

Langattomien yhteyksien toiminta

Asiantuntijan kehitys DNA Service Deskissä

LAB-ammattikorkeakoulu

Tieto- ja viestintätekniikka, Insinööri (AMK)

2024

Tino Utulahti

Tiivistelmä

Tekijä(t) Tino Utulahti	Julkaisun laji	Valmistumisaika
	Opinnäytetö, AMK	2024
	Sivumäärä	
27		
Työn nimi		
Langattomien yhteyksien toiminta		
Asiantuntijan kehitys DNA Service Deskissä		
Tutkinto ja koulutusala		
Tieto- ja viestintätekniikka, Insinööri (AMK)		
Tiivistelmä		
<p>Opinnäytetyössä perehdytään radioverkkoteknologiaan, ja kuinka yksittäinen henkilö voi vaikuttaa saamaansa yhteyteen. Työssä käsitellään radioverkkotekniikan kehitystä erilaisten teknikkojen ja sukupolvien kautta.</p> <p>Opinnäytetyössä pohdittiin asiantuntijan kehitystä työtehtävissään. Työnkuvaan kuuluvat asiakkaiden ilmoittamat palvelupyynnöt, näiden ratkaiseminen ja asiakkaalle viestiminen. Kehitystä seurattiin usean kuukauden ajan sekä itsenäisesti, että esihenkilön kanssa käydyissä keskusteluissa.</p> <p>Työssä todetaan aktiivisen seurannan ja keskustelun auttavan asiantuntijan kehittymistä.</p>		
Asiasanat		
Langattomat verkot, Langattoman tiedonsiirron sukupolvet, Modulointi, Kanavointi		

Abstract

Author(s)	Type of Publication	Published
Tino Utulahti	Thesis, UAS	2024
	Number of Pages	
	27	
Title of Publication		
Innerworkings of wireless communication		
Specialist development in DNA Service Desk		
Degree, Field of Study		
Bachelor of Information and Communication Technologies		
Abstract		
<p>This thesis focuses on wireless communications. This work explains the basics of cellular networks operate through different network generations and technologies. At the same time, it gives information how a user can affect their own connection.</p> <p>Thesis also looks at how a system engineer can better them self as a professional. Service Desk system engineers' main job is to handle ticket sent by the customers, come up with the solution to these incidents and then communicate these solutions to the customer. Thesis is written in perspective of an engineer that has evaluated them self after analyzing their own work for a few months. Part of the evaluation has been done in collaboration with the evaluated persons employer.</p> <p>Work concludes how regular evaluation can help employee to better themself as a specialist.</p>		
Keywords		
Wireless communication, Cell network generation, Modulation, Channeling		

Sisällys

1	Johdanto.....	1
2	Radioteknologian teoria	2
2.1	Radioteknologian perusta	2
2.2	Sähkömagneettisen säteilyn ominaisuudet	2
2.3	Radioaallon toiminta	3
2.4	Soluradioteknologia	3
2.5	Radiokaistan kanavointi.....	4
2.6	Modulointi.....	7
2.7	Verkkotekniikan sukupolvet	13
2.8	Yhteyden laatu	16
2.9	Yhteyden muodostuminen	17
3	Yhteyksien laadun mittaaminen ja parantaminen	18
3.1	Kokemuksen kerryttäminen	18
3.2	Vianrajausprosessi	19
3.3	Yhteyden mittaaminen.....	19
3.4	Yhteyden parantamiskeinoja	20
3.5	Muut vikatilanteet	22
3.6	Tiedon viestintä	22
3.7	Viestintä menetelmät	23
3.8	Kehitys työssä	24
4	Yhteenveto ja pohdinta	25
	Lähteet	26

Termejä

AM	Modulointi tapa, jossa hyödynnetään lähdesignaalin amplitudin muuttamista.
APN	Langattomien yhteyksien yhdyskäytävä
CA	Teknologia, jossa hyödynnetään useampaa taajuutta yhteyden muodostamiseen
CDMA	Kanavointi tapa, jossa käytetään koodia kanavointiin
DSS	Teknologia, jolla 4G ja 5G kanavataajuudet voivat toimia häiritsemättä toisiaan
EDGE	Kehittyneempi tapa liikuttaa data GSM verkossa
FDMA	Kanavointi tapa, jossa käytetään koodia kanavointiin
FDD	Tapa käyttää kahta eri kanavaa kaksisuuntaisen yhteyden muodostumiseksi
FM	Modulointi tapa, jossa hyödynnetään lähdesignaalin taajuuden muuttamista.
HSPA	Kehittyneempi tapa liikuttaa data UMTS verkossa
MIMO	Useamman antennin hyödyntäminen langattomassa yhteydessä
NMT	Ensimmäisen generaation radioteknologia, jota käytettiin tietyissä maissa
OFDMA	Kanavointi tapa, jossa käytetään erikseen moduloituja alakanavia
PM	Modulointi tapa, jossa hyödynnetään lähdesignaalin vaihteen muuttamista.
PSK	Digitaalisen lähteen moduloiminen, jossa muutetaan lähde signaalin vaihdetta
QAM	Modulointi tapa, jossa yhdistyy PSK ja AM
RSRP	Saatavan signaalin voimakkuus
RSRQ	Saatavan signaalin laatu
TDMA	Kanavointi tapa, jossa käytetään koodia kanavointiin
UMTS	Universaali standardi kolmannen sukupolven radioteknologialle

VoLTE Neljännessä generaatiossa tapa muodostaa puheluita.

2G / GSM Toisen generaation radioteknologia

3G / Kolmannen generaation radioteknologia
WCDMA

4G / LTE Neljännen generaation radioteknologia

5G / NR Viidennen generaation radioteknologia

1 Johdanto

Opinnäytteen tarkoituksena on avata verkkoteknologian toimintaa yleisesti ja tutkia miten laitteiden yhteyden laatua voidaan parantaa. Käsittelen ensin radioverkon historiaa ja toimintatapaa teoriatasolla. On tärkeää ymmärtää, miten radioverkko toimii, jotta sitä voidaan hyödyntää. Käsittelen myös kuinka teknisen osaajan tulisi kommunikoida lähtötietojaan toiselle opastettavalle henkilölle. Tässä otan enemmän näkökantaa oman kokemukseni kautta ja pyrin tuomaan esille miten itse olen parantunut viestinnässä.

Kokemustani olen päässyt kerryttämään työtehtävissäni DNA:lla. DNA on yksi suomen suurimpia teleoperaattoreita. DNA perustettiin vuonna 2001 ja se on tästä lähtien kasvanut isoksi osaksi Suomen viestintäverkkoa. Nykyään DNA on osa Telenor konsernia.

DNA:n radioverkko koostuu kahdesta osasta. Osa on DNA itse rakennuttama ja osa on Telian ja DNA yhteistyössä suunniteltu Suomen Yhteisverkko. Suomen Yhteisverkko toteuttaa langatonta verkkoa eritoten Pohjois- ja Itä-Suomen alueilla.

Opinnäytetyössä hyödynnän erilaisia lähdekirjoja sekä kokemustani töissä DNA:n Service Deskissä, joka keskittyy yritysten tietoliikenne ongelmien selvittämiseen ja ratkaisuun. Työssä olen päässyt tutustumaan moniin erilaisiin verkkoratkaisuihin, jossa on hyödynnetty sekä kiinteitä että langattomia verkkoyhteyksiä. Tässä opinnäytetyössä olen keskittynyt vain langattomien yhteyksien tutkimiseen.

Työn puolesta olen saanut paljon kokemusta erilaisista mobiiliverkon vikatilanteista. Vikatilanteet voivat johtua joko päätelaitteesta, päätelaitteen paikasta tai alueen radioverkosta. Tässä työssä keskityn eniten mitä yksittäinen käyttäjä voi tehdä parhaimman kokemuksen saamiseksi.

Työtehtävät jakautuvat paljon vian selvittämiseen sekä ratkaisun kommunikoimiseen asiakkaille. Vian selvittämiseen on käytössä useita erilaisia järjestelmiä. Riippuen ilmoitetusta viasta asiantuntijan tulee tehdä päätös käytettävästä järjestelmästä. Asiakasviestinnässä pääsääntöiset tavat ovat puhelut ja sähköpostit.

2 Radioteknologian teoria

2.1 Radioteknologian perusta

Langattoman tiedonsiirron perusta alkaa 1800-luvulla. Nykyiset tiedonsiirto teknologiat perustuvat useiden eri keksijöiden ja järjestöjen kehitykselle. Suurimpina ja tärkeimpinä niminä ovat Michael Faraday, joka osoitti sähköisten ja magneettisten voimakenttien olemassaolon, sekä niiden yhteydet. Faradayn teoriasta innostunut James Clerk Maxwell osoitti näiden kenttien keinotekoisien muodostumisen mahdolliseksi. (Granlund 2001, 4–5.)

Näiden teorioiden pohjalta Heinrich Hertz, Alexander Stephanovich Popov ja Guglielmo Marconi pystyivät iteroimaan. Lopulta Popov ja Marconi pystyivät kehittämään radiolinkin, joka ylsi useita kilometrejä. (Granlund 2001, 5–6.)

Radioteknologian kehittyessä paremmaksi, tuli tarve standardisoida yhteyksien eri aspek-teja. Esimerkkinä rajoittaa laitteita ja niiden käyttämiä radioaaltoja. Näin eri tarkoituksiin käytettävät radiotaajuudet eivät tulisi häiritsemään toisiaan. Tämä mahdollistaa paremman ja selkeämmän radiokeskustelun eri henkilöiden välillä. (Granlund 2001, 7.)

Tärkeitä organisaatioita ovat esimerkiksi ITU (International Telegraph Union); joka on jaet-tuna kolmeen alaosaan. Kehitystyö; nimeltään ITU-D. Radiotaajuuksiin liittyvä ITU-R. Sekä teleliikenteeseen ja puhelimiin keskittyvä ITU-T. (Granlund 2001, 7–9, ITU 2024)

2.2 Sähkömagneettisen säteilyn ominaisuudet

Radioverkkojen toiminta perustuu sähkömagneettiselle säteilylle. Säteily pystytään rajaa-maan useisiin eri aallonpituuksiin, jotka muodostavat eri taajuusalueet. (Granlund 2001, 10-)

Suomessa käytettyjen taajuuksien alueet mobiiliverkossa ovat 450MHz – 27,5GHz välillä. Näiden taajuusalueiden lupien myöntämisestä valvoo Traficom. On huomioitavaa, ettei koko väli ole tarkoitettuna tietoliikenneyhteyksille, vaan vain osa näistä taajuuksista on varattuna mobiiliverkolle. (Traficom 2023.)

Verkon taajuus siis on enimmäkseen VHF (Very High Frequency) ja UHF (Ultra High Fre-quency) luokkaa, mutta käytettävät taajuudet ovat lähestymässä jo SHF (Super High Fre-quency) luokkaa. VHF luokan aallon pituus on noin yhden metrin mittainen, kun taas UHF on vain 10 senttimetrin mittainen. SHF:llä aallon pituus on vain senttimetrin luokkaa, jonka takia yhteyksien nopeudet tulevat olemaan huomattavan nopeat. (Granlund 2001, 10.)

2.3 Radioaallon toiminta

Radioaallon liikkuesssa ilmassa, voi signaalissa ilmetä muutoksia riippuen lähettäjän ja vastaanottajan paikasta. Jo etäisyys vaikuttaa huomattavasti vastaanotettavan signaalin vahvuuteen. Lähettävän osapuolen aluetta, jossa signaali voidaan kuulla vastaanottajan puolesta, kutsutaan kuuluvuusalueeksi. Kuuluvuusalue voidaan jakaa kolmeen eri alasaan, sisäpeitto, ulkopeitto ja katvealue. (Granlund 2001, 12.)

Sisäpeitto

Sisäpeitto on alueena lähin lähettävää tukiasemaa. Sisäpeitossa vastaanottaja kuulee signaalin erinomaisesti ja se osaa erottaa tämän hyvin taustakohinasta. Tällöin yhteys on erinomainen vastaanottajan mielestä. (Granlund 2001, 12–14.)

Ulkopeitto

Ulkopeitossa oleva vastaanottaja pystyy kuulemaan lähettävän laitteen signaalia, mutta epäselvästi. Taustakohina voi häiritä tätä yhteyttä jopa niin paljon, ettei yhteyden muodostuminen kunnolla onnistu. (Granlund 2001, 12–14.)

Katvealue

Katvealueessa päätelaite ei pysty erottamaan lähettävän laitteen signaalia ollenkaan taustakohinasta. Tällöin yhteyden muodostuminen ei onnistu. Katvealueiden hankaluus ilmenee kuuluvuusalueen määrittämisessä. Vaikka laskennallisesti alue voisi olla jopa hyvässä sisäpeitossa, voi silti ulkoisten tekijöiden takia se olla katveessa. (Granlund 2001, 12–14.)

Radioaalto voi myös kulkiessaan heijastua pinnoista. Heijastuessaan voi kuuleva päätelaite havaita saman signaalin kahdesti eri aikoihin. Tämä voi aiheuttaa häiriötä signaalin vastaanottamisessa. (Granlund 2001, 12–14.)

Mobiiliverkoissa täytyy myös ottaa huomioon päätelaitteen mahdollinen liikkuvuus. Kun lähettävä tai vastaanottava päätelaite on liikkeessä, aiheutuu signaalissa Doppler ilmiötä. Doppler ilmiössä signaalin taajuus muuttuu riippuen liikkuvan osapuolen nopeudesta paikallaolevaan kohteeseen nähden. (Granlund 2001, 12–14.)

2.4 Soluradioteknologia

Ensimmäiset soluradioverkot olivat niin kutsuttua generaatio nolla radioverkkoa. Näissä kuitenkin ilmeni ongelmia, jos käyttäjä haluaisi liikkua. Puhelimen vaihtaessa solua puhelut katkesivat, sillä verkko ei osannut luoda samaa yhteyttä eri tukiasemien välillä. Tästä

myöhemmin kehitettiin ensimmäisen generaation verkko, joka mahdollisti puheluiden ylläpitämisen, vaikka päätelaitteen solu vaihtuisi. (Koivusalo 2023, 134.)

Nämä järjestelmät eivät kuitenkaan olleet globaaleja. Järjestelmät korkeintaan kattoivat useamman maan. Tästä hyvänä esimerkkinä on NMT (Nordic Mobile Telephone) joka oli käytössä Ruotsissa ja myöhemmin myös laajemmin Skandinaviassa. (Koivusalo 2023, 134.)

Solurakenteisen verkon yksi suurimmista eduista on liikkuvuus. Jokaiselle solulle voidaan määrittää oma taajuusalue, jota kyseinen solu toistaa. Solun taajuusalueita voidaan myös uudelleen käyttää, kunhan solujen väliset etäisyydet ovat tarpeeksi suuret. Kun vierekkäiset solut ovat eri taajuusalueilla, eivät nämä häiriköi toisiaan. Tämä mahdollistaa päätelaitteen liikkumisen solulta solulle pitäen verkkoyhteyden käyttäjän näkökulmasta pysyvänä. (Granlund 2001, 30–32.)

Solun koko voi myös vaihdella tukiaseman mukaan. Solujen eri koot ovat makrosolu, mikrosolu, picosolu ja femtosolu. Näistä makrosolua käytetään enemmän taajama-alueilla, joissa yhdistäviä päätelaitteita on huomattavasti vähemmän. Makrosolujen kantama voi ylittää kymmeniin kilometreihin. Mikro-, pico- ja femtosoluja käytetään puolestaan kaupungeissa, jossa käyttäjämäärä kasvaa huomattavasti. Näiden solujen kantama on muutamasta metristä noin yhteen kilometriin. (Koivusalo 2023, 127–128.)

Jotta yhtä solua pystyy käyttämään enemmän kuin yksi henkilö, täytyy solun jakaa kaista usealle alakaistalle. Kuinka kaista varataan käyttäjälle, riippuu käytettävästä teknologiasta. (Granlund 2001, 21.)

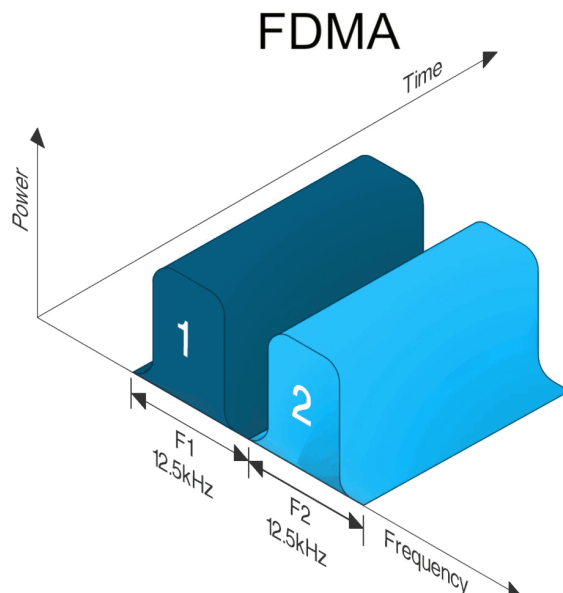
2.5 Radiokaistan kanavointi

FDMA

FDMA eli Frequency Division multiple access on yksi perinteisimpiä tapoja jakaa radio-kaista osa-alueisiin. FDMA teknologiassa nimensä mukaisesti jaetaan kanavia taajuuden mukaan. Jos käytämme FDMA teknologiaa digitaalisessa järjestelmässä, voimme hyödyntää myös muita jakoteknologioita kanavien määrän nostattamiseksi. (Granlund 2001, 21–22.)

Käyttöön voidaan ottaa vain yksi kanava, jolloin kyseessä on vain Half Duplex, eli vuorosuuntainen kanava. Kanavia voidaan ottaa käyttöön myös kaksi, jolloin kyseessä on Full Duplex eli kaksisuuntainen järjestelmä. Tästä on hyvänä esimerkkinä kuvio 1, jossa kanava on jaettuna kahteen alikanavaan. Kummankin kanavan taajuus on 12.5kHz. Kaksisuuntaisen järjestelmän etuna on, että yksi laite voi samanaikaisesti lähettää ja vastaanot-

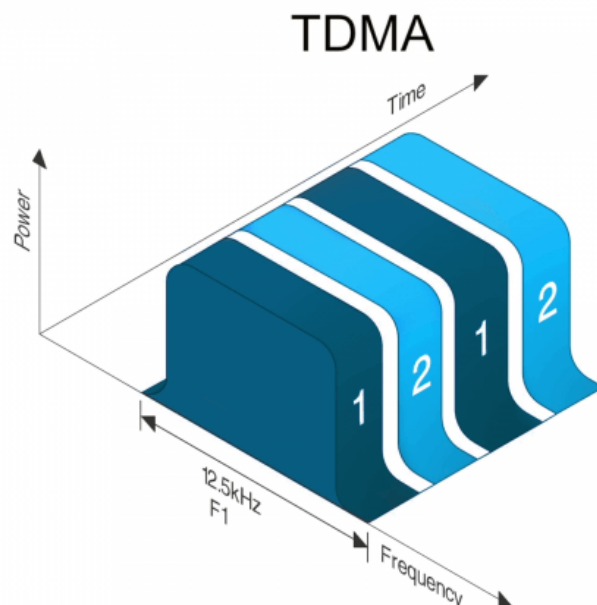
taa tietoa. Tästä on hyvänä esimerkkinä GSM verkossa suoritettava puhelu. Tätä kutsutaan Frequency Division Duplexi eli FDD. (Granlund 2001, 21–22.)



Kuvio 1. Kuvio FDMA toiminnasta, jossa on kaksi kanavaa (Tait Radio Academy)

TDMA

Time Division Multiple Access eli lyhyesti TDMA puolestaan jakaa kanavan ajallisesti eri käyttäjille. Aikajaossa yksi käyttäjä saa vuoron lähettää dataa omalla hetkellä tietyn ajan. Tämän jälkeen laite odottaa hetken, kun vuoro siirtyy muille. Käytyään kaikki kanavat läpi, palautuu vuoro takaisin samalle käyttäjälle. Esimerkkinä kuviossa 2 yksi 12.5kHz kanava on jaettuna 2 käyttäjälle. Kanavan käyttäjä vaihtuu tietyn väliajoin. (Granlund 2001, 23–24.)



Kuvio 2. Kuvio TDMA toiminnasta, jossa on kaksi käyttäjää (Tait Radio Academy)

TDMA:n isoin ongelma ilmenee sen tarkkuudessa. Tukiaseman lähettäessä dataa, lähettää se yhden TDMA kehyksen, josta kukin päätelaite käsittelee vain itselleen kuuluvan osan. Tämä on vielä yksinkertainen osuus. Hankaluus ilmenee, kun tukiasema vastaanottaa TDMA kehyksen. Jos kehyksen vastaanottamisessa tapahtuu viivettä, menee yhteys epäsykroniseksi. Vastaanotettavan kehyksen täytyy kuitenkin nähdä sanomat samassa järjestyksessä, jotta yhteys pysyy tasaisena. Lähettävien laitteiden voimakkuus ja matka voivat vaihdella huomattavastikin, jolloin kehyksen synkronoinnissa voi ilmetä hankaluuksia. (Granlund 2001, 21–22.)

CDMA

Code Division Multiple access, eli CDMA jakaa kanava taajuuden ajan ja taajuuden sijasta koodi osiin nimeltään lastu. Koska lastu voi olla useamman tukiaseman tiedossa, pystyy päätelaite teoriassa kommunikoimaan samanaikaisesti usean eri tukiaseman kanssa. Tämä myös helpottaa huomattavasti tukiaseman vaihtamista. (Koivusalo 2023. 130.)

CDMA pohjaisessa vaihdossa täytyy kuitenkin pitää mielessä synkronointi. Laitteiden pitää olla tietoisia ajanjaksoista, jotta tukiaseman vaihto onnistuu hallitusti. Toisena ongelmana helposti ilmenee lähetysteho. Riippuen etäisyydestä signaalin voimakkuus voi vaihdella huomattavasti, ja riippuen mitä keinoa käytetään signaalin muuttamiseksi biteiksi, voi tämä vaikuttaa saatuun tietoon. (Granlund 2001, 24–26.)

OFDMA

Uusimpana tekniikkana käytetään OFDMA:ta (Orthogonal Frequency Division Multiple Access). Tämä mahdollistaa tukiaseman jokaisen solun käyttämään koko kaistan laajuutta ja alakanavia. Näin jokaisesta kanavasta saadaan huomattavasti enemmän irti. (Koivusalo 2023, 130–131.)

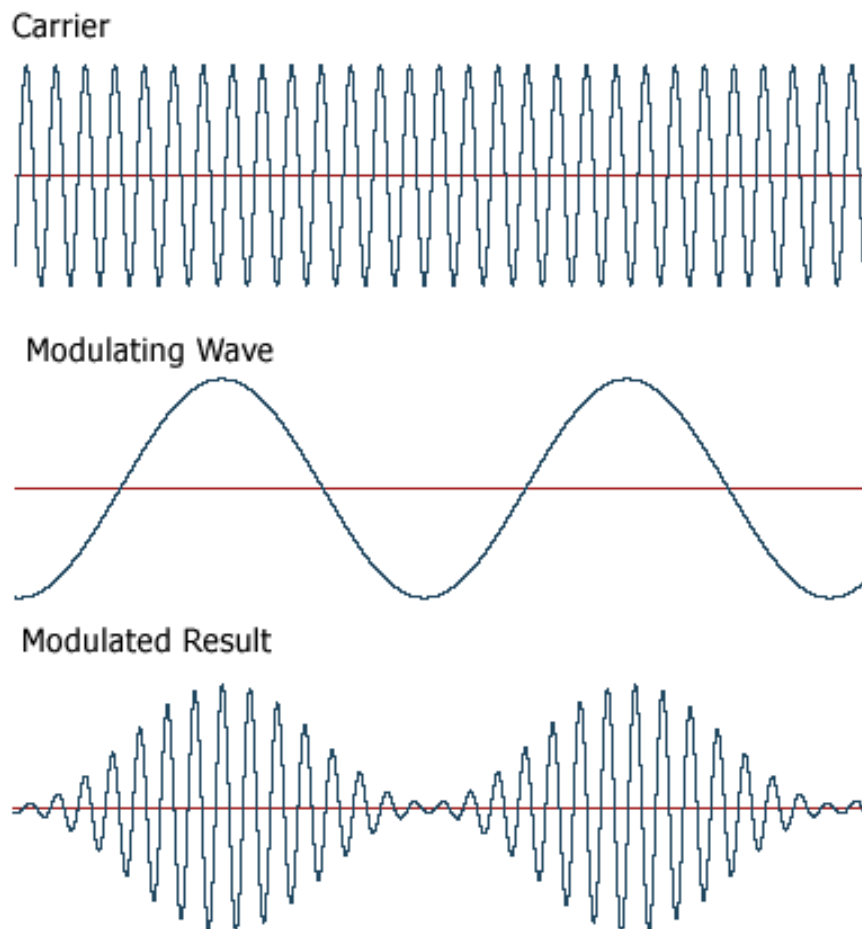
Tämä ei kuitenkaan ole täysin ilman hankaluuksia. Jos käyttäjä on kahden solun välissä, voi päätelaite kuulla kummatkin solut yhtä suurella voimakkuudella. Tällöin toinen solu aiheuttaa vain häiriötä päätelaitteelle. Tällaisiin tilanteisiin on kuitenkin kehitetty ratkaisuja, jotka vähentävät isoimpia häiriötä, jotka johtuvat päällekkäisistä soluista. (Koivusalo 2023, 130–131.)

2.6 Modulointi

Jotta sähkömagneettisella säteilyllä voidaan kuljettaa dataa, pitää säteilyä moduloida. Modulointia voidaan tehdä muutamalla eri tavalla. Valitun modulointi tavan käyttö riippuu täysin halutusta toiminnasta. (Electronics notes a.)

AM

Amplitude Modulation lyhennettynä AM on tekniikka, jossa digitaalinen signaali moduloidaan käyttämällä kantoaallon amplitudia. Kun lähetettävä bitti on nolla, myös aallon voimakkuus on alhainen. Kun taas lähetettävä bitti on yksi, aallon voimakkuus on korkea. Tästä on esimerkkinä kuviossa 3 tapahtuva modulaatio. (Electronics notes b.)



Kuvio 3. Esimerkki amplitudi moduloinnin toiminnasta (PC Mag a)

Koska Amplitudimodulaatio on yksinkertainen tapa muuttaa sähkömagneettisen säteilyn dataa kuljettavaksi signaaliksi, on sen käyttö yleistä erilaisissa käyttökohteissa. Yleisin käyttötapa tälle nykyään on yhteys ilmassa oleviin lentokoneisiin. Toinen käyttökohde on AM evoluutio QAM, josta enemmän myöhemmin. (Electronics notes b.)

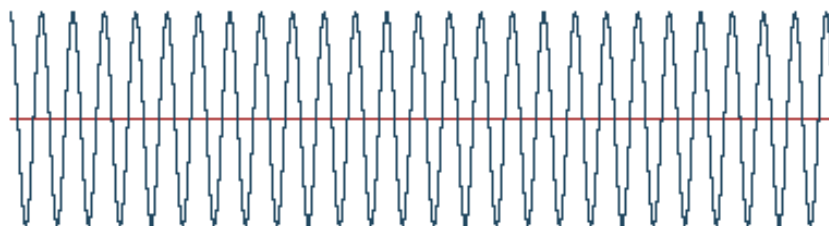
AM etuudet ovat sen yksinkertaisuus. Tämä on myös johtanut siihen, että amplitudimodulaation laitteet ovat myös huomattavasti halvempia muihin modulaatiolaitteistoihin verrattuna. Heikkoutena on kuitenkin modulaation herkkyys häiriölle ja laitteiden suurempi energian kulutus. Näiden takia toiset modulointitavat ovat käytössä, kun halutaan tehokkaampia modulointitapoja. (Electronics notes b.)

FM

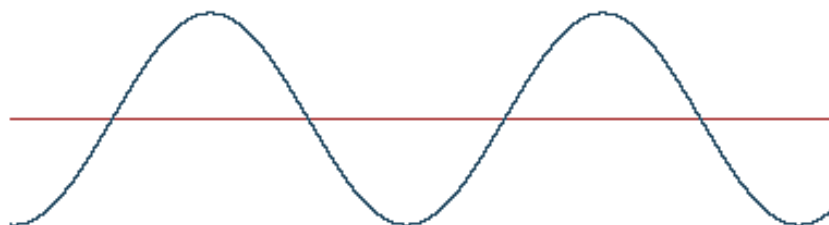
Frequency Modulation puolestaan käyttää moduloinnissa taajuutta. Tällöin viestiä moduloidaan yhteyden taajuuden avulla. Yhteyden aallon pituus siis muuttuu riippuen lähe-

tettävästä merkistä. Perinteisessä menetelmässä bitin ollessa yksi, käytetään korkeampaa taajuutta. Bitin puolestaan ollessaan nolla käytetään alempaa taajuutta. Tämä huomataan kuvio 4 havainnollistamassa kuviossa. (Electronics notes c.)

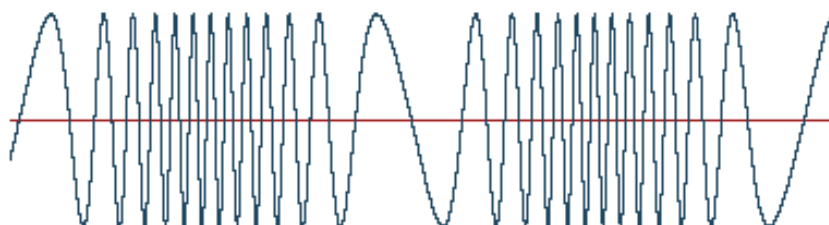
Carrier



Modulating Wave



Modulated Result



Kuvio 4. Esimerkki taajuus moduloinnin toiminnasta (PC Mag b)

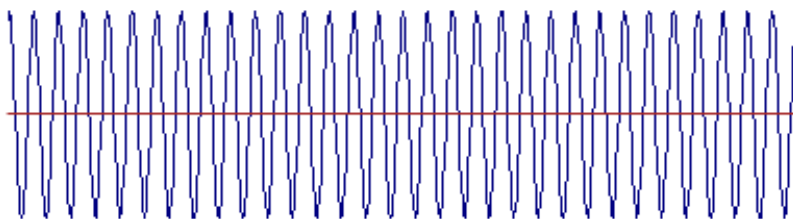
Taajuusmoduloinnissa etuna on parempi kestävyys häiriölle. Tämän takia FM on paljon parempi vaihtoehto kaksisuuntaisille radioyhteyksille. Taajuusmodulointi myös vaatii vähemmän energiaa verrattuna amplitudimodulointiin. Heikkoutena FM:llä on kuitenkin suurempi kaistan käyttö kuin AM:llä. Myös laitteet ovat hieman kalliimpia ja tämän takia FM on jäänyt enemmän radion toistamiseen kuin datan kuljettamiseen. (Electronics notes c.)

PM

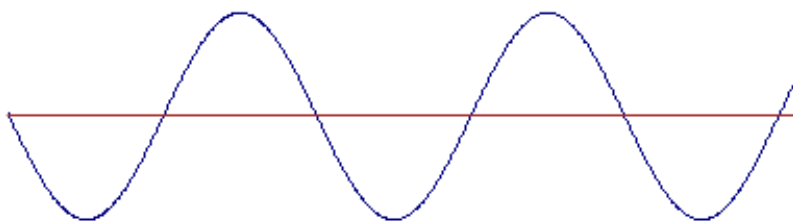
Phase Modulation, suomeksi vaihdemodulaatio, moduloi yhteyttä muuttamalla lähetettävän signaalin kulmaa. Vaihdemoduloinnissa hyödynnetään radioaallon ominaisuuksia.

Kun radioaallon siniaalto pysyy samana, lähettää signaali tiettyä merkkiä. Kun aallon kulma vaihtuu, vaihtuu myös lähetettävä merkki. Vaihdemodulaatio vaikuttaa huomattavasti samanlaiselta kuin FM kuten kuviosta 5 näkee. (Electronics notes d.)

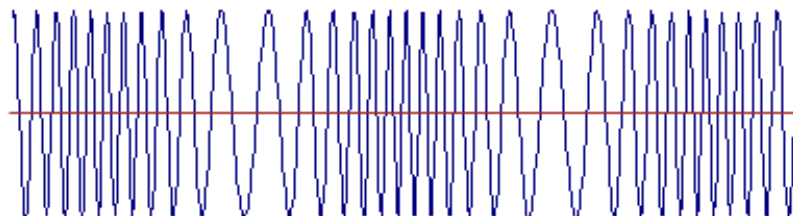
Carrier



Modulating Wave

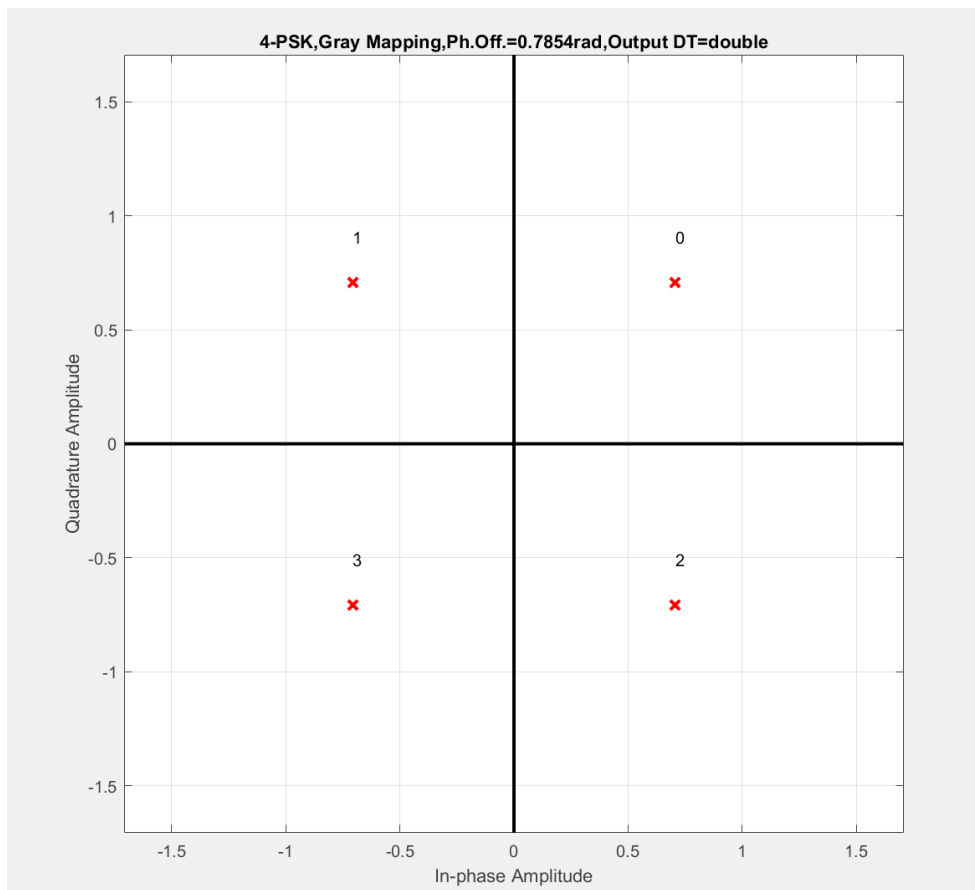


Modulated Result



Kuvio 5. Esimerkki vaihde moduloinnin toiminnasta (PC Mag c)

Vaihdemodulaation tunnetuin version on Phase Shift keying, lyhennettynä PSK. PSK kaksi tunnetuinta versiota ovat binäärinen ja nelivaihteinen modulointi. Binäärisessä vaihteen muutoksessa vaihteluvälejä on vain kaksi. Tällöin signaalin muutos on 180 astetta. Tämä tunnetaan nimellä BPSK eli Binary Phase Shift keying. Nelivaihteisessa moduloinnissa eli Quadrature Phase Shift Keying modulointia tapahtuu puolestaan neljässä vaihteessa. Tällöin aallon muutos on 90 astetta. Tästä on esimerkkinä kuvio 6, josta näkee QPSK eri vaihteet. (Electronics notes. 2024d)

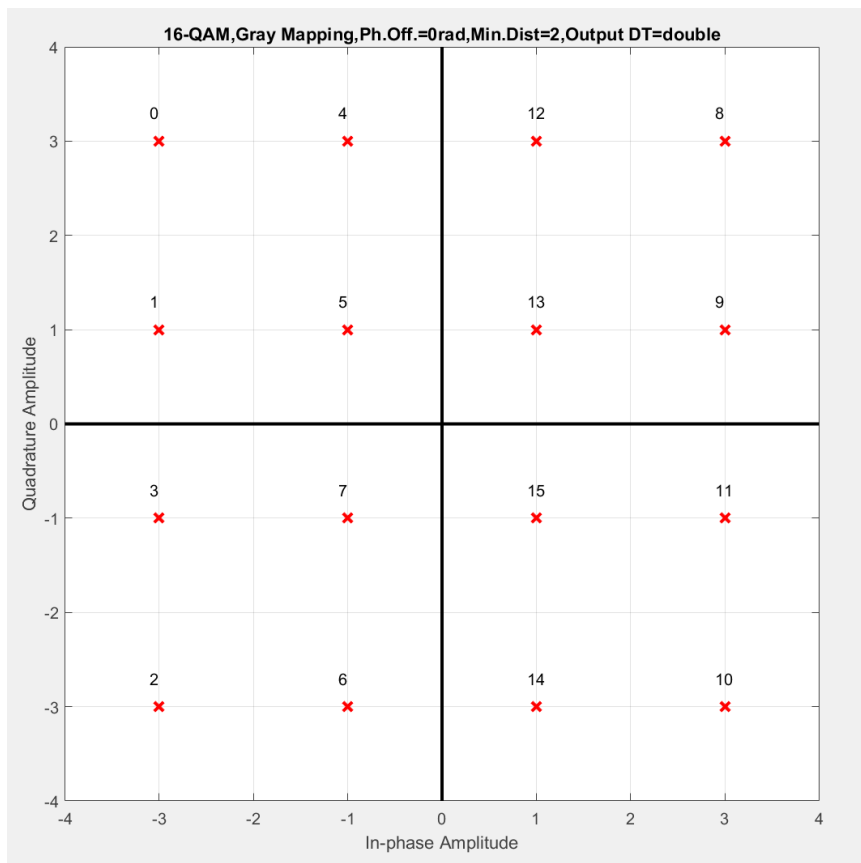


Kuvio 6. Nelivaihteinen modulointi

QAM

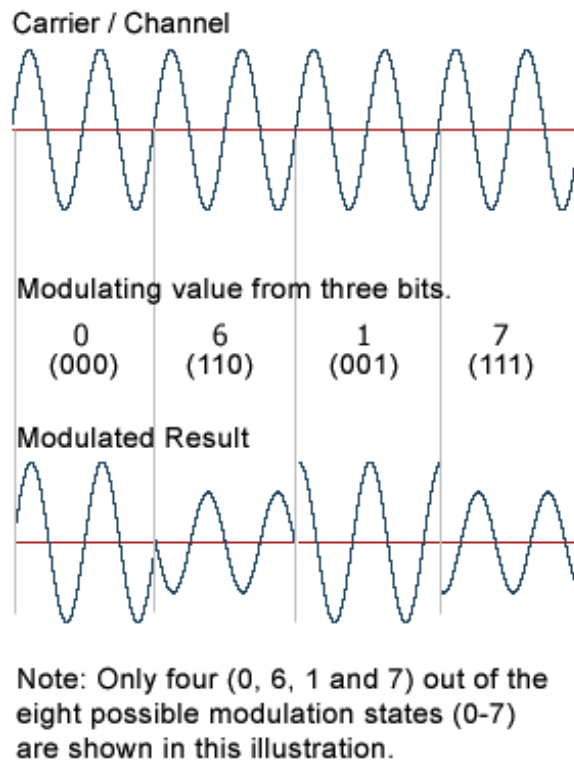
Nykyisissä LTE verkoissa käytetään kuitenkin kahden moduloinnin yhdistelmää. QAM eli quadrature amplitude modulation yhdistää QPSK:n ja AM:n. Tällöin signaali sisältää kaksi lähetettävää aaltoa. Aallot ovat taajuudeltaan samat, mutta ne ovat vaihteeltaan eri. QAM avulla pystytään saavuttamaan vielä tiheämpää käyttöä kanaville. (Techtarget. 2024)

QAM signaalin avulla yhdellä merkillä pystytään lähettämään useita bittejä. Tämä mahdollistaa tietoliikenneyhteyden nopeuden kasvattamisen. Yksin kertaisia esimerkkejä tästä ovat 2QAM ja 4QAM. Koska näissä käytetään vain kahta tai neljää vaihdetta, ovat ne käytännössä samoja kuin BPSK ja QPSK. Koska nämä ovat niin samoja 2QAM ja 4QAM kanssa, käytetään nykyisissä yhteyksissä vähintään 16QAM tekniikkaa. Kuvio 7 osoittaa miltä 16QAM konstellaatio näyttää. Tässä jokainen merkki sisältää 4 bittiä. QAM avulla voidaan siis yhdessä merkissä lähettää useita bittejä symbolissa. Kuviossa 8 havainnollistetaan bittien 000 110 001 111 lähettämistä QAM moduloidulla signaalilla. 8QAM pystyy yhdellä merkillä lähettämään 3 bittiä kerralla. (Electronics notes. 2024e)



Kuvio 7. 16QAM konstellaatio

DIGITAL QAM (8QAM)



Kuvio 8. Esimerkki nelivaihteisen amplitudi moduloinnin toiminnasta (PC Mag d)

Tiheämmässä moduloinnissa on myös omat heikot puolensa. Mitä tiheämpi modulointi, sitä herkempi signaali on häiriölle. Tämän takia valittava modulointi tekniikka pitää miettiä tapauskohtaisesti. (Electronics notes d.)

2.7 Verkkotekniikan sukupolvet

Kuten Koivusalo (2023, 134) toteaa, ensimmäisen generaation soluverkot olivat vain maakohtaisia. Tämä loi ongelman, jos käyttäjä halusi soittaa toisesta maasta kuin mistä alkuperäistä linjaa ei oltu hankittuna. Kuitenkin päätelaitteiden pienentyessä ja mobiilikäyttäjien kasvaessa tarvittiin ratkaisu, jolla erilliset käyttäjät saataisiin yhteen.

2G / GSM

Yksi vanhimmista vielä käytettävistä verkkotekniikoista tunnetaan nimellä 2G, Second-Generation, verkkona tai GSM (Global System for Mobile Communications). GSM verkko tuli käyttöön Suomessa vuonna 1991 Radiolinjan toimesta. (Elisa. 2024)

Tällöin kyseisessä verkossa toimivat vain puhelut, mutta jo muutama vuosi myöhemmin 1994 myös tekstiviestit ja datapalvelut tulivat käytettäväksi GSM verkkoon. (Granlund 2001, 164.)

Myöhemmin GSM verkkoa päivitettiin niin sanottuun 2.75G verkkoon, joka tunnetaan paremmin nimellä EDGE eli Enhanced Data for GSM Evolution. Parhaimmillaan EDGE verkko kolminkertaisti verkon latausnopeuden 384 kbps, mutta tärkeimpänä EDGE verkko loi pohjan, jonka päälle pystyi rakentamaan 3G verkkoa (Granlund 2001, Ghayas 2021)

GSM verkko käyttää FDMA- TDMA yhdessä eri kanavien rajaamiseen käyttäjilleen. Näiden yhdistelmällä ja niitä moduloimalla GMSK:lla (Gaussian Minimum shift key) saadaan aikaan niin sanottu purske. Tämä purske kulkee vain tietyllä alakanavalla ja aikajaksolla. Tällä mahdollistettiin useamman käyttäjän kiinnittytymisen GSM verkkoon. (Koivusalo 2023, 147–148.)

3G / WCDMA

Teknologian kehittyessä, rupesivat käyttäjät tarvitsemaan nopeampaa ja parempaa data-verkkoa. 2000 – luvun alkupuolella julkaistiin seuraava askel mobiiliverkko teknologiasta, joka oli kolmas sukupolvi verkkoteknologiasta. 3G nimellä tunnettu verkko nosti mobiiliverkon nopeutta 2Mbps latausnopeuteen. 3G verkon nopeuden mahdollisti uusi tapa kanavoida kaista laitteen ja verkon välillä, CDMA. CDMA mahdollisti laajemman kanavataajuuden käytettäväksi mobiiliverkossa. (Granlund 2001, 202–203; Ghayas 2021.)

Yhteyksien epäyhteensopivuuksien takia kehittyi organisaatio, joka halusi varmentaa yhtenäisen verkkoteknologian kehityksen laajemmin. Tämän organisaation nimi on Third-Generation Partnership Project, joka nimensä mukaisesti alkoi kehittämään laajaa standardisointia 3G verkkoteknologian ylle. 3GPP otti myös allensa 2G verkkojen ylläpidon ja myöhemmin on ollut osana LTE verkon standardointia. (Koivusalo 2023, 211–214.)

3G verkosta oli tarkoitus tulla universaaliksi standardiksi, jonka takia se myös nimettiin UMTS:ksi eli Universal Mobile Telecommunication System. Valitettavasti Pohjois-Amerikassa samaan aikaan luotiin oma 3G standardi, jonka takia UMTS ei ollut loppujen lopulta täysin universaali standardi. (Koivusalo 2023, 212–214.)

4G / LTE

Seuraavana askeleena verkkoteknologiassa oli 4G sukupolven käyttöönotto. 4G teknologia mahdollistaa vielä suuremman yhteyden nopeuden ja alemman latenssin. 3G teknologiaan verrattuna 4G kantama on vain matalampi, jonka takia 4G tukiasemia joudutaan rakentamaan tiheämmin verrattuna 3G verkkoon. (3gpp 2022; Koivusalo 2023, 277–279.)

Kehityksen 3G verkosta 4G verkkoon oli usean eri iteraation prosessi. 3G kehittyi datan käytössä ensin HSPA (High Speed Packet Access) joka nostatti verkon nopeuden 7.2 Mbps. HSPA kehittyi vielä edistyneemmäksi versioksi, jota kutsuttiin nimellä Evolved High Speed Packet Access, eli lyhennettynä HSPA+. Tämä siirtymä on nimetty Long-Term Evolutioniksi. (Klein 2016)

4G verkon varmuutta ja nopeutta lisää uusi teknologia nimeltään Carrier Aggregaatiton, eli lyhennettynä CA. Tämä mahdollistaa laitteen yhdistävän usealle eri 4G taajuudelle. Näin jos laite toteaa yhden taajuuden olevan heikko, pystyy laite nopeammin vaihtamaan käytettävää taajuutta. Myös useamman taajuuden kanssa toimiminen mahdollistaa isomman latausnopeuden verkossa. (Koivusalo 2023, 280; 3gpp 2022.)

LTE yhteyksien varmuutta kasvatti useamman antennin käyttö myös vastaanottavassa laitteessa. Useammalla antennilla on monia eri hyötyjä, mutta niin kutsuttu MIMO Multiple input Multiple Output on näistä yleisin. MIMO mahdollisti kahden tai useamman antennin käytön joko nopeammalle tai varmemmalle datayhteydelle. (Koivusalo 2023, 129.)

Koska yhä useammat käyttivät mobiiliverkkoja pakettidatan käyttöön puheluiden sijasta, LTE:n aikana myös puhe siirtyi piiri puolelta paketti puolelle. 4G alkoi tukemaan Voice Over IP puheluita, joista sille oma Voice Over LTE eli VoLTE tuli käyttöön. Näin verkko pystyttiin optimoimaan vain datan kuljetukseen. (Koivusalo 2023, 280.)

5G / NR

Uusimpana verkkoteknologiana julkisessa käytössä on viidennen generaation teknologia. 5G teknologian on tarkoitus olla kehittyneempi versio LTE verkoista. Isoimpana viejänä 5G:ssä on IoT (internet of things) laitteiden kehittyminen ja yleistyminen. Itse 5G teknologiaa kutsutaan myös 5G NR (New radio) (Koivusalo 2023, 335.)

5G eri taajuusalueita halutaan kohdentaa riippuen käyttötarkoituksesta. Matalataajuiset kanavat on tarkoitettu käytettäväksi taajama-alueille pitkille matkoille, sekä tiheästi asuttuihin kaupunkeihin, joissa tarvitaan parempaa läpäisytehoa radioaalloille. Korkeammat taajuudet ovat taas tarkoitettu laitteiden ulkokäyttöön, jossa radioaallon ei tarvitse kulkea kuin satoja metrejä. Tarkoituksena ei ole kuitenkaan luoda huomattavasti tiheämpää radioverkkoa verrattuna LTE verkkoon. (Koivusalo 2023, 335–338.)

Parhaillaan käytössä oleva 5G verkko on suurimmalta osaltaan niin kutsuttua 5G NSA verkkoa. Tässä käytetään LTE verkkoa hyödyksi, luoden sillä ensin yhteys, jonka jälkeen hyödynnetään 5G yhteyksiä nopeuden nostamiseksi. Ongelmana tässä on ilmennyt 5G ja LTE verkkojen samojen taajuusalueiden käyttö. Tähän ongelmaan on ratkaisu nimeltään

DSS (Dynamic Spectrum Sharing), jossa samaa kanavataajuutta voidaan käyttää sekä LTE että 5G verkossa. (Koivusalo 2023, 335–338.)

2.8 Yhteyden laatu

Yhteyteen voi vaikuttaa useampi eri tekijä. LTE verkoissa on kaksi tärkeää arvoa yhteyden mittaamisessa. Näiden mittareiden arvot pystyvät hyvin kertomaan yhteyden laadusta ja millä toimilla sitä voi parantaa. Taulukko 1 avaa hieman eri raja-arvoja, joita yleisesti näkee, mutta nämä eivät aina ole täysin yksiselitteisiä. (Kline 2021.)

When will an external Antenna (not) help?			
RF Experience	RSRP (dBm) Reference Signal Received Power	RSRQ (dB) Reference Signal Received Quality	SINR (dB) Signal to Interference & Noise Ratio
Excellent	≥ -80	≥ -10	≥ 20
Good	-80 to -90	-10 to -15	13 to 20
Mid Cell	-90 to -100	-15 to -20	0 to 13
Cell Edge	≤ -100	≤ -20	≤ 0

Taulukko 1. Signaalin arvojen raja-arvoja (Poynting Antennas 2021)

RSRQ, eli Reference Signal Received Quality kertoo vastaanotettavan signaalin laadusta. Laadun arvo voi vaihdella 0dB ja -20dB välillä. Kun arvo on 0dB ja -9dB välillä, on yhteys erinomainen. Laadun pudotessa -9dB ja -12dB välille yhteys on vielä hyvä, mutta laadussa voi havaita katkoksia. Yhteyden pudotessa -13dB alle yhteyden laatu on heikosta lähes olemattomaan. (Kline 2021.)

RSRP eli Reference Signal Received Power kertoo vastaanotetun signaalin voimakkuuden. RSRP arvot voivat olla 0dBm ja -120dBm välillä. Raja arvot RSRP:ssä ovat seuraavat. Alle -90dBm arvot ovat erinomaista yhteyttä. Taas -90dBm ja -105dBm väliset arvot ovat hyviä arvoja. Arvojen pudotessa -106dBm - -120dBm väliin yhteys on heikko, mutta

käytettävissä. Alle -120dBm arvo on niin heikko, ettei yhteyttä ole käytännössä ollenkaan. (Kline 2021.)

2.9 Yhteyden muodostuminen

Jotta mobiiliverkossa oleva laite pystyy yhdistymään verkkoon, tarvitsee se IP-osoitteen. Mobiililaitteet saavat tämän osoitteen tietyltä yhdyskäytävältä. Mobiililaitteissa tämän yhdyskäytävän nimi on APN (Access Point Name). (Infobip 2024.)

APN muodostuu merkkijonosta, jonka määrittää palvelua tarjoava operaattori. Eri palvelut, kuten internetin käyttö ja tekstiviestit, tarvitsevat omat APN-osoitteet. Yleisesti nämä ovat määritelty automaattisesti, mutta halutessaan niitä voi asettaa manuaalisesti. (Infobip 2024.)

APN voi olla julkinen tai yksityinen osoite. Normaalissa käytössä olevat APN-osoitteet ovat julkisia osoitteita ja näitä käytetään laitteiden yhdistämisessä julkisiin verkkoihin. Jos jokin taho haluaa yhdistää mobiililaitteen omaan yksityiseen verkkoon, tarvitsee hän yksityisen APN-osoitteen. Näin mobiililaite pystyy yhdistämään esimerkiksi organisaation omaan sisäverkkoon mobiililaitteella. Tämä ei kuitenkaan ole VPN (Virtual Private Network) -ratkaisu, vaan se voi tarvita tällaisen erikseen. (Infobip 2024.)

3 Yhteyksien laadun mittaaminen ja parantaminen

3.1 Kokemuksen kerryttäminen

Työn ohessa seurasin säännöllisesti vanhempia ratkaisemiani tapauksia. Päivät ovat olleet monimuotoisia ja olen näissä päässyt käsittelemään mitä erilaisempia dataratkaisuja. Eniten olen keskittynyt langattoman verkon haasteisiin.

Vaikka kiinteä verkko on aina varmempi, ei sen käyttöönotto ole kaikille mahdollista. Tässä langattoman verkon vahvuus piilee. Yhdellä tukiasemalla voidaan saavuttaa useita käyttäjiä laajalla alueella nopeammin kuin kiinteän yhteyden rakennuttamisella. Langattoman verkon huonona puolena on sen monimutkaisuus.

Vaikka nykyään langattomat verkot peittävät hyvin Suomea, ei se välttämättä tarkoita, että koko Suomessa on täysin kattava verkko. Vaikka tukiasemien paikkoja suunnitellaan mahdollisimman tarkasti, jää silti katvealueita, joista ei välttämättä ollut alun perin tietoa.

Haasteita on myös tuonut 3G verkon alas ajaminen. Vaikka 3G verkon taajuuksia on voitu myös hyödyntää uudelleen 4G ja 5G verkossa, on tapauksia, jossa 3G verkon läpäisevyys on vain ollut parempi.

Työtehtävien keskuudessa on tullut huomattua lähtötietojen tarpeellisuus. Vian rajaukseen aloittamiseen ei aina välttämättä saada tarvittavia tietoja, ja yleisin puute on vikatilanteiden esimerkeissä. Näitä joko ei ole tai esimerkit ovat niin vanhoja, ettei niiden sisältämää dataa pystytä enää hyödyntämään.

Vaikka monien erilaisten järjestelmien osaaminen ja ymmärtäminen onkin tärkeää työtehtävässä, on kuitenkin tärkeintä osata kommunikoida toisten henkilöiden kanssa. Olkoon se kollegoiden tai itse asiakkaiden kanssa. Se että asiasta päästään yhteisymmärrykseen on työtehtävässä tärkeintä.

Jos kommunikointi muun tiimin kanssa on huonoa, voi tämä aiheuttaa ylimääräistä työtä tekijöiden kesken. Tällöin helposti samaa prosessia tehdään usein ja itse työn tekeminen hidastuu tämän takia. Siksi onkin tärkeää kirjata tehdyt toimenpiteet ja niistä saadut tulokset ylös, jotta jos tarve vaatii, pystyy toinen henkilö tarkistamaan ja kommentoimaan tehtyä työtä. Asiakkaan kanssa kommunikoinnissa puhun enemmän myöhemmässä kohdassa.

3.2 Vianrajausprosessi

Kun aloin tottua käytettävissä oleviin järjestelmiin alkoi itse vianrajausprosessin parantaminen. Useiden eri iteraatioiden kautta päädyin lopulta seuraavaan järjestykseen.

Ensimmäisenä tarkistan yleiset tiedotteet. Onko tiedossa yleistä verkkovikaa lähialueella, joka selittäisi yhteyden heikkouden. Tämä voi johtua yleisimmin alueella tehtävistä huoltotoista tai tukiaseman viasta. Jos vikaa on näissä havaittavissa, ilmoitan tukiaseman tilasta alueella.

Jos alueen tukiasemat ovat normaalissa tilassa lähden tarkistamaan annetuilla ajanhetkillä laitteen ilmoittamia RSRP ja RSRQ arvoja. Tässä myös otan ilmoitetun vian myös huomioon. Jos annetussa työtehtävissä mainitaan hitaista yhteyksistä tutkin enemmän RSRP arvoja. Jos taas vika on yhteyden pätkimisessä, kertoo RSRQ arvo enemmän tilanteen toimintaa.

Jos arvot näyttävät heikonpuoleiselta, tarkistan voiko kyseessä olla katvealue. Tarkistan, onko annettu osoite sisä- vai ulkopeitossa. Katson myös, onko osoitteen ja tukiaseman välillä isoja muutoksia maaston korkeudessa. Jos vika jää katveeseen teen siitä ilmoituksen eteenpäin, jotta osoitteen kuuluvuutta voidaan parantaa tulevaisuudessa.

Jos puolestaan katvetta ei ole havaittavissa lähden tarkistamaan laitteen signalointia. Tarkistan millä APN-osoitteella laite muodostaa yhteyden ja onko se pitänyt muodostunutta yhteyttä katkaisematta yllä. Jos signaloinnissa on havaittavia virheitä, käyn tarkistamassa mitä virheilmoituksia laite on antanut verkkoa kohti.

3.3 Yhteyden mittaaminen

Ennen yhteyden parantamista, täytyy olla tiedossa miten signaali on huono. Suurimmissa osissa mobiilidata päätelaitteissa itse laitteessa on näkymä, josta signaalin arvot voidaan tarkistaa. Puhelimista samanlaista ominaisuutta ei välttämättä löydy. Tällöin yhteyden mittaamiseen joutuu turvautumaan erilliseen sovellukseen.

Yhteyden arvoja kannattaa mitata myös eri aikoina. Yhteyden heikkeneminen voi johtua tukiaseman ruuhkaisuudesta. Eri aikoina mittaaminen minimoi ruuhkaisuuden vaikuttavuuden lopullisessa mittaustuloksessa.

Mittauksen aloittaminen kannattaa aloittaa vasta pienen hetken kuluttua, että päätelaite ja tukiasema ovat onnistuneesti muodostaneet yhteyden. Yhteyden arvoja on myös hyvä seurata pienen hetken. Yhteydessä on mahdollista ilmetä heittoja, jotka voivat kertoa ongelmallisesta yhteydestä.

3.4 Yhteyden parantamiskeinoja

Asia, joka parantaa eniten yhteyden laatua ja voimakkuutta on esteettömyys antennien välillä. Eri materiaalit heikentävät yhteyden laatua eri tavalla. Paksu paperi ei aiheuta lähes ollenkaan häiriötä yhteydelle, mutta mieltein yhtä paksu pala metallia voi heikentää yhteyden laatua jo huomattavasti. Toinen yleinen yhteyttä heikentävä materiaali on kiviset talon seinät. Nämä heikkoudet tulee huomattua heti signaalin arvoissa.

Kuviossa 8 on havainnollistettu toimistotilaan suunnitellun sisäverkon kuuluvuutta. Kuten kuvioista huomaa seinät heikentävät huomattavasti signaalin voimakkuutta. Kuviossa huomataan, kuinka avoimessa tilassa kuuluvuus on huomattavasti parempi pidemmillä matkoilla kuin käytävällä, jossa on paljon kulmia. Tämä on hyvä esimerkki, minkä takia kuuluvuudessa on hyvä ottaa laitteen esteettömyys harkintaan sen asettelussa.

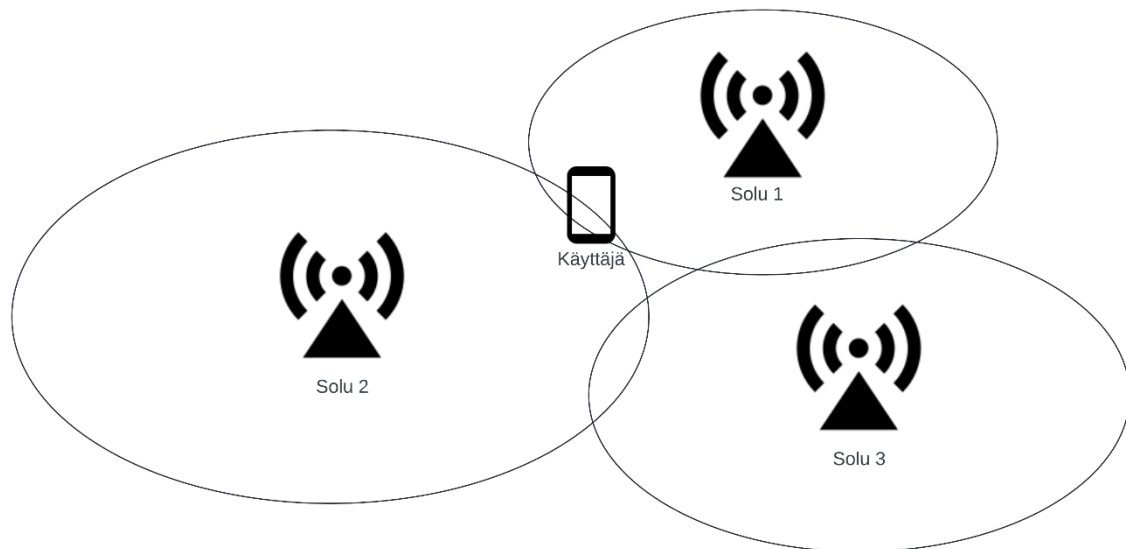


Kuvio 8. Toimistotilan langattoman sisäverkon peittokartta

Signaalin voimakkuuden heikkeneminen voi johtaa siihen, että kauempana oleva radio-tukiasema antaa parempaa signaalin arvoa kuin lähempänä oleva tukiasema. Tämä voi johtua esteistä, kuten maaston muodosta tai muista rakennuksista. Tai jopa eri solujen koosta.

Pahimmassa tapauksessa näiden signaalien voimakkuudet ovat yhtä suuret, jolloin päätelaite kuulee signaalit yhtä voimakkaasti. Tällöin tukiasemien signaalit häiritsevät toisiaan ja tästä aiheutuu tukiasemien välillä oleva dominanssi ongelma. Tämä näkyy laitteelle huonona signaalin laatuina. Tällöin yhteydet pätkevät, sillä päätelaite vaihtelee paljon kahden tai useamman tukiaseman välillä. Tällöin yleensä huomataan jo paljonkin eroa yhteydessä aivan muutaman metrin paikan vaihdon kanssa.

Tällaista vikaa olen kuvannut kuviossa 9. Käyttäjä on solun 1 ja 2 välissä, missä solu 1 on lähempänä käyttäjää. Tästä huolimatta käyttäjä voi yhdistyä soluun 2 jos tämän tarjoama signaali on parempi käyttäjän päätelaitteen mukaan.



Kuvio 9. Dominanssi ongelma kahden solun välillä

Joissain tapauksissa tätä voi käyttää jopa yhteyden parantamiseksi. Toisella paikalla saadaan heikennettyä kohtalaisesti kuuluvan tukiaseman signaalia niin, että vain toinen kuuluu hyväksyttävästi ja tukiasemien välinen hyppelehtiminen loppuu. Kuvion 9 esimerkissä vaikka mokkulan sijoittaminen niin, että se on lähempänä solua 1 voi jo huomattavasti heikentää solusta 2 tulevaa signaalia ja täten parantaa yhteyden toimivuutta.

Yksi erittäin suosittu tapa välttää rakennusten materiaalien aiheuttamat signaalin heikentymisen on laitteen sijoittaminen rakennuksen ulkoseinään. Markkinoille on viime vuosien aikana ilmestynyt makkuloita, jotka alkavat olemaan hyvinkin säänkestäviä. Ulos sijoitetun makkulan täytyy vain siirtää yhteys joko langattomasti tai kiinteällä yhteydellä takaisin rakennukseen. Seinän läpi rakennetulla kaapeliyhteydellä voidaan jopa antaa samanlainen käyttökokemus kuin kiinteällä yhteydellä.

Viimeisimpänä ratkaisuna on aina kiinteän yhteyden rakennuttaminen kohteeseen. Langattomassa verkossa voi tapahtua paljon helpommin erinäisiä vikatiloja, joita ei vain voi välttää. Kiinteän yhteyden rakennuttaminen on yleensä erittäin kallis ratkaisu, sillä kiinteän yhteyden rakentaminen vaatii paljon aikaa ja rahaa. Suomesta löytyy useita eri yhtiöitä,

jotka rakentavat valokuituyhteyksiä ympäri Suomea, mutta näissäkin on omat vaatimuksensa.

3.5 Muut vikatilanteet

Heikko yhteys ei aina johdu vastaanotettavasta signaalista. Vika voi johtua vastaanottavassa päätelaitteessa tai sen asetuksissa. Yleisimmät päätelaiteviat johtuvat vanhoista ja päivittämättömistä laitteista. Tällaiset laitteet ovat pahimmillaan tietoturvariski käyttäjälle. Tällaiset laitteet tulisi vaihtaa uusin pikimmiten.

Laitteiden asetusten puolella voi vika johtua laitteen APN asetuksista. Tällöin laite joko muodostaa yhteyden väärään APN osoitteeseen tai se on määriteltynä väärin. Jos osoite on väärä, ei verkko anna muodostaa yhteyttä.

APN asetusten kanssa voi ilmetä harvinaisempi ja hankalammin huomattava vika. Pääte-laite voi vikatilanteessa aukaista uuden yhteyden samalle APN-osoitteelle, jolloin laite yrittää ylläpitää kahta yhteyttä samanaikaisesti. Tämä vain aiheuttaa häiriötä kummassakin yhteydessä ja näkyy selkeinten yhteyden pätkimisessä. Tilannetta hankaloittaa se, ettei normaali uudelleenkäynnistäminen välttämättä korjaa tilannetta. Laite voi luoda ylimääräisen yhteyden uudelleen ja tällöin pätkiminen jatkuu. Helpoin ratkaisu tälle on laitteen pitäminen virroitta pidempään, jopa noin tunnin ajan.

Toinen helposti väärin laitettu asetus on mokkuloiden reititystila. Yhä yleistyvänä ratkaisuna on ulos asennettavan mokkulan käyttö yhteyden muodostamiseen ja tämän jälkeen sisäverkon luominen erilaisilla WiFi mesh modeemeja. Tällöin mokkula, joka toimii normaalisti reitittimenä, tulee olla niin kutsutussa siltaavassa tilassa. Tällöin mokkula toimii vain yhteyden muodostamana laitteena. Tällöin yhteyden tiedot, kuten IP osoite, kulkeutuu suoraan seuraavalle laitteelle. Sisälle asennettu mesh modeemi puolestaan luo sisäverkon. Jos kummatkin laitteet ovat reitittävässä tilassa, voi tämä aiheuttaa pätkimistä yhteydessä laitteiden yhteensopivuuden takia.

3.6 Tiedon viestintä

Kun vikatilanne on rajattu erillisillä vianrajaustyökaluilla, jää tehtäväksi viestiä toiselle, kuinka vika tulisi korjata. Viestinnässä tuottaa hankaluutta eritasoinen ymmärtäminen ja osaaminen verkkoteknologiassa. Myös ammattisanaston käyttäminen voi hankaloittaa kommunikointia.

Tässä helposti asiantuntialle voi tapahtua erhe, jossa hän alkaa kommunikoida liian teknisesti asiakkaalle. Tällöin opastettavalta henkilöltä voi mennä osa ohjeistuksesta ohi ja hän

voi tehdä ehdotetut parannustoimenpiteen väärin. Tämä voi pahimmillaan aiheuttaa yhteyden heikkenemistä tai aiheuttaa turhia kustannuksia opastettavalle.

Kielen käytössä tulisi välttää mahdollisimman paljon teknistä termistöä, ellei opastettava osapuoli esitä tietoa teknisestä termistöstä. Sanaston osalta on oltava erittäin tarkka. Joillekin termit 'resetointi' ja 'uudelleen käynnistäminen' voi olla yksi ja sama termi. Voi tulla tilanne, jossa resetoinnilla tarkoitetaan vain uudelle käynnistymistä, mutta tällä yleensä tarkoitetaan laitteen asetuksien nollaamista tehdasasetuksille.

Viestinnässä on tärkeintä tuoda esille kysymysten mahdollisuus. Jos opastettavalla henkilöllä herää kysymyksiä, näihin on hyvä vastata selkeästi. On myös hyvä antaa samalla positiivista palautetta opastettavalle kysymysten ilmaisemisesta. Näin saadaan asiantuntijan ja opastettavan välille ilmapiiri, jossa opastettava voi tuntea itsensä kuulluksi. Tämä ottaa asiakkaalta huolen pois ja voi saada asiantuntijan vaikuttamaan erittäin pätevältä.

Jos asiantuntijalla on tiedossa jo mistä hän on lähdössä neuvomaan, on hänen hyvä varautua jo valmiiksi erilaisiin kysymyksiin, joita hänellä voi tulla vastaan opastuksen aikana. Tässä auttaa jos on aiemmin jo kommunikoinut joko puhuen tai viestien välityksellä opastettavan kanssa. Tärkeintä tilanteessa on päästä samalle ymmärryksen tasolle sekä asiantuntijan että opastettavan henkilön kanssa, jotta asiasta muodostuu yhteisymmärrys.

3.7 Viestintä menetelmät

Opastettavalle henkilölle voidaan viestiä kahdella eri tavalla, joko puhelimitse tai sähköpostiviestillä. Kummallakin tavalla on omat etunsa ja haittansa. Ei ole selvää yksiselitteistä kumpi vaihtoehto on parempi, sillä valinta tulisi tehdä riippuen tilanteesta.

Jos tilanne vaatii jonkin asian testaamista tai asetuksen muuttamista, on minusta sähköpostitse viestiminen parempi vaihtoehto. Tällöin opastettava henkilö voi lukea tarvittavan ohjeen useampaan kertaan ja tehden sen omaan tahtiin. Ohjeen pystyy myös näin helpommin räätälöimään asiakasta kohden heidän osaamisensa perusteella. Myös uusien esimerkkien kerääminen on helpompaa viestien kautta. Voi olla, että vika on satunnainen. Tällöin sen ilmenemisestä ei ole varmuutta. Näin voidaan varmistaa esimerkkien hyödyllisyys, kun ne ovat mahdollisimman uusia ja niistä on helpompi saada myös tietoa irti.

Vian täsmentävät kysymykset sekä vian juurisyyn kertominen on parempi tehdä puhelimitse. Tällöin asiantuntija pystyy hyvin tekemään jatkokysymyksiä, jos niitä ilmenee. Puheluissa voi myös jättää kysymyksiä välistä, jos näihin tulee vastaus toisen kysymyksen ohella. Puhelut ovat myös paljon persoonallisempia viestien osalta, joka pystyy luomaan paremman kokemuksen kummallekin osapuolelle.

Nämä eivät kuitenkaan ole täysin kiveen kirjattuja sääntöjä. Voi olla tilanteita, joissa ohjeistaminen on parempi puhelimitse. Joskus käyttöliittymät muuttuvat ja tällöin välitön vastaaminen opastettavan henkilön kysymyksiin voi auttaa huomattavasti. Toisinaan täsmen-tävien kysymysten kirjaaminen voi olla parempaa viestien välityksellä. Tämä voi johtua toisen osapuolen kiireellisyydestä tai jostain muusta syystä. Valittavalla kommunikoinnilla on kuitenkin aina puolensa ja asiantuntijan on hyvä harkita kumpaa tapaa käyttää kussa-kin tapauksessa.

3.8 Kehitys työssä

Opintojen aikana olen saanut hyvän pohjan tietoliikenne verkkojen ymmärryksestä ja hal-linnasta. Ensimmäiset viikot kuluivat kuitenkin koulutuksen parissa ja uusien järjestelmien parissa. Hyvästä pohjasta huolimatta koulutuksen aikana tuli huomattua kuinka tekeminen mahdollisti opitun tiedon kertaamisen ja syvemmän ymmärtämisen.

Eniten itse huomasin tämän mobiiliverkon vikatilanteiden selvittämisessä. Itselle tämä selvensi huomattavasti mobiiliverkon toiminnasta. Tässä opinnäytetyössä olen keskittynyt vain käyttäjälle olennaisiin asioihin, mutta yhteyden muodostumisen taustalla tapahtuu useita prosesseja, jotka olen jättänyt myös mainitsematta.

Olen myös pystynyt hyödyntämään työssäni asioita, joita olen kerrannut tässä opinnäyte-työssä. Isona apuna on ollut kaksi eniten viittaamaani kirjaa ”Langaton Tiedonsiirto” Kaj Granlundilta ja ”Converged Communication” Erkki Koivusalolta. Näiden kirjojen esimerkit ovat auttaneet ymmärtämään mobiiliverkon teknologian toimintaa huomattavasti. Ehdotan näihin teoksiin syvempää tutustumista jos aihealue kiinnostaa millään tavalla. Vaikka Granlundin teos onkin jo huomattavasti ikääntynyt, on se erittäin helposti lähestyttävä te-os. Koivusalon teos puolestaan on huomattavasti teknisempi ja raskaampaa luettavaa. Siitä on kuitenkin mahdollista saada paljon irti, jos tietoliikenteen toiminnan perusta on hyvin hallussa.

Kehitystäni asiantuntijana on myös seurattu ja keskusteltu esihenkilöni kanssa. DNA:n tapoihin kuuluu noin kerran kuukaudessa käydä läpi esihenkilön kanssa asiakkaiden an-tamia palautteita ja suoritettua työpanosta. Näissä keskustellaan paljonkin miten tapausta on käsitelty, mikä on onnistunut hyvin ja missä on parannettavaa. Nämä keskustelut ovat olleet erittäin hyödyllisiä asiantuntijana kehityksessä. Toisen henkilön kommenttien avulla pystyn paremmin katsomaan toimintaani enemmän objektiivisemmin ja saan paremmin sisäistettyä annetun palautteen. Käydyissä palautteissa pyrin löytämään yhden tai kaksi yleistä asiaa, joissa haluan tulla paremmaksi ja näin kehittää omaa osaamista eteenpäin.

4 Yhteenveto ja pohdinta

Alati kehittyvässä tietoyhteiskunnassa varmojen ja luotettavien tietoliikenneyhteyksien tarve on suuri. Vaikka ideaalisessa tilanteessa jokaisella henkilöllä olisikin rakennettuna kiinteä yhteys sekä kotiin että työpaikalle, ei tämä silti kattaisi kaikkia tietoliikennetarpeita, joita käyttäjällä voi ilmetä. Käyttäjä voi syystä tai toisesta olla matkustamassa ja yhteyden tarve tällöin kriittinen. On myös tilanteita, joissa kiinteän yhteyden rakennuttaminen tulisi huomattavasti kalliimmaksi kaikille osapuolille. Näiden ja muiden seikkojen takia on aina tarvetta langattomille tiedonsiirron tavoille.

Langattomissa yhteyksissä voi helposti tulla käyttäjille ymmärrys mustasta laatikosta, joka taianomaisesti lähettää tietoa pilveen ja josta se saa tiedon myös takaisin. Jokaisen ei tarvitse olla tietoliikenneinsinööri, mutta perusymmärrys langattoman verkon muodostumisesta voi auttaa niissä tilanteissa, jossa muuten helposti hermostuu langattomien yhteyksien toimimattomuuteen.

Hankaluutena kuitenkin ymmärrän asiasta oppimisen. Hakiessani tietoa tätä opinnäytetyötä varten suurin osa lähteistä on toisilla kielillä. Myös tekniikkana langattomat verkot ovat erittäin uusi teknologia ja se parhaillaan kehitty huimaa vauhtia. Pelkästään 2G teknologia otettiin käyttöön vuonna 1991, ja nykyään laajasti käyttöön otettu 5G verkko puolestaan 2019. Kun miettii miten 2G verkossa pystyttiin siirtämään dataa vain muutama sata kilobittiä kerralla ja nyt liikutaan jo useissa gigabiteissa, on muutoksen nopeus päätä huimaava.

Kohtasin myös paljon haasteita terminologiassa, jossa itse tulee käytettyä töissä opittua sanastoa, joka välillä on oikeaa termistöä sekä suomeksi että englanniksi, mutta myös sekoitusta näistä kahdesta. Käytettävän termistö täytyy harkita tarkkaan. Sanojen tulee olla sellaisia, joita kummatkin osapuolet ymmärtävät, jotta tilanteissa päästää yhteisymmärrykseen.

Haluan kuitenkin nostaa esille, kuinka opinnäytetyön kirjoittaminen auttoi minua ymmärtämään paremmin tietoliikenneverkkoja ja niiden toimintaa. Tätä olen pystynyt hyödyntämään jokapäiväisessä työssäni ja olen myös sitä kautta pystynyt ammentamaan työstä paljon mitä olen halunnut ja voinut tuoda tähän opinnäytetyöhön.

Lähteet

Electronics notes a. Radio Modulation Types & Techniques. Viitattu 13.5.2024.

Saatavissa <https://www.electronics-notes.com/articles/radio/modulation/types-techniques-am-fm-pm-psk-qam.php>

Electronics notes b. Amplitude Modulation, AM. Viitattu 13.5.2024. Saatavissa

<https://www.electronics-notes.com/articles/radio/modulation/amplitude-modulation-am.php>

Electronics notes c. What is Frequency Modulation, FM. Viitattu 13.5.2024. Saatavissa

<https://www.electronics-notes.com/articles/radio/modulation/frequency-modulation-fm.php>

Electronics notes d. What is PM, Phase Modulation. Viitattu 13.5.2024. Saatavissa

<https://www.electronics-notes.com/articles/radio/modulation/phase-modulation-what-is-pm-tutorial.php>

Electronics notes e. What is QAM: quadrature amplitude modulation. Viitattu 13.5.2024.

Saatavissa <https://www.electronics-notes.com/articles/radio/modulation/quadrature-amplitude-modulation-what-is-qam-basics.php>

Elisa. Elisan Historia. Viitattu 9.4.2024. Saatavissa <https://elisa.fi/yhtiotieto/tietoa-elisasta/historia/>

Ghayas, A. 2021. EDGE 2G or 3G: Is EDGE in GSM a 2G or 3G technology? Blogi. Viitattu 18.5.2024. Saatavissa <https://commsbrief.com/edge-2g-or-3g-is-edge-in-gsm-a-2g-or-3g-technology/>

Granlund, K. 2001. Langattoman tiedonsiirron peruskirja. Jyväskylä: Docendo.

Infobip. 2024. What is an Access point name (APN)? Viitattu 15.5.2024. Saatavissa

<https://www.infobip.com/glossary/access-point-name#what-is-the-difference-between-an-apn-and-a-vpn-0>

ITU. About International Telecommunication Union (ITU). Viitattu 18.5.2024. Saatavissa

<https://www.itu.int/en/about/Pages/default.aspx>

Klein, M. 2016. What Is 4G LTE? How-To Geek. Viitattu 18.5.2024. Saatavissa

<https://www.howtogeek.com/273745/what-is-4g-lte/>

Kline, P. 2021. Understanding RSSI, RSRP, and RSRQ. 5gstore. Viitattu 23.4.2024.

Saatavissa <https://5gstore.com/blog/2021/04/08/understanding-rssi-rsrp-and-rsrq/>

Koivusalo, K. 2023. Converged communications, Evolution from telephony to 5G mobile internet. Espoo: IEEE Press.

PC Mag a. Amplitude Modulation. Ziff Davis, LLC. Viitattu 18.5.2024. Saatavissa <https://www.pcmag.com/encyclopedia/term/amplitude-modulation>

PC Mag b. Frequency Modulation. Ziff Davis, LLC. Viitattu 18.5.2024. Saatavissa <https://www.pcmag.com/encyclopedia/term/frequency-modulation>

PC Mag c. Phase Modulation. Ziff Davis, LLC. Viitattu 18.5.2024. Saatavissa <https://www.pcmag.com/encyclopedia/term/phase-modulation>

PC Mag d. QAM. Ziff Davis, LLC. Viitattu 18.5.2024. Saatavissa <https://www.pcmag.com/encyclopedia/term/qam>

Poynting Antennas 2021. Signal strength measure RSRP, RSRQ and SINR Reference for LTE Cheat Sheet. Viitattu 18.5.2024. Saatavissa <https://poynting.tech/articles/antenna-faq/signal-strength-measure-rsrp-rsrq-and-sinr-reference-for-lte-cheat-sheet/>

Tait Radio Academy. Basic Radio Awareness. Viitattu 18.5.2024. Saatavissa <https://www.taitradioacademy.com/topic/the-difference-between-fdma-and-tdma-1/>

Traficom. 2023. Matkaviestinverkkojen taajuudet ja luvanhaltijat. Viitattu 13.5.2024. Saatavissa <https://www.traficom.fi/fi/viestinta/radioluvat-ja-taajuudet/matkaviestinverkkojen-taajuudet-ja-luvanhaltijat>

Zola, A. 2021. QAM. Tech Target. Viitattu 13.5.2024. Saatavissa <https://www.techtarget.com/searchnetworking/definition/QAM>

3gpp. 2022. Carrier aggregation on mobile networks. Viitattu 3.5.2024. Saatavissa <https://www.3gpp.org/technologies/carrier-aggregation-on-mobile-networks>

3gpp. lte-advanced. Viitattu 3.5.2024. Saatavissa <https://web.archive.org/web/20081208085012/http://www.3gpp.org/article/lte-advanced>