

Jussi Yliniemelä

Aruba Instant -tukiasemat palveluna

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Tietotekniikka

Insinöörityö

29.4.2015

Tekijä(t) Otsikko	Jussi Yliniemelä Aruba Instant -tukiasemat palveluna
Sivumäärä Aika	47 sivua + 0 liitettä 29.4.2015
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Tietotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Tietoverkot
Ohjaaja(t)	Lehtori Jukka Louhelainen Tekninen konsultti Pasi Tarvainen
<p>Tässä opinnäytetyössä tutustuttiin Aruban Instant -tukiasemiin, Airwave-verkonhallintapalvelimeen sekä näillä kahdella komponentilla toteutettuun langattoman verkon palveluun. Yleisen tutustumisen lisäksi haettiin vaihtoehtoisia ratkaisuja Airwave-verkonhallintapalvelimeen vierailijaverkkojen hallintaan sekä langattomien verkkojen raportointiin.</p> <p>Teoriaosuudessa käytiin läpi langattomien verkkojen historia, tutustuttiin uusimpaan IEEE:n 802.11ac-standardiin sekä käytiin läpi erilaisia langattomien verkkojen hallintamuotoja. Instant-tukiasemien tärkeimmät ominaisuudet esiteltiin kattavasti sekä Airwave-verkonhallintapalvelimen ongelmakohtiin esitettiin vaihtoehtoisia ratkaisuja. Lopussa käytiin läpi IT-palveluntuotantoa sekä mietittiin palvelun etua asiakkaalle.</p> <p>Työn tuloksena saatiin esittely Instant-tukiasemien ominaisuuksista sekä kaksivaihtoehtoista ratkaisua raportointijärjestelmään sekä yksi vaihtoehtoinen ratkaisu vierailijaverkkojen toteutukseen. Raportointijärjestelmään esitettiin vaihtoehtoina ulkoista raportointipalvelinta, johon tieto kerättäisiin eksportoimalla CSV-tiedostoja ja prosessoimalla ne haluttuun muotoon. Toisessa vaihtoehdossa hyödynnettäisiin Airwave-palvelimen XML API -rajapintaa, jonka avulla dataa voitaisiin kerätä ulkoiselle palvelimelle ja hyödyntää erillisessä raporttiportaalissa tai muodostaa erillisiä raportteja datan pohjalta. Vierailijaverkkojen toteutukseen esitetään Aruba Clearpass policymanagerin käyttöönottoa sekä testausta palveluympäristössä.</p> <p>Tästä insinööriyöstä jatkettavaksi jää Aruban Clearpass policy managerin implementointi sekä testaaminen palveluympäristössä ja ulkoisen raportointijärjestelmän kehittäminen ja siirtäminen tuotantoon.</p>	
Avainsanat	Aruba, Instant, Airwave, Wlan-palvelu

Author(s) Title	Jussi Yliniemelä Aruba Instant accesspoints as service
Number of Pages Date	47 pages + 0 appendices 29 April 2015
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Information Technology
Specialisation option	Data Networks
Instructor(s)	Jukka Louhelainen, Senior Lecturer Pasi Tarvainen, Technical Consultant
<p>The main purpose of this thesis was to get familiar with the Aruba Instant product family and its capabilities, Airwave network management server and to explore how these two components are used in a wireless LAN service environment. Besides the overall familiarization the goal was to find alternative solutions to guest network management and reporting system that are included in the Airwave software.</p> <p>Theoretical part covers the wireless LAN history and the latest IEEE 802.11ac wireless LAN standard also including different wireless LAN management architectures. Key functions of the Instant accesspoints are widely presented and also alternative solutions to Airwave reporting and guest network management are introduced. The final section handles the IT-service management and deliberation of advantages in wireless LAN services.</p> <p>As a result we got clear view of the Instant accesspoint technology and two options for the reporting system of Airwave and one option for the guest network management. First alternative solution to reporting system is to implement external reporting server where all reports would be exported as CSV format and then processed into desirable format. Second solution is to use Airwaves XML API interface to query data and use it in a report portal or to make processed reports from it. Alternative solution for the guest network management is to implement Aruba Clearpass policy manager.</p> <p>To continue from this thesis there are two components to develop and test in the future. Implementation and testing of Aruba Clearpass policy manager in the service environment and development of external reporting system and moving it in to the service production.</p>	
Keywords	Aruba, Instant, Airwave, Wlan as service

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Langattomat lähiverkot	2
2.1	IEEE 802.11-topologiat	3
2.1.1	IBSS	3
2.1.2	BSS	4
2.1.3	ESS	5
2.2	Siirto- sekä fyysisenkerroksen toiminta	6
2.2.1	Siirtokerros	6
2.2.2	Fyysinen kerros	8
2.3	802.11-Standardit	8
2.4	802.11ac	10
2.4.1	OFDM	11
2.4.2	Kantoaaltojen modulointi	12
2.4.3	MCS	13
2.4.4	MIMO	14
2.4.5	Teoreettiset tiedonsiirtonopeudet	15
2.5	Wlan-verkkojen hallinta	16
2.5.1	Autonomiset tukiasemat	16
2.5.2	Kontrolleripohjainen hallinta	17
2.5.3	Pilvihallinta ja virtuaalikontrollerit	18
3	Aruba Instant	20
3.1	Tietoa Arubasta	20
3.2	Aruba Instant-tukiasemat	20
3.2.1	Instant-tukiaseman käyttöönotto	20
3.2.2	Instant-klusteri	22
3.2.3	Masterin valintaprotokolla	23
3.3	Instant-tukiaseman ominaisuuksia	25
3.3.1	Adaptive radio management	25
3.3.2	Aruba Clientmatch	26
3.3.3	AppRF	27
3.3.4	AP zone	28
4	Aruba Airwave	30

4.1	Laitteiden hallinta	30
4.2	Monitorointi	31
4.3	Raportit	32
4.4	Vierailijaverkkojen toteutus	35
5	Tukiasemat palveluna	38
5.1	ITIL-palvelumalli	38
5.1.1	Palvelutasonhallinta	38
5.1.2	Saatavuudenhallinta	39
5.1.3	Jatkuvuudenhallinta	39
5.1.4	Kapasiteetinhallinta	40
5.2	Resolute Wlan-palvelu	40
5.3	Palveluprosessit käytännössä	40
5.4	Palvelun edut asiakkaalle	41
6	Yhteenveto	44
	Lähteet	45

Lyhenteet

ARS	Adaptive Rate Selection. Tekniikka, joka mahdollistaa tiedonsiirtonopeuksien adaptiivisen mukautumisen radiotien olosuhteisiin.
CCK	Complementary Code Keying. 802.11b-standardissa käytetty modulointitekniikka.
CLI	Command-Line Interface. Tekstipohjainen käyttöliittymä sovellusten ja laitteiden hallintaan.
CSMA/CA	Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance. Langattoman siirtotien varaukseen käytetty menetelmä.
DCF	Distributed Coordination Function. Perääntymisajan määrittävä algoritmi CSMA/CA-tekniikassa.
ETSI	European Telecommunications Standards Institute. Eurooppalainen standardisointijärjestö.
FHSS	Frequency Hopping Spread Spectrum. Taajuushyppely on metodi, jossa radiosignaaleja lähetetään nopeasti vaihtuvilla radiotaajuuksilla.
GUI	Graphical User Interface. Graafinen käyttöliittymä sovellusten ja laitteiden hallintaan.
HiperLAN	ETSI:n kehittämä langattomien verkkojen standardi.
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers. Kansainvälinen standardointiorganisaatio.
ISM	Industrial, Scientific and Medical –band. Taajuuskaista, jonka käyttäminen ei tarvitse erillistä viranomaislupaa.
LLC	Logical Link Control. OSI-mallin tasolla 2 oleva välikerros, joka toimii rajapintana verkkokerroksen ja MAC-kerroksen välillä.

MCS	Modulation and Coding Scheme. Modulaatio- ja koodaus suunnitelma
OFDM	Orthogonal Frequency-Division Multiplexing. Signaalien modulointitekniikka, jossa tietoa siirretään useilla toisiaan häiritsemättömillä alitaajuuskanavilla yhtä aikaa.
OSI	Open Systems Interconnection Reference model. Seitsemänkerroksinen viitekehysmalli eri tiedonsiirtoprotokollille
PSK	Phase Shift Keying. Modulointitekniikka, jossa tieto siirretään vaiheen muutoksina kantoaallossa.
QAM	Quadra Amplitude Modulation. Signaalien modulointitekniikka, jossa data siirretään amplitudin ja vaiheen muutoksina kantoaallossa.
QoS	Quality Of Service. Käsite, jota käytetään kuvaamaan suorituskykyä tietoliikenneverkoissa.
U-NII	Unlicensed National Information Infrastructure. Lisensoimaton 5 GHz:n taajuuskaista, jonka käyttöä on aluekohtaisesti rajoitettu.
UHF	Ultra High Frequency. Taajuuskaista 300 Mhz - 3000 Mhz.
WAN	Wide Area Network. Verkko, joka kattaa maantieteellisesti suuren alueen.
WLAN	Wireless Local Area Network. Langaton lähiverkko.

1 Johdanto

Tässä opinnäytetyössä tutustutaan Aruban Instant -tukiasemiin, Airwave-verkonhallintapalvelimeen sekä näiden avulla toteutettuun langattoman verkon palveluun. Työ tehdään toimeksiantona Resolute ISMS Oy:lle.

Kasvava trendi BYOD (Bring Your Own Device) -ratkaisujen sekä mobiililaitteiden määrässä on kasvattanut tarvetta ja kysyntää yritystason langattomille verkoille. Yrityksissä joudutaan tasapainottelemaan kustannusten, suorituskyvyn sekä ominaisuuksien välillä hankittaessa langatonta verkkoa. Useasti kompromisseja joudutaan tekemään kustannusten ja hallinnollisen taakan välillä. Aruban Instant-tukiasema tuoteperhe on kehitetty tarjoamaan ratkaisua yrityksille, jotka tarvitsevat suorituskykyistä yritystason langatonta verkkoa mahdollisimman helposti ja kustannustehokkaasti.

Työn tavoitteina on saada selkeä käsitys Instant-tukiasemien toiminnasta ja ominaisuuksista sekä tutustua Airwave-verkonhallintapalvelimeen ja siihen, kuinka sitä hyödynnetään palvelukokonaisuudessa. Instant-tukiasemien kohdalla on tarkoitus tutustua yleisesti toimintaan sekä pääominaisuuksiin, Airwave-verkonhallintapalvelimen kohdalla tavoitteena saada selkeä käsitys yleisestä toiminnasta sekä hallinnasta keskittyen myös muutamaan kehitystä vaativaan seikkaan, jotka ovat vierailijaverkkojen hallinta ja toteuttaminen sekä raportointi langattomien verkkojen toiminnasta. Lopuksi on tarkoitus tehdä lyhyt katsaus ICT-palvelutuotantoon ja siihen liittyen pohtia WLAN-palvelun etuja ja prosesseja niin teoriassa kuin käytännössä.

2 Langattomat lähiverkot

Langattomat lähiverkot (WLAN, Wireless local area network) ovat verkkoja, joissa tiedonsiirtoon käytetään fyysisten siirtomedioiden kuten kuparikaapelin tai valokuidun sijasta korkeataajuisia radioaaltoja. Wlanin avulla voidaan joko luoda kokonaan omia verkkoja tai laajentaa olemassa olevaa kiinteää verkkoa. Käytössä olevat langattomat verkot käyttävät 2,4-2,5 GHz ISM (industrial, scientific and medical) ja 5,470-5,725 GHz U-NII (Unlicensed National Information Infrastructure) -taajuusalueita. Kyseiset taajuusalueet on tarkoitettu teolliseen, tieteelliseen ja lääketieteelliseen käyttöön eikä niiden käyttö tarvitse erillistä viranomaislupaa. [1; 2.]

Ensimmäinen julkiseen käyttöön tarkoitettu langattomantiedonsiirtomenetelmä, ALOHAnetin, kehitys alkoi vuonna 1968. ALOHAnet oli Havaijin yliopiston tutkijan Norman Abramsonin ja hänen työryhmänsä kokeellinen tutkimus, jossa tutkijat halusivat muodostaa tiedonsiirtoyhteyden eri saarilla sijaitsevien kampusten välille. Vuonna 1971 ALOHAnet oli virallisesti toiminnassa ensimmäistä kertaa siirtäen dataa 9,6 kbit/s nopeudella. ALOHAnet käytti kahta 100 kHz:n radiokanavaa UHF-taajuuskaistalla, joista toinen oli uplink-saarilla sijaitsevilta etäkoneilta Honolulun pääkampuksella sijaitsevalle keskuskoneelle ja toinen downlink Honolulusta etäkoneille. ALOHAnetin toimintaperiaate oli se, että kaikki etäkoneet saivat lähettää tietoa ilman, että radiotietä täytyi varata. Keskuskone lähetti etäkoneille kuittauksen, kun paketit saapuivat perille. Jos keskuskone ei lähettänyt kuittausa, etäkone odotti satunnaisen kestoisen ajan ja lähetti tiedot uudelleen. Kuittausmekanismia hyödynnettiin havaitsemaan ja korjaamaan samanaikaisia lähetyksiä ja joka sittemmin toimi pohjana tuleville langattomille tiedonsiirtoratkaisuille. [3; 4.]

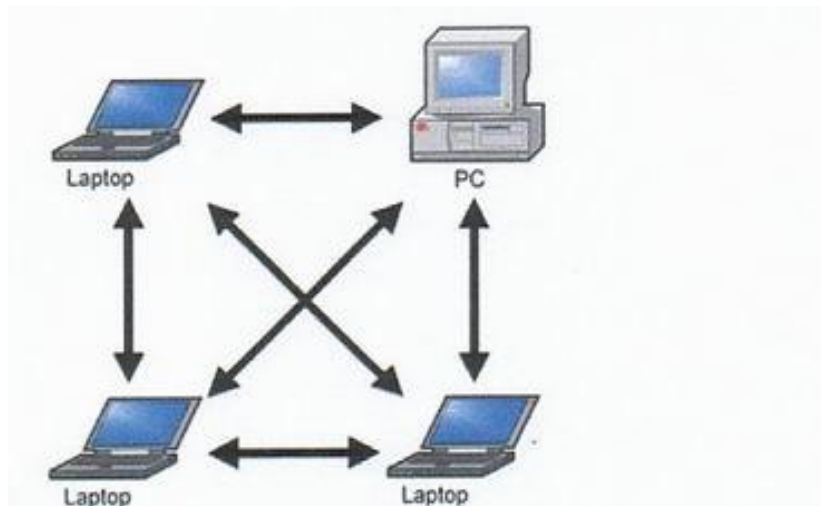
Langattomien verkkojen, jotka tunnemme nykyään, alkuajat sijoittuvat 1980-luvun puoliväliin, jolloin tekniikat ja toteutustavat olivat laitevalmistajakohtaisia ja tuotteiden ja tuoteperheiden tulevaisuus oli epämääräisten lupausten varassa, koska yhtenäistä toimintamallia, standardia, kukaan ei ollut määritellyt. Niinpä IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers) perusti vuonna 1990 standardointiryhmän, joka vuonna 1997 julkaisi 802.11-standardin. Sittemmin 802.11-standardi on vuosien varrella saanut useita lisäyksiä, joilla on kasvatettu siirtonopeuksia, palvelun laatua sekä tietoturvasuutta. [5, s. 25]

Toinen langattomille lähiverkoille kehitetty standardi, HiperLAN, on ETSI:n (European Telecommunications Standards Institute) vuonna 1998 julkaisema standardi. HiperLAN ei koskaan saanut suurta suosiota laitevalmistajien keskuudessa ja myöhemmän julkaisemisajankohdan johdosta jäi jo alkuaikoina 802.11-standardin jalkoihin. Laitevalmistajat omaksuivat 802.11-standardin paremmin omakseen myös siksi, että se muistutti jo olemassa olevia lähiverkkoja. [6]

2.1 IEEE 802.11-topologiat

2.1.1 IBSS

Yksinkertaisimmillaan langaton verkko voidaan muodostaa kahden päätelaitteen välille. Tällöin ensimmäinen päätelaite määrittelee radioparametrit ja yhteyden nimen, jolloin toisen päätelaitteen tarvitsee vain löytää verkko, liittyä ja säätää parametrit vastamaan toisiaan, jotta yhteys voidaan muodostaa. Tällaista verkkoa kutsutaan Ad hoc -verkoksi tai Peer to Peer -verkoksi. Ad Hoc -verkossa voi olla useampia päätelaitteita kuin kaksi, mutta kaikkien päätelaitteiden täytyy olla toistensa kuuluvuusalueella, jotta yhteydenpito on mahdollista.

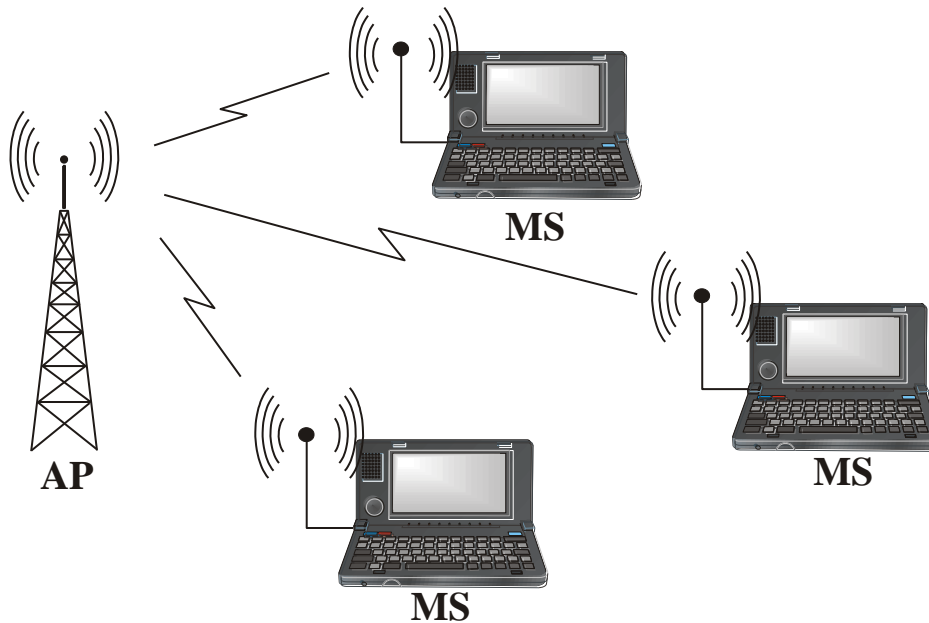


Kuva 1. Malli Ad Hoc -verkosta. [11]

Ad Hoc -verkko on nopea pystyttää ja se on IBSS (Independent Basic Service Set) -mallinen, mikä tarkoittaa sitä, että yhteyttä kiinteään verkkoon tai yhteiseen yhteyspisteeseen (AP, Accesspoint) ei ole. [12]

2.1.2 BSS

BSS (Basic service set) -topologiassa, suomennettuna peruspalveluryhmä, kaikki langattoman verkon päätelaitteet ovat yhteydessä yhteen ja samaan yhteyspisteeseen, jonka kautta kaikki liikenne kulkee.

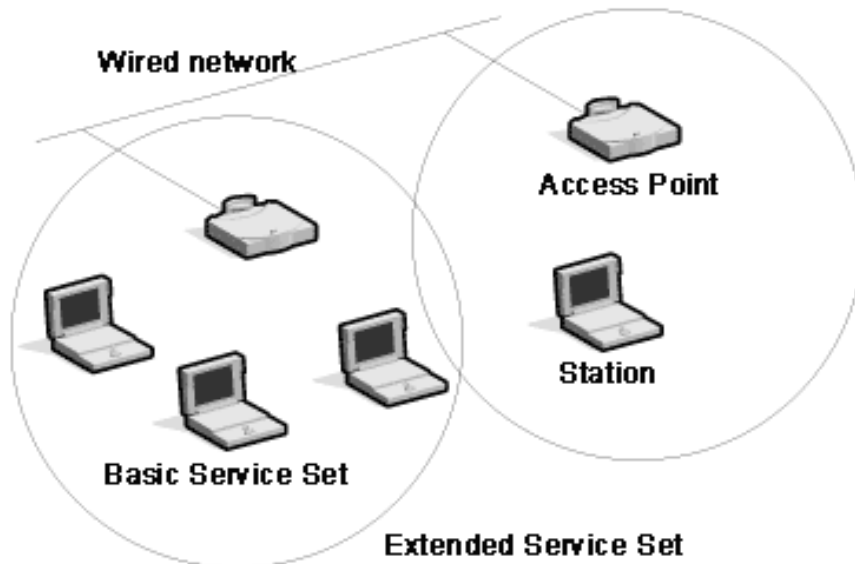


Kuva 2. Malli BSS-topologiasta. [4]

Jokaisella BSS:llä on oma BSSID (Basic service set identification), joka on kyseisen BSS-yhteyspisteen Mac-osoite. BSSID:n avulla yksittäiset peruspalveluryhmät voidaan erottaa toisistaan. Yksi peruspalveluryhmä voi kattaa vain rajoitetun alueen riippuen yhteyspisteen tekniikasta, lähetystehosta, antenneista sekä ympäristöstä, johon yhteyspiste sijoitetaan. Tällaista yhden yhteyspisteen kattavaa aluetta voidaan kutsua myös soluksi. Yksittäisen peruspalveluryhmän solu toimii peruspilarina laajennetulle peruspalveluryhmälle. [12]

2.1.3 ESS

Laajennetussa peruspalveluryhmässä (Extended service set) ryhmä BSS-soluja on yhteydessä toisiinsa käyttäen jakelujärjestelmää (DS, Distribution system). Jakelujärjestelmänä toimii yleensä kiinteä ethernet-lähiverkko. Tapauksissa, joissa kiinteään jakelujärjestelmän pystyttäminen ei ole mahdollista tai taloudellisesti järkevää, voidaan käyttää myös langatonta siltaa solujen välillä.



Kuva 3. Malli ESS-topologiasta.[13]

Yksittäisen peruspalveluryhmän tai laajennetun peruspalveluryhmän tukiasemat mainostavat näennäissäännöllisesti lähetettävissä majakkasanomissa verkon tunnusta SSID:tä (Service set identifier). SSID:n avulla samalla alueella olevat verkot voidaan erottaa toisistaan, ja käyttäjä voi päätelaitteellaan löytämistä verkoista valita sen, johon haluaa liittyä.

Kun laajennetun peruspalveluryhmän yksittäiset BSS:t ovat lomittain toistensa päällä, voidaan puhua soluverkosta. Tällöin verkon peitto kattaa alueita niin, että tukiasemin välille ei jää kuuluvuus katveita. Ongelmana on se, että soluverkkoa pystyttäessä täytyy huomioida tukiasemien toisilleen aiheuttama häiriö konfiguroitaessa tukiasemia. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että vierekkäiset tukiasemat asetetaan käyttämään radiokanavia, jotka eivät aiheuta toisilleen häiriötä. Soluverkon hyötynä on se, että päätelaitteet voivat liikkua solujen välillä ilman, että verkkoyhteys katkeaa. [1; 12.]

2.2 Siirto- sekä fyysisenkerroksen toiminta

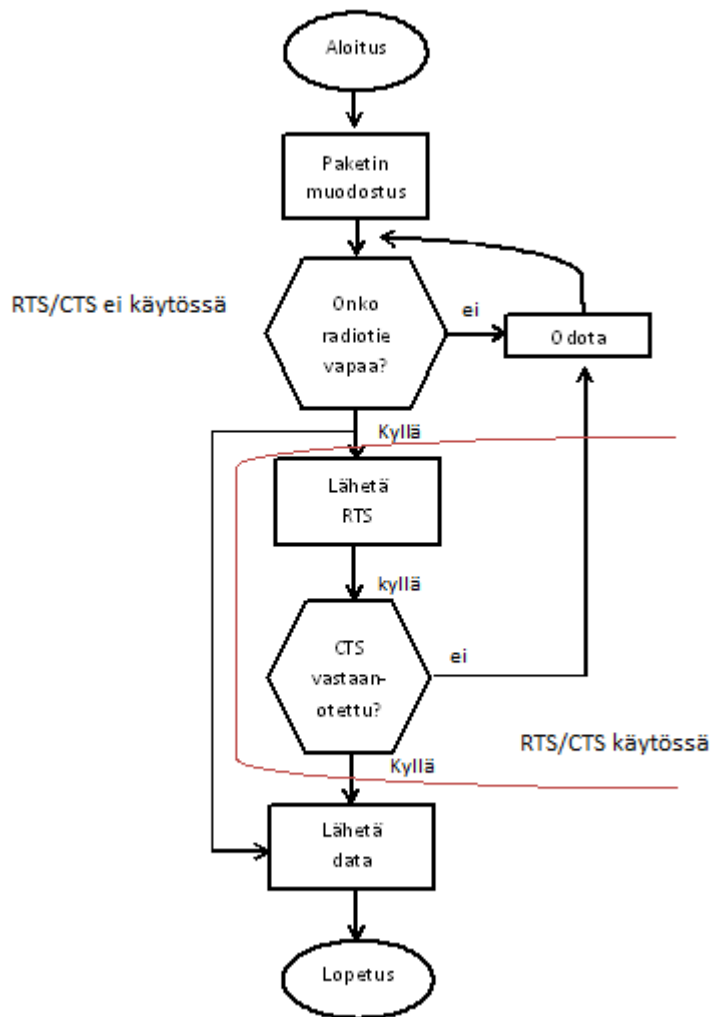
IEEE:n 802-standardit määrittelevät OSI-mallin (Open Systems Interconnection) kaksi alinta kerrosta, siirto- sekä fyysisenkerroksen. Näin ollen myös 802.11-wlan-standardien määritykset noudattavat kyseistä mallia.

2.2.1 Siirtokerros

Kaikki siirtokerroksen vastuualueeseen kuuluvat tehtävät on jaettu 802.11-standardissa MAC-alikerroksen ja siirtotien ohjauksen, LLC:n (Logical link control), välille. LLC vastaa eri verkkoprotokollien limityksestä (multiplexing). LLC kehystää verkkokerrokselta saapuvat paketit. LLC-kehysten otsikosta löytyy protokollan tunnus sekä ohjauskenttä. LLC toimii kaikissa IEEE 802 -standardeissa samalla tavalla tarjoten yhteisen rajapinnan IEEE 802- lähiverkkototeutuksille. [5, s. 25–26]

Mac-alikerroksen päätehtäviin kuuluu siirtotien varaus sekä LLC-pakettien pilkkominen pienempiin osiin, jotka kehystetään omiksi MAC-tietosähkeiksi (MPDU, Mac Protocol Data Unit). MPDU-kehys sisältää tiedot siirtotien varauksen kestosta, sekvenssitiedon pakettien uudelleenjärjestelyä varten sekä virheidentarkistussumman. LLC-paketit pilkotaan pienemmiksi kokonaisuuksiksi, koska pienempien kokonaisuuksien siirto radio-rajapinnassa on virheettömämpää. [14; 15. s. 254.]

Siirtotien vuoronvarauksessa käytetään CSMA/CA-mekanismia, joka toimii kuuntele ennen kuin lähetät -periaatteella. Lähettävä asema kuuntelee radiatorajapintaa fyysisesti sekä virtuaalisesti hakien MPDU-paketeista siirtotien varaukseen ilmoitettuja arvoja. Kuunteleva asema asettaa itselleen NAV (network allocation vector)-arvon saadessaan tiedon, kuinka kauan siirtotie on varattu ja odottaa kyseisen ajan ennen kuin yrittää lähettää dataa. Kun NAV-arvo on nollassa, asema kuuntelee siirtotietä uudelleen odottaen DIFS (DCF Inter Frame Space) -viiveen verran varmistaakseen, että siirtotie on vapaa lähetystä varten. DIFS on siis aika, jonka tukiasemien pitää kuunnella radiotietä varmistuakseen, että se on vapaa lähetystä varten. Kuitenkin, jotta välttyttäisiin useamman tukiaseman samanaikaisilta lähetyksiltä, DCF (Distributed Coordination Function) määrittelee satunnaisen odotusajan (Random backoff), jonka lähetysvuoroa hamaavan tukiaseman täytyy odottaa ylimääräistä, jotta lähetyks on sallittu. Ilman satunnaisuuttajaa kaikki lähetysvuoroa odottavat tukiasemat lähettäisivät samalla sekunnilla, jolloin syntyisi pakettien yhteentörmäyksiä. [16]



Kuva 4. Yksinkertaistettu vuokaavio CSMA/CA:n toiminnasta.

Tässä vaiheessa mukaan tulee RTS/CTS (Request to send / Clear to send) -mekanismi, joka ei ole pakollinen 802.11-standardissa, mutta on erittäin hyödyllinen estämään pakettien törmäykset erityisesti piiloasemaongelmassa (Hidden node problem). Piiloasemaongelma syntyy, kun kaksi päätelaitetta keskustelelee saman yhteyspisteen kanssa, mutta eivät kuule toisiaan. Tällöin päätelaite voi olettaa, että siirtomedia on vapaa (idle), vaikka toisella puolella yhteyspisteen solua toinen päätelaite keskustelelee yhteyspisteen kanssa. RTS/CTS-mekanismi ratkaisee ongelman siten, että lähetysvuoroa haluavan päätelaitteen pitää lähettää Request to send -paketti yhteyspisteelle. Päätelaite ei saa lähettää paketteja ennen kuin yhteyspiste vastaa Clear to send -paketilla. RTS/CTS-mekanismi vastaa vuoronvarauksen collision avoidance (suom. törmäysten välttämien) -osuudesta. [5, s.26–28]

2.2.2 Fyysinen kerros

OSI-referenssimalli muodostuu seitsemästä kerroksesta. Alin niistä on fyysinen kerros, jonka tehtävänä on määrittää, kuinka yksittäiset bitit, raakadata, viedään siirtomedian yli sisältäen bittien ajoituksen, signaalikoodauksen sekä millaista siirtomedialla käytetään. 802.11-standardeissa fyysinen kerros on jaettu kahteen alikerrokseen. Alin kerros, PMD (Physical medium dependent) määrittää kanavointitavat, moduloinnin, sekä vastaa datan lähetyksestä että vastaanottamisesta. [17]

Ylempänä fyysisen kerroksen alikerroksista operoi PLCP (Physical Layer Convergence Protocol), joka toimii välittäjänä MAC-alikerroksen ja fyysisen kerroksen välillä käyttäen ohjeistavia komentoja. Kun MAC-alikerros välittää käskyn, PLCP valmistelee MPDU:t (mac protocol data unitit) lähetystä varten. Kyseinen prosessi minimoi riippuvuussuhteen MAC-alikerroksen ja fyysisentason PMD-kerroksen välillä, kun PLCP järjesteele MPDU:t sellaisiin kehyskokonaisuuksiin, jotka PMD-alikerros voi lähettää siirtomedialla käyttäen. Käytännössä PLCP lisää MPDU-paketteihin PLCP headerin, jolloin muodostuu PPDU (PLCP protocol data unit), josta yleisimmin käytetään nimitystä PSDU (physical service data unit) puhuttaessa fyysisen tason operaatioista. PLCP header sisältää tietoa käytetystä moduloinnista, siirtonopeudesta sekä PSDU:n koosta. Kyseinen prosessi toimii myös toiseen suuntaan, eli PLCP välittää PMD:ltä saapuvat paketit MAC-alikerrokselle. [5, s28; 16; 17.]

2.3 802.11-Standardit

Useimmat käytettävissä olevat langattomat lähiverkot perustuvat IEEE:n 802.11-työryhmien standardeihin. Ohessa on taulukko, johon on merkitty merkittävimmät 802.11-työryhmien standardeista, niissä käytettyjä teknisiä toteutuksia sekä tiedonsiirtonopeudet, joihin kyseisen standardin määrittelemällä tekniikalla voidaan päästä. Siirtonopeustaulukosta huomaa hyvin, kuinka tarve langattomalle siirtokapasiteetille on kasvanut vuosien varrella uusien päätelaitteiden sekä sovellutuksien myötä. Tekniikoiden kehittyminen ja komponenttien hintojen aleneminen on mahdollistanut suuret harppaukset tiedonsiirtonopeuksissa viimeisten vuosien aikana.

Taulukko 1. IEEEEN: julkaisemia 802.11-standardeja.

Julkaistu	Standardi	Taajuus	Kaistanleveys	Modulaatio	Antenni tekniikka	Tiedonsiirto kapasiteetti
1997	802.11	2,4 GHz	20 MHz	DSSS,FHSS	-	2 Mbits/s
1999	802.11b	2,4 GHz	20 MHz	CCK,DSSS	-	11 Mbits/s
1999	802.11a	5 GHz	20 MHz	OFDM	-	54 Mbits/s
2003	802.11g	2,4 GHz	20 MHz	DSSS,OFDM	-	54 Mbits/s
2009	802.11n	2,4 & 5GHz	20 & 40MHz	OFDM	MIMO	600 Mbits/s
2013	802.11ac	5 GHz	40,80,160 MHz	OFDM	MIMO	6,9 Gbits/s

Ensimmäisessä vuonna 1997 julkaistussa 802.11-standardissa päästiin yhden ja kahden Mbits/s tiedonsiirtonopeuteen käyttäen suorasekvenssihajaspektritekniikkaa, (DSSS, Direct Sequence Spread Spectrum) sekä taajuushyppelyä (FHSS, Frequency Hopping Spread Spectrum). Radiotien varaukseen käytetään CSMA/CA (Carrier sense multiple access with collision avoidance) -menetelmää, jonka tehtävänä on hallita radiotien käyttöä. Nopeasti havaittiin, että lisäkapasiteetti radiotielle olisi tarpeen, koska suurin osa raa'asta tiedonsiirtokapasiteetista uhrattiin CSMA/CA:n tuomaan luotettavuuteen radiotiellä. Näin ollen vuonna 1999 IEEE julkaisi 802.11a- ja b-standardit.

802.11b-standardin tukiasemilla saavutettiin 11 Mbits/s siirtonopeus käyttäen 2,4 Ghz:n taajuutta ja kehittyneempää CKK (Complementary Code Keying) -modulaatiota, joka mahdollisti suurempien bittimäärien siirron 20 MHz:n taajuuskaistaa käyttäen. 802.11b-standardissa käytettiin adaptiivista siirtonopeuden valintaa (ARS, Adaptive Rate Selection), joka mahdollisti tiedonsiirtonopeuden vaihtelut riippuen radiotien laadusta. Tiedonsiirtonopeus voitiin tiputtaa 5,5 Mbit/s:tä, kahteen ja aina yhteen megabittiin sekunnissa, jos radiotien olosuhteet vaativat suurempaa virheenkorjausta. 802.11b-standardi oli ensimmäinen laajalti omaksuttu langaton lähiverkkostandardi. [7, s. 56]

802.11a-standardi julkaistiin samana vuonna kuin 802.11b, mutta siinä esiteltiin kokonaan uusi taajuusalue ja OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) moduointitekniikka, joilla saavutettiin 54 Mbits/s tiedonsiirtonopeus. Vaikka 802.11a oli teknisesti 802.11b-standardia reilusti edellä, 802.11a:n ongelmaksi muodostui uusi taajuusalue, jolle piirien kehittämiseen liittyi paljon hankaluuksia sekä kalliit laitteiden hinnat ja näin ollen tukiasemien asennuskanta jäi huomattavasti pienemmäksi kuin b-standardin kohdalla. [8]

802.11g-standardin suunnittelu aloitettiin vuoden 2000 keväällä, jonka tarkoituksena oli tutkia teknisiä laajennuksia, jotka olisivat yhteensopivia 802.11b:n kanssa sekä joilla saavutettaisiin yli 20 Mbit/s siirtonopeudet. Lopputuloksena työryhmän toimista vuonna 2003 julkaistiin 802.11g-standardi, jolla päästiin samoihin nopeuksiin kuin 802.11a-standardissa, mutta taajuuskaistana käytettiin 2,4 GHz:n taajuutta sekä OFDM-modulaatiota. Huomattavasti alhaisemmat laitehinnat verrattuna edeltäjiinsä sekä taaksepäin yhteensopivuuden ansiosta, 802.11g sai hyvän vastaanoton jo reilusti ennen kuin standardi oli varsinaisesti ratifioitu. [9]

802.11g-standardin jälkeen vuonna 2009 julkaistiin 802.11n-standardi, jonka pohjana toimi tarve pysyä perässä alati kasvavien kiinteiden lähiverkkoyhteyksien mukana sekä tuoda luotettavampaa suorituskykyä radiotielle. 802.11n-standardi esitteli ensimmäistä kertaa moniantennitekniikan, 40 MHz:n taajuuskaistan sekä tekniikan, jossa MAC-alikerroksen pakettien hyötykuormaa kasvatettiin kehyksiä yhdistämällä. Uudistukset mahdollistivat jopa 600 Mbits/s siirtonopeuden fyysisellä tasolla. [10]

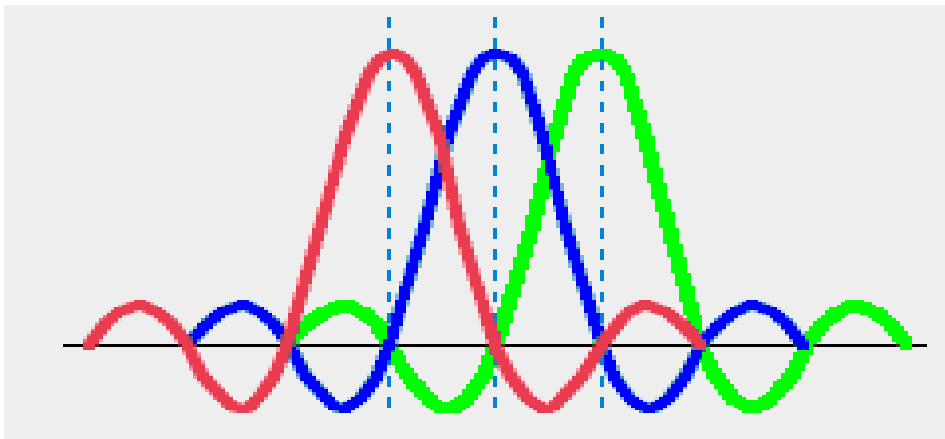
2.4 802.11ac

Viimeisin jäsen 802.11-standardiperheessä on 802.11ac, joka julkaistiin 2013 loppuvuodesta. Pohjana standardin luomiselle oli se, että alle 6 GHz:n taajuuksilla haluttiin päästä yhden Gbps/s nopeuksiin. 802.11ac on enemmän evoluution luoma jatko-osa 802.11n-standardille kuin vallankumouksellinen täysin uuden tekniikan toteutus. 802.11ac-standardi tuo uusina ominaisuuksina 80 MHz:n ja 160 MHz:n taajuuskaistat 5GHz:n taajuusalueella, 256-QAM-moduloinnin, parannellun moniantennitekniikan (MIMO, Multiple In, Multiple OUT) sekä kehittyneemmän radioaaltojen ohjausmenetelmän (Beamforming). [18]

802.11ac-standardi on määritelty ainoastaan 5 GHz:n taajuusalueella. Vain osa tämän taajuusalueen radiokanavista osuu lisensoimattömälle ISM-taajuusalueelle ja tästä johtuen erilaisia maakohtaisia rajoituksia on määritelty muille radiokanaville. Syynä rajoituksille ovat taajuusalueella toimivat tutkajärjestelmät, joiden toiminta voi häiriintyä muista taajuuskaistalla operoivista laitteista. Rajoitus voi olla lähetystehoon (TCP, Transmit Power Control) tai käyttöympäristöön liittyvä sekä voidaan vaatia dynaamista taajuuden valintaa (DFS, Dynamic Frequency Selection), jonka avulla tukiasemat hakevat radiokanavan, joka ei häiritse muuta toimintaa.

2.4.1 OFDM

OFDM on monikantaaltomodulointitekniikka, jossa taajuuskaista jaetaan pienempiin alikanaviin, joilla tietoa voidaan lähettää samanaikaisesti niin, että alikanavat eivät häiritse toisiaan. Alkanavien taajuusspektri valitaan siten, että yksittäisen alikantaallon amplitudin ollessa huipussaan, muiden alikantaaltojen amplitudi on nolla. OFDM:ssä käytetään nopeaa käänteistä Fourier-muunnosta muuntamaan lähetettävä tieto signaalien vaihteluiksi.



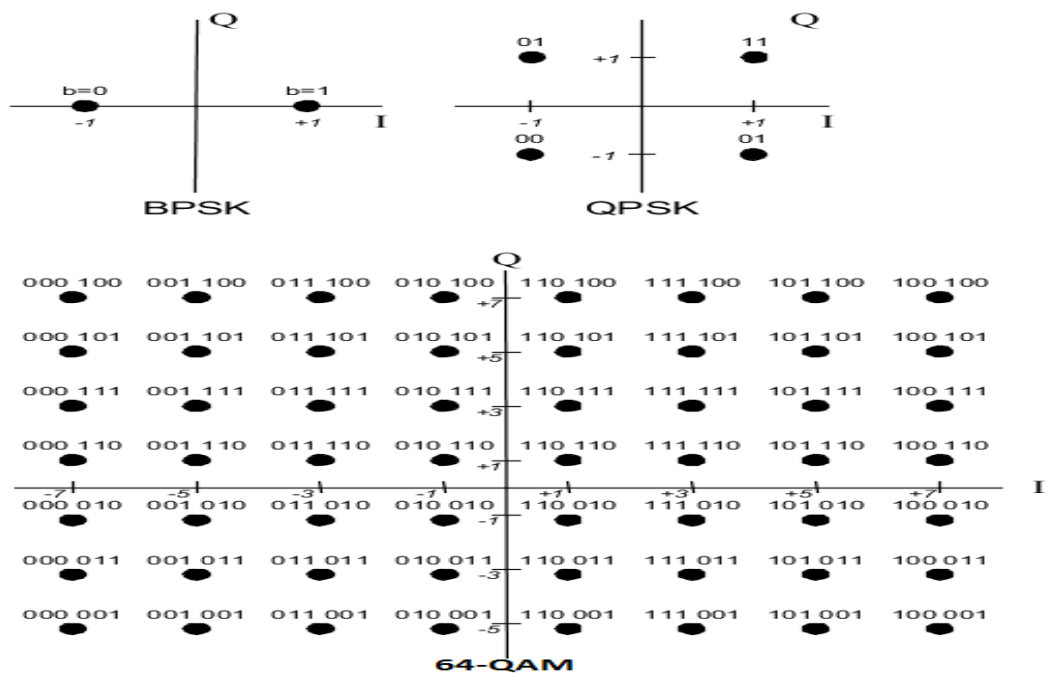
Kuva 5. OFDM-moduloituja kantaaltoja. [19]

Alikantaaltojen määrä riippuu siitä, kuinka isoa taajuuskaistaa käytetään. 80 MHz:n taajuuskaistalla alikantaaltoja on yhteensä 242 ja 160 MHz:n taajuuskaistalla 484 kappaletta. Jokaisella alikantaallolla on sama datansiirtokapasiteetti, jolloin kantaaltojen määrä korreloi suoraan datansiirtonopeuteen. Kaikkia alikantaaltoja ei käytetä datan siirtoon, vaan osa on niin sanottuja pilottiaaltoja (Pilot subcarrier), jotka on tarkoitettu erilaisten radioparametrien siirtoon. [18]

Alkanavien välissä ei käytetä varokaistoja, koska taajuusspektrit on valittu niin, että alikanavat eivät aiheuta häiriötä toisilleen. Kuitenkin signaalien monitie-eteneminen voi aiheuttaa häiriötä alkanavan sisällä. Näiden häiriöiden estämiseksi käytetään lähetettävien symbolien välissä varoaikaa GI (Guard Interval). Normaalisti varoaika on 800 nanosekuntia, mutta 802.11n- ja ac-standardeissa varoaika voidaan puolittaa tiedonsiirtonopeuksien kasvattamiseksi, tällöin puhutaan lyhyestä varoajasta SGI (Short Guard Interval). Lyhyen varoajan käyttäminen kasvattaa tiedonsiirtonopeutta noin 10 %, mutta aiheuttaa pakettivirheiden määrän kasvua, jos lähettäjä sekä vastaanottaja eivät ole tarkasti synkronissa. [20]

2.4.2 Kantoaaltojen modulointi

Tiedon siirtämiseksi kantaalloilla täytyy kantaaltoa moduroida yksittäin. Kyseisiä modulointitekniikoita ovat muun muassa BPSK (Bipolar Phase Shift Keying), QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) sekä QAM (Quadrature Amplitude Modulation). Käytetyt menetelmät muuttavat lähetettävät bittikuviot tietyksi kantaallon vaiheeksi. Yhden vaiheen kuvaamaa bittikuviota kutsutaan symboliksi. Symbolit voidaan ajatella myös pisteinä kompleksisessa tasossa, jotka muodostavat konstellaation. BPSK-modulaatiossa on käytössä kaksi vaihetta, jolloin symboleita on kaksi, ja modulaationopeus on yksi bitti per symboli. QPSK-modulaatiossa vaihteita on neljä, jolloin yksi symboli sisältää kaksi bittiä. BPSK- sekä QPSK-modulaatiot ovat hyvin häiriösietoisia, koska symbolien muodostamat konstellaatiopisteet ovat hyvin kaukana toisistaan tarkoittaen sitä, että virheen signaalissa täytyy olla suuri, jotta symbolit menevät sekaisin. [15, s. 136–138]



Kuva 6. BPSK-, QPSK- sekä 64-QAM-konstellaatiot. [21]

QAM-modulaatiossa yhdistyvät vaihemodulaatio sekä amplitudimodulaatio. Symbolit syntyvät eri amplitudi- ja vaiheiden yhdistelmistä ja niiden määrä riippuu siitä, mitä QAM-modulaatiota käytetään. 802.11ac-standardi tukee 16-QAM, 64-QAM sekä 256-QAM-modulaatiota. 256-QAM:ssa eri symboleita on 256 kappaletta, mikä tarkoittaa sitä, että yksi symboli kuvaa 8 bitin bittikuviota. 256-QAM-modulaatio vaatii toimiakseen

erityisen hyvän radioyhteyden, koska erot symbolien välillä ovat hyvin pieniä, jolloin häiriöisessä ympäristössä symbolien siirto virheettömästi on mahdotonta. [19]

2.4.3 MCS

MCS (Modulation and Coding Scheme) on suomeksi modulaatio ja koodaussuunnitelma. Kuten aikaisemmissakin standardeissa osa siirrettävistä biteistä käytetään virheen korjaukseen. Virheenkorjauskoodaus lisää tietyn määrän redundantista tietoa lähetettävään bittivirtaan. Virheenkorjausbittien määrää kuvaa koodaussuhde (Code Rate). Koodaussuhde $R=1/2$ tarkoittaa sitä, että kahta radiotiellä lähetettävää bittiä kohden yksi on käyttäjän dataa. Mitä isompi koodaussuhde on, sitä enemmän käyttäjän dataa lähetetään kuitenkin redundanssin hinnalla, koska virheenkorjausbittien vähentyessä virheidenkorjaaminen hankaloituu.

Taulukko 2. 802.11ac-standardin modulaatio ja koodaussuunnitelma

MCS arvo	Modulaatio	Koodaussuhde
0	BPSK	1/2
1	QPSK	1/2
2	QPSK	3/4
3	16-QAM	1/2
4	16-QAM	3/4
5	64-QAM	2/3
6	64-QAM	3/4
7	64-QAM	5/6
8	256-QAM	3/4
9	256-QAM	5/6

802.11n-standardissa MCS-vaihtoehtoja on yli 70 kappaletta, mutta 802.11ac-standardissa määrä on pudotettu kymmeneen. Suurin tekijä siihen, että MCS-arvojen määrä on tippunut huomattavasti, on se, että rinnakkaisten lähetysvirtojen määrä ei ole sidottu modulaatio- ja koodaussuunnitelmaan niin kuin 802.11n-standardissa. 802.11n-standardissa eri signaali-kohinasuhteen omaavat lähetysvirrat moduloitiin eri tavalla. 802.11ac-standardissa kaikkien rinnakkaisvirtojen täytyy käyttää samaa modulaatio- ja koodausyhdistelmää. [19]

2.4.4 MIMO

MIMO-tekniikassa käytetään useita antennia signaalien lähettämiseen sekä vastaanottamiseen. Useampien kuin yhden lähettävän ja vastaanottavan antennin käyttö mahdollistaa sen, että tietoa voidaan lähetyksessä pilkkoa rinnakkaisiksi virroiksi ja vastaanottopäässä ottaa vastaan erillisinä kokonaisuuksina ja tämän jälkeen yhdistää yhdeksi tietovirraksi (Spatial Multiplexing). Tiedonsiirtonopeuden kasvu on suoraan verrannollinen rinnakkaisten lähetysvirtojen määrään.

MIMO on ollut jo 802.11g-standardin ajoista lähtien, mutta vasta 802.11n-standardin mukana tuli ensimmäinen laitevalmistajille yhteensopiva ratkaisu, joka mahdollisti neljä lähettävää sekä neljä vastaanottavaa antennia (4x4MIMO). Ac-standardi tukee jopa kahdeksaa rinnakkaista lähetysvirtaa (SS, Spatial Streams), mutta ensimmäisen valmistusaallon tukiasemat tulevat maksimissaan 4x4MIMO:lla tukien neljää rinnakkaista lähetysvirtaa. Rinnakkaisten lähetysvirtojen lukumäärän kasvamisen lisäksi ac-standardi tuo uutena ominaisuutena MU-MIMO:n (Multi User-MIMO), jossa rinnakkaisia lähetysvirtoja voidaan ohjata eri päätelaitteille. 802.11n-standardin MIMO mahdollisti vain sen, että kaikki rinnakkaiset virrat ohjattiin yhdelle päätelaitteelle. Rinnakkaisten virtojen ohjaaminen vaatii TxBF (Transmit Beamforming) signaalin prosessointitekniikan hyödyntämistä.

TxBF-tekniikan pohjimmainen idea on se, että tukiasema ohjaa lähetettävät signaalit kohti haluttua päätelaitetta. Signaalin ohjaaminen voidaan toteuttaa kahdella tavalla joko niin, että päätelaite ja tukiasema vaihtavat tietoja radiotien olosuhteista ja näin tukiasema säättää parametrit tietojen perusteella, tällöin puhutaan täsmällisestä säteenmuodostuksesta (Explicit Beamforming). Tämä vaatii sen, että tukiasema sekä päätelaite tukevat tietojenvaihtoa radiotien olosuhteista. Toisessa vaihtoehdossa, epä-täsmällinen säteenmuodostus (Implicit Beamforming), tukiasema tekee päätelmiä radiotien olosuhteista ja säättää parametrit sen mukaan. TxBF vaatii toimiakseen antenneit, jotka voivat muuttaa säteilykuviotaan aktiivisesti parametrien muuttuessa. [19; 22]

MU-MIMO tuo lukuisia etuja niin verkonsuunnitteluun kuin päätelaitteiden käyttäjille. Suurin TxBF:n tuoma etu verkonsuunnitteluun on se, että samoja radiokanavia pystytään hyödyntämään entistä tehokkaammin lähekkäin olevien tukiasemien välillä, koska signaaleja ei kaiuteta joka suuntaan vain ainoastaan päätelaitteita kohti. Tämä vähentää häiriöitä tukiasemien välillä, ja radiokanavien uudelleenkäyttö (spatial reuse) on

mahdollista. Rinnakkaisten lähetyksien ohjaaminen eri päätelaitteille tarkoittaa sitä, että tukiaseman koko kapasiteetti pystytään hyödyntämään paremmin. MIMO-tekniikkaa hyödyntäessä ongelmana on ollut se, että päätelaitteilla ei ole samaa määrää antennia kuin lähettävällä tukiasemalla, jolloin moniantennitekniikan tuomaa etua ei voida hyödyntää täydellisesti. MU-MIMO-tekniikan käyttö tarkoittaa myös sitä, että viiveet langattomassa verkossa pienevät, koska päätelaitteiden ei tarvitse aikajakaa samaa radiotietä toistensa kanssa. [22]

2.4.5 Teoreettiset tiedonsiirtonopeudet

802.11ac-standardin tiedonsiirtonopeudet eivät ole yksiselitteisiä vaan monen asian summa. Nopeuteen vaikuttaa käytetty kaistanleveys, modulaatio ja koodaussuunnitelma, rinnakkaisvirtojen määrä ja OFDM:ssä käytetty varo aika. Huomion arvoista on se, että 802.11ac-standardin tukiasemat tulevat sekä 2,4 Ghz:n sekä 5 GHz:n radiolla. 2,4 GHz:n radion mukaan laskeminen kasvattaa tukiaseman kokonaistiedonsiirtokapasiteettia.

Taulukko 3. Teoreettisia maksimi tiedonsiirtonopeuksia kaistanleveysittain[12]

MCS arvo	20MHz max. nopeus (1 SS, SGI)	40MHz max. nopeus (8SS, SGI)	80MHz max. nopeus (8SS, SGI)	160MHz max. nopeus (8SS, SGI)
0	7.2 Mbps	120.0Mbps	260.0Mbps	520.0Mbps
1	14.4Mbps	240.0Mbps	520.0Mbps	1040.0Mbps
2	21.7Mbps	360.0Mbps	780.0Mbps	1560.0Mbps
3	28.9Mbps	480.0Mbps	1040.0Mbps	2080.0Mbps
4	43.3Mbps	720.0Mbps	1560.0Mbps	3120.0Mbps
5	57.8Mbps	960.0Mbps	2080.0Mbps	4160.0Mbps
6	65.0Mbps	1080.0Mbps	2340.0Mbps	4680.0Mbps
7	72.2Mbps	1200.0Mbps	2600.0Mbps	5200.0Mbps
8	86,7Mbps	1440.0Mbps	3120.0Mbps	6240.0Mbps
9	96.3Mbps	1600.0Mbps	3466.7Mbps	6933.3.0Mbps

Oheissa olevan taulukon nopeudet ovat teoreettisia maksimeja tiedonsiirtoon fyysisellä tasolla käyttäen vain 5 GHz:n radiota. Ensimmäisessä sarakkeessa on käytetty modulaatio- ja koodaussuunnitelma, toisessa sarakkeessa maksiminopeus 20 MHz:n taajuuskaistalla käyttäen lyhyttä varoaikaa sekä yhtä tiedonsiirtovirtaa. Kolme viimeistä saraketta kuvaavat maksiminopeuksia muilla 802.11ac-standardin tukemilla taajuuskaistoilla, käyttäen lyhyttä varoaikaa sekä kahdeksaa rinnakkaisvirtaa. Ensimmäisen

sukupolven 802.11ac-tukiasemilla päästään 800 Mbps nopeuksista noin 1,3 Gbps riippuen tekniikasta ja tukiasemamallista. On kuitenkin varsin epätodennäköistä, että lähi-vuosina tullaan näkemään tukiasemia, jotka kykenisivät kahdeksan rinnakkaisvirran lähettämiseen 160 MHz:n taajuuskaistalla, koska piirien valmistaminen kyseiselle tekniikalle on monimutkaista, kallista sekä kyseistä tekniikkaa hyödyntävien päätelaitteiden olemassaolo sekä tarve ovat vielä kysymysmerkkeinä laitevalmistajille.

2.5 Wlan-verkkojen hallinta

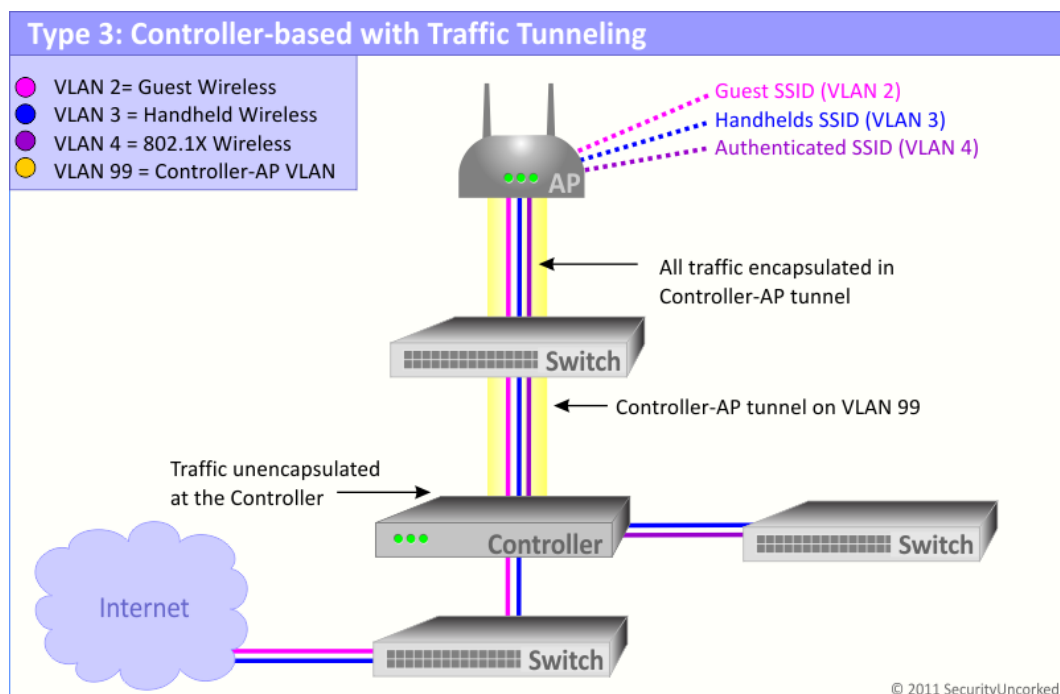
2.5.1 Autonomiset tukiasemat

Autonomisella tai toisin sanoen itsenäisellä tukiasemalla tarkoitetaan tukiasemaa, joka itsessään sisältää kaikki toiminnalliset sekä hallinnalliset ominaisuudet langattoman verkon toteuttamiseen. Tukiasemaa hallitaan joko CLI:n (Command Line Interface) tai Web GUI:n (Graphical User Interface) kautta. Itsenäisten tukiasemien järjestelmässä tukiasemia voi olla yhdestä useampaan, mutta jokaista tukiasemaa pitää hallita erikseen. Kaikki muutokset, joita langattomaan verkkoon halutaan tehdä, esimerkiksi uuden SSID:n lisääminen tai ohjelmistoversion päivittäminen, vaatii konfiguraatiomuutokset jokaiselle tukiasemalle erikseen. Kaikki itsenäisen tukiaseman liikenne valutetaan kytkimelle, johon tukiasema on kiinnitetty, ja kytkin hoitaa datan siirtämisen sisäverkon sisällä tai välittää sen kohti ulkoverkkoa.

Langattomat verkkototeutukset, joissa käytetään itsenäisiä tukiasemia, on järkevä ja kustannustehokas ratkaisu, kun puhutaan muutamista tukiasemista. Mutta jos tukiasemamäärät kasvavat kymmeneen tai satoihin, on syytä miettiä toteutuksen kannattavuutta suhteessa erilaisiin keskitetyn hallinnan ratkaisuihin. Järjestelmät, joissa itsenäisiä tukiasemia on paljon ja eri geologisiin lokaatioihin sijoitettuna, vaativat hyvän dokumentaation, jotta verkon käytännön hallinta on ylipäättään mahdollista. Hyvätkään dokumentit eivät paikkaa sitä faktaa, että verkon monitorointi ja vikatilanteisiin reagoiminen reaaliaikaisesti on tällaisissa järjestelmissä hankalaa sekä lisäksi konfiguraatiomuutoksien tekeminen vaatii ajallisesti resursseja.

2.5.2 Kontrolleripohjainen hallinta

Keskitettyssä langattoman verkon hallintamallissa verkonhallinta ja datan käsittely keskitetään yhdelle laitteelle: wlan-kontrollerille. Tämä tarkoittaa sitä, että tukiasemalta tuleva liikenne tunneloidaan ja välitetään suoraan kontrollerille. Liikenteen ohjaaminen kontrollerin kautta mahdollistaa erilaisten toiminnallisuuksien toteuttamisen kuten tietoturva-asetusten määrittelyt laitteille ja liikenteelle, siirtonopeuksien rajoitukset, erilaisten palvelun laatuun liittyvien asetusten määrittämisen (QoS, Quality of Service) sekä tukiasemien reaaliaikaisten toimintojen koordinoimisen. Suurimpana keskitetyn hallinnan hyötynä on isojen tukiasemajoukkojen konfiguroiminen ja hallinnan helppous sekä mahdollisuus monitoroida ja koostaa raportteja langattoman verkon toiminnasta.



Kuva 7. Kontrolleripohjainen hallintaratkaisu liikenteen tunneloinnilla. [23]

Johtuen liikenteen tunneloinnista kontrollerille edellä kuvaillun järjestelmän implementointi ei kaikissa tilanteissa ole parhaiten sopiva ratkaisu. Esimerkkinä ovat tilanteet, joissa kontrolleri sijaitsee pääkonttorilla, ja etätoimistojen tukiasemat on lisättyä kyseille kontrollerille. Tällöin on turha lähettää jokaista tulostimelle suunnattua tiedostoa kontrollerin kautta takaisin tulostimelle, tai ylipäätään toimiston sisäisen verkon tiedonsiirtoa on turha tunneloida kontrollerille kuormittaen normaalisti muutenkin ahtaita WAN (Wide Area Network) -yhteyksiä toimistojen välillä. Näin ollen laitevalmistajat ovat kehittäneet täyden tunneloinnin rinnalle jaetun tunneloinnin mahdollisuuden, jossa vain haluttu lii-

kenne ohjataan tunnelia pitkin kontrollerille ja muu liikenne tiputetaan kytkettyyn lähiverkkoon. Tällaista kontrollerille ohjattua liikennettä voi hyvin olla esimerkiksi vierailija verkondata, joka halutaan hallitusti ohjata ulkoverkkoon. Jaettu tunnelointi merkitsee myös sitä, että tukiasema ottaa vastuuta reaaliaikaisista MAC-tason toiminnoista. Täyden ja jaetun tunneloinnin kontrollerit ovat nykyään yleensä yhden ja saman fyysisen raudan sisällä toimien erilaisina toimintamoodeina.

Kontrolleripohjainen ratkaisu on aloituskustannuksiltaan suurempi kuin autonomisten tukiasemien järjestelmä vaatien investoinnin kontrollerilaitteeseen sekä lisensseihin, jotka vaaditaan tukiasemien liittämiseksi kontrollerille. Kustannuksia yleensä lisää myös redundanttisuuden varmistaminen rinnalle asennettavalla toisella kontrollerilla, joka varmistaa toiminnan vikatilanteissa. Riippuen hankitusta kontrollerilaitteesta, verkon skaalautuvuus saattaa kärsiä huonosta suunnittelusta tai langattoman verkon räjähdysmäisestä kasvusta, jos valittu kontrolleri ei tue tarvittavaa tukiasemamäärää. Kontrolleripohjainen ratkaisu maksaa itsensä takaisin hallinnollisten toimenpiteiden helpoutena ja nopeutena isoissa ja erityisen vaativissa wlan-ympäristöissä. [24]

2.5.3 Pilvihallinta ja virtuaalikontrollerit

Tekniikoiden ja tarpeiden kehittyessä uusia malleja toteuttaa palveluita helposti ja monipuolisesti on alettu kehittää. Yksi tuoreimmista kehityssuunnista on pilvipalveluiden tuominen mukaan kuvioihin. Niin sanotut pilvikontrollerit eivät ole fyysisesti ostettavaa, asennettavaa ja hallittavaa rautaa vaan palvelua tarjoavan tahon konesalissa pyörivien virtuaalikoneiden päällä operoitu sovellus. Pilvikontrollerit eivät suoranaisesti ole verrattavissa fyysisiin kontrollerilaitteisiin, koska arkkitehtuurit, joissa kyseisiä järjestelmiä käytetään, ovat erilaisia. Pilvikontrollerit eivät ole langattoman verkon reaaliaikaista toimintaa ohjaava yksikkö vaan enemmänkin keskitetyn hallinnan (Management) ja monitoroinnin työkalu. Järjestelmissä, joissa keskitetty hallinta on viety pilveen, osa verkon toiminnallisuuteen liittyvistä toiminnoista on siirretty tukiasemien itsensä hoidettaviksi.

Piirilevyjen ja komponenttien kehittyminen ja hintojen aleneminen ovat mahdollistaneet sen, että tukiasemien suorituskapasiteettia ja laskentatehoa on voitu kasvattaa huomasti. Tämä on johtanut siihen, että osa fyysisen kontrollerin toiminnoista on voitu siirtää tukiasemien itsensä hoidettaviksi. Tämä tarkoittaa sitä, että normaalin tukiasematoiminnan lisäksi alusta kykenee hoitamaan verkon kontrollointiin (Control) liittyviä toimin-

teita itsenäisesti kuten palomuurisääntöjen toteuttamisen, sovellusten QoS-määrittelyt, käyttäjien autentikoinnin näin tarjoten hallintavaihtoehtoja aina OSI-mallin siirtokerroksesta sovelluskerrokseen asti ilman, että langattoman verkon suorituskyky kärsii. Tämän toimintaperiaatteen tukiasemat toimivat yleensä siten, että joko yksi tukiasema konfiguroidaan niillä ominaisuuksilla, joilla langattoman verkon halutaan toimivan ja kyseinen tukiasema jakaa sitä muille saman langattoman verkkoon liitetyille tukiasemille tai pilvikontrolleriin määritetään konfiguraatio, jonka tukiasemat noutavat verkkoon liittyttyään.

Pilvi- ja virtuaalikontrolleripohjaisten tukiasemajärjestelmien käyttöönotosta ja hallinnasta on haluttu tehdä helposti lähestyttävä ratkaisu. Eri laitevalmistajilla sekä palvelun tarjoajilla on omanlaisensa toteutukset, mutta kaikkien lähtökohtana on ollut se, että kuinka langattoman verkon pystyttämisestä ja hallinnasta saadaan tehtyä mahdollisimman helppo ja kustannustehokas kokonaisuus. Verrattuna fyysisiin kontrollereihin, hallittavuus ja toiminteiden määrä ovat yleensä samalla tasolla. Isoimpana erona kuitenkin on se, että pilvihallintaa voi operoida mistä vain, kunhan on yhteys internetiin. Tämä on myös sen suurin heikkous. Vaikka pilvihallinta ja kontrollerit perustuvat lisensseihin, on pilvihallinta huomattavasti skaalautuvampi, koska ainoa asia, joka estää langattoman verkon kasvua on lisenssien määrä eikä niinkään kontrollerin suorituskyky hallita tukiasemia.

3 Aruba Instant

3.1 Tietoa Arubasta

Aruba Networks on vuonna 2002 perustettu verkkolaitteiden valmistukseen erikoistunut yritys työllistään 1750 työntekijää. Pääkonttori sijaitsee Kalifornian Sunnyvalessa, mutta toimintaa on ympäri maailmaa. Aruba on keskittynyt langattomiin verkkoihin, ja tuotteiden pääpainona ovat tukiasemat, kontrollerit sekä verkonhallintasovellukset. Vuosien varrella Aruba on kasvattanut ja monipuolistanut tarjontaansa erilaisten sopimusten ja yritysostojen kautta. Vuonna 2007 Aruba osti langattomien verkkojen tietoturvaan erikoistuneen Network Chemistyn ja noin vuotta myöhemmin Airwave Wirelesin, joka oli erikoistunut langattomien verkkojen hallintasovellukseen: Airwave Management Platformiin. Vuoden 2015 maaliskuussa Aruba ilmoitti, että Hewlett-Packard on ostanut Aruba Networksin. Kaupan vaikutukset Arubaan näkyvät myöhemmin, kun siirtymisvaihe saadaan loppuun ennen kesää. [25; 26.]

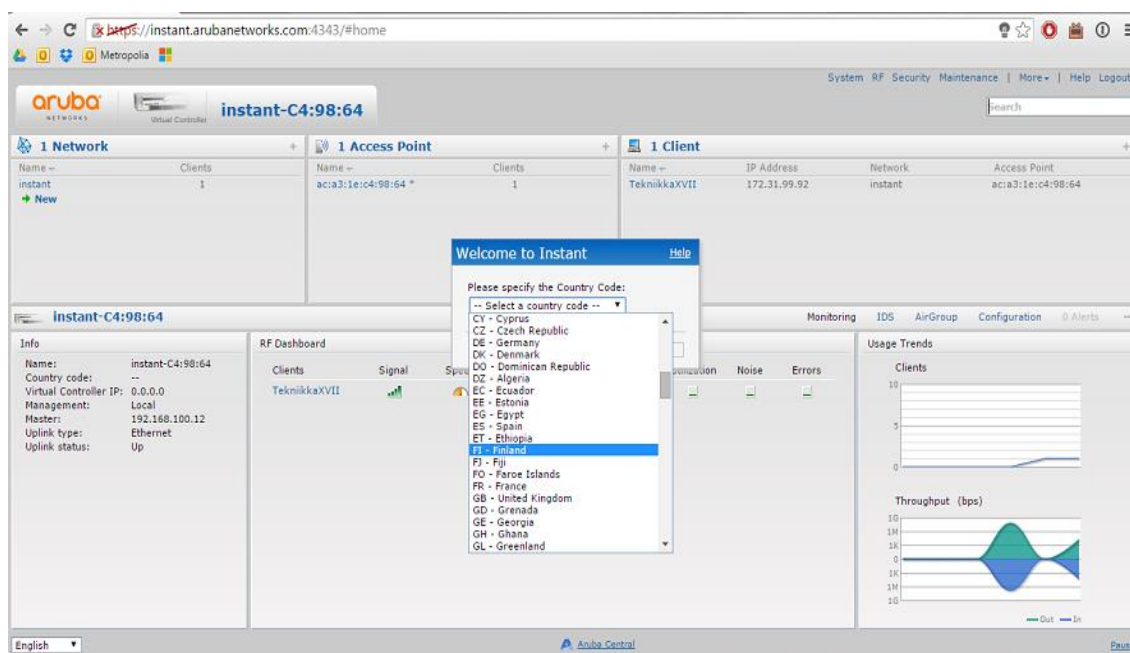
3.2 Aruba Instant-tukiasemat

Aruban tukiasemaperheen jäsenet tukevat kahta eri toimintamallia hiukan tukiasemasta riippuen. Kontrolleripohjaisiin ratkaisuihin Aruban tukiasemat tulevat Aruba AOS -imagella, joka mahdollistaa operoinnin Aruban wlan-kontrollerien kanssa. Toinen toimintamoodi tukiasemille on Aruba Instant, jossa tukiasemat sisältävät Aruba Instant -imagen. Aruba Instant on tietyn tyyppinen stand alone -malli, jossa hyödynnetään Aruban innovatiivista virtuaalikontrolleritekniikkaa, jossa ylimääräistä fyysistä kontrolleria ei tarvita langattoman verkon toteuttamiseen. Virtuaalikontrolleri tekniikan ansiosta Aruba Instant tarjoaa korkean tason yritysverkon ominaisuuksia, suorituskykyä, luotettavuutta sekä tietoturvallisuutta.

3.2.1 Instant-tukiaseman käyttöönotto

Yksittäisen Instant tukiaseman käyttöönotto etenee ”plug and play” -filosofiaa seuraten, jossa hyvin pienellä IT-osaamisella saadaan langaton lähiverkko pystytettyä. Tukiasema kytketään lähiverkkoon, josta sille syötetään virtaa, joko 802.3af, 802.3at-standardin mukaisesti eli POE (Power Over Ethernet), POE plus-tekniikkaa hyödyntäen

tai ulkoisen virtalähteen avulla. Kun tukiasema on virroissa ja käynyt läpi käynnistysproseduurin, alkaa se etsiä lähiverkosta muita Instant-tukiasemia löytääkseen virtuaalikontrollerin. Virtuaalikontrollerilla tai masterilla tarkoitetaan tukiasemaa, joka ottaa vastuun langattoman verkon hallinnasta. Ensimmäisenä tukiasemana verkossa käynnistynyt tukiasema käy läpi master-valintaprotokollan mukaisen prosessin, jonka seurauksena valitsee itsensä virtuaalikontrolleriksi. Tämän jälkeen tukiasema alkaa mainostaa Instant SSID:tä, jonka avulla virtuaalikontrollerin, joka tarkoittaa koko langattoman verkon asetuksia päästään määrittämään. Virtuaalikontrollerin asetuksiin siirrytään avamalla selain, jolloin käyttäjä ohjataan automaattisesti graafiseen web-hallinnan kirjautumissivulle riippumatta siitä, mille verkkosivulle alun perin oltiin siirtymässä.



Kuva 8. Virtuaalikontrollerin hallintäkymä.

Tukiaseman mainostama Instant SSID on oletusverkko, jota kaikki saman verkon Instant-tukiasemat mainostavat siihen asti, kunnes uusia asetuksia määritetään. Liittyminen tukiasemaan, joka ei ole virtuaalikontrollerin asemassa, ei haittaa, koska liikenne tässä vaiheessa ohjautuu aina virtuaalikontrollerille. Tukiasemaryhmää, jonka kaikki tukiasemat ovat samassa OSI-mallin L2 (Layer 2) mainostusdomainissa (Broadcast domain), kutsutaan Instant-klusteriksi.

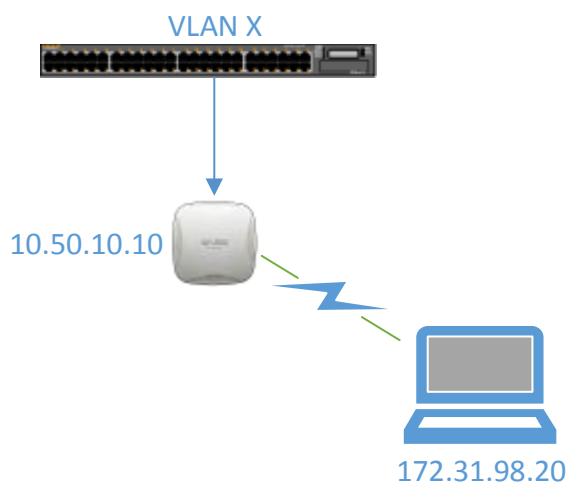
3.2.2 Instant-klusteri

Klusterin toiminnot voidaan jakaa kolmeen eri tasoon: hallinta- (Management plane), ohjaus- (Control Plane) sekä datatasoon (Data plane). Kuten jo aikaisemmin on mainittu, Instant-tukiasemien hallinta on keskitetty ryhmän valitsemaalle virtuaalikontrollerille. Hallintatason toimintoihin kuuluvat seuraavat asiat:

- Instant-klusterin konfiguraation synkronointi
- Instant-klusterin monitorointi
- Instant-tukiasemien firmware levykuvien hallinta
- Kommunikointi Airwaven tai Aruba Centralin kanssa.

Ohjaustason toiminnot taas ovat täysin hajautettu Instant-klusterin tukiasemien kesken. Jokainen tukiasema hoitaa itse toiminnot kuten adaptiivisen radioiden hallinnan (ARM, Adaptive Radio Management), automaattiset radiokanavien ja lähetystehon määrytykset, IDS/IPS:n (Intrusion Detection and Prevention system) sekä käyttäjien roamingin yms. ilman, että klusterin virtuaalikontrolleri osallistuu päätöksentekoon.

Datatason toiminnot, kuten ohjaustason, on täysin hajautettu Instant-tukiasemien kesken, lukuun ottamatta yhtä poikkeustapausta. Tukiasemaan assosioituneiden käyttäjien data käsitellään tukiasemakohtaisesti kuten palomuurisääntöjen ja kaistarajoitusten toteuttaminen. Ainoa poikkeus, jolloin liikenne tunneloidaan virtuaalikontrollerille, on, kun asetuksista määritetään, että DHCP (Dynamic Host Control Protocol) palvelimena käytetään virtuaalikontrolleria. Virtuaalikontrolleri jakaa osoitteita kahdesta eri oletuspoolista: 172.31.98.0/23, 10.254.98.0/23 tai pooli voidaan itse konfiguroida. Virtuaalikontrolleri tekee verkko-osoitteen muunnoksen (NAT, Network Address Translation) lähdeosoitteen perusteella sisäverkon osoitteesta tukiaseman osoitteeksi. Tunnelointi virtuaalikontrollerille suoritetaan siksi, että päätelaitteiden MAC-tason roaming tukiasemien välillä on mahdollista silloin, kun virtuaalikontrolleri jakaa ip-osoitteet.



Kuva 9. Virtuaalikontrolleri kääntää 172.31.98.20 osoitteen 10.50.10.10 osoitteeksi

Instant-klusterin sisällä tukiasemat käyttävät PAPI-protokollaa keskinäiseen kommunikointiin. PAPI-protokollan välityksellä tukiasemat siirtävät hallinnollista dataa keskenään käyttäen UDP-porttia 8211. Klusterin pystyttämävaiheessa tukiasemat käyttävät OSI layer 2 broadcast-paketteja toisten Instant-tukiasemien etsimiseen, kun muita Instant-tukiasemia löytyy, tukiasemat selvittävät toistensa ip-osoitteet ARP (Address Resolution Protocol) -protokollan avulla, jonka jälkeen PAPI-protokollan tiedon vaihto on mahdollista. PAPI-protokollan tarkasta toiminnasta ei löydy julkista dokumentaatiota.

3.2.3 Masterin valintaprotokolla

Masterin valintaprotokollan tehtävänä on dynaamisesti valita uusi masteri eli virtuaalikontrolleri tukiasema klusterille, kun masterina oleva tukiasema hajoaa tai tippuu pois verkosta. Klusterissa vain yksi tukiasema voi olla master, jolloin muut klusterin tukiasemat ovat slave-tilassa. Master-tukiasema lähettää klusterille tietyin ajoin master-majakkasanomia (Master Beacon), joilla master-tukiasema viestittää olevan toimintakunnossa.

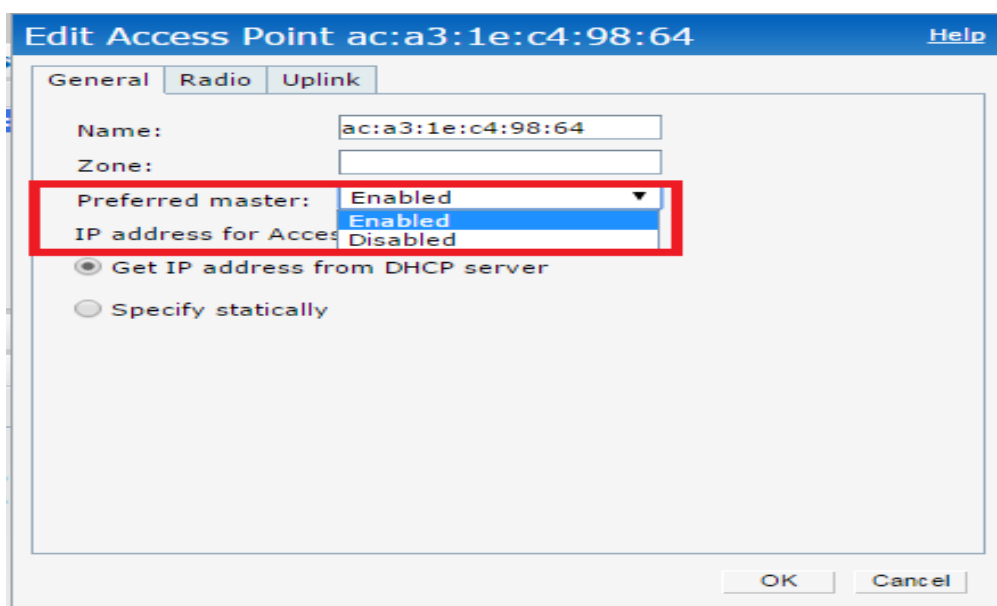
Valintaprosessi etenee seuraavasti, kun tukiasema käynnistyy tai havaitsee, että master tukiasema ei lähetä enää master-majakkasanomia:

- Tukiasema siirtyy "Initial"-tilaan. Kuuntelee satunnaisen ajan, kuuluuko master-majakkasanomia. Jos kuuluu, siirtyy se takaisin "Slave"-tilaan

- Jos majakkasanomia ei kuulu, siirtyminen ”Potential-Master”-tilaan, joka kestää tietyn ajan. Jos majakkasanoma kuullaan tänä aikana, käynnistää se selviteltyyn kenellä on korkein prioriteetti tulla valituksi
- Jos majakkasanomia ei kuulu, siirtyminen ”Master”-tilaan ja master-majakkasanomien mainostus alkaa.

Tukiaseman siirtyessä ”Potential Master”-tilaan, alkaa pot-master-majakkasanomien lähetys, jossa tukiasema ilmoittaa muille klusterin jäsenille, että olen potentiaalinen masteriehdokas. Samanaikaisesti potentiaalinen masteri yrittää ottaa yhteyttä viimeiseen tunnettuun masteriin unicast-viesteillä koko valintaprosessin ajan. Tilanteessa, jossa useampi tukiasema on samaan aikaan ”Potential Master”-tilassa, tukiasemat vertailevat toistensa attribuutteja, joilla määritetään, kuka saa korkeimman prioriteetin tulla masteriksi. Ensimmäisenä vaikuttavana tekijänä ovat redundanttiset varayhteydet kuten 3G/4G-yhteys lähiverkkoyhteyden lisäksi. Toisena tekijänä on laitteen suorituskyky ja kolmantena tukiaseman käynnissäoloaika. Kuitenkin, jos edellä mainituista ominaisuuksista ei löydy eroavaisuuksia kenenkään masterin roolista kilpailevan eduksi, se, jolla on korkein MAC-osoite, valitaan masteriksi. Valittu masteri ei vaihdu muulloin kuin vikatilanteissa sekä muutamaa poikkeustapausta lukuun ottamatta. [27]

Yksi poikkeustapaus toimivan masterin vaihtoon on tilanne, josta käytetään nimitystä ”viiden minuutin sääntö”. Tällöin, jos viiden minuutin sisällä masterin valinnasta, Instant-tukiasema, jolla on 3G- tai 4G- varayhteys, liittyy klusteriin, tulee se valituksi uudeksi masteriksi. Viiden minuutin jälkeen varayhteydellinenkään tukiasema ei tule valituksi ilman vikatilannetta, joka käynnistää masterin valintaprotokollan.



Kuva 10. Kuva ensisijaisen masterin määrittämisestä.

Toinen poikkeus, jossa masterin valintaprotokolla ei seuraa peruspolkua, on, kun tukiaseman asetuksiin on määritetty, että kyseinen tukiasema halutaan olevan ensisijainen master. Ensisijaisen masterin pudotessa pois verkosta klusteri valitsee korvaavan masterin protokollan mukaisesti. Kun ensisijaiseksi masteriksi määritetty tukiasema palaa verkkoon, sen hetkinen masteri käynnistää itsensä uudelleen luovuttaakseen roolinsa tukiasemalle, jonka halutaan olevan ensisijainen master. [28]

3.3 Instant-tukiaseman ominaisuuksia

3.3.1 Adaptive radio management

Adaptiivinen radioiden hallinta (ARM, Adaptive Radio Management) on radiospektrin hallintateknikka, jolla pyritään tarjoamaan tasainen korkean suorituskyvyn langaton verkko moniradiokanavaisessa ympäristössä. ARM:n tehtävänä on määrittää paras 802.11-radiokanava sekä lähetyksen voimakkuus ottaen huomioon ympärillä olevat tukiasemat. ARM mukautuu johdonmukaisesti muuttuviin radiotien olosuhteisiin skannaamalla radiokanavia kymmenen sekunnin välein aina 110 ms kerrallaan. Kovan kuormituksen alaisena tukiasema säätää skannauskäyttämistään ja tarvittaessa jättää sen kokonaan pois palvellakseen käyttäjiä maksimaalisella teholla. Skannausparametreja voidaan myös manuaalisesti muuttaa haluttuihin arvoihin.

ARM:n alla voidaan asetusten puolesta vaikuttaa radioiden ja päätelaitteiden toimintaan usealla eri tavalla. Band Steering eli taajuuskaistan ohjaustekniikka nimensä mukaisesti ohjaa päätelaitteita 5 GHz:n ja 2,4 GHz:n välillä suosien 5GHz:n taajuuskaistaa päätelaitteille, jotka kykenevät sillä operoimaan. Toimintamodeiksi voidaan valita joko 5 GHz:n suosiminen, pakottaminen 5 GHz:lle tai käyttäjien balansointi taajuuskaistojen välille. Päätelaitteiden ohjaaminen 5 GHz:n taajuuskaistalle parantaa verkon toimivuutta vähentämällä 2,4 GHz:n taajuuskaistan kuormitusta ja säästämällä sitä niille päätelaitteille, jotka eivät kykene operoimaan 5 GHz:n taajuudella. Kaistan ohjaus voidaan kytkeä myös kokonaan pois päältä, jolloin päätelaitteet tekevät päätöksen siitä, millä taajuudella haluavat operoida.

3.3.2 Aruba Clientmatch

Clientmatch on Aruban patentoima tekniikka, jolla pyritään tasapainottamaan kuormaa tukiasemien kesken sekä poistamaan ”Sticky Clienttien” tuomat haitat langattomalle verkolle. Sticky clientilla tarkoitetaan langattomanverkon päätelaitetta, joka ei kykene tai osaa vaihtaa tukiasemaa, johon se on assosioitunut, vaikka verkosta löytyisi lähempänä oleva tai paremmin palveleva tukiasema. Varsinkin monet kämmenlaitteet kuten tabletit ja älypuhelimet assosioituvat tukiasemaan, jonka kuulevat ensimmäisenä ja pidättäytyvät siinä. Päätelaitteiden huonoista päätöksistä johtuen yksittäiset tukiasemat kuormittuvat turhaan, koska päätelaitteet eivät näe verkon toimintaa kokonaiskuvana.

Clientmatch toimii siten, että jokainen Instant-tukiasema pitää VBR (Virtual Beacon Report) -taulua päätelaitteista, joita se kuulee alueellaan. VBR-taulussa on muun muassa päätelaitteen MAC-osoite, lähetyksen voimakkuus sekä käytetty taajuuskaista. VBR-taulujen tietojen avulla tukiasemat määrittävät parhaan tukiaseman käyttäjäkohdaisesti. Kun Instant-tukiasema huomaa, että päätelaitteelle löytyisi parempi tukiasema vaihtoehto, lähettää se pyynnön kohdetukiasemalle päätelaitteen vastaanottamisesta. Kun kohdetukiasema vastaa myöntävästi lähdetukiaseman pyyntöön, kaikki alueen tukiasemat, paitsi kohdetukiasema, estävät päätelaitteen liittymisen tukiasemaan. Näin instant-klusteri hallitusti ohjaa päätelaitteiden liikkumista langattomassa verkossa. Parametrit, jotka pääosin määrittävät parhaan tukiaseman, ovat tukiaseman kuormitus sekä signaali-kohinasuhde.

3.3.3 AppRF

AppRF on Instant-tukiasemissa varsin tuore ominaisuus, joka on tullut firmware-päivityksen 4.1 mukana. AppRF mahdollistaa applikaatiotason liikenteen tarkastelun luoden näkyvyyttä liikkuvaan dataan sekä mahdollisuuden kontrolloida sitä. Instant-tukiasemien AppRF sisältää DPI (Deep Packet Inspection)-moottorin sekä pilvipalvelupohjaisen verkkosivujen käytäntöjenhallinnan. DPI-moottori tunnistaa 1960 eri applikaatiota, jotka voidaan myös lajitella eri kategorioihin, joita on 21 kappaletta. DPI tunnistaa myös joukon erilaisia websivukategorioita. Applikaatioita ja applikaatioryhmiä voidaan hallita AppRF:n toimesta. Palveluita voidaan kieltää ja sallia, tehdä QoS määrittäyksiä, kerätä lokia tai jopa siirtää verkon käyttäjä ulos verkosta, kun tiettyä applikaatiota tai verkkosivua käytetään.

Verkkosivujen kategorioiden ja suosion perusteella tehtävät hallinnolliset toimenpiteet voidaan joko toteuttaa Instant-tukiasemien oman tietokannan pohjalta tai voidaan hyödyntää pilvipalvelupohjaista ratkaisua, jossa kategoriat ja WRI (Web reputation index)-tiedot haetaan pilvipalvelun tarjoajalta. Pilvipalvelupohjainen ratkaisu vaatii erilliset lisenssit tukiasemakohtaisesti.

New Rule

Rule type: Access control

Service: Network, Application (selected), Application category, Web category, Web reputation, Application Throttling (checked)

Action: Allow

Destination: to all destinations

Options: Log, Blacklist, Disable scanning (checked), DSCP tag (checked, value: 0-63), 802.1p priority (checked)

Note: Application and Application category rules will only be applied on supported platforms.

OK Cancel

Kuva 11. AppRF-säännön luonti MS Lync -sovellukselle.

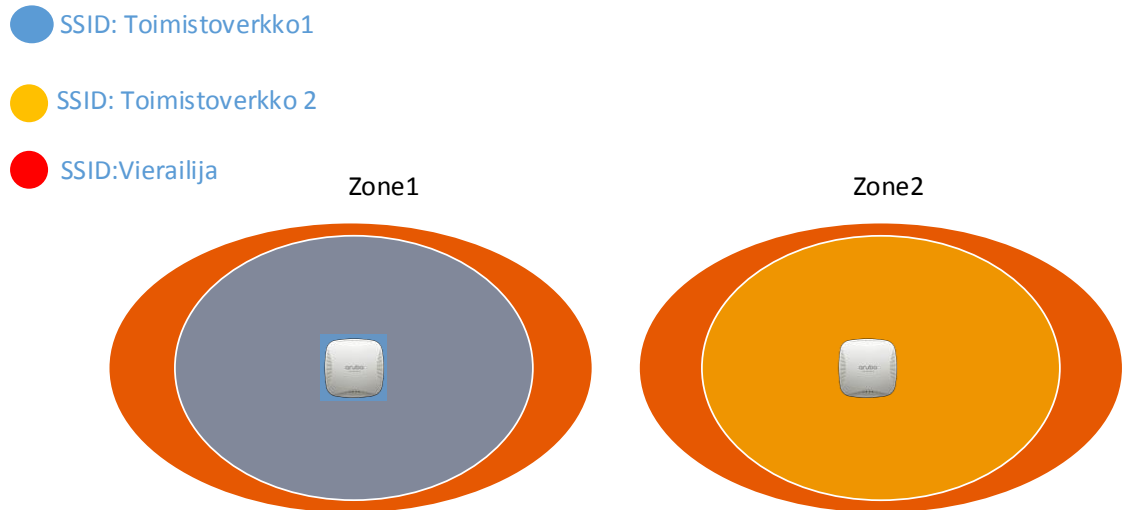
DPI-moottori toimii osana Instant-tukiaseman sisällä olevaa palomuuria. AppRF ominaisuuden hallintaan käytetään palomuurisääntöjä, joiden avulla liikennettä voidaan priorisoida, sallia tai estää. Asettamalla 802.1p priority- tai DSCP tag-arvon, voidaan

halutun verkon, applikaation tai websivun liikenteen prioriteettia kasvattaa tukiaseman ja käyttäjän välillä. 802.1p-standardin mukaisia prioriteettiarvoja voidaan asettaa välillä 0-7 ja DSCP arvoja välillä 0-63. IEEE:n tekemän suositustaulukon mukaan 802.1p-standardin arvo neljä on suositeltu video liikenteelle, jonka viive saa olla enintään 100 ms ja arvo viisi puhe liikenteelle, jonka viive saa olla enintään 10 ms. DSCP-tagien referenssit menevät siten, että tagit 32 ja 40 ovat videoliikenteelle ja tagi 48 sekä 56 äänelle. Disable scanning kohdan ruksaaminen poistaa ARM:n tekemän radiokanavien skannauksen, kun kyseinen applikaatio on käytössä. [29]

AppRF ei tarvitse erillistä lisenssiä, jotta sitä voidaan käyttää, mutta vaatii sen, että Instant-tukiasema tukee DPI-moottoria sekä sen, että oikea firmware-versio pitää olla asennettuna. AppRF:ää ei tarvitse erikseen kytkeä päälle vaan määrittämällä palomuuriasetuksista halutut toiminnot, DPI toimii automaattisesti, mutta jos AppRF:n toiminnasta halutaan grafiikkaa sekä koostettua dataa, täytyy "AppRF visibility" erikseen enableida.

3.3.4 AP zone

AP zone on myös uusimpien firmware-päivitysten tuoma ominaisuus. AP zone mahdollistaa tukiasemaryhmien muodostamisen Instant-klusterin sisällä. Normaalissa tilanteessa klusterin kaikki tukiasemat mainostavat kaikkia verkkoja, jotka virtuaalikontrolleille on määriteltä. AP zonen avulla tukiasemille voidaan määrittää alueet, jotka sitten sidotaan mainostettaviin SSID:hin. Yksittäinen SSID voidaan sitoa vain yhteen alueeseen, jolloin se mainostuu tukiasemissa, jotka on kohdistettu kyseiseen alueeseen. Kuitenkin jos SSID:hen ei aseteta aluetta, mainostuu se kaikissa tukiasemissa.



Kuva 12. Esimerkki AP zonen toiminnasta.

Kuvan 12 esimerkissä toimistoverkko1 on sidottu alueeseen Zone1 ja toimistoverkko 2 alueeseen Zone2, jolloin ne mainostuvat kyseisiin alueisiin määritetyissä tukiasemissa. Vierailijaverkkoa ei ole sidottu kumpaankaan näistä alueista, jolloin sitä mainostetaan kummassakin tukiasemassa. Verkkojen hallittu mainostaminen voi olla tietyissä tilanteissa tarpeellista ja jopa toivottuakin. Kun tarkastellaan AP zonen hyötyjä palveluntarjoajan kannalta, asiakkaana voi olla kohteita, joissa saman fyysisen tukiasema verkon alaisuudessa toimii useita eri toimijoita, jolloin yksittäisten verkkojen mainostus riittää toimijan toimialueella. Esimerkkinä voisi olla vaikka toimistohotellityyppiset ratkaisut, hotellit, joissa toimisto verkkoa halutaan mainostaa vain työntekijöiden tiloissa tai normaalit yritysten toimistotilat, joissa avoimen vierailijaverkon mainostaminen halutaan rajata tietylle alueelle.

4 Aruba Airwave

Aruba Airwave on verkonhallintapalvelin, joka tukee useiden eri laitevalmistajien laitteita kytkimistä langattoman verkon tukiasemiin ja kontrollereihin. Airwave-palvelin voidaan hankkia joko fyysisenä laitteena tai asentaa olemassa olevalle palvelin alustalle. Airwave pyörii linux CentOS -käyttöjärjestelmän päällä eikä sitä näin ollen voida asentaa Windows-pohjaisille palvelimille. Airwaven avulla voidaan hallita ja monitoroida Aruban omia laitteita sekä muita tuettuja laitevalmistajia, joita on noin 35 kappaletta, joista osaa voidaan myös hallita ja monitoroida ja osaa voidaan ainoastaan monitoroida riippuen laitevalmistajasta sekä laitemallista. Airwaveen voidaan liittää ja hyödyntää muidenkin verkonhallintatyökalujen ominaisuuksia kuten BMC:n Remedy service desk -ohjelmisto voidaan integroida kokonaisuena Airwaveen.

Palvelukonseptissa Airwave-palvelin toimii palvelun ytimenä, ja se on keskitetty monitoroinnin ja hallinnan väline Instant-tukiasemaklustereille. Asiakkailla ei ole pääsyä Airwave-palvelimen monitoroinnin sekä hallinnan työkaluihin.

4.1 Laitteiden hallinta

Verkkolaitteiden lisääminen Airwave-palvelimelle voidaan toteuttaa siten, että Airwave-palvelin laitetaan etsimään määrätystä verkosta hallittavia laitteita SNMP- (Simple Network Management Protocol) ja HTTP- (Hyper Text Transfer Protocol) protokollien avulla tai yksittäiset laitteet voidaan lisätä hallinta-ip-osoitteen avulla sekä oikeilla SNMP- ja autentikointiasetuksilla.

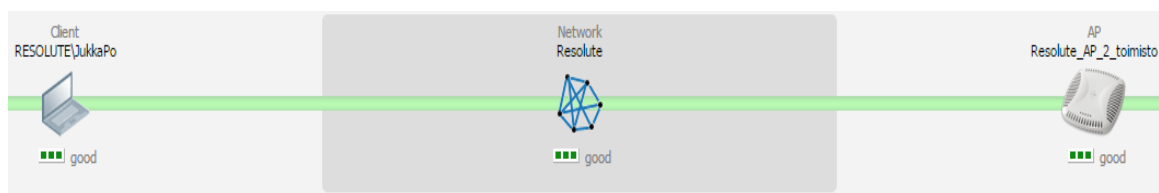
Instant-tukiasemien kohdalla lisääminen Airwaven alaisuuteen tapahtuu siten, että master-tukiasemaan määritetään, joko web-hallinnan tai CLI:n kautta Airwave-palvelimen ip-osoite sekä ennalta määritelty avain, joiden avulla Instant-tukiasema ottaa yhteyttä Airwave-palvelimeen. Instant-klusterin muut tukiasemat eivät kommunikoi Airwaven kanssa vaan ainoastaan klusterin masteri välittää hallinnollista dataa Airwavelle. Yhteydenpitoon Instant-tukiaseman ja Airwave-palvelimen välillä käytetään HTTPS (Hyper Text Transfer Protocol Secure) -protokollaa, joka tekee yhteydestä suojatun. Instant-tukiasema lähettää Airwavelle minuutin välein tilannekatsauksia ja viiden minuutin välein dataa langattoman verkon käytöstä ja käyttäjistä. Kommunikointi tukiaseman ja palvelimen välillä alkaa aina tukiaseman toimesta. Airwave-palvelin ei ota

koskaan kontaktia Instant-klustereihin vaan odottaa tukiaseman yhteydenottoa, jolloin se välittää tiedon konfiguraatiomuutoksista tai muista hallinnollisista toimenpiteistä. Yhteys Instant-klusterin ja Airwave-palvelimen välillä ei ole edellytys langattoman verkon toiminnalle, eli jos yhteys näiden järjestelmien välillä katkeaa, langaton verkko toimii edelleen, mutta etähallinta ja monitorointi eivät ole tällöin mahdollisia.

Airwave-palvelimessa laitteiden hallintaan luodaan kansioita ja ryhmiä. Kansiot ovat ylemmän tason kokonaisuuksia, joille voidaan määrittää käyttäjäkohtaisia monitorointi- ja hallintaoikeuksia sekä saadaan loogisia kokonaisuuksia palvelimelle lisätyistä verkkolaitteista. Ryhmät taas ovat laitteiden hallintaan määritellyjä kokonaisuuksia, joissa tiettyyn ryhmään lisätyillä laitteilla on sama pohjakonfiguraatio. Ryhmään lisätyt laitteet voivat olla eri laitevalmistajien, mutta tällöin yhteisten asetusten määrittäminen on paljon rajoittuneempaa ja spesifististen asetusten määrittäminen täytyy tehdä laitekohtaisesti.

4.2 Monitorointi

Airwave-palvelin tarjoaa reaaliaikaista verkon monitorointia koko verkon perspektiivistä aina yksittäisiin tukiaseman radioihin sekä käyttäjiin. Monitoroinnin työkalut antavat näkymän langattoman verkon eri osa-alueista, tarjoten mahdollisuuden verkkoja hallinnoivalle taholle seurata ja tutkia langattoman verkon käyttöä ja käyttäjiä. Kun lähtökohdana on se, että Airwave-palvelin toimii pohjana palvelulle, on hyödyllistä, että verkon toimintaan pystytään pureutumaan eri tasoilla. Näin mahdollisten ongelmien ratkaisu sekä ehkäiseminen helpottuvat huomattavasti.



Kuva 13. Monitoroinnin käyttäjäkohtaisen diagnostiikan tilanäkymä.

Käyttäjäkohtainen monitorointi mahdollistaa eri verkon osa-alueisiin porautumisen käyttäjästä kontrolleriin asti. Eri osa-alueiden tilaa ja toimintaa voidaan seurata sekä asettaa kiintiöitä, joiden ylittäminen tai alittaminen aiheuttaa huomautuksia järjestelmässä. Päätelaitteiden kohdalla tärkeimmät seurattavat parametrit ovat signaali-kohina-suhde

sekä yleinen radiotaajuuden terveydentila. Tarvittaessa päälaitteen assosioitumistietoja voidaan tutkia tarkemmin sisältäen liikkumishistorian tukiasemien välillä, siirretyn datan määrän, fyysisen laitteen spesifikaatioita sekä käyttäjään ja autentikointiin liittyviä tietoja.

Diagnostiikka ottaa huomioon yleisesti verkon tilan, johon käyttäjä on liittynyt, mikä huomioi radiokaistojen käyttöasteen, liittyneiden käyttäjien määrän sekä yleiset tiedonsiirtomäärät. Tukiasemasta saadaan myös samanlainen yleisnäkyvä tukiaseman tilasta ja toiminnasta. Virtuaalikontrollerista voidaan tarkastella kontrollerin toimintoihin vaikuttavaa prosessorin sekä muistin käyttöä ja kokonaistilanne näkymää liittyneistä tukiasemista sekä tiedonsiirtomääristä.

4.3 Raportit

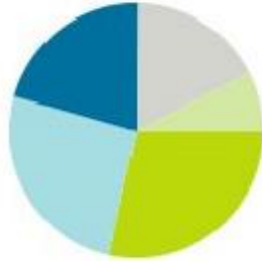
Airwave-palvelin koostaa ja säilöö erilaista dataa verkon tapahtumista ja käytöstä. Tämän datan pohjalta voidaan kostaa erilaisia raportteja. Palvelimelta löytyy useita valmiita raporttipohjia aina verkon ja verkkolaitteiden toiminnasta yksittäisten käyttäjien yhteysseesioista kerättyihin tietoihin. Valmiiden raporttipohjien lisäksi on mahdollista luoda omia raporttipohjia, joihin voi kasata eri osa-alueista haluttuja tietoja. Raportit voidaan kostaa, joko kaikista Airwaven ryhmistä ja kansioista tai raportteja voidaan rajata tiettyihin ryhmiin ja kansioihin. Sen lisäksi, että kerättyä dataa voidaan rajata, voidaan asettaa erilaisia suotimia tarkentamaan raportin tietoja haluttuihin osa-alueisiin. Raporttien sisällön lisäksi voidaan vaikuttaa siihen, millaisella aikavälillä raportin tiedot kerätään sekä raportti voidaan ajastaa muodostettavaksi tietyin väliajoin kuten kerran päivässä, viikoittain, kuukausittain tai vuosittain. Hienoin yksityiskohta raportoinnissa on se, että valmiit raportit voidaan lähettää haluttuun sähköpostiosoitteeseen joko XHTML- (Extensible Hypertext Markup Language), PDF- (Portable Document Format) tai CSV- (Comma Separated Values) tiedostoformaateissa.

Raporttien ongelmaksi muodostuu kuitenkin graafinen ulkoasu sekä automaattisesti generoituvat tekstiosuudet, joita ei voi muokata tai poistaa. Graafinen toteutus on aikansa eläneen näköistä ja varsinkin PDF-formaatissa raportti on epätarkka ja suttuinen.

Testiraportti/Jussi for All Groups and Folders

3/27/2015 6:57 PM to 4/3/2015 6:57 PM
Generated on 4/3/2015 6:57 PM

Top Applications



Application	Total Bytes
http	5.05 GB
youtube	3.70 GB
netflix	3.08 GB
https	1.33 GB
windowslive	934.67 MB
facebook	836.78 MB
appstore	819.11 MB
akamai	806.05 MB
silverlight	657.34 MB
ios_ota_update	549.38 MB

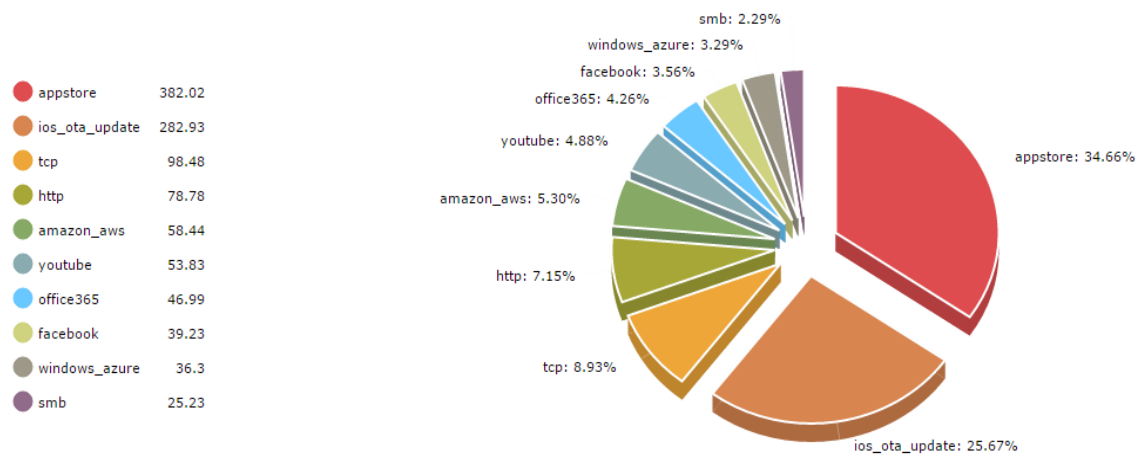
http	28.4%
Other	25.9%
youtube	20.8%
netflix	17.3%
https	7.5%

Kuva 14. Kuvakaappaus PDF-formaatin raportista.

Lähtökohtaisesti raporttien tarkoitus on välittää informaatiota asiakkaille langattoman verkon käytöstä ja suorituskyvystä. Palvelua hallitsevan tahon kannalta kerätty data on tärkeämpää kuin miltä se näyttää grafiikkana, mutta kun tietoa jaetaan raportin muodossa asiakkaille, olisi erittäin suotavaa, että kuvaajat näyttäivät hyvältä sekä pohja, johon raportin tiedot liitetään, olisi edustava. Edustavuuteen vaikuttavia asioita on esimerkiksi mahdollisuus lisätä palvelua tarjoavan tahon logo vesileimattuna tiedostopohjaan, otsikkokenttien muokkaus sekä fonttien muuttaminen. Tilanne on kuitenkin se, että Airwave ei anna mahdollisuutta muokata mitään edellä mainituista kohdista selainpohjaisen hallinnan kautta.

Raporttien modifioimiseksi edustavammiksi on muutama vaihtoehto. Yksittäisten raporttien modifiointi onnistuu helposti käyttämällä CSV-tiedostoja, joiden pohjalta voidaan luoda erilaisia graafisia toteutuksia verkon ilmaissivustoja hyödyntäen. Lähtökohdana on kuitenkin se, että prosessin pitäisi olla mahdollisimman automatisoitu, koska useiden raporttien muodostaminen ja välittäminen eteenpäin manuaalisesti ei ole käytännössä järkevää. Ensimmäisenä vaihtoehtona on käyttää Airwaven mahdollisuutta eksportoida generoidut raportit ulkoiselle palvelimelle käyttäen FTP- (File Transfer Protocol) tai SCP- (Secure Copy Protocol) tiedostonsiirtoprotokollia, joko PDF- tai CSV-formaatissa. Tässä tapauksessa tiedostot täytyisi siirtää CSV-formaatissa, koska tiedosto itsessään ei ole valmis raportti vaan sisältää tarvittavan datan raportin muodost-

tamiseksi. Palvelin päässä eksportoitu CSV-formaatin data täytyisi jäsenellä, käyttäen esimerkiksi jQuerya tai php:ta, muotoon, jota voidaan syöttää JavaScript-pohjaisiin kuvaajienluontityökaluihin, kuten Highcharts, D3 tai amCharts. JavaScript-kirjastoja hyödyntämällä kuvaajista saadaan huomattavasti näyttävämpiä sekä kokonaisuuden modifioiminen on helpompaa. Valmiit kuvaajat saadaan tallennettua raporttimuodossa vaikkapa PDF-dokumenttina. Prosessin automatisointi ei ole ylitsepääsemätön tehtävä asiansa osaavalle, niin että sähköpostittaminenkin onnistuu prosessin mukana.



Kuva 15. HighCharts JavaScript-kirjaston avulla luotu kuvaaja.

Toisena vaihtoehtona olisi hyödyntää Airwave-palvelimen XML API (Extensible Markup Language Application Programming interface) rajapintaa. XML API -rajapinnan kautta voidaan hakea erilaisilla kyselyillä samaa dataa, joka on käyttöliittymän kautta käytettävissä. XML on eräänlainen merkintäkieli, joka kuvaa tiedon rakennetta, samalla sisältäen tietoa. Se, kuinka XML-kyselyillä saatu data välitettäisiin raporttina asiakkaalle, voisi olla esimerkiksi erillinen raportti-portaali, jonne asiakaskohtaiset raportit koottaisiin uudistettuna XHTML-muodossa tai vaihtoehtoisesti data voitaisiin jäsenellä muotoon, jossa se voidaan syöttää JavaScript-koneistoon samaan tapaan kuin ensimmäisessäkin vaihtoehdossa ja sen jälkeen välittää asiakkaille. [30]

Tilanne on se, että jos raportteihin halutaan tehdä visuaalisia muutoksia, täytyy data tuoda ulos Airwavesta tavalla tai toisella ja prosessoida sen jälkeen haluttuun muotoon. Molemmat esittämistäni vaihtoehdoista ovat ajatustasolla ”voisi toimia” -ratkaisuja, joiden todellinen käytännössä hyödyntäminen vaatisi lisää selvittämistä teknisten toteutuksien mahdollisuuksista ja toimivuudesta. Katson, että ohjelmointi- sekä Linux-puolen osaaminen, erityisesti back end eli datan prosessointikomponenttien osaaminen, on

ehdoton vaatimus sille, että kumpaakaan ehdotuksista voidaan viedä eteenpäin järkevällä tavalla. Ehdotankin, jos raporttien visuaalisuuteen halutaan muutoksia tai nähdään asia tarpeelliseksi, että vaihtoehtojen mahdollisuuksia voitaisiin selvittää alkuun kouluprojekti- tai opinnäytetyömuotoisesti, jonka jälkeen evaluointi siitä, ovatko metodit toimivia tai vaivan arvoisia, on mahdollista. Vaihtoehtoisesti mielipiteitä voidaan pyytää myös ohjelmoijilta, jotka ovat olleet mukana muissa Resoluten projekteissa.

4.4 Vierailijaverkkojen toteutus

Langattoman verkon ehdoton etu on sen käytettävyyden ja jaettavuuden helppous. Yritysympäristöissä langaton verkko tarjoaa vaivattoman ja nopean tavan liittyä yrityksen sisäisiin järjestelmiin ja jaettuihin tiedostoihin. Sen lisäksi, että langattoman verkon avulla yrityksen työntekijät pääsevät jaettuihin resursseihin käsiksi, voidaan yrityksessä vieraileville henkilöillä tarjota yhteys ulkoverkkoon ja mahdollisesti sitä kautta vierailevan tahon omiin järjestelmiin. Olennaisena osana vierailijaverkkojen toteuttamisessa on vierailijatunnusten hallinta.

Airwave-palvelimesta löytyy ominaisuus, jolla voidaan luoda vierailijaverkon tunnuksia. Kyseisen ominaisuuden avulla voidaan ainoastaan luoda vierailijatunnuksia seuraavien valmistajien Aruba Networks, Dell Networking W-Series, Alcatel-Lucentin, ja Ciscon kontrolleripohjaisille ratkaisuille. Airwave-palvelimelle vierailijaverkkojen tunnusten luomiseen voidaan tehdä omia käyttäjätunnuksia, niin sanottuja vierailijasponsoritunnuksia, tai käyttää admin-tunnuksia. Vierailijasponsoritunnuksilla voidaan ainoastaan hallita vierailijaverkkojen tunnuksia eikä käyttäjällä ole tällöin näkymää muuhun Airwaven toimintaan. Tunnukset, joita luodaan vierailijaverkon käyttäjille, voidaan tehdä satunnaisesti generoituvista salasana- ja käyttäjätunnusyhdistelmiä tai määrittää tunnukset itse. Tunnuksiin voidaan liittää tietoa vierailijasta, kuten nimi, yritys sekä sähköpostiosoite ja määrittää, kuinka kauan tunnukset ovat voimassa.

Instant-tukiasemien kohdalla Airwaven omaa vierailijaverkon tunnustenhallinnointia ei voida käyttää, koska Airwave ei tue kyseistä toimintoa Instant-tukiasemien kanssa. Näin ollen vierailijaverkon käyttäjien hallinta ja tunnistaminen täytyy toteuttaa muilla keinoin. Instant-tukiasemien perustoteutuksena voidaan käyttää omaa vierailijaverkon kirjautumisportaalia sekä sisäistä tietokantaa hyödyntävää käyttäjien hallintaa tai täysin avoimesti käytössä olevaa vierailijaverkkoa.



Kuva 16. Vierailijaverkon kirjautumissivu

Kirjautumisportaali Instant-tukiasemien vierailijaverkkoon on kuvan 16 kaltainen. Muokausmahdollisuuksina on tekstikenttien sisällön muuttaminen, pienen logon lisääminen yläkulmaan sekä taustavärien vaihtaminen. Kirjautumisportaali ei välttämättä täyty kaikkia asiakkaiden toiveita, mutta menee välttävänä ratkaisuna. Ongelmana on kuitenkin se, että vierailijatunnusten hallintaa ei voida järjestää asiakkaiden hallinnan alaiseksi, koska vierailijaverkon tunnuksia luodaan Instant-klusterin sisäiseen käyttäjäkantaan Airwaven kautta. Asiakkaille ei haluta antaa pääsyä Airwave-palvelimelle, joten vierailijatunnukset, jotka luodaan, ovat aina voimassa eivätkä asiakkaat pääse niitä muuttamaan.

Kehittyneempi ratkaisu toteuttaa vierailijaverkon kirjautumisportaali ja käyttäjienhallinta, on hyödyntää Aruban Clearpass policy manager -järjestelmää. Clearpass policy manager on erillinen palvelin pohjainen kokonaisuus eikä tule Airwaven mukana. Se vaatii myös erilliset lisenssit toimiakseen. Clearpassin Guest-applikaation avulla, joka on osa Clearpass Policy manageria, tunnusten luomiseen, hallintaan sekä välittämiseen käyttäjälle saadaan monipuolisuutta. Clearpass Guestiä on kehitetty vuodesta 2007 asti, ja se on täysin suunnattu erilaisten vierailijaverkkojen hallintaan: avainominaisuuksina muokattavat kirjautumisportaalit, vierailijatunnusten hallinnan ja luomisen monipuolisuus. Clearpassiin voidaan luoda useita eri käyttäjäportaleja, ja näin ollen se sopisi hyvin osaksi palveluympäristöä. Kuitenkin Clearpassin hyötyjen ja toiminnallisuuksien toteaminen käytännössä vaatisi kokeilua palveluympäristössä vaikkapa evaluointilisenssin muodossa.

Aruban omasta valikoimasta ei löydy muita vaihtoehtoja vierailijaverkkojen toteuttamiseksi. Jos vierailijaverkkoja halutaan kehittää eteenpäin ja käy ilmi, että Clearpass ei sovellu tai ole kannattava ratkaisu palveluympäristöön, täytyy vaihtoehtoisia ratkaisuja hakea kolmansien osapuolien ratkaisuista tai toivoa, että Instant-tukiasemien ja Airwave-palvelimen yhteistoimintaa vierailijaverkon toteutuksessa kehitetään tulevissa ohjelmistopäivityksissä. Näen varsin epätodennäköisenä, että vierailijaverkon toteutusta Instant-tukiasemissa lähdetään parantamaan, koska Aruba suosittelee Clearpassin hyödyntämistä Instant -vierailijaverkkototeutuksissa. Näin ollen huomattavat parannukset Instant-tukiasemien omaan järjestelmään söisi pohjan Clearpassin hankkimiselle. Tämän lisäksi Aruban Central-palvelu on selvästi kehitys prioriteeteissa korkeammalla, koska se on Aruban oma pilvipalvelu ja näin saa visuaalisia sekä toiminnallisia päivityksiä varsin tiheällä tahdilla.

5 Tukiasemat palveluna

Palvelut ovat tietyn tahon tarjoama hyödyke, jonka tarkoituksena on tuoda hyötyä, aineellista tai aineetonta, palvelua ostavalle taholle. Palvelun ajatellaan olevan joukko prosesseja ja toimintamalleja, jotka yhteen sidottuna ovat palvelun rakenne. IT-palveluiden hallintaan on luotu omia prosessimalleja, joiden tarkoituksena on parantaa ja tarjota asiakkaiden tarpeita vastaavaa palvelua. ITIL v3 (IT Infrastructure library versio 3) on nimensä mukaisesti kirjasto, johon on koottu parhaita käytäntöjä palveluprosessien toteuttamisesta ja hallinnasta. ITILin ydin ovat palvelunhallinnan prosessit, jotka on jaettu viiteen pääalueeseen, joita ovat palvelun strategia, malli, muutos, toiminta sekä jatkuva kehitys. Seuraavaksi on tarkoituksena perehtyä lyhyesti palvelumallin prosesseihin. [31]

5.1 ITIL-palvelumalli

Tarkoituksena ei ole avata koko palvelunhallintaan liittyvää prosessiperhettä vaan tärkeimpiä seikkoja, joita palvelun tuottamiseen sekä tarjoamiseen sisältyy palvelumallin alaisuudessa. Palvelun toimittamisen kannalta tärkeimmät prosessit ovat palvelutason-, saatavuuden-, kapasiteetin- ja jatkuvuudenhallinta. Tärkeimpänä prosessina on palvelutasonhallinta, joka toimii määrittävänä mittarina muille alueen prosesseille.

5.1.1 Palvelutasonhallinta

Palvelutasonhallinnan kautta ohjataan koko palvelunhallinnan kehittämistä. Sen tärkeimmät prosessin ominaisuudet ovat palvelun määrittäminen, asiakkaan vaatimusten selvittäminen sekä palvelusopimuksen neuvottelu, raportointi palvelusopimuksen tavoitteiden saavuttamisesta sekä tarvittaessa korjaavien toimenpiteiden suorittaminen.

Palvelutasonhallinnan pääkomponenttina toimii palvelutasosopimus SLA (Service Level Agreement), joka määrittää asiakkaalle toimitettavan palvelun tason. Lähtökohtaisesti tavoiteltu palvelutaso tulee olla sellainen, että palveluntarjoaja kykenee siitä suoriutumaan ottaen tietenkin huomioon asiakkaan vaatimukset. Palvelutason toteutumista tulee seurata yhdessä asiakkaan kanssa, ja jos palvelutasossa on asiakkaan mielestä kehitettävää, täytyy korjaaviin toimenpiteisiin palvelun kehittämiseksi ryhtyä tai tarkentaa palvelutasosopimusta. [31]

5.1.2 Saatavuudenhallinta

Saatavuudenhallinnan tavoitteet määrittävät liiketoiminnalle asetetut tavoitteet. Liiketoiminnan määrittelemä saatavuusvaatimus on perusta, jonka päälle palvelukomponenttien saatavuus suunnitellaan. Saatavuudenhallinnan tehtävänä on määritellä saatavuusvaatimukset, saatavuuden tavoitteiden ja tietoturvallisuuden suunnittelu, palvelutasojen saavuttamisen varmistaminen sekä jatkuva seuranta ja raportointi prosessista.

Saatavuus on asia, jonka asiakas kokee ja näkee itse palvelusta. Asiakkaan näkökulmasta palvelu joko toimii tai ei toimi. Tämän takia saatavuudenhallinta on tärkeä osa koko palvelunhallintaa ajatellen, koska sillä on suora vaikutus asiakastyytyvyyteen. Hyvällä saatavuuden suunnittelulla turhat häiriöt saadaan karsittua pois sekä vaikutukset palvelutasosopimuksien aiheuttamiin sanktioihin myös. [31]

5.1.3 Jatkuvuudenhallinta

Palveluympäristöissä tapahtuu, enemmän tai myöhemmin, asioita, joita on vaikea ennakoida ja jotka vaikuttavat palvelun tuottamiseen. Jatkuvuudenhallinnan tehtävänä on pitää huoli siitä, että ennalta määrätty ja sovittu palvelutaso säilyy vaikka palveluun tulisi vakavia häiriöitä. Keskeisinä osina jatkuvuuden hallintaa ovat liiketoiminnan selviytyminen vakavista häiriöistä, haavoittuvuuksien ja riskien hallinta sekä toipumissuunnitelma ongelmatilanteiden varalle. Prosessin toimimisen kannalta tärkeitä seikkoja ovat roolit ja vastuut ongelmatilanteissa, toipumissuunnitelma ja sen testaaminen säännöllisesti.

Lähtökohtaisesti, kun jatkuvuudenhallinnan prosessi on käytössä, seuraavat seikat organisaation palveluiden osalta pitäisi olla selvänä:

- riskit, ja todennäköisimmät häiriötilanteet sekä riippuvuudet palvelun osien välillä
- organisoitu menettelytapa häiriötilanteiden varalle
- kriittisten kumppaneiden toiminnan varmistaminen.

5.1.4 Kapasiteetinhallinta

Kapasiteetinhallintaa tarvitaan turvaamaan liiketoiminnalle kannalta tarvittava palvelukapasiteetti kaikissa tilanteissa niin nykyisenä hetkenä kuin tulevaisuudessa. Prosessin päätehtävät ovat palvelukomponenttien suorituskyvyn valvonta ja mittaaminen, resursien vaatimusten ymmärtäminen sekä tulevaisuuden tarpeen ennakointi ja kapasiteettisuunnitelman laatiminen. Liiketoiminnan kannalta on tärkeää, että palvelun kapasiteetti on tiedossa, jotta kysyntä ei pääse yllättämään palvelukapasiteetin maksimia vaikuttaen näin negatiivisesti palvelun saatavuuteen. Huomionarvoista on myös se, että kapasiteetin ylimitoittaminen ei ole liiketoiminnan kannalta järkevää kasvattaen palvelun ylläpitokustannuksia. [31]

5.2 Resolute Wlan-palvelu

Resolute ISMS Oy tarjoaa Aruban Instant -tukiasematuoteperheen laitteilla toteutettavaa langatonta verkkoa palveluna. Peruspalveluun sisältyvät tukiasemat kiinnitysrautoineen, laitteiden hallinta ja valvonta, kuukausittainen käyttöraportti sekä vaihtolaittepalvelu kolmen arkipäivän vasteajalla. Palvelua myydään kiinteällä kuukausihinnalla, jonka suuruus riippuu tukiasemien määrästä, lisäpalveluista ja palvelusopimuksen pituudesta.

5.3 Palveluprosessit käytännössä

Palveluprosessien implementointi ja hyödyntäminen pitää yrityskohtaisesti miettiä ja suunnitella omaan toimintamalliin ja ympäristöön sopiviksi ratkaisuiksi. Lähtökohtaisesti pienissä palveluympäristöissä prosessienhallinnan olemassaolo tai olemattomuus ei välttämättä tuo suurta hyötyä eikä näy toiminnassa. Vasta kun kokonaisuudet alkavat kasvaa isommiksi, oikeat toimintamallit sekä hallittu johtaminen tuottaa tulosta niin käytännössä kuin viivan alle jäävissä luvuissa sekä näkyy asiakkaille parempana palveluna..

Lähtökohtaisesti Instant-tukiasemilla tuotettu palvelu on saatavuudeltaan ja jatkuvuudeltaan varsin toimiva ja perusvarma kokonaisuus. Asiakkaille näkyvä saatavuus on se, kuinka langaton verkko toimii, jolloin lähtökohtaisesti suurin saatavuuteen vaikuttava tekijä on asiakkaiden oma lähiverkko ja yhteydet ulkoverkkoon. Palveluntarjoajan

näkökulmasta ainoat kriittiset ongelmat, jotka voivat vaikuttaa palvelun saatavuuteen ja jatkuvuuteen ovat tukiasemien hajoamiset. Tällöinkin yleensä saatavuus kärsii vain osittain, ja jos langaton verkko on suunniteltu hyvin, yksittäisen tukiaseman hajoaminen ei välttämättä vaikuta saatavuuteen näkyvästi. Käytännössä palvelun eri komponenteilla ei ole riippuvuussuhdetta eli Airwave-palvelimen ja Instant-tukiasemien välinen häiriö ei vaikuta palvelun saatavuuteen. Vaikkakin kriittinen riippuvuussuhde puuttuu, on erittäin tärkeää silti, että esimerkiksi Airwave-palvelimen vioituessa tiedetään, kuinka asiaan lähdetään reagoimaan ja kuka ottaa vastuun korjaavista toimenpiteistä.

Olellaisena osana pitäisi olla selkeä toimintamalli palvelupyyntöjen sekä vikatilanteiden hallintaan käytännön tasolla. Mitä kanavaa pitkin asiakkaiden palvelupyynnot tulevat ja kuka vastaa niiden välittämisestä oikealle taholla tai suorittamisesta niin, että palvelupyynnot eivät huku sähköpostiviidakkaan. Kuinka asiakkaiden ilmoittamat langattoman verkon ongelmat kohdistetaan palvelun ongelmaksi eikä esimerkiksi asiakkaan lähiverkosta aiheutuviin häiriöihin. Näin säästetään turhia asentajan käyntejä kohteessa.

5.4 Palvelun edut asiakkaalle

Yrityksissä, jotka suunnittelevat langattomaan verkkoon sijoittamista, käydään läpi harkintaprosessi, jossa mietitään, kuinka langatonta verkkoa pitäisi lähteä toteuttamaan. Vaihtoehtoina yritystason langattoman verkon toteuttamiseksi on: hankkia laitteet, asentaa ja ylläpitää itse; hankkia laitteet, asennus sekä ylläpito toimittajalta tai ylläpitää itse ja viimeisenä vaihtoehtona on hankkia langaton verkko palveluna. Isona tekijänä ratkaisuihin on langattoman verkon käyttötarve, kriittisyys yrityksen toiminnalle sekä kustannukset, jotka järjestelmän pystyttämistä sekä ylläpitämisestä syntyvät.

Seuraavana esimerkki eri vaihtoehtojen aloituskustannuksista yrityksessä, jonka tarpeena on 15 tukiaseman ympäristö.

Taulukko 4. Laitehankinnoista koituvat aloituskustannukset

Laite/lisenssi	lkm	Hinta €/kpl	Hinta	Alennus %
Aruba AP205	15	689 €	10 335 €	0 %
3200XM controller	1	4 952 €	4 952 €	0 %
16 AP License	1	1 190 €	1 190 €	0 %

Hinta yhteensä **16 477,00 €**

Laitehankinnat voidaan ajatella olevan sijoitus viiden vuoden ajalle, jolloin kuukausittainen kustannus laitteista olisi 274 € kuukaudessa. Hankintahinnat ovat maahantuojan listahinnat ilman alennuksia.

Taulukko 5. Palvelun kustannukset

Tukiasema lkm	€/AP/kk	lisäpalvelut €/kk/AP
15	18 €	0€

Sopimusaika: 60kk
 €/kk 270,00 €
 €/sopimusaika 16 200,00 €

Kuten laskelmista huomataan, jo pelkkien laitteiden hankinta hinta ylittää palvelusta aiheutuvat kustannukset viiden vuoden sopimuksella. Se, että laitteet ja lisenssit ostetaan, ei vielä riitä siihen, että langaton verkko saataisiin toimintaan, vaan aloituskustannusten lisäksi täytyy laskea hallinnollisista toimenpiteistä aiheutuvat lisäkustannukset. Oman langattoman verkkojärjestelmän kokonaiskustannukset nousevat vielä vuosien varrella tarvittavien ylläpidollisten toimenpiteiden muodossa mahdollisina laiterikoutumisina, konfiguraatiomuutoksina sekä tarpeena lisätukiasemille. Tällä tarkoitetaan sitä, että hallinnollisia kuluja tulee varmasti, ja jos järjestelmää halutaan laajentaa, täytyy laitteita ja lisenssejä hankkia lisää.

Palvelun etuna asiakkaalle on se, että kohtuullisella rahallisella panoksella asiakas saa toimivan ja keskitetysti hallinnoidun langattoman verkon ilman suurta sijoitusta laitteisiin sekä työpanoksen uhraamista langattoman verkon hallintaan. Ongelmatilanteissa pal-

veluntarjoajan asiantuntijat, jotka osaavat laitteet sekä laitteiden toiminnan, hoitavat ongelmien selvittämisen eikä asiakkaan tarvitse sotkeutua vianselvittelyyn.

6 Yhteenveto

Tämän insinööriyön tarkoituksena oli perehtyä Aruban Instant -tukiasemien ominaisuuksiin, verkonhallintapalvelin Airwaven toimintaan sekä siihen, kuinka näitä käytetään langattoman verkon palvelussa. Työssä tutustuttiin myös pintaraapaisunomaisesti ICT-palvelujen tuotantoon ja pohdittiin palvelun etuja asiakkaan näkökulmasta sekä palveluntarjoajan näkökulmasta tuotannon prosesseja. Pohjana työlle toimi Resolute ISMS Oy:n palveluympäristö, joka otettiin tuotantoon vuoden vaihteessa.

Työn ensimmäisessä vaiheessa käytiin läpi langattomien verkkojen historiaa, teknisiä toteutuksia sekä standardeja ja viimeisenä tekniikan osuutena langattomien verkkojen hallintamuodot sekä pohdintaa niiden eroavaisuuksista. Seuraavana työssä käytiin läpi Instant-tukiasemien perustoiminta sekä muutamia huomionarvoisia ominaisuuksia, jonka jälkeen siirryttiin Airwave-verkonhallintapalvelimen käsittelyyn. Airwave-osuudessa työn pääpaino oli Airwavesta saatavien raporttien muokkaamisessa sekä vierailijaverkkoratkaisuissa. Viimeisessä kokonaisuudessa tutustutaan kevyesti palvelun prosesseihin ja miten ne vaikuttavat käytännössä.

Lähtökohtaisesti tässä työssä ei ollut yhtä selkeää tavoitetta tai päämäärää- vaan tavoitteet olivat hajautuneet eri osa-alueisiin, mikä teki työstä raportoinnin osalta hiukan haastavan. Mielestäni onnistuin kasaaman kohtalaisen kokonaisuuden niin, että eri tavoitteet saatiin sulavasti upotettua loogiseen kokonaisuuteen. Paljon asioita, joista olisi voinut kirjoittaa ja esimerkiksi tehdä ohjeistuksia, jää raportin ulkopuolelle, mutta alun perin tarkoitus ei ollut tehdä opasta vaan tutustua yleisesti. Yksi osio, jonka olisin halunnut lisätä työhön, oli Aruba Central -palvelun vertaaminen Airwave-palvelimeen. Suurista teknisistä ongelmista johtuen en saanut Instant-tukiasemia lisättyä Central-palveluun. Vielä tänäkin päivänä on vikatiketti auki Aruban puolella ongelman selvittämiseksi.

Opinnäytetyöprojekti antoi hyvät lähtökohdat tulevaisuutta ajatellen Airwave- ja Instant-tukiasemaympäristöjen hallintaan.

Lähteet

- 1 Haanperä Ville & Sinisalo Tiina. 2006. Langattomat lähiverkot. Seminaarityö. <<http://www.it.lut.fi/kurssit/05-06/Ti5316800/seminaarit/WLAN.pdf>> Luettu 25.1.2015.
- 2 ISM Band. 2015. Verkkodokumentti. Wikipedia <http://en.wikipedia.org/wiki/ISM_band> Luettu 1.2.2015.
- 3 ALOHANET. 2015. Verkkodokumentti. Wikipedia <<http://en.wikipedia.org/wiki/ALOHANet>> Luettu 16.3.2015.
- 4 Development Of ALOHANET. 1985. Verkkodokumentti. www.eletrica.ufpr.br <<http://www.eletrica.ufpr.br/mehl/te155/abramson-ALOHANET.pdf>> Luettu 16.3.2015.
- 5 Puska Matti. 2005 Langattomat lähiverkot, Helsinki: Talentum media.
- 6 HiperLAN. 2015. Verkkodokumentti. Wikipedia <<http://en.wikipedia.org/wiki/HiperLAN>> Luettu 8.2.2015.
- 7 Geier Jim. 2005. Langattomat verkot. Helsinki: Edita Prima .
- 8 IEEE_802.11a-1999. 2014. Verkkodokumentti. Wikipedia <http://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11a-1999> Luettu 4.3.2015.
- 9 NEgus Kevin & Petrick Al. 2008. History Of WLANs in the Unlicensed Bands. Verkkodokumentti. iep.gmu.edu <http://iep.gmu.edu/wp-content/uploads/2009/08/WLAN_History_Paper.pdf> Luettu 16.3.2015.
- 10 IEEE 802.11n Standard. 2015. Verkkodokumentti. [Radio-electronics.com](http://www.radio-electronics.com) <<http://www.radio-electronics.com/info/wireless/wifi/ieee-802-11n.php>> Luettu 14.2.2015.
- 11 Ad-Hoc mallikuva. 2015. Kuva. [Virenschutz.info](http://www.virenschutz.info) <<http://www.virenschutz.info/images/tutorialbilder/Wlan/Ad-Hoc-Modus.jpg>> Katsottu 1.2.2015.
- 12 Basic Communications Concepts. 2011. Verkkodokumentti. University of Babylon. <http://repository.uobabylon.edu.iq/2010_2011/4_1913_27.pdf> Luettu 3.2.2015.

- 13 Jumpluff Kevin. Many Service sets tutorial. 2014. Verkkodokumentti. Aruba Networks Community. <<http://community.arubanetworks.com/t5/Mobility-Hero-Tutorials/Many-Service-Sets/ta-p/178550>> Luettu 3.2.2015.
- 14 Ergen Mustafa. IEEE 802.11 Tutorial. 2002. Verkkodokumentti. Univ. of California Berkeley. <http://www-inst.eecs.berkeley.edu/~ee228a/fa03/228A03/802.11%20wlan/802.11_tutorial.pdf> Luettu 7.2.2015.
- 15 Tarmo Anttalanen, Introduction to telecommunications network engineering, Norwood, MA: Archtech House 2003.
- 16 Pahlavan Kaveh & Krishnamurthy Prashant. Principles of wireless networks. Verkkokirja. Cwins.wpi.edu <http://www.cwins.wpi.edu/publications/pown/chapter_11.pdf> Luettu 7.2.2015.
- 17 802.11 PHY layers. 2010. Verkkodokumentti. Techtargget.com <http://media.techtargget.com/searchMobileComputing/downloads/CW-AP_ch8.pdf> Luettu 3.2.2015.
- 18 Gast Matthew. 802.11ac: Survival Guide. 2013. Verkkodokumentti. O'Reilly media <http://chimera.labs.oreilly.com/books/1234000001739/ch01.html#the_core_technology_of_ac> Luettu 13.2.2015.
- 19 OFDM Kantoaallot. 2005. Kuva. Telecomab.com <<http://www.telecomabc.com/o/images/ofdm3.gif>> Katsottu 15.2.2015.
- 20 Guard Interval. 2014. Verkkodokumentti. Wikipedia. <http://en.wikipedia.org/wiki/Guard_interval> Luettu 5.2.2015.
- 21 Subcarrier modulation mapper. 2014. Verkkodokumentti. National Instruments. <https://awrcorp.com/download/faq/english/docs/VSS_System_Blocks/I80211A_MAP.htm> Luettu 7.2.2015.
- 22 802.11ac MU-MIMO. 2015. Verkkodokumentti. Qualcomm Atheros. <http://www.qca.qualcomm.com/wp-content/uploads/2015/01/802.11ac_MU-MIMO_Bridging_the_MIMO_Gap_in_Wi-Fi.pdf> Luettu 21.2.2015.
- 23 Traffic tunneling. 2011. Kuva. Securityuncorked.com <http://securityuncorked.com/wordpress/wp-content/uploads/2011/11/graphics_wireless_controller-type3.png> Katsottu 17.3.2015.

- 24 Evolution of controller-based wlangs. 2011. Verkkodokumentti. Cisco Systems
<http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/wireless/flex-7500-series-wireless-controllers/white_paper_c11-650060.pdf> Luettu 22.3.2015.
- 25 Holderness Kate. HP to Acquire Aruba Networks to create industry leader in Enterprise mobility. Verkkootikkeli. Hewlett-Packard.
<<http://www8.hp.com/us/en/hp-news/press-release.html?wireld=1924880#.VSdcSfmsVCg>> Luettu 15.3.2015.
- 26 Corporate Overview. 2014. Verkkodokumentti. Aruba Networks
<<http://www.arubanetworks.com/assets/eo/CorpOverview.pdf>> Luettu 20.3.2015.
- 27 Sekar Arunkumar. What its pot-master state of an IAP. 2014. Verkkodokumentti. Aruba Networks.
<<http://community.arubanetworks.com/t5/Controller-less-WLANs/What-is-Pot-master-state-of-an-Instant-AP/ta-p/180406>> Luettu 24.3.2015.
- 28 Preferred master. 2014. Verkkodokumentti. Aruba Networks community. <<http://community.arubanetworks.com/t5/Aruba-Instant-Cloud-Wi-Fi/Preferred-Master-Instant-APs/td-p/133325>> Luettu 24.3.2015.
- 29 IEEE 802.1p-standard. 2015. Verkkodokumentti. Wikipedia.
<http://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_P802.1p> Luettu 26.3.2015.
- 30 Introduction to XML. 2015. Verkkodokumentti. w3schools.com
<http://www.w3schools.com/xml/xml_what.asp> Luettu 7.4.2015.
- 31 Aale Roos. IT-palvelunhallinta ja ITIL. 2015. Verkkodokumentti. Kauppalehti: Johtamisen käsikirjat.
<<http://johtaminen.kauppalehti.fi/book/tietohallinnon-johtaminen/organisaatio-ja-johtaminen/it-palvelunhallinta-ja-itil>> Luettu 16.4.2015.

