



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Teemu Ketola

Langattoman lähiverkkoympäristön kehityskohteet

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Tietoverkot

Insinöörityö

30.5.2019

Tekijä Otsikko	Teemu Ketola Langattoman lähiverkkoympäristön kehityskohteet
Sivumäärä Aika	46 sivua 30.5.2019
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Tieto- ja viestintätekniikka
Ammatillinen pääaine	Tietoverkot
Ohjaaja	Osaamisaluepäällikkö Janne Salonen
<p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli kehityskohteiden etsintä asiakasyrityksen globaalista, langattomasta lähiverkkoympäristöstä. Työssä syvennyttiin ensin langattoman lähiverkon tekniikkaan, komponentteihin ja hallintaan, käyden läpi langattoman lähiverkon standardit ja olennaisimmat laitteet. Tämän jälkeen käytiin läpi langattoman lähiverkon olennaisimpia mittareita ja Aruba AirWaven raportointimoduuli, sekä sen mahdollisuudet.</p> <p>Työosiossa teoria laitettiin käytäntöön rakentamalla Aruba AirWave verkonhallintatyökalulla kustomoitu raportti, joka ajettiin asiakkaan langatonta lähiverkkoympäristöä vasten. Tulokset analysoitiin ja niiden pohjalta tehtiin kehitysehdotuksia. Tavoitteena oli myös työn aikana arvioida Aruba AirWaven raportointimoduulin soveltuvuutta langattoman lähiverkkoympäristön kehityskohteiden etsintään ja miten moduulia voitaisiin kehittää.</p> <p>Työn lopputuloksena asiakasyritykselle tehtiin raportin analyysiin perustuvia ehdotuksia langattoman lähiverkon kehittämiseksi koskien viittä eri asiakkaan toimipistettä. Lisäksi työn aikana karttuneen käyttökokemuksen perusteella todettiin Aruba AirWaven raportointimoduulin olevan tehokas ja joustava työkalu kehityskohteiden etsintään, jota voitaisiin kehittää automatisoimalla tiettyjä toimintoja.</p>	
Avainsanat	WLAN, Aruba, AirWave, Access point, Controller

Author Title	Teemu Ketola Improvements of wireless local area network
Number of Pages Date	46 pages 30 May 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Information and Communications Technology
Professional Major	Data Networks
Instructors	Janne Salonen, Head of School (ICT)
<p>The purpose of this thesis was to search for what could be improved on a customer enterprise's global wireless local area network. At first, wireless local area network technology, components and management were gone through, including wireless local area network standards and most essential devices. Then, most relevant wireless local area network metrics, Aruba Airwave's reporting module and its possibilities were gone over.</p> <p>The theory was put into practice by using Aruba AirWave network management tool to build up a customized report, which was then ran on customer's wireless local area network environment. The results were analyzed, and improvement suggestions were made based on the analysis. During the work, the aim was also to estimate how well Aruba AirWave's reporting module is suited for finding improvement targets on a wireless local area network, as well as how the module could be improved.</p> <p>As a result, and based on the report analysis, wireless local area network improvement suggestions were made to the customer enterprise regarding five different sites. In addition, based on the user experience, it was noted that Aruba AirWave's reporting module is an efficient and flexible tool for finding improvement targets, which could be developed by automating certain functions.</p>	
Keywords	WLAN, Aruba, AirWave, Access point, Controller

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	5
2	Langattoman lähiverkon standardit	6
3	Langattoman lähiverkon laitteita	11
3.1	Aruba Instant 205	12
3.2	Aruba 228	13
3.3	Aruba 7205	15
3.4	Aruba AirWave	17
4	Langattoman lähiverkon statistiikka ja mittarit	19
4.1	Aruba AirWave raportointimoduuli	20
5	Yrityksen langattoman lähiverkkoympäristön kehityskohteiden etsintä	25
5.1	Kustomoidun raporttipohjan rakentaminen	26
5.2	Raportin tulokset	32
6	Johtopäätökset ja yhteenveto	41
	Lähteet	44

Lyhenteet

ACC	Advanced Cellular Coexistence, teknologia, joka minimoi 3G-, 4G- ja LTE-verkoista aiheutuvia häiriöitä.
AMP	Accelerated Mobile Page, Googlen kehittämä käyttäjälähtöinen verkkosivujen kehittämisteknologia.
AppRF	Aruba Networksin patentoima sovelluksien näkyvyys- ja hallintaominaisuus.
ARM	Adaptive Radio Management, Aruba Networksin patentoima teknologia, joka määrittää dynaamisesti radiokanavan ja lähetystehon.
CPU	Central processing unit, keskussuoritin.
CSV	Comma-separated values, tekstitiedostomuoto.
dBm	Desibelimilliwatti, desibelien määrä suhteessa milliwattiin.
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol, protokolla, joka jakaa IP-osoitteita lähiverkkoon kytkeytyville laitteille.
DPI	Deep packet inspection, datan prosessoinnin tyyppi, joka tutkii verkossa kulkevan datan yksityiskohtaisella tasolla.
FIPS	Federal Information Processing Standards, Yhdysvaltain hallituksen asettamat turvallisuus- ja yhteensopivuusstandardit.
FTP	File Transfer Protocol, verkkoprotokolla, jota käytetään tiedostonsiirtoon verkon yli.
GRE	Generic Routing Encapsulation, Cisco Systemsin kehittämä verkon tunnelointiprotokolla.
IAP	Instant Access Point, langattoman lähiverkon tukiasema, joka kykenee toimimaan itsenäisesti ilman kontrolleria.

IDS	Intrusion Detection System, tietoverkon tunkeilijan havaitsemisjärjestelmä.
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers, kansainvälinen tekniikan alan järjestö.
IP	Internet Protocol, protokolla, joka huolehtii tietoliikennepakettien toimittamisesta verkossa.
LTE	Long Term Evolution, neljännen sukupolven langaton tiedostonsiirtotekniikka.
MAC	Media Access Control, verkkosovittimen yksilöivä osoite.
MIMO	Multiple-Input and Multiple-Output, tietoliikennetekniikka, jossa lähetykseen ja vastaanottoon käytetään yhtäaikaisesti useampaa antennia.
MOS	Mean opinion score, viestintäliikenteen laadun mittaamiseen käytettävä metriikka.
MPLS	Multiprotocol Label Switching, tekniikka, joka reitittää tietoliikennepaketit nopeasti hyödyntämättä reititystaulua.
OFDM	Orthogonal frequency-division multiplexing, metodi, joka koodaa digitaalista data useammilla taajuuksilla.
PCI	Peripheral Component Interconnect, tietokoneväylä, jonka avulla laitteeseen voidaan kytkeä lisälaitteita.
PDF	Portable Document Format, Adoben kehittämä ohjelmistoriippumaton tiedostomuoto.
PHY	Physical layer, tietoverkon fyysinen kerros.
QoS	Quality of service, tekniikka, joka luokittelee ja priorisoi tietoliikennettä.

RADIUS	Remote Authentication Dial-In User Service, verkkoprotokolla, joka tarjoaa autentikoinnin, valtuutuksen ja kirjanpidon käyttäjistä.
RAPIDS	Real-Time Automated Personnel Identification System, systeemi, joka autentikoi ja tunnistaa käyttäjän, sekä tarjoaa pääsytiedot.
SCP	Secure Copy Protocol, protokolla, jonka avulla voidaan siirtää tiedostoja turvallisesti verkon yli.
SSID	Service set identifier, langattoman lähiverkon verkkotunnus.
TPM	Trusted Platform Module, kansainvälinen turvallinen kryptoprosessoinnin standardi.
TurboQTM	Teknologia, joka mahdollistaa tiedonsiirron 200 megatavun sekuntinopeudella per datavirta.
UCC	Unified Communication and Collaboration, yrityskäyttöön suunnattu viestintäteknologia.
UHF	Ultra high frequency, radioaaltujen taajuusalue välillä 0,3-3 gigahertsiä.
WAN	Wide Area Network, tiedonsiirtoverkko, joka kattaa laajoja maantieteellisiä alueita.
VHF	Very high frequency, radiotaajuusalue välillä 30-300 megahertsiä.
Wi-Fi	Wi-Fi Alliancen tavaramerkki, jota käytetään langattoman lähiverkon määritellyn laatutason symbolina.
WPA2	Wi-Fi Protected Access 2, langattomien verkkojen tietoturvaprotokolla.
WPA3	Wi-Fi Protected Access 3, langattomien verkkojen tietoturvaprotokolla.
WPA2-MPSK	

Wi-Fi Protected Access 2 Multi-Preshared Key, tietoturvaprotokolla, joka yksinkertaistaa salasanojen hallinnointia WPA2-tukevia päätelaitteita varten.

VPN	Virtual Private Network, virtuaalinen erillisverkko, joka muodostaa näennäisesti yksityisen verkon.
XLSX	Microsoft Excel-taulukkolaskentaohjelmiston tiedostomuoto.
ZTP	Zero touch provisioning, verkkolaitteen ominaisuus, jonka avulla suurin osa laitteiden provisioinnista ja konfiguroinnista voidaan automatisoida.

1 Johdanto

Langattomalla lähiverkolla viitataan rajatulla alueella toimivaan langattomaan tietoverkkoon. Käyttäjät voivat kytkeytyä tähän verkkoon yhteensopivaa verkkoteknologiaa tukevin laittein. Kyseistä verkkoteknologiaa hyödynnetään julkisilla paikoilla, yrityksissä ja kotitalouksissa. Langattomaan lähiverkkoon viitataan useimmiten englanninkielisellä lyhennetyllä termillä WLAN (wireless local area network).

Langattoman lähiverkon käyttötarkoitukset ovat moninaiset ja yhä lisääntyvät. Tekniikan, laitteiden ja standardien jatkuva kehitys on tehnyt langattoman lähiverkon käyttöönotosta ja käytöstä helppoa ja intuitiivista. Laitevalmistajien kilpailu ja suuri kysyntä tälle yhä yleistyvämmälle teknologialle on osaltaan ajanut langattoman lähiverkon kehitystä ja ratkaisuja eteenpäin.

Langaton lähiverkko tarjoaa siihen yhdistyneille laitteille ja niiden käyttäjille mobiliteetin alueella, jolla se on käytössä. Tämä mahdollistaa liikuttaessa jatkuvuuden palveluihin, jotka vaativat verkkoyhteyden. Esimerkiksi yritysten tapauksessa näitä palveluita voivat olla yrityksen sisäverkossa toteutetut järjestelmät, sovellukset ja verkkojaot, sekä mahdollisen väylän kautta myös internetyhteys ja sen mahdollistamat palvelut.

Langattoman lähiverkon toteutukseen vaadittavien laitteiden lukumäärä riippuu päämääräisesti tilojen suuruudesta, käyttäjien määrästä ja käyttäjien tuottamasta verkkoliik-

kenteen määrästä. Näiden laitteiden sijoittelu tiloissa tähtää siihen, että verkon katve-alueita ei synny ja että langaton lähiverkko toimii koko ennalta suunnitellulla alueella.

Kun langatonta lähiverkkoympäristöä on tarkoitus kehittää, täytyy tarkastella, kuinka hyvin se palvelee käyttötarkoitustaan, eli langattoman verkkoyhteyden ja sen takana toimivien palveluiden tarjoamista sen käyttäjille. Langattoman lähiverkkoympäristön toimintaa ja sen mahdollisia epäkohtia voidaan arvioida käyttäjien antaman palautteen perusteella, mutta lopulta varsinaisia kehityskohteita on kannattavinta pyrkiä tunnistamaan statistiikkaan ja eri mittareihin perustuen.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on globaalin yrityksen langattoman lähiverkkoympäristön analysointi ja mahdollisten ongelma- ja kehityskohteiden nosto sen pohjalta. Pohjatiedon ja statistiikan kokoamiseen on tarkoitus hyödyntää Aruba AirWave verkko-hallintapalvelimen raportointimoduulia. On tarkoitus rakentaa kustomoitu raporttipohja, johon valikoidaan olennaisimpia langattoman lähiverkon tukiasema- ja toimipistekohtaisia mittareita. Työn tavoitteena on kehityskohteiden etsinnän lisäksi arvioida, kuinka hyvin Aruba AirWaven raportointimoduuli palvelee kehityskohteiden etsintää ja mitä siinä voitaisiin kehittää.

2 Langattoman lähiverkon standardit

Useimmat langattomat lähiverkkotekniikat pohjautuvat radioteknologioihin, jotka täyttävät IEEE 802.11 protokollaperheen standardivaatimukset. Näitä standardeja markkinoidaan kopiosuojatun tavaramerkin Wi-Fi takaa. Tämän tavaramerkin omistaa voittoa tavoittelematon Wi-Fi Alliance. Wi-Fi sertifioidut tuotteet ovat rajattu sellaisiin, jotka täyttävät sertifioidun yhteentoimivuus-testin. Wi-Fi on myös yleisesti käytetty termi, jolla viitataan langattomaan lähiverkkoon. [1].

Langaton lähiverkkoprotokollaperhe IEEE 802.11 on osa IEEE 802 lähiverkkoprotokollia ja määrittää ryhmän langattoman lähiverkon implementointiin käytettävistä MAC (media access control) ja PHY (physical layer) protokollista 2,4, 5 ja 60 gigahertsin radiotaajuuksilla. IEEE 802.11 standardit ovat maailman käytetyimmät langattoman lähiverkon standardit. Nämä standardit ovat luotu ja ylläpidetty IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) standardikomitean toimesta. [2].

Ensimmäinen IEEE 802 standardiversio julkaistiin vuonna 1997, jonka jälkeen sitä on seurannut jatkuvia perättäisiä parannuksia ja lisäyksiä. Tämä standardi ja sen versiot tarjoavat perustan langattomille lähiverkkotuotteille, jotka käyttävät Wi-Fi tavaramerkkiä. Jokainen versio standardi virallisesti kumoutuu sen tullessa osaksi viimeisintä julkaistua versiota. Käytännössä kuitenkin Wi-Fi tuotteita myyvät yritykset markkinoivat versioperusteisesti, joka on johtanut siihen, että jokainen versio nähdään omana standardinaan. [2].

- 802.11-1997 (802.11 legacy)
 - Ensimmäinen ja alkuperäinen IEEE 802.11 standardi julkaistiin vuonna 1997 ja hyväksyttiin vuonna 1999. Se määrittä yhden tai kahden megatavun sekuntinopeuden, edelleenlähetyskoodin ja kolme vaihtoehtoista fyysisen tason teknologiaa, joista kaksi käytti mikroaaltotransmissiota 2,4 gigahertsin taajuudella. [3].
- 802.11a
 - 802.11a julkaistiin vuonna 1999. Se käyttää samaa datalinkkitason protokollaa ja kehysformaattia kuin edeltäjänsä, mutta OFDM:ään (orthogonal frequency-division multiplexing) pohjautuvaa fyysisen tason teknologiaa. 802.11a toimii 5 gigahertsin taajuudella ja teoriassa 54 megatavun sekuntinopeudella. Käytännön nopeus kuitenkin virheenkorjauskoodin myötä on noin 25 megatavua sekunnissa. [4].
- 802.11b
 - 802.11b omaa 11 megatavun sekuntinopeuden ja sen mukaisesti standardoidut tuotteet ilmestyivät markkinoille alkuvuodesta 2000. 802.11b on suora jatke modulaatiotekniikalle, jota käytettiin alkuperäisessä 802.11 standardissa. Sen teoreettinen maksiminopeus on 54 megatavua sekunnissa, jonka virheenkorjaus laskee käytännössä keskimäärin 22 megatavuun sekunnissa. [5.]
- 802.11g

- Kesäkuussa 2003 802.11g hyväksyttiin kolmantena modulaatiostandardina. Se toimii 2,4 gigahertsin taajuudella ja käyttää OFDM-pohjaista transmissiota. 802.11g on täysin yhteensopiva 802.11b standardin mukaisen laitteiston kanssa. [5].
- 802.11-2007
 - Vuonna 2003 tehtäväryhmä TGma valtuutettiin koostamaan dokumentti, jossa yhdistettiin suuri osa julkaistuista versioista ja lisäyksistä alkupe räiseen 802.11 standardiin. Dokumentin nimeksi tuli lopulta IEEE 802.11-2007 ja siitä muodostui sen hetkinen pohjastandardi. [6].
- 802.11n
 - 802.11n julkaistiin vuonna 2009. Se lisäsi edeltävään standardiin MIMO-tekniikan (multiple-input multiple-output), joka mahdollistaa käytettävän useampia antennoja radiolinkillä. 802.11n toimii 2,4 ja 5 gigahertsin taajuudella ja kykenee 54-600 megatavun sekuntinopeuteen. [7].
- 802.11-2012
 - Toukokuussa 2007 tehtäväryhmä TGma valtuutettiin koostamaan dokumentti, jossa yhdistettiin suuri osa julkaistuista versioista ja lisäyksistä standardiin 802.11-2007. Tämän ohessa dokumenttiin tehtiin myös siivousta ja uudelleenjärjestämistä. Dokumentti julkaistiin vuonna 2012 uutena pohjastandardina, nimellä IEEE 802.11-2012. [8].
- 802.11ac
 - 802.11ac julkaistiin joulukuussa 2013 ja se pohjautuu standardiin 802.11n, lisäten siihen laajemmat radiokanavat ja muita laajentavia lisäyksiä, jotka mahdollistavat yhdessä 1300 megatavun sekuntinopeuden. [9].
- 802.11ad

- 802.11ad oli lisäys standardiin, määrittäen uuden fyysisen tason, jonka myötä 802.11-verkot kykenevät toimimaan 60 gigahertsin millimetriaal-tospektrissä. 802.11ad kykenee maksimissaan 7 gigahertsin sekuntino-peuteen ja on tarkoitettu lyhyelle, 1-10 metrin etäisyydelle. 802.11ad standardia tuodaan markkinoille WiGig brändin takaa ja sitä kehittää Wi-Fi Alliance. [10].
- 802.11af
 - 802.11af oli lisäys standardiin, joka hyväksyttiin vuonna 2014. Se mahdollistaa langattoman lähiverkon toiminnan käyttämättömillä VHF- ja UHF-televisiokanavataajuuksilla, välillä 54 ja 790 megahertsiä. Nämä taajuudet eivät ole niin alttiita fyysisten esteiden vaimentavalle vaikutuk-selle, kuin 2,4 ja 5 gigahertsin taajuudet. 802.11af mahdollistaa maksi-missaan 426,7 megatavun sekuntinopeuden 6 ja 7 megahertsin kanavil-la ja 568,9 megatavun sekuntinopeuden 8 megahertsin kanavilla. [11].
- 802.11-2016
 - 802.11-2016 oli revisio, joka pohjautui IEEE 802.11-2012 standardiin, yhdistäen siihen viisi julkaistua lisäystä. Myös MAC- ja PHY-ominaisuuksia parannettiin, sekä vanhentuneita ominaisuuksia poistet-tiin standardista. [12].
- 802.11ah
 - 802.11ah julkaistiin vuonna 2017 ja se määritti langattoman lähiverkon systeemin, joka toimii alle yhden gigahertsin lisenssivapailta taajuuksilla. Nämä alemmat taajuudet eivät ole niin alttiita rakennusmateriaalien vaimennukselle, kuin perinteiset 2,4 ja 5 gigahertsin taajuudet. Tämä mahdollistaa uusia käyttötarkoituksia ja mahdollisen kilpailijan Bluetooth-tekniikalle pidemmällä käyttöetäisyydellään. [13].
- 802.11ai

- 802.11ai on lisäys 802.11 standardiin, joka lisäsi uusia nopeampia mekanismeja radiolinkin muodostamiseen. [14].
- 802.11aj
 - 802.11aj laajensi 802.11ad standardiin pohjautuen mahdollisuuden hyödyntää 45 gigahertsin lisensoimatonta spektriä tietyissä maailmanosissa ja erityisesti Kiinassa. [14].
- 802.11aq
 - 802.11aq oli lisäys IEEE 802.11 standardiin, joka hyväksyttiin kesäkuussa 2018. Se mahdollistaa palveluiden tunnistamisen langattomassa lähiverkossa ennen yhteyden muodostamista. [14].
- 802.11ax
 - 802.11ax standardi pyrkii mahdollistamaan erittäin korkean tiedonsiirtonopeuden lisäämällä 1 ja 7 gigahertsin taajuudet jo käytössä olevien 2,4 ja 5 gigahertsin taajuuksien lisäksi. Se pyrkii myös laskemaan latenssia merkittävästi ja parantamaan spektrin hyödyntämisen tehokkuutta paremmilla virran ohjausmetodeilla. 802.11ax tulee lisäämään myös turvallisuusprotokollat Target Wake Time ja WPA3. 802.11ax on brändätty Wi-Fi 6 nimikkeelle Wi-Fi Alliancen toimesta ja standardin täyden käyttöönoton odotetaan tapahtuvan vuoden 2019 loppupuolella. [15].
- 802.11ay
 - 802.11ay standardi on kehityksen alla ja se odotetaan julkaistavan vuoden 2019 aikana. Se tulee määrittämään uuden fyysisen tason 802.11 verkoille, jotta ne voivat toimia 60 gigahertsin millimetriaaltospektrissä. 802.11ay on jatke 802.11ad:lle ja pyrkii laajentamaan tiedonsiirtonopeutta, kantamaa ja käyttötarkoituksia. Sen maksiminopeus on 20 gigatavua sekunnissa. [16].

3 Langattoman lähiverkon laitteita

Langattoman lähiverkon rakentamiseen soveltuvia laitteita on saatavilla runsaasti erilaisia ja siihen yhdistettäviä vielä enemmän. Laitevalmistajia löytyy paljon ja laitteiden ominaisuuksien ja kustannusten haitari on laaja. Yrityskäyttöön tarkoitetut laitteet tarjoavat pääsääntöisesti kuluttajalaitteita enemmän ominaisuuksia ja kustomointia. Lisäksi niiden elinikä on pidempi ja monet niistä on tehty kestävämmän paremmin vaihtelevia olosuhteita, kuten lämpötilaa ja kosteutta.

Suunniteltaessa langattomia lähiverkkoratkaisuja kartoitetaan ensin verkon tarkoitus ja tarve. Nämä hahmottuvat suurimmaksi osin tilan tai tilojen, käyttäjämäärän, käyttäjien tuottaman liikennemäärän, verkon hallinnoinnin ja skaalautuvuuden pohjalta. Kun nämä tekijät ovat tiedossa, niin voidaan hahmottaa kokonaisratkaisun rakenne ja edelleen tarvittavat ja soveltuvat langattoman lähiverkon laitteet, joilla kyseinen ratkaisu voidaan tuottaa.

Keskeisimmät ja yleisimmät laitteet tämän päivän langattomissa lähiverkoissa ovat tukiasemat, jotka muodostavat radiolinkin langattomaan lähiverkkoon yhdistävien loppukäyttäjien päätelaitteiden kanssa ja isommissa yritysympäristöissä kontrollerit, joiden kautta langattoman lähiverkon kokonaisuutta voidaan hallinnoida keskitetysti. Kontrollerit voivat tarjota hallinnoinnin lisäksi myös muita ominaisuuksia, kuten tietoturvapoliitikoita, sovellushallinnan, reitityksen, tunneloinnin ja palomuurin.

Suuremmissa langattoman lähiverkon ympäristöissä olennaisia ja usein vaadittuja toiminnallisuuksia ovat myös proaktiivinen ja reaktiivinen palveluiden valvonta, hälytykset, raportointi ja tehokkaampi, osin automatisoitu vianmääritys. Näihin tarpeisiin vastaavia ratkaisuja laitevalmistajat pyrkivät tarjoamaan erilaisin tuottein, joissa isoiksi kilpailuvalteiksi ovat osoittautuneet käyttöliittymät, automaatio ja nopeus.

Yksi tunnetuista langattoman lähiverkon laitevalmistajista on verkkolaitteisiin erikoistunut Aruba Networks, joka on aloittanut toimintansa vuonna 2002. Aruba Networks on Hewlett-Packardin tytäryhtiö ja sen pääkonttori sijaitsee Kalifornian Santa Clarassa.

3.1 Aruba Instant 205

Aruba Instant 205, eli Aruba IAP 205 on moniominaisuuksinen ja kustannustehokas langattoman lähiverkon tukiasema, joka on suunniteltu keskitiheisiin yritysverkkoympäristöihin. Tämä kompakti laite tukee 867 megatavun maksimisekuntinopeutta 802.11ac standardia tukevilla laitteilla 5 gigahertsin taajuudella ja 300 megatavun maksimisekuntinopeutta 802.11n standardia tukevilla laitteilla 2,4 gigahertsin taajuudella. Aruba IAP 205 on varustettu neljällä integroidulla suunnattavalla antennilla. Tukiasema on nopea ottaa käyttöön ja yksi sen arvokkaimpia ominaisuuksia on sen mahdollisuus toimia itsenäisesti ilman langattoman lähiverkon kontrolleria ja synkronoidusti muiden tätä tekniikkaa tukevien IAP-tukiasemien kanssa. Tätä ominaisuutta hyödynnettäessä verkko-konfiguraatio ladataan yhdelle tukiasemalle, joka levittää konfiguraation muille IAP-tukiasemille. Tämä koko prosessi vie Aruban mukaan noin viisi minuuttia. [17].

Muihin Aruba Instant 205 tukiaseman ominaisuuksiin lukeutuvat seuraavat:

- Wi-Fi päätelaiteoptimointi
 - Aruban patentoima ClientMatch-tekniologia kerää jatkuvasti suoritusmetriikoita langattomaan lähiverkon päätelaitteilta ja siirtää ne metriikoihin perustuen parhaille mahdollisille tukiasemille.
- Advanced Cellular Coexistence (ACC)
 - ACC-tekniikka mahdollistaa Aruba IAP 205 tukiaseman saavuttavan parhaan mahdollisen tehokkuuden minimoimalla 3G- ja 4G-LTE verkkojen aiheuttamat häiriöt.
- Viestintäliikenteen priorisointi
 - Aruba IAP 205 on kykenevä priorisoimaan viestintäohjelmistojen, kuten Microsoft Skype for Business liikennettä parantaen näiden palveluiden toimintaa ja jatkuvuutta.
- Adaptiivinen radioliikenteen hallinta

- Aruban patentoima Adaptive Radio Management (ARM) tekniikka valitsee automaattisesti radiokanavan ja virta-asetukset varmistaen, että eri lähteiden aiheuttamat radiotaajuushäiriöt vältetään.
- Spektrianalyysi
 - Aruba IAP 205 on kykenevä osa- tai kokoaikaiseen 2,4 ja 5 gigahertsin radiotaajuuksien monitorointiin ja spektrianalyysiin, joiden avulla se tunnistaa häiriöiden lähteitä.
- Turvallisuusominaisuudet
 - Aruba IAP 205 sisältää integroidun Trusted Platform Module (TPM) komponentin, joka mahdollistaa tietoturvallisen käyttäjätunnusten ja salasanojen tallennuksen.
 - Aruba IAP 205 tukee SecureJack-tekniikkaa, jonka avulla voidaan suojata tunneloitu, kaapeloitu Ethernet-dataliikenne.

3.2 Aruba 228

Aruba 228 on kovatekoinen langattoman lähiverkon tukiasema, joka on suunniteltu vaativien ympäristöolosuhteiden tiloihin, kuten teollisuusvarastoihin ja pakastehuoneisiin, sekä äärimmäisiin ympäristöihin, kuten ulkoilmastadioneille. Tämä laite tukee 1,3 gigatavun maksimisekuntinopeutta 802.11ac standardia tukevilla laitteilla 5 gigahertsin taajuudella ja 600 megatavun maksimisekuntinopeutta 802.11n standardia ja TurboQAM-modulaatiota tukevilla laitteilla 2,4 gigahertsin taajuudella. Aruba 228 erottuu ominaisuuksiltaan erityisesti lämmön- ja kosteudensiedollaan. Se toimii -40° C ja +60° C lämpötilojen, sekä 5% ja 95% ei-kondensoituvan ilmankosteuden välillä. [18].

Muihin Aruba 228 tukiaseman ominaisuuksiin lukeutuvat seuraavat:

- Wi-Fi päätelaiteoptimointi

- Aruban patentoima ClientMatch-teknologia kerää jatkuvasti suoritusmetriikoita langattomaan lähiverkon päätelaitteilta ja siirtää ne metriikoihin perustuen parhaille mahdollisille tukiasemille.
- Viestintäliikenteen priorisointi
 - Aruba 228 on kykenevä priorisoimaan viestintäohjelmistojen, kuten Microsoft Skype for Business liikennettä parantaen näiden palveluiden toimintaa ja jatkuvuutta.
- Liitännät suuremmille antenneille
 - Aruba 228:aan voidaan kytkeä suuria ja tehokkaita antenneja, jotka ovat tarkoitettu julkisille paikoille.
- Adaptiivinen radioliikenteen hallinta
 - Aruban patentoima Adaptive Radio Management (ARM) tekniikka valitsee automaattisesti radiokanavan ja virta-asetukset varmistaen, että eri lähteiden aiheuttamat radiotaajuushäiriöt vältetään.
- Spektrianalyysi
 - Aruba 228 on kykenevä osa- tai kokoaikaiseen 2,4 ja 5 gigahertsin radiotaajuuksien monitorointiin ja spektrianalyysiin, joiden avulla se tunnistaa häiriöiden lähteitä.
- Turvallisuusominaisuudet
 - Aruba 228:ssa on integroitu tunkeutumisen estojärjestelmä, jonka myötä erillisiä radiotaajuussensoreita ja turvallisuuslaitteita ei tarvita.
 - Aruba 228:n IP- ja turvallisuuspalvelut tunnistavat, luokittelevat ja estävät haitalliset tiedostot, web- ja IP-osoitteet.

- Aruba 228 tukee suojattuja VPN-tunneleita, joilla käyttäjät voidaan turvallisesti yhdistää etäkäyttöisesti yritysverkon palveluihin.
- Aruba 228 sisältää integroidun Trusted Platform Module (TPM) komponentin, joka mahdollistaa tietoturvallisen käyttäjätunnusten ja salasanojen tallennuksen.
- Aruba 228 tukee SecureJack-tekniikkaa, jonka avulla voidaan suojata tunneloitu, kaapeloitu Ethernet-dataliikenne.

3.3 Aruba 7205

Aruban 7200-sarjan kontrollereihin lukeutuva Aruba 7205 soveltuu tiheisiin langattoman lähiverkon yritysympäristöihin, tarjoten korkean suorituskyvyn ja keskitetyn hallinnan tukiasemille. Aruba 7205 tarjoaa useita ominaisuuksia, jotka parantavat tukiasemien käytettävyyttä ja langattomaan lähiverkkoon yhdistäneiden päätelaitteiden verkkoierailua. Se kykenee myös parantamaan verkon turvallisuutta enkapsuloiden data liikenteen tukiasemien ja kontrollerin välillä GRE-tunnelin avulla. [19].

Aruba 7205 on suunniteltu suuriin yritysverkkoympäristöihin ja se tarjoaa keskitetyn hallinnan politiikoille, jotka takaavat jatkuvan käyttäjäkokemuksen työntekijöille ja vierailijoille. Kontrollerin käyttöönottoa voidaan helpottaa tarvittaessa ZTP-tekniikkaa (Zero Touch Provisioning) hyödyntäen. ZTP perustuu Aruba Activate pilvipohjaiseen tekniikkaan, jonka avulla kontrollerin asetukset voidaan asettaa perustuen hierarkkiseen konfiguraatioon.

Aruba 7205 hyödyntää ArubaOS-käyttöjärjestelmää ja kykenee hallinnoimaan 32728 yhtäaikaista käyttäjää, 2048 tukiasemaa ja yli kahta miljoonaa aktiivista palomuurisesiota. Se sisältää 80 virtuaalista prosessoria ja 100 gigatavun läpisyöttönopeutta suorittaakseen tilapohjaista palomuuripolitiikkaa.

Aruba 7205 voidaan liittää osaksi kontrolleriklusteria muiden 7200-sarjan kontrollereiden kanssa. Klusteroinnin mahdollistaa Aruba Mobility Master, jonka Aruba tarjoaa virtuaalisena ja fyysisenä tuotteena. Sen avulla langattoman lähiverkon ympäristöä voidaan skaalata entisestään, toimintavarmuutta lisätä hyödyntämällä korkeaa saata-

vuutta ja jakaa konfiguraatioita hierarkiapohjaisesti. Aruba Mobility master mahdollistaa myös keskitetyn lisenssien jaon ja reaaliaikaiset päivitykset, joiden avulla välttämättömiä huoltokatkoja voidaan vähentää. Lisäksi Aruba 7205 kontrollerin mahdollisuuksia laajentaa sen tuki Aruba Airwave ratkaisulle, joka tarjoaa verkonhallinta-, valvonta-, raportointi- ja paikannustoiminnallisuudet.

Muihin Aruba 7205 kontrollerin ominaisuuksiin lukeutuvat seuraavat:

- ClientMatch-tehostettu 802.11ax-tuki (Wi-Fi 6)
 - Aruban patentoima ClientMatch-teknologia kerää jatkuvasti suoritusmetriikoita langattomaan lähiverkon päätelaitteilta ja siirtää ne metriikoihin perustuen parhaille mahdollisille tukiasemille. Sen avulla Aruba 7205 kykenee yhdistämään 802.11ax-standardia tukevat päätelaitteet ryhmiin ja optimoimaan käyttäjäkokemuksen.
- Tuki WPA3-salausprotokollalle
 - Aruba 7205 tukee WPA3-salausprotokollaa, mahdollistaen vahvan salauksen ja sen mukaiset autentikointimetodit. Lisäksi se tukee WPA2-MPSK-salausprotokollaa, joka yksinkertaistaa salasanojen hallinnointia WPA2-tukevia päätelaitteita varten.
- Dynaaminen segmentaatio
 - Aruba 7205 kykenee valvomaan ajantasaisia politiikoita, jotka se saa keskitetyltä Aruba ClearPass politiikoiden hallintajärjestelmältä. Nämä politiikat perustuvat rooleihin ja ne levitetään yhdenmukaisesti langattomaan lähiverkkoon ja lähiverkkoon. Tämä poistaa tarpeen konfiguroida segmentaatio jokaiselle lähiverkon kytkimelle erikseen.
- Ohjelmistonäkyvyys ja -hallinta
 - Aruba 7205 tukee Aruban patentoimaa AppRF-ominaisuutta, joka hyödyntää DPI-teknologiaa (Deep Packet Inspection). Tämä ominaisuus ar-

vioi ja optimoi jatkuvasti yli 2600 sovelluksen suorituskykyä, tarjoten parhaan mahdollisen palvelun laadun.

- Verkkosisällön suodatus
 - Aruba tarjoaa AppRF:lle WebCC-lisäominaisuuden, joka luokittelee verkkosivustot sisällön ja maineen perusteella. Se kykenee verkkosivustojen luokitteluun perustuen estämään, soveltamaan palvelun laadun optimointia, rajoittamaan käytettävää kaistanleveyttä ja keräämään loki-tietoja.
- Viestintäliikenteen visualisointi- ja vianmääritys
 - Aruba 7205 tarjoaa viestintäliikennenäköymän, joka visualisoi ja määrittää mahdollisia verkon vikoja perustuen puhelun laadun metriikoihin, kuten viiveeseen, pakettihukkaan, poikkeamiin ja MOS:iin (Mean opinion score).
- Tuki kolmannen osapuolen palomuuoreille
 - Aruba 7205 tukee roolitusta kolmannen osapuolen palomuuoreille edistyneempää suojausta varten.

3.4 Aruba AirWave

Aruba AirWave on verkonhallintapalvelin, joka tarjoaa hallinnan sekä langattomille, että langallisille verkkoympäristöille. Se tukee Aruban omien verkkolaitteiden lisäksi myös useiden muiden laitevalmistajien verkkolaitteita. Aruba AirWave tarjoaa keskitetyn, modernin ja graafisen käyttöliittymän ja sen olennaisimpiin ominaisuuksiin kuuluvat reaaliaikainen monitorointi, proaktiiviset ja reaktiiviset hälytykset, ekstensiivinen raportointi ja tehokas vianmääritys. Aruba AirWave on saatavilla fyysisenä laitteena, tai vaihtoehtoisesti asennettavissa virtuaalikoneelle ja sen käyttöliittymä on muokattavissa palvelemaan käyttäjän tarpeita. [20].

Aruba AirWaven ominaisuuksiin lukeutuvat seuraavat:

- Suoraviivainen verkkolaitteiden konfigurointi ja käyttöönotto
 - AirWave hyödyntää konfiguraatioryhmiä, ja -pohjia, sekä porrastettua työnkulkua verkkolaitteiden konfiguroinnin yksinkertaistamiseksi ja nopeuttamiseksi.
 - Yllämainitut ominaisuudet ja Aruban ZTP-tekniikka (Zero-Touch Provisioning) automatisoivat ja suoraviivaistavat konfigurointia ja provisiointia, vähentäen inhimillisiä virheitä ja säästäten aikaa.

- Reaaliaikainen verkkoympäristön monitorointi
 - AirWave tarjoaa reaaliaikaisen näkymän verkon tilasta, joka havainnollistaa käyttäjien ja niiden tuottaman liikenteen määrän, verkkolaitteiden ja konfiguraatioiden tilan ja summauksen hälytyksistä.
 - AirWave tarjoaa verkkoliikenteen analysointinäkymän, joka havainnollistaa liikenteen jakautumisen sovellus-, kohde-, verkko-, rooli-, laitetyyppi- ja käyttäjätasolla.
 - AirWave tarjoaa viestintäliikennenäkymän, joka visualisoi puheluiden laatua perustuen poikkeamiin, MOS:iin (Mean opinion score) ja mahdollisiin radiotaajuus- ja kapasiteettiongelmiin.

- Kokonaisvaltainen verkonhallinta ja vianmääritys
 - AirWave hyödyntää roolipohjaista mallia verkonhallintaoikeuksiin. Tämä mahdollistaa oikeuksien rajaamisen eri käyttäjärooleille.
 - AirWave etsii, löytää ja kartoittaa verkkoympäristön topologian ja havainnollistaa sen graafisesti näyttäen verkkolaitteiden riippuvuudet suhteessa toisiinsa.
 - AirWave monitoroi päätelaitteiden yhteyttä ja proaktiivisesti määrittää mahdollisia vikoja perustuen assosiaatioon, autentikointiin ja DHCP-protokollaan (Dynamic Host Configuration Protocol).

- VisualRF-ominaisuudellaan AirWave visualisoi verkkoympäristöä hyödyntäen varsinaisia rakennusten pohjapiirrustuksia. Tämän avulla voidaan hahmottaa mahdollisia radiotaajuuskatveja ja häiriöalueita, sekä tukiasemien sijainteja.
- RAPIDS-ominaisuus (Rogue AP Intrusion Detection Service) mahdollistaa AirWaven tunnistaa mahdollisia verkkoon tunkeutuvia ei-toivottuja verkko- ja päätelaitteita, jotka voivat aiheuttaa ongelmia.
- AirWave tarjoaa kehittyneen ja ajastusmahdollisuuden sisältävän moduulin laite- tai ryhmäkohtaiseen firmwaren (laiteohjelma) päivittämiseen.
- FIPS-turvallisuussertifikaatit (Federal Information Processing Standard)
 - AirWave on valtiotason FIPS-sertifikaatein taattu turvallinen palvelin.
- Kattavat raportointiominaisuudet
 - AirWave sisältää raportointimoduulin, jolla voidaan tuottaa ja ajastaa tuotettavan verkkoympäristön raporteja eri tarkoituksiin hyödyntäen AirWaven omia raporttipohjia tai rakentaen kustomoituja raporteja.
 - Raporteja voidaan tuottaa miltei kaikesta statistiikasta, jota AirWave kerää ja tuottaa.

4 Langattoman lähiverkon statistiikka ja mittarit

Langattoman lähiverkkoympäristön kehityskohteita etsittäessä olennaisimpia indikaattoreita ja mittareita ovat verkon ja verkkolaitteiden kapasiteetti, käyttäjien lukumäärät, verkkolaitteiden prosessoreiden ja muistin kuormitus, radiotaajuuksien käyttöaste, sekä häiritsevän radiokohinan määrä. On olemassa paljon muitakin hyödyllisiä mittareita, mutta nämä tekijät ovat pääosin vastuussa langattoman verkkoyhteyden saatavuudesta ja laadusta.

Langattoman lähiverkon ja verkkolaitteiden kapasiteettia, sen riittävyttä ja trendiä seuraamalla voidaan tunnistaa mahdollisia pullonkauloja verkossa. Jos verkkolaitteen, kuten tukiaseman kapasiteetti ei riitä ja se täyttyy dataliikenteestä, niin yhteydellä alkaa esiintyä pakettihukkaa, viivettä ja virheilyä. Tämä ilmentyy laitteeseen yhdistäneille loppukäyttäjille yhteyden hitautena ja pätkimisenä.

Langattoman lähiverkon ja sen tukiasemiin yhdistäneiden loppukäyttäjien lukumäärät ja niiden trendit ovat hyviä proaktiivisia indikaattoreita, joita seuraamalla voidaan tunnistaa, mihin verkon alueisiin ja laitteisiin kohdistuu käyttäjämääräistä painetta. Käyttäjät jakavat laitteen resurssit muiden samaan laitteeseen yhdistäneiden käyttäjien kanssa ja liian suuri käyttäjämäärä voi tuoda tullessaan ongelmia, kuten kapasiteettivajetta tai liiallisen radiotaajuuden tai -taajuuksien käyttöasteen.

Langattoman lähiverkon verkkolaitteiden prosessori- ja muistikapasiteetit ovat rajalliset. On oleellista seurata niiden kuormitusta, sillä niiden ylikuormittuessa laite voi lakata suorittamasta tehtäviensä, hidastua merkittävästi tai jopa kaatua. Pahimmassa tapauksessa tämä näkyy loppukäyttäjille verkon puuttumisena.

Tukiasemien radiotaajuuksien prosentuaaliset käyttöasteet ovat langattoman lähiverkon kannalta olennainen metriikka. Koska radiokanavat- ja -taajuudet jaetaan niissä liikennöivien laitteiden kesken, voi suuri käyttöaste pienentää tukiaseman dataliikenteen läpisyöttökykyä merkittävästikin.

Häiritsevän radiokohinan määrä on hyödyllinen mittari tarkasteltaessa langattoman lähiverkon toimintaa. Radiokohinaa aiheuttavat laitteet ja ympäristölliset tekijät vaikuttavat langattoman lähiverkon signaalien herkkyyteen ja maksimietäisyyteen. Kohina voi jopa hukuttaa heikommat signaalit.

4.1 Aruba AirWave raportointimoduuli

Aruba AirWaven raportointiominaisuudet sisältävät tehokkaita työkaluja verkon ja konfiguraation analysointiin, laitteiden optimointiin ja verkon monitorointiin. Kaikki ajatut raportit voidaan tulostaa, lähettää sähköpostitse tai siirtää hyödyntäen FTP- (File Transfer Protocol) tai SCP-protokollia (Secure Copy Protocol). Raportteja voidaan tuottaa PDF-, CSV- ja XLSX-muotoisina. [20].

Aruba AirWaven raportointimoduuli sisältää 20 Aruban vakiomuotoista raporttipohjaa, jotka sisältävät esimääritetyt, kunkin raporttipohjan kannalta olennaiset tietokentät. AirWave ajaa näiden raporttipohjien mukaiset raportit oletusarvoisesti päivittäin. Käyttäjä voi tarkastella ajettuja raportteja tuloksineen 'Generated reports'-sivulla. Aruba suosittelee poistamaan tai uudelleenajastamaan osan vakiomuotoisista raporteista perustuen käyttäjän tarpeeseen. Näin voidaan myös säästää kiintolevyn tilaa. On myös huomionarvoista, että kaikki vakiomuotoiset raporttipohjat eivät kata aikaväliä, vaan tuottavat tilannekatsauksen raportin ajohetkeltä.

Aruba AirWaven raporttipohjiin kuuluvat seuraavat:

- License
 - Tämän raporttipohjan avulla saadaan tietoa verkkolaitteiden lisensseistä, kuten niiden tyypeistä, määrästä, käyttöasteesta, asennus- ja päätymispäivämääristä, sekä lisenssiavaimista.
- Capacity Planning
 - Tämä raporttipohja tuottaa tietoa verkkolaitteiden kaistanleveyden kapasiteetista ja suoritustehosta. Tietoa saadaan ryhmä-, kansio- ja verkko-perusteisesti.
- Memory and CPU Utilization
 - Tätä raporttipohjaa voidaan käyttää verkkolaitteiden muistin- ja prosessointitehon käyttöasteiden seuraamiseen.
- Network Usage
 - Tämä raporttipohja tuottaa статистиikkaa verkon dataliikenteen ja käyttäjien määrästä. Statiistikkaa voidaan täsmentää ryhmä- ja kansio-perusteisesti.
- Port Usage

- Tätä raporttipohjaa voidaan hyödyntää kaikkien verkon porttien ja lähiverkkokytken löytämiseen, sekä dataliikenteen kaavojen tunnistamiseen. Raporttipohjan tarjoama histogrammi tunnistaa käyttämättömät portit ja lähiverkkokytkimet.
- RF Health
 - Tämä raporttipohja tunnistaa tukiasemien radioliikenneongelmia ja nostaa esiin niistä kaikista ongelmallisimmat.
- UCC
 - UCC-raporttipohja monitoroi ja tuo tietoa verkon viestintäliikenteestä ja sen laadusta, sekä nostaa esiin päätelaitteet, joilla on esiintynyt eniten huonolaatuisia puheluita.
- Client Inventory
 - Tämä raporttipohja tuo tietoa verkkoon yhdistäneistä päätelaitteista. Näihin tietoihin lukeutuvat muun muassa päätelaitteen valmistaja ja malli, käyttöjärjestelmä ja autentikointityyppi.
- Client Session
 - Client Session-raporttipohja tuottaa dataa verkkoon yhdistäneiden päätelaitteiden sessioista. Se tunnistaa laitteiden MAC-osoitteet, käyttäjien käyttäjätunnukset ja roolit, sekä verkon, johon ne ovat yhdistäneet.
- Configuration Audit
 - Tämä raporttipohja antaa tilannekatsauksen verkkolaitteiden konfiguraatioista. Konfiguraatiotieto saadaan laite-, kansio- tai laiteryhmäkohtaisesti.
- Device Summary

- Tällä raporttipohjalla voidaan tuottaa inventaario kaikista verkon laitteista. Se kertoo myös mitkä laitteet ovat eniten ja vähiten käytönalaisina.
- Device Uptime
 - Tämä raporttipohja monitoroi verkkolaitteiden suorituskykyä ja saataavuutta.
- Inventory
 - Tällä raporttipohjalla saadaan tilanne- ja havainnekuvat verkon laitteiden jakautumisesta valmistaja-, malli-, laityyppi- ja laiteohjelmataasoilla.
- Rogue Containment Audit
 - Tämä raporttipohja tuottaa tietoa verkon ei-toivotuista Rogue-laitteista ja niiden tilasta.
- PCI Compliance
 - PCI Compliance-raporttipohja auditoi ja tuottaa dataa verkon laitteiden maksukorttivalmiudesta ja -yhteensopivuudesta ja nostaa esiin mahdollisia epäkohtia liittyen näihin.
- IDS Events
 - Tämä raporttipohja nostaa esiin verkkolaitteet, joihin on kohdistunut eniten IDS-tapahtumia (Intrusion Detect System) viimeisimmän 24 tunnin sisällä.
- Match Event
 - Match Event-raporttipohja seuraa laitekohtaisia tapahtumia, kuten 'Sticky client'- ja 'band steer'-tapahtumia. Näin voidaan löytää ja rajata näihin tapahtumiin liittyviä ongelmia verkossa.

- New Clients
 - Tämän raporttipohjan avulla saadaan tietoa verkkoon yhdistäneistä uusista päätelaitteista. Tuotettu raportti listaa määritetyn aikavälin aikana verkkoon yhdistäneet uudet päätelaitteet, käyttäjätunnisteet, roolit ja tietoa itse laitteista.
- New Rogue Devices
 - Tämä raporttipohja nostaa esiin verkossa esiintyneet ei-toivotut Rogue-laitteet.
- RADIUS Authentication Issues
 - Tämä raporttipohja listaa RADIUS-autentikointiin (Remote Authentication Dial-In User Service) liittyvät ongelmat kontrollereilta, RADIUS-palvelimilta ja loppukäyttäjiltä.
- RADIUS Accounting Issues
 - Tämä raporttipohja listaa RADIUS-autentikointiin (Remote Authentication Dial-In User Service) liittyvät ongelmat laite-, kontrolleri-, RADIUS-palvelin- ja loppukäyttäjäkohtaisesti.
- Rogue Clients
 - Rogue Clients-raporttipohja listaa validit käyttäjät, jotka yhdistivät verkon rogue-laitteisiin määritellyllä aikavälillä.
- VPN Session
 - Tämä raporttipohja kokoaa summattua ja tarkempaa tietoa verkon VPN-aktiviteeteista sessioittain

Yllämainittujen vakiomuotoisten raporttipohjien lisäksi AirWavessa on mahdollista rakentaa, tallentaa, ajaa ja ajastaa myös kustomoituja raporteja. Raporttien rakentami-

nen onnistuu Widgettien avulla ja on intuitiivista. Raportteja on mahdollista kustomoida hyvinkin kohdennetusti käyttämällä AirWaven kansioita ja ryhmiä, sekä määrittämällä aikavälin, jolta статистиikkaa ja tietoa tarvitaan.

5 Yrityksen langattoman lähiverkkoympäristön kehityskohteiden etsintä

Työnantona oli teleoperaattorin asiakasyrityksen globaalin langattoman lähiverkkoympäristön analysointi ja mahdollisten ongelma- ja kehityskohteiden nosto sen pohjalta. Analyysiä varten tarvittavan tiedon ja статистиikan kokoamiseen päätettiin hyödyntää Aruba AirWaven raportointimoduulia. Päätettiin rakentaa kustomoitu raporttipohja, johon valikoitaisiin olennaisimpia langattoman lähiverkon tukiasema- ja toimipistekohtaisia mittareita. Työn tavoitteena oli kehityskohteiden etsinnän lisäksi arvioida, kuinka hyvin Aruba AirWaven raportointiominaisuudet palvelevat tällaista käyttötarkoitusta, sekä mitä niissä voitaisiin edelleen kehittää.

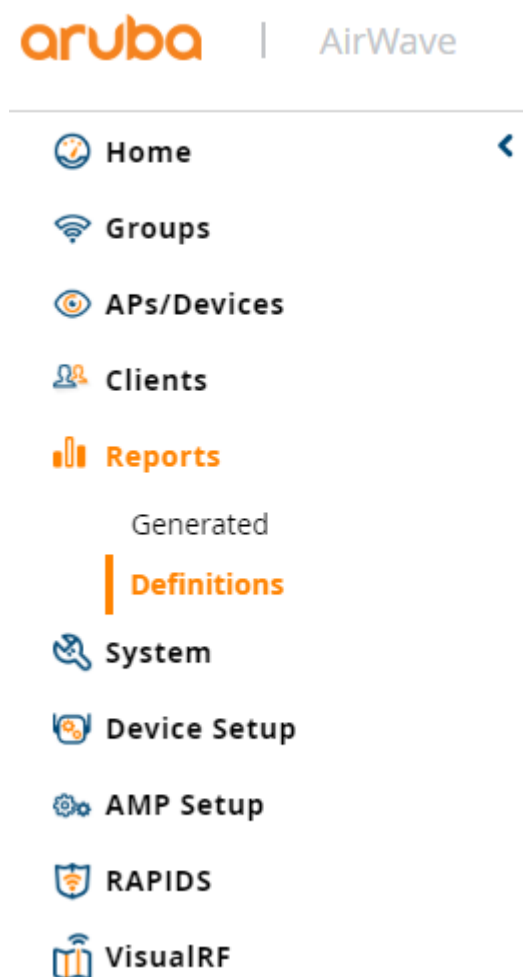
Asiakkaan langaton lähiverkkoympäristö koostui kymmenen toimipisteen langattomista lähiverkoista. Se oli toteutettu yhteensä 167:llä Aruban langattoman lähiverkon laitteella, koostuen kahdesta Aruba 7205 kontrollerista, 89:stä Aruba 205 tukiasemasta, 75:stä Aruba 228 tukiasemasta ja yhdestä Aruba AirWave verkonhallintapalvelimesta. Toimipisteiden langattomien lähiverkkojen kokoluokat vaihtelivat kahden tukiaseman toimistotilojen ja 87:n tukiaseman tuotantotilojen välillä.

Kaikkien ympäristön tukiasemien hallinta oli keskitetty yhdessä konesalissa sijaitsevalle kontrolleriklusterille, joka koostui kahdesta Aruba 7205 kontrollerista. Asiakasyrityksen lähiverkko ja sen taakse kytketty langaton lähiverkko olivat kytketty kunkin toimipisteen MPLS-yhteyden (Multiprotocol Label Switching) taakse. Liikenne tukiasemien ja kontrolleriklusterin välillä kulki asiakasyrityksen MPLS-verkon kautta. Aruba AirWave verkonhallintapalvelin sijaitsi erillisessä konesalissa, joka oli myös kytketty asiakasyrityksen MPLS-pilveen.

Aruba AirWavessa ympäristön laitteet olivat lajiteltu kahteen ryhmään - tukiasemiin ja kontrollereihin. Lisäksi tukiasemat olivat lajiteltu omiin kansioihinsa toimipisteittäin, sekä kontrollerit omaansa, muodostaen yhteensä 11 kansiota.

5.1 Kustomoidun raporttipohjan rakentaminen

Luodaksemme raporttipohjan kirjauduimme sisään Aruba AirWave-portaaliin ja valitsimme ruudun vasemmalla puolella sijaitsevasta päävalikosta raportointivälilehden 'Reports' ja sen alta raporttien määrittely-alavälilehden 'Definitions'.



Kuva 1. Aruba AirWaven päävalikko. Raportointimoduuli löytyy välilehden 'Reports' takaa ja raporttipohjien määrittelyt löytyvät alavälilehden 'Definitions' takaa.

Luodaksemme uuden raportointipohjan, painoimme ruudun ylälaidassa sijaitsevaa painiketta 'Add'.



Kuva 2. Painike uuden raporttipohjan luomiseksi.

Uuden raporttipohjan määrittelynäkyssä annoimme raportille nimeksi 'Custom_Test_WLAN_report' ja valitsimme alavetovälisestä raportin tyyppiä 'Custom'.

Kuva 3. Raportin nimeäminen ja sen tyyppin valitseminen raporttipohjan määrittelynäkyssä.

Aloittaaksemme raporttipohjan sisällön määrittämisen, vedimme 'Custom Options'-osiossa 'Selected Options'-ikkunaan widgetin 'Network Usage: Usage and Client Count by Folder'. Tämä widget lisää raportin sisältöön kansio- eli toimipistekohtaisesti graafit dataliikenteen ja verkkoon yhdistäneiden käyttäjien määrästä.

Kuva 4. Kustomoidun raporttipohjan sisällön määrittelynäky. Haluttu sisältö vedetään 'Selected Options'-ikkunaan.

Seuraavaksi vedimme vastaavasti 'Selected Options'-ikkunaan muut parhaaksi näemmämme sisältöwidgetit, joihin lukeutuivat seuraavat:

- Memory and CPU Utilization: Top CPU Utilization by Device
 - Lisää raportin sisältöön verkkolaitteet, joiden prosessorikuormitus on suurin
- Memory and CPU Utilization: Top Memory Usage by Device
 - Lisää raportin sisältöön verkkolaitteet, joiden muistin käyttö on suurin
- Device Summary: Most Utilized by Usage
 - Lisää raportin sisältöön verkkolaitteet, joiden dataliikennekuormitus on suurin
- Device Summary: Most Utilized by Maximum Concurrent Clients
 - Lisää raportin sisältöön verkkolaitteet, joihin on yhdistänyt eniten yhtäaikaisia päätelaitteita
- RF Health: Most Utilized by Channel Usage (2.4 GHz)
 - Lisää raportin sisältöön verkkolaitteet, joiden käyttöaste on suurin 2.4 gigahertsin radiokanavalla
- RF Health: Most Utilized by Channel Usage (5 GHz)
 - Lisää raportin sisältöön verkkolaitteet, joiden käyttöaste on suurin 5 gigahertsin radiokanavalla
- RF Health: Most Noise (2.4 GHz)
 - Lisää raportin sisältöön verkkolaitteet, joilla esiintyy eniten kohinaa 2.4 gigahertsin radiokanavalla
- RF Health: Most Noise (5 GHz)

- Lisää raportin sisältöön verkkolaitteet, joilla esiintyy eniten kohinaa 5 gigahertsin radiokanavalla

Custom Options

Drag the desired widgets from the Available Options list into the Selected Options list. Widgets within the Selected Options can be reordered.

Available Options	Selected Options
<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Aruba License <input type="checkbox"/> Capacity Planning <input type="checkbox"/> Client Inventory <input type="checkbox"/> Client Session <input type="checkbox"/> Configuration Audit <input type="checkbox"/> Device Summary <input type="checkbox"/> Device Uptime <input type="checkbox"/> IDS Events <input type="checkbox"/> Inventory <input type="checkbox"/> Match Event <input type="checkbox"/> Memory and CPU Utilization <input type="checkbox"/> Network Usage <input type="checkbox"/> New Clients <input type="checkbox"/> New Rogue Devices <input type="checkbox"/> Port Usage <input type="checkbox"/> RADIUS Accounting Issues <input type="checkbox"/> RADIUS Authentication Issues <input type="checkbox"/> RF Health <input type="checkbox"/> Rogue Clients <input type="checkbox"/> Rogue Containment Audit <input type="checkbox"/> Traffic Analysis <input type="checkbox"/> UCC <input type="checkbox"/> VPN Session 	<ul style="list-style-type: none"> Network Usage: Usage and Client Count by Folder Memory and CPU Utilization: Top CPU Utilization by Device Memory and CPU Utilization: Top Memory Usage by Device Device Summary: Most Utilized by Usage Device Summary: Most Utilized by Maximum Concurrent Clients RF Health: Most Utilized by Channel Usage (2.4 GHz) RF Health: Most Utilized by Channel Usage (5 GHz) RF Health: Most Noise (2.4 GHz) RF Health: Most Noise (5 GHz)

Kuva 5. Kustomoidun raporttipohjan sisällön määrittelynäkymä. Raporttipohjan kokonaissisältö on listattuna 'Selected Options'-ikkunassa.

Seuraavaksi etenimme raporttipohjan määrittelynäkymässä osioon 'Report Restrictions'. Rajataksimme raportin sisällön ainoastaan tukiasemaryhmään, valitsimme 'Group'-alasvetovalikosta 'Use selected Groups' ja täppäsimme ryhmän 'Access Points'. Ottaaksemme raportin sisältöön mukaan kaikki toimipisteet, jätimme 'Folder'-alasvetovalikon oletusarvoon '-- All Folders --'. Varmistaaksemme, että raportin sisältö kattaa vain tukiasemat, valitsimme 'Filter by device type'-alasvetovalikosta 'Use selected device types' ja täppäsimme valinnan 'Access Points'.

Report Restrictions

Group: Use selected Groups Select All - Unselect All
 Access Points
 Controllers

Folder: -- All Folders --
 Enter a Value
 Enter a Value

Device Search Filter:
 This report will be run against devices that match this search.

Device Search Exclude Filter:
 This report will not include devices that match this search.

Filter by device type: Use selected device types Select All - Unselect All
 Access Points
 Campus APs
 Remote APs
 Mesh APs
 Indoor Portal
 Indoor Remote Portal
 Indoor Mesh
 Outdoor Portal
 Outdoor Remote Portal
 Outdoor Mesh
 Autonomous APs
 Thin APs
 Controllers
 Master/Standalone
 Local
 Standby
 Virtual
 Switches & Routers
 Aruba Switch
 Non Aruba Switches & Routers
 Universal & Custom Devices

Kuva 6. Raporttipohjan määrittelynäköymän osio 'Report Restrictions', jossa raportin sisältöä voidaan suodattaa ryhmä-, kansio- ja laitetyyppikohtaisesti.

Etenimme raporttipohjan määrittelyssä ja 'Report Restrictions'-osiossa kuvan 7. mukaisesti, jättäen 'SSID'-alasvetovalikon oletusarvoon '-- All SSIDs --', sillä tahdoimme raportin sisältävän kaikkien SSID-verkkojen (Service Set Identifier) datan. Jätimme myös kaikki numeraaliset raja-arvot Aruban oletusarvoihin kuvan 7. mukaisesti. Huomionarvoista on, että tahdoimme raportin sisällön perustuvan keski-, emmekä maksimiarvoihin. Tämän vuoksi valitsimme 'Use average/maximum for tracking statistics'-alasvetovalikon oletusarvoon 'Average'.

SSID:	-- All SSIDs --
Number of items to include in device summary (Greater than or equal to 1):	10
Number of items to include in memory/CPU summary (Greater than or equal to 1):	10
Number of items to include in RF Health summary (Greater than or equal to 1):	10
Use average/maximum for tracking statistics:	Average
Radio Goodput Threshold (Mbps):	24
Client Goodput Threshold (Mbps):	24
Client Speed Threshold (Mbps):	36
Top Folder Sorting Column:	Client Health
Client Health Threshold (2.4 GHz) (0-100%):	30
Client Health Threshold (5 GHz) (0-100%):	30
Client SNR Threshold (2.4 GHz) (0-100%):	15
Client SNR Threshold (5 GHz) (0-100%):	15
Radio Noise Threshold (2.4 GHz) (-110-0 dBm):	-80
Radio Noise Threshold (5 GHz) (-110-0 dBm):	-80
Radio Utilization Threshold (2.4 GHz) (0-100%):	80
Radio Utilization Threshold (5 GHz) (0-100%):	80
Radio Interference Threshold (2.4 GHz) (0-100%):	30
Radio Interference Threshold (5 GHz) (0-100%):	30

Kuva 7. Jatkoa raporttipohjan määrittelynäkyvän osiolla 'Report Restrictions'. Osio sisältää valintoja liittyen huomioitaviin SSID-verkkoihin, raportoinnin raja-arvoihin ja siihen, perustuuko raportointi keski- vai maksimiarvoihin.

Seuraavaksi määritimme raportin sisällön vastaamaan neljän viikon aikaväliä raporttipohjan ajohetkestä taaksepäin syöttämällä 'Report Start'-kenttään '4 weeks ago' ja 'Report End'-kenttään 'now'. Jätimme 'Restrict to daily time window'-valinnan oletusarvoon 'No' ja 'Include weekends'-valinnan oletusarvoon 'Yes'. Emme tahtoneet ajastaa tai automatisoida raporttipohjan ajamista, joten valitsimme 'No' 'Scheduling'-valinnassa. Raportin näkyvyysvalinnan 'Generated Report Visibility' jätimme oletusarvoon 'By Role'. Tahdoimme vastaanottaa raportin sähköpostitse, joten 'Email options'-osion 'Email Report'-valinnassa valitsimme 'Yes'. Emme tahtoneet vastaanottaa raporttia, jos sisältö olisi syystä tai toisesta tyhjä, joten asetimme 'Email When Empty'-valinnan 'No'. 'Disable AMP Hyperlinks'-valinnan jätimme oletusarvoon 'No'. Tahdoimme raportin PDF-muotoisena, joten valitsimme 'Email Format'-alasetusvalikosta 'PDF'. Syötimme raportin lähettäjän sähköpostiosoitteen kenttään 'Sender Address' ja vastaanottajan sähköpostiosoitteen kenttään 'Recipient Email Addresses'. Koska tahdoimme vastaanottaa raportin sähköpostitse, jätimme 'Export Report'-valinnan arvoon

'No'. Tässä vaiheessa raporttipohjan määrittely oli valmis ja painoimme 'Add and Run' tallentaaksemme ja ajaaksemme raportin.

Specify numeric dates with optional 24-hour times (like 7/4/2003 or 2003-07-04 for July 4th, 2003, or 7/4/2003 13:00 for 1:00 PM.), or specify relative times (like now, 1 hour ago, 2 weeks ago, or 3 months ago). Other input formats may be accepted.

Report Start:

Report End:

Restrict to daily time window: Yes No

Include weekends: Yes No

Scheduling Options

Schedule: Yes No

Report Visibility

Generated Report Visibility:

Email Options

Email Report: Yes No

Email When Empty: Yes No

Disable AMP Hyperlinks: Yes No

Email Format:

Sender Address:

Enter multiple email addresses of the form user@domain separated by spaces, commas, or semicolons.
Recipient Email Addresses:

Export Options

Export Report: Yes No

Kuva 8. Raportin määrittelynäytteen loppuosa, joka sisältää raportin aikaväli-, ajastus-, näkyvyys-, muoto- ja sähköpostiasetukset.

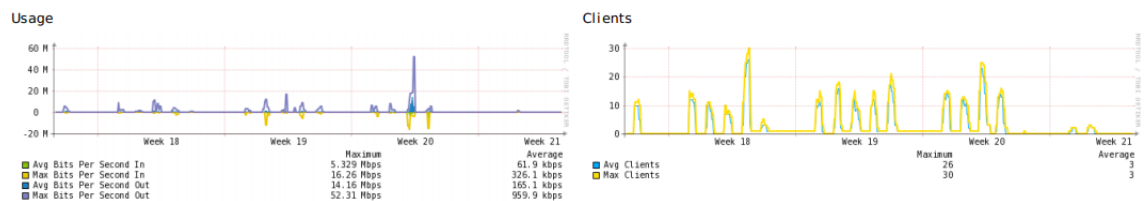
5.2 Raportin tulokset

Ajettuamme luomamme kustomoidun Aruba AirWave raporttipohjan asiakkaan langantonta lähiverkkoympäristöä vasten, saimme valmiin raportin PDF-muotoisena sähköpostiiimme. Ensimmäisenä raportilta löytyivät kansio- eli toimipistekohtaiset graafit langattoman lähiverkon dataliikenteen ja siihen yhdistäneiden käyttäjien määrästä. Raportti sisälsi näitä graafeja 20 kappaletta – dataliikenne- ja käyttäjämäärägraafit jokaiselta toimipisteeltä. Graafit havainnollistivat datan määritellyltä neljän viikon aikaväliltä raportin ajohetkestä taaksepäin. Jokainen dataliikennegraafi sisälsi värikoodatut kuvaajat sisään kulkevan liikenteen keski- ja maksiarvolle, sekä ulos kulkevan liikenteen keski- ja maksimiarvolle. Jokainen käyttäjämäärägraafi sisälsi värikoodatut kuvaajat keski- ja maksimikäyttäjämäärille.

Toimipisteen A keskiarvoiset liikennemäärät olivat maltillisia. Ne pysyivät tukiaseman, lähiverkkokytken ja toimipisteen WAN-yhteyden kapasiteetin rajoissa, eivätkä osoittaneet nousevaa trendiä. Graafin kolmannen viikon keskiviikkona huomattiin tapahtu-

neen dataliikennepiikki, joka tuotti korkeimmillaan liikennettä ulos 52,31 megatavua sekunnissa, ylittäen toimipisteen 20 megatavuisen WAN-yhteyden.

Toimipisteen A keskiarvoiset ja maksimikäyttäjämäärät olivat maltilliset suhteessa toimipisteen kahteen kuormaa jakavaan tukiasemaan. Yhtäaikaisia näihin laitteisiin yhdistäneitä käyttäjiä oli korkeimmillaan hetkellisesti 30.



Kuva 9. Toimipisteen A langattoman lähiverkon tukiasemien dataliikenne- ja käyttäjämäärägraafit neljän viikon aikaväliltä.

Toimipisteen B keskiarvoiset ja maksimiliikennemäärät olivat maltillisia. Ne pysyivät tukiaseman, lähiverkkokytkimen ja toimipisteen symmetrisen, 50 megatavuisen WAN-yhteyden kapasiteetin rajoissa, eivätkä osoittaneet nousevaa trendiä.

Toimipisteen B keskiarvoiset ja maksimikäyttäjämäärät olivat maltilliset suhteessa toimipisteen seitsemään kuormaa jakavaan tukiasemaan. Yhtäaikaisia näihin laitteisiin yhdistäneitä käyttäjiä oli korkeimmillaan hetkellisesti 41.



Kuva 10. Toimipisteen B langattoman lähiverkon tukiasemien dataliikenne- ja käyttäjämäärägraafit neljän viikon aikaväliltä.

Toimipisteen C keskiarvoiset ja maksimiliikennemäärät olivat maltillisia. Ne pysyivät tukiaseman, lähiverkkokytkimen ja toimipisteen symmetrisen, 200 megatavuisen WAN-yhteyden kapasiteetin rajoissa, eivätkä osoittaneet nousevaa trendiä.

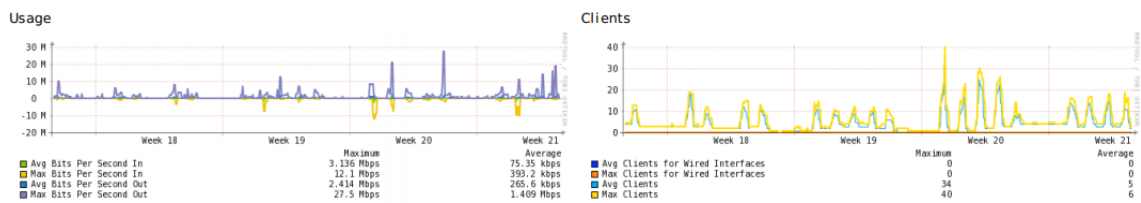
Toimipisteen C keskiarvoiset ja maksimikäyttäjämäärät olivat maltilliset suhteessa toimipisteen 19 kuormaa jakavaan tukiasemaan. Yhtäaikaisia näihin laitteisiin yhdistäneitä käyttäjiä oli korkeimmillaan hetkellisesti 122.



Kuva 11. Toimipisteen C langattoman lähiverkon tukiasemien dataliikenne- ja käyttäjämäärägraafit neljän viikon aikaväliltä.

Toimipisteen D keskiarvoiset ja maksimiliikennemäärät olivat maltillisia. Ne pysyivät tukiaseman, lähiverkkokytkimen ja toimipisteen symmetrisen, 50 megatavuisen WAN-yhteyden kapasiteetin rajoissa, eivätkä osoittaneet nousevaa trendiä.

Toimipisteen D keskiarvoiset ja maksimikäyttäjämäärät olivat maltilliset suhteessa toimipisteen neljään tukiasemaan. Yhtäaikaista näihin laitteisiin yhdistäneitä käyttäjiä oli korkeimmillaan hetkellisesti 40.



Kuva 12. Toimipisteen D langattoman lähiverkon tukiasemien dataliikenne- ja käyttäjämäärägraafit neljän viikon aikaväliltä.

Yrityksen suurimman toimipisteen, E keskiarvoiset liikennemäärät olivat maltillisia. Ne pysyivät tukiaseman, lähiverkkokytkimen ja toimipisteen symmetrisen, 200 megatavuisen WAN-yhteyden kapasiteetin rajoissa, eivätkä osoittaneet nousevaa trendiä. Huomasimme kuitenkin, että viikolla 19 oli esiintynyt kaksi sisäänpäin kulkevaa hetkellistä liikennepiikkiä, jotka ylittivät WAN-yhteyden 200 megatavun kapasiteetin.

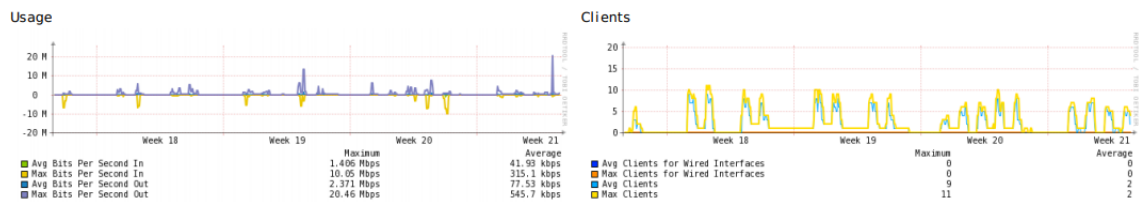
Toimipisteen E keskiarvoiset ja maksimikäyttäjämäärät olivat maltilliset suhteessa toimipisteen 87 tukiasemaan. Yhtäaikaista näihin laitteisiin yhdistäneitä käyttäjiä oli korkeimmillaan hetkellisesti 172. Käyttäjämäärät eivät myöskään viitanneet nousevaan trendiin.



Kuva 13. Toimipisteen E langattoman lähiverkon tukiasemien dataliikenne- ja käyttäjämäärägraafit neljän viikon aikaväliltä.

Toimipisteen F keskiarvoiset liikennemäärät olivat maltillisia. Ne pysyivät tukiaseman, lähiverkkokytkimen ja toimipisteen symmetrisen, 20 megatavuisen WAN-yhteyden kapasiteetin rajoissa, eivätkä osoittaneet nousevaa trendiä. Huomionarvoista kuitenkin on, että viikolla 21 oli esiintynyt ulospäin kulkeva hetkellinen liikennepiikki, joka ylitti WAN-yhteyden 20 megatavun kapasiteetin.

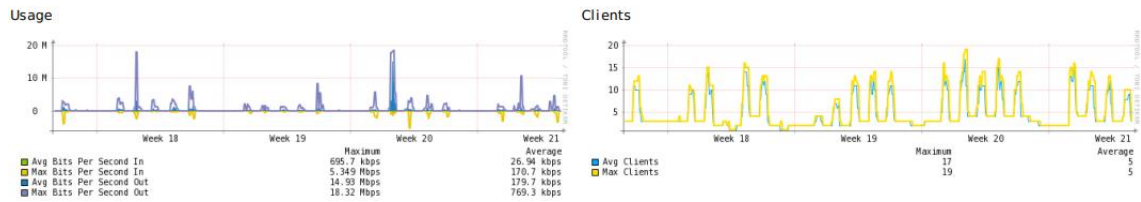
Toimipisteen F keskiarvoiset ja maksimikäyttäjämäärät olivat maltilliset suhteessa toimipisteen kahteen tukiasemaan. Yhtäaikaista näihin laitteisiin yhdistäneitä käyttäjiä oli korkeimmillaan hetkellisesti 11. Käyttäjämäärät eivät myöskään viitanneet nousevaan trendiin.



Kuva 14. Toimipisteen F langattoman lähiverkon tukiasemien dataliikenne- ja käyttäjämäärägraafit neljän viikon aikaväliltä.

Toimipisteen G keskiarvoiset ja maksimiliikennemäärät olivat maltillisia. Ne pysyivät tukiaseman, lähiverkkokytkimen ja toimipisteen symmetrisen, 20 megatavuisen WAN-yhteyden kapasiteetin rajoissa, eivätkä osoittaneet nousevaa trendiä.

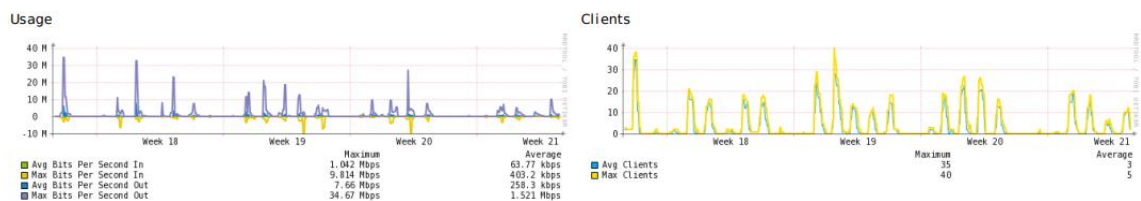
Toimipisteen G keskiarvoiset ja maksimikäyttäjämäärät olivat maltilliset suhteessa toimipisteen kolmeen tukiasemaan. Yhtäaikaista näihin laitteisiin yhdistäneitä käyttäjiä oli korkeimmillaan hetkellisesti 19. Käyttäjämäärät eivät myöskään viitanneet nousevaan trendiin.



Kuva 15. Toimipiste G langattoman lähiverkon tukiasemien dataliikenne- ja käyttäjämäärägraafit neljän viikon aikaväliltä.

Toimipiste H keskiarvoiset ja maksimiliikennemäärät olivat maltillisia. Ne pysyivät tukiaseman, lähiverkkokytken ja toimipisteen symmetrisen, 50 megatavuisen WAN-yhteyden kapasiteetin rajoissa, eivätkä osoittaneet nousevaa trendiä.

Toimipiste H keskiarvoiset ja maksimikäyttäjämäärät olivat maltilliset suhteessa toimipisteen kolmeen tukiasemaan. Yhtäaikaisia näihin laitteisiin yhdistäneitä käyttäjiä oli korkeimmillaan hetkellisesti 40. Käyttäjämäärät eivät myöskään viitanneet nousevaan trendiin.



Kuva 16. Toimipiste H langattoman lähiverkon tukiasemien dataliikenne- ja käyttäjämäärägraafit neljän viikon aikaväliltä.

Toimipiste I keskiarvoiset ja maksimiliikennemäärät olivat maltillisia. Ne pysyivät tukiaseman, lähiverkkokytken ja toimipisteen symmetrisen, 50 megatavuisen WAN-yhteyden kapasiteetin rajoissa, eivätkä osoittaneet nousevaa trendiä.

Toimipiste I keskiarvoiset ja maksimikäyttäjämäärät olivat maltilliset suhteessa toimipisteen 26 tukiasemaan. Yhtäaikaisia näihin laitteisiin yhdistäneitä käyttäjiä oli korkeimmillaan hetkellisesti 102. Käyttäjämäärät eivät myöskään viitanneet nousevaan trendiin.



Kuva 17. Toimipisteen I langattoman lähiverkon tukiasemien dataliikenne- ja käyttäjämäärägraafit neljän viikon aikaväliltä.

Toimipisteen J keskiarvoiset liikennemäärät olivat maltillisia. Ne pysyivät tukiaseman, lähiverkkokytkimen ja toimipisteen symmetrisen, 100 megatavuisen WAN-yhteyden kapasiteetin rajoissa, eivätkä osoittaneet nousevaa trendiä. Huomasimme, että viikolla 20 oli esiintynyt liikennepiikki, joka loi suurimmillaan ulospäin kulkevaa liikennettä 111,7 megatavua sekunnissa. Tämä ylitti toimipisteen WAN-yhteyden nopeuden.

Toimipisteen J keskiarvoiset ja maksimikäyttäjämäärät olivat maltilliset suhteessa toimipisteen 9 tukiasemaan. Yhtäaikaista näihin laitteisiin yhdistäneitä käyttäjiä oli korkeimmillaan hetkellisesti 110. Käyttäjämäärät eivät viitanneet nousevaan trendiin.



Kuva 18. Toimipisteen J langattoman lähiverkon tukiasemien dataliikenne- ja käyttäjämäärägraafit neljän viikon aikaväliltä.

Seuraavaksi raportilta löytyi kuvan 19 mukainen listaus kymmenestä langattoman lähiverkkoympäristön tukiasemasta, joiden prosessorin prosentuaalinen kuormitus oli suurin. Listaus osoitti, että kuormittuneimpien tukiasemien prosessorien käyttöaste oli maltillisesti alle 10 prosenttia.

Top CPU Utilization by Device

Device	Utilization
na-ap20	9.74%
na-ap17	9.63%
na-ap11	9.60%
na-ap07	9.52%
na-ap12	9.21%
ti-ap01	8.98%
na-ap25	8.56%
na-ap08	8.39%
na-ap21	8.27%
na-ap05	8.18%

Kuva 19. Ympäristön kymmenen tukiasemaa, joiden prosessorien kuormitus oli prosentuaalisesti suurin. Tukiasemien nimistä on piilotettu osa.

Tämän jälkeen raportilta löytyi kuvan 20 mukainen listaus kymmenestä langattoman lähiverkkoympäristön tukiasemasta, joiden muistin prosentuaalinen kuormitus oli suurin. Listaus osoitti, että kuormittuneimpien tukiasemien muistien käyttöaste oli alle 50 prosenttia. Huomasimme myös, että kaikki listan tukiasemat olivat samalta toimipisteeltä.

Top Memory Usage by Device

Device	Usage
na-ap08	45.93%
na-ap05	45.87%
na-ap17	45.81%
na-ap09	45.49%
na-ap07	45.30%
na-ap20	45.12%
na-ap11	45.05%
na-ap04	45.00%
na-ap21	45.00%
na-ap18	45.00%

Kuva 20. Ympäristön kymmenen tukiasemaa, joiden muistin kuormitus oli prosentuaalisesti suurin. Tukiasemien nimistä on piilotettu osa.

Seuraava raportin osio oli taulukko kymmenestä tukiasemasta, jotka olivat ympäristön kuormittuneimmat dataliikenteen osalta. Taulukko kertoi meille, että ympäristön kuormittunein tukiasema oli liikennöinyt keskimääräisesti 449,15 kilotavun sekuntinopeudella. Tämä on hyvin maltillinen nopeus suhteessa itse tukiaseman, sekä muiden verkon laitteiden datansiirtokykyihin.

Most Utilized by Usage									
Rank	AP/Device	Max Clients	Unique Clients	Total Data	Avg Usage	Location	Controller	Folder	Group
1	ce-ap04	16	70	135.12 GB	449.15 Kbps	-	master1		Access Points
2	lm-ap03	30	166	127.27 GB	420.83 Kbps	-	master1		Access Points
3	ce-ap01	15	73	107.67 GB	357.92 Kbps	-	master1		Access Points
4	lm-ap05	20	77	102.40 GB	338.60 Kbps	-	master1		Access Points
5	od-ap01	15	57	93.07 GB	310.18 Kbps	-	master1		Access Points
6	lm-ap08	20	148	92.60 GB	306.19 Kbps	-	master1		Access Points
7	ti-ap09	13	80	88.66 GB	293.15 Kbps	-	master1		Access Points
8	ti-ap12	19	115	79 GB	261.21 Kbps	-	master1		Access Points
9	od-ap23	9	28	78.20 GB	260.63 Kbps	-	master1		Access Points
10	ti-ap11	15	80	72.62 GB	240.10 Kbps	-	master1		Access Points

Kuva 21. Ympäristön kymmenen tukiasemaa, jotka olivat kuormittuneimmat dataliikenteessä mitattuna. Kansiot, sekä osa tukiasemien ja kontrollerin nimistä on piilotettu.

Seuraavaksi raportti sisälsi taulukon kymmenestä tukiasemasta, joihin oli yhdistänyt eniten yhtäaikaista langattoman lähiverkon käyttäjiä. Taulukon kärjessä olevaan tukiasemaan oli yhdistänyt korkeimmillaan 35 yhtäaikaista käyttäjää ja taulukon kymmenenteen 22. Kunkin tukiaseman keskimääräinen dataliikenne oli maltillinen.

Most Utilized by Maximum Concurrent Clients									
Rank	AP/Device	Max Clients	Unique Clients	Total Data	Avg Usage	Location	Controller	Folder	Group
1	lo-ap03	35	54	31.40 GB	103.84 Kbps	-	master1		Access Points
2	lm-ap02	33	165	66.98 GB	282 Kbps	-	master1		Access Points
3	lm-ap03	30	166	127.27 GB	420.83 Kbps	-	master1		Access Points
4	na-ap05	30	102	21.86 GB	72.27 Kbps	-	master1		Access Points
5	su-ap09	30	95	65.83 GB	218.83 Kbps	-	master1		Access Points
6	ti-ap10	29	90	22.85 GB	75.54 Kbps	-	master1		Access Points
7	ce-ap05	28	121	70.29 GB	233.65 Kbps	-	master1		Access Points
8	ti-ap06	26	106	57.75 GB	190.96 Kbps	-	master1		Access Points
9	na-ap02	26	59	46.67 GB	154.31 Kbps	-	master1		Access Points
10	na-ap16	22	74	16.16 GB	53.42 Kbps	-	master1		Access Points

Kuva 22. Ympäristön kymmenen tukiasemaa, joihin oli yhdistänyt eniten yhtäaikaista käyttäjiä. Kansiot, sekä osa tukiasemien ja kontrollerin nimistä on piilotettu.

Seuraava raportin osio oli taulukko kymmenestä tukiasemasta, joiden käyttöaste oli ympäristön suurin 2,4 gigahertsin radiokanavalla. Tällä saralla kuormittuneimpien tukiasemien radiokanavan käyttöaste liikkui 14,17 ja 20,87 prosentin välillä. Taulukon tukiasemien dataliikennemäärät olivat hyvin maltilliset.

Most Utilized by Channel Usage (2.4 GHz)									
Rank	Device	Channel Busy (%)	Interference (%)	Clients	Usage	Location	Controller	Folder	Group
1	lm-ap02	20.87	7.09	1	41.90 Kbps	-	master1		Access Points
2	lo-ap03	20.47	3.94	0	10.23 Kbps	-	master1		Access Points
3	lm-ap06	20.08	6.69	1	49.63 Kbps	-	master1		Access Points
4	lm-ap05	20.08	5.12	0	35.53 Kbps	-	master1		Access Points
5	lm-ap08	18.11	5.51	1	25.52 Kbps	-	master1		Access Points
6	ti-ap01	16.93	4.33	0	855 bps	-	master1		Access Points
7	ga-ap01	15.35	4.33	0	50.33 Kbps	-	master1		Access Points
8	ti-ap10	14.57	3.94	0	2.88 Kbps	-	master1		Access Points
9	lm-ap09	14.57	4.33	0	34.91 Kbps	-	master1		Access Points
10	od-ap01	14.17	5.12	4	287.32 Kbps	-	master1		Access Points

Kuva 23. Kymmenen tukiasemaa, joiden 2,4 gigahertsin radiokanavan käyttöaste oli ympäristön suurin. Kansiot, sekä osa tukiasemien ja kontrollerin nimistä on piilotettu.

Seuraava raportin osio oli taulukko kymmenestä tukiasemasta, joiden käyttöaste oli ympäristön suurin 5 gigahertsin radiokanavalla. Tällä saralla kuormittuneimpien tukiasemien radiokanavan käyttöaste liikkui 2,76 ja 16,54 prosentin välillä. Taulukon tukiasemien dataliikennemäärät olivat hyvin maltilliset.

Most Utilized by Channel Usage (5 GHz)										
Rank	Device	Channel Busy (%)	Interference (%)	Clients	Usage	Location	Controller	Folder	Group	
1	na-ap11	16.54	0.39	0	569 bps	-	master1		Access Points	
2	na-ap07	16.14	0.79	0	3.38 Kbps	-	master1		Access Points	
3	na-ap12	14.17	0.79	0	2.19 Kbps	-	master1		Access Points	
4	na-ap20	14.17	0.39	0	291 bps	-	master1		Access Points	
5	na-ap05	13.78	0.39	0	6.52 Kbps	-	master1		Access Points	
6	na-ap23	12.99	0.39	0	397 bps	-	master1		Access Points	
7	na-ap09	12.20	0.00	0	230 bps	-	master1		Access Points	
8	ti-ap12	3.54	1.18	2	249.95 Kbps	-	master1		Access Points	
9	ti-ap11	2.76	0.79	2	233.12 Kbps	-	master1		Access Points	
10	ti-ap06	2.76	1.18	1	189.87 Kbps	-	master1		Access Points	

Kuva 24. Kymmenen tukiasemaa, joiden 5 gigahertsin radiokanavan käyttöaste oli ympäristön suurin. Kansiot, sekä osa tukiasemien ja kontrollerin nimistä on piilotettu.

Seuraavaksi raportilta löytyi taulukko kymmenestä tukiasemasta, joilla esiintyi eniten radiokohinaa 2,4 gigahertsin radiokanavalla. Taulukon tukiasemien radiokohina liikkui -95,50 ja -92,00 dBm välillä. Kyseisten tukiasemien dataliikennemäärät olivat hyvin maltilliset.

Most Noise (2.4 GHz)										
Rank	Device	Avg Noise (dBm)	Channel Changes	Avg Channel Busy (%)	Clients	Usage	Location	Controller	Folder	Group
1	na-ap13	-92.00	0	5.12	0	799 bps	-	master1		Access Points
2	na-ap04	-92.50	8	1.57	0	6.99 Kbps	-	master1		Access Points
3	ti-ap11	-94.00	0	8.27	2	10.29 Kbps	-	master1		Access Points
4	ga-ap03	-94.00	0	7.48	1	13.59 Kbps	-	master1		Access Points
5	na-ap03	-94.50	0	5.51	1	4.54 Kbps	-	master1		Access Points
6	lm-ap03	-95.00	8	9.06	1	43.62 Kbps	-	master1		Access Points
7	aa-ap02	-95.00	0	1.97	0	4.07 Kbps	-	master1		Access Points
8	na-ap01	-95.00	0	1.97	0	50.06 Kbps	-	master1		Access Points
9	od-ap03	-95.50	0	2.76	0	368 bps	-	master1		Access Points
10	od-ap57	-95.50	0	3.94	1	36.74 Kbps	-	master1		Access Points

Kuva 25. Kymmenen ympäristön tukiasemaa, joilla esiintyi ympäristön eniten radiokohinaa 2,4 gigahertsin radiokanavalla. Kansiot, sekä osa tukiasemien ja kontrollerin nimistä on piilotettu.

Seuraavaksi raportilta löytyi taulukko kymmenestä tukiasemasta, joilla esiintyi eniten radiokohinaa 5 gigahertsin radiokanavalla. Taulukon tukiasemien radiokohina liikkui -94,00 ja -92,50 dBm välillä. Kyseisten tukiasemien dataliikennemäärät olivat hyvin maltilliset.

Most Noise (5 GHz)										
Rank	Device	Avg Noise (dBm)	Channel Changes	Avg Channel Busy (%)	Clients	Usage	Location	Controller	Folder	Group
1	su-ap09	-90.50	0	0.39	1	52.12 Kbps	-	master1		Access Points
2	na-ap07	-92.00	0	16.14	0	3.38 Kbps	-	master1		Access Points
3	na-ap12	-92.00	0	14.17	0	2.19 Kbps	-	master1		Access Points
4	na-ap09	-92.00	0	12.20	0	230 bps	-	master1		Access Points
5	na-ap11	-92.00	0	16.54	0	569 bps	-	master1		Access Points
6	na-ap23	-92.00	1	12.99	0	397 bps	-	master1		Access Points
7	na-ap20	-92.00	0	14.17	0	291 bps	-	master1		Access Points
8	na-ap05	-92.00	0	13.78	0	6.52 Kbps	-	master1		Access Points
9	lo-ap03	-94.00	0	1.18	1	93.61 Kbps	-	master1		Access Points
10	lm-ap09	-94.00	1	0.39	1	127.67 Kbps	-	master1		Access Points

Kuva 26. Kymmenen ympäristön tukiasemaa, joilla esiintyi ympäristön eniten radiokohinaa 5 gigahertsin radiokanavalla. Kansiot, sekä osa tukiasemien ja kontrollerin nimistä on piilotettu.

6 Johtopäätökset ja yhteenveto

Analysoimme luomamme langattoman lähiverkkoympäristön raportin kohta kohdalta etsien epä- ja kehityskohteita asiakasympäristöstä, sekä arvioiden Aruba AirWaven raportointimoduulin kyvykkyyttä tällaiseen tarkoitukseen. Analyysin pohjalta teimme seuraavat johtopäätökset.

Raportin toimipistekohtaisten dataliikennegraafien mukaan yhdelläkään toimipisteellä ei esiintynyt niin suurta keskimääräistä liikennemäärää, etteivätkö verkkoympäristön komponenttien, kuten tukiasemien, lähiverkkokytkimien tai WAN-reitittimien datansiirtonopeudet olisivat niitä kyenneet käsittelemään. Yhdenkään toimipisteen kohdalla ei ollut myöskään havaittavissa nousevaa trendiä dataliikenteen osalta. Huomasimme kuitenkin, että toimipisteillä A, E, F ja J oli esiintynyt yksittäisiä, hetkellisiä liikennepiikkejä, jotka olivat suurempia, kuin toimipisteiden WAN-yhteyksien nopeudet. Ympäristön suurimmalla, tuotannollisella toimipisteellä E näitä liikennepiikkejä oli esiintynyt kaksi. Nostimme yhdeksi kehityskohteeksi varautumisen näihin liikennepiikkeihin ja niiden aiheuttamiin katkoksiin ja erityisesti tuotannollisiin sellaisiin. Näimme järkeväksi ehdottaa, että toimipisteille, joilla liikennepiikkejä on esiintynyt, lisättäisiin QoS priorisoimaan kriittistä tuotannollista dataliikennettä.

Raportin toimipistekohtaisista käyttäjämäärägraafeista selvisi, että käyttäjämäärät olivat jokaisella toimipisteellä maltilliset suhteessa tukiasemien määrään. Käyttäjämäärissä ei minkään toimipisteen kohdalla ollut myöskään viitettä nousujohteiseen trendiin.

Perustuen raportin taulukkoon kymmenestä tukiasemasta, joiden prosessorikuormitus oli ympäristön suurin, emme havainneet tällä saralla ylikuormittuneita tukiasemia. Kaikkien taulukon tukiasemien prosessorikuormitus oli alle 10%. Huomiona kuitenkin, että 9 taulukon tukiasemaa olivat samalta toimipisteeltä I.

Raportin taulukko kymmenestä tukiasemasta, joiden muistin kuormitus oli ympäristön suurin, ei viitannut ylikuormitukseen. Muistin suhteen kuormittuneimpien tukiasemien kuormitus haarukoitui välille 45-46%. Huomasimme, että kaikki näistä kymmenestä tukiasemasta olivat samalta toimipisteeltä I. Vaikka kuormitukset eivät olleet suuria, päätimme nostaa proaktiivisen kehitysehdotuksen toimipisteen I langattoman lähiverkon tarkemmasta tutkinnasta, jolla pyrittäisiin tunnistamaan, mikä toimipistekohtaisen prosessori- ja muistikuormituksen aiheuttaa.

Analysoimme, että dataliikenteen osalta kuormittuneimpien tukiasemien keskimääräiset liikennemäärät olivat maltillisia suhteessa verkon komponenttien datansiirtokykyyn. Ympäristön kuormittunein tukiasema dataliikenteessä mitattuna oli liikennöinyt keskimäärin 449,15 kilotavun sekuntinopeudella.

Ympäristön eniten yhteen tukiasemaan yhtäaikaisesti yhdistäneitä käyttäjiä oli 35. Tarkistimme tällä saralla kymmenen kuormittuneimman tukiaseman muut suoritusmittarit, emmekä havainneet mitään haasteisiin viittaavaa. Tämän pohjalta päätelimme, ettei tukiaseman yhtäaikaisia käyttäjiä ole ollut lukumääräisesti liikaa.

Kymmenen tukiasemaa, joiden käyttöaste 2,4 gigahertsin radiokanavalla oli ympäristönsuurin, kertoivat että kanava on ollut kaikkien tukiasemien kohdalla riittävä. Edellä mainittujen kymmenen tukiaseman käyttöaste tällä kanavalla liikkui 14,17 ja 20,87 prosentin välillä.

Kymmenen tukiasemaa, joiden käyttöaste 5 gigahertsin radiokanavalla oli ympäristönsuurin, kertoivat että kanava on ollut kaikkien tukiasemien kohdalla riittävä. Edellä mainittujen kymmenen tukiaseman käyttöaste tällä kanavalla liikkui 2,76 ja 16,54 prosentin välillä. Huomionarvoista oli, että 5 gigahertsin radiokanava oli tällä saralla vähemmällä käyttöasteella, kuin 2,4 gigahertsin kanava.

Taulukko kymmenestä tukiasemasta, joilla esiintyi eniten radiokohinaa 2,4 gigahertsin radiokanavalla, osoitti, että ympäristön kaikki tukiasemat olivat tyypillisissä ympäristöissä. Radiokohinan määrä taulukon tukiasemilla oli vähäinen ja liikkui -95,50 ja -92,00 dBm välillä.

Taulukko kymmenestä tukiasemasta, joilla esiintyi eniten radiokohinaa 5 gigahertsin radiokanavalla, osoitti, että ympäristön kaikki tukiasemat olivat tämänkin suhteen tyypillisissä ympäristöissä. Radiokohinan määrä taulukon tukiasemilla oli vähäinen, liikkuen -94,00 ja -92,50 dBm välillä.

Kokonaisuudessaan raportin pohjalta näimme aiheellisiksi kehitysehdotuksiksi QoS-palvelun implementoinnin toimipisteille A, E, F, ja J, joilla esiintyi suuria hetkellisiä liikennepiikkejä, sekä tarkemman langattoman lähiverkon tutkinnan toimipisteelle I. Tämän tutkimuksen tarkoituksena olisi pyrkiä tunnistamaan, mikä aiheuttaa kyseiselle toimipisteelle keskittyneen tukiasemien prosessori- ja muistikuormituksen.

Luotuamme, ajettuamme ja analysoituamme raportin arvioimme, miten Aruba AirWaven raportointimoduuli soveltuu langattoman lähiverkon kehityskohteiden etsimiseen ja tunnistamiseen. Mielestämme AirWaven käyttöliittymä on moderni ja intuitiivinen ja sama pätee sen raportointimoduuliin. Aruban omat raporttipohjat olivat mielestämme moduuliin hyvä lisä. Raporttien luonti ja kustomointi tuo raportointimoduuliin paljon joustavuutta ja tekee siitä tehokkaan työkalun käyttäjälle. Widgetit nopeuttavat raporttien luomista, kun valittavissa on valmiita raporttielementtejä. Seulonta-, automatisointi-, toimitus- ja muotovalinnat lisäävät raportoinnin mahdollisuuksia. Raportteja voidaan nopeasti määrittää ja ajaa tarpeen tullen ja rajata tulokset monin eri parametrein, riippuen mitä dataa käyttäjä ympäristöstä tarvitsee.

Aruba AirWaven raportointimoduulin kehitystä kaipaavana osa-alueena näimme raporttien epäselvät dataliikenne- ja käyttäjägraafit värikoodeineen. Eri väriset kuvaajat erotuivat huonosti toisistaan. Arvoja ja skaalaa oli hankala hahmottaa muuten kuin suuntaa-antavasti. Lisäksi haluaisimme nähdä, että Aruba AirWaveen ja sen kaltaisiin verkohallintatyökaluihin kehitettäisiin yhä pidemmälle vietyä automaatiota. Näiden työkalujen suurin anti on hallinnan nopeuttaminen, keventäminen ja yksinkertaistaminen. Raportoinnissa automaatio voisi näkyä siten, että raportoinnin lisäksi ohjelmisto itse myös tulkitsisi ja analysoisi tuotettua dataa ja tekisi ainakin suuntaa-antavia nostoja langattoman lähiverkon mahdollisista ongelma- ja kehityskohteista. Tämä poistaisi manuaalista tekemistä osaltaan ja suoraviivaistaisi langattoman lähiverkon kehitystä.

Lähteet

- 1 Wi-Fi Alliance Official industry association web site. Viitattu 30.4.2019.
<https://www.wi-fi.org/who-we-are/our-brands>
- 2 IEEE-SA Standards Board Operations Manual. Viitattu 30.4.2019.
https://standards.ieee.org/content/dam/ieee-standards/standards/web/documents/other/sb_om.pdf
- 3 On IEEE 802.11: Wireless LAN Technology. Viitattu 1.5.2019.
<https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1307/1307.2661.pdf>
- 4 The complete family of wireless LAN standards: 802.11 a, b, g, j, n. Viitattu 2.5.2019.
https://cdn.rohde-schwarz.com/pws/dl_downloads/dl_common_library/dl_news_from_rs/183/n183_lan.pdf
- 5 Wi-Fi now has version numbers, and Wi-Fi 6 comes out next year. Viitattu 2.5.2019.
<https://www.theverge.com/2018/10/3/17926212/wifi-6-version-numbers-announced>
- 6 IEEE 802.11-2007 - IEEE Standard for Information Technology - Telecommunications and Information Exchange Between Systems - Local and Metropolitan Area Networks - Specific Requirements - Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications. Viitattu 3.5.2019.
https://standards.ieee.org/standard/802_11-2007.html
- 7 IEEE Standards Interpretations for IEEE Std 802.11n™-2009 — IEEE Standard for Information Technology-Telecommunications and information exchange between systems--Local and metropolitan area networks-Specific requirements--Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications--Amendment 5: Enhancements for Higher Throughput. Viitattu 4.5.2019.

- https://standards.ieee.org/content/dam/ieee-standards/standards/web/documents/interpretations/802.11n-2009_interp.pdf
- 8 Status of IEEE 802.11 TGmd. Viitattu 5.5.2019.
- http://grouper.ieee.org/groups/802/11/Reports/tgm_update.htm
- 9 Beamforming in 802.11ac. Viitattu 6.5.2019.
- <https://web.archive.org/web/20170703105148/http://chimera.labs.oreilly.com/books/1234000001739/ch04.html>
- 10 802.11ad - WLAN at 60 GHz A Technology Introduction White Paper. Viitattu 7.5.2019.
- https://scdn.rohde-schwarz.com/ur/pws/dl_downloads/dl_application/application_notes/1ma220/1MA220_3e_WLAN_11ad_WP.pdf
- 11 IEEE 802.11af: A Standard for TV White Space Spectrum Sharing. Viitattu 8.5.2019.
- <https://cpb-us-e1.wpmucdn.com/blogs.rice.edu/dist/2/3274/files/2014/08/80211af.pdf>
- 12 IEEE 802.11-2016 - IEEE Standard for Information technology-- Telecommunications and information exchange between systems Local and metropolitan area networks--Specific requirements - Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications. Viitattu 9.5.2019.
- https://standards.ieee.org/standard/802_11-2016.html
- 13 There's a new type of Wi-Fi, and it's designed to connect your smart home. Viitattu 10.5.2019.
- <https://www.theverge.com/2016/1/4/10691400/new-wifi-halow-standard-announced-iot-ces-2016>
- 14 IEEE Announces Significant Enhancements Available with Release of IEEE 802.11ai™ and IEEE 802.11™ Wireless Standards. Viitattu 11.5.2019.

<https://standards.ieee.org/news/2017/ieee-802-11.html>

- 15 Wi-Fi Alliance® introduces Wi-Fi 6. Viitattu 11.5.2019.

<https://www.wi-fi.org/news-events/newsroom/wi-fi-alliance-introduces-wi-fi-6>

- 16 Status of Project IEEE 802.11ay. Viitattu 12.5.2019.

http://www.ieee802.org/11/Reports/tgay_update.htm

- 17 DATA SHEET ARUBA 200 SERIES ACCESS POINTS. Viitattu 15.5.2019.

https://www.arubanetworks.com/assets/ds/DS_AP200Series.pdf

- 18 DATA SHEET ARUBA 228 ACCESS POINTS. Viitattu 16.5.2019.

https://www.arubanetworks.com/assets/ds/DS_AP228.pdf

- 19 DATA SHEET ARUBA 7200 SERIES MOBILITY CONTROLLERS. Viitattu 18.5.2019.

https://www.arubanetworks.com/assets/ds/DS_7200Series.pdf

- 20 DATA SHEET ARUBA AIRWAVE. Viitattu 20.5.2019.

https://www.arubanetworks.com/assets/ds/DS_AW.pdf