuuluvuuden, kapasiteetin ja niin edelleen. Rajaus kannattaa tehdä ulkoseinien sisäpintaa pitkin, jos suunnitelmaan lisätään seinärakenteet. Rajauksen jälkeen voidaan pohjapiirroksiin lisätä seinärakenteet Wall-työkalulla, josta valitaan haluttu materiaali, joka kuvaa mahdollisimman hyvin sillä paikalla oikeasti olevaa seinää.

Seuraavaksi suunnitelmalle tehdään vaatimusmäärittely, johon kuuluu signaalin vaatimusmäärittely ja kapasiteetin vaatimusmäärittely halutessa. Project-valikon alta Coverage Requirements -painike avaa valintaikkunan, jossa määritellään verkolle haluttavat ominaisuudet kuten signaalin voimakkuus minimissään, tiedonsiirtonopeus ja kuultavissa olevat tukiasemat. Requirement-valikosta löytyy valmiita määrittelyjä yhteystarpeille. Project-valikon alta löytyy myös Capacity requirements -valinta, joka avaa kapasiteetin vaatimusmäärittelyn valintaikkunan, josta valitaan verkossa olevat päätelaitteet. Pitää huomioida, että jos pohjapiirroksista on luotu rakennus, ohjelma jakaa päätelaitteet tasaisesti eri kerroksiin, kerroksen pinta-alan mukaan.

Add Wi-Fi Devices -kohdassa syötetään laitteiden määrä sekä malli. Jokaisella päätelaitteella on ennalta arvioitu mitä ja kuinka paljon verkkopalveluita yksi laite käyttää, määrittelyä pääsee muuttamaan painamalla pientä kynä -ikonin. Kun vaatimusmäärittely on tehty mitoitukselle voidaan ohjelman valikosta painaa Auto-Planner -painiketta, joka avaa automaattisen suunnitteluohjelman. Auto-Planner käyttää aiemmin asetettuja signaalin ja kapasiteetin vaatimusmäärittelyjä, jotka otetaan huomioon vain valitsemalla Capacity - Consider in plan -valinta. Seuraavaksi ikkunassa valitaan suunnittelussa käytettävä tukiasematyyppi ja mille taajuuskanavalle kuuluvuus optimoidaan. Mikäli verkon käyttäjät eivät pääasiassa käytä 5 GHz:in kanavaa, kannattaa verkon kuuluvuus optimoida 2.4 GHz:in kanavataajuudelle. Ikkunan

lisäasetukset valikon alta voi säätää lisäksi tukiaseman lähetysteho, antennin korkeutta, kaistanleveyttä sekä käytettäviä kanavia.

Painamalla Create Plan -nappulaa ohjelma luo verkkosuunnitelman, johon ohjelma on sijoittanut parhaan näkemyksensä mukaan WLAN-tukiasemat kartalle. Ohjelman asettamien tukiasemien sijaintia voi vielä manuaalisesti siirtää, mutta niitä siirrettäessä kannattaa aina tarkistaa miten signaalin voimakkuus muuttuu ja ettei verkon kapasiteetti ylity jollain alueella. Kapasiteetin kunnon saa tarkistettua valitsemalla Show-valikon alta Capacity health (Liite 3), sekä Clients per AP -valinnalla tarkistaa montako käyttäjää on yhdistynyt kuhunkin tukiasemaan. Ohjelman luomaa suunnitelmaa hyödyntäen voidaan tukiasemat sijoittaa kohderakennukseen.

5 TAMKIN WLAN-VERKON KAPASITEETIN MITOITUS

5.1 Suunnittelu

TAMKin WLAN-verkon kapasiteetin mitoituksen tavoitteena oli varmistaa verkon kapasiteetin riittäminen nykyisille sekä tuleville käyttäjämäärille, sekä parantaa verkon kuuluvuutta osassa TAMKin siipirakennuksista. Kapasiteetin mitoittamisesta tuli TAMKissa ajankohtaista kun WLAN-verkkoon aiottiin lisätä TAMKin henkilökunnalle oma VLAN-verkko. Kapasiteettipohjainen WLAN-verkon mitoitus toteutettaisiin vaiheittain. Ensimmäisenä mitoituksen toteuttamista testattiin TAMKin H-siipeen, jonka jälkeen mitoitus suunniteltiin myös G- ja C-siiville. TAMKin sen hetkiseen WLAN-verkkoon, joka koostuu Ruckus ZoneFlex 7372 -tukiasemista, tultaisiin lisäämään WLAN-tukiasemia mikäli kapasiteettitarve sen vaatisi. H-siipeen tehtiin myös site survey -kartoitus, jolla selvitettiin sen hetkisen verkon kuuluvuus ja mahdolliset katvealueet.

5.2 WLAN-verkon mitoittaminen

TAMKin WLAN-verkon kapasiteetin mitoittaminen aloitettiin H-siivestä, jossa ensimmäisenä tarkkailtiin käyttäjämääriä ja heidän datan käyttöä. Tutkimustulosten saamiseen hyödynnettiin nykyisen WLAN-verkon kontrollerinhallintasovellusta, joka pystyy näyttämään esimerkiksi yksittäisten tukiasemien käyttäjät, käyttäjien käyttämän tiedonsiirtonopeuden ja taustahäiriösignaalien voimakkuuden.

Tutkimuksissa selvisi, että H-siiven neljässä kerroksessa on keskimäärin 40 verkon käyttäjää per kerros sekä ruuhka-aikoina 60 käyttäjää per kerros. Käyttäjien tiedonsiirtonopeudet vaihtelivat 0.250 - 2 Mb/s:in, keskimäärin yksi käyttäjä käyttää noin 500 Kb/s tiedonsiirtonopeutta. Lisäksi selvitettiin mikä on käyttäjien päätelaitteiden kanavajakauma, koska käytetty kanava vaikuttaa kapasiteettiin. TAMKin

WLAN-verkon kaksikanavaiset tukiasemat käyttävät molempia, sekä 2.4 GHz:in ja 5 GHz:in, kanavia. Päätelaitteista 30% käyttivät 5 GHz:in taajuusalueita, joka tarjoaa suuremman kapasiteetin kuin 2.4 GHz:in taajuusalue. Kapasiteetin kannalta verkolle on aina parempi mitä suurempi prosentti päätelaitteista käyttää 5 GHz:in taajuusalueita.

Tarvittavien tukiasemien määrä per kerros laskettiin käyttämällä Revolution Wi-Fi Predictive WLAN Capacity Plan -laskentaohjelmaa, johon mitoitustutkimuksissa saadut arvot laitettiin. Myöhemmin sama mitoitus tehtiin vielä Ekahau Site Survey with Planner -ohjelmalla, jolla saatiin hyvin samanlainen tulos kuin Revolution Wi-Fi ohjelmalla. Käyttäjämäärässä otettiin myös huomioon mahdolliset verkkoon tulevat henkilökunnan kannettavat tietokoneet. Ohjelma laski yhden tukiaseman per kerros riittävän juuri ja juuri kattamaan käyttäjien tarvitseman kapasiteetin. Yksi tukiasema ei kuitenkaan pystyisi kattamaan kokonaan yhden kerroksen kuuluvuutta, joten päädyttiin kahteen tukiasemaan per kerros. Kaksi tukiasemaa pystyy kattamaan koko kerroksen signaalin kuuluvuuden, jonka minimi voimakkuudeksi oli päätetty -67 dBm, lisäksi kaksi tukiasemaa pystyy helposti kattamaan nykyisen kapasiteetin tarpeen ja jättää vielä varaa kasvavalle käyttäjämäärälle.

H-siivessä oli valmiiksi joka toisessa kerroksessa kaksi tukiasemaa ja joka toisessa yksi, joten kerroksiin joissa oli vain yksi tukiasema lisättiin toinen tukiasema. Samalla kaikkien H-siiven tukiasemien sijoitusta muutettiin. Tukiasemat olivat aikaisemmin olleet välikatonsisäisiä asennettuja, mutta tämä oli aiheuttanut tukiasemien ylikuulumista H-siiven eri kerroksiin. Ylikuuluminen johtui välikatossa kulkevista metallirakenteisista kaapelikouruista, joiden viereen WLAN-tukiasemat oli sijoitettu. Tukiasemat päätettiin kapasiteettiudistuksen yhteydessä sijoittaa välikatonsisäiseltä ulkopuolelle, jotta WLAN-signaalit eivät kulkeutuisi kaapelikouruja pitkin.

Kun tukiasemat oli sijoitettu uudelleen, tehtiin yhdessä H-siiven kerroksessa site survey -kartoitus (liite 4), jolla voitiin todeta signaalin kuuluvuuden parantuneen kerroksen päädyissä olevissa tiloissa sekä keskellä olevissa henkilökunnan tiloissa. Kuuluvuusmittauksen perusteella päätettiin tukiasemasijoittelu toteuttaa samalla tavalla

muihinkin H-siiven kerroksiin. Kun H-siiven kapasiteettimitoituksen todettiin toimivan päätettiin mitoitus tehdä myös C- (Liitteet 5 ja 6) ja G-siipiin.

6 POHDINTA

WLAN-verkon uudistaminen tuli ajankohtaiseksi TAMKissa kun langatonta työntekijäverkkoa oltiin lisäämässä WLAN-verkkoon. Lähtötilanne projektia aloittaessa olisi voinut olla huonompikin. Osa TAMKin WLAN-tukiasemista oli lievästi ylikuormitettu ja kuuluvuus paikoitellen heikko. Käyttäjille ei paikoin ollut tarjolla hyvää yhteyttä ja paikoin yhteyttä ei saanut ollenkaan.

Laskettujen ja mitattujen tulosten perusteella verkon kapasiteetin tulisi riittää helposti tämän hetkisille ja tuleville käyttäjämäärille. Mikäli käyttäjämäärät jossain vaiheessa ylittävät nykyisen kapasiteetin voidaan kapasiteettia suhteellisen helposti lisätä lisäämällä tukiasemia kerroksiin. WLAN-verkon mitoittaminen tuleville käyttäjämäärille oli työn tärkein tavoite ja samalla parannettiin verkon kuuluvuutta monissa kerroksissa. Lisäksi luotiin hyvä pohja kapasiteettipohjaisen mitoituksen jatkamiselle loppuihin TAMKin siipirakennuksiin ja tarpeen vaatiessa muihinkin TAMKin toimipisteisiin.

Jos tulevaisuudessa TAMKille tulee tarve päivittää WLAN-laitteet tukemaan vain 5 GHz:in taajuuskanavaa käyttävää n- ja ac-standardia, pitäisin muutoksen sujua ongelmitta. Nykyisillä ja mahdollisesti tulevilla laitteilla olisi lähes sama signaalin kuuluvuusalue. Toistaiseksi ac-standardi on kuitenkin erittäin harvinainen päätelaitteissa.

LÄHTEET

Air-stream.org [www-sivu]. Luettu 01.05.2015

<http://www.air-stream.org.au/technical-references/24-GHz:in-wireless-lan-channels-selections>

Aerohive Planner [www-sivu] Luettu 25.2.2015

<http://www.aerohive.com/planner>

Connectblue.com [www-sivu] Luettu 02.05.2015

http://www.connectblue.com/fileadmin/Connectblue/Web2006/Images/Press_Image_downloads/WLAN_frequencies_-_5GHz:in_and_2-4GHz:in.jpg

Deploying High Density Wi-Fi. Ruckus. [www-sivu]. Luettu 27.04.2015

<http://c541678.r78.cf2.rackcdn.com/appnotes/bpg-high-density-enterprise.pdf>

High-Density Wi-Fi Design Principles. Aerohive.com [www-sivu]. Luettu 01.05.2015

<http://www.aerohive.com/pdfs/Aerohive-Whitepaper-Hi-Density%20Principles.pdf>

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

IEEE 802.11 standards tutorial. Radio-Electronics.com. [www-sivu]. Luettu 21.3.2015

<http://www.radio-electronics.com/info/wireless/wi-fi/ieee-802-11-standards-tutorial.php>

IEEE 802.11-2012 –standardin julkaisu. 2012 [www-sivu]. Luettu 21.3.2015.

<http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.11-2012.pdf>

Puska, M. 2005. Langattomat lähiverkot. Helsinki: Talentum

Revolution Wi-Fi Planner [www-sivu]. Luettu 12.03.2015

<http://www.revolutionwifi.net/>

Site Survey -ohjelmia [www-sivu]. Luettu 20.04.2015

http://en.wikipedia.org/wiki/Comparison_of_wireless_site_survey_applications

Wireless Solution, Wlan suunnitteluohjelmia.[www-sivu] Luettu 01.05.2015

<http://www.wirelessdmx.com/download/tools>

Wi-Fi Capacity Analysis for 802.11ac and 802.11n. Ekahau.com [www-sivu]. Luettu

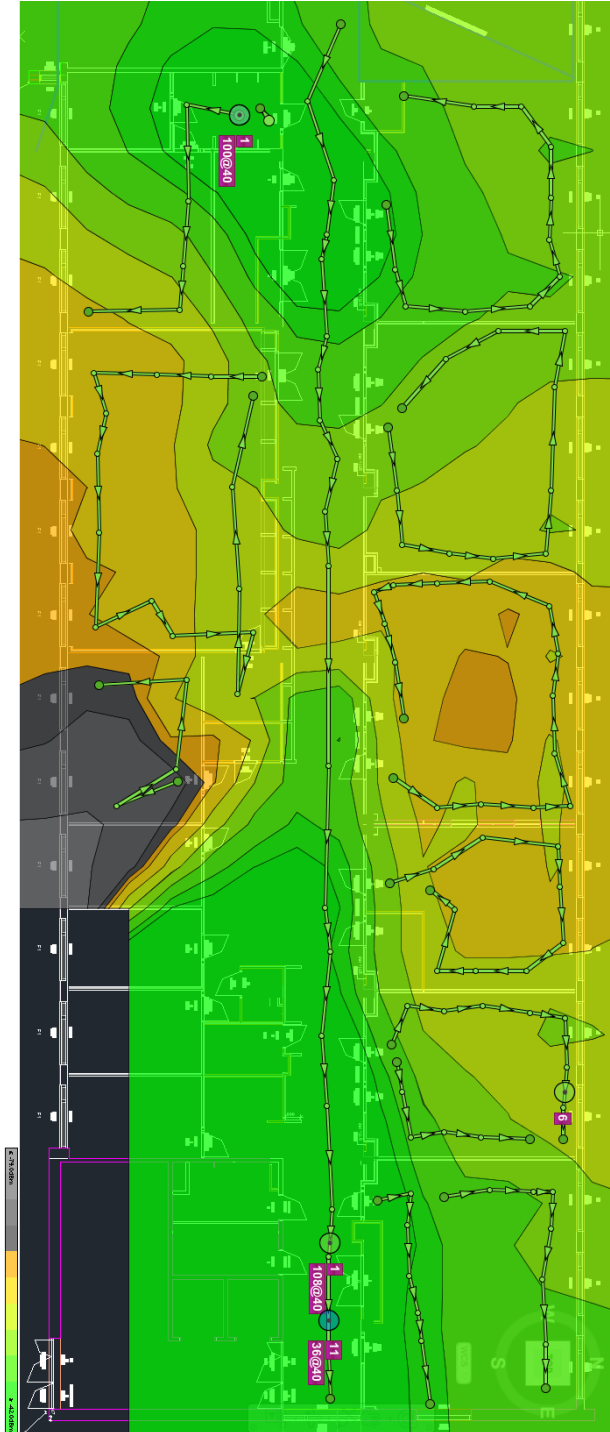
17.04.2015 http://www.ekahau.com/userData/ekahau/wifi-design/documents/ESS_Capacity_Analysis-Whitepaper-2013.pdf

WLAN Planning Utility - FortiPlanner [www-sivu] Luettu 05.05.2015

<http://www.fortinet.com/products/fortiap/WLAN-fortiplanner.html>

LIITTEET

Liite 1. Signaalin kuuluvuus H0-kerroksessa ennen tukiasemien uudelleen sijoittelua



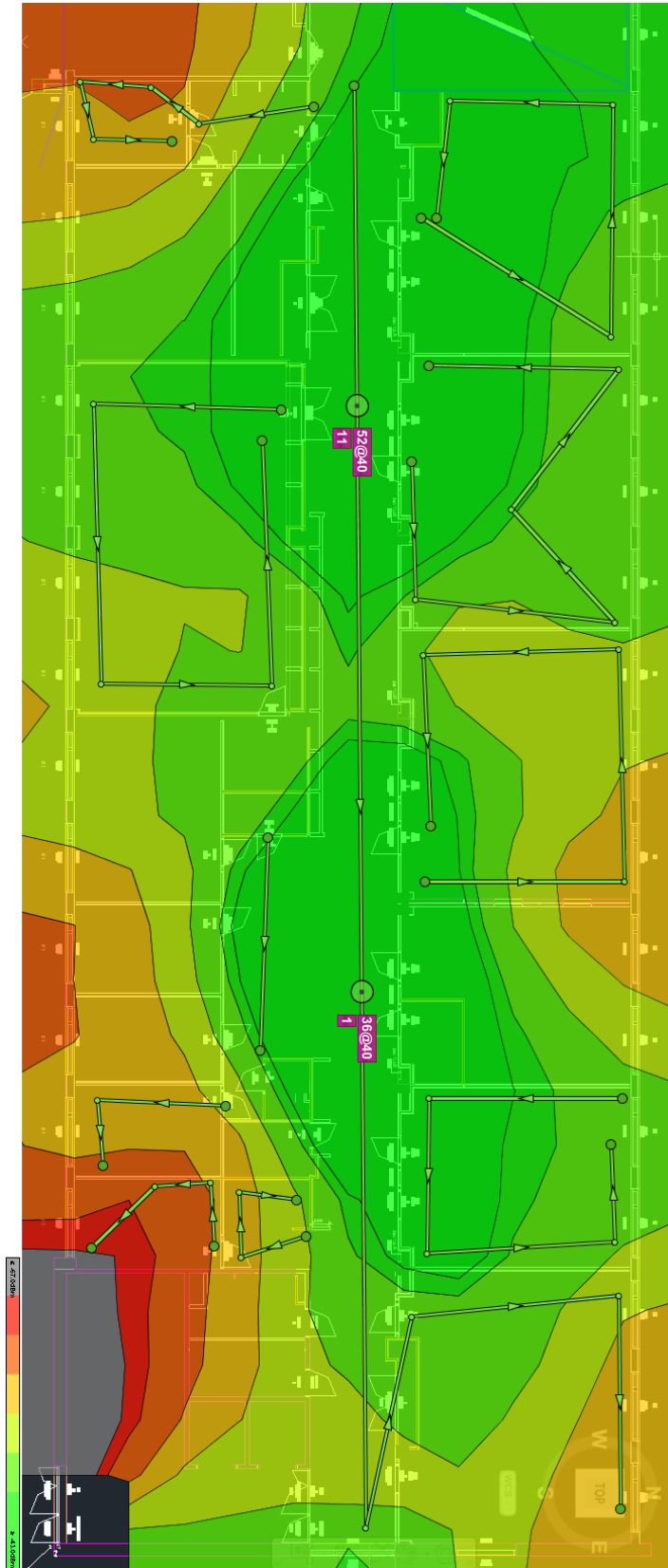
Liite 2. Ekahau ESS with Planner-ohjelman suunnittelema signaalinkuuluvuus H0-kerroksessa



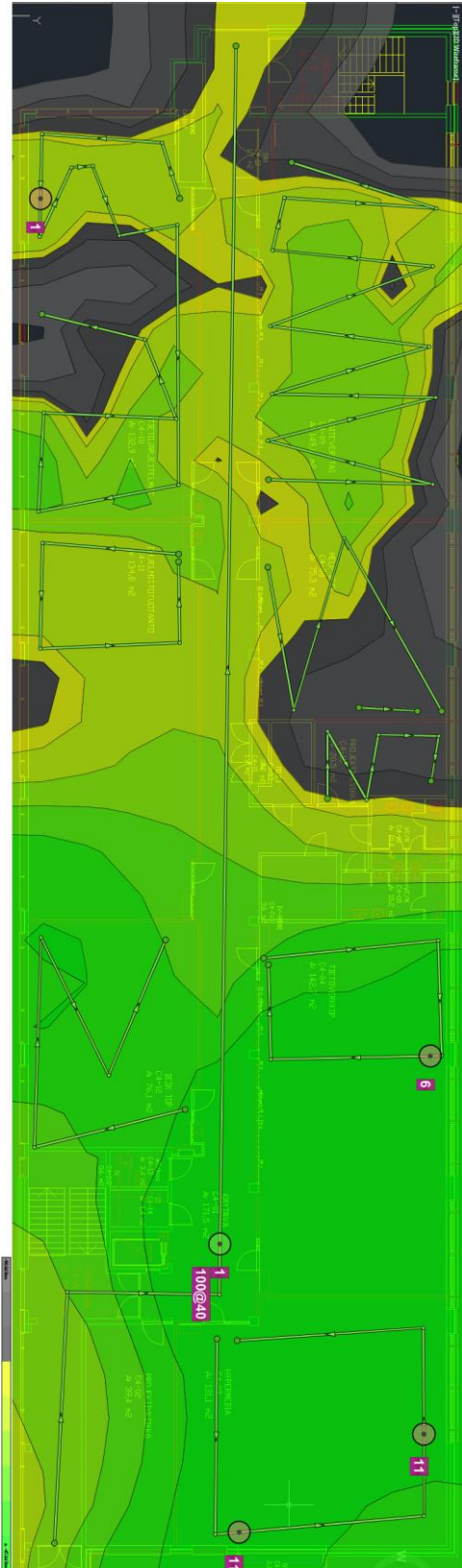
Liite 3. Mitoitetun kapasiteetin tila-kartta H0-kerroksessa



Liite 4. Signaalinvoimakkuus jälkeen tukiasemien uudelleensijoituksen H0-kerroksessa



Liite 5. Signaalin kuuluvuus C4-kerroksessa



Liite 6. Suunniteltu signaalin kuuluvuus C4-kerroksessa

