



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

LASSI NIINIMÄKI

Langattoman verkon parannus usean rakennuksen alalle

TIETOJENKÄSITTELYN KOULUTUSOHJELMA
2020

Niinimäki, Lassi	Opinnäytetyö, AMK Satakunnan ammattikorkeakoulu	Marraskuu 2020
	Sivumäärä 38	Julkaisun kieli Suomi
Langattoman verkon parannus usean rakennuksen alalle		
Tietojenkäsittely		
<p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää ja todeta käytännössä, miten langatonta verkko-yhteyttä voidaan parantaa usean rakennuksen alalle. Työssä käydään läpi langattomien verkkojen ominaisuuksien osalta olennaisia asioita, kuten langattomien verkkojen eri standardeja, sekä tietoturvaprotokollia.</p> <p>Teorioiden lisäksi työssä käydään läpi erilaisia langattomia laitteita, näiden ominaisuuksia ja laitteiden asennuksia perusteellisemmin. Työssä on esitelty erilaisia mittausohjelmia WLAN-verkkojen nopeuteen, signaalin vahvuuteen, sekä kuuluvuuskarttoihin.</p> <p>Työssä tehtiin myös etukäteissuunnittelua, jotta saavutettiin paras mahdollinen lopputulos.</p> <p>Kokonaisuus toteutettiin Ubiquiti Unifi-Wifi-mesh järjestelmän avulla. Verkon nopeutta vertailtiin ennen ja jälkeen työn, sekä tehtiin kuuluvuuskartoitus alueen ympärillä.</p>		
langattomat tietoverkot, langattomat verkot, WLAN		

Niinimäki, Lassi	Bachelor's thesis Satakunta University of Applied Sciences	November 2020
	Number of pages 38	Language of publication: Finnish
<p>Title of publication Wireless network improvement for a multi-building area</p>		
<p>Degree program Business Information Technology</p>		
<p>The purpose of the thesis was to find out and state in practice how a wireless network connection can be improved for several building area. The work reviews essential issues related to the features of wireless networks, such as various standards for wireless networks, as well as security protocols.</p> <p>In addition to the theories, the work goes through, various wireless devices, their features and device installations in more depth. The work presents various measurement programs for the speed of WLAN networks, signal strength, and coverage maps.</p> <p>Planning was also done in the work to achieve the best possible outcome.</p> <p>The entity was implemented using the Ubiquiti Unifi-Wi-Fi-mesh system. The network speed was compared before and after the work, and a coverage survey was made around the area.</p>		
<p>wireless local area networks, WLAN</p>		

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	5
2 MESH-VERKKO YLEISESTI	6
2.1 Langattoman verkon standardit.....	7
2.2 Langattoman verkon tietoturva	8
3 SUUNNITTELU	9
3.1 Laitteiden valinta.....	9
3.1.1 TP-LINK Deco M5 WiFi-Mesh-Järjestelmä, 3-pack.....	10
3.1.2 Google WiFi-Mesh-järjestelmä	10
3.1.3 Ubiquiti UniFi WiFi-Mesh-järjestelmä.....	11
3.2 Laitteiden vertailu	11
3.3 Ubiquiti Unifi	13
3.4 Laitteiden sijoittelun suunnittelu.....	14
3.5 Verkon suunnittelu.....	17
4 NYKYTILAN KARTOITUS	18
4.1 Kuuluvuuden kartoitus ja verkon nopeus	19
4.2 Mahdollisuudet.....	21
5 TOTEUTUS.....	22
5.1 Laitteiden esiasennus ja konfigurointi	22
5.1.1 SSID konfigurointi	28
5.2 Optimaaliset sijoituspaikat	29
5.3 4G antennin asennus	30
6 VERTAILU	32
6.1 Heatmapper- ja Wifi Analyzer tulokset.....	34
7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA.....	36
8 YHTEENVETO	37
LÄHTEET	

1 JOHDANTO

Työssä tutkitaan langattoman verkon parannuksen erilaisia vaihteita. Opinnäytetyössä keskitytään Mesh-verkkotekniikkaan, sekä opitaan asentamaan skaalautuva ja hyvin toimiva verkkokokonaisuus. Opinnäytetyössä perehdytään myös verkkolaitteiden asennukseen ja niiden konfiguroimiseen.

Tässä työssä on tarkoitus saada mahdollisimman hyvä käsitys siitä, mitä mesh-verkotaminen tarkoittaa ja mitä siihen kuuluu. Työssä asennetaan myös suuntaava 4G-antenni, jonka on tarkoitus parantaa signaalin vahvuutta.

Opinnäytetyötä ennen ja sen jälkeen suoritettiin sarja nopeustestejä, sekä tehtiin karttoitus Ekahau Heatmapper ohjelmistolla. Testit tehtiin myös Wifi-analyzer ohjelmalla, joka antaa suuntaa signaalien vahvuuksista. Testeissä otettiin huomioon latenssi, latausnopeus, lähetysnopeus, signaalin vahvuus, sekä luotiin kuuluvuuskartta. Tulokset taulukoitiin ja laskettiin niiden keskiarvot.

2 MESH-VERKKO YLEISESTI

Langattomalla mesh-verkolla tarkoitetaan reitittävää langatonta verkkoa, jonka peittoalueella liikkuminen ja tukiaseman vaihtaminen tapahtuu ilman yhteyden katkeamista. Mesh-verkko koostuu usein erilaisista mesh-clienteistä, mesh-reitittimistä, sekä gateway:istä. Mesh-verkotuksessa kaksi tai useampi tukiasema liitetään toisiinsa luomaan kattavan lähiverkkoyhteyden. Näistä yleensä ainakin yksi liitetään suoraan Ethernet-kaapelilla verkkoyhteyttä tuottavaan reitittimeen. Langattoman mesh-verkon ideana on laajentaa samaa SSID-tunnusta usealle tukiasemalle, joiden on tarkoitus toimia yhtenä kokonaisuutena. (Kannisto 2018)

Verkon tukiasemat sijoitetaan eri puolille haluttua aluetta tuottamaan mahdollisimman kattava peittoalue. Tukiasemat tulee kuitenkin sijoittaa niin, että ne pysyvät muiden mesh-tukiasemien peittoalueella, jolloin tukiasemien kommunikointi keskenään on mahdollista. (Rasmussen 2018)

Tukiasemien peittoaluetta voidaan mitata erilaisilla laitteilla, kuten kannettavalla tietokoneella, sekä älypuhelimella. Tätä varten on kehitetty monia erilaisia ohjelmia, joissa voidaan käyttää hyödyksi esim. Pohjapiirustusta tai maastokarttaa. (Rasmussen 2018)

Mesh-tekniikalla toteutettu langaton verkkoyhteys on huomattavasti tehokkaampi tapa luoda laadukas yhteys suurelle-, tai useamman kerroksen rakennukselle, kuin ennen käytetyt wlan-toistimet. Wlan-toistimien huonoja puolia on, että ne pystyvät välittämään yhteyden vain suoraan reitittimelle, kun taas Mesh-verkossa myös tukiasemat keskustelevat keskenään ja näin ollen voidaan luoda suurempia peittoalueita. (Rasmussen 2018)

Mesh-järjestelmän hyötyjä on myös sen kyky optimoida verkkoliikenne mahdollisimman sujuvaksi. Mesh-verkossa langaton verkkoyhteys siirtyy automaattisesti mesh-tukiasemalta toiselle käyttäjän liikkeessa verkon peittoalueen sisällä. Hyötynä voidaan mainita myös verkkoliikenteen ohjautumisen nopeimmalle saatavilla olevalle taajuusalueelle ja vähäruuhkaisimmalle kanavalle.

Mesh-verkotuksen hyviä puolia on myös, että sitä voidaan laajentaa tarpeen vaatiessa hankkimalla lisää tukiasemia ja liittämällä ne olemassa olevaan verkkoon. (Rasmussen 2018)

2.1 Langattoman verkon standardit

IEEE 802.11 on Institute of Electrical and Electronics Engineers:in eli lyhyemmin IEEE:n standardi langattomille verkoille. Wi-Fi 6:n julkaisun yhteydessä Wi-Fi Alliance otti käyttöön yhä selkeämmät nimet eri Wi-Fi-sukupolville. Aiemmistä sukupolvista 802.11n on nyt Wi-Fi 4, 802.11ac on Wi-Fi 5 ja uusin 802.11ax on Wi-Fi 6.

802.11–1997 Oli ensimmäinen standardi, joka tarjosi tiedonsiirtonopeutta aina 2Mbps asti, sekä toimi 2.4GHz taajuudella. Tämä standardi tarjosi 20 metriä kattavan langattoman verkon sisätiloissa. (Shaw 2018)

802.11n eli WiFi 4 on ensimmäinen standardi MIMO:lle, joka hyväksyttiin lokakuussa 2009. Tämä standardi mahdollistaa kahden eri taajuuden käytön samanaikaisesti. 802.11n mahdollistaa sekä 2.4GHz, että 5GHz: n taajuudet, joiden avulla tiedonsiirtonopeudet nousevat aina 600Mbps:ään asti. Kun laitevalmistajat puhuvat ns. Dual Band reitittimistä, niin se viittaa juuri näihin kahteen eri taajuuteen. (Shaw 2018)

Wi-Fi 5 eli 802.11ac toimii 5GHz taajuudella ja joka hyväksyttiin vuonna 2013. Tällä Wi-Fi standardilla on yleensä monta antennia, jotka lähettävät ja vastaanottavat signaalia, jota kutsutaan MIMO:ksi eli Multiple Input, Multiple Output. Useampi antenni vähentää virheiden mahdollisuutta, sekä kasvattaa langattoman verkon nopeutta. Wi-Fi 5 standardi tukee datansiirtonopeuksia aina 3.46Gbps asti. Usein Wi-Fi 5: n kanssa samaan reitittimeen on paritettu 802.11n, joka toimii 2.4GHz taajuudella ja antaa mahdollisuuden vanhempien laitteiden, joista löytyvät vain 802.11b/g/n ominaisuudet, yhdistää langattomaan verkkoon. Laitevalmistajat lisäävät 802.11n: n tuomaan lisäkaisuutta, sekä antamaan paremmat tiedonsiirtonopeudet. (Shaw 2018)

Uusin kiinnostava standardi on 802.11ax, jota kutsutaan Wi-Fi 6:ksi. Tämä standardi tähtää tiheisiin alueisiin, joita ovat mm. Urheilustadionit, sekä lentokentät. Tämä standardi toimii silti vielä 2.4GHz, sekä 5GHz:n taajuudella, mutta pystyy tulevaisuudessa tarjoamaan jopa neljä kertaa paremmat yhteydet, kuin edeltäjillensä. Wi-Fi 6 ei ole pelkästään uusi langaton standardi, vaan se on myös yksi suurin kehitysaskel Wi-Fi-tekniikkaan tällä vuosikymmenellä. Tämän standardin yksiä suurimmista parannuksista on liitettyjen laitteiden pienempi virrankulutus, sekä tekniikka, jonka avulla pystytään tehokkaasti hallitsemaan verkon liikennettä useisiin laitteisiin samanaikaisesti. (IO-Tech 2019)

2.2 Langattoman verkon tietoturva

WLAN:in heikkouksina voidaan pitää sen tietoturvaa. Kuitenkin oikein toteutettuna voidaan WLAN-tekniikkaa pitää melko turvallisena. WLAN:in heikkouksiin lukeutuu myös sen päätelaitteiden yksinkertaisuus. Tällä tarkoitetaan, että jotkin päätelaitteet kyselevät aktiivisesti ja käyttäjästä riippumatta, onko niiden muistamien verkkojen nimiä verkkoja saatavilla. Tässä kohtaa hyökkääjä voi perustaa oman langattoman verkon, jonka nimi on sama, kuin halutun verkon nimi. Samanniminen verkko voidaan luoda automaattisesti päätelaitteen tätä huhuillessa. Tämän takia langaton yhteys kannattaa kytkeä pois päältä aina silloin, kun sitä ei tarvita. (Kyberturvallisuuskeskus 2014)

Langattomassa verkossa myös muut käyttäjät voivat ottaa yhteyttä laitteeseen, mikäli sitä ei ole erikseen estetty tukiasemassa. Mikäli käyttäjien tunnistautuminen verkkoon on toteutettu väärin, myös pahantahtoisten tahojen on mahdollista kytkeytyä siihen ja lähettää muille käyttäjille tai verkkoon kytketyille laitteille haitallista liikennettä. (Kyberturvallisuuskeskus 2014)

Langattoman verkon tietoturvassa on erityisen tärkeää salata viestintä. Näihin kuuluu mm. WEP-, WPS-, sekä WPA2+AES-salausmenetelmät. Näistä kolmesta WEP-, sekä WPS-salausmenetelmät eivät ole enää nykypäivänä vaadittavalla tasolla ja ne on onnistuttu murtamaan. Myöskään WPA2+AES ei ole enää tarpeeksi suojattu. Nykyisin kaikkein tehokkain ratkaisu tällä hetkellä viestinnän salaukseen on WPA3, joka käyttää 192-bittistä cnsa-suojauksia. Kuitenkin todellinen kvanttilaskentahyökkäyksen

kestävä suojaus vaatisi vähintään 256-bittisen aes-algoritmin tasoisen kryptauksen käyttöön. WPA2-salauksen hyvänä puolena voidaan mainita, että sitä kehitetään edelleen, joten suojauspäivityksiä on saatavilla myös tulevaisuudessa. (NCCIC 2017, Oraskari, J. 2018)

Hyviä tapoja suojattaessa langattomia verkkoja on mm. Oletussalasanojen vaihtaminen, WPA2 enterprise- tai WPA3-salauksen käyttäminen, VLAN-verkotus, SSID:n piilottaminen, reitittimien automaattiset päivitykset, sekä tarpeeksi vahvojen salasanojen käyttö langattomissa verkoissa. (Kyberturvallisuuskeskus. 2014)

Helpoin tapa varmistaa epätoivottujen laitteiden pysyminen ulkona verkosta on vaihtaa verkon salasana reitittimen asetuksista. Tämän pitäisi olla ensimmäinen askel, kun aloitetaan pystyttämään langatonta verkkoa. Joissakin reitittimissä on edelleen käytössä WPS-ominaisuus, joka tulee poistaa käytöstä, mikäli siihen on mahdollisuus. Reitittimien uusimmat firmware-päivitykset tulee asentaa mahdollisimman nopeasti niiden saapuessa, koska niihin liittyy monia suojaukseen liittyviä parannuksia. Firmware-päivityksissä myös yleensä korjataan havaittuja aukkoja itse reitittimissä, joten on esiarvoisen tärkeää pitää nämä ajan tasalla. (Kallio, A 2018)

3 SUUNNITTELU

Suunnittelun tarkoituksena on saada mahdollisimman optimaalinen asettelu laitteille, sekä saavuttaa parhain mahdollinen kokoonpano. Suunnittelun vaiheissa tulee kuitenkin ottaa huomioon rakennusten sijainti, sekä loogiset paikat sijoitteluille.

3.1 Laitteiden valinta

Laitteiden valinnassa otetaan huomioon laitteiden hinta, ominaisuudet, sekä tietoturva. Ominaisuuksiin kuuluu mm. signaalin kantomatka, virrankulutus sekä POE eli power over ethernet. Laitteiden vertailussa tarkastellaan kolmea verkkokauppa.com:in suosituinta mesh-verkkolaitetta.

3.1.1 TP-LINK Deco M5 WiFi-Mesh-Järjestelmä, 3-pack

Tekniset tiedot:

Yhteensopivuus: 802.11b/a/g/n/ac, 2.4GHz/5GHz samanaikainen dual band.
Bluetooth 4.2

Palomuurisuojaus, IPv6 tuki, päivitettävä valmisohjelmisto, WMM, QoS

Salaus: WPA, WPA2, WPA-PSK, WPA2-PSK

(TP-Link 2020)

Hinta: 239,00 € halvimmillaan Hintafi mukaan. 10.4.2020

Deco M5: n vahvuutena voidaan pitää laitteiden pientä kokoa, sekä niiden valkoista väriä. TP-Linkin tuotteiden mukana tulee Home Care ohjelmisto, jonka luvataan olevan ilmainen muutaman kuukauden. Home Care-ohjelmistoon kuuluu mm. Virustorjunta-ohjelmisto, suojausominaisuuksia sekä Quality of Service (QoS). Laitteet ovat helppo ottaa käyttöön kännykkään ladattavan ohjelmiston avulla. Samalla ohjelmistolla laitteita voidaan konfiguroida mieltymysten mukaan. Kolmen tukiaseman avulla TP-Link lupaa jopa 420m2:n verkon kattavuuden. (TP-Link 2020)

3.1.2 Google WiFi-Mesh-järjestelmä

Tekniset tiedot:

Yhteensopivuus: 802.11a/b/g/n/ac 2.4GHz/5GHz samanaikainen dual band. Bluetooth
Palomuri

Salaus: WPA2-PSK

Teho: 15W:n virtalähde

(Google 2020)

Hinta: 222,00 € kolmelle laitteelle Hintafi mukaan 10.4.2020

Googlen WiFi-mesh-järjestelmän käyttöönotto on tehty helposti. Puhelimeen ladataan Google Wifi-hallintasovellus, jonka avulla käyttöönotto tapahtuu. Google Wifi:n vahvuutena voidaan pitää sen hallintaa, joka sujuu puhelimeen ladattavalla ohjelmistolla varsin mallikkaasti. Googlen Wifi Network Assist huolehtii asioista huomaamattomasti, joka lupaa, että yhteys muodostetaan nopeimpaan Wifi-pisteeseen, käytössä on aina vähiten ruuhkautunut kanava sekä laitteet käyttävät nopeinta yhteensopivaa taajuutta. Googlen vahvuutena on myös automaattiset päivitykset kaikille sen laitteille. (Google 2020)

3.1.3 Ubiquiti UniFi WiFi-Mesh-järjestelmä

Tekniset tiedot:

Yhteensopivuus: 802.11a/b/g/n/ac 2.4GHz/5GHz samanaikainen dual band.

Salaus: WEP, WPA-PSK ja WPA-Enterprise

Teho: PoE

(Ubiquiti 2020)

Hinta: 89,90 € yhdelle laitteelle Hintafi mukaan 20.4.2020

Ubiquiti tunnetaan varsin hyvin heidän erinomaisista yrityskäyttöön sopivista wifi-laitteistaan. UniFi-laiteryhmä skaalautuu todella hyvin erilaisiin käyttötarkoituksiin. Sisämalleissa on tyylikäs valkoinen muotoilu, jotka sopivat sisustukseen, kuin sisustukseen. Laitteita hallitaan mukana tulevalla UniFi Controller ohjelmistolla, eli laitteiden käyttö ei vaadi erikseen ostettavia lisenssejä tai käyttömaksuja. UniFi Controller ohjelmistolla voidaan hallita kaikkia tukiasemia yhtä aikaa. UniFi-ohjelmisto takaa siis periaatteessa verkon rajoittamattoman skaalautuvuuden. Ubiquiti Unifi:n suurin vahvuus on ehdottomasti pilvihallittava ohjelmisto. Tämä tosin vaatii erillisen Ubiquiti UniFi Cloud Key:n ostamisen. (Ubiquiti 2020)

3.2 Laitteiden vertailu

Vertailussa on kaksi kuluttajapuolen laitevaihtoehtoa, sekä yksi yrityskäyttöön suunniteltu laitteisto. Sekä TP-LINK Deco M5, että Google WiFi-Mesh-järjestelmä on suunnattu kuluttajamarkkinoille ja ovatkin siksi hyvinkin helppoja ottaa käyttöön, eikä vaadi sen suurempia konfiguraatioita. Ubiquiti UniFi on taas suunnattu yrityskäyttöön ja on siksi skaalautuvuudeltaan, sekä monipuolisuudeltaan aivan omassa luokassaan. Molemmissa kuluttajapuolen laitteissa on mahdollisuus käyttää Bluetooth-asennusta, jolloin tukiasemat yhdistävät aluksi puhelimeen Bluetooth-yhteydellä ja tämän jälkeen pystyvät luomaan sujuvan mesh-verkon käyttämällä toistensa signaaleja. Ubiquiti:ssa taas UniFi-Controller ohjelmisto tunnistaa automaattisesti sekä langattomasti, että langallisesti kytketyt laitteet.

Kaikilta vertailtavilta laitevalmistajilta löytyy myös muita verkkoon kytkettäviä laitteita, kuten valvontakamerajärjestelmä. Ubiquiti:n etuna on kuitenkin, että siltä löytyy laitteita myös suurempien käyttäjämäärien tukemiseen. Vaikka tässä työssä ei tulla

toteuttamaan monien kymmenien yhtäaikaisten käyttäjien verkkoa, on hyvä pitää mielessä mahdollinen käyttäjämäärän kasvu.

Google WiFi-mesh-järjestelmän huonona puolena voidaan pitää sen täysin pilvipohjaista ohjelmistoa. Aina on mahdollisuus, että laitevalmistaja lopettaa laitteiden tuke-
misen kokonaan ja lopettaa pilvipalvelun ylläpidon. Tämä vaikuttaa laitteiden hallintaan, sekä laitteiden liitettävyyteen ainakin Googlen osalta. Sekä TP-LINK:in, että Ubiquiti Unifi:n mukana tulee valmiiksi asennettu ohjelmisto, jonka avulla voidaan laitteita hallita. Näiden kahden jälkeenpäin mainitun laitevalmistajan laitteiden toiminta ei siis riipu täysin pilvipalvelusta, vaikka laitteita onkin mahdollisuus hallita myös pilven kautta.

Googlen etuna on kuitenkin sen paremmat lapsilukko-ominaisuudet verrattuna muihin vertailussa oleviin laitteisiin.

Tietoturvan puolesta Ubiquiti UniFi tukee WPA-Enterprise suojausta, jota kumpikaan muista laitteista ei tue. TP-LINK M5 tukee VLAN-verkkoja, joita myös Ubiquiti Unifi tukee. Googlen WiFi-mesh ei tue VLAN-verkotusta ollenkaan. VLAN-verkotus on nykyään hyvin tärkeä tietoturvan näkökulmasta. (Google 2020) (TP-Link 2020) (Ubiquiti 2020)

Tämän työn tarkoituksena on kuitenkin löytää laitteet, jotka sopivat tietoturvaominaisuuksiltaan sekä kotikäyttöön, että yrityskäyttöön. Työssä tullaan asentamaan laitteita sekä sisä-, että ulkotiloihin, eikä kuluttajapuolen laitevalmistajien valikoimasta löydy tähän sopivia laitteita. Ubiquiti:lta löytyy useita erilaisia ulkotilaan tarkoitettuja laitteita. Ainoana yrityskäyttöön tarkoitettuna laitteena tähän vertailuun valittu Ubiquiti Unifi-järjestelmä tarjoaa kaikkein eniten tärkeitä ominaisuuksia ja näin ollen tulee valituksi laitevalmistajaksi.

3.3 Ubiquiti Unifi

Ubiquiti UniFi-laitteita on nykyään hyvin paljon tarjolla. Laitteilla on erilaisia ominaisuuksia, joita tullaan hyödyntämään tässä työssä.

Ubiquiti:n valikoimasta löytyy mm. Pitkän kantomatkan laitteita, sekä lyhyen kantomatkan laitteita, joissa muut ominaisuudet ovat parempia. Ubiquiti:lta löytyy myös ulkotilaan sopivia, sään kestäviä laitevalintoja, joita tullaan työssä hyödyntämään.

Model Comparison Chart



	UAP-AC-IW	UAP-AC-IW-PRO	UAP-AC-LITE	UAP-AC-LR	UAP-AC-PRO	UAP-AC-EDU
Environment	Indoor	Indoor	Indoor	Indoor	Indoor/Outdoor	Indoor
Simultaneous Dual-Band	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2.4 GHz Radio Rate	300 Mbps	450 Mbps	300 Mbps	450 Mbps	450 Mbps	450 Mbps
2.4 GHz MIMO	2x2	3x3	2x2	3x3	3x3	3x3
5 GHz Radio Rate	867 Mbps	1300 Mbps	867 Mbps	867 Mbps	1300 Mbps	1300 Mbps
5 GHz MIMO	2x2	3x3	2x2	2x2	3x3	3x3
Secondary Ethernet Port	✓ (2 Additional Ports)	✓ (2 Additional Ports)			✓	✓
Loudspeaker						✓
PoE Mode	802.3at PoE+	802.3at PoE+	802.3af/A PoE 24V Passive PoE	802.3af/A PoE 24V Passive PoE	802.3af PoE 802.3at PoE+	802.3at PoE+
Ceiling Mount			✓	✓	✓	✓
Wall Mount	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Wireless Uplink	✓	✓	✓	✓	✓	✓
DFS Certification	✓	✓	✓	✓	✓	✓

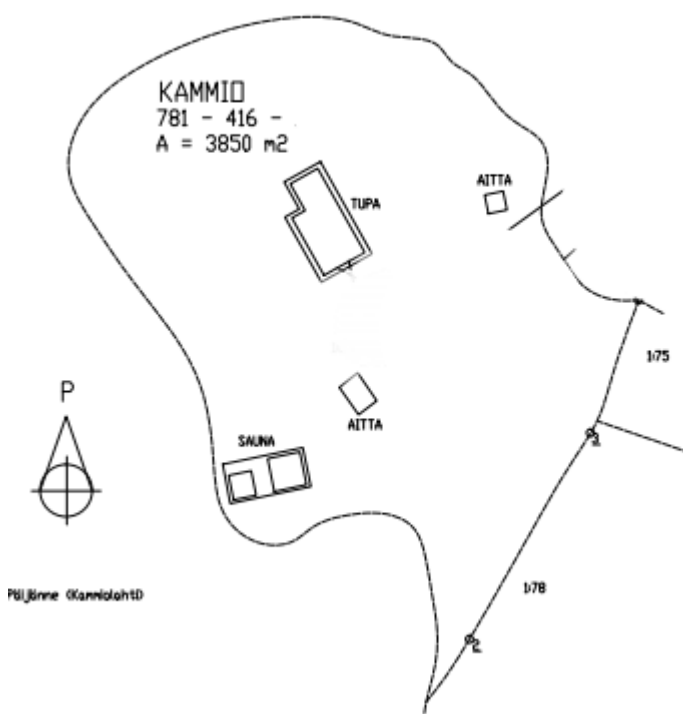
Kuva 1 Ubiquiti UniFi tukiasemia (Ubiquiti Networks 2015-2019)

Kuva 1:sen laitteista valituksi tuli UAP-AC-LITE, joka tulee hoitamaan sisätiloissa toimivia yhteyksiä. UAP-AC-LITE tarjoaa jopa 122m² kantomatkan, joka tulee riittämään tämän työn toteutuksessa. (Verkkokauppa 1992–2020) Ulkotilaan asennettavaksi valituksi tuli yksi Ubiquiti:n suosituimmista tukiasemista, Ubiquiti UniFi UAP-AC-M. Tämä ulkotukiasema tarjoaa jopa 183m² kantomatkan ulkotiloissa ja onkin siksi täydellinen tämän työn toteutukseen.

Ubiquiti:n tukiasemia hallittaessa suoraan pilvipalvelusta vaatii se UniFi Cloud Key:n ostamisen. Tähän tarkoitukseen hankittiin UniFi Cloud Key Gen 1.

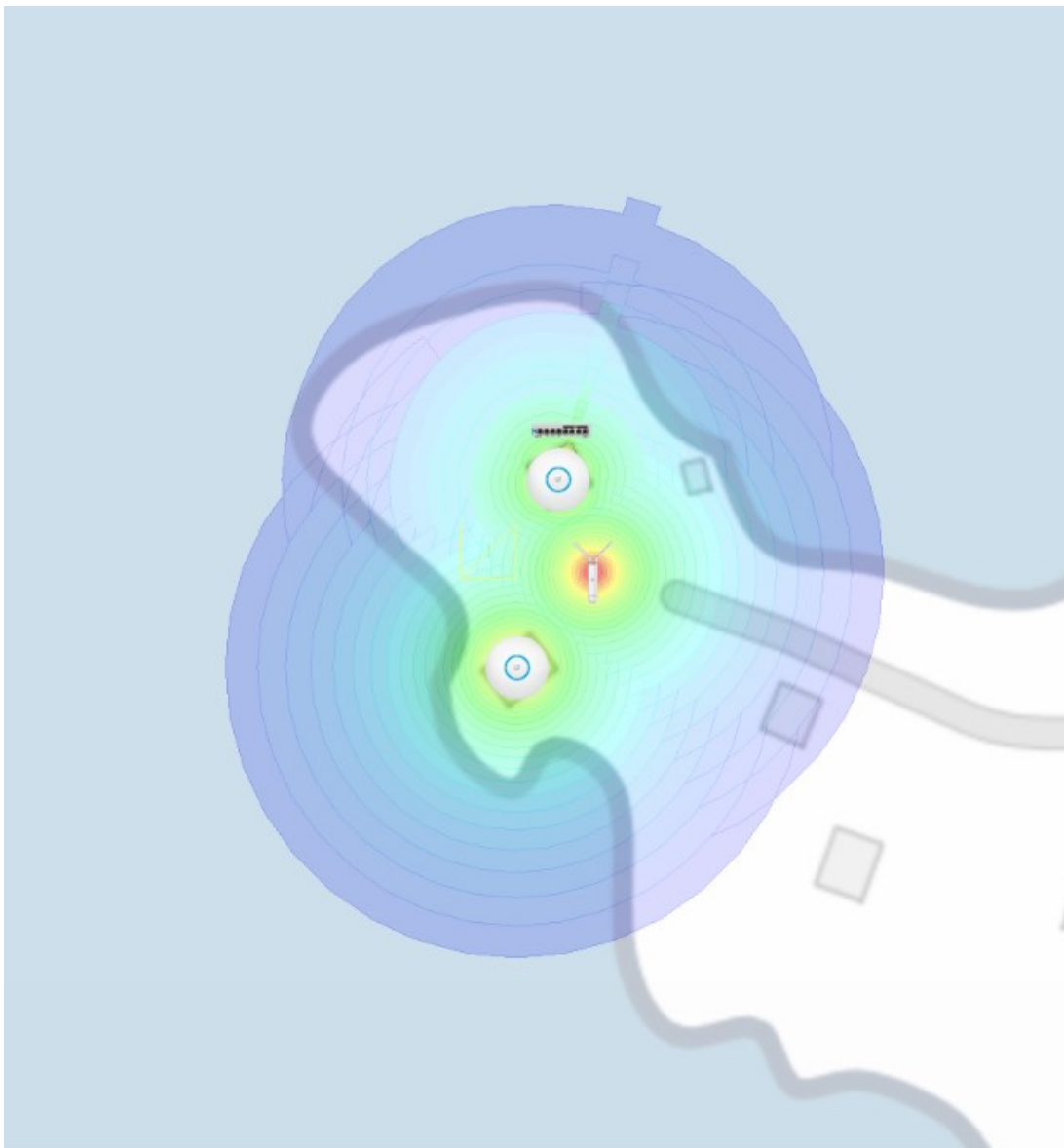
3.4 Laitteiden sijoittelun suunnittelu

Tarkoituksena on saada mahdollisimman hyvä signaalin vahvuus jokaiseen sisätilaan, sekä mahdollisesti myös kauas kantava signaali ulkotilaan.



Kuva 2 Asemakuva asennettavasta alueesta

Kuva 2:ssa on kuvattu aluetta jolle verkko olisi tarkoitus rakentaa. Kuvassa on kolme tärkeää rakennusta, joihin verkon signaalin tulisi olla kaikkein voimakkain. Näitä tärkeitä ovat tupa, keskellä oleva aitta, sekä saunarakennus. Tarkoitus olisi myös saada mahdollisimman paljon ympärillä olevaa piha-aluetta katettua langattoman verkon alueelle. Lähinnä tarkoitus on käyttää 2.4GHz alueella toimivaa langatonta verkkoa. Sisätiloissa olisi tarkoitus saada mahdollisimman hyvä 5GHz signaali.

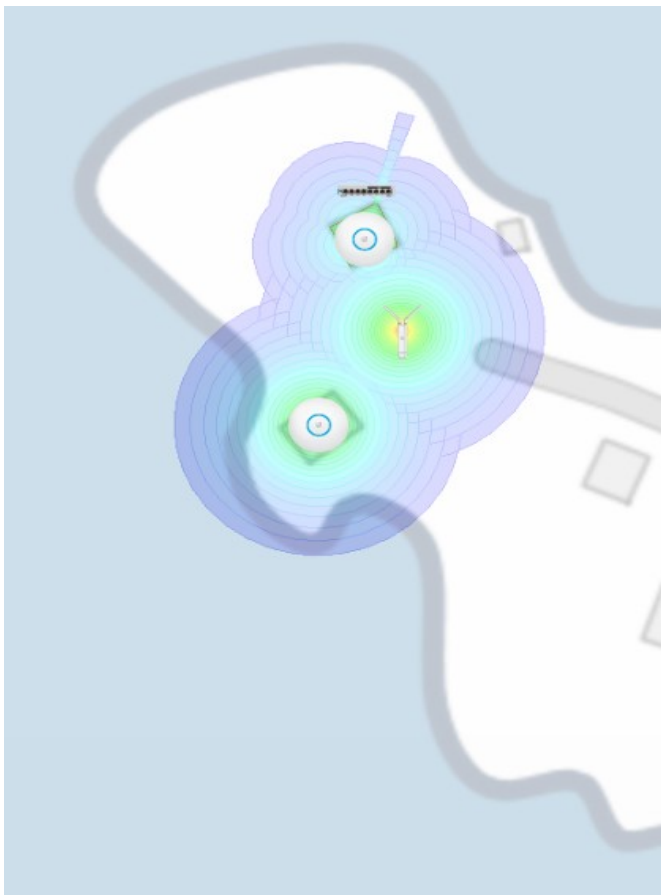


Kuva 3 2.4GHz verkon signaalin vahvuus simuloituna

Kuvassa 3 on Ubiquiti:n omalla työkalulla tehtynä simulointi laitteiden optimaalisista paikoista. Tällä järjestelyllä saavutettaisiin paras mahdollinen signaalin vahvuus tärkeissä paikoissa. Samalla saavutetaan mahdollisimman kattava ja luotettava langaton verkko myös ulkotiloihin.

Tuvassa tulee olemaan laitteet: Huawei B315 4G/WLAN-mobiilireitin, Ubiquiti Cloud Key, yksi Ubiquiti tukiasema, sekä Ubiquiti 8-porttinen 60w PoE-Kytkin.

Keskiaitassa tulee olemaan yksi Ubiquiti tukiasema, sekä saunarakennuksessa tulee olemaan yksi Ubiquiti tukiasema.

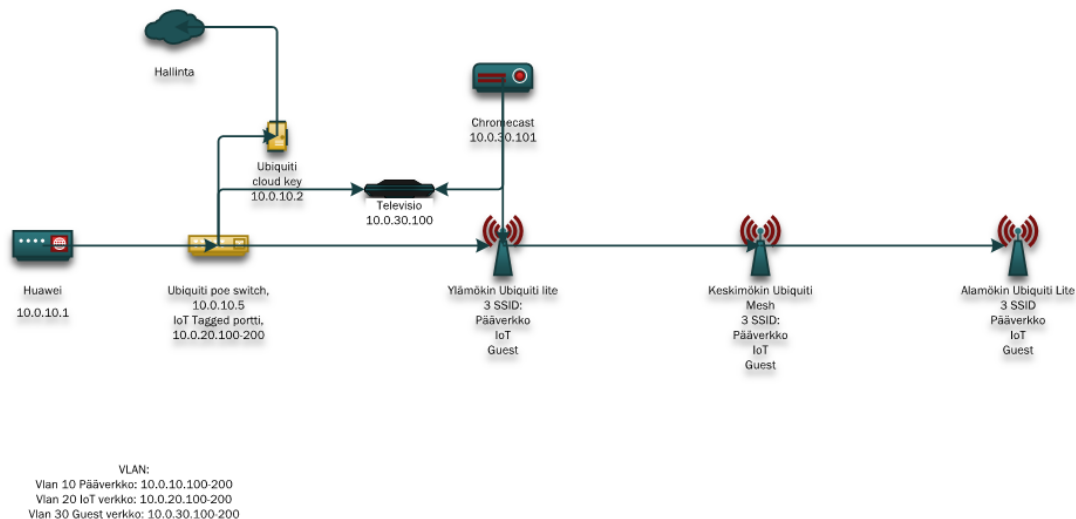


Kuva 4 5GHz verkon signaalin vahvuus simuloituna

Kuten kuvasta 4 voidaan päätellä, langattoman verkon 5GHz taajuus on hyvin rajoittuna sisätiloihin. Tämä on optimi tilanne, jossa 5GHz verkkoa voidaan käyttää sisätiloissa ja ulkotiloissa voidaan käyttää 2.4GHz verkkoa. 5GHz verkon signaalin heikkous ulkotiloissa saattaa olla vielä suunniteltuakin huonompi, sillä paksut seinät saattavat häiritä verkon pääsyä ulkotiloihin.

Tarkoituksena on saada pääasiassa kannettaville tietokoneille, sekä paikallaan oleville IoT laitteille mahdollisimman hyvä kuuluvuus sisätiloissa, joten tarvetta ulkotiloihin ei toistaiseksi ole.

3.5 Verkon suunnittelu



Kuva 5 Verkon VLAN ja suunnittelu

Verkon suunnittelussa on otettu huomioon verkon tietoturva sekä mahdollisimman toimiva kokonaisuus. Verkkoon tulee siis kolme eri VLAN:ia, joilla jokaisella on oma tarkoituksensa.

VLAN 10 Pääverkkoon on tarkoitus antaa pääsy vain luotetuilta laitteilta, joita ovat mm. Kannettavat tietokoneet ja puhelimet.

VLAN 20 IoT verkkoon on tarkoitus laittaa tulevaisuudessa kaikki IoT laitteet mm. Valvontakamera-järjestelmä, sekä lämmitysjärjestelmä. Tämän VLAN:in SSID tulee olemaan piilotettuna, jolloin se on tietoturvallisempi eikä siihen voida kytkeä sinne haluamattomia laitteita.

VLAN 30 verkko toimii täysin vierasverkkona, jolloin vierailta on pääsy verkkoon, mutta ovat eristettynä muista laitteista. Tähän verkkoon voidaan kytkeä vieraiden laitteet mm. Puhelimet ja kannettavat tietokoneet.

Kaikki verkon laitteet tullaan kytkemään CAT6 S/FTP-verkkokaapeleilla. Keskimökin ja alamökin Ubiquiti tukiasemat tulevat olemaan PoE-virralla CAT6 kaapeleilla. PoE-virta näihin saadaan verkkovirrasta. Ylämökin laitteet tulevat olemaan kytkettynä suoraan kytkimeen CAT6-verkkokaapeleilla.

Ylämökin Ubiquiti tukiasema tullaan asentamaan mahdollisimman keskelle kattoa, jotta saavutetaan paras kuuluvuus koko rakennuksen alalle. Muut laitteet voidaan asentaa mahdollisimman piiloon katseilta.

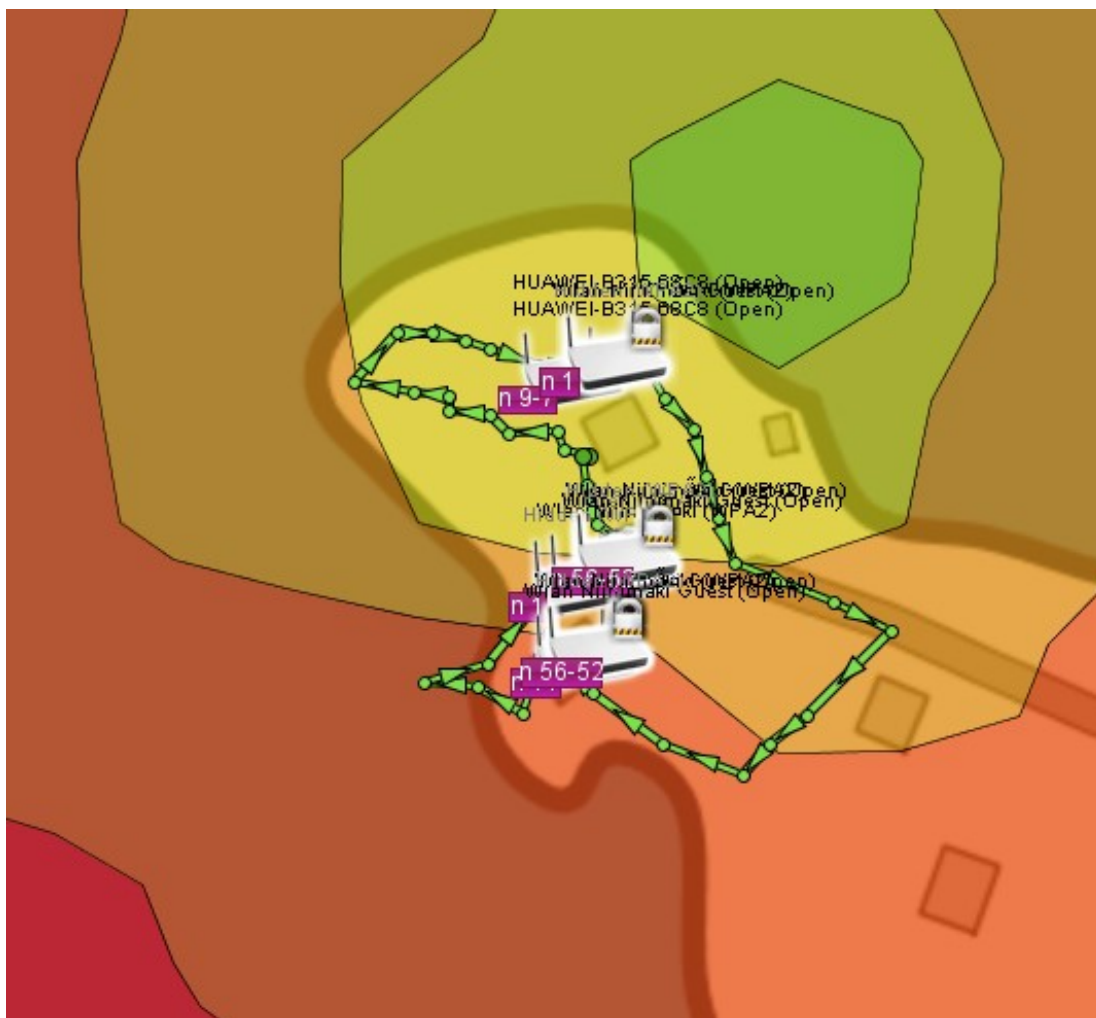
Huawei B315 4G/WLAN tullaan kytkemään Fujitech GSM/UMTS/3G/4G/LTE suuntaavaan -antenniin, jolloin saavutetaan paras mahdollinen tulos verkon nopeudessa. Antenni tullaan suuntaamaan mahdollisimman tarkasti kohti lähintä operaattorin verkkomastoa.

4 NYKYTILAN KARTOITUS

Tarkoituksena kartoittaa nykytilaa ja lähtötilannetta, jotta saadaan vertailtua tehdyn työn tuloksia ja saadaan mahdollisimman hyvä käsitys, kuinka laitteiden hankinnat ovat parantaneet verkon toimivuutta.

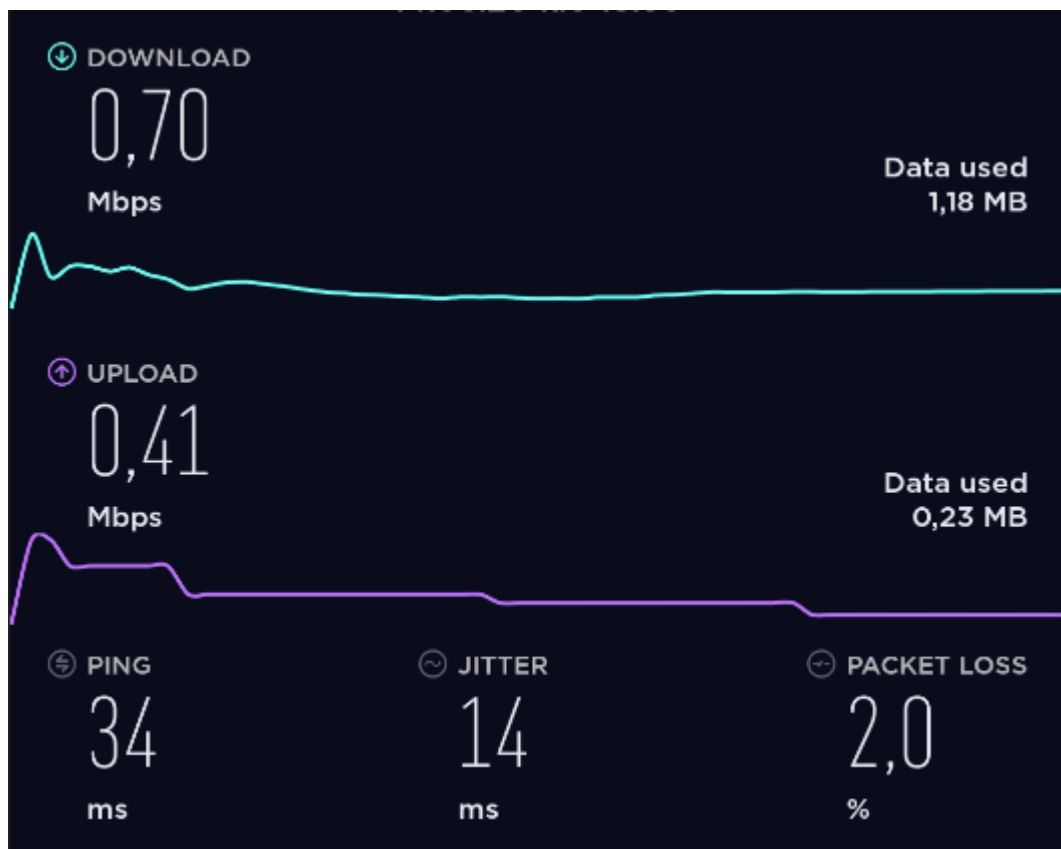
4.1 Kuuluvuuden kartoitus ja verkon nopeus

Verkon kuuluvuuden kartoittamiseen käytettiin Ekahau Heatmapper:ia, sekä Ooklan Speedtest-ohjelmistoa kannettavalla tietokoneella, sekä puhelimella ja Wifi-analyzer työkalua puhelimella.



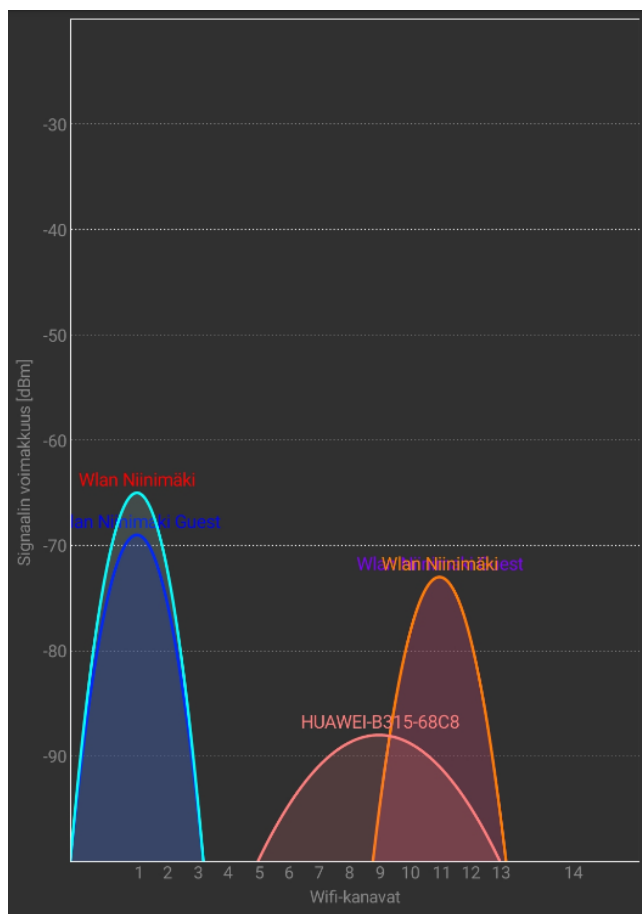
Kuva 6 Huawei B315 heatmap kartoitus hetkellä

Kuvassa 6 on verkon kuuluvuuskartta ennen tehtyjä muutoksia. Virheällä pohjalla on kaikkein paras kuuluvuus ja mitä punaisempaan mennään, sitä huonommaksi kuuluvuus tuli. Kuvasta voidaan päätellä, että ennen tehtyjä muutoksia verkon toimivuus on ollut heikko kahdella kolmesta tärkeästä alueesta. Tuvan alueella verkon kuuluvuus on ollut kohtalaista. Kartoitus hetkellä käytössä on ollut vain Huawei B315:n tuottama langaton verkko.



Kuva 7 Huawei B315 verkon nopeus kartoitus hetkellä

Kuvasta 7 voidaan päätellä, että verkon nopeus on kartoitus hetkellä todella huono. Nopeustesti on otettu tuvan sisätiloista läheltä langatonta verkkoa jakavaa laitetta puhelimella mitattuna. Ennen tehtyjä muutoksia ei saatu mittaustuloksia missään muualla, kuin tuvan sisällä. Tuvan ulkopuolella ja muissa mittauspisteissä kyseiseen verkkoon ei saatu yhteyttä, jotta olisi voitu tehdä nopeustestiä.



Kuva 8 Huawei B315 verkon signaalin vahvuus

Kuvassa 8 voidaan nähdä wifi-analyzer'in tulokset ennen verkkomuutosta. Kuvassa näkyy vertailuna jo Ubiquiti:n laitteiden tuottamat verkkosignaalit. Tästä voidaan päätellä, että Huawei:n 4G modeemin tuottama langaton verkko ei ole riittävä. Tuvan ulkopuolella ja muissa mittauspisteissä kyseiseen verkkoon ei saatu yhteyttä, jotta olisi voitu tehdä signaalin vahvuustestiä.

4.2 Mahdollisuudet

Voidaan olettaa, että verkon nopeuteen tulee suuria prosentuaalisia muutoksia. Voidaan myös nähdä verkon signaalin vahvistumista laitteiden oikealla sijoittelulla. Suurimpana merkittävänä asiana voidaan kuitenkin nähdä suuntaavan antennin antama verkon nopeuden merkittävä kasvu. Kaikista näistä saadaan yhdessä loistava verkko-kokonaisuus, jossa skaalautuvuus on sen parhaimpia puolia.

5 TOTEUTUS

5.1 Laitteiden esiasennus ja konfigurointi



Kuva 9 Esiasennettavat laitteet

Esiasennettavat laitteet ovat kaikki Ubiquiti:n valmistamia laitteita, joten laitteiden asennus sujuu nopeasti yhdellä kertaa. Kuvassa 9:n on kuvattu kaikki esiasennettavat laitteet. Asennus käynnistyy yksinkertaisesti Googlen Chrome selaimeen asennettavalla lisäosalla. Kyseessä on Ubiquiti Device Discovery Tool, jolla etsitään discovery-tilassa olevia Ubiquiti Cloud key:tä. Kun lisäosa löytää cloud key:n, pitäisi sen näyttää se lisäosassa kuvan 10 lailla.

DEVICE TYPE	HOST	MAC	FIRMWARE	STATUS	ACTION
UniFi AP-AC-Lite	192.168.8.101	80-50-20-77-00-00		Unknown	ACTION
UniFi CloudKey v3	192.168.8.104	80-50-20-77-00-00	5.8.24	Pending	

Kuva 10 Ubiquiti Device Discovery Tool

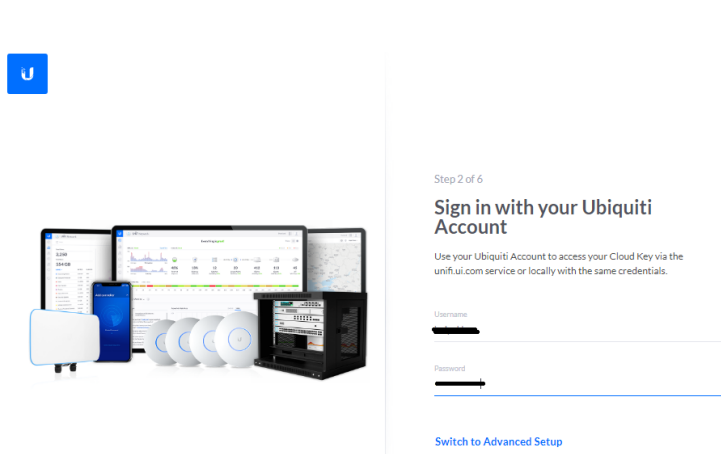
Tämän jälkeen aloitetaan Cloud Key:n päivittäminen. Päivitys tässä kohtaa on hyvin tärkeää, jotta Cloud Key voidaan lisätä verkkoon turvallisesti ja mahdolliset uudet ominaisuudet saadaan käyttöön.

Cloud Key:n päivittämisen jälkeen annetaan Controllerille joku osuva nimi. Tämä siksi, että mikäli hallitaan useampia Cloud Key:tä tai useampia Controllereja samalla Ubiquiti-tunnuksella voidaan erottaa ne toisistaan helpommin ja tietää mistä verkosta on kyse. Tässä kuvan 11 kohdassa voidaan palauttaa Cloud Key varmuuskopiosta tai



Kuva 11 Controllerin nimi

sitten tehdystä mallista. Tässä kohtaa voidaan myös palauttaa pelkät halutut asetukset, mikäli ei haluta palauttaa käyttäjätunnuksia ja muita erinäisiä yksilöityjä asetuksia.



Kuva 12 Ubiquiti-tilillä kirjautuminen

Seuraavassa kohdassa kirjaudutaan luodulla Ubiquiti-tilillä ja liitetään kyseinen Cloud Key tai Controller tuohon kyseiseen Ubiquiti-tiliin. Tästä tilistä tulee automaattisesti ympäristön pääkäyttäjä ja on tuskallisen prosessin takana saada tämä muutettua joksikin muuksi, joten kannattaa katsoa tarkkaan mille tilille tuon kytkee. Hyvä tapa on tehdä uusi tili jokaista Controlleria varten ja liittää sitten hallintotili jälkeinpäin verkon asetuksissa.

Seuraavassa kohdassa valitaan, halutaanko UniFi Networkin automaattisesti tunnistaa parhaat mahdolliset asetukset parempaan langattomaan verkkoon ja nopeuteen. Samassa kohdassa valitaan, halutaanko automaattiset varmuuskopiot. Tässä kohtaa laitetiin molempiin kohtiin kyllä. Varmuuskopiot ovat tärkeitä asennuksessa ja päivittäessä laitteita, mikäli joku ei menekään aivan suunnitellusti.

Seuraavassa kohdassa valitaan langattomalle verkolle joku kuvaava nimi. Asetuksissa voi myöhemmin sitten määritellä useampia SSID:itä käyttöön.

Step 4 of 6

WiFi Setup

Name your new Wi-Fi network and choose a password.

WiFi Name

Wlan Niinimäki

WiFi Password

••••••••

Combine 2 GHz and 5 GHz WiFi Network Names into one



Kuva 13 Wlan verkon määrittely

Tässä samassa kohdassa määritellään, halutaanko käyttää samaa nimeä sekä 5GHz verkolle, että 2GHz verkolle.

Seuraavaksi valitaan laitteet, mille halutaan asetukset kopioida ja samalla ne liitetään ubiquiti-tiliin.

Step 5 of 6

Devices Setup

Please select the devices you would like to configure.

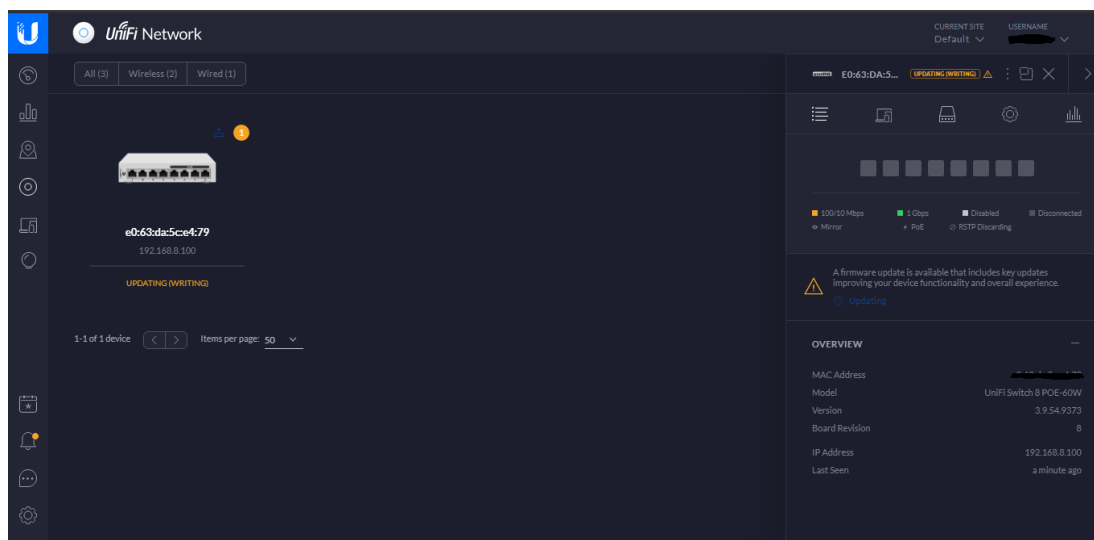
<input checked="" type="checkbox"/>	MODEL	IP	MAC	UPTIME
<input checked="" type="checkbox"/>	UniFi AP-AC-Lite	192.168.8.101	18:e8:29:fa:08:cb	45 minutes ago
<input checked="" type="checkbox"/>	UniFi Switch 8 POE-60W	192.168.8.100	e0:63:da:5c:e4:79	46 minutes ago

Kuva 14 Liitettävät laitteet

Tässä kohtaa asennuksessa ei ollut vielä mukana kahta muuta tukiasemaa, joten asetukset kopioitiin tässä kohtaa vielä ainoastaan kytkimelle, sekä yhdelle tukiasemalle.

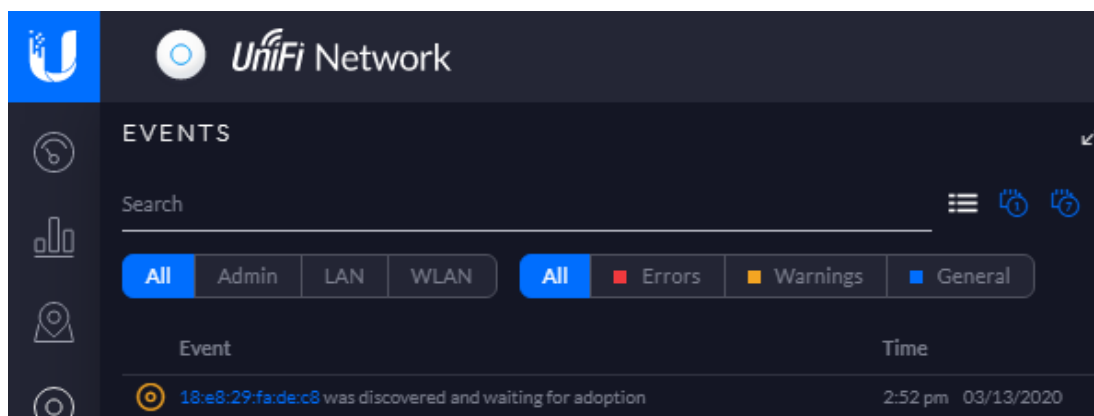
Viimeisenä kohtana tulee yhteenveto, josta kannattaa tarkistaa ainakin ubiquiti-tilin nimi ja määrittää käytettävä aikavyöhyke, jotta päivityksiä ja varmuuskopioiteja voidaan tehdä ajoitetusti oikein.

Tämän jälkeen päästään itse käyttöliittymään tekemään tarvittavat konfiguraatiot ja päivittämään kytkin, sekä tukiasemat.



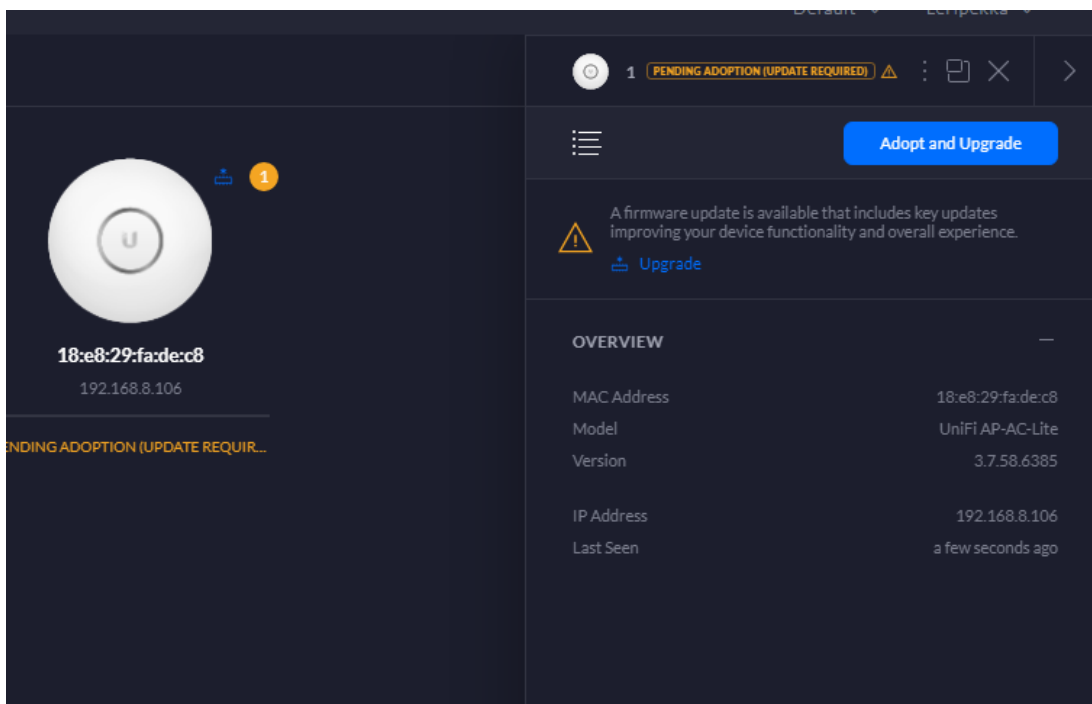
Kuva 15 Käyttöliittymä, sekä kytkimen päivitys

Kuvassa 15 kytkin on jo adoptoitu ubiquiti-tilille ja verkkoympäristöön. Tässä kohtaa tulee päivittää kaikki laitteet, myös Cloud Key tulee päivittää, mikäli käyttöliittymä sitä ehdottaa.



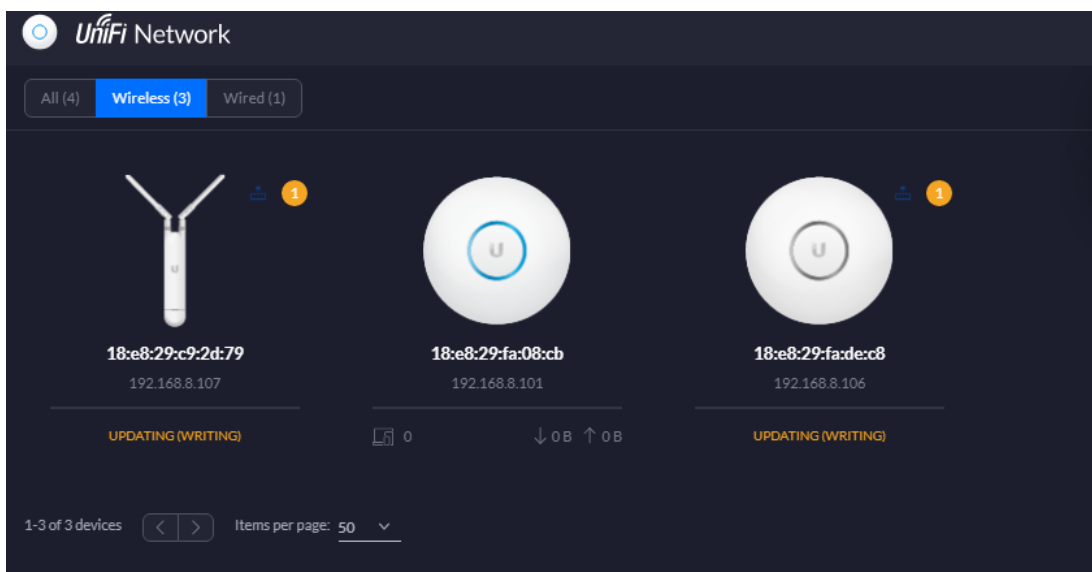
Kuva 16 Uusi laite

Kun uusi laite kytketään suoraan verkkoon tai mesh-tukiasema laitetaan PoE virralla päälle, tunnistaa käyttöliittymä suoraan uuden laitteen ja se voidaan liittää osaksi verkko kokonaisuutta.



Kuva 17 Laitteen adoptointi ja päivitys

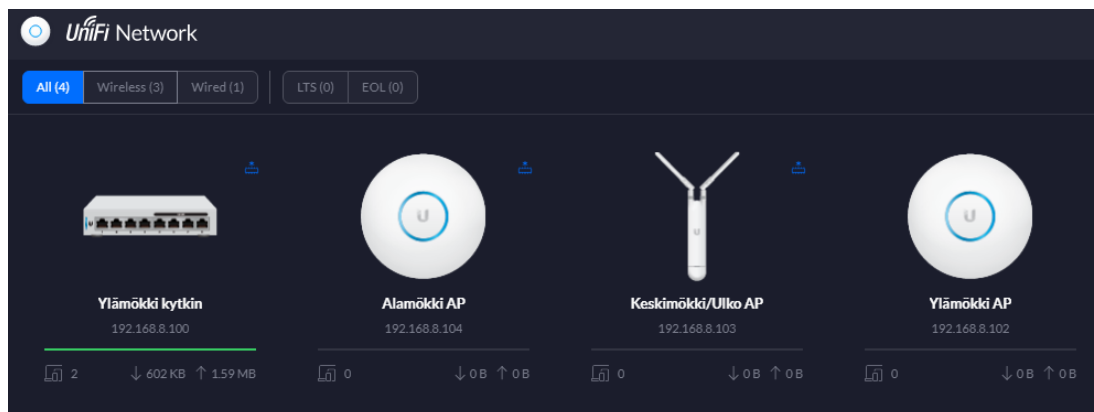
Kuvassa 17 nähdään, että laite voidaan liittää osaksi verkkoa ja samalla päivittää laite samalla näppäimellä.



Kuva 18 Laitteiden päivitys

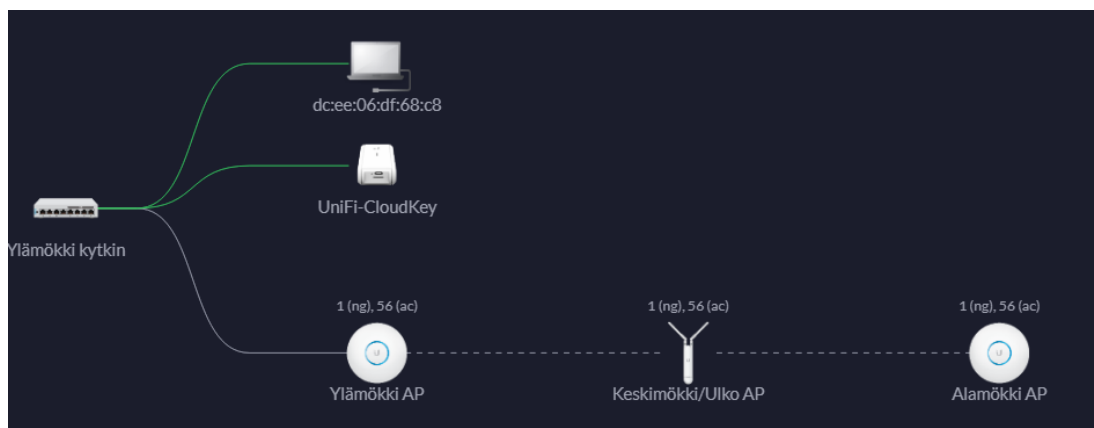
Kuvassa 18 laitteet päivittävät yhtä aikaa. Päivitykset voidaan ajaa myös ajastetusti yöllä tai silloin kun niitä ei käytetä. Esiasennuksessa laitteet päivitettiin heti laitteiden adoptoimisen yhteydessä. Laitteiden päivitysten jälkeen annettiin jokaiselle laitteelle

niitä kuvaava nimi, jotta vikojen selvittäminen helpottuisi. Nimeämiset on kuvattu kuvassa 19.



Kuva 19 Nimeämiset

Tämän jälkeen voidaan tarkastella UniFi Network käyttöliittymästä kuinka verkkotopologia tässä toimii.



Kuva 20 Verkkotopologia

Kuvassa on hyvin havainnollistettu, kuinka kyseinen mesh-järjestelmä toimii. Ylämökkin kytkimen PoE portista lähtee CAT6 verkkojohto Ylämökki AP:lle. Tämän jälkeen Ylämökki AP jakaa langattomasti yhteyttä Keskimökki/Ulko AP:lle, joka taas jakaa yhteyttä Alamökki AP:lle. Näin voidaan todeta, että mesh-järjestelmä toimii täysin odotetusti oikein. Kuvasta voidaan myös päällä, että UniFi Cloud Key on kytketty Ylämökki-kytkimen PoE porttiin, jolloin sekään ei vaadi erillistä virtalähdettä.

5.1.1 SSID konfigurointi

Wireless Networks

EDIT WIRELESS NETWORK - WLAN NIINIMÄKI

Name/SSID: Wlan Niinimäki

Enabled: Enable this wireless network

Security: Open WEP WPA Personal WPA Enterprise

Security Key:

Guest Policy: Apply guest policies (captive portal, guest authentication, access)

ADVANCED OPTIONS ▾

Multicast and Broadcast Filtering: Block LAN to WLAN Multicast and Broadcast Data ⓘ

VLAN: Use VLAN 10

Fast Roaming **BETA**: Enable fast roaming ⓘ

Hide SSID: Prevent this SSID from being broadcast

WPA Mode: WPA2 Only ▾ Encryption: AES/CCMP Only ▾

Group Rekey Interval: Enable GTK rekeying every 3600 seconds

User Group: Default ▾

Kuva 21 Wlan Niinimäki SSID

Kuvassa 21 on kuvattu, miten verkko konfiguroitiin tätä tehtävää varten. Wlan Niinimäki verkkoon tuli tässä tapauksessa käyttöön WPA Personal salaus ja sille vahva salasana. VLAN:iksi laitettiin verkkomäärityksessä tehty 10.

EDIT WIRELESS NETWORK - WLAN NIINIMÄKI IOT

Name/SSID: Wlan Niinimäki IOT

Enabled: Enable this wireless network

Security: Open WEP WPA Personal WPA Enterprise

Security Key:

Guest Policy: Apply guest policies (captive portal, guest authentication, access)

ADVANCED OPTIONS ▾

Multicast and Broadcast Filtering: Block LAN to WLAN Multicast and Broadcast Data ⓘ

VLAN: Use VLAN 20

Fast Roaming **BETA**: Enable fast roaming ⓘ

Hide SSID: Prevent this SSID from being broadcast

WPA Mode: WPA2 Only ▾ Encryption: AES/CCMP Only ▾

Group Rekey Interval: Enable GTK rekeying every 3600 seconds

User Group: Default ▾

⚠ Note that the configuration and rate limits of this user group will be ignored by any client that has a user group already

Kuva 22 Wlan Niinimäki IOT

Kuvassa 22 Wlan Niinimäki IOT laitteille konfiguroituna. Tässä käytettiin myös WPA Personal salausta ja määriteltiin vahva salasana, joka on eri kuin Wlan Niinimäki verkossa. IOT-verkolta kytkettiin myös pois SSID:n lähetys. VLAN:iksi laitettiin määritelty 20. Wlan Niinimäki Guest:ille määriteltiin VLAN 30 ja sille ei määritelty salasanaa.

Seuraavaksi määriteltiin VLAN:eille omat verkkoavaruudet kuvan 23 mukaisesti. Tämän jälkeen kytkettiin jokainen VLAN sille tarkoitettuun SSID:hen kuvan 24 mukaisesti.

● VLAN 10	-	10.0.10.0/24
● VLAN 20	-	10.0.20.0/24
● VLAN 30	-	10.0.30.0/24

Kuva 23 VLAN verkkoavaruudet

WIFI NAME ^	NETWORK v
● Wlan Niinimäki IOT	VLAN 20

Kuva 24 SSID VLAN

Ubiquitin käyttöliittymä ilmoittaa näiden muutosten jälkeen, kun muutokset on viety jokaiselle tukiasemalle.

5.2 Optimaaliset sijoituspaikat

Laitteita asennettaessa huomattiin, että suunnitellut paikat olivat melkein ainoita paikkoja sijoittaa laitteet järkevästi ja katseilta mahdollisimman piiloon.

Ylämökkiin/tupaan asennettiin Huawei B315 4G/WLAN-mobiilireitin, Ubiquiti Cloud Key, yksi Ubiquiti tukiasema, sekä Ubiquiti 8-porttinen 60w PoE-Kytkin. Näistä ainoana näkyviin jäi yksi tukiasema, joka asennettiin aika tarkasti keskelle tuvan kattoa. Muut tuvan laitteet asennettiin kaapin sisälle, jossa ne eivät häiritse eikä niihin pääse koskemaan.

Keskimökin/aitan ulkotukiasema asennettiin aitan edessä sijaitsevaan pylvääseen. Tästä vedettiin CAT6-verkkojohtoa noin 5 metriä sisälle aittaan, josta se saa virtansa PoE:lla. Tällä sijoituksella saatiin myös paras mahdollinen kattavuus ulkotilaan, sekä saatiin mahdollisimman hyvä signaali ylämökin tukiasemasta.

Kolmas tukiasema sijoitettiin alamökin/saunamökin keskellä sijaitsevaan kattoon. Tällä saavutettiin paras mahdollinen yhteys keskimökin tukiasemalle, sekä saavutettiin kohtalainen yhteys koko sisätilaan. Alamökin tukiasemalle vedettiin noin 10 metriä CAT6-verkkopiuhaa, jotta se saatiin halutulle paikalleen.



Kuva 25 Alamökin/saunan tukiaseman asennusvaihe

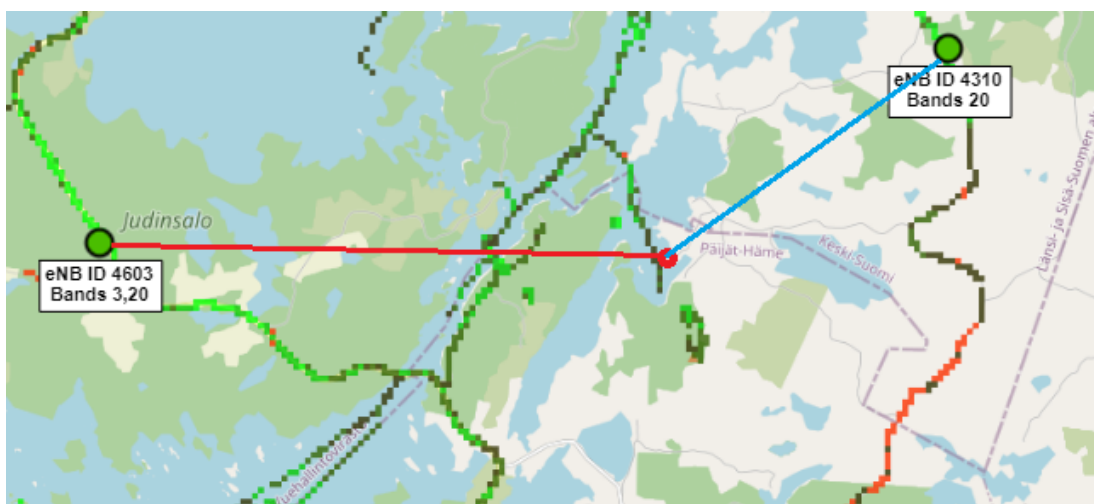
Kuten kuvasta 25 voidaan huomata, laitteet saavat virtansa PoE:lla. PoE osoittautui todella käteväksi tässä asennuksessa, sillä jokaiselle tukiasemalle tarvitsi vetää vain yksi johto. Tällöin laitteet pystyttiin sijoittamaan halutuille paikoille mahdollisimman helposti.

5.3 4G antennin asennus

Asennukseen valikoitui Fujitech GSM/UMTS/3G/4G/LTE suuntaava-antenni. Antenni asennettiin tuvan katolle, joka sijaitsee korkeimmalla paikalla. Korkein paikka

valikoitui siksi, että lähellä on korkeita kumpuja ja näin voitiin eliminoida niiden vaikutus 4G antennin toimintaan. Tuvan katto valikoitui myös osittain siksi, että tupa oli Huawei B315 4G modeemin lopullinen sijoituspaikka. Tällöin antennipiuhaa ei tarvinnut vetää kovin pitkältä matkalta. Samalla saatiin signaalin hävikki antennilta modeemille mahdollisimman pieneksi.

Antennin suunta katsottiin cellmapper.net palvelun avulla. Tämän palvelun avulla pystytään katsomaan lähimmät tietyn operaattorin 4G mastot.



Kuva 26 Cellmapper.net kaksi 4G mastoa

Kuvassa 26 nähdään punaisella pallolla merkittynä suuntaavan antennin sijainti. Tästä pisteestä lähtee kaksi eri väristä viivaa, jotka laitettiin kuvaamaan kahta eri suuntaus mahdollisuutta. Ensimmäiseksi lähdettiin testaamaan sinisen viivan kuvaavaa suuntaa. Tämä oli looginen valinta, sillä masto on lähempänä ja oletuksena oli, että tästä saadaan parempi yhteys.

Toiseksi testattiin punaisella viivalla merkittyä suuntaa. Yllätykseksi, tämä osoittautui paremmaksi vaihtoehdoksi. Sinisellä viivalla merkityllä alueella oli suuria korkeuseroja, joista tämä huonompi signaalin vahvuus varmasti johtui. Punaisella viivalla merkitty alue oli paljon tasaisempi ja näin ollen suuntaavalla antennilla saatiin parempi signaali kauemmasta mastosta.

6 VERTAILU

Tulokset on taulukoitu ja ne on otettu kaikki noin metrin tarkkuudella samasta pisteestä asennusta ennen ja asennuksen jälkeen. Testissä otetaan huomioon latausnopeus, lähetysnopeus ja latenssi. Lataus- ja lähetysnopeudessa suurempi tulos on parempi ja latenssissa pienempi tulos on parempi. 7 testiä suoritetaan peräkkäin, jotta saataisiin mahdollisimman luotettava tulos.

	Latenssi (ms)	Latausnopeus (Mbps)	Lähetysnopeus (Mbps)
Tulos 1	40	0,7	0,41
Tulos 2	42	0,68	0,42
Tulos 3	43	0,67	0,43
Tulos 4	39	0,72	0,4
Tulos 5	39	0,73	0,45
Tulos 6	40	0,7	0,4
Tulos 7	40	0,7	0,4
Keskiarvo	40,43	0,70	0,42

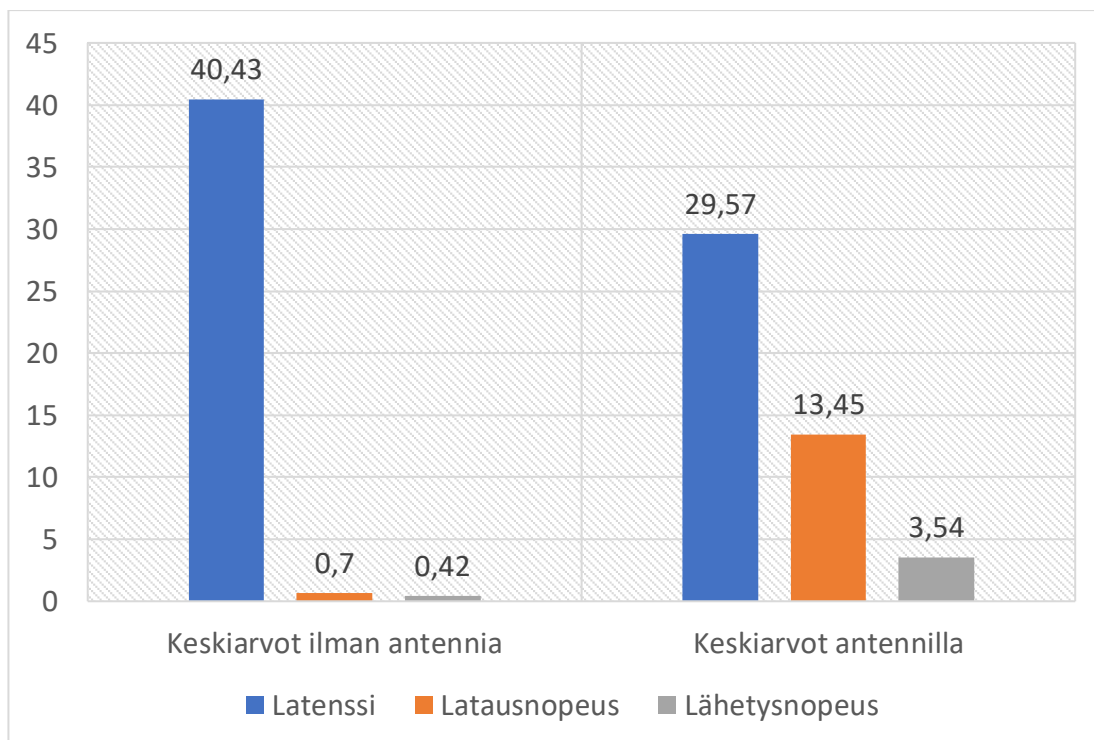
Taulukko 1 Speedtest mittaustulokset ilman antennia ja ilman asennuksia

Taulukosta 1 selviää mitkä olivat mittaustulokset ilman antennia, sekä ilman asennuksia. Tämä oli siis lähtötilanne, jota tässä työssä lähdettiin parantamaan. Eniten toivottiin parannusta lataus- ja lähetysnopeuteen.

	Latenssi (ms)	Latausnopeus (Mbps)	Lähetysnopeus (Mbps)
Tulos 1	30	13,2	3,26
Tulos 2	29	13,3	3,5
Tulos 3	25	14,5	4,46
Tulos 4	29	13,21	3,28
Tulos 5	30	13,5	3,52
Tulos 6	32	13,05	3,26
Tulos 7	32	13,42	3,52
Keskiarvo	29,57	13,45	3,54

Taulukko 2 Speedtest mittaustulokset antennin kanssa sekä asennukset tehtynä

Taulukossa 2 selviää mitkä olivat mittaustulokset antennin ja asennusten kanssa. Voidaan jo heti tästä taulukosta nähdä, että tulokset ovat parantuneet merkittävästi.



Taulukko 3 Keskiarvot kuvaajilla

Taulukossa 3 on laitettu keskiarvot kuvaajaan. Pitää huomata, että pienempi latenssi on tässä kohtaa parempi tulos.

Kun halutaan tarkistella tuloksia prosentuaalisesti, latausnopeuden vertailuprosentti saadaan laskettua, kun ennen asennusta keskiarvo on 0,7 Mbit/s ja asennuksen jälkeen on 13,45 Mbit/s:

$$\frac{13.45 - 0.7}{0.7} \cdot 100 = 1821.4$$

Tulos siis parani yli 1821 %. Tätä voidaan pitää loistavana prosentuaalisena parannuksena. Toki numeraalisesti tuloksen odotettiin olevan vieläkin parempi.

Lähetysnopeuden vertailuprosentti saadaan laskettua, kun ennen asennusta keskiarvo on 0,42 Mbit/s ja asennuksen jälkeen keskiarvo on 3,54 Mbit/s:

$$\frac{3.54 - 0.42}{0.42} \cdot 100 = 742.8$$

Tulos parani siis yli 742 %, jota voidaan taas pitää prosentuaalisesti tarkasteltuna huikeana tuloksena. Tämä toki näyttää suurelta prosentilta, mutta lähtötilanne oli sen verran huono, että oli odotettua saada parannusta aikaan.

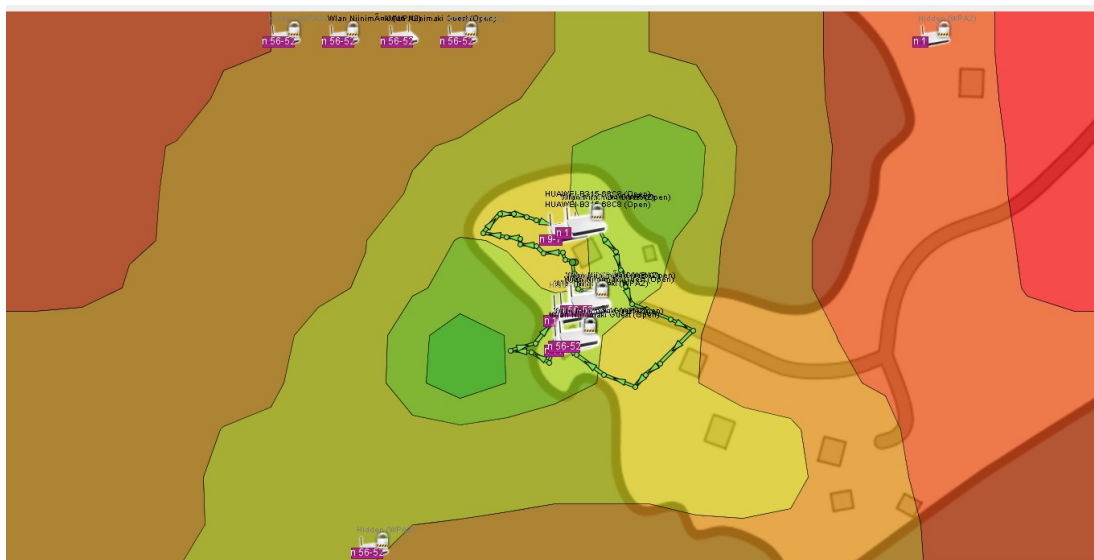
Latenssin vertailuprosentti saadaan laskettua, kun ennen asennusta keskiarvo on 40,43 ms ja asennuksen jälkeen keskiarvo on 29,57 ms:

$$\frac{29.57 - 40.43}{40.43} \cdot 100 = -26.86$$

Latenssissa pitää muistaa, että mitä pienempi tulos, sitä parempi se on. Tässä kohtaa muutos on negatiivinen, joka siis latenssissa on hyvä asia. Latenssi putosi suuntaavalla antennilla -26.86 %, jota voidaan pitää hyvänä tuloksena.

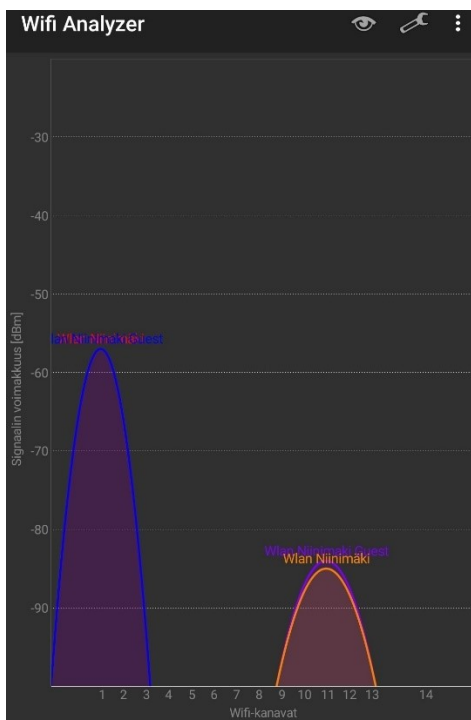
Prosentuaalisesti tarkasteltuna kaikki muutokset ovat olleet huomattavia.

6.1 Heatmapper- ja Wifi Analyzer tulokset



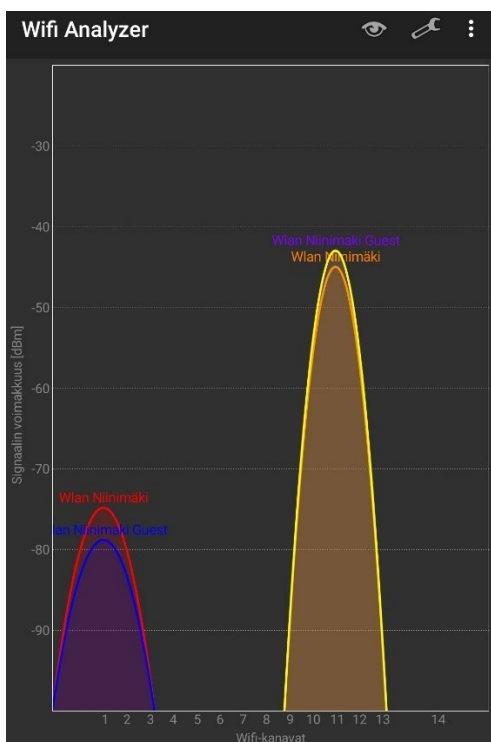
Kuva 27 Heatmapper tulokset asennuksen jälkeen

Kuvassa 27 on esitetty Heatmapper ohjelman tulokset asennuksen jälkeen. Kuvassa vihreämpi on parempi. Signaali on vahvimmillaan juuri halutuilla paikoilla. Vihreä alue kattaa koko halutun alueen, joka voidaan nähdä hyvin positiivisena asiana. Tutkimustulokset kertovat, että halutulla alueella voidaan nyt käyttää langatonta verkkoa vaivattomasti, eikä peittoalueita juurikaan ole.



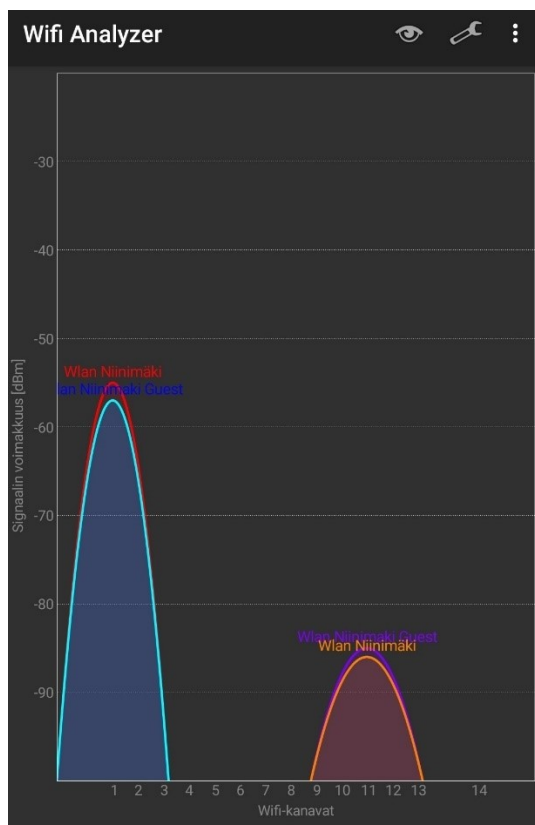
Kuva 28 Wifi analyzer tuvan sisällä

Kuvassa 28 on mitattu tuloksia tuvan sisällä. Tuloksista voidaan nähdä, että langaton verkko toimii tuvan sisätiloissa oikein, eikä hävikkiä juurikaan tapahdu.



Kuva 29 Keskimökin/Aitan Wifi analyzer

Kuvassa 29 nähdään tulokset aitan vieressä. Tuloksista voidaan nähdä, että verkko toimii hyvin tässäkin kohtaa.



Kuva 30 Saunamökin Wifi analyzer tulokset

Kuvassa 30 voidaan nähdä tulokset saunamökin osalta. Myös tämän osalta tulokset näyttävät todella hyvältä ja signaali on edelleenkin kohtalaisen voimakkaalla tasolla.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Tutkimustuloksista voidaan päätellä, että työllä on ollut merkittävä vaikutus langattoman verkon toimintaan alueella. Alueella voidaan nyt käyttää langattomia laitteita verkossa, oltiin sitten missä kohtaa tahansa. Peittoalueita ei juurikaan alueella ole ja verkko toimii kohtalaisella nopeudella. Mesh-verkotus antaa mahdollisuuden suurempien verkkokokonaisuuksien luomiseen vaivattomasti. PoE-teknologia antaa mahdollisuuden kytkeä laitteita mihin tahansa paikkaan verrattain helposti.

Tämän työn ansioista verkon skaalautuvuus on huippu luokkaa ja verkkoon voidaan vaivattomasti liittää uusia IoT-laitteita tai valvontakamerajärjestelmiä todella vaivattomasti.

Modernit älylaitteet ja tietokoneet osaavat valita aina parhaan signaalin antavan tukiaseman, jolloin yhteyden vaihto käy hyvin saumattomasti taustalla. Verkko ei missään vaiheessa katkea, mikäli halutaan liikkua monen rakennuksen välillä.

8 YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä käsiteltiin mesh-verkon peruskäsitteitä, tietoturvaa ja langattoman verkon toimintaperiaatteita. Työssä kerrottiin pääpiirteittäin, mitä mesh-verkotus on ja kuinka mesh-verkotus tulee rakentaa. Työssä kerrottiin myös, kuinka verkko tulisi konfiguroida ja kuinka siitä saadaan mahdollisimman tietoturvallinen.

Työssä asennettiin vapaa-ajan asuntokokonaisuudelle turvallinen ja vaivattomasti skaalautuva verkkokokonaisuus. Asennusvaiheessa käytiin läpi seikkoja, jotka tulee ottaa huomioon asentaessa erilaisia verkkolaitteita, sekä konfiguroidessa mesh-verkotusta toimintaan.

Asennusta ennen ja asennuksen jälkeen suoritettiin sarja nopeustestejä, sekä tehtiin kartoitus Heatmapper ohjelmistolla. Testit tehtiin myös Wifi analyzer ohjelmalla, joka antaa suuntaa signaalien vahvuuksista. Testeissä otettiin huomioon latenssi, latausnopeus, lähetysnopeus, signaalin vahvuus, sekä luotiin kuuluvuuskartta. Tulokset taulukoitiin ja laskettiin niiden keskiarvot. Testien tuloksia verrattiin toisiinsa. Tulosten pohjalta todettiin, että asennuksien jälkeen saavutettiin huomattavasti paremmat tulokset, kuin ennen asennusta.

LÄHTEET

Rasmussen, H. 4.9.2018. Mikä on mesh-verkko? Viitattu 20.1.2020 Saatavilla: <https://kotimikro.fi/internet/verkko/mika-on-mesh-verkko>

Kannisto, O. 2.12.2018. Kokeilussa Netgear Orbi RBK20 AC2200 -mesh-verkkopaketti – Langaton verkko isoonkin kotiin. Viitattu 20.1.2020 Saatavilla: <https://muropaketti.com/tietotekniikka/kokeilu-netgear-orbi-rbk20-ac2200-mesh-verkkopaketti-langaton-verkko/>

Shaw, K. 9.10.2018 802.11: Wi-Fi standards and speeds explained. Viitattu 7.3.2020 Saatavilla: <https://www.networkworld.com/article/3238664/80211-wi-fi-standards-and-speeds-explained.html>

IO-Tech 24.6.2019 Näin Wi-Fi 6 toimii – Kaikki mitä sinun tarvitsee tietää 802.11ax:sta Viitattu 5.3.2020 Saatavilla: <https://www.io-tech.fi/artikkelit/nain-wi-fi-6-toimii-kaikki-mita-sinun-tarvitsee-tietaa-802-11axsta/>

Kyberturvallisuuskeskus. 2014. Langattomasti, mutta turvallisesti. Viitattu 7.3.2020 Saatavilla: https://legacy.viestintavirasto.fi/attachments/tietoturva/Langattomasti_mutta_turvallisesti_Langattomien_lahiverkkojen_tietoturvallisuudesta.pdf

Stop.Think.Connect. and National Cybersecurity and Communications Integration Center (NCCIC). 16.11.2017. Securing the Internet of Things. Viitattu 5.3.2020. Saatavilla: <https://www.us-cert.gov/ncas/tips/ST17-001>

Oraskari, J. 1.5.2018. Mikä on wpa3? Viitattu 5.3.2020. Saatavilla: <https://www.tivi.fi/uutiset/mika-on-wpa3/84dc858b-140a-380a-b180-6ec546c8e5e4>

Kallio, A. 5.10.2018. Eroon vapaamatkustajista: helpot vinkit wifi-verkon suojaukseen. Viitattu 7.3.2020. Saatavilla: <https://www.tivi.fi/uutiset/eroon-vapaamatkustajista-helpot-vinkit-wifi-verkon-suojaukseen/f8c2ad8e-e2a5-3639-a35b-84e96980653d>

TP-Link 2020. Deco M5. Viitattu 10.4.2020. Saatavilla: <https://www.tp-link.com/en/home-networking/deco/deco-m5/>

Google 2020. Google Wifi. Viitattu 10.4.2020 Saatavilla: https://store.google.com/fi/product/google_wifi_first_gen_specs

Ubiquiti 2020. UniFi. Viitattu 20.4.2020 Saatavilla: <https://www.ui.com/unifi/unifi-ap/>

Ubiquiti Networks 2015-2019. 802.11AC Dual-Radio Access Points. Viitattu 20.4.2020 Saatavilla: https://dl.ui.com/datasheets/unifi/UniFi_AC_APs_DS.pdf

Verkkokauppa.com 1992-2020. Ubiquiti Ubiquiti UniFi UAP-AC-M Dual-band - WiFi-tukiasema. Viitattu 10.11.2020 Saatavilla: <https://www.verkkokauppa.com/fi/product/66108/jjkfc/Ubiquiti-UniFi-UAP-AC-M-Dual-band-WiFi-tukiasema>

Verkkokauppa.com 1992-2020. Ubiquiti UniFi UAP-AC-LITE Dual-band -WiFi-tukiasema. Viitattu 20.4.2020. Saatavilla:<https://www.verkkokauppa.com/fi/product/43416/gtcff/Ubiquiti-UniFi-UAP-AC-LITE-Dual-band-WiFi-tukiasema?list=OZCYkR9DZv2ZBy23NLApDNLoV0Nc8OthNWJOZBSYWheEakJ>