

Markus Ala-Vannesluoma

# **Suunta-antennien käyttö WLAN-etäyhteyden muodostamisessa**

Opinnäytetyö

Kevät 2019

SeAMK Tekniikka

Tietotekniikan tutkinto-ohjelma

**SeAMK** 

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU  
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Tutkinto-ohjelma: Tietotekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Tietoverkkoliikenne

Tekijä: Markus Ala-Vannesluoma

Työn nimi: Suunta-antennien käyttö WLAN-etäyhteyden muodostamisessa

Ohjaaja: Alpo Anttonen

Vuosi: 2019

Sivumäärä: 41

Liitteiden lukumäärä: 0

---

Internetyhteys voidaan luoda asiakkaalle kaapeleilla tai langattomasti erilaisilla menetelmillä, kuten mobiililaajakaistalla tai käyttämällä kaapeliverkkoa hyväksi ja tehdä siitä suunta-antennilla yhteys. Joissakin tapauksissa voidaan myös käyttää ympärisäteileviä antenneja.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli saada TP-LINK CPE210 -suunta-antenneilla yhteys noin 400 metrin päähän asiakkaalle, jolla oli ollut ennestään 3G- ja 4G-yhteydet, jotka kummatkaan eivät toimineet alueella hyvin. Työssä käytettiin kahta TP-LINK CPE210 -suunta-antennia, joista toinen toimi client-modessa ja toinen access point -modessa.

Työssä perehdyttiin TP-LINK CPE210 asennuksiin, kuinka tämä laite toimii ja radiotekniikan peruskäsitteisiin. Työn edetessä suunta-antennin toimivuutta testattiin monina päivinä ja eri kellonaikoina, että saatiin selville, onko laite sopiva tähän tarkoitukseen.

Avainsanat: Suunta-antenni, tukiasema, TP-LINK, kaapeliverkko, client, access point

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## **Thesis abstract**

Faculty: School of Technology

Degree programme: Information technology

Specialisation: Networking technology

Author/s: Markus Ala-Vannesluoma

Title of thesis: Using directional antennas for a WLAN connection

Supervisor(s): Alpo Anttonen

Year: 2019

Number of pages: 41

---

Internet connections can be created for the customer by using cables, or wirelessly using a variety of methods, such as mobile broadband. Also using a cable network to make a directional antenna connection is possible. In some cases, radiating antennas may also be used.

The purpose of the thesis was to create a connection with TP-LINK CPE210 directional antennas for a customer who located at the distance of about 400 meters. The customer had previously had 3G and 4G connections, but neither of them had worked properly in the area. Two TP-LINK CPE210 directional antennas were used in the work, one working in the client mode and the other in the access point mode.

The thesis studied TP-LINK CPE210 installations, and how the device works. Also the basic concepts of radio technology were studied. When the work progressed, the operation of the directional antenna was tested for ten days and at different times to determine if the device was suitable for this purpose.

Keywords: Directional antenna, base station, TP-LINK, cable network, client, access point

## SISÄLTÖ

|  |    |
|--|----|
| Opinnäytetyön tiivistelmä.....                                 | 2  |
| Thesis abstract.....   | 3  |
| SISÄLTÖ.....   | 4  |
| Kuvaluettelo.....  | 6  |
| Käytetyt termit ja lyhenteet.....                              | 7  |
| 1 JOHDANTO.....  | 8  |
| 1.1 Työn tausta.....   | 8  |
| 1.2 Työn tavoite.....  | 8  |
| 1.3 Työn rakenne.....  | 8  |
| 2 RADIOTEKNIikka.....  | 9  |
| 2.1 Radioaaltojen eteneminen.....                              | 9  |
| 2.2 Vaimeneminen troposfäärissä.....                           | 11 |
| 3 LANGATTOMAT LÄHIVERKOT.....                                  | 13 |
| 3.1 Historia.....  | 13 |
| 3.2 Wlan-standardit.....                                       | 13 |
| 3.3 Ad-hoc-verkko.....   | 14 |
| 3.4 Infrastruktuuriverkko.....                                 | 14 |
| 3.5 Mesh-verkko.....   | 15 |
| 4 ANTENNIT.....  | 17 |
| 4.1 TP-LINK CPE210.....  | 18 |
| 4.2 MIMO-suunta-antenni.....                                   | 21 |
| 5 WLAN-JÄRJESTELMÄN ASENNUS JA KÄYTTÖÖNOTTO.....               | 22 |
| 5.1 Yhteysväli ja sen korkeusero.....                          | 22 |
| 5.2 Laitteiden päivitys.....                                   | 24 |
| 5.3 Järjestelmän asennus.....                                  | 26 |
| 5.4 Ethernet-verkkojohdon ja sähkön vienti tukiasemille.....   | 33 |
| 5.5 Järjestelmän testaus.....                                  | 33 |
| 5.6 Yhteyden luominen asiakkaan talolle 437 metrin päähän..... | 34 |
| 5.7 Signaalin vaimennusmittaus.....                            | 37 |
| 5.8 Ongelmat ja niiden ratkaisut.....                          | 38 |

|                   |    |
|-------------------|----|
| 6 YHTEENVETO..... | 40 |
| LÄHTEET.....      | 41 |

## Kuvaluettelo

|  |    |
|--|----|
| Kuva 1. Ilmakehän rakenne .....                  | 11 |
| Kuva 2. Ad-hoc .....                             | 14 |
| Kuva 3. Infrastrukturi .....                     | 15 |
| Kuva 4. Mesh-verkko .....                        | 16 |
| Kuva 5. TP-LINK CPE210 .....                     | 18 |
| Kuva 6. Takaa kiinnitys .....                    | 19 |
| Kuva 7. Pohjakuva .....                          | 20 |
| Kuva 8. Signaalin levys .....                    | 21 |
| Kuva 9. Google maps.....                         | 22 |
| Kuva 10. Lähtöpaikan korkeus .....               | 23 |
| Kuva 11. Asiakas pään korkeus .....              | 24 |
| Kuva 12. Web-hallinnan status .....              | 25 |
| Kuva 13. Firmware update .....                   | 26 |
| Kuva 14. Säilytys vai tehdasasetukset .....      | 26 |
| Kuva 15. Client mode .....                       | 27 |
| Kuva 16. Access point .....                      | 27 |
| Kuva 17. LAN asetukset .....                     | 28 |
| Kuva 18. Alkutilanne Wireless AP settings .....  | 29 |
| Kuva 19. Lopputilanne Wireless AP settings ..... | 29 |
| Kuva 20. Langattoman kanavan valinta .....       | 31 |
| Kuva 21. Client valinta .....                    | 31 |
| Kuva 22. Wireless client settings .....          | 32 |
| Kuva 23. Komentokehote.....                      | 34 |
| Kuva 24. Lähtöpaikka .....                       | 35 |
| Kuva 25. Asiakkaan pääty.....                    | 36 |
| Kuva 26. Speedtest.net.....                      | 37 |
| Kuva 27. Sisäinen signaalin testausohjelma.....  | 37 |

## Käytetyt termit ja lyhenteet

|                         |   |
|-------------------------|---|
| <b>Suunta-antenni</b>   | Antenni, joka vahvistaa signaalia siitä suunnasta, minne se osoittaa.   |
| <b>Tukiasema</b>        | Langattomassa tietoliikenteessä yhdistää päätelaitteen radioteitse kiinteään verkkoon.  |
| <b>3G</b>               | Kolmannen sukupolven matkapuhelinteknologia. Laitteena käytetään suurimmaksi osaksi älypuhelinta ja nettitikkua.  |
| <b>4G</b>               | Neljännän sukupolven langaton tiedonsiirtoteknologia. Laitteena käytetään suurimmaksi osaksi älypuhelinta ja nettitikkua.   |
| <b>Web-hallintasivu</b> | Internet-selaimessa oleva hallintasivu, jossa pystyy helposti hallinnoimaan asetuksia. Tässä tapauksessa kyseessä oli TP-LINK CPE210 -laitteen web-hallintasivu.  |
| <b>Ping</b>             | Työkalu, joka kokeilee laitteiden saavutettavuutta. Ping lähettää laitteelle echo request -paketin ja johon etätietokone vastaa omalla echo reply -paketilla.   |
| <b>Bug</b>              | Laitteistossa tämä tarkoittaa virhettä, joka estää jonkin toiminnon laitteessa. Bugit yleensä pystyy korjaamaan, kun palautetaan laite tehdasasetuksiin, mutta ongelmaa ei välttämättä saa poistettua kokonaan. |

# 1 JOHDANTO

Työssä tutkitaan TP-LINK CPE210 -suunta-antennin toimivuutta ja perehdytään laitteeseen. Opinnäytetyössä keskitytään TP-LINK-suunta-antenniin ja radiotekniikan peruskäsitteisiin. Työssä perehdytään myös siihen, kuinka suunta-antennit sadaan keskustelemaan keskenään lähellä ja kaukaa ja laitteen päivittäminen uusimpaan versioon.

## 1.1 Työn tausta

Opinnäytetyön taustalla oli tavoitteena saada suunta-antennit keskustelemaan keskenään pitkän matkan päässä. Asiakkaan luona 3G- ja 4G-yhteydet eivät toimineet hyvin ja tämä aiheutti ongelmia.

## 1.2 Työn tavoite

Opinnäytetyön tavoitteena oli asentaa suunta-antennit toimintavalmiuteen asiakkaan hallille, jossa oli kiinteä verkkoyhteys ja saada sieltä yhteys asiakkaan talolle. Tavoitteena oli saada asiakkaalle toimiva yhteys. Suunta-antennien toimivuutta ja signaalin parasta paikkaa testattiin TP-LINK-laitteen omalla sovelluksella. Komentokehotteella katsottiin, toimiiko yhteys. Tavoitteena oli myös perehtyä radiotekniikan perusteisiin.

## 1.3 Työn rakenne

Opinnäytetyössä käydään läpi antennin peruskäsitteitä, sekä antennin kaikki asennusosuudet, testit, teoriaa radiotekniikasta, ongelmien ratkointaa ja yhteenveto. Radiotekniikan osa-alueita, jotka ovat tarpeellisia TP-LINK-suunta-antenneja käytäessä, käydään läpi teoriaosuudessa.

## 2 RADIOTEKNIikka

Radio-sanalla tarkoitetaan tekniikkaa, jota käyttäen siirretään tietoa avaruudessa, ilmakehässä ja aaltojohdossa etenevien sähkömagneettisten aaltojen tai radioaaltojen avulla. Radiolla voidaan myös tarkoittaa laitetta, jolla voidaan vastaanottaa ja lähettää radioaalloja. (Räisänen & Lehto 2011, 3.)

Radiotekniikka on radioaaltojen toimintaa, jossa noudatetaan luonnonlakeja. Radioaaltojen tarjoamilla mahdollisuuksilla pystytään palvelemaan ihmisten päämäärää. Päämäärää palvelevia radiotoimintoja ovat:

- matkaviestintä
- kiinteä tietoliikenne
- yleisradiotoiminta
- radioamatööritoiminta
- radioastronomia
- radiopaikallistaminen
- radionavigointi
- satelliittitietoliikenne. (Räisänen & Lehto 2011, 11.)

Radiotekniikka tarkoittaa myös menetelmiä, joilla mitataan, tutkitaan, käsitellään, tuotetaan tai hyödynnetään radioaalloja, jotka mahdollistavat edellä mainitut radiotoiminnot. (Räisänen & Lehto 2011, 11).

### 2.1 Radioaaltojen eteneminen

Troposfääri, ionosfääri ja maaston ominaisuudet vaikuttavat radioaaltojen etenemiseen. Troposfääri on ilmakehän alin kerros, jossa sääilmiöt tapahtuvat. Navoilla se ulottuu noin 9 km:n ja päiväntasaajalla noin 17 km:n

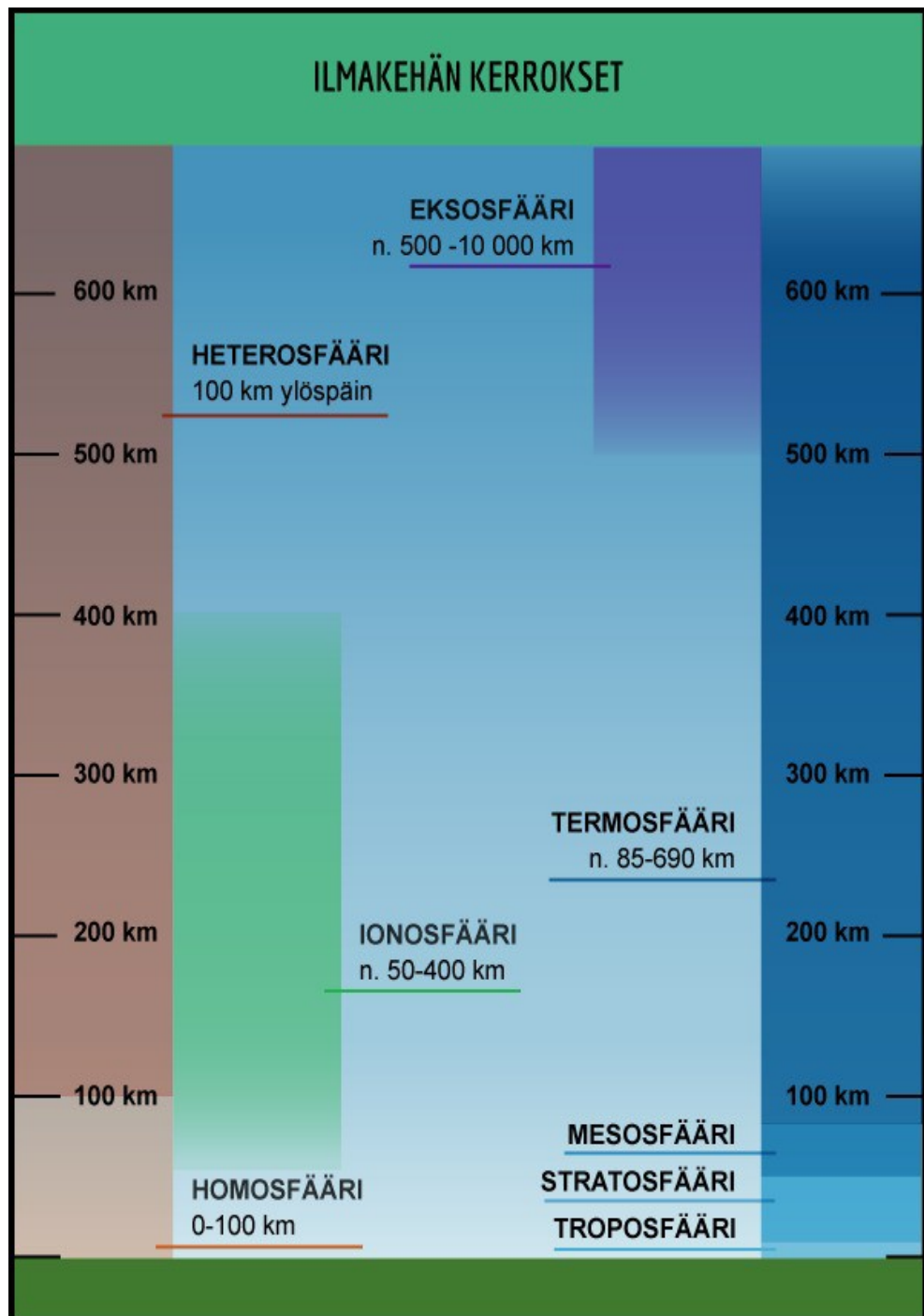
korkeuteen. Troposfääri on epähomogeeninen ja se muuttuu jatkuvasti. Radioaaltojen paikasta toiseen etenemiseen vaikuttavat: lämpötila, paine, sade ja kosteus. Troposfäärissä etenevä aalto vaimenee, siroaa ja kaartuu, sekä voi myös heijastua. Monitie-etenemisen takia vastaanotetun signaalin amplitudi ja vaihe voivat vaihdella satunnaisesti. Polarisaatio signaalissa saattaa muuttua, ja ilmakehä aiheuttaa kohinaa. (Räisänen & Lehto 2011, 183.)

Ionosfääri, ilmakehän ylempi kerros, ulottuu noin 60 km:stä 1000 km:iin. Auringon ultravioletti- ja hiukkassäteilyn ionisoimaa plasmaa eli vapaita elektroneja ja ioneita on ionosfäärissä. (Radioaalto ei läpäise ionosfääriä rajataajuuden noin 10 Mhz:n alapuolella, vaan heijastuu siitä. Tilasta riippuvan rajataajuuden noin 10 Mhz:n alapuolella radioaalto ei läpäise ionosfääriä, vaan heijastuu siitä.) (Räisänen & Lehto 2011, 183.)

Kohteet maastossa ja rakennukset aiheuttavat difraktiota, heijastuksia ja sirontaa. Pintaa pitkin etenevien matalataajuuksisten aaltojen vaimennus riippuu maanpinnan sähköisistä ominaisuuksista. (Räisänen & Lehto 2011, 183.)

Tärkeimmät etenemismekanismit radioyhteyksillä:

- 1) Eteneminen näköyhteysreittiä pitkin. Muistuttaa vapaan tilan etenemistä.
- 2) Eteneminen ilmakehän epähomogeenisuuksista tapahtuvan sironnan avulla. Taajuusalue noin 0,3–10 GHz.
- 3) Eteneminen ionosfäärin kautta. Alle 30 Mhz:n taajuuksilla aalto voi heijastua ionosfääristä. Ionosfäärin ja maanpinnan välillä useita kertoja heijastelemalla aalto voi edetä maapallon ympäri.
- 4) Eteneminen maanpinta-aallona. Maanpinta-aallon eteneminen rajoittuu noin alle 10 Mhz:n taajuuksille, koska sen vaimennus kasvaa nopeasti taajuuden kasvaessa. (Räisänen & Lehto 2011, 183-184.)



Kuva 1. Ilmakehän rakenne (Peda.net 2003).

## 2.2 Vaimeneminen troposfäärissä

Absorbtiion ja sironnan aiheuttama vaimennus on otettava huomioon muutaman GHz:n taajuudesta ylöspäin. Tämä jaetaan erilaisten partikkelien, kuten lumen ja sadepisaroiden aiheuttamaan vaimennukseen ja kirkkaan ilmakehän vaimennukseen. (Räisänen & Lehto 2011, 185.)

Hapen ja vesihöyryn molekyylien resonansseista aiheutuu kirkkaan ilmakehän vaimennus. Rotaatiota molekyyliissä pystyvät muuttamaan resonanssitaajuuksia vastaavat energiakvantit. Absorboituessaan kvantin molekyyli virittyy tilasta toiseen. Molekyyli säteilee viritystilasta purkautuessa isotrooppisesti, ja jollakin muulla taajuudella mahdollisesti etenevästä aallosta, kvantin energia menetetään. Vesihöyryn resonanssitaajuuksia ovat 22, 183 ja 325 GHz ja hapen 60 ja 119 GHz. Vesihöyryn määrä vaihtelee paljon, mutta hapen määrä pysyy melkein vakiona. Vaimennuskerroin, jonka vesihöyry aiheuttaa, on vesihöyryn absoluuttiseen määrään suoraan verrannollinen, mikä on lämpötilan ja taajuuden funktiona. (Räisänen & Lehto 2011, 185.)

Pääasiassa sateen vaimennus johtuu sironnasta: radioaalto polarisoi vesimolekyyliä sadepisarassa, jolloin pisara toimii pienenä sähköisenä dipolina ja säteilee avaruuteen. Yli 10 GHz:n taajuuksilla voimakas sade estää pitkät yhteydet. Kohtalaisella sateella vaimennus on 0,08 dB/km taajuudella 10 GHz ja 3 dB/km taajuudella 100 GHz. Arvot ovat noin kymmenkertaiset kaatosateella (150 mm/h), mutta näin voimakkaita sateita on hyvin harvoin. Kaatosateella pisarat ovat suuria ja litistyneen pallon muotoisia. Tällöin vaakasuorasti polarisoitunut aalto vaimenee enemmän kuin pystysuoraan polarisoitunut aalto. Tästä seuraa polarisaation muuttuminen aallossa, jos sähkökenttä ei ole pisaroiden jomman kumman akselin suuntainen. Pilvien ja sumun aiheuttama vaimennuskerroin on vesimäärään lähes suoraan verrannollinen. (Räisänen & Lehto 2011, 185-186.)

## 3 LANGATTOMAT LÄHIVERKOT

### 3.1 Historia

Fyysikko ja insinööri John O'Sullivan alkoi Stephen Hawkingin teorian innoittamana, jossa haihdutettiin mustia aukkoja ja seuraavia radioaaltoja, tutkimaan niitä. Vuonna 1992, kun O'Sullivan oli CSIRO laitoksella, hänen tehtävänään oli keksiä tapa, jolla tietokoneet voivat kommunikoida ilman johtoja. Muistaen työkalun, jota hän oli aikaisemmin käyttänyt radiosignaalien havaitsemiseksi. O'Sullivan käsitteli sen uudelleen. Hänen aiemman laitteensa mustan aukon matematiikkaa käytettiin Wi-Fi:n perustana, mikä heijastaa heikkoja ja sumeita radiosignaaleja meluisimmassa ympäristöissä. (National Geographic 2017.)

### 3.2 Wlan-standardit

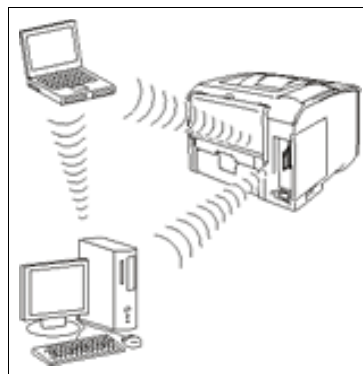
Alunperin WLAN eli IEEE 802.11 kehitettiin viivakoodien lukulaitteisiin. Johdot olivat hankalia varastoinventaariossa, joten niistä täytyi päästä eroon. Tietomäärä yksittäisessä viivakoodissa oli mitätön, joten tiedonsiirtonopeus ei ollut tärkeä. Tämän pohjalta on kehitetty nykyiset langattomat verkot. Välivaiheita matkalla on ollut monia:

- 1) IEEE 802.11, vuosi 1997, maks. nopeus 2 Mbps ja taajuus 2,4 GHz.
- 2) IEEE 802.11a, vuosi 1999, maks. nopeus 54 Mbps ja taajuus 5 GHz.
- 3) IEEE 802.11b, vuosi 1999, maks. nopeus 11 Mbps ja taajuus 2,4 GHz.
- 4) IEEE 802.11g, vuosi 2003, maks. nopeus 54 Mbps ja taajuus 2,4 GHz.
- 5) IEEE 802.11n, vuosi 2009, maks. nopeus 150 Mbps ja taajuus 2,4 & 5 GHz.
- 6) IEEE 802.11ac, vuosi 2013, max nopeus 867 Mbps ja taajuus 5 GHz. (Metis 2017.)

Ensimmäinen parannus oli IEEE 802.11a, joka tarjosi lisää nopeutta ja käytti myös uutta 5 GHz:n taajuusalueetta. Radiot olivat kalliita eikä tämä koskaan yleistynyt. Vasta IEEE 802.11b, joka käytti 2,4 GHz:n taajuusalueetta, löi läpi kunnolla. IEEE 802.11g toi IEEE 802.11a-standardin nopeuden halvemmalla 2,4 GHz:n taajuusalueella. IEEE 802.11n lisäsi nopeutta ja sitä pystyi käyttämään molemmilla taajuuksilla. 5 GHz:n radiot olivat kalliita vieläkin, joten halvemmissä laitteissa ja tukiasemissa oli vain 2,4 GHz. Uusin IEEE 802.11ac on määritelty vain 5 GHz:n taajuusalueella, mutta käytännössä nykyään kaikki laitteet ja tukiasemat tukevat myös vanhempia standardeja. (Metis 2017.)

### 3.3 Ad-hoc-verkko

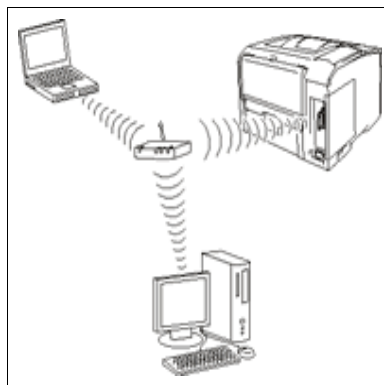
Ad-hoc-tilassa langattoman verkon kaikki laitteet ovat yhteydessä toisiinsa suoraan. Verkossa ei ole yhtäkään yhteistä liityntäpistettä, jonka kautta kaikki liikenne kulkee. Ad-hoc-verkon laitteet pystyvät olemaan yhteydessä vain toisiin laitteisiin, jotka ovat samassa ad-hoc-verkossa. Laitteet eivät siis voi muodostaa yhteyttä infrastruktuuriverkon laitteisiin tai langallisen verkon laitteisiin. Ad-hoc-verkon turvallisuus ei ole yhtä hyvä kuin infrastruktuuriverkossa. (Brother 2010.)



Kuva 2. Ad-hoc (Brother 2010)

### 3.4 Infrastruktuuriverkko

Infrastruktuuritulassa tarvitaan liityntäpiste, jonka kautta verkon kaikki liikenne kulkee, Esimerkiksi langaton reititin. Kaikkea langatonta liikennettä ohjaa reititin. Infrastruktuuritulalla on ad-hoc-verkkoon verrattuna useita etuja. Infrastruktuuriverkon tiedonsiirtonopeus on suurempi kuin ad-hoc-verkolla ja turvallisuuskin on parempi. Infrastruktuuriverkossa on myös mahdollisuus luoda yhteys langalliseen verkkoon. (Brother 2010.)



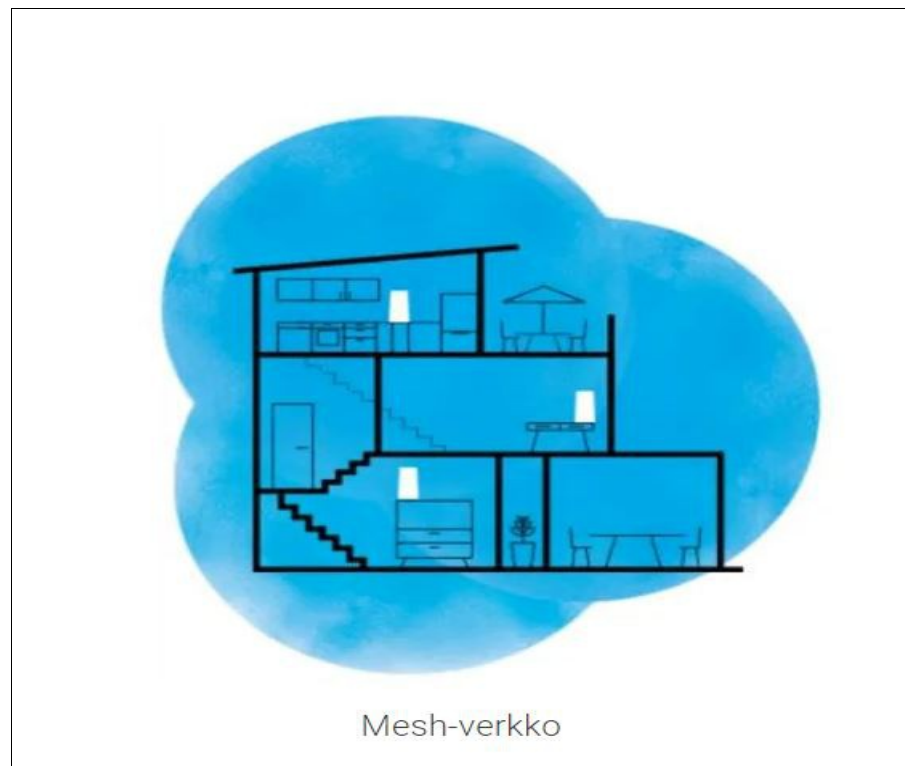
Kuva 3. Infrastruktuuri  
(Brother 2010)

### 3.5 Mesh-verkko

Langaton Mesh-verkkojärjestelmä koostuu pienistä reitittimistä, joita on useita. Nämä toimivat niin sanotusti Wi-Fi-verkon satelliitteina. Yksi reitittimistä toimii yhdyskäytävän modeemin kanssa ja jakaa yhteyden tasaisesti koko järjestelmään. Kaikki järjestelmän reititinyksiköt kommunikoivat keskenään. Tämä luo vakaan Wi-Fi-kattavuuden järjestelmän koko alueelle. Jokaisen järjestelmän kuuluvan reitittimen tiedon lähetysnopeus ja vastaanottonopeus on teoriassa sama, vaikka ainoastaan reitittimistä yksi on yhdistetty modeemiin. (Gigantti 2019.)

Kaikki Mesh-järjestelmää käyttävät laitteet, kuten esimerkiksi tabletit, vaihtavat vahvimman signaalin omaavaan reitittimeen niin hyvin, että yhteys ei katkea missään kohtaa. Mesh-järjestelmä toimii vain yhden salasana ja

käyttäjänimen alla, joten järjestelmään liitetty laite käyttää samaa verkkoa ilman katkoksia. (Gigantti 2019.)



Kuva 4. Mesh-verkko (Gigantti 2019)

## 4 ANTENNIT

Antenneilla voidaan lähettää ja vastaanottaa radioaaltoja. Johdossa kulkeva lähetysteho pyritään siirtämään tehokkaasti vapaaseen tilaan tai päinvastoin, vapaasta tilasta johtoon ja siitä vastaanottimelle. (Räisänen & Lehto 2011, 151.)

Radiotekniikan sovelluksissa tarvitaan lähes aina antenneja. Voimakas radiotaajuuksien käytön kasvu asettaa antenneille tiukempia vaatimuksia. Suurimmaksi osaksi antennin rakenne riippuu taajuudesta ja käyttötarkoituksesta. Antennin luokkia ovat: esim. virtaelementti-, apertuuri- ja kulkuaaltoantenni sekä antenniryhmät. (Räisänen & Lehto 2011, 151.)

Antennin ominaisuudet ovat lähetyksessä ja vastaanotossa samat eli ne ovat resiprookkisia. Jos antenni lähettää tehoa tiettyihin suuntiin, se ottaa myös tehoa vastaan samoista suunnista. Samoin yhteysvälivaimennus kahden erilaisen antennin välillä on sama molempiin suuntiin. Resiprookkisuus ei päde, jos epäresiprookkisia komponentteja on antennissa, kuten vahvistimia tai ferriittikomponentteja, tai jos antennien välissä on plasmaa, jossa tapahtuu faraday-kiertymistä. (Räisänen & Lehto 2011, 151.)

Säteilemän kentän ominaisuuksien perusteella antennin ympäröivä tila voidaan jakaa kolmeen osaan. Koska muutokset tapahtuvat vähitellen kentässä, rajat ovat keinotekoiset. Lähimpänä antennia on reaktiivisen lähikentän alue, jossa reaktiivinen osa kentässä on suurempi kuin säteilevä osa. Olennaista säteilymekanismissa on, että reaktiivinen osa ei säteile. Reaktiivinen osa etäisyyden kasvaessa pienenee nopeasti ja se tulee merkityksettömäksi säteilevän lähikentän eli fresnelin alueella. Antennin säteilyominaisuudet riippuvat etäisyydestä tällä alueella. Tämä johtuu siitä, että etäisyyksien erot antennin eri osissa muuttuvat olennaisesti aallonpituuteen verrattuna, kuten havaintopisteen etäisyys muuttuu. Fraunhoferin alueella säteilyominaisuudet eivät riipu juurikaan etäisyydestä ja kenttä pienenee kääntäen verrannollisesti etäisyyteen. (Räisänen & Lehto 2011, 151-152.)

Antennin suorituskykyä kuvataan säteilyominaisuuksilla, kuten säteilykuvio ja vahvistus. Eri ominaisuuksien tärkeysjärjestys riippuu sovelluksesta. Antennin piiriominaisuudet, kuten hyötysuhde, impedanssi ja kaistanleveys, ovat tärkeitä. Mekaaniset ominaisuudet ovat taas joskus kriittisiä ominaisuuksia, kuten koko, paino ja ilmanvastus. (Räisänen & Lehto 2011, 152.)

Antenni ei säteile samalla tavalla kaikkiin suuntiin eli isotooppisesti. Sama pätee myös vastaanotossa resiprookkisuuden perusteella. Monet antennit säteilevät vain tiettyyn suuntaan voimakkaasti. Tällöin pääkeila ja sivukeila suuntakuviossa on selvä. Suuntakuviosta saadaan selville mm. pääkeilan suunta, puolen tehon keilanleveys, nollakohtien ja sivukeilojen tasot ja sijainnit. (Räisänen & Lehto 2011, 152-153.)

#### 4.1 TP-LINK CPE210

Tässä työssä käytetään TP-LINK CPE210 -laitetta, jolla muodostetaan yhteys asiakkaalle.



Kuva 5. TP-LINK CPE210 (Jimm's PC-store 2018)

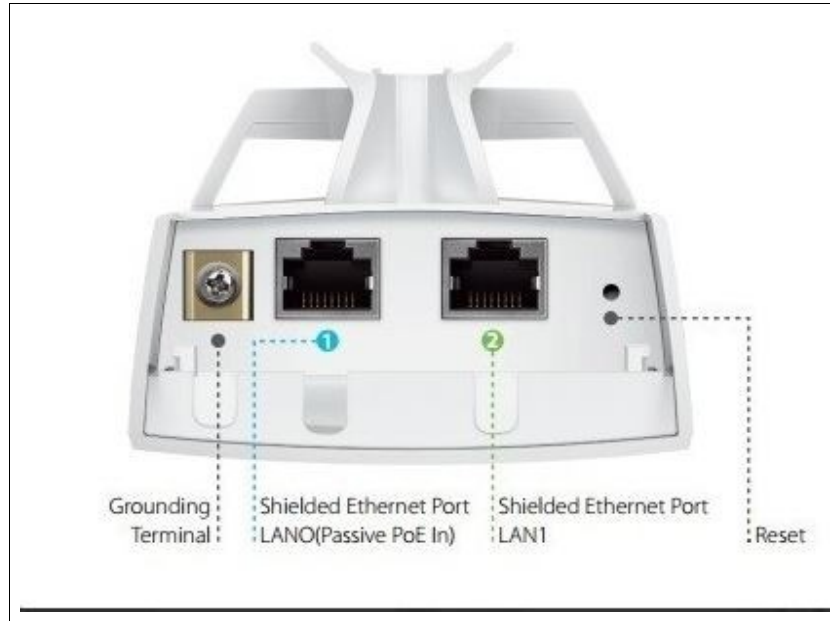
Kahden rakennuksen välille langattoman yhteyden rakentamiseen soveltuu esimerkiksi yhdistetty tukiasema ulkokäyttöön ja suuntaava tehoantenni. Maksiminopeus on 300 Mb/s ja taajuus 2,4 GHz. Langattomana standardina käytetään IEEE 802.11b/g/n. (Jimm's PC-store 2018.)

Mukana pakkauksessa tuli itse laite, 24 V:n 1 A:n passiivinen PoE-adapteri, kiinnityspalat sauvaan kiinnittämistä varten, virtajohto ja asennusopas (Jimm's PC-store 2018).



Kuva 6. Takaa kiinnitys (Jimm's PC-store 2018).

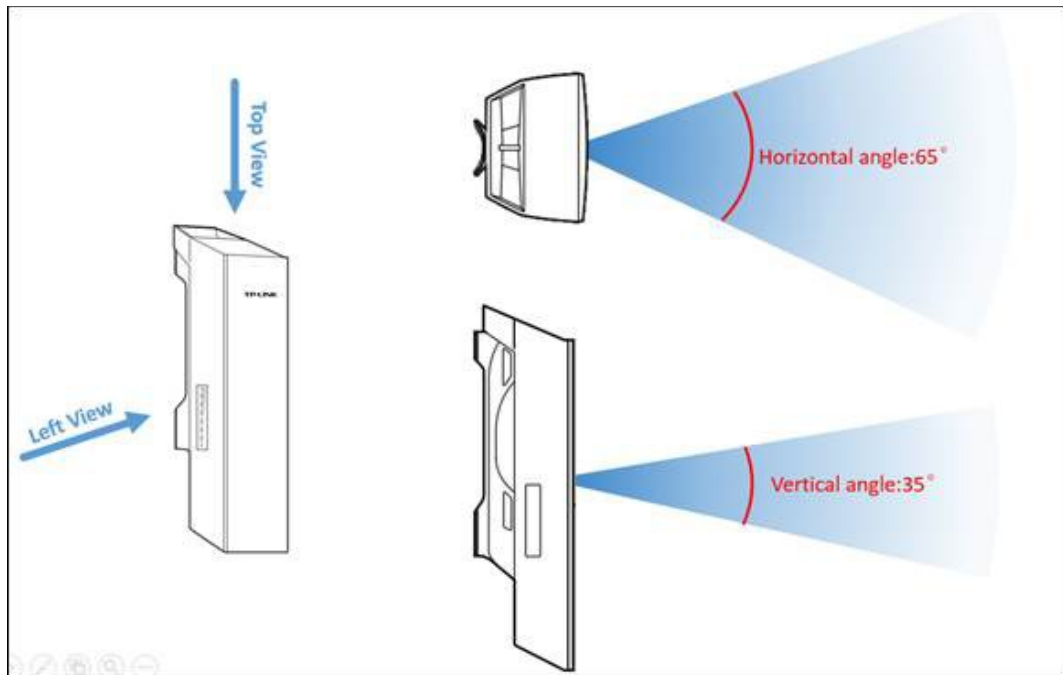
Takaa tämän laitteen saa helposti kiinnitetyksi johonkin tolppaan, sillä siinä on valmiina muotoiltuna pyöreään tolppaan menevä takakansi. Tämä helpottaa myös antennin suuntausta. (Jimm's PC-store 2018.)



Kuva 7. Pohjakuva (Jimm's PC-store 2018).

Laitteen pohjassa on tarvittavat LAN0-, LAN1- ja maadoituskohdat ja reset-painike. Tämä laite on suunniteltu erittäin hyvin, sillä nämä ovat turvassa kannen alla, joten laite soveltuu hyvin ulkokäyttöön. Etuna on myös se, että laitteessa on ulkokäyttöön soveltuva ASA-muovi ja se kestää -30 asteen pakkasia ja 70 asteen lämpöä. Laite on myös vesitiivis, sillä siinä on IPX5-vedenpitävyys-sertifikaatti, joten kosteus ei haittaa. Suojauksena on vielä 15KV ESD-suojaus (electrostatical discharge) ja 6000 V:n ukkossuojaus. (Jimm's PC-store 2018.)

Antennityyppinä tässä käytetään sisäänrakennettua 9 dBi 2x2 kaksoispolarisoitua suunnattua antennia. Säteen leveys on 65 astetta (H-plane) / 35 astetta (E-plane). (Jimm's PC-store 2018.)



Kuva 8. Signaalin levys (TP-Link Technologies 2018a).

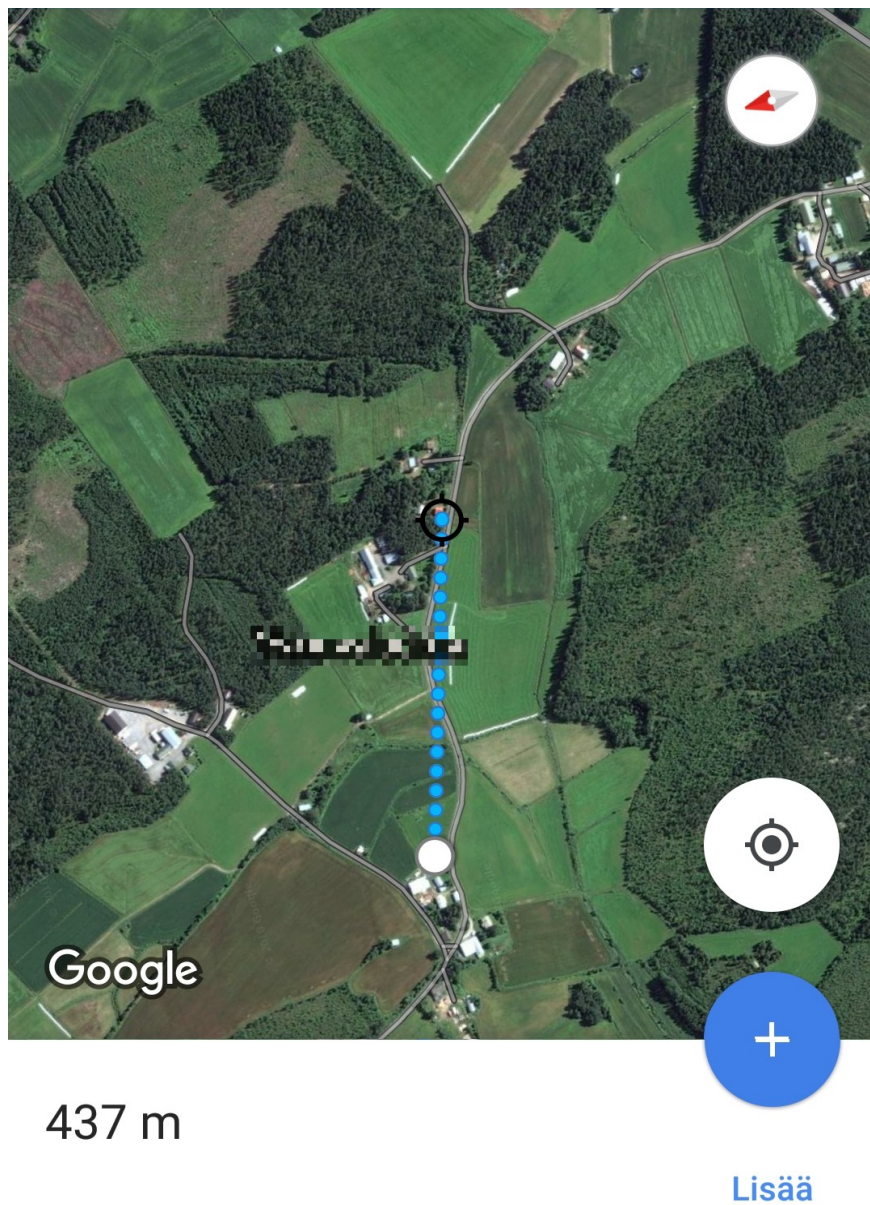
#### 4.2 MIMO-suunta-antenni

4G LTE -kaksoisantenni eli MIMO-antenni on kaksi eri antennielementtiä yhdessä rungossa. Se vastaa kahden erillisen antennin yhdistelmää. Vaativissa paikoissa on suositeltavaa käyttää kahden antennin järjestelmää, mikäli se on mahdollista. Lähetysnopeus paranee myös kahden antennin järjestelmässä. Antenni suunnataan haluttuun tukiasemaan. Internetin nopeustestejä voi käyttää apuna suuntauksessa. (Mobile Evolution [Viitattu 2.11.2018].)

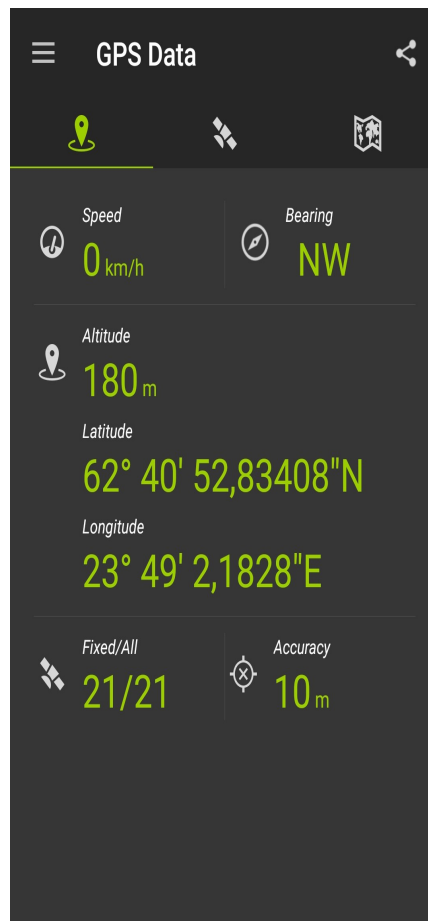
## 5 WLAN-JÄRJESTELMÄN ASENNUS JA KÄYTTÖÖNOTTO

### 5.1 Yhteysväli ja sen korkeusero

Google Maps -sovelluksessa on oma mittausmekanismi, jolla pystyy mittaamaan suhteellisen tarkasti, kuinka pitkä matka on suoraa paikasta a paikkaan b. Tätä menetelmää käyttäen saatiin hyvä arvio siitä, kuinka pitkä matka on.

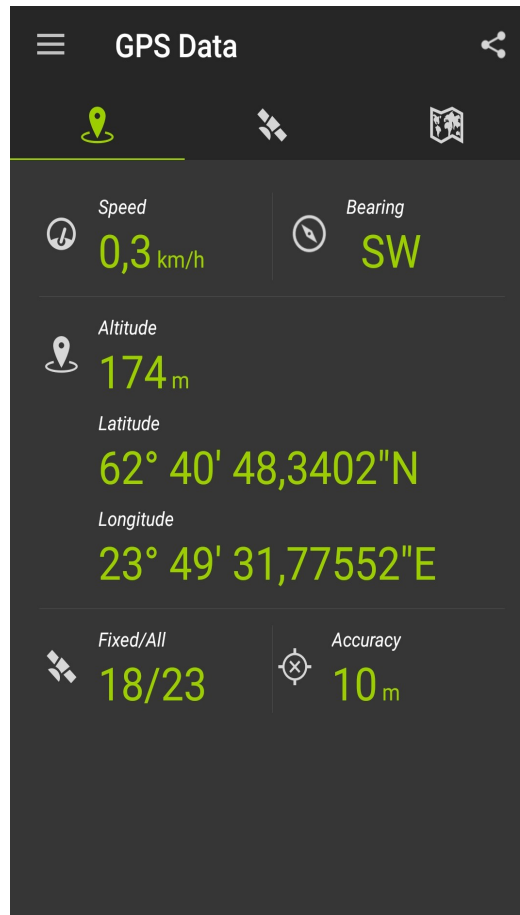


Kuva 9. Google maps.



Kuva 10. Lähtöpaikan korkeus (GPS Data).

Tämän lisäksi tutkittiin korkeuserot puhelimen GPS Data -sovelluksella siten, että lähtöpaikasta mitataan tulokset ja sen jälkeen mennään toiseen paikkaan ja siellä tehdään samoin.



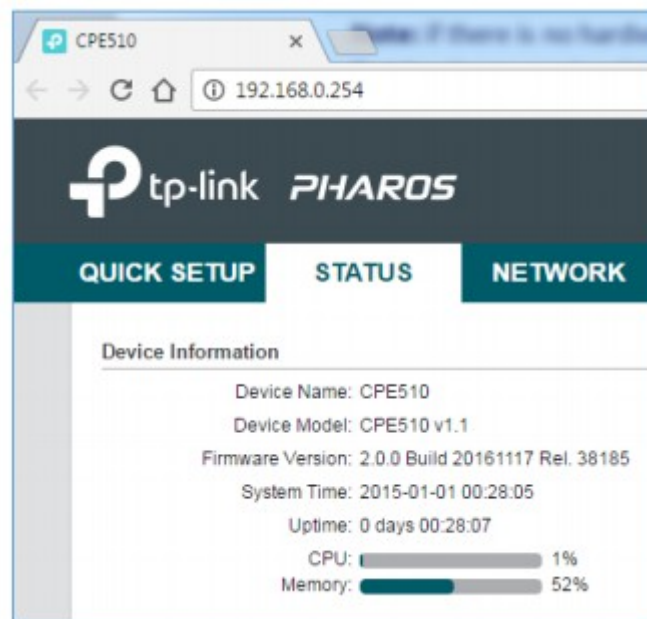
Kuva 11. Asiakaspään korkeus (GPS Data).

Gps data -mittauksen Altitude kohdasta huomataan, että korkeudessa on hieman eroja, joten laitteita täytyy suunnata tämän tiedon mukaisesti. Suunnataan antennia lähtöpäästä alaspäin tai sitten asiakkaan talon päädystä ylöspäin. Tässä tapauksessa tehtiin asiakkaan päädystä suuntaus hieman ylöspäin.

## 5.2 Laitteiden päivitys

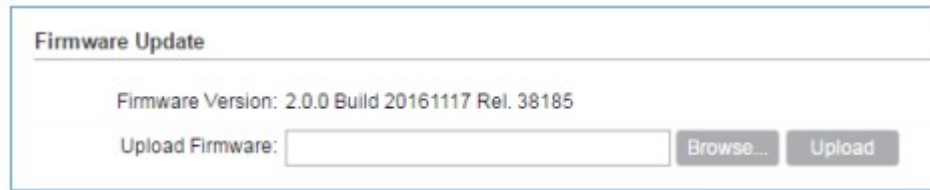
Aluksi tutkitaan, onko TP-LINK CPE210 -laiteohjelmasta päivityksiä. Tämä on hyvä tehdä, sillä päivitykset korjaavat yleensä ongelmia, jotka ovat tulleet vastaan edellisissä versioissa. Tässäkin tapauksessa, koska laitteet olivat pari vuotta vanhoja, vaativat ne ohjelmistopäivityksen.

Laitteeseen saa yleensä päivitykset laitevalmistajan omalta sivulta ja tässä tapauksessa se oli TP-LINK-sivulta. Valmistajan sivuilla kirjoitetaan hakukenttään (selaimen oikeassa yläkulmassa) laitteen malli. Haun tuloksena avautuu laitteen oma sivu, josta sitte valitaan support-kohta. Avautuvista vaihtoehdoista (FAQ, related documents, firmware, control softwar ja emulators) valitaan firmware. Laitteesta on valmistettu kolmea eri versiota. Ennen päivitystä pitää selvittää, mikä on tämän laitteen versionumero. Laitteen versionumeron löytää laitteen Web-hallintasivulta, kirjautumisen jälkeen laitteen versionumero näkyy etusivulla. Samasta kohdasta löytyvät myös tiedot mahdollisista päivityksistä. Tässä tapauksessa versionumero on 1, joten Firmware-kohdasta valitaan version 1. samalla nähdään onko tullut päivityksiä. Uudempi päivitys löytyi ja se ladattiin työpöydälle.



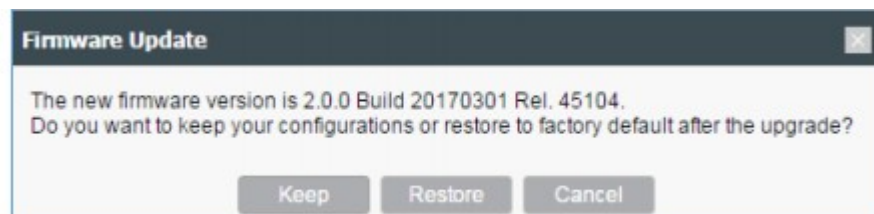
Kuva 12. Web-hallinnan status (TP-Link Technologies [Viitattu 4.11.2018]).

Uusimman version latauduttua se täytyy purkaa. Purkamisen jälkeen päivitys tehdään Web-hallintasivulla kohdassa Firmware Update. Ensin painetaan Browse-näppäintä ja etsitään päivitys työpöydältä. Tämän jälkeen painetaan Upload-näppäintä.



Kuva 13. Firmware update (TP-LINK CPE210 web-hallinta).

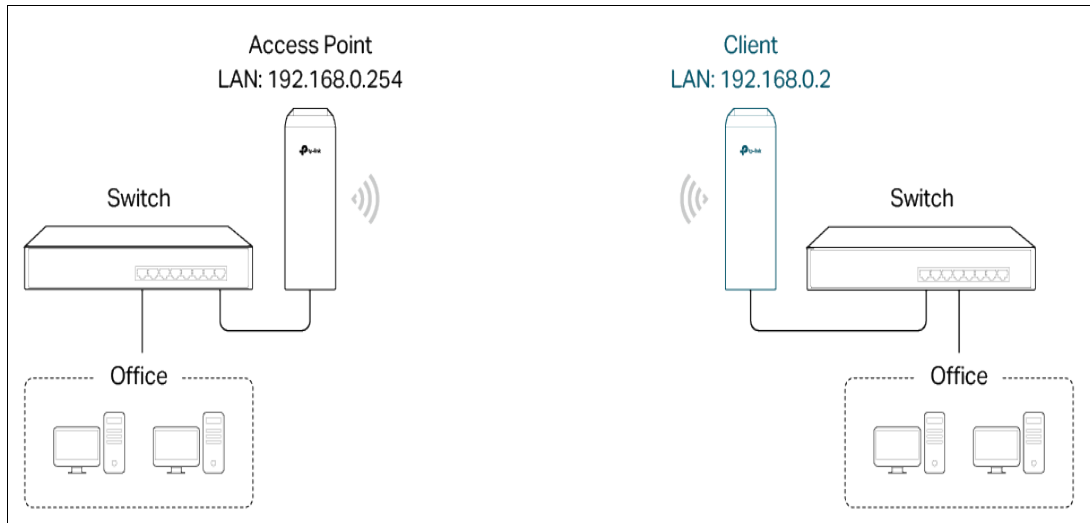
Lopussa päivitysohjelma kysyy, halutaanko säilyttää tehdyt muutokset vai palautetaanko tehdasasetuksille. Tehdasasetukselle kannattaa palauttaa, tämä yleensä estää ongelmat päivityksessä. Tämän jälkeen salasanat täytyy määrittää uudelleen. Päivitykset tehdään molemmille laitteille.



Kuva 14. Säilytys vai tehdasasetukset (TP-LINK CPE210 web-hallinta).

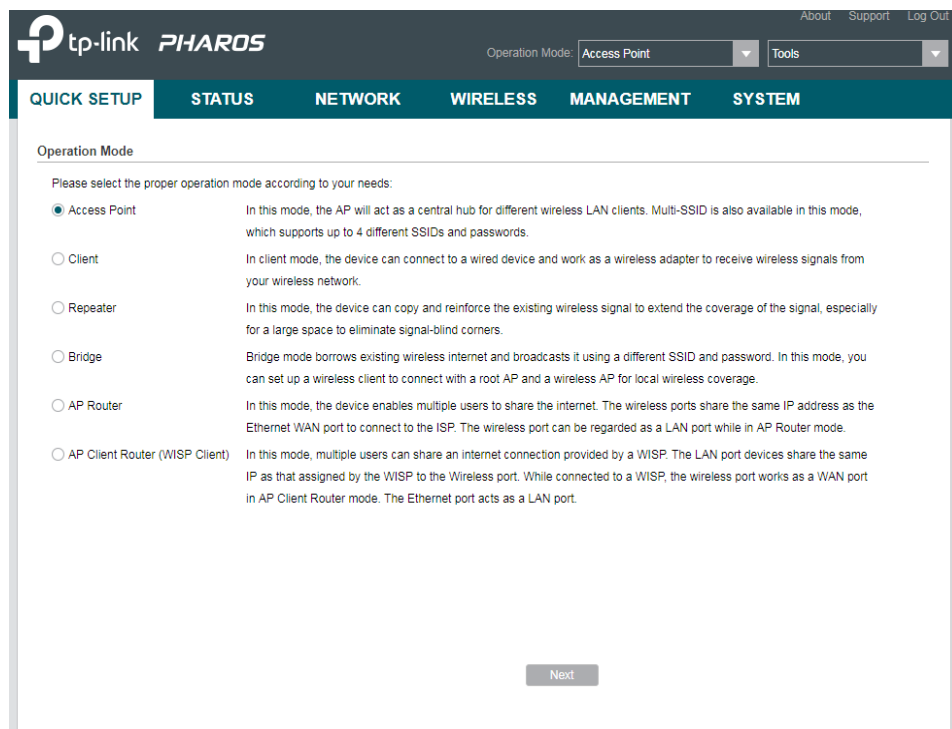
### 5.3 Järjestelmän asennus

Tämä laite voi toimia erilaisissa toimitiloissa. Toimitiloja ovat access point, client, repeater, bridge, ap router ja ap client router. Kahden laitteen välille saadaan paras yhteys käyttämällä clien-mode-tilaa. Toiseen päähän asetetaan access point-mode ja toiseen päähän asetetaan client-mode.

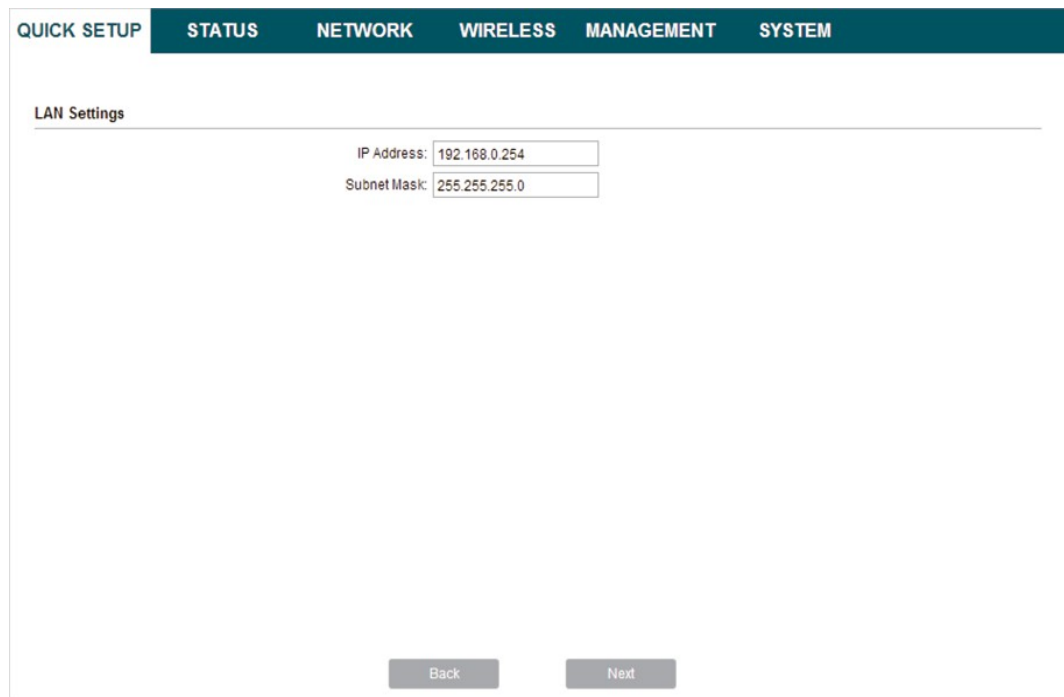


Kuva 15. Client mode (TP-Link Technologies [Viitattu 5.11.2018]).

Ensimmäisenä laitetaan valmiiksi lähtöpaikan TP-LINK CPE210 -laite. Tämä tapahtuu menemällä Web-hallintasivulle, sieltä valitaan quick setup -kohta käyttöön. Kuvan 16 mukaisesti valitaan access point. Seuraavaksi painetaan Next-näppäintä.



Kuva 16. Access point (TP-LINK CPE210 web-hallinta).



QUICK SETUP STATUS NETWORK WIRELESS MANAGEMENT SYSTEM

LAN Settings

IP Address:

Subnet Mask:

Back Next

Kuva 17. LAN asetukset (TP-Link Technologies [Viitattu 8.11.2018]).

LAN-settings-kohdassa määritetään IP Address ja Subnet Mask. Kuvan 17 mukaisesti täytetään kentät IP Address ja Subnet Mask, mutta eri IP-osoitteella mitä tässä esimerkkikuvassa on käytetty.

Tämän jälkeen tulee Wireless Access Point settings. Kuvassa 18 nähdään Wireless AP settingsin alkutilanne oletusasetuksilla. Kuvassa 19 lopputilanne sen jälkeen, kun asiakaskohtaiset asetukset on tehty.

tp-link PHAROS

Operation Mode: Access Point Tools

QUICK SETUP STATUS NETWORK WIRELESS MANAGEMENT SYSTEM

Wireless AP Settings

SSID: TP-Link\_Outdoor\_3DDB3E

Region: Finland

Mode: 802.11b/g/n

DFS:  Enable

Channel Width: 20/40MHz

Channel/Frequency: Auto

Security: None

PSK Password:  Show

We do not recommend using WEP encryption. You can go to WIRELESS page to configure the encryption mode.

Distance Setting: 0 (0-27.9)km

MAXstream:  Enable ?

Back Next

Kuva 18. Alkutilanne Wireless AP settings (TP-LINK CPE210 -web-hallinta).

tp-link PHAROS

Operation Mode: Access Point Tools

QUICK SETUP STATUS NETWORK WIRELESS MANAGEMENT SYSTEM

Wireless AP Settings

SSID: YTM\_P2P\_PENA

Region: Finland

Mode: 802.11b/g/n

Channel Width: 20/40MHz

Channel/Frequency: Auto

Security: WPA-PSK / WPA2-PSK

PSK Password:  Show

We do not recommend using WEP encryption. You can go to WIRELESS page to configure the encryption mode.

Distance Setting: 1 (0-27.9)km

MAXstream:  Enable ?

Back Next

Kuva 19. Lopputilanne Wireless AP settings (TP-LINK CPE210 -web-hallinta).

SSID-kohtaan laitetaan langattoman verkon nimi, mikä sopii projektille. Region-kohdassa valitaan Finland. Näin saadaan Suomen asetukset käyttöön. Mode-kohdassa oli jo valmiina paras vaihtoehto, joten käytetään sitä. Channel width pidetään myöskin normaaliasetuksilla ja channel frequency pidetään automaattilla. Security-kohdassa asetetaan päälle WPA-PSK / WPA2-PSK. Sinne on syytä asettaa suhteellisen vaikea salasana, jossa on mukana isoja ja pieniä kirjaimia ja numeroita.

WPA-PSK / WPA2-PSK -kohdan merkitys on seuraava: WPA on varsin turvallinen salaus, mutta WPA2 on sitä turvallisempi. WPA2 on vahvin saatavilla oleva salaus. Tukiasemat voidaan laittaa käyttämään WPA- ja WPA2-salausta samanaikaisesti. (Viestintävirasto Kyberturvallisuuskeskus 2014.)

Distance settings -kohdassa täytyi ensin selvittää mitä tämä asia tarkoittaa. Kohde on 437 metrin päässä, joten asetus piti laittaa 1 kilometriin. Vaihtoehto 0 kilometriä ei haluttu valita, koska laitteet olisivat tällöin kiinni toisissaan.

MAXtream on tarkoitettu point to multipoint-yhteyksiin eli yhdestä pisteestä moneen pisteeseen. Jos normaalisti ilman MAXtream-asetusta yritettäisiin jakaa yhteyden eri pisteisiin, niin kokonaisteho laskisi todella nopeasti sen mukaan, mitä enemmän pisteitä on. Tässä asiassa MAXtream on hyvä, kokonaisteho pysyy lähellä maksimitehoa. Jos ilman MAXtreamia yrittää jakaa internetyhteyden 25 eri paikkaan, kokonaisteho olisi enää 10 prosenttia. MAXtreamin avulla kokonaisteho pysyy 100–90 prosentin välissä koko ajan. (TP-Link Technologies 2018b.)

Koska projektissa oli kyseessä point-to-point eli pisteestä toiseen pisteeseen yhteys, niin MAXtream-asetusta ei tarvitse ottaa käyttöön.

Seuraavissa asetuksissa on langattoman kanavan valinta-asetukset. Asetukset olivat valmiiksi oikein, eikä niistä tarvinnut muuttaa mitään.

Basic Wireless Settings

Region: Finland

Mode: 802.11b/g/n

Channel Width: 20/40MHz

Max TX Rate: MCS15 - 270/300 Mbps

Channel/Frequency: 11 / 2462MHz

Transmit Power: 11 dBm

MAXstream:  Enable

Spectrum Analysis

Apply

Kuva 20. Langattoman kanavan valinta (TP-LINK CPE210 -web-hallinta).

Kuvan 21 mukaisesti asiakkaan talon päätyyn tulevaan laitteeseen määritettiin Client-mode. Client-mode toimii hyvin yhteen point-to-point-yhteyksissä vastapäätä olevan Access Point -laitteen kanssa. Aluksi valitaan Client kuvan 21 mukaisesti ja sen jälkeen painetaan Next-painiketta.

tp-link PHAROS

Operation Mode: Access Point

Tools

QUICK SETUP STATUS NETWORK WIRELESS MANAGEMENT SYSTEM

Operation Mode

Please select the proper operation mode according to your needs:

- Access Point In this mode, the AP will act as a central hub for different wireless LAN clients. Multi-SSID is also available in this mode, which supports up to 4 different SSIDs and passwords.
- Client In client mode, the device can connect to a wired device and work as a wireless adapter to receive wireless signals from your wireless network.
- Repeater In this mode, the device can copy and reinforce the existing wireless signal to extend the coverage of the signal, especially for a large space to eliminate signal-blind corners.
- Bridge Bridge mode borrows existing wireless internet and broadcasts it using a different SSID and password. In this mode, you can set up a wireless client to connect with a root AP and a wireless AP for local wireless coverage.
- AP Router In this mode, the device enables multiple users to share the internet. The wireless ports share the same IP address as the Ethernet WAN port to connect to the ISP. The wireless port can be regarded as a LAN port while in AP Router mode.
- AP Client Router (WISP Client) In this mode, multiple users can share an internet connection provided by a WISP. The LAN port devices share the same IP as that assigned by the WISP to the Wireless port. While connected to a WISP, the wireless port works as a WAN port in AP Client Router mode. The Ethernet port acts as a LAN port.

Next

Kuva 21. Client-valinta (TP-LINK CPE210 -web-hallinta).

LAN Settings -kohdassa määritetään, samalla tavalla kuin access point -kohdassakin IP Address ja Subnet Mask. ja Nämä olivat ennalta määriteltynä.

Lopuksi tulevat Wireless Client Settings. Asetukset tehdään kuvan 22 mukaisiksi.

The screenshot shows the TP-LINK PHAROS web management interface. The top navigation bar includes 'About', 'Support', and 'Log Out'. The main menu has tabs for 'QUICK SETUP', 'STATUS', 'NETWORK', 'WIRELESS', 'MANAGEMENT', and 'SYSTEM'. The 'WIRELESS' tab is selected, and the 'Wireless Client Settings' page is displayed. The page contains the following fields and options:

- SSID of Remote AP: YTM\_F2P\_PENA
- MAC of Remote AP: 18-A6-F7-3D-DB-3E
- Region: Finland
- Mode: 802.11b/g/n
- WDS: Auto
- Channel Width: 20/40MHz
- Security: WPA-PSK / WPA2-PSK
- PSK Password: [masked]
- Distance Setting: 1 (0-27.9)km

Additional features include a 'Survey' button, a 'Lock to AP' checkbox, a 'Show' checkbox for the password, and 'Back' and 'Next' buttons at the bottom.

Kuva 22. Wireless client settings (TP-LINK CPE210 -web-hallinta).

SSID of remote AP tarkoittaa, että ID-tunnukseksi täytyy laittaa sama nimi kuin oli access point -laitteessa SSID-kohdassa. Näin laitteet osaavat kommunikoida keskenään. Jos SSID of remote AP -kohdassa olisi väärä nimi, access point ei osaisi etsiä laitetta.

Region-kohta pysyy vakiona eli Finland. Mode-kohtaan asetetaan 802.11 b/g/n ja WDS-kohta saa olla automaattilla. Channel Width saa olla alkuasetuksella.

Security-kohdassa asetetaan sama salaus kuin access point -kohtaan eli WPA-PSK / WPA2-PSK. Salasanan täytyy olla sama kuin access pointissa. Jos tässä olisi eri salasana, laitteet eivät tässä tapauksessa löytäisi toisiaan, eivätkä laitteet toimisi.

Distance-kohtaan asetetaan sama 1 km. Jos tässä olisi eri lukema, saattaisi tulla ongelmia yhteyden kanssa.

#### **5.4 Ethernet-verkkojohdon ja sähkön vienti tukiasemille**

Tässä laitteessa virta tulee Ethernet-kaapelia pitkin, joten erillistä sähköjohtoa ei tarvittu.

Ethernet-verkkojohdoille oli jo valmiiksi lähelle laitettut verkkorasit. Ainoa tehtävä viedä verkkojohdot pihalle sisältä. Lähtöpaikalla tehtiin hieman mittauksia, mistä olisi lyhin ja paras tapa viedä verkkojohto pihalle niin, että se olisi myös hyvin suojassa. Katon rajaan tehtiin reikä, josta sai helposti verkkojohdon menemään pihapuolelle. Sieltä johto ohjattiin katonrajaa pitkin laitteelle niin, että se on suojassa. Johdon päälle asetettiin lista näkösuojaan.

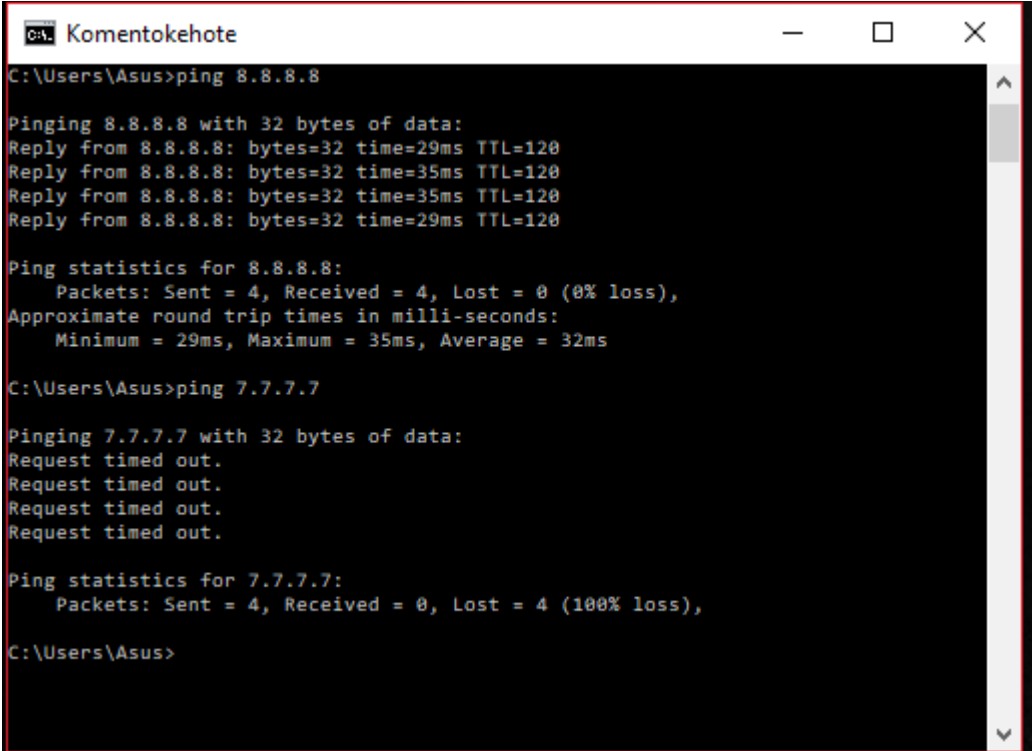
Asiakkaan talolla tehtiin samat toimenpiteet. Asiakas käyttää vain kannettavaa internetin käyttöön, joten asiat olivat nyt valmiina. Laitettiin myös samoin listan niin, että tuli hyvän näköinen. Sitten asiakkaan kannettavaan kytkettiin verkkokaapeli ja testattiin verkon toimivuus. Kaikki toimi hyvin.

#### **5.5 Järjestelmän testaus**

Kun molemmat laitteet oli saatu asennusvalmiiksi, tämän jälkeen suoritettiin toimivuuden testaus. Tämä tehtiin testaamalla pingin toiminta. Aluksi oli pientä vaikeutta saada laitteet toimimaan, mutta asiat ratkesivat, kun laitteille tehtiin uudelleenkäynnistys. Tämän jälkeen tukiaseman hukkaamisia ei enää ilmennyt.

Ping-toiminnon testaus tehdään seuraavasti: Komentokehoteeseen kirjoitetaan tukiaseman IP-osoite esim. ping 8.8.8.8. samalla tavalla toimitaan myös toisen pään kanssa esim. ping 7.7.7.7. Vastauksena joko pyynnöt vastaanotetaan tai sitten ne katoavat. Vastaanotossa, jos kaikki 4 vastaanottoa on mennyt läpi, se tarkoittaa, että laite toimii hyvin. Jos vastaanotossa on 4 kadotettua vastaanottoa, silloin laite ei ole toiminnassa. Jotain on asetuksissa väärin. (Seuraavassa kuvassa näkyy tarkemmin nämä

asiat). Asetukset olivat kunnossa ja ping kulki, eli vastaanotossa meni kaikki 4 pyyntöä läpi.



```
C:\Users\Asus>ping 8.8.8.8

Pinging 8.8.8.8 with 32 bytes of data:
Reply from 8.8.8.8: bytes=32 time=29ms TTL=120
Reply from 8.8.8.8: bytes=32 time=35ms TTL=120
Reply from 8.8.8.8: bytes=32 time=35ms TTL=120
Reply from 8.8.8.8: bytes=32 time=29ms TTL=120

Ping statistics for 8.8.8.8:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 29ms, Maximum = 35ms, Average = 32ms

C:\Users\Asus>ping 7.7.7.7

Pinging 7.7.7.7 with 32 bytes of data:
Request timed out.
Request timed out.
Request timed out.
Request timed out.

Ping statistics for 7.7.7.7:
    Packets: Sent = 4, Received = 0, Lost = 4 (100% loss),

C:\Users\Asus>
```

Kuva 23. Komentokehote

## 5.6 Yhteyden luominen asiakkaan talolle 437 metrin päähän

Laitteiden toimintaan saamisen jälkeen täytyi miettiä, miten tehdä yhteys 437 metrin päähän asiakkaalle. Aluksi etsittiin paikka johon saadaan ensimmäinen TP-LINK CPE210 -tukiasema. Hyvä paikka löytyi nopeasti.



Kuva 24. Lähtöpaikka

Tämän jälkeen laitettiin laite päälle. Asiakkaan luona löytyi suhteellisen hyvä paikka ja siihen laitettiin TP-LINK CPE210 -tukiasema. Tässä työssä toiseen päähän laitettiin renkaassa oleva tolppa, johon asetettiin TP-LINK CPE210 -tukiasema. Näin se saatiin suunnattua helposti. Tämän jälkeen laitteisiin kytkettiin virrat päälle ja aloitettiin testaus.



Kuva 25. Asiakkaan pääty

Laitteita voitiin nyt säätää ja testata erilaisilla tavoilla. Aluksi täytyi suunnata tukiasemien antennit niin, että ne olisivat suurinpiirtein vastakkain. Suunta-antenneilla tämä on tarkkaa. Tämän jälkeen tehtiin laitteiden toimivuustesti. Jos yhteydessä on jotain ongelmia, on hyvä saada tieto siitä jo tässä vaiheessa. Ongelmia ei ollut, joten seuraava asia olisi Internetyhteyden toimivuuden testaus. Testaus tehtiin ensiksi speed test -nimisellä internetsivulla. Toistoja tehtiin monta, näin testattiin internetyhteyden hyvä

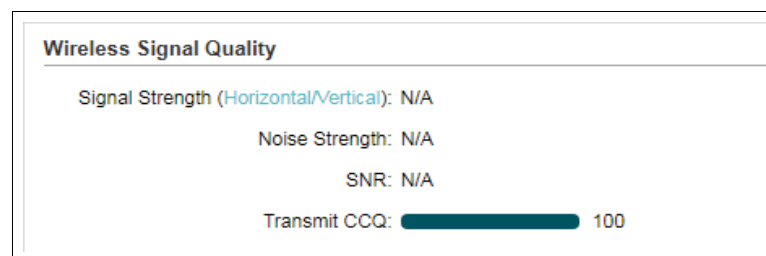
toimivuus. Kun tulokset oli saatu, yhteyttä testattiin Ylen suoratoiston internet-sivulla TV1-kanavalla. Yhteys toimi todella hyvin. Monien testien jälkeen keskiarvoksi tuli noin 16 ms ping, 48,57 Mbit/s download ja 45,04 Mbit/s upload.



Kuva 26. Speedtest.net

## 5.7 Signaalin vaimennusmittaus

Signaalin täytyy kulkea suoraa toisesta laitteesta toiseen. Jos esim. puita on paljon tiellä, se vaimentaa signaalia. Tästä johtuen täytyy aina katsoa, ettei tiellä ole mitään, mikä vaimentaa signaalia. Tässä työssä vaimennusta aiheutti alkuun puu ja puun lehdet. TP-LINK CPE210 -Web-hallinta sivulla on kohta Wireless Signal Quality, jolla pystyy helposti tarkistamaan, kuinka hyvin signaali kulkee laitteiden välillä.



Kuva 27. Sisäinen signaalin testausohjelma (TP-Link Technologies [Viitattu 4.11.2018]).

Signal Strength oli parhaimmillaan -73 dBm, Noise Strength oli -106 dBm, SNR oli 33 dB ja Transmit CCQ oli 97.

## 5.8 Ongelmat ja niiden ratkaisut

Aluksi tuli vastaan ongelma, kun asennettiin laitteille Wep-hallinnan salasanaa. Kun ensimmäiseen TP-LINK CPE210 -laitteeseen oli saatu vaihdettua salasana, vaihdettiin se toiseen laitteeseen myös. Tämän jälkeen huomattiin, että kummastakin laitteesta oli salasana kadonnut. Tähän oli yksinkertainen selitys. Kävi ilmi, että ensimmäisen laitteen salasanan vaihdoksen jälkeen olisi pitänyt kirjautua uudestaan laitteen Web-hallintasivulle ja painaa yläpalkissa olevaa Save-näppäintä. Tämä kun tehtiin, ei enää ilmennyt ongelmia salasanan kanssa.

Toisena ongelmana tuli vastaan Region-kohdassa Bug. Kun vahingossa Region-kohtaan asetus England tehtiin ja tallennettiin se, tämän jälkeen ei pystynyt enää vaihtamaan takaisin Finland-asetusta. Laitteelle tehdasasetusten uudelleenasetus, jolla saatiin laite tehdasasetuksille. Näin Region-kohtaan voitiin tehdä oikea asetus.

Kolmantena ongelmana olivat PoE-sovittimen ongelmat. Kun asetukset oli saatu kuntoon ja laitteita alettiin testaamaan, laitteet eivät keskustelleet keskenään. Aluksi tehtiin molemmille laitteille uudelleenkäynnistykset. Tästä ei ollut apua, joten seuraavaksi täytyi miettiä, oliko asetuksissa jotain vikaa. Asetukset olivat kunnossa. Tämän jälkeen mietittiin PoE-sovitinta. Sovittimessa oli 50 m:n verkkojohto, jolla ohjekirjan mukaan laitteen pitäisi toimia. Johto vaihdettiin 25 m:n verkkojohtoon, jolloin laite alkoi toimia.

Kun PoE-sovitin oli saatu selvitettyä, tuli vielä yksi ongelma vastaan. Ongelmana oli laitteen yhtäkkinen hukkaaminen. Asetukset olivat kunnossa ja PoE-sovittimetkin olivat tarpeeksi lähellä laitteita, niin kesti hetki huomata, mikä oli ongelmana. Asiakkaan talon päädyssä oleva laite oli yhtäkkiä sammunut. Uudelleenkäynnistytksen jälkeen, laite toimi moitteettomasti, eikä tämän jälkeen enää tullut samaa ongelmaa vastaan.

## 6 YHTEENVETO

Tässä työssä käsiteltiin peruskäsitteitä radiotekniikasta, WLANeista, antenneista ja TP-LINK CPE210 -laitteista. Työssä kerrottiin pääpiirteittäin, mitä radiotekniikka on, radioaaltojen etenemiseen vaikuttavat tekijät ja eri osat ilmakehästä. Näistä johtuen radiosignaaliin aiheutuu sirontaa ja heijastuksia, jotka vaikuttavat heikentävästi signaalin vahvuuteen.

Antenneja on hyvin paljon eri tyyppisiä ja kukin antenni soveltuu tietynlaisiin tilanteisiin paremmin kuin muut. Tässä työssä käytettiin suunta-antennia, sillä 437 metrin matkaa ei pysty muilla antennityypeillä saamaan.

Työssä päivitettiin ja asennettiin hallin päätyyn eli aloituspaikalle ja asiakkaan talolle suunta-antennit. Suunta-antenneja testattiin hallilla vierekkäin ja myös hallilta asiakkaan talolle.

Asennuksien jälkeen tutkittiin TP-LINK CPE210 -Web-hallintasivulla olleella signaalilaatumittarilla paras mahdollinen paikka laitteille. Tämän jälkeen suoritettiin monia nopeustestejä speed test -nimisellä nettisivulla. Tuloksista katsottiin, kuinka hyvä on latenssiaika, lähetysnopeus ja latausnopeus. Näitten testien pohjalta saatiin vakaa toimiva internetyhteys asiakkaan talolle.

## LÄHTEET

- Brother. 2010. Mitä eroa on ad hoc-tilalla ja Infrastruktuuritilalla?. [Verkkosivu]. Brother Industries, Ltd. [Viitattu 13.1.2019]. Saatavana: [https://support.brother.com/g/b/faqend.aspx?c=fi&lang=fi&prod=nc2200w\\_all&faqid=faq00000447\\_000](https://support.brother.com/g/b/faqend.aspx?c=fi&lang=fi&prod=nc2200w_all&faqid=faq00000447_000)
- Gigantti. 2019. Langaton mesh-verkko. [Verkkosivu]. Gigantti. [Viitattu 13.1.2019]. Saatavana: <https://www.gigantti.fi/cms/langaton-mesh-verkko/langaton-mesh-verkkojarjestelma/#mesh>
- Jimm's PC-store. 2018. TP-Link CPE210, yhdistetty tukiasema ja suuntaava 9dBi tehoantenni ulkokäyttöön, 2.4GHz. [Verkkosivu]. Jimm's PC-Store Oy. [Viitattu 2.11.2018]. Saatavana: [https://www.jimms.fi/fi/Product/Show/111222/cpe210/tp-link-cpe210-yhdistetty-tukiasema-ja-suuntaavaa-9dbi-tehoantenni-ulkokayttoon-2\\_4ghz](https://www.jimms.fi/fi/Product/Show/111222/cpe210/tp-link-cpe210-yhdistetty-tukiasema-ja-suuntaavaa-9dbi-tehoantenni-ulkokayttoon-2_4ghz)
- Metis. 2017. Joo, 802.11 mutta mikä kirjain? (a, b, g, n, ac). [Verkkosivu]. Metis Oy. [Viitattu 13.1.2019]. Saatavana: <https://metis.fi/fi/2017/01/standardit/>
- Mobile Evolution. Ei päivystä. 4G LTE ulkoantennisarjat (MIMO). [Verkkosivu]. Mobile Evolution Oy. [Viitattu 2.11.2018]. Saatavana: <https://www.4g-antennit.fi/category/43/4g-lte-ulkoantennisarjat-mimo>
- National Geographic. 2017. Did you know Australia invented Wi-Fi?. [Verkkosivu]. National Geographic. [Viitattu 13.1.2019]. Saatavana: <https://www.nationalgeographic.com.au/australia/did-you-know-australia-invented-wi-fi.aspx>
- Peda.net. 2003. Ilmakehän rakenne. [Verkkosivu]. Peda.net. [Viitattu 26.10.2018]. Saatavana: [https://peda.net/oppimateriaalit/e-oppi/lukiot/oulainen/oulaisten-lukio/maantiede2/ops-2003/tellus122/tellus1-140115/luku\\_6/mediamappi/kuvat/ilmakeh%C3%A4n-rakenne](https://peda.net/oppimateriaalit/e-oppi/lukiot/oulainen/oulaisten-lukio/maantiede2/ops-2003/tellus122/tellus1-140115/luku_6/mediamappi/kuvat/ilmakeh%C3%A4n-rakenne)
- Räisänen, A. & Lehto, A. 2011. Radiotekniikan perusteet. 13. uud. p. Helsinki: Otatieto.
- TP-Link Technologies. 2018a. How to adjust orientation of outdoor AP for better signal coverage? [Verkkosivu]. TP-Link Technologies Co., Ltd. [Viitattu 2.11.2018]. Saatavana: <https://www.tp-link.com/ae/faq-1044.html>
- TP-Link Technologies. Ei päivystä. Monitor the Network (CPE and WBS). [Verkkosivu]. TP-Link Technologies Co., Ltd. [Viitattu 4.11.2018]. Saatavana: [https://www.tp-link.com/en/configuration-guides/monitoring\\_the\\_network\\_cpe\\_and\\_wbs\\_/?configurationId=18704](https://www.tp-link.com/en/configuration-guides/monitoring_the_network_cpe_and_wbs_/?configurationId=18704)

- TP-Link Technologies. Ei päiväystä. Introduction to Operation Modes (CPE and WBS). [Verkkosivu]. TP-Link Technologies Co., Ltd. [Viitattu 5.11.2018]. Saatavana: [https://www.tp-link.com/en/configuration-guides/introduction\\_to\\_operation\\_modes\\_cpe\\_and\\_wbs\\_/?configurationId=18702](https://www.tp-link.com/en/configuration-guides/introduction_to_operation_modes_cpe_and_wbs_/?configurationId=18702)
- TP-Link Technologies. 2018b. Pharos MAXtream introduction [Verkkosivu]. [Viitattu 5.11.2018]. TP-Link Technologies Co., Ltd. Saatavana: <https://www.tp-link.com/us/faq-694.html>
- TP-Link Technologies. Ei päiväystä. Quick Start Guide (CPE and WBS). [Verkkosivu]. TP-Link Technologies Co., Ltd. [Viitattu 8.11.2018]. Saatavana: [https://www.tp-link.com/en/configuration-guides/quick\\_start\\_guide\\_cpe\\_and\\_wbs\\_/?configurationId=18705](https://www.tp-link.com/en/configuration-guides/quick_start_guide_cpe_and_wbs_/?configurationId=18705)
- Viestintävirasto Kyberturvallisuuskeskus. 2014. WLAN-salaus salaa vain radioliikenteen. [Verkkosivu]. Viestintävirasto Kyberturvallisuuskeskus. [Viitattu 6.11.2018]. Saatavana: <https://www.viestintavirasto.fi/kyberturvallisuus/tietoturvanyt/2014/09/ttn201409091046.html>